



**INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE CD. MADERO**



**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
E INVESTIGACIÓN**



**”Planificación de animaciones intermedias en personajes  
virtuales para el encadenamiento de movimientos gestuales en  
tiempo real”**

**Tesis  
Para Obtener el Grado de  
Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación**

**Presenta:  
I.S.C. Eduardo Israel Castillo García**

**Directora de Tesis:  
Dra. María Lucila Morales Rodríguez**

**CD. MADERO, TAMP. MÉXICO**

**SEPTIEMBRE 2011**



"2011, Año del Turismo en México"



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

Cd. Madero, Tamps; a 14 de Octubre de 2011

OFICIO No.: U5.305/11  
AREA: DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN  
DE TESIS

**C. ING. EDUARDO ISRAEL CASTILLO GARCÍA  
P R E S E N T E**

Me es grato comunicarle que después de la revisión realizada por el Jurado designado para su examen de grado de Maestría en Ciencias en Ciencias de la Computación, se acordó autorizar la impresión de su tesis titulada:

**"PLANIFICACIÓN DE ANIMACIONES INTERMEDIAS EN PERSONAJES VIRTUALES PARA EL  
ENCADENAMIENTO DE MOVIMIENTOS GESTUALES EN TIEMPO REAL"**

Es muy satisfactorio para la División de Estudios de Posgrado e Investigación compartir con Usted el logro de esta meta. Espero que continúe con éxito su desarrollo profesional y dedique su experiencia e inteligencia en beneficio de México.

**ATENTAMENTE**  
"Por mi Patria y por mi Bien"

*M. P. María Yolanda Chávez Cinco*  
**M. P. MARÍA YOLANDA CHÁVEZ CINCO**  
JEFA DE LA DIVISIÓN



**S.E.P.**  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E  
INVESTIGACIÓN  
I T C M

c.c.p.- Archivo  
c.c.p.- Minuta

MYCHC NCCO aycc

## DEDICATORIAS

*Dedico este trabajo a las personas más especiales de mi vida.*

***A ti Mama:** la persona más importante para mí,  
gracias por tu amor, tu comprensión, tu apoyo y  
por enseñarme a ser mejor ser humano día con día.*

***A ti Maribel:** mi segunda madre, porque me has enseñado a ser  
un hombre fuerte, comprometido y responsable con la vida.*

***A ti Ye:** por ser mi fiel apoyo, mi fortaleza en los momentos  
adversos y mi gran compañera de vida.*

***A Juan Luis, Nancy, Marcelo, Paty, Rafa, Tania:** mis amigos de la vida,  
por todos los momentos vividos y por enseñarme  
a valorar la verdadera amistad.*

***A mi asesora la Dra. Lucila:** nunca tendré como agradecerle  
el tiempo dedicado y la paciencia que me tuvo en el trayecto,  
gracias por ser mi guía en este trabajo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Por su orientación y disposición para la culminación de este trabajo, mis sinceros agradecimientos a los doctores miembros del comité: Dra. María Lucila Morales Rodríguez, Dra. Laura Cruz Reyes, Dr. Juan Javier González Barbosa y Dr. Arturo Hernández Ramírez.

De igual manera extiendo mis agradecimientos a mis compañeros de maestría y amigos: Paty, Samantha, Meche, Cesar, Arodith, Juan Francisco, Paula y Valentín con quienes he compartido espacio, proyectos, desvelos e ilusiones durante estos dos años.

Finalmente, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), y sobre todo al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), por todas las facilidades y apoyo otorgado para la realización de este trabajo de investigación.

## RESUMEN

El movimiento humano es increíblemente complejo y diverso. Al observar el movimiento de alguien, se puede tener indicios sobre su estado de ánimo, sus intenciones, su personalidad, etc. Actividades tan comunes como caminar, pueden realizarse de manera diferente, y a diferentes ritmos. Aunque muchos investigadores han estudiado las expresiones faciales y gestuales, con la finalidad de reproducirlos de manera adecuada a través de personajes virtuales estos aún carecen de naturalidad, debido a que esta es una tarea difícil.

Una de las principales problemáticas que se presentan al momento de reproducir animaciones de personajes virtuales es la limitada reutilización de animaciones y su aplicación en la construcción de una historia interactiva.

Muchos de los proyectos de animación trabajan a partir de bibliotecas de animaciones las cuales se emplean para generar animaciones más complejas. Por lo general, las animaciones se crean para un objetivo y un contexto en particular y la secuencia de sus animaciones se predefine imposibilitando así la alteración de la misma.

La problemática se presenta cuando se busca modificar tal secuencia, ya que al momento de concatenar de diferente manera tales animaciones generalmente quedan expuestas inconsistencias en la fluidez del movimiento, provocando la pérdida de credibilidad en el personaje virtual.

El presente trabajo contribuye con un planificador para el encadenamiento de animaciones que permite generar secuencias de animaciones con rasgos emocionales capaz de adaptarse a diferentes requerimientos, logrando que el personaje virtual presente un movimiento natural. Nuestra implementación produce una reducción de tiempo en la elaboración de animaciones, ya que permite la adaptación y reutilización de un corpus de animaciones para la construcción de nuevas secuencias, facilitando así la construcción de las mismas.

## **ABSTRACT**

The human movement is incredibly complex and diverse. Observing the movement of someone, we can intuit about their emotions, intentions and personality. Common activities such walking can be done by several ways, and different rhythms. Although many researchers have studied the facial expressions and gestures in order to display virtual characters properly, these characters still lack of naturalness, because this is a difficult task.

One of the main problems of playing virtual characters animations is the limited reusability of the animations and its application in the construction of an interactive story.

Many of the projects of animations work with libraries of animations that generally are used to generate more complexes animations. In general, the animations are created for an intention and context in particular, for that reason the sequences of animations are predefined.

The problems are apparent when change that sequence, as usually exposed inconsistencies in the fluidity of movement, resulting in loss of credibility in the virtual character.

This work develops a planner to the concatenation of animations that will generate sequences of animations with emotional traits that can be adapted to different requirements making the virtual character to present a natural movement. Our implementation produces a reduction of time in the making of animations, since it allows adaptation and reuse of a corpus of animations for the construction of new sequences.

# CONTENIDO

<b>AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS</b>	<b>II</b>
<b>DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIAS</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VII</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>14</b>
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Definición del Problema.....	16
1.3 Justificación.....	16
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo General.....	16
1.4.2 Objetivos Particulares.....	17
1.5 Pregunta de Investigación.....	17
1.6 Alcances y Limitaciones.....	17
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>18</b>
2.1 Animación y Técnicas para su Generación.....	18
2.2 Personajes virtuales.....	21
2.2.1 Esqueleto.....	22
2.2.2 Inmersión.....	23
2.3 Expresión No Verbal.....	23
2.4 Minería de Datos.....	24
2.4.1 Clasificador ID3.....	25
2.4.2 Clasificador J48.....	27

<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>29</b>
3.1 Creación de Animaciones en Tiempo Real.....	29
3.2 Determinación de Generación de Animaciones Intermedias .....	31
3.3 Atributos que Influyen en la Expresión.....	32
3.4 Resumen del estado del arte.....	34
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>36</b>
4.1 Arquitectura de Planificador de Encadenamiento de Animaciones en Tiempo Real.....	37
4.2 Procesamiento de Animaciones de Entrada.....	38
4.3 Planificación de Transiciones .....	38
4.3.1 Establecimiento de puntos de transición .....	38
4.3.2 Determinación de Velocidad de Reproducción.....	40
4.3.3 Identificación de Caso de Encadenamiento .....	42
4.4 Encadenamiento de Animaciones .....	44
4.4.1 Intervalos y Secuencias .....	45
4.4.2 Intervalos en Paralelo .....	46
4.4.3 ParallelEndTogether .....	46
4.4.4 LerpPosInterval.....	46
4.4.5 Instrucciones empleadas para los casos del Planificador.....	47
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>49</b>
5.1 Evaluación para Determinar la Velocidad de Reproducción de las Animaciones .....	50
5.1.1 Velocidades establecidas para la Evaluación.....	50
5.1.2 Resultados.....	51
5.1.3 Definición de Velocidades de Reproducción de Animaciones .....	56
5.2 Evaluación de Encadenamiento de Animaciones.....	57
5.2.1 Resultados.....	59
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>61</b>
6.1 Conclusiones.....	61
6.2 Trabajos Futuros .....	61
6.3 Aportaciones .....	62

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>63</b>
-----------------------------------	-----------

<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>65</b>
-------------------	-----------

7.1 Generación de Árboles de Decisión a través de Minería de Datos .....	65
7.1.1 Creación de Base de Datos .....	65
7.1.2 Minería de Datos.....	67
7.2 Manual de Instrucciones de Panda 3D. ....	71

## Índice de Figuras

Figura 1.- Estructura General de la Arquitectura de [Morales-Rodríguez, 2007].....	15
Figura 2.- Identificación de la problemática en la unión de secuencias de animaciones. ....	16
Figura 3.- Una imagen que se le aplico el proceso de rotoscopia. ....	20
Figura 4.- Procedimientos para Motion Capture. (Captura Electromagnética, Captura Mecánica, Captura Óptica). ....	20
Figura 5.- Clasificación de Personajes Virtuales [Bailenson & Blascovich, 2004]. ....	22
Figura 6.- Forma jerarquizada del esqueleto. ....	22
Figura 7.- Fases del Gesto [McNeill, 2002]. ....	24
Figura 8.- Algoritmo de ID3. ....	26
Figura 9.- Algoritmo de J48. ....	28
Figura 10.- Línea del tiempo de trabajos de animaciones. ....	29
Figura 11.- Bailarín que ejecuta movimientos al ritmo del sonido. ....	30
Figura 12.- Animaciones seleccionadas que se adapten mejor al contexto de la consulta echa. ....	30
Figura 13.- La imagen del centro muestra una postura neutral. Los brazos contraídos son representados con valores negativos (izquierda) y extendidos con valores positivos (derecha). ....	33
Figura 14.- Efecto del atributo extensión espacial. ....	33
Figura 15.- Aportación a la Arquitectura de [Morales-Rodríguez, 2007]. ....	36
Figura 16.- Encadenamiento de Animaciones en Tiempo Real. ....	37
Figura 17.- Arquitectura para el Planificador de Encadenamiento de Animaciones. ....	38
Figura 18.- Cálculo de la Distancia Euclidiana [Ver Formula 1]. ....	39
Figura 19.- Casos que aborda nuestro Planificador de Encadenamiento. ....	44
Figura 20.- Parámetros de un Intervalo. ....	45
Figura 21.- Ejemplo de tres intervalos en Secuencia. ....	45
Figura 22.- Intervalos en Paralelo. ....	46

Figura 23.- Intervalos en Paralelo dentro de una Secuencia. ....	46
Figura 24.- Intervalos en Paralelo “Ramping Down”.....	46
Figura 25.- Parámetros requeridos para ejecutar LerpPosInterval. ....	47
Figura 26.- Encuesta de Evaluación del Encadenamiento de Animaciones. [ <a href="https://sites.google.com/site/encadenamientodeanimaciones/">https://sites.google.com/site/encadenamientodeanimaciones/</a> ].....	49
Figura 27.- Evaluación de Percepción Emocional.....	50
Figura 28.- Pregunta para determinar que personaje transmite mejor una cierta Emoción. .	51
Figura 29.- Percepción Emocional: <i>Alegría</i> . ....	52
Figura 30.- Percepción Emocional: <i>Sorpresa</i> . ....	52
Figura 31.- Percepción Emocional: <i>Enojo</i> . ....	53
Figura 32.- Percepción Emocional: <i>Miedo</i> .....	54
Figura 33.- Percepción Emocional: <i>Angustia</i> . ....	54
Figura 34.- Percepción Emocional: <i>Tristeza</i> . ....	55
Figura 35.- Percepción Emocional: <i>Resignación</i> . ....	55
Figura 36.- Percepción Emocional: <i>Placer</i> . ....	56
Figura 37.- Encuesta para la Evaluación de Encadenamiento de Animaciones.....	58
Figura 38.- Preguntas para Evaluar el Encadenamiento de Animaciones. ....	59
Figura 39.- Resultados de la Pregunta: ¿Percibes algún movimiento extraño o anormal en la secuencia de: ?.....	59
Figura 40.- Resultados de la Pregunta: ¿Que figura reproduce un movimiento más natural? .....	60
Figura 41.- Encuesta para Recabar las Emociones Percibidas. ....	66
Figura 42.- Análisis de Frecuencia realizado a la Información recabada de la Encuesta.....	67
Figura 43.- Velocidades de Reproducción de Animaciones establecidas por el Clasificador ID3. ....	69
Figura 44.- Velocidades de Reproducción de Animaciones establecidas por el Clasificador J48.....	70

## Índice de Tablas

Tabla 1.- Áreas involucradas en la creación de personajes virtuales [Gratch et al, 2002]. ..	14
Tabla 2.- Resumen del Estado del Arte. ....	35
Tabla 3.- Velocidades de reproducción obtenidas para cada uno de los clasificadores (ID3 – J48).....	41
Tabla 4.- Velocidades de Reproducción en fps para cada una de las 8 emociones y sus respectivas intensidades. ....	42
Tabla 5.- Instrucciones empleadas para los casos con rango de tiempo corto. ....	47
Tabla 6.- Instrucciones empleadas para los casos con rango de tiempo largo. ....	48
Tabla 7.- Velocidades de Reproducción de las Animaciones. ....	51
Tabla 8.- Velocidades de Reproducción de Animaciones para Intensidad “ <i>Mucho</i> ”. ....	57
Tabla 9.- Descripción de Atributos y Valores establecidos para la Encuesta. ....	66
Tabla 10.- Atributos y Dominios de la Base de Datos.....	67

## Índice de Formulas

Formula 1.- Distancia Euclidiana. ....	31
Formula 2.- Probabilidad estimada midiendo la similitudes entre los frames. ....	31
Formula 3.- Función de Distancia presentada en [Lee et al, 2002]. ....	32
Formula 4.- Cálculo del Valor Umbral. ....	40

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

---

La creación y animación de personajes virtuales creíbles no solo está influenciada por una apariencia real, además estos deben presentar un comportamiento semejante al ser vivo que buscan emular.

Para lograr dicho objetivo se debe de considerar que el campo de los personajes virtuales es multidisciplinario. En el año de 2002, alrededor de 30 investigadores internacionales de diversas disciplinas se reunieron en la Universidad del Sur de California para definir 10 áreas involucradas en su creación [Ver Tabla 1].

<b>Áreas involucradas</b>	
<i>Animación de figura humana</i>	<i>Videojuegos</i>
<i>Animación facial</i>	<i>Animación corporal</i>
<i>Percepción</i>	<i>Comunicación no verbal</i>
<i>Procesamiento de lenguaje natural</i>	<i>Modelado cognitivo</i>
<i>Reconocimiento de voz</i>	<i>Emociones y personalidad</i>

**Tabla 1.-** Áreas involucradas en la creación de personajes virtuales [Gratch et al, 2002].

Estas áreas se involucran en el desarrollo de modelos que rigen el comportamiento del personaje. El comportamiento puede expresarse de manera verbal y no verbal; la forma de expresar un comportamiento no verbal, es a través de la creación y ejecución de sus animaciones.

Muchos de los proyectos de animación de personajes virtuales trabajan a partir de corpus de secuencias de animaciones preexistentes con la finalidad de generar nuevas secuencias de animaciones. La problemática de trabajar de esta forma se presenta cuando se intentan encadenar secuencias en donde quedan expuestas inconsistencias en la fluidez del movimiento, afectando así su credibilidad.

El presente trabajo busca generar secuencias de animaciones continuas y creíbles como resultado de un planificador para el encadenamiento de animaciones que permite generar secuencias de animaciones con rasgos emocionales. Este planificador funciona a partir de la información generada por el modelo comportamental de [Morales-Rodríguez, 2007].

## 1.1 ANTECEDENTES

En [Morales-Rodríguez, 2007] se presenta una arquitectura que determina las características del comportamiento en la interacción social y emocional de los personajes en un mundo virtual; esta arquitectura gira en torno a dos modelos principales: un modelo de comportamiento y un modelo kinésico. El resultado producido por estos dos modelos permite la ejecución del comportamiento en el mundo virtual a través de un motor de animación 3D.

El modelo de comportamiento determina la actitud y los actos de lenguaje que les permita expresar los objetivos y las intenciones a los personajes. El modelo kinésico selecciona las expresiones no verbales (expresiones faciales y gestos corporales) que se asocian con el modelo de comportamiento (expresión del estado emocional del personaje y los actos de comunicación) [Ver Figura 1].

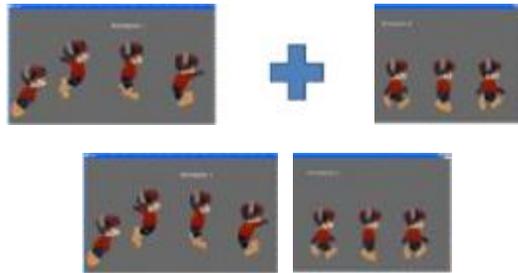


**Figura 1.-** Estructura General de la Arquitectura de [Morales-Rodríguez, 2007].

Un simple movimiento nos permite intuir el estado emocional o incluso la personalidad de quien lo ejecuta. Al momento de crear personajes virtuales es de gran importancia que se logren ejecutar correctamente las animaciones que representan los objetivos, intenciones y emociones que el personaje está experimentando. Nuestro trabajo se integra a la arquitectura de [Morales-Rodríguez, 2007] para mejorar la ejecución de las animaciones seleccionadas por el modelo kinésico.

## 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Son muchos los factores que pueden afectar la calidad en la reproducción de secuencias de animaciones, pero en este trabajo nos centraremos en abordar dos. El primer factor es el rompimiento de credibilidad ocasionado por la unión de secuencias de animaciones [Ver Figura 2], y el segundo consiste en la pérdida de continuidad de la expresión emocional al momento de unir secuencias de animaciones.



**Figura 2.-** Identificación de la problemática en la unión de secuencias de animaciones.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

Desde 1872 hasta la fecha los investigadores han registrado cerca de un millón de claves y señales no verbales, además se ha comprobado que entre el 60% y el 80% de la comunicación entre seres humanos se realiza por canales no verbales, de esto se deduce la importancia que tiene el generar un adecuado comportamiento no verbal al momento de crear personajes virtuales [Birkennbihl, 1983].

Muchos investigadores han intentado proveer de este comportamiento a personajes virtuales, pero nosotros consideramos que aún falta reflejar una mayor naturalidad en dicho comportamiento, siendo esta un área de oportunidad en la que nos enfocamos empleando programas de software libre que agilizan y automatizan el proceso de generación y ejecución de movimientos.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un planificador para el encadenamiento de secuencias de animaciones con una connotación emocional, buscando reproducir movimientos con mayor apego a la realidad.

#### **1.4.2 OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar los puntos de transición entre las animaciones de nuestro corpus.
- Identificar los diferentes casos que se pueden presentar al momento de encadenar las animaciones de entrada.
- Establecer la velocidad de reproducción de las animaciones a encadenar, buscando manejar una connotación emocional en las mismas.
- Implementar el proceso de reproducción de las secuencias de animaciones.

#### **1.5 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

La creación de un planificador para el encadenamiento de animaciones en personajes virtuales ¿Permitirá reproducir secuencias de animaciones con una connotación emocional logrando movimientos naturales y fluidos?

#### **1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES**

- En este trabajo nos limitamos a reproducir únicamente animaciones contenidas en nuestro corpus.
- Las emociones están limitadas a las presentadas en [García-Rodríguez & Florencia-Juárez, 2009].
- Las herramientas empleadas en nuestro proceso de generación y ejecución de animaciones son software libre.

# Capítulo 2

## HACIA LA CREACIÓN DE PERSONAJES VIRTUALES CREIBLES

---

En esta investigación se busca crear personajes virtuales creíbles, representados a través de animaciones que tengan un comportamiento no verbal fluido y natural, buscando que logren transmitir emociones.

### 2.1 ANIMACIÓN Y TÉCNICAS PARA SU GENERACIÓN

Una animación está conformada por un personaje, un medio ambiente y un movimiento, en conjunto estas tres características forman un movimiento de duración finita.

El término animación viene del griego "*anemos*" = viento, aliento y del latín "*animus*" = dar vida. El concepto de animación se asocia habitualmente con el de movimiento. Es entonces que podemos definir animación como la "generación, almacenamiento y presentación de imágenes que en sucesión rápida producen sensación de movimiento" [ Fernández-Breis, 2005].

Existen animaciones *cíclicas*, es decir, animaciones que su reproducción consiste en la ejecución repetitiva de la misma. Si el animador utiliza ciclos de una manera inteligente y los "disfraza", el observador nunca se dará cuenta que están viendo acciones repetidas. Ejemplos de movimientos naturalmente repetitivos son el correr o el caminar.

Para que una animación se vea realista, es necesario que el tiempo empleado en cada parte de la acción sea el adecuado. También se debe mantener el flujo y la continuidad entre las acciones, a lo que se le conoce también como *timing*.

El timing es la parte de la animación que da sentido al movimiento. El timing de una animación es un tema difícil, puesto que el único criterio para medirlo es: si funciona correctamente en pantalla o no [Whitaker & Halas, 2002].

El uso del timing también sugiere un estado de ánimo. En términos generales podemos decir que estados de ánimo como el miedo, la angustia y la tristeza emplean un timing más lento para su ejecución, mientras que estados de ánimo como la alegría y la sorpresa requieren un movimiento más rápido [Whitaker & Halas, 2002].

Existen diversos métodos para generar un movimiento realista al momento de crear animaciones, a continuación se describen algunas técnicas.

#### Animación basada en frames

Para hacer una secuencia, se van filmando las imágenes frame por frame y luego estos se unen para formar la animación. Es posible formar bibliotecas de movimientos de cada parte del cuerpo de la animación para de esta forma combinarlas y hacer animaciones diferentes.

#### Rotoscopia

Fue inventada por Max Fleischer en 1912 y fue utilizada en Blanca Nieves y los Siete Enanos para animarlos. Consiste primeramente en hacer una película donde la gente o animales hacen el papel de los personajes de la animación. Luego, se procesa esa película, mejorando los fondos y cambiando los actores humanos u objetos por los equivalentes animados [Ver Figura 3].

La rotoscopia fue utilizada con frecuencia como herramienta para realizar los efectos especiales de las películas. Como por ejemplo los sables de luz empleados en “La guerra de las galaxias”, que eran dibujados sobre la escena filmada anteriormente con actores que portaban unos palos.



**Figura 3.-** Una imagen que se le aplico el proceso de rotoscopia.

### Captura de Movimiento (Motion Capture)

Es un proceso que registra el movimiento y lo traduce en un modelo digital. Involucra medir la posición y orientación de un objeto en el espacio físico, y grabar esa información en un formato que la computadora pueda usar. Con dispositivos de motion capture, los datos recabados pueden ser usados interactivamente con un mínimo de retardo. Existen tres diferentes procedimientos para motion capture, los cuales se describen a continuación [Ver Figura 4]:

1. *Captura electromagnética*, seis o más sensores se colocan en el cuerpo, estos sensores son los receptores electromagnéticos los cuales retransmiten la posición a un transmisor de baja frecuencia del campo magnético para posteriormente transmitir los datos al ordenador el cual mediante software exhibirá sus posiciones.
2. *Captura Mecánica*, usa un dispositivo con los sensores incorporados. Los sensores registran los datos, que se envían vía wireless a una computadora.
3. *Captura Óptica*, las cámaras fotográficas múltiples se utilizan en los marcadores de registro. Los marcadores se colocan en puntos clave, generalmente en las extremidades.



**Figura 4.-** Procedimientos para Motion Capture.  
(Captura Electromagnética, Captura Mecánica, Captura Óptica).

### Key Framming

Se refiere a establecer posiciones en puntos específicos del tiempo de una animación y la parte intermedia la obtiene la computadora por medio de interpolación matemática. Es necesario hacer un keyframe para cada control en cada nivel de la jerarquía del modelo. Esta técnica es tal vez la más empleada gracias a los avances tecnológicos que ha habido en los últimos años además de que es una técnica mucho menos costosa que la de motion capture.

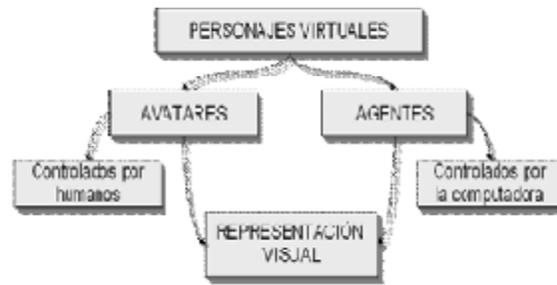
Todas estas técnicas de animación han permitido crear personajes virtuales con habilidades de comunicación, las cuales emplean como medio para transmitir una sensación de vivacidad.

## **2.2 PERSONAJES VIRTUALES**

Un personaje virtual puede definirse como una base de datos gráficos (corpus de animaciones) que son interactivos y se pueden visualizar en tiempo real, los cuales provocan una sensación de “presencia viva”, sin embargo la credibilidad de un personaje virtual no está condicionada a la generación de animaciones diseñadas y ejecutadas con precisión sino a que las reacciones, movimientos, expresiones verbales y no verbales sean lo más naturales posibles y coherentes al contexto [Badler, 1997].

Diversos estudios señalan que la personalidad y las emociones son conceptos claves a considerar al momento de generar personajes virtuales con un comportamiento verbal y no verbal. La expresión verbal, la emoción y la personalidad han demostrado una estrecha relación a características implícitas en el habla, como la entonación, el ritmo, y la intensidad de la voz; por su parte las expresiones no verbales reflejan el estado emocional y la personalidad del locutor, y es posible que al modelar dichos rasgos aumente la credibilidad de un personaje virtual [Scherer, 1979].

[Bailenson & Blascovich, 2004] definen dos tipos de *personajes virtuales*: avatares y los agentes [Ver Figura 5].

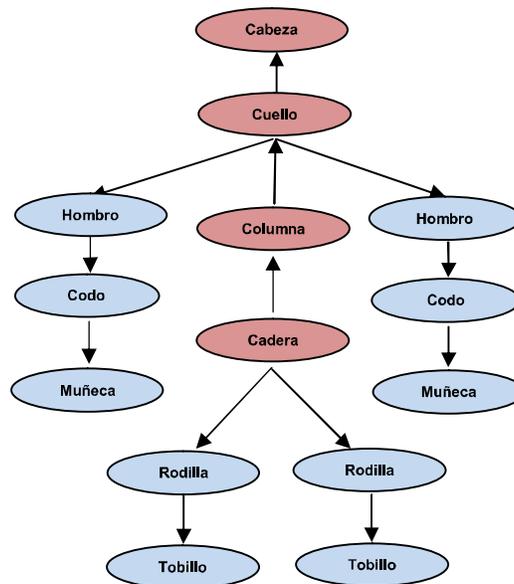


**Figura 5.-** Clasificación de Personajes Virtuales [Bailenson & Blascovich, 2004].

Ellos llaman "*avatar*" cuando sus conductas son ejecutadas en tiempo real por un ser humano, en cambio llaman "*agente inteligente*" si es un agente (una programa para computadora que puede realizar una tarea específica, sin la ayuda del usuario), cuyos comportamientos son ejecutados por algún tipo de representación digital perceptible.

### 2.2.1 ESQUELETO

Para que un personaje virtual pueda tener un comportamiento dinámico, se requiere animar las articulaciones del ser que se intenta emular, por lo que es necesario diseñar un esqueleto, similar al ser que intenta reproducir. Normalmente se representa en forma de un árbol [Ver Figura 6]. Los brazos y las piernas son modelos con vínculos jerárquicos. Los brazos constan de hombro, codo y muñeca mientras que las piernas de rodilla y tobillo.



**Figura 6.-** Forma jerarquizada del esqueleto.

Una forma de poder evaluar la credibilidad generada por el movimiento y apariencia de los personajes virtuales es a través del grado de inmersión que estos provocan al interactuar en un mundo virtual.

### **2.2.2 INMERSIÓN**

El sentido de inmersión ocurre cuando el usuario olvida que está interactuando con un personaje virtual y le asocia a este una personalidad, estado de ánimo o un comportamiento determinado, creando la “ilusión” de interactuar tal como lo haría con un ser humano.

Experimentar la sensación de inmersión no únicamente está condicionado a la reproducción exacta del aspecto físico de la realidad sino también se encuentra vinculada a la emulación de la interacción social. Es decir que los actos que involucran el proceso de comunicación sean fielmente representados por el personaje virtual [Morales-Rodríguez et al, 2008].

[Morales-Rodríguez et al, 2008] consideran que los factores que intervienen en la mejora de la inmersión social y emocional a través de personajes virtuales son:

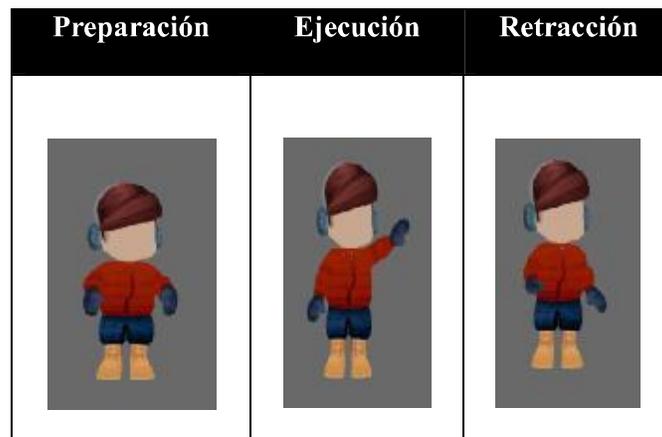
- Expresiones no verbales (Expresiones faciales, gestuales y posturas).
- Conductas y comportamientos sociales.
- Expresiones de empatía.

En este trabajo nos enfocamos en generar una inmersión emocional a través de un personaje virtual creíble, el cual ejecuta expresiones gestuales no verbales con una connotación emocional.

### **2.3 EXPRESIÓN NO VERBAL**

Introducirse a la temática de la comunicación verbal y no verbal permite que un personaje virtual emule adecuadamente el comportamiento de un ser humano. Podemos definir a las expresiones no verbales como un sistema a base de gestos que se emplean como reforzamiento o sustitución del habla.

Según la real academia de la lengua española, gesto se define como el movimiento del rostro, de las manos o de otras partes del cuerpo con que se expresan diversos afectos del ánimo. Los gestos están conformados por 3 etapas: preparación, ejecución y retracción [Ver Figura 7]. La etapa de preparación es considerada la fase de reposo y es la etapa en la que inicia el gesto. La etapa de ejecución tiene el contenido más importante dentro del gesto y es la fase en la cual es más claro el objetivo del mismo. Por último, la etapa de retracción es en donde el gesto comienza a decrecer hasta concluir y llegar de nueva cuenta a una fase de reposo o hasta comenzar un nuevo gesto [McNeill, 2002].



**Figura 7.-** Fases del Gesto [McNeill, 2002].

## 2.4 MINERÍA DE DATOS

[Hartmann et al, 2006] identificaron que la expresividad del gesto esta influenciada por diversos factores [Ver Tema 3.4]. En esta investigación trabajamos con el factor de velocidad de reproducción, para el cual empleamos un proceso de *minería de datos* con el fin de definir la velocidad a la cual se tienen que reproducir los movimientos, buscando transmitir adecuadamente un estado emocional.

La minería de datos se puede definir como la búsqueda de patrones relevantes y de regularidad importante en grandes bases de datos [Fayyad et al, 2006].

Al hablar de minería de datos inteligente estamos hablando específicamente de aplicaciones de métodos de aprendizaje automático u otros métodos similares, para descubrir y enumerar patrones presentes en los datos.

Los métodos tradicionales de análisis de datos incluyen el trabajo con variables estadísticas, varianza, desviación estándar, covarianza y correlación entre los atributos, etc. [Michalski et al, 1983]. Todos estos métodos están orientados a dar resultados numéricos, es decir son cuantitativos.

Por el contrario, los métodos basados en aprendizaje automático, están orientados principalmente hacia el desarrollo de descripciones simbólicas de los datos, que puedan caracterizar uno o más grupos de conceptos, diferenciar entre distintas clases, crear nuevas clases, crear una nueva clasificación conceptual, seleccionar los atributos más representativos, y ser capaces de predecir secuencias lógicas, es decir son esencialmente cualitativos [Michalski et al, 1983].

La Minería de Datos consta de tres grandes componentes:

1. Clasificación
2. Reglas de asociación
3. Análisis de Secuencias

En este trabajo nos enfocamos a manejar la clasificación, en la cual se genera un modelo para cada una de las clases presentes en la base de datos. Existen muchos métodos de clasificación como aquellos basados en árboles o reglas de decisión como el ID3 y el J48, los métodos estadísticos, las redes neuronales, y los conjuntos difusos, entre otros.

A continuación se hace una descripción breve de los clasificadores ID3 y J48 los cuales fueron empleados en este trabajo.

#### **2.4.1 CLASIFICADOR ID3**

Este algoritmo fue desarrollado en los años ochenta por Ross Quinlan y es un sistema de aprendizaje supervisado que construye árboles de decisión a partir de un conjunto de ejemplos. Estos ejemplos son tuplas compuestas por varios atributos y una única clase. El dominio de cada atributo de estas tuplas está limitado por un conjunto de valores. La principal desventaja que presenta este algoritmo es que en muchas ocasiones los árboles son demasiado frondosos, lo cual conlleva a una difícil interpretación.

El ID3 toma objetos de una clase conocida y los describe en términos de un conjunto de atributos, y produce un árbol de decisión sobre estos atributos que clasifica correctamente todos los objetos [Quinlan, 1993]. Este procedimiento de formación de reglas funcionará siempre dado que no existen dos objetos pertenecientes a distintas clases pero con idéntico valor para cada uno de sus atributos; si este caso llegara a presentarse, los atributos son inadecuados para el proceso de clasificación.

A continuación se presenta el algoritmo del método ID3 para la construcción de árboles de decisión en función de un conjunto de datos previamente clasificados [Ver Figura 8].

```

R: Conjunto de atributos no clasificadores
C: Atributo clasificador
S: Conjunto de entrenamiento) devuelve un árbol de decisión.

Comienzo
Si S está vacío,
    Devolver un único nodo con valor falla;
Si todos los registros de S tienen el mismo valor para el atributo clasificador,
    Devolver un único nodo con el valor más frecuente del atributo clasificador en los
    registros de S;
Si R está vacío, entonces
    Devolver un único nodo con el valor más frecuente del atributo clasificador en los
    registros de S;
Si R no está vacío, entonces
    D ← atributo con mayor Ganancia (D, S) entre los atributos de R;
    Sean {dj | j=1, 2,..., n} los valores del atributo D;
    Sean {Sj | j=1, 2,..., n} los subconjuntos de S correspondientes a los valores de
    dj respectivamente
    Devolver un árbol con la raíz nombrada como D y con los arcos nombrados d1, d2,...,
    dn que van respectivamente a los árboles
    ID3 {R - {D}, C, S1}, ID3 {R-{D}, C, S2},..., ID3 {R-{D}, C, Sn}

Fin

```

Figura 8.- Algoritmo de ID3.

La poda de los árboles de decisión se realiza con el objetivo de que éstos sean más comprensibles. Lo cual implica que tengan menos niveles y/o sean menos frondosos.

La poda aplicada en el ID3 se realiza una vez que el árbol ha sido generado y es un mecanismo bastante simple: si de un nodo nacen muchas ramas, las cuales terminan todas

en la misma clase, entonces se reemplaza dicho nodo por una hoja con la clase común. En caso contrario, se analizan todos los nodos hijos.

Para pasar a reglas de decisión, el ID3 recorre el árbol desde la raíz hasta las hojas y genera una regla por cada camino recorrido. El antecedente de cada regla estará compuesto por la conjunción de las pruebas de valor de cada nodo visitado, y la clase será la correspondiente a la hoja. El recorrido del árbol se basa en el recorrido de pre-orden (de raíz a hojas, de izquierda a derecha).

#### **2.4.2 CLASIFICADOR J48**

Otro clasificador empleado en esta investigación fue el algoritmo J48 el cual genera un árbol de decisión a partir de los datos mediante particiones realizadas recursivamente. El algoritmo considera todos los atributos que pueden dividir el conjunto de datos y selecciona aquel que resulta con la mayor ganancia de información [Ver Figura 9].

El J48 construye un árbol de decisión y evalúa la información en cada caso utilizando los criterios de entropía y ganancia o proporción de ganancia, según sea el caso. En cada nodo, el sistema debe decidir que atributo elegir para dividir los datos. El algoritmo del J48 presenta algunas mejoras sobre el ID3, como por ejemplo:

- Manejo de atributos discretos y continuos.- Con el fin de manejar los atributos continuos, J48 crea un umbral y luego se dividen las instancias en aquellas cuyo valor está por encima del umbral y las que son menores o iguales a él.
- Datos de entrenamiento con atributos con valores desconocidos.- J48 permite manipular instancias con valores desconocidos marcados con "?", y estos valores no se emplean al calcular la entropía o ganancia.
- Genera árboles menos frondosos.- Cada hoja cubre una distribución de clases no una clase en particular.

**R**: Conjunto de atributos no clasificadores  
**C**: Atributo clasificador  
**S**: Conjunto de entrenamiento) devuelve un árbol de decisión.

Comienzo  
 Si **S** está vacío,  
     Devolver un único nodo con valor falla;  
 Si todos los registros de **S** tienen el mismo valor para el atributo clasificador,  
     Devolver un único nodo con dicho valor;  
 Si **R** está vacío, entonces  
     Devolver un único nodo con el valor más frecuente del atributo clasificador en los registros de **S**  
 Si **R** no está vacío, entonces

**D** ← atributo con mayor Proporción de Ganancia (**D**, **S**) entre los atributos de **R**;  
 Sean {**d<sub>j</sub>** | **j**=1, 2,..., **n**} los valores del atributo **D**;  
 Sean {**S<sub>j</sub>** | **j**=1, 2,..., **n**} los subconjuntos de **S** correspondientes a los valores de **d<sub>j</sub>** respectivamente  
 Devolver un árbol con la raíz nombrada como **D** y con los arcos nombrados **d<sub>1</sub>**, **d<sub>2</sub>**, ..., **d<sub>n</sub>** que van respectivamente a los árboles  
**J48** {**R** - {**D**}, **C**, **S<sub>1</sub>**}, **J48** {**R**-{**D**}, **C**, **S<sub>2</sub>**},..., **J48** {**R**-{**D**}, **C**, **S<sub>n</sub>**}

Fin

**Figura 9.-** Algoritmo de J48.

# Capítulo 3

## ESTADO DEL ARTE

---

En esta investigación clasificamos nuestro estado del arte en tres principales corrientes las cuales se describen a continuación.

### 3.1 CREACIÓN DE ANIMACIONES EN TIEMPO REAL

El trabajar con animaciones se remonta desde muchos años atrás, a continuación se muestra una línea del tiempo, en donde se pueden apreciar diversos trabajos que han servido como base para la creación de animaciones tal y como las conocemos hoy en día [Ver Figura 10].

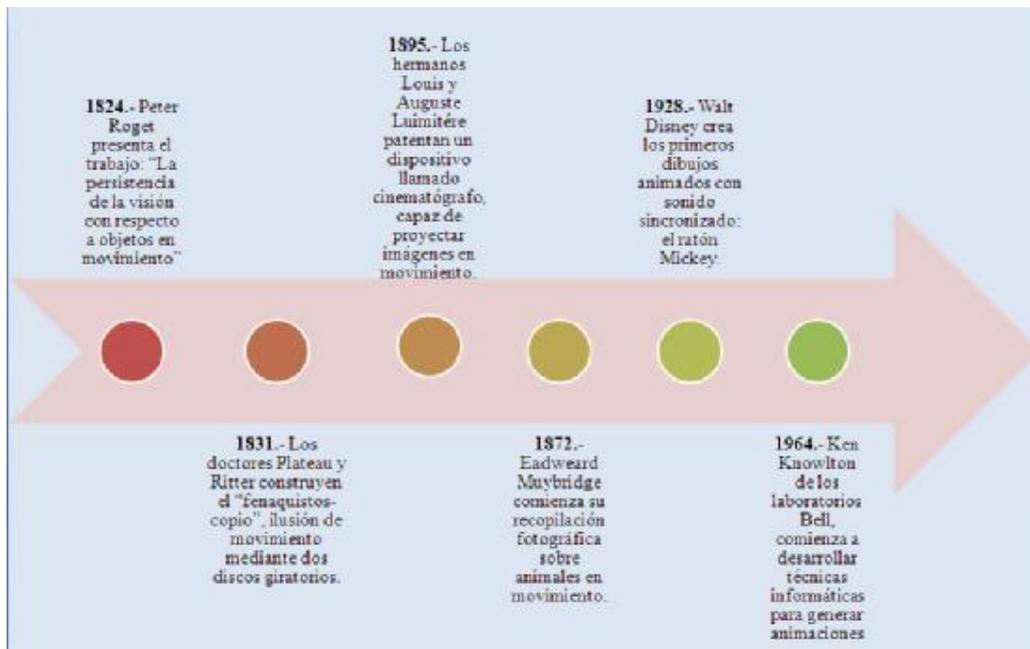


Figura 10.- Línea del tiempo de trabajos de animaciones.

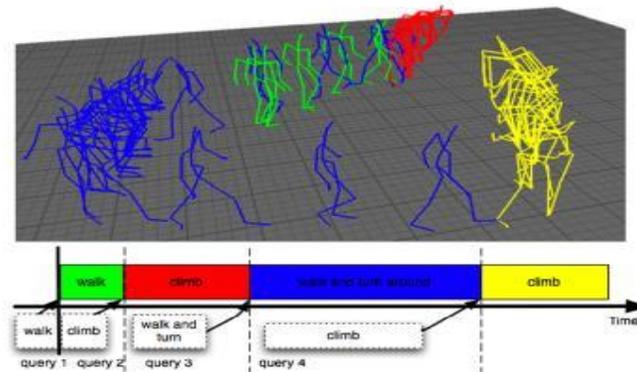
En la actualidad gracias a los avances tecnológicos el proceso para la creación de animaciones es cada vez más sencillo. Un ejemplo es el trabajo presentado por [Reidsma et

al, 2006]. En este trabajo, se desarrolla la reproducción en tiempo real de animaciones. Aquí un personaje virtual que simula a una bailarina, reproduce animaciones de pasos de baile a partir del sonido percibido a través de un micrófono, encadenando dichas animaciones a través de un proceso de interpolación [Ver Figura 11].



**Figura 11.-** Bailarín que ejecuta movimientos al ritmo del sonido.

Otro trabajo relacionado con la reproducción de animaciones es el presentado por [Awad et al, 2009]. En este trabajo, se realiza un proceso de búsqueda dentro de una base de datos de animaciones considerando diversas condiciones establecidas por un proceso de consulta. Como resultado de lo anterior se selecciona la animación que se adapta mejor al contexto, para posteriormente ejecutarla [Ver Figura 12].



**Figura 12.-** Animaciones seleccionadas que se adaptan mejor al contexto de la consulta echa.

El proceso de selección de la animación está compuesto por la ejecución de una consulta, donde se elige una animación candidata y se calcula la distancia entre los primeros 10 frames de esta animación y los 10 frames finales de la animación actual. Si la distancia es más grande que un umbral (que es experimentalmente fijado), entonces el

segundo resultado de la consulta se convierte en la nueva animación candidata y se procesa. Esta operación se repite hasta que la distancia sea menor que el umbral.

### 3.2 DETERMINACIÓN DE GENERACIÓN DE ANIMACIONES INTERMEDIAS

El proceso de encadenamiento entre secuencias de animaciones en muchas ocasiones requiere de la generación de animaciones intermedias que eviten que visualmente se vea un “brinco” o un “movimiento inadecuado”, por lo general estas animaciones se desarrollan a través de un proceso de interpolación entre dos puntos de enlace, generando así movimientos fluidos.

Existen diversos trabajos que abordan diversas técnicas para determinar cuándo es necesario desarrollar una animación intermedia, a continuación se detallan algunos de ellos.

En [Lamouret & Van de Panne, 1996] se propone calcular la distancia euclidiana entre dos puntos de transición. Se obtiene la posición actual ( $X_2$ ) y la posición anterior ( $X_1$ ) para cada una de las partes que conforman el esqueleto y se determina su distancia euclidiana [Ver Formula 1].

$$d (P_1, P_2) = \sqrt{[x_2 - x_1]^2 + [y_2 - y_1]^2}$$

**Formula 1.-** Distancia Euclidiana.

Si esta distancia es mayor a un valor umbral significa que es necesario implementar una animación intermedia.

Por otro lado [Lee et al, 2002] utilizan el proceso de Markov para determinar si es necesario o no la generación de animaciones intermedias. El proceso de Markov es representado como una matriz de probabilidades con los elementos  $P_{ij}$  los cuales describen la probabilidad de generar una transición del frame  $i$  con el frame  $j$ . La probabilidad se estima midiendo la similitud entre los frames usando una función exponencial [Ver Formula 2]:

$$P_{ij} \propto \exp(-D_{i,j-1}/\sigma),$$

**Formula 2.-** Probabilidad estimada midiendo la similitudes entre los frames.

Donde  $D_{ij}$  representa la distancia entre el frame  $i$  y el frame  $j-1$  y  $\sigma$  controla la correspondencia entre la medida de la distancia y la probabilidad de transición. La función de distancia es calculada como [Ver Formula 3]:

$$D_{ij} = d(p_i, p_j) + \nu d(v_i, v_j).$$

**Formula 3.-** Función de Distancia presentada en [Lee et al, 2002].

El primer término  $d(p_i, p_j)$  describe la diferencia ponderada de los ángulos de las articulaciones, y el segundo término  $d(v_i, v_j)$  representa la diferencia ponderada de las velocidades de las articulaciones. El parámetro  $\nu$  mide las diferencias de velocidad con respecto a las diferencias de posición. Una vez calculada la probabilidad entre los frames de las animaciones, se elige el par con la mayor probabilidad y se genera una animación intermedia a través de un proceso de interpolación.

### 3.3 ATRIBUTOS QUE INFLUYEN EN LA EXPRESIÓN

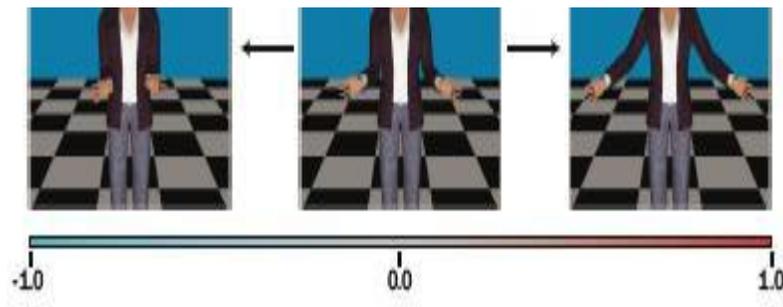
Las animaciones que ejecutan expresiones no verbales con una connotación emocional deben estar influenciadas por diversos factores al momento de reproducirse. Diversas investigaciones que trabajan en la creación de personajes virtuales creíbles establecen que se deben de considerar factores propios del movimiento, como lo son la velocidad, la fluidez y la potencia, además hay otros trabajos que también consideran factores fisiológicos de los seres humanos, como lo son la respiración y el parpadeo, a continuación se describen estos trabajos.

[Hartmann et al, 2006] proponen captar la expresividad del gesto con un conjunto de *seis atributos* que caracterizan al movimiento, los cuales se describen a continuación.

- *Activación global:* se refiere al movimiento durante la conversación, emplean un valor de intensidad el cual se utiliza para enfatizar el contenido de las señales no verbales.
- *Extensión espacial:* se refiere a la amplitud de los movimientos (cantidad de espacio ocupado por el cuerpo) [Ver Figura 13].
- *Extensión temporal:* es la duración de los movimientos.

- *Fluidez*: busca capturar la suavidad de los gestos individuales así como la continuidad entre los movimientos.
- *Potencia*: permite visualizar la cantidad de energía y la tensión invertida en un movimiento.
- *Repetición*: es la tendencia de repetir movimientos específicos.

Cada uno de los atributos tiene un valor flotante definido sobre el intervalo  $[-1, 1]$ , donde el punto cero corresponde a las acciones sin expresividad.



**Figura 13.-** La imagen del centro muestra una postura neutral. Los brazos contraídos son representados con valores negativos (izquierda) y extendidos con valores positivos (derecha).

Otro trabajo en esta misma línea es el de [Heloir & Kipp, 2009], que a diferencia del anterior, ellos proponen que la expresividad del gesto está influenciada únicamente por *cuatro atributos*:

- *Extensión de tiempo*: duración de los movimientos.
- *Extensión espacial*: amplitud de movimientos.
- *Fluidez*: suavidad y continuidad del movimiento en general.
- *Potencia*: propiedades dinámicas del movimiento.

Como en el trabajo precedente, cada uno de estos atributos puede tomar un valor flotante entre  $[-1,1]$ , donde el cero corresponde a acciones sin expresividad [Ver Figura 14].



**Figura 14.-** Efecto del atributo extensión espacial.

Este trabajo además considera importante el reproducir factores fisiológicos de los humanos con la finalidad de brindar un comportamiento más apegado a la realidad, dichos factores se describen a continuación:

- *Configuración del esqueleto*: brinda la capacidad de poder inclinarse hacia adelante o hacia atrás, siendo este un movimiento natural para los humanos.
- *Objetivos*: reproduce gestos como lo son el sonreír o parpadear con un solo ojo (guiño).
- *Shaders*: brinda características que adopta el humano en diferentes circunstancias como lo son la capacidad de ruborizarse o palidecer.
- *Comportamientos autónomos*: ejecuta actos fisiológicos como lo son la respiración.

### **3.4 RESUMEN DEL ESTADO DEL ARTE**

En la Tabla 2 se resumen las características principales de los trabajos presentados en nuestro estado del arte. Los trabajos estudiados sirvieron para determinar que si se buscan desarrollar personajes virtuales creíbles es necesario encadenar secuencias de animaciones en tiempo real y considerar factores en la generación de comportamiento no verbal.

Según [Lamouret & Van de Panne, 1996] para desarrollar un proceso de encadenamiento de animaciones es necesaria la implementación de animaciones intermedias, buscando con esto generar movimientos más fluidos y naturales.

Dado que buscamos que las secuencias de animaciones mantengan una connotación emocional, empleamos el modelo emocional de [Morales-Rodríguez, 2007] presentado en [García-Rodríguez & Florencia-Juárez, 2009]. Dicho modelo influye en la determinación del factor velocidad de reproducción de las animaciones descrito en [Hartmann et al, 2006] y [Heloir & Kipp, 2009].

<b>Trabajo</b>	<b>Animaciones en Tiempo Real</b>	<b>Animaciones Intermedias</b>	<b>Transmisión de Emociones</b>	<b>Atributos que Influyen en la Expresión</b>
[Reidsma et al, 2006]	✓	✓	×	×
[Awad et al, 2009]	✓	×	×	×
[Lamouret & Van de Panne, 1996]	×	✓	×	×
[Lee et al, 2002]	✓	✓	×	×
[Morales-Rodríguez, 2007]	✓	×	✓	×
[García-Rodríguez & Florencia-Juárez, 2009]	✓	×	✓	×
[Hartmann et al, 2006]	✓	✓	×	✓
[Heloir & Kipp, 2009]	✓	✓	×	✓
[Castillo-García, 2011] Esta tesis	✓	✓	✓	✓

**Tabla 2.-** Resumen del Estado del Arte.

# Capítulo 4

## PLANIFICADOR PARA EL ENCADENAMIENTO EN TIEMPO REAL DE ANIMACIONES GESTUALES

---

Nuestra investigación tiene como antecedente la arquitectura presentada por [Morales-Rodríguez, 2007]. Este trabajo está conformado por dos modelos principales: un modelo comportamental y un modelo kinésico, el cual está conformado a su vez por los módulos de expresión facial, expresión corporal y expresión gestual [Ver Figura 1].

El modelo kinésico se encarga de seleccionar el gesto más apropiado para poder representar el estado emocional, las intenciones y objetivos del personaje virtual. El gesto seleccionado se manda ejecutar, y es aquí donde radica la aportación de nuestro trabajo, para lo cual diseñamos un planificador que nos permita encadenar estas animaciones en tiempo real dando como resultado animaciones más naturales y fluidas [Ver Figura 15].

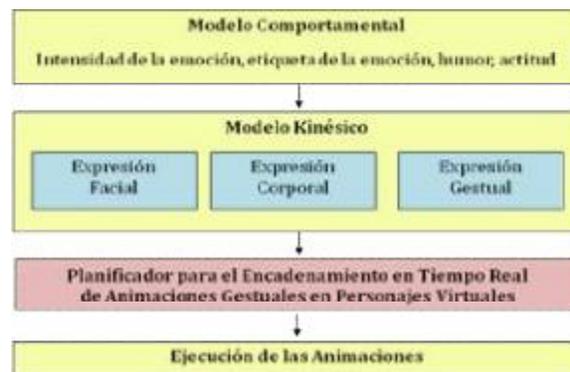
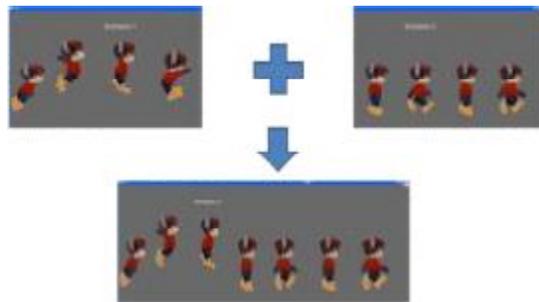


Figura 15.- Aportación a la Arquitectura de [Morales-Rodríguez, 2007].

#### 4.1 ARQUITECTURA DE PLANIFICADOR DE ENCADENAMIENTO DE ANIMACIONES EN TIEMPO REAL

En esta sección presentamos la arquitectura empleada en nuestro trabajo. La idea básica es crear animaciones más extensas encadenando secuencias cortas de animaciones con una connotación emocional en tiempo real, buscando que tengan un comportamiento natural y fluido [Ver Figura 16].



**Figura 16.-** Encadenamiento de Animaciones en Tiempo Real.

La problemática radica en que no siempre es tan sencillo el realizar este proceso. Si el punto de transición de una animación es muy similar al punto de transición de otra, crear una transición entre ellos es fácil.

En cambio, si el punto de transición de una animación difiere en gran medida con el punto de transición de la siguiente animación, la transición puede ser muy complicada. Para abordar esta problemática proponemos la arquitectura que se muestra en la Figura 17.

La arquitectura está compuesta por 4 procesos, el primero denominado procesamiento de animaciones de entrada, el segundo llamado planificador de transiciones, el tercero es el encadenamiento de animaciones y por último es el proceso de reproducción de animaciones encadenadas. A continuación se describen a detalle cada uno de estos procesos

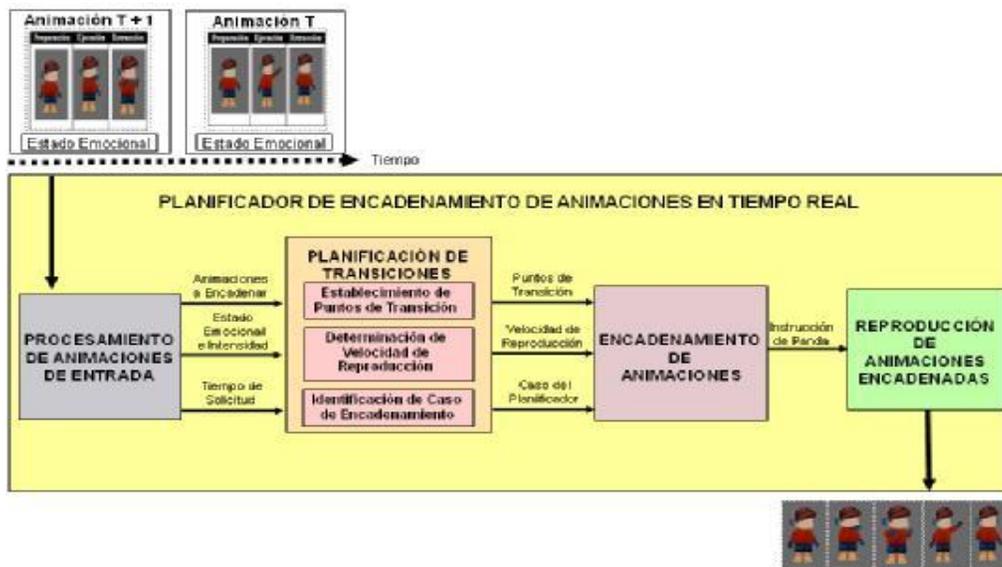


Figura 17.- Arquitectura para el Planificador de Encadenamiento de Animaciones.

## 4.2 PROCESAMIENTO DE ANIMACIONES DE ENTRADA

El procesamiento de animaciones de entrada tiene como finalidad recibir en tiempo real las animaciones que se buscan encadenar y sus atributos. Estas animaciones están compuestas por tres etapas (preparación, ejecución y retracción), teniendo como atributos un estado emocional a representar, una intensidad y el tiempo de solicitud de encadenamiento [Ver Figura 17].

## 4.3 PLANIFICACIÓN DE TRANSICIONES

La función del planificador es definir los puntos de transición entre las animaciones a encadenar, establecer el factor velocidad de reproducción buscando transmitir un estado emocional y una intensidad, y por último identificar el caso a abordar por parte del planificador considerando el tiempo de solicitud de encadenamiento.

### 4.3.1 ESTABLECIMIENTO DE PUNTOS DE TRANSICIÓN

Este proceso realiza la identificación de las animaciones de entrada a encadenar, estableciendo su punto de enlace basado en información proveniente de un proceso previo que se realiza *off-line*, además permite determinar los casos de encadenamiento.

### PROCESO OFF-LINE

El proceso *off-line* tiene por objetivo determinar los puntos de transición de todo nuestro corpus de animaciones, con la finalidad de proporcionar los puntos de enlace para las animaciones de entrada. Este proceso determina los *puntos de transición* entre todas las animaciones basándose en el cálculo de la *distancia euclidiana*.

#### Calculo de distancia euclidiana

La distancia euclidiana se calcula entre los frames de la última etapa del gesto de una animación y los frames de la primera etapa del gesto de la siguiente animación [Ver Figura 18], con lo que se busca mantener el objetivo general del gesto.

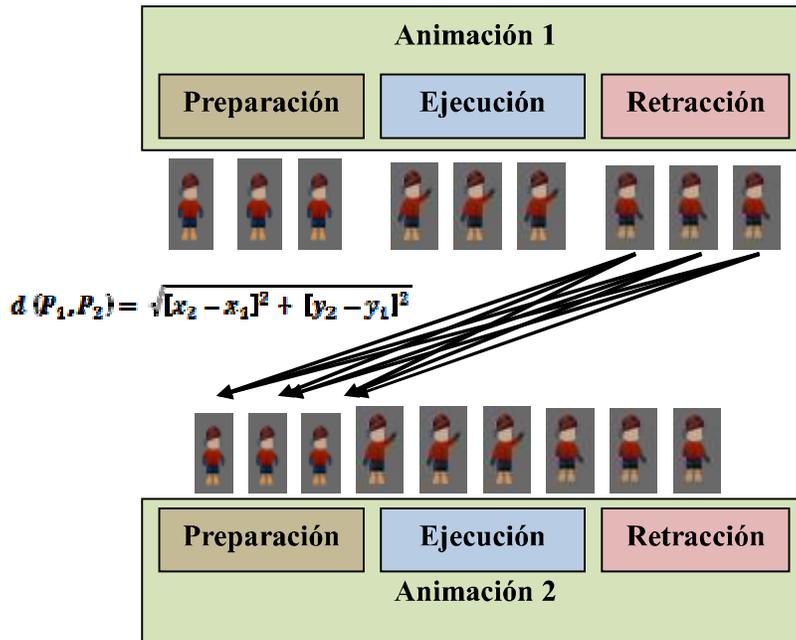


Figura 18.- Cálculo de la Distancia Euclidiana [Ver Formula 1].

#### Puntos de Transición

Después de haber sido calculada las distancias euclidianas entre dos animaciones se obtiene la distancia menor, la cual representa el punto más cercano entre las mismas y es en este punto en donde se desarrollará un proceso de encadenamiento.

Para determinar el proceso de encadenamiento la distancia menor es comparada con un valor umbral:

- Si la distancia es menor o igual al valor umbral significa que el proceso de encadenamiento se puede realizar de manera directa a través de los puntos de transición (*Caso Fácil*).
- En caso contrario, se genera una animación intermedia la cual se desarrolla de manera automática a través de un proceso de interpolación entre los dos frames (*Caso Difícil*).

Nosotros establecimos el valor umbral como el promedio de las distancias obtenidas en los siguientes dos pasos [Ver Formula 4]:

Paso 1. Calcular el promedio de las distancias entre los frames de la etapa de retracción de la animación 1.

Paso 2. Calcular el promedio de las distancias entre los frames de la etapa de preparación de la animación 2.

$$\text{Valor Umbral} = \frac{(\text{Paso 1}) + (\text{Paso 2})}{2}$$

**Formula 4.-** Cálculo del Valor Umbral.

#### 4.3.2 DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE REPRODUCCIÓN

Este proceso permite determinar la velocidad de reproducción en frames por segundo (*fps*) de las animaciones encadenadas. Lo que se busca es que el personaje virtual a través de movimientos reproducidos a una determinada velocidad logre transmitir una emoción y una intensidad, aumentando así su nivel de credibilidad.

Con la finalidad de establecer la velocidad de reproducción en frames por segundo (*fps*) para cada una de las emociones y sus intensidades desarrollamos una encuesta a la cual se le aplicaron procesos de minería de datos [Ver Anexo 1]. En la tabla 3 se muestran las velocidades obtenidas para cada una de las 8 emociones manejadas en este trabajo y sus niveles de intensidad (mucho - poco), esto para cada uno de los dos clasificadores (ID3 – J48).

<b>Emoción</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Clasificador</b>	
		<b>ID3</b>	<b>J48</b>
<b>Alegría</b>	<i>Mucho</i>	30	36
	<i>Poco</i>	30	18
<b>Sorpresa</b>	<i>Mucho</i>	30	36
	<i>Poco</i>	36	24
<b>Enojo</b>	<i>Mucho</i>	30	36
	<i>Poco</i>	30	24
<b>Miedo</b>	<i>Mucho</i>	30	36
	<i>Poco</i>	24	30
<b>Angustia</b>	<i>Mucho</i>	24	36
	<i>Poco</i>	30	24
<b>Tristeza</b>	<i>Mucho</i>	24	12
	<i>Poco</i>	18	12
<b>Resignación</b>	<i>Mucho</i>	18	12
	<i>Poco</i>	18	12
<b>Placer</b>	<i>Mucho</i>	30	36
	<i>Poco</i>	18	24

**Tabla 3.-** Velocidades de reproducción obtenidas para cada uno de los clasificadores (ID3 – J48).

Una vez establecidos estos valores se procedió a hacer una evaluación [Ver Tema 5.1], la cual nos permitió determinar las velocidades de reproducción para cada una de las emociones y sus intensidades [Ver Tabla 4].

<b>Emoción</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Velocidad (fps)</b>
<b>Alegría</b>	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	18
<b>Sorpresa</b>	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	24
<b>Enojo</b>	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	24
<b>Miedo</b>	<i>Mucho</i>	30
	<i>Poco</i>	24
<b>Angustia</b>	<i>Mucho</i>	24
	<i>Poco</i>	30
<b>Tristeza</b>	<i>Mucho</i>	12
	<i>Poco</i>	12
<b>Resignación</b>	<i>Mucho</i>	12
	<i>Poco</i>	12
<b>Placer</b>	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	24

**Tabla 4.-** Velocidades de Reproducción en fps para cada una de las 8 emociones y sus respectivas intensidades.

#### **4.3.3 IDENTIFICACIÓN DE CASO DE ENCADENAMIENTO**

Uno de los principales motivos que provocan el rompimiento de inmersión en las animaciones de un personaje virtual es el mal manejo del tiempo al momento de encadenar animaciones, por ejemplo al momento de empezar a reproducir una animación sin haber concluido la anterior.

En este trabajo identificamos los siguientes dos rangos de tiempo en las solicitudes de encadenamiento de las animaciones:

- *Corto*: cuando la solicitud de encadenamiento se presenta antes de que concluya la animación en proceso.
- *Largo*: cuando la solicitud de encadenamiento de la nueva animación se genera después de haber concluido la animación que se está reproduciendo.

Una vez establecido el factor de tiempo de solicitud se consideran las animaciones a encadenar. Si estas son diferentes (Animación T  $\neq$  Animación T+1) bastará con identificar si corresponde a un caso *fácil* o *difícil* de encadenamiento [Ver Tema 4.3.1].

En caso contrario, si las animaciones son iguales (Animación T = Animación T+1) se debe de considerar la naturaleza de la animación: *cíclica* o *acíclica*.

- Se dice que una animación es *cíclica* cuando su reproducción se puede dar de manera repetitiva mostrando un comportamiento natural. Ejemplos de animaciones naturalmente cíclicas son: el caminar, correr, brincar, etc.
- En cambio una animación *acíclica* muestran un comportamiento variante y por ende no se pueden reproducir naturalmente de manera repetitiva. Ejemplos de animaciones acíclicas son: el señalar algo, el movimiento de la boca al hablar, etc.

En la figura 19 se presenta el detalle de los procedimientos a realizar para los ocho diferentes casos de encadenamiento.

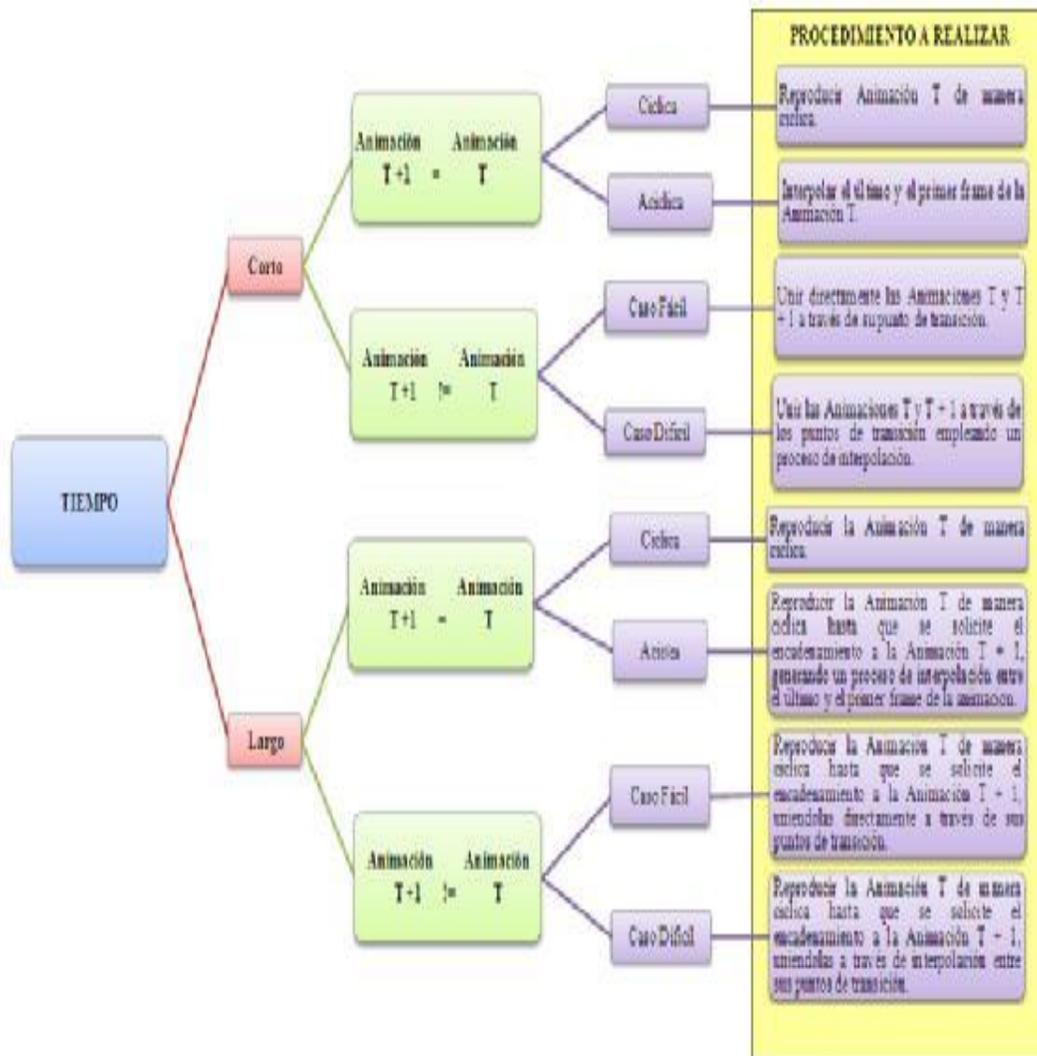


Figura 19.- Casos que aborda nuestro Planificador de Encadenamiento.

#### 4.4 ENCADENAMIENTO DE ANIMACIONES

Una vez establecidos los puntos de transición, la velocidad de reproducción y el caso del planificador, se procede a determinar las instrucciones a ejecutar en Panda 3D que nos permitirán desarrollar el proceso de encadenamiento. Panda 3D es un motor de juego que está formado de una biblioteca de subrutinas que incluyen gráficos, audio y otras habilidades relevantes en el desarrollo y procesamiento de juegos en 3D.

Con el objetivo de resolver cada una de las ocho problemáticas presentadas en la figura 19, hicimos uso de cinco instrucciones proporcionadas por Panda 3D, las cuales se describen a continuación. En Anexo 2 se presentan diversos ejemplos de estas instrucciones.

#### 4.4.1 INTERVALOS Y SECUENCIAS

Con el objetivo de encadenar animaciones hicimos uso de las instrucciones de intervalos y secuencias proporcionadas por Panda 3D [Ver Figura 20 - 21].

- *Intervalos.*- Permiten reproducir una animación durante un tiempo establecido.
- *Secuencia.*- Proceso que ejecuta un intervalo después de otro, generando un encadenamiento de intervalos.

```
ActorInterval
(
actor,                               // Establece el actor del intervalo
'nombre de la animación',           // Nombre de la animación a ejecutar
loop = <0 ó 1>,                     // Define si toda la animación se reproducirá
                                     // repetidamente
contrainedLoop = <0 ó 1>,          // Define si el segmento startFrame - endFrame
                                     // de la animación se reproducirá repetidamente
startFrame = frame inicial,
endFrame = frame final,
duration = segundos,
playRate = velocidad               // Vel. de reproducción con base en 24 fps
)
```

**Figura 20.-** Parámetros de un Intervalo.

```
Sequence (ActorInterval(ralph, 'walk', loop = 1, duration = 3),
           ActorInterval(ralph, 'jump', loop = 1, duration = 2),
           ActorInterval(ralph, 'walk', loop = 1, duration = 5))
```

**Figura 21.-** Ejemplo de tres intervalos en Secuencia.

#### 4.4.2 INTERVALOS EN PARALELO

Los intervalos en secuencia, se reproducen uno tras otro [Ver Figura 21], en cambio, los intervalos en paralelo se "hacen juntos", reproduciendo todos los intervalos al mismo tiempo [Ver Figura 22].

```
Parallel (Intervalo1, Intervalo2, ..., Intervalo5)
```

Figura 22.- Intervalos en Paralelo.

La reproducción de intervalos en secuencia o en paralelo también pueden ser combinados para un mayor control [Ver Figura 23].

```
delay = Wait (5)
Sequence (Parallel (Intervalo1, Intervalo2),
          Parallel (Intervalo3, Intervalo4))
```

Figura 23.- Intervalos en Paralelo dentro de una Secuencia.

#### 4.4.3 PARALLELENDTOGETHER

Otra alternativa en las secuencias de intervalos es cuando se desea reproducir una animación “*ramping down*”, es decir, que los movimientos característicos de esta se vayan desvaneciendo hasta que otra nueva aparezca, esto se puede realizar mediante la instrucción `ParallelEndTogether`.

Un ejemplo sería reproducir “walk” en “ramping down”, hasta que comience por completo la animación de “jump”, empleando un proceso de interpolación entre ambas animaciones [Ver Figura 24].

```
ParallelEndTogether (ActorInterval (ralph, 'walk', loop= 1, duration=3),
                    LerpAnimInterval (ralph, 0.5, 'walk', 'jump'),
                    ActorInterval (ralph, 'jump'))
```

Figura 24.- Intervalos en Paralelo “Ramping Down”.

#### 4.4.4 LERPPOSINTERVAL

Para generar encadenamiento de animaciones que presenten un caso *difícil* será necesario un proceso de interpolación entre las mismas. Para la realización de tal procedimiento Panda 3D proporciona los *LerpPosInterval*. A continuación se muestra un ejemplo en el

cual se genera interpolación lineal entre dos frames, logrando que se perciba un movimiento suave y natural [Ver Figura 25]:

```

nombre_intervalo = LerpPosInterval    // Se define el nombre del intervalo
(
    actor,                            // Establece el actor del intervalo
    duration = segundos,              // Tiempo que debe de tardar en
                                      // realizar el movimiento

    pos = frame,                      //Frame final
    startPos = frame,                //Frame inicial
    blendType = <0 ó 1> )            //Grado de suavidad en el movimiento

```

**Figura 25.-** Parámetros requeridos para ejecutar LerpPosInterval.

#### 4.4.5 INSTRUCCIONES EMPLEADAS PARA LOS CASOS DEL PLANIFICADOR

Una vez realizado el análisis de cada una de las técnicas anteriormente descritas se desarrollaron pruebas de percepción visual con el objetivo de establecer cuál era la técnica que mostraba un mejor desempeño para cada uno de los casos del planificador presentados en la Figura 19.

A continuación se muestra la Tabla 5, la cual contiene las instrucciones empleadas para los casos de encadenamiento con rango de tiempo *corto* (casos 1-4). Las instrucciones para los casos con rango de tiempo *largo* (casos 5-8) se pueden apreciar en la Tabla 6.

Caso	Técnicas a Emplear	Instrucción
1	Intervalos en Secuencia	Sequence (Intervalo1, Intervalo2)
2	Intervalos en Paralelo "Ramping Down"	Intervalo1 = ActorInterval(...) Intervalo2 = ParallelEndTogether(...) Intervalo3 = ActorInterval(...)
	Intervalos en Secuencia	Sequence (Int.1, Int.2, Int.3)
3	Intervalos en Secuencia	Sequence (Intervalo1, Intervalo2)
4	Intervalos en Paralelo "Ramping Down"	Intervalo1 = ActorInterval(...) Intervalo2 = ParallelEndTogether(...) Intervalo3 = ActorInterval(...)
	Intervalos en Secuencia	Sequence (Int.1, Int.2, Int.3)

**Tabla 5.-** Instrucciones empleadas para los casos con rango de tiempo corto.

<b>Caso</b>	<b>Técnicas a Emplear</b>	<b>Instrucción</b>
5	Intervalos en Secuencia	Sequence (Intervalo1, Intervalo2)
6	Intervalos en Paralelo  Intervalos en Secuencia	Intervalo1 = ActorInterval(...) Intervalo2 = Parallel(...) Intervalo3 = ActorInterval(...) Sequence (Int.1, Int.2, Int.3)
7	Intervalos en Secuencia	Sequence (Intervalo1, Intervalo2)
8	LerpPosInterval  Intervalos en Secuencia	Intervalo1 = ActorInterval(...) Intervalo2 = LerpPosInterval(...) Intervalo3 = ActorInterval(...) Sequence (Int.1, Int.2, Int.3)

**Tabla 6.-** Instrucciones empleadas para los casos con rango de tiempo largo.

# Capítulo 5

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

---

Nuestro trabajo tiene como finalidad desarrollar un planificador que nos permita encadenar secuencias de animaciones con una connotación emocional, buscando reproducir movimientos con mayor apego a la realidad. En esta sección se presenta una encuesta que evalúa a las secuencias de animaciones generadas por el planificador de encadenamiento propuesto en este trabajo [Ver Figura 26].

Dicha encuesta está conformada de dos secciones. La primera sección nos permitió establecer la velocidad adecuada a la cual se tienen que reproducir los movimientos buscando la transmisión de ciertas emociones. La segunda sección nos permitió evaluar la fluidez y naturalidad de los movimientos reproducidos.



**Figura 26.-** Encuesta de Evaluación del Encadenamiento de Animaciones.

[\[https://sites.google.com/site/encadenamientodeanimaciones/\]](https://sites.google.com/site/encadenamientodeanimaciones/)

## 5.1 EVALUACIÓN PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE REPRODUCCIÓN DE LAS ANIMACIONES

Esta sección tiene por objetivo establecer las velocidades a las cuales se tienen que reproducir las animaciones con la finalidad de transmitir las emociones presentadas en [García-Rodríguez & Florencia-Juárez, 2009].

En esta sección se muestran 8 videos, en los cuales dos personajes virtuales reproducen los mismos movimientos pero a diferentes velocidades [Ver Figura 27]. El personaje 1 (izquierda) reproduce movimientos con las velocidades establecidas por el clasificador J48 y el Personaje 2 (derecha) reproduce los movimientos con las velocidades definidas por el clasificador ID3.



Figura 27.- Evaluación de Percepción Emocional.

### 5.1.1 VELOCIDADES ESTABLECIDAS PARA LA EVALUACIÓN

A continuación se muestran las velocidades de las animaciones mostradas en cada uno de los 8 videos. Estas están dadas por los clasificadores J48 y ID3 [Ver Tabla 7].

Velocidad de Reproducción (fps)		
	Figura 1 (J48)	Figura 2 (ID3)
<b>Video 1: Alegría</b>	36	30
<b>Video 2: Sorpresa</b>	36	30
<b>Video 3: Enojo</b>	36	30
<b>Video 4: Miedo</b>	36	30
<b>Video 5: Angustia</b>	36	24
<b>Video 6: Tristeza</b>	12	24
<b>Video 7: Resignación</b>	12	18
<b>Video 8: Placer</b>	36	30

**Tabla 7.-** Velocidades de Reproducción de las Animaciones.

En cada uno de los videos presentados en esta sección se plantea un cuestionamiento, el cual tiene como finalidad establecer que personaje virtual ésta logrando transmitir de mejor manera la emoción en cuestión [Ver Figura 28].

Percepción Emocional: Alegría

\*Obligatorio

Cual de las animaciones expresan de mejor manera "Alegría":

Figura 1

Figura 2

Las 2

Ninguna

Enviar

**Figura 28.-** Pregunta para determinar que personaje transmite mejor una cierta Emoción.

### 5.1.2 RESULTADOS

Para cada una de los videos mostrados se registraron las percepciones hechas por las personas, obteniendo los siguientes resultados.

#### EVALUACIÓN DE REPRODUCCIÓN DE LA EMOCIÓN ALEGRÍA

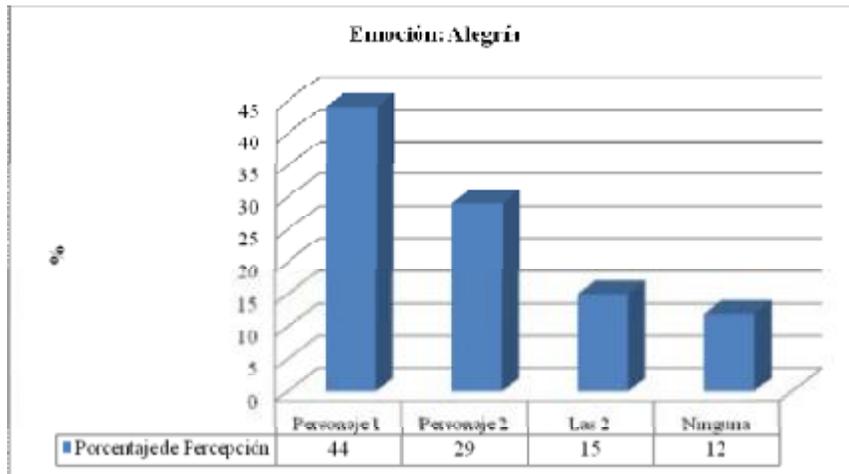


Figura 29.- Percepción Emocional: *Alegría*.

En esta evaluación se concluyó que el Personaje 1 que reproduce los movimientos a 36 fps logró transmitir de mejor manera el sentimiento de *alegría* [Ver Figura 29]. Esto nos lleva a concluir que si se busca transmitir alegría, euforia o entusiasmo se deben de realizar movimientos rápidos, es decir reproducir los movimientos a 24 fps o más.

#### EVALUACIÓN DE REPRODUCCIÓN DE LA EMOCIÓN SORPRESA

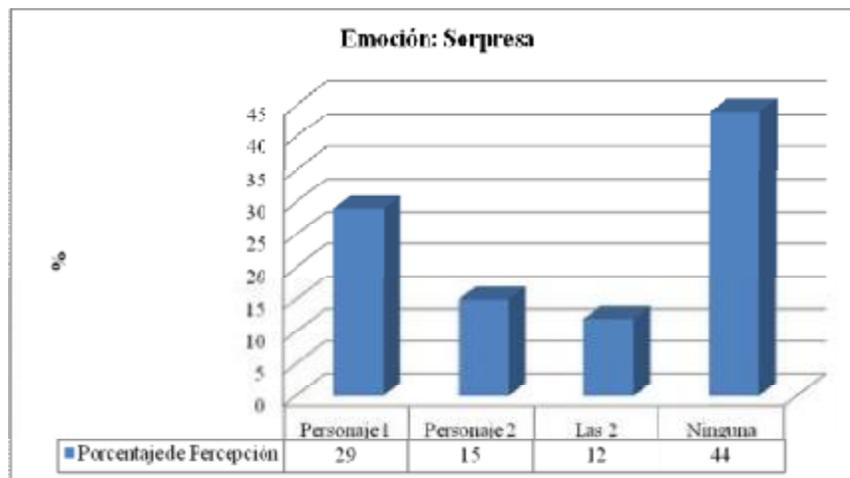


Figura 30.- Percepción Emocional: *Sorpresa*.

La emoción *sorpresa* no fue transmitida del todo de manera adecuada por ninguno de los dos personajes [Ver Figura 30], sin embargo como se puede apreciar en la Tabla 3 ambos clasificadores establecen velocidades altas para esta emoción (24 fps o mayor).

Con la finalidad de determinar una velocidad de reproducción para la emoción *sorpresa*, nosotros consideramos establecer la velocidad de reproducción mostrada por el personaje con el mayor nivel de aceptación, siendo este el Personaje 1 con una velocidad de 36 fps.

#### EVALUACIÓN DE REPRODUCCIÓN DE LA EMOCIÓN ENOJO

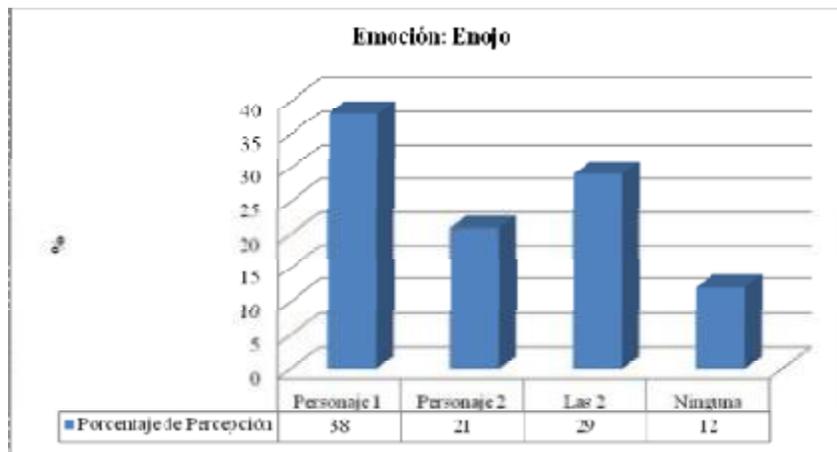


Figura 31.- Percepción Emocional: *Enojo*.

Se determinó que el Personaje 1 el cual reproduce movimientos a 36 fps logra transmitir de mejor manera la emoción de *enojo*, es decir, si se desea representar enfado, irritación o cólera se deben de mostrar movimientos rápidos [Ver Figura 31].

#### EVALUACIÓN DE REPRODUCCIÓN DE LA EMOCIÓN MIEDO

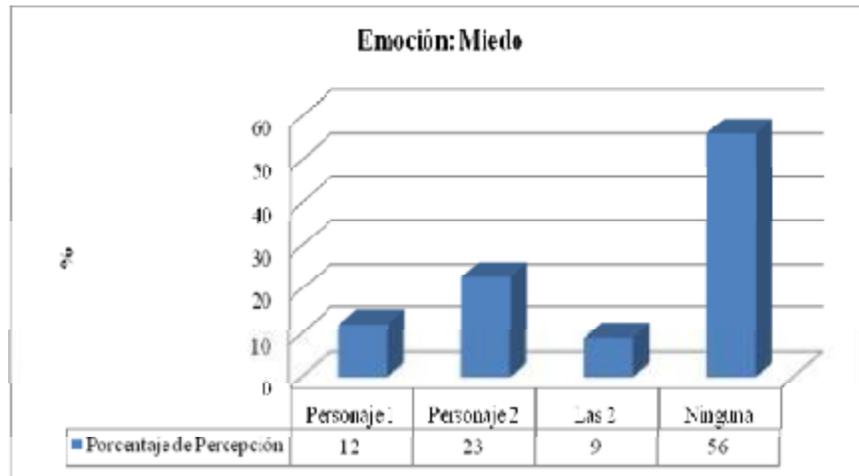


Figura 32.- Percepción Emocional: *Miedo*.

De igual manera que la emoción de sorpresa, se concluyó que los personajes virtuales deben de considerar otros factores, además de la velocidad de sus movimientos, para reproducir de mejor manera la emoción de *miedo*.

La velocidad de reproducción para esta emoción la determinamos considerando al personaje que mostró un mayor grado de aceptación por parte de los usuarios [Ver Figura 32], por lo cual se estableció que el Personaje 2 con movimientos a 30 fps transmite de mejor manera la emoción *miedo*.

#### EVALUACIÓN DE REPRODUCCIÓN DE LA EMOCIÓN ANGUSTIA

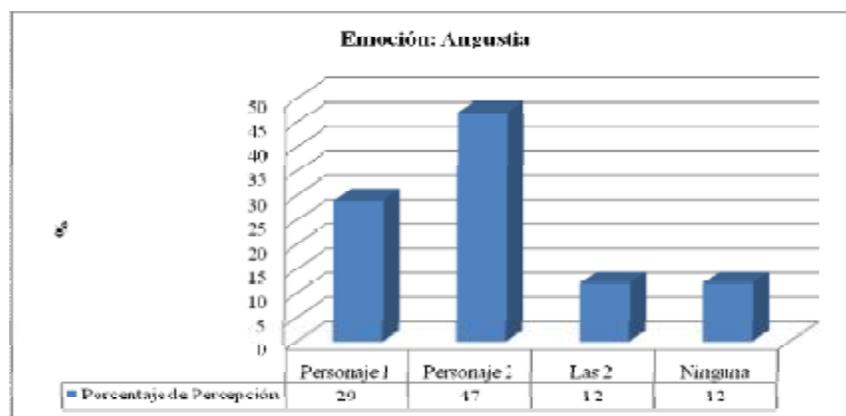
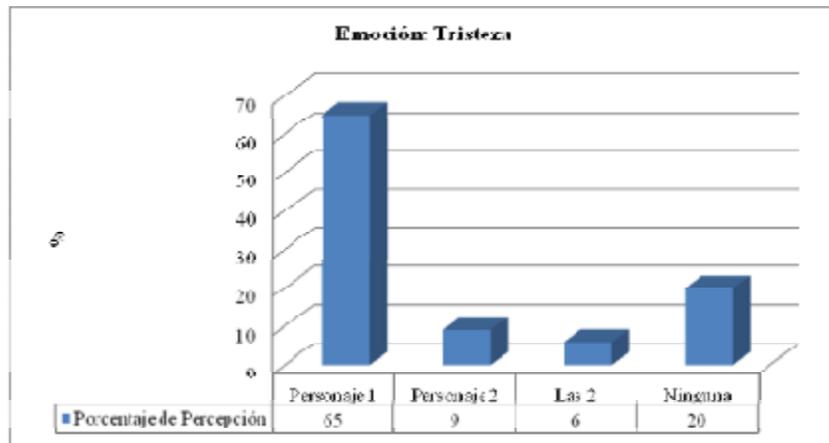


Figura 33.- Percepción Emocional: *Angustia*

Se estableció que el Personaje 2 el cual reproduce movimientos a 24 fps logra transmitir de mejor manera el sentimiento de *angustia* el cual está relacionado a momentos de ansiedad, intranquilidad o preocupación [Ver Figura 33].

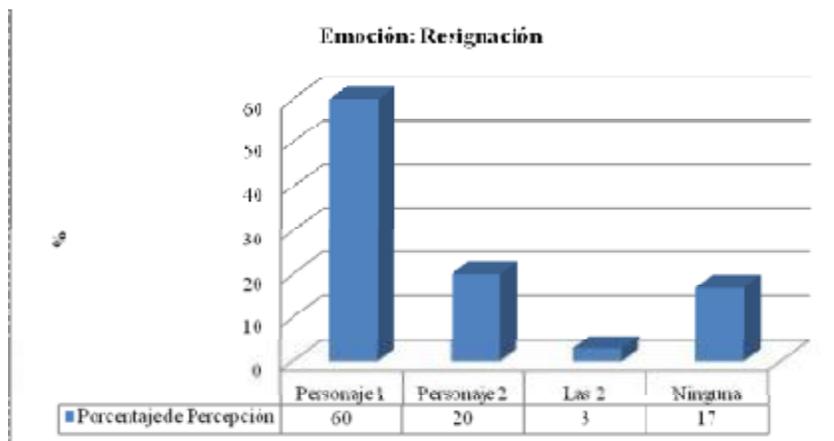
**EVALUACIÓN DE REPRODUCCIÓN DE LA EMOCIÓN TRISTEZA**



**Figura 34.-** Percepción Emocional: *Tristeza*.

La evaluación arrojó que si se busca transmitir el sentimiento de *tristeza* se deben de realizar movimientos muy lentos (12 fps) los cuales son ejecutados por el Personaje 1 [Ver Figura 34]. El sentimiento de tristeza permite expresar también momentos de nostalgia, melancolía o pena.

**EVALUACIÓN DE REPRODUCCIÓN DE LA EMOCIÓN RESIGNACIÓN**

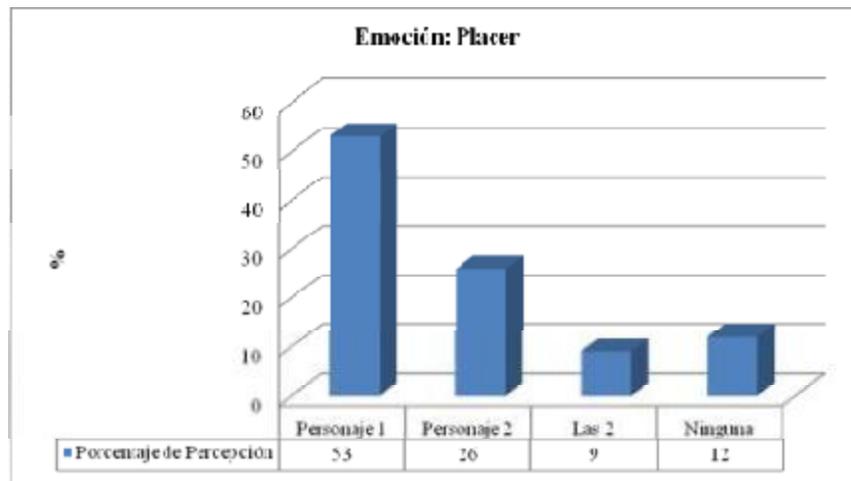


**Figura 35.-** Percepción Emocional: *Resignación*.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación [Ver Figura 35], se pudo establecer que para lograr transmitir la emoción de *resignación* se deben de realizar movimientos muy lentos (12 fps) como los ejecutados por el Personaje 1.

**EVALUACIÓN DE REPRODUCCIÓN DE LA EMOCIÓN PLACER**

Por último se definió que para lograr transmitir la emoción de *placer* a través de un personaje virtual, este debe de realizar movimientos muy rápidos (36 fps) como los ejecutados por el Personaje 1 [Ver Figura 36].



**Figura 36.-** Percepción Emocional: *Placer*.

**5.1.3 DEFINICIÓN DE VELOCIDADES DE REPRODUCCIÓN DE ANIMACIONES**

Como resultado de la evaluación para determinar la velocidad de las animaciones para cada una de las emociones presentadas en [García-Rodríguez & Florencia-Juárez, 2009] se concluyó lo siguiente [Ver Tabla 8]:

<b>Velocidades de Reproducción (fps)</b>	
<b>Emoción</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Alegría</b>	36
<b>Sorpresa</b>	36
<b>Enojo</b>	36
<b>Miedo</b>	30
<b>Angustia</b>	24
<b>Tristeza</b>	12
<b>Resignación</b>	12
<b>Placer</b>	36

**Tabla 8.-** Velocidades de Reproducción de Animaciones para Intensidad “*Mucho*”.

Para las emociones de sorpresa y miedo se determinó que para lograr transmitir de mejor manera dichas emociones se deben de considerar otros factores además de la velocidad en los movimientos, como por ejemplo la expresión facial o incluso el mismo movimiento a reproducir.

Si se busca transmitir emociones tales como la alegría, el enojo o el placer se deben de ejecutar movimientos muy rápidos. Por el contrario para lograr transmitir angustia, tristeza o resignación se deben de realizar movimientos lentos.

## **5.2 EVALUACIÓN DE ENCADENAMIENTO DE ANIMACIONES**

El objetivo de la segunda evaluación es determinar si las secuencias de animaciones generadas por nuestro planificador muestran movimientos más naturales que aquellas secuencias en donde no se emplean ningún procedimiento para el encadenamiento de animaciones.

Esta evaluación está conformada por 6 videos, los cuales muestran secuencias de animaciones encadenadas ejecutadas por dos personajes virtuales. En los primeros dos

videos se ejecuta una secuencia de 2 animaciones, los siguientes dos reproducen una secuencia 3 animaciones y en los últimos dos videos se reproduce una secuencia de 4 animaciones.

El personaje virtual de la izquierda (personaje 1) ejecuta secuencias de animaciones sin un planificador para el encadenamiento de las mismas, es decir, reproduce las animaciones una detrás de otra, por el contrario el personaje virtual de la derecha (personaje 2), emplea para generar sus secuencias de animaciones el planificador desarrollado en este trabajo [Ver Figura 37].



**Figura 37.-** Encuesta para la Evaluación de Encadenamiento de Animaciones.

Para cada uno de los seis videos presentados en esta sección se le plantea al usuario dos cuestionamientos, enfocados a determinar si el encadenar secuencias de animaciones a través de nuestro planificador da como resultado movimientos más fluidos y naturales [Ver Figura 38].

Secuencia 1

\*Obligatorio

Percibes algún "movimiento extraño o anormal" en la secuencia de: \*

Figura 1

Figura 2

Las 2

Ninguna

¿Que figura reproduca un movimiento más natural? \*

Figura 1

Figura 2

Las 2

Ninguna

Enviar

Con la tecnología de Google Docs

Figura 38.- Preguntas para Evaluar el Encadenamiento de Animaciones.

### 5.2.1 RESULTADOS

Para cada una de los videos mostrados se registraron las percepciones hechas por las personas, obteniendo los siguientes resultados.

**PREGUNTA: PERCIBES ALGÚN "MOVIMIENTO EXTRAÑO O ANORMAL" EN LA SECUENCIA DE:**

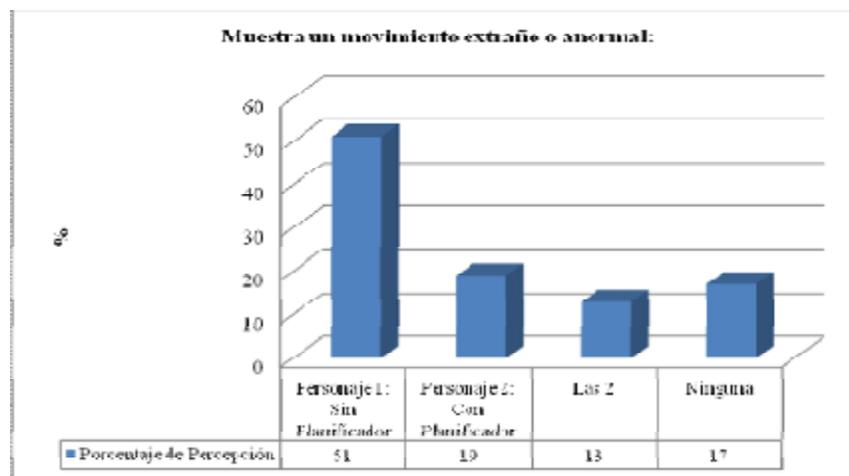
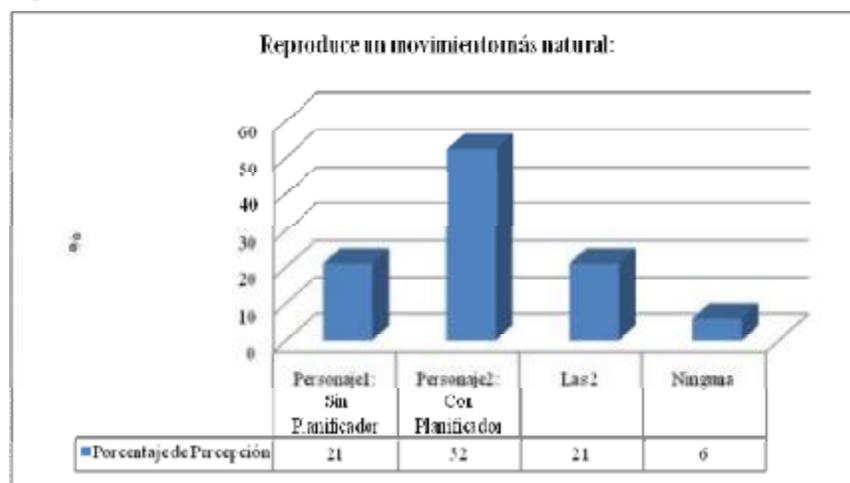


Figura 39.- Resultados de la Pregunta: ¿Percibes algún movimiento extraño o anormal en la secuencia de: ?

En la figura 39 se muestra que el 51% de las observaciones realizadas indican que el Personaje 1 muestra movimientos extraños o anormales al momento de realizar un encadenamiento de animaciones, ya que las reproduce de manera secuencial sin algún tipo de tratamiento de encadenamiento.

En cambio únicamente el 19% de las observaciones indican que las secuencias ejecutadas por el Personaje 2 muestran movimientos extraños o anormales.

**PREGUNTA 2: ¿QUE FIGURA REPRODUCE UN MOVIMIENTO MÁS NATURAL?**



**Figura 40.-** Resultados de la Pregunta: ¿Que figura reproduce un movimiento más natural?

En la segunda pregunta el 52% de las observaciones señalan que las secuencias ejecutadas por el Personaje 2 muestra un movimiento más natural, debido a que ésta ejecuta animaciones empleando un planificador de encadenamiento dando como resultado secuencias con movimientos más naturales y fluidos [Ver Figura 40].

Únicamente en el 21% se indica que las secuencias ejecutadas por el Personaje 1 tienen un comportamiento más natural.

Con esto se comprueba que el desarrollo de un planificador para el encadenamiento de animaciones da como resultado movimientos más realistas, aumentando así el grado de inmersión en los personajes virtuales.

# Capítulo 6

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

---

### 6.1 CONCLUSIONES

La creación de personajes virtuales es un área relativamente nueva y por demás compleja, debido a que se requieren conocimientos de diversas disciplinas, tales como el estudio del movimiento natural, la manera de expresar las emociones, el manejo del *timing*, etcétera.

Además si se buscan generar movimientos complejos y naturales el costo monetario y de tiempo puede ser muy alto. En este trabajo se comprueba que un planificador de encadenamiento de animaciones aumenta notablemente la calidad en la reproducción de secuencias de animaciones, además de que coadyuva en la reducción de costos ya que facilita la construcción de manera automática de nuevas secuencias de animaciones.

También se llegó a la conclusión de que la velocidad de los movimientos influye mucho en las percepciones que se puedan tener acerca de un estado de ánimo. Un movimiento rápido está relacionado a emociones tales como la alegría, el enojo o el placer. Por otro lado un movimiento lento está relacionado a emociones como la angustia, la tristeza o la resignación. También se determinó que existen emociones tales como la sorpresa o el miedo que requieren además de la velocidad de otros factores a considerar, esto si busca representarlas de mejor manera.

### 6.2 TRABAJOS FUTUROS

Es fundamental considerar diversos factores que ayuden a reproducir de mejor manera las emociones. En este trabajo consideramos la velocidad de reproducción de los movimientos, pero existen otros factores tales como la amplitud, la fluidez o la potencia de los

movimientos. Estos otros factores nos permitirán transmitir de mejor manera emociones tales como la sorpresa y el miedo.

También es importante el establecer un mayor rango de valores para el atributo de velocidad, ya que en este trabajo únicamente se manejaron valores de 12, 18, 24, 30 y 36 fps.

Es necesario de igual manera desarrollar procesos de evaluación para secuencias más grandes de animaciones, ya que en esta investigación consideramos únicamente secuencias de 4 animaciones encadenadas como máximo.

Por último se requiere crear comportamiento más complejo en personajes virtuales, lo que implicaría la reproducción sincronizada de animaciones gestuales, faciales, comportamiento autónomo y de habla.

### **6.3 APORTACIONES**

La principal contribución de nuestra investigación al abordar el problema de encadenamiento de animaciones en tiempo real es la creación de un planificador que nos permitió generar secuencias de animaciones de manera automática.

Nuestro planificador fue creado en Panda 3D, lo que nos permitió identificar instrucciones de este software y poder ejecutarlas en un proceso en tiempo real.

Otra de las contribuciones fue la creación de un programa que nos permitió establecer los puntos de intersección entre las animaciones de un corpus, agilizando así dicho proceso.

El establecer velocidades en los movimientos de los personajes virtuales fue una muy importante aportación, ya que con esto se lograron transmitir emociones de mejor manera, generando así un comportamiento más natural.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Awad, C., Courty, N., et al. (2009). "A Database Architecture For Real-Time Motion Retrieval". 7th INTERNATIONAL WORKSHOP OF CONTENT-BASED MULTIMEDIA INDEXING: 225–230.
- Badler, N. (1997). "Real-Time Virtual Humans". PACIFIC GRAPHICS CONFERENCE.
- Bailenson, J. N., & Blascovich, J. (2004). "Avatars". ENCYCLOPEDIA OF HUMAN-COMPUTER INTERACTION, BERKSHIRE PUBLISHING GROUP: 64-68.
- Birkennbihl, V. (1983). "Las señales del cuerpo y lo que significan". EDICIONES MEMPERA.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., et al. (1996). "From data mining to knowledge discovery in databases". AI MAGAZINE 17 (3): 37.
- Fernández-Breis, J. T. (2005). "Tecnologías para los Sistemas multimedia". Murcia, ES: Universidad de Murcia.
- García-Rodríguez, R. & Florencia-Juárez, R. (2009). "MateZoo". Cd. Madero, MX: Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.
- Gratch, J., Rickel, J., et al. (2002). "Creating Interactive Virtual Humans: Some Assembly Required". IEEE INTELLIGENT SYSTEMS 17 (4): 54-63.
- Hartmann, B., Mancini, M., et al. (2006). "Implementing expressive gesture synthesis for embodied conversational agents". GESTURE IN HUMAN-COMPUTER INTERACTION AND SIMULATION: 188–199.
- Heloir, A. & Kipp, M. (2009). "EMBR—A realtime animation engine for interactive embodied agents". INTELLIGENT VIRTUAL AGENTS: 393–404.
- Lamouret, A. & Van de Panne, M. (1996). "Motion Synthesis By Example". Toronto, CA: Toronto University.
- Lee, J., Chai, J., et al. (2002). "Interactive control of avatars animated with human motion data". ACM TRANSACTIONS ON GRAPHICS 21 (3): 491–500.
- McNeill, D. (2002). "Elicitation Protocol". Chicago, US: Chicago University.
- Michalski, R. S., Carbonell, J. G., et al. (1983). "Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach". TIOGA PUBLISHING COMPANY.

- Morales-Rodríguez, M. L., Bernard, P. et al. (2008). "Virtual humans and Social interaction". Cd. Madero, MX: Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.
- Morales-Rodríguez, M. L. (2007). "Modèle d'interaction sociale pour des agents conversationnels animés ". Toulouse, FR : L'Université Toulouse III: Paul Sabatier.
- Quinlan, J. R. (1993). "C4.5: Programs for Machine Learning". MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS.
- Reidsma, D., Nijholt, A., et al. (2006). "Virtual Rap Dancer: Invitation to Dance". CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS.
- Scherer, K. R. (1979). "Nonlinguistic vocal indicators of emotion and psychopathology". EMOTIONS IN PERSONALITY AND PSYCHOPATHOLOGY: 495-529.
- Whitaker, H. & Halas, J. (2002). "Timing for Animation". FOCAL PRESS.

# Capítulo 7

## ANEXOS

---

### 7.1 GENERACIÓN DE ARBOLES DE DECISIÓN A TRAVÉS DE MINERÍA DE DATOS

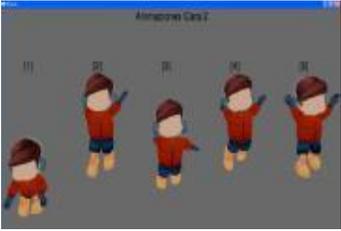
#### 7.1.1 CREACIÓN DE BASE DE DATOS

Con la finalidad de crear una base de datos que nos permitiera generar arboles de decisión, aplicamos una encuesta a los alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.

Esta encuesta estaba conformada de 3 secciones, en cada una de ellas se mostraban 5 personajes realizando a diferentes velocidades (12, 18, 24, 30 y 36 fps.) las animaciones de: saltar, correr y caminar.

En la sección 1 se mostraban los personajes con una cara “alegre”, en la sección 2 los personajes carecían de expresión facial y por último en la sección 3 se mostraban los personajes con cara “enojado” [Ver Tabla 9].

SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
1	Cara Alegre Velocidad (fps): 12, 18, 24, 30, 36 Animaciones: Saltar, Correr y Caminar.	

<b>2</b>	Característica : Sin Cara Velocidad (fps): 12, 18, 24, 30, 36 Animaciones: Saltar, Correr y Caminar.	
<b>3</b>	Característica : Cara Enojado Velocidad (fps): 12, 18, 24, 30, 36 Animaciones: Saltar, Correr y Caminar.	

**Tabla 9.-** Descripción de Atributos y Valores establecidos para la Encuesta.

A los encuestados se les solicitó que señalaran al personaje que les transmitiera de mejor manera una emoción y una intensidad. Esta evaluación se realizó en las 3 secciones, para cada una de las emociones presentadas en [García-Rodríguez & Florencia-Juárez, 2009] y para todas las animaciones mostradas [Ver Figura 41].

Emoción	Intensidad	Animación: Saltar					Animación: Correr					Animación: Caminar				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Alegría	Mucho	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Normal	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Poco	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Nada	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

**Figura 41.-** Encuesta para Recabar las Emociones Percibidas.

Una vez realizado el proceso de evaluación se procedió a recabar la información, a la cual posteriormente se le aplicó un análisis de frecuencia [Ver Figura 42].

INTENSIDAD	SALTAR					CORRER					CAMINAR			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

EMOCION	PERSONAJE	1	2	3	4	5	SUMAS
ENOJO	MUCHO	0	0	0	1	2	3
ENOJO	POCO	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5
ENOJO	NADA	21	25	18	21	25	110
SUMAS		29,5	25,5	18	21	31,5	

EMOJ	MOJADO	PERSONAJE	OPCION	PERSONAJE	PERSONAJE
ENOJO	MUCHO	2	1	1,5	2
ENOJO	POCO	1,5	1	1,5	1,2
ENOJO	NADA	27	4	1,25	19

PERSONAJE	PERSONAJE	PERSONAJE	PERSONAJE	PERSONAJE	PERSONAJE	OPCION	VELOCIDAD
EMOCION	PERSONAJE	PERSONAJE	1	2	3	4	5
EMOJO	PERSONAJE	SALTAR	0	0	0	1	0
EMOJO	POCO	SALTAR	2	1	0,5	1,5	1
EMOJO	NADA	SALTAR	8	10	13	9	10
EMOJO	MUCHO	CORRER	0	0	0	1	5
EMOJO	POCO	CORRER	2,5	1	1	2	1,5
EMOJO	NADA	CORRER	7	8	6	3	8
EMOJO	MUCHO	CAMINAR	0	0	0	1	1
EMOJO	POCO	CAMINAR	2	2,1	2,5	1,5	1,5
EMOJO	NADA	CAMINAR	8	7	7	3	8

Figura 42.- Análisis de Frecuencia realizado a la Información recabada de la Encuesta.

Este análisis nos permitió generar una base de datos de 216 valores de velocidades, formados con 4 diferentes atributos, los cuales están constituidos por los dominios presentados en la Tabla 10.

Atributo	Dominios
Cara	Alegre, Sin Cara, Enojado.
Emoción	Alegría, Sorpresa, Enojo, Miedo, Angustia, Tristeza, Resignación, Placer.
Intensidad	Mucho, Poco, Nada.
Animación	Caminar, Saltar, Correr.

Tabla 10.- Atributos y Dominios de la Base de Datos.

### 7.1.2 MINERÍA DE DATOS

Una vez generada la base de datos, esta fue sometida a un proceso de minería de datos con la finalidad de encontrar patrones de relevancia en su contenido.

Para este proceso hicimos uso de dos clasificadores: ID3 y J48 [Ver Tema 2.4], dándonos como resultado dos árboles de decisión, los cuales nos permitieron establecer las velocidades de reproducción de las animaciones para cada uno de los clasificadores.

### Árbol de Decisión: ID3

A continuación se muestra el árbol generado por el ID3, el cual establece las velocidades de reproducción (fps) considerando únicamente 3 atributos: intensidad, emoción y cara.

INTENSIDAD = MUCHO

| EMOCIÓN=ALEGRÍA  
  || CARA = ALEGRE: 30  
  || CARA = SIN CARA: 36  
  || CARA = ENOJADO: 36

| EMOCIÓN = SORPRESA  
  || CARA = ALEGRE: 30  
  || CARA = SIN CARA: 36  
  || CARA = ENOJADO: 36

| EMOCIÓN = ENOJO  
  || CARA = ALEGRE: 36  
  || CARA = SIN CARA: 36  
  || CARA = ENOJADO: 30

| EMOCIÓN = MIEDO  
  || CARA = ALEGRE: 36  
  || CARA = SIN CARA: 36  
  || CARA = ENOJADO: 30

| EMOCIÓN = ANGUSTIA  
  || CARA = ALEGRE: 36  
  || CARA = SIN CARA: 36  
  || CARA = ENOJADO: 24

| EMOCIÓN = TRISTEZA  
  || CARA = ALEGRE: 12  
  || CARA = SIN CARA: 12  
  || CARA = ENOJADO: 24

| EMOCIÓN = RESIGNACIÓN  
  || CARA = ALEGRE: 12  
  || CARA = SIN CARA: 12  
  || CARA = ENOJADO: 18

| EMOCIÓN = PLACER  
  || CARA = ALEGRE: 36  
  || CARA = SIN CARA: 36  
  || CARA = ENOJADO: 30

INTENSIDAD = POCO

| EMOCIÓN = ALEGRÍA  
  || CARA = ALEGRE: 30  
  || CARA = SIN CARA: 24  
  || CARA = ENOJADO: 30

| EMOCIÓN = SORPRESA  
  || CARA = ALEGRE: 36  
  || CARA = SIN CARA: 24  
  || CARA = ENOJADO: 24

| EMOCIÓN = ENOJO  
  || CARA = ALEGRE: 24  
  || CARA = SIN CARA: 30  
  || CARA = ENOJADO: 30

| EMOCIÓN = MIEDO  
  || CARA = ALEGRE: 30  
  || CARA = SIN CARA: 30  
  || CARA = ENOJADO: 24

| EMOCIÓN = ANGUSTIA  
  || CARA = ALEGRE: 24  
  || CARA = SIN CARA: 30  
  || CARA = ENOJADO: 30

| EMOCIÓN = TRISTEZA  
  || CARA = ALEGRE: 24  
  || CARA = SIN CARA: 24  
  || CARA = ENOJADO: 18

| EMOCIÓN = RESIGNACIÓN  
  || CARA = ALEGRE: 12  
  || CARA = SIN CARA: 24  
  || CARA = ENOJADO: 18

| EMOCIÓN = PLACER  
  || CARA = ALEGRE: 18  
  || CARA = SIN CARA: 24  
  || CARA = ENOJADO: 18

Una vez obtenido el árbol se identificaron las velocidades que obtuvieron un mayor porcentaje en el análisis de frecuencia, quedando las velocidades para el clasificador ID3 como se muestra en la Figura 43.

<b>Emoción</b>	<b>Intensidad</b>	<b>ID3</b>
<b>Alegría</b>	<i>Mucho</i>	30
	<i>Poco</i>	30
<b>Sorpresa</b>	<i>Mucho</i>	30
	<i>Poco</i>	36
<b>Enojo</b>	<i>Mucho</i>	30
	<i>Poco</i>	30
<b>Miedo</b>	<i>Mucho</i>	30
	<i>Poco</i>	24
<b>Angustia</b>	<i>Mucho</i>	24
	<i>Poco</i>	30
<b>Tristeza</b>	<i>Mucho</i>	24
	<i>Poco</i>	18
<b>Resignación</b>	<i>Mucho</i>	18
	<i>Poco</i>	18
<b>Placer</b>	<i>Mucho</i>	30
	<i>Poco</i>	18

**Figura 43.-** Velocidades de Reproducción de Animaciones establecidas por el Clasificador ID3.

### Árbol de Decisión: J48

A continuación se muestra el árbol generado por el clasificador J48, el cual establece las velocidades considerando únicamente 2 atributos: intensidad y emoción.

INTENSIDAD = MUCHO

INTENSIDAD = POCO

| EMOCIÓN = ALEGRÍA: 36  
 | EMOCIÓN = SORPRESA: 36  
 | EMOCIÓN = ENOJO: 36  
 | EMOCIÓN = MIEDO: 36  
 | EMOCIÓN = ANGUSTIA: 36  
 | EMOCIÓN = TRISTEZA: 12  
 | EMOCIÓN = RESIGNACIÓN: 12  
 | EMOCIÓN = PLACER: 36

| EMOCIÓN = ALEGRÍA: 18  
 | EMOCIÓN = SORPRESA: 24  
 | EMOCIÓN = ENOJO: 24  
 | EMOCIÓN = MIEDO: 30  
 | EMOCIÓN = ANGUSTIA: 24  
 | EMOCIÓN = TRISTEZA: 12  
 | EMOCIÓN = RESIGNACIÓN: 12  
 | EMOCIÓN = PLACER: 24

Este clasificador nos permitió establecer las velocidades de manera directa, debido a la estructura generada, por lo que se definieron como se muestra en la Figura 44.

Emoción	Intensidad	J48
Alegría	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	18
Sorpresa	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	24
Enojo	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	24
Miedo	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	30
Angustia	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	24
Tristeza	<i>Mucho</i>	12
	<i>Poco</i>	12
Resignación	<i>Mucho</i>	12
	<i>Poco</i>	12
Placer	<i>Mucho</i>	36
	<i>Poco</i>	24

Figura 44.- Velocidades de Reproducción de Animaciones establecidas por el Clasificador J48.

## 7.2 MANUAL DE INSTRUCCIONES DE PANDA 3D.

A continuación se presentan las instrucciones básicas que se pueden emplear en Panda 3D. Estas están clasificadas de la siguiente manera:

- Instrucciones de 1 a 8.- Permiten importar y hacer uso de librerías.
- Instrucciones de 9 a 12.- Visualizan, manipulan y ubican ambientes.
- Instrucciones de 13 a 31.- Proporcionan funciones para la creación, reproducción y manipulación de actores.
- Instrucciones de 32 a 47.- Permiten obtener y establecer valores como: la velocidad de reproducción, posición de una articulación, sistema de coordenadas, etc.
- Instrucciones de 48 a 56.- Proveen funciones para la manipulación de intervalos.
- Instrucciones de 57 a 63.- Otorgan sintaxis para la creación de secuencias.
- Instrucción 64.- Permite ejecutar el programa.

#	INSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	FROM DIRECT.ACTOR IMPORT ACTOR	LIBRERÍA QUE PERMITE EL MANEJO DE UN ACTOR
2	FROM DIRECT.GUI.ONSCREENIMAGE IMPORT ONSCREENIMAGE	PERMITE EL MANEJO DE IMÁGENES EN PANTALLA
3	FROM DIRECT.GUI.ONSCREENTEXT IMPORT ONSCREENTEXT	PERMITE EL MANEJO DE TEXTO EN PANTALLA
4	FROM DIRECT.INTERVAL.INTERVALGLOBAL IMPORT *	ES EMPLEADA POR LA FUNCIÓN SEQUENCE.
5	FROM PANDAC.PANDAMODULES IMPORT *	POINT3 UTILIZA ESTA LIBRERÍA
6	IMPORT DIRECT.DIRECTBASE.DIRECTSTART	VUELVE DISPONIBLE UN CARGADOR DE OBJETOS, Y UN GRUPO DE TAREAS SE CREAN DE FORMA PREDETERMINADA.
7	IMPORT MATH	CONTIENE DIVERSAS OPERACIONES MATEMÁTICAS.
8	IMPORT SYS	SE EMPLEA PARA CERRAR LA PANTALLA MEDIANTE ESCAPE.
9	SELF.ENVIRON.REPARENTTO[SELF.RENDER]	VISUALIZA AMBIENTE.
10	SELF.ENVIRON.SETPos[-8, 42, 0]	POSICIONA AMBIENTE.
11	SELF.ENVIRON.SETSCALE[0.25, 0.25, 0.25]	DEFINE TAMAÑO DE AMBIENTE.
12	SELF.ENVIRON= SELF.LOADER.LOADMODEL ["MODELOS/ENVIRONMENT"]	CARGA UN AMBIENTE.
13	PANDAActor1=ACTOR.ACTOR ["MODELOS/RALPH", {"RUN": "MODELOS/RALPH-RUN"}]	CARGA AL MODELO ACTOR Y SUS RESPECTIVAS ANIMACIONES.

14	PANDAActor1.SETPos[-1,-15,1]	POSICIONA AL ACTOR.
15	PANDAActor1.SETSCALE[0.25,0.25,0.25]	DEFINE EL TAMAÑO DEL ACTOR.
16	PANDAActor1.REPARENTTO[RENDER]	PERMITE CREAR Y VISUALIZAR AL ACTOR.
17	PANDAActor1.SHOW[]	MUESTRA AL ACTOR.
18	PANDAActor5.HIDE[]	PERMITE OCULTAR AL ACTOR.
19	PANDAActor.PLAY["RUN"]	REPRODUCE LA ANIMACIÓN 'RUN' MEDIANTE UN PLAY.
20	PANDAActor.POSE["RUN", 9]	MUESTRA EL FRAME 9 DE LA ANIMACIÓN RUN.
21	PANDAActor.STOP[]	DETIENE LA ANIMACIÓN EN EL FRAME JUSTO AL MOMENTO DE OPRIMIR LA TECLA.
22	PANDAActor.LOOP["JUMP"]	REPRODUCE LA ANIMACIÓN JUMP MEDIANTE UN LOOP (CICLO).
23	PANDAActor.LOOP ["RUN", FROMFRAME = 3, TOFRAME = 9]	EJECUTA LA ANIMACIÓN RUN DEL FRAME 3 AL FRAME 9 CÍCLICAMENTE.
24	PANDAActor1.LOOP["WALK", PARTNAME="LADOIZQUIERDO"]	MANDA LLAMAR LAS ARTICULACIONES QUE ÚNICAMENTE SE VAN A REPRODUCIR.
25	LIBRO1.REPARENTTO[MANO_DERECHA]	ASIGNACIÓN DEL MODELO A UNA ARTICULACIÓN.
26	CUELLO = RALPH2.CONTROLJOINT [NONE, 'MODELROOT', 'NECK']	ASIGNA A UNA VARIABLE UNA ARTICULACIÓN DEL ACTOR.
27	PANDAActor1.ENABLEBLEND[]	ACTIVA AL ACTOR PARA PODERLE ASIGNAR MEZCLA DE ANIMACIONES.
28	PANDAActor1.SETCONTROLEFFECT ["WALK", 0.5]	ESTABLECE EL PUNTO DE INFLUENCIA DE LAS ANIMACIONES QUE SE ESTARÁN EJECUTANDO.
29	PANDAActor1.SETPLAYRATE[2, 'RUN']	EJECUTA LA ANIMACIÓN 'RUN' 2 VECES MÁS RÁPIDO. LA INSTRUCCIÓN SETPLAYRATE NOS PERMITE DETERMINAR LA VELOCIDAD.
30	PANDAActor1.ACCEPT ["1", LLAMAANIMACION1]	HABILITA LA TECLA '1' PARA PODER MANIPULAR LAS ANIMACIONES.
31	PANDAActor1.REMOVE[]	ELIMINA AL ACTOR DE MEMORIA.
32	PRINT [PANDAActor1. GETBASEFRAMERATE['JUMP']]	DEVUELVE LA VELOCIDAD DE REPRODUCCIÓN DE LA ANIMACIÓN.
33	GET_COORDINATE_SYSTEM[VOID]	DEVUELVE EL SISTEMA DE COORDENADAS. ESTO SIEMPRE DEBE DE COINCIDIR CON EL SISTEMA DE COORDENADAS DE LA ESTRUCTURA EGGDATA.
34	PRINT [PANDAActor1. GETCURRENTFRAME['JUMP']]	PERMITE DETERMINAR EL NÚMERO DE FRAME QUE SE ESTÁ EJECUTANDO EN ESE MOMENTO.
35	PRINT [PANDAActor1.GETDURATION['JUMP']]	DEVUELVE EL TIEMPO QUE TARDA EN REPRODUCIRSE LA ANIMACIÓN.
	PRINT [PANDAActor1.	DEVUELVE EL TIEMPO QUE TARDA EN REPRODUCIRSE LA

36	GETDURATION['JUMP', FROMFRAME = 1, TOFRAME = 5]]	ANIMACIÓN DE UN FRAME A OTRO DETERMINADO.
37	PRINT [PANDAÁCTOR1. GETFRAMERATE['JUMP']]	INSTRUCCIÓN QUE PERMITE CONOCER LOS FPS EN EL QUE SE REPRODUCE LA ANIMACIÓN.
38	PRINT "H1=",CUELLO.GETH[]	FUNCIÓN QUE IMPRIME EN PANTALLA LA COORDENADA H DE LA ARTICULACIÓN CUELLO.
39	PRINT RALPH2.GETJOINTS[]	IMPRIE LOS HUESOS EN FORMA DE VECTOR.
40	PRINT PANDAÁCTOR1. GETNUMFRAMES['WALK1']	IMPRIE EN CONSOLA EL NÚMERO DE FRAMES DE 'WALK1'.
41	PRINT "P1=",CUELLO.GETP[]	FUNCIÓN QUE IMPRIME EN PANTALLA LA COORDENADA P DE LA ARTICULACIÓN CUELLO.
42	PRINT [PANDAÁCTOR1. GETPARTBUNDLES[]]	DEVUELVE UNA LISTA DE OBJETOS PARTBUNDLE INVOLUCRADOS EN LA ANIMACIÓN.
43	PRINT "R1=",CUELLO.GETR[]	FUNCIÓN QUE IMPRIME EN PANTALLA LA COORDENADA R DE LA ARTICULACIÓN CUELLO.
44	GLOBALCLOCK=CLOCKOBJECT. GETGLOBALCLOCK[] GLOBALCLOCK.SETMODE[CLOCKOBJECT.M LIMITED] GLOBALCLOCK.SETFRAMERATE[30]	PERMITE DETERMINAR EL NÚMERO DE FRAMES POR SEGUNDO QUE SE DESEA MOVER EL AMBIENTE MEDIANTE EL MOUSE.
45	SET_COORDINATE_SYSTEM[COORDINATESYS TEM COORDSYS]	CAMBIA EL SISTEMA DE COORDENADAS DEL .EGG. SI EL SISTEMA DE COORDENADAS INICIAL ES DIFERENTE, ESTO TENDRÁ COMO RESULTADO UNA CONVERSIÓN EN LOS DATOS.
46	CUELLO.SETHPR[I,J,K]	ASIGNA COMO COORDENADAS LOS VALORES DE I,J,K A LA ARTICULACIÓN ASIGNADA PARA LA VARIABLE CUELLO.
47	CUELLO1.SETHPR[10+CUELLO1.GETH[], 10+CUELLO1.GETP[],10+CUELLO1.GETR[]]	TRANSFORMA LAS COORDENADAS.
48	INTERVAL.GETDURATION[]	RETORNA LA LONGITUD DEL INTERVALO EN SEGUNDOS.
49	INTERVAL.ISPLAYING[]	DEVUELVE TRUE SI EL INTERVALO SE ESTÁ REPRODUCIENDO, O FALSO SI NO SE INICIÓ, YA HA TERMINADO, O HA SIDO PAUSADO O FINALIZADO.
50	INTERVAL.PAUSE[]	PERMITE DETENER UN INTERVALO.
51	INTERVAL.RESUME[]	PERMITE REANUDAR UN INTERVALO.

52	MYINTERVAL1=PANDAActor1. ACTORINTERVAL["WALK", LOOP= 1,DURATION = 50,PLAYRATE = 1]	ESTABLECE UN INTERVALO DE REPRODUCCIÓN EL CUAL DEFINE LA ANIMACIÓN A EJECUTAR, EL TIEMPO Y LA VELOCIDAD DE LA MISMA.
53	MYINTERVAL1=PANDAActor1. ACTORINTERVAL["JUMP", CONSTRAINEDLOOP= 1, STARTFRAME= 1, ENDFRAME= 10]	REPRODUCE UN SEGMENTO [FRAME 1-10] DE LA ANIMACIÓN JUMP.
54	PANDAHPRINTERVAL1=PANDAActor1. HPRINTERVAL[2,POINT3[180,0,0], STARTHPR=POINT3[0,0,0]]	ROTA AL ACTOR 180° EN 2 SEG.
55	PANDAPOSINTERVAL1.START[]	EJECUTA INTERVALO.
56	PANDAPOSINTERVAL1=PANDAActor1. POSINTERVAL[5,POINT3[0,-10,0], STARTPOS=POINT3[0,0,0]]	TRASLADA AL ACTOR EN 5 SEG. DE LA POSICIÓN [0,-10,0] A [0,0,0].
57	DELAY=WAIT[0]	VARIABLE QUE FUNCIONA COMO RETARDO.
58	i1= SEQUENCE [MYINTERVAL1, DELAY, MYINTERVAL2]	SECUENCIA DE INTERVALOS CON RETARDO.
59	i2=SEQUENCE[ACTORINTERVAL [PANDAActor2, 'JUMP', LOOP = 1, DURATION = 4], LERPANIMINTERVAL[PANDAActor2, 0.5, 'JUMP', 'WALK'], ACTORINTERVAL[PANDAActor2, 'WALK', LOOP = 1, DURATION = 4], LERPANIMINTERVAL[PANDAActor2, 0.5, 'WALK', 'JUMP'], ACTORINTERVAL[PANDAActor2, 'JUMP', LOOP = 1, DURATION = 4]]	REPRODUCE 'JUMP', REALIZA UN PROCESO DE INTERPOLACIÓN ENTRE 'JUMP' Y 'WALK', REPRODUCE 'WALK', REALIZA INTERPOLACIÓN ENTRE 'WALK' Y 'JUMP' Y REPRODUCE 'JUMP'.
60	i2= SEQUENCE[PARALLELENDTOGETHER [ACTORINTERVAL [PANDAActor2, 'JUMP', LOOP = 1, DURATION = 4], LERPANIMINTERVAL[PANDAActor2, 0.2, 'JUMP', 'WALK']], ACTORINTERVAL[PANDAActor2, 'WALK', LOOP = 1, DURATION = 4],	REPRODUCE 'JUMP', REALIZA UN PROCESO DE INTERPOLACIÓN ENTRE 'JUMP' Y 'WALK', REPRODUCE 'WALK' Y PARALELAMENTE REPRODUCE 'JUMP' Y LA INTERPOLACIÓN DE 'WALK' CON 'JUMP'

	PARALLEL[ACTORINTERVAL [PANDAActor2, 'JUMP', LOOP=1,DURATION=4], LERPAnimInterval [PANDAActor2, 0.2, 'WALK', 'JUMP']]	
61	I2=SEQUENCE[PARALLELENDTOGETHER [ACTORINTERVAL[PANDAActor2, 'RUN', STARTFRAME=4, ENDFRAME=17,PLAYRATE=1], LERPAnimInterval[PANDAActor2, 0.5, 'RUN','JUMP'], ACTORINTERVAL[PANDAActor2, 'JUMP', STARTFRAME=1, ENDFRAME=10, PLAYRATE=1]]]	REPRODUCE UN SEGMENTO DE LA ANIMACIÓN 'RUN', REALIZA UN PROCESO DE INTERPOLACIÓN ENTRE 'RUN' Y 'JUMP', Y REPRODUCE UN SEGMENTO DE 'JUMP', TODO ESTO LO REALIZA PARALELAMENTE. ESTA INSTRUCCIÓN ES SIMILAR A PARALLEL.
62	I3=SEQUENCE[PARALLEL [ACTORINTERVAL[PANDAActor3, 'RUN', STARTFRAME=9, ENDFRAME=17,PLAYRATE=1], LERPAnimInterval[PANDAActor3, 0.5, 'RUN','JUMP'], ACTORINTERVAL[PANDAActor3, 'JUMP', STARTFRAME=1, ENDFRAME=10, PLAYRATE=1]]]	REPRODUCE UN SEGMENTO DE LA ANIMACIÓN 'RUN', REALIZA UN PROCESO DE INTERPOLACIÓN ENTRE 'RUN' Y 'JUMP', Y REPRODUCE UN SEGMENTO DE 'JUMP', TODO ESTO LO REALIZA PARALELAMENTE. ESTA INSTRUCCIÓN ES SIMILAR A PARALLELENDTOGETHER.
63	RALPHRUTA1=SEQUENCE[MYINTERVAL1]	SE GENERA UNA SECUENCIA DE UN INTERVALO.
64	RUN[]	INSTRUCCIÓN QUE PERMITE EJECUTAR EL PROGRAMA.