

# Parte I

## Introducción



# Capítulo 1

---

## Introducción

*Vida Artificial* es el campo de la Ciencia de la Computación que intenta construir sistemas que exhiban algunas de las propiedades que caracterizan a los seres vivos; sistemas que emulan la vida.

El esfuerzo por crear seres artificiales que emulen los procesos y comportamientos de sus contrapartes reales, no se restringen a un soporte físico particular. Por una parte están los intentos "hardware" de emulación de vida, donde sus máximos exponentes son Aibo (el robot mascota de Sony Corp.), y Asimo (el robot humanoide de Honda Corp.), pudiéndose encontrar referencias a ellos en [www.aibo.com](http://www.aibo.com) y en [asimo.honda.com](http://asimo.honda.com), respectivamente. Por otra parte están las simulaciones "software". Éstas tienen la ventaja de que permiten construir un gran número de seres artificiales y entornos en los que estos existen, de manera que es más fácil estudiar comportamientos sociales.

Desde el punto de vista de las simulaciones por software, los avances en los últimos años en el campo de la computación gráfica han contribuido a lograr escenas cargadas de un gran realismo visual, impensables unas décadas atrás. Las nuevas técnicas de modelado y animación, acompañadas de los soportes de hardware y software existentes, permiten conseguir la calidad visual suficiente como para engañar a cualquier espectador, haciéndole creer que lo que ve corresponde a escenarios y personajes reales.

Sin embargo, no es suficiente que un personaje virtual luzca real en apariencia para lograr la ilusión de realismo que se persigue. Además debe comportarse como lo haría el ser vivo que simula. Dicho comportamiento debe ser la respuesta a los estímulos que recibe del entorno en que se encuentra inmerso. Y es en este punto donde la Inteligencia Artificial hace un gran aporte con sus técnicas, las cuales están tradicionalmente enfocadas en las habilidades cognitivas e intelectuales del ser humano.

La sinergia entre la Inteligencia Artificial y los Gráficos por Computador se ha convertido en una de las áreas de investigación más atractivas en los últimos años, en especial en la animación de criaturas virtuales autónomas, llamadas también agentes virtuales autónomos.

Los Agentes Virtuales Autónomos (AVAs) son entidades de software que representan actores virtuales inmersos en escenarios 3D, los cuales tienen la capacidad de reaccionar al entorno que los rodea, simulando tener vida propia. Estas características los ha dotado de gran atractivo para las industrias cinematográficas y del video juego, no siendo los únicos beneficiarios de esta tecnología. También encontramos aplicaciones tales como simuladores civiles de conducción, tutores inteligentes, simuladores para el estudio del comportamiento, entre otros; que están basados en los AVAs.

Pero son las simulaciones en tiempo real las que ofrecen el mayor reto a los actores virtuales, ya que la evolución en cuanto al aspecto gráfico ha superado los avances respecto a la animación del comportamiento. Esto se ha debido fundamentalmente a la falta de técnicas computacionales capaces de crear comportamientos complejos en entornos virtuales 3D.

El presente trabajo se enmarca dentro del campo de la Vida Artificial, y pretende hacer un aporte en lo que a la Animación de Agentes Virtuales Autónomos se refiere; campo cuya tecnología evoluciona constante y rápidamente.

## 1.1 Breve Reseña Histórica

Esta sección esta dedicada a hacer un repaso por la historia de dos importante campos de investigación de las ciencias de la computación, y de cómo han convergido para servir de soporte al estudio de lo que hoy conocemos como Vida Artificial.

## 1.1.1 Gráficos por Ordenador

Podemos remontar el origen de los gráficos generados por ordenador a los trabajos realizados a partir de 1950 por Ben Laposky, quien diseñó sus gráficos por medio de un sistema de cálculo analógico, haciéndolos visibles sobre la pantalla de un osciloscopio de rayos catódicos. Esas primeras décadas sentaron las bases y el rumbo de la computación gráfica moderna. Algunos destacados científicos que contribuyeron significativamente a su evolución son:

- Ivan Sutherland, creador de Sketchpad, un sistema de comunicación gráfico hombre-máquina, considerada la primera interfase de usuario gráfica. Ese programa fue su tesis doctoral, presentada en MIT en 1963. Mas adelante, en 1966, junto con una compañía llamada Bell Helicopter Company, estudia sistemas de gráficos 3D, desarrollando un casco de visualización estereoscópica (precursor de los lentes de realidad virtual).
- Edwin Catmull, entre sus muchos trabajos dedicados a los gráficos por ordenador, hizo dos contribuciones fundamentales a la computación gráfica: el Z-buffering (técnica para el manejo de las coordenadas de profundidad en imágenes 3D, resolviendo el problema de las zonas ocultas), y el Mapeado de Texturas (método para cubrir formas 3D (mapeado) con imágenes 2D (textura), proporcionando mayor realismo a la escena gráfica).
- Henri Gouraud inventa en 1971 un algoritmo de sombreado de superficies. Donde hasta el momento se rellenaba cada polígono de manera uniforme, él interpola linealmente un color a través de cada polígono para producir una sensación de suavizado de la superficie. Un método simple y efectivo, aun usado hoy en día, pero que puede presentar problemas cuando un brillo especular ocurre cerca del centro de un gran triangulo, el cual usualmente desaparece. Este problema fue resuelto por Phong Bui-Toung en 1975, con su método de suavizado de superficies poligonales.

Pero no es sino hasta comienzos de los años 80, cuando la evolución del hardware responsable de la generación de gráficos ha experimentando sus mayores y mas continuos avances, coincidiendo (no de manera fortuita) con la aparición en 1981 del primer ordenador personal (cuya siglas en ingles son PC, de Personal Computer) presentado por IBM, y el cual fue recibido con abrumador entusiasmo, a pesar de solo contar con un sencillo adaptador de gráficos monocromo conocido como MDA (Monochrome Display Adapter), que sólo podía mostrar texto estructurado en 25 líneas y 80 columnas.

La liberación de la plataforma PC por parte de IBM contribuyó de forma indiscutible a su aplastante éxito, y al espectacular avance tecnológico que ha sufrido a lo largo de los años; quedando al alcance de toda la comunidad científica, recursos que hasta entonces estaban restringidos a pequeños grupos privilegiados. Todo esto ha facilitado el vertiginoso avance en todas las áreas de las ciencias de la computación, y en particular de la computación gráfica.

Sin embargo, no resulta un secreto para nadie que gran parte de los avances en el modelado y animación por ordenador, están relacionados al mundo del cine.

Justo desde la aparición del primer ordenador personal, la industria del celuloide ha intentado utilizar el ordenador para crear efectos especiales, pero no fue sino hasta 1984 en que Industrial Light and Magic<sup>1</sup> utilizó la nueva tecnología de dibujo desarrollada para toda la secuencia del planeta Génesis en la película “Star Trek II: La ira de Khan”; consiguiendo la atención de otros estudios de filmación en el uso del ordenador como herramienta para la creación de efectos especiales.

Mediados de los 80 fueron años claves en el desarrollo de técnicas computacionales para el modelado y simulación por ordenador, cuando hicieron su aparición algoritmos para el modelado de sistemas de partículas, cuerpos rígidos, sólidos deformables, fluidos, gases, que ayudaron a generar movimientos realistas mediante la simulación mecánica (basada en física). Fueron años de importantes avances en el campo de la computación gráfica.

En 1988, Pixar<sup>2</sup> desarrolla un software multiplataforma para modelado y dibujo llamado Renderman ([www.renderman.org](http://www.renderman.org)) y un año después gana el premio Oscar por el corto de animación por ordenador “Tin Toy”; mismo año en que James Cameron, utilizando el software de Pixar, crea la primera criatura generada enteramente por ordenador para la pantalla grande (una serpiente líquida extraterrestre), en la película “El Abismo”.

Los años 90 nos traen aceleradores gráficos 3D para PC (Voodoo, NVidia GForce, etc), y vienen cargados de impresionantes logros en cuanto al apartado gráfico y a la simulación de actores virtuales. Las técnicas de modelado y animación se basan en aspectos anatómicos [KALR97,NEDE98a]

---

<sup>1</sup> Industrial Light and Magic es una empresa del grupo LucasFilm, dedicada a la producción de efectos especiales para el cine.

<sup>2</sup> Pixar, empresa originalmente perteneciente al grupo LucasFilm, fue comprada en 1986 por Steve Jobs (cofundador de Apple Computer) y se dedica al desarrollo y producción de modelaje y animación por ordenador. Salta a la fama por el éxito de su película Toy Story, completamente generada por ordenador.

para crear modelos lo mas fieles posibles a la naturaleza de los seres que simulan. Dichas investigaciones se orientan al diseño basado en el esqueleto [BOUL94, ZAJA90], modelos musculares [CODY90, NEDE98b], y generación de piel [SHEN95, SHEN96]; las cuales se aplican a cualquier criatura virtual. En cuanto al modelado del cuerpo humano, se coloca especial interés en el modelado del rostro y sus expresiones faciales [KALR91, BOUL95], las manos [UDA93, BECH94], el cabello [WATA89, ANJY92, KURI93], y la simulación de la ropa [CARI92, MAGN96].

Un ejemplo del alcance de estas técnicas quedan ilustradas en la película “Final Fantasy: The Spirits Within”, totalmente realizada por ordenador, y lanzada al mercado por Sony Pictures Entertainment. Sus productores no escatimaron en esfuerzos y recursos para lograr el máximo realismo en la simulación de humanos virtuales (el aspecto mas difícil de lograr), llegando a invertir hasta un millón de dólares solo en el modelado y simulación del movimiento del cabello de la protagonista virtual.

## 1.1.2 Inteligencia Artificial

Paralelamente a los avances en computación gráfica, otra ciencia hacia su aparición. La Inteligencia Artificial (IA), término acuñado por John McCarthy en 1956 y uno de los precursores de la investigación en esta área, nace como el resultado de la investigación en psicología cognitiva y la lógica matemática, combinando los conocimientos de la ciencia del computador, la fisiología, y la filosofía; y teniendo como objetivo común la creación de maquinas que puedan “pensar”, o sea, la reproducción automática del razonamiento humano.

La Inteligencia Artificial incluye varios campos de investigación, entre los cuales encontramos la robótica, el procesamiento del lenguaje natural (la cual abarca la comprensión y la síntesis del habla), visión artificial, aprendizaje de maquinas, sistemas computacionales expertos, la resolución de problemas, el control automático, las bases de datos inteligentes y la ingeniería del software (diseños de entornos de programación inteligentes).

Las investigaciones en el campo de la IA se orientan por dos vertientes distintas, la conexionista, y la simbólica o tradicional.

La corriente conexionista intenta representar el conocimiento desde el estrato más básico de la inteligencia: el estrato físico; partiendo de que el secreto para el aprendizaje y el conocimiento se halla directamente

relacionado con la estructura del cerebro, concretamente con las neuronas y la interconexión entre ellas.

En 1959, Frank Rosenblatt introduce el Perceptron; desarrollado en la Universidad de Cornell, es un modelo matemático de red neuronal que modela la mente humana, basándose en el principio de activación de neuronas, donde a partir de un valor de entrada (estímulo) se modifica el peso asociado a la neurona, y que al sobrepasar cierto valor umbral (excitación), transmite la señal a aquellas neuronas con las que esta conectada, obteniéndose al final un patrón que sirve para clasificar la entrada inicial.

Entre las primeras técnicas evolutivas que aportan resultados satisfactorios se encuentra la introducida por Fogel (1966), la cual consistía en hacer evolucionar autómatas de estados finitos por medio de mutaciones. Además, Fogel introdujo los importantes conceptos de población y selección.

Otra técnica evolutiva dirigida particularmente a la optimización de funciones continuas de alta complejidad se desarrolló en Alemania, en 1965, por Rechenberg y Schwefel; esta fue llamada Estrategia Evolutiva, y se utilizó inicialmente para resolver problemas de ingeniería que desafiaban a los métodos de optimización tradicionales.

La creación de los algoritmos genéticos suele atribuirse a John Holland a raíz de la publicación de su libro “Adaptation in Natural and Artificial Systems” en 1975.

Aunque aún atacados por algunos sectores de la comunidad de Inteligencia Artificial, los algoritmos genéticos, al igual que las redes neuronales, se han ido ganando poco a poco, y sobre la base de la efectividad de sus resultados en aplicaciones prácticas, el reconocimiento de los investigadores como una técnica efectiva en problemas de gran complejidad, como lo demuestra un número creciente de conferencias y publicaciones especializadas alrededor del mundo, en los últimos años.

Por otro lado, la escuela tradicional de la IA utiliza representaciones simbólicas basadas en un número finito de primitivas y de reglas para la manipulación de símbolos. Esta vertiente se basa en que todo conocimiento se puede representar mediante combinaciones de símbolos, derivadas de otras combinaciones que representan verdades incuestionables o axiomas.

En 1958, John McCarthy crea el LISP (derivado de LIST Processor) en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), inicialmente como un lenguaje de programación con el cual los investigadores pudieran



implementar eficientemente programas de computadora capaces de razonar; convirtiéndose en el primer lenguaje para procesamiento simbólico. El LISP rápidamente se hizo popular por su capacidad de manipular símbolos y fue escogido para el desarrollo de muchos sistemas de Inteligencia Artificial; y actualmente es utilizado en varios dominios que incluyen la escritura de compiladores, sistemas para diseño VLSI, sistemas para diseño mecánico asistido por computadora, animaciones gráficas y sistemas basados en conocimiento.

El período simbólico se considera aproximadamente comprendido entre finales de los 50 y mediados de los 70, seguido por un período dominado por los sistemas basados en conocimiento, aproximadamente desde 1976 a 1988. Sin embargo, en este segundo período las representaciones simbólicas (por ejemplo, redes semánticas, lógica de predicados, etc.) siguieron siendo parte central de dichos sistemas.

La Programación Lógica tiene sus orígenes más cercanos en los trabajos de J. A. Robinson, quien propone en 1965 una regla de inferencia a la que llama *resolución*, mediante la cual la demostración de un teorema puede ser llevada a cabo de manera automática.

La Lógica de Primer Orden, es uno de los formalismos más utilizados para representar conocimiento en Inteligencia Artificial. Esta cuenta con un lenguaje formal mediante el cual es posible representar fórmulas llamadas axiomas, que permiten describir fragmentos del conocimiento y, además consta de un conjunto de reglas de inferencia que aplicadas a los axiomas, permiten derivar nuevo conocimiento.

En 1971 surge el único lenguaje de programación totalmente basado en el cálculo de predicados, PROLOG. PROgramming in LOGic (PROLOG) es otro de los lenguajes de programación ampliamente utilizados en IA. Fue desarrollado en Francia por Alain Colmenauer y su equipo de investigación en la Universidad de Marseilles. Inicialmente fue utilizado para el procesamiento de lenguaje natural, pero posteriormente se popularizó entre los desarrolladores de aplicaciones de IA por su capacidad de manipulación simbólica. A partir de 1981 tuvo una importante difusión en todo el mundo, especialmente porque los japoneses decidieron utilizar PROLOG para el desarrollo de sus sistemas de computación de quinta generación.

En la actualidad, la Inteligencia Artificial empieza a extender sus áreas de investigación en diversas direcciones y trata de integrar diferentes métodos en sistemas a gran escala, tratando de explotar al máximo las ventajas de cada esquema.

### 1.1.3 Vida Artificial

La Vida Artificial (Alife, en inglés) es un área de investigación de reciente aparición; formalmente establecida por Christopher Langton (actualmente editor de la revista *Artificial Life*, publicada por MIT Press), con la celebración, en 1987, del "Interdisciplinary Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems", también conocido como ALIFE I, celebrado en Estados Unidos en Septiembre de 1987, con sede en el Laboratorio Nacional Los Álamos de Santa Fe, Nuevo México. Dicho evento, inaugura oficialmente la Vida Artificial como área independiente de investigación, y fue apoyado por el "Center of Nonlinear Studies", el "Santa Fe Institute" y "Apple Computer Inc", reuniendo a cerca de 150 científicos de diversas disciplinas como la biología, informática, física, filosofía y antropología.

Sin embargo, Langton no es más que un eslabón en la cadena de personas que han dado forma a lo que es hoy en día la Vida Artificial. Sus trabajos están basados, originalmente, en los principios de Von Neumann (considerado el Padre de la Alife), e influenciado por los trabajos de John Conway en autómatas celulares, particularmente el Juego de la Vida de Conway, en el que simula el nacimiento, evolución, reproducción, y muerte de organismos, basado en reglas que él mismo definió.

Langton, quien además es en la actualidad el editor de la revista *Artificial Life* publicada por MIT Press, define la Vida Artificial de la siguiente manera:

*"... es el campo de estudio dedicado a la comprensión de la vida, intentando abstraer los principios dinámicos fundamentales que subyacen a los fenómenos biológicos, y recreando esas dinámicas en otros medios físicos -tales como ordenadores- haciéndolos accesibles a nuevos tipos de manipulación experimental y de pruebas."*

En tal sentido, las contribuciones más relevantes en Vida Artificial van dirigidas al desarrollo de modelos que simulan muchos de los procesos naturales que caracterizan únicamente a los sistemas vivos, como por ejemplo, nacimiento y muerte, crecimiento y desarrollo, selección natural, evolución, percepción, locomoción, manipulación, comportamiento adaptativo, aprendizaje e inteligencia.

Los estudios en Vida Artificial, a finales de los 80 y principios de los 90, eran más parecidos a los de la entomología<sup>1</sup>, dedicados a simular formas de vida simples y pequeñas, con cortos periodos de vida, y con una visión simple del mundo que habitan. En este sentido ha sido significativo el

---

<sup>1</sup> Según el diccionario el Pequeño Larousse 2003: "parte de la zoología que estudia los insectos".

progreso en la complejidad de los sistemas desarrollados, desde aquel revolucionario Juego de la Vida de Conway, hasta los trabajos de Craig Reynold con sus “Boids” [REYN87] y más recientemente, Karl Sims con “Evolving Virtual Creatures” [SIMS94].

En la actualidad, los desarrollos en Vida Artificial están más ligados a la etología<sup>1</sup>. Un claro ejemplo de esto lo encontramos en el trabajo de Terzopoulos y colegas [TERZ94], quienes desarrollan simulaciones del habitat marina, con un impresionante grado de realismo, no alcanzado hasta el momento.

En este punto, la sinergia entre la computación gráfica y la inteligencia artificial se convierte, no solo en habitual, sino en necesaria, en los desarrollos de Vida Artificial.

Es a finales de los 90 cuando se comienzan a presentar los primeros modelos de comportamiento para humanos virtuales que les permiten exhibir conductas relativamente complejas. Entre los muchos investigadores que más han aportado en este campo se encuentra Daniel Thalmann, fundador del Laboratorio de Realidad Virtual (VRLab), en el Instituto Federal de Tecnología de Suiza, en 1988. Sus investigaciones incluyen varios tópicos de la Vida Artificial, aunque sus principales intereses están en el modelado y animación de actores virtuales.

## 1.2 Motivación

Pudiera pensarse, luego de ser testigo de las impresionantes animaciones de criaturas virtuales logradas hasta la fecha, tanto para el cine como para la televisión, que todo ya esta hecho en ese campo. Nada mas lejos de la realidad cuando nos percatamos de que dichas animaciones son generadas, en su mayoría, utilizando técnicas de captura de movimientos y son controladas por un animador externo que sigue un rígido guión de actuación.

Existe una gran brecha en cuanto al modelado fisico de los actores virtuales, y a los modelos de comportamiento que les permiten autonomía e independencia de los animadores. Mientras que los primeros han alcanzado un altísimo grado de realismo, no sucede lo mismo con el comportamiento autónomo de los actores virtuales en entornos complejos. Una explicación a esto pudiera estar en que la Inteligencia Artificial todavía no ha sido capaz

---

<sup>1</sup> Según el diccionario el Pequeño Larousse 2003: “ciencia que estudia el comportamiento de los animales en su medio natural, que se interesa tanto por la evolución ontogenética como por la filogenética”.

de desarrollar un sistema autónomo capaz de emular el sentido común de un niño de dos años, a pesar de que imita eficientemente algunas funciones cerebrales superiores.

Lograr comportamientos realistas de humanos virtuales habitando en elaborados entornos 3D, ofrece hoy en día un fértil campo abierto de investigación y desarrollo, donde todo avance presente se convierte en técnica del pasado muy rápidamente por su constante evolución.

Si bien, el Departamento de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación de la Universidad de Cantabria cuenta con grupos de investigación con experiencia en la aplicación de técnicas de inteligencia artificial, como lo son el grupo *Ciencias de la Computación y Sistemas Inteligentes* ([departamentos.unican.es/macc/proyectos/ccysi.html](http://departamentos.unican.es/macc/proyectos/ccysi.html)) y el grupo *Ingeniería Artificial en Meteorología AIMET* ([departamentos.unican.es/macc/proyectos/aimet.html](http://departamentos.unican.es/macc/proyectos/aimet.html)), sus esfuerzos se enfocan a problemas específicos que escapan al ámbito de investigación y desarrollo de este trabajo.

Por otro lado, el Dr. Andrés Iglesias (asesor del presente trabajo) ha dedicado estos últimos años a incursionar con éxito en el campo de la Computación Gráfica, especialmente en técnicas de dibujado, modelado y diseño geométrico orientados a CAD (siglas en inglés de Computer Aided Design), lo que le ha proporcionado reconocimiento y la responsabilidad de ser miembro del comité organizador de múltiples eventos internacionales dedicados a la computación gráfica en general, entre otros.

A pesar de no encontrar experiencia previa en desarrollos de esta índole, en el Departamento; mi formación como licenciado en computación y manifiesto interés en lo relacionado a la computación gráfica, y el conocimiento del Dr. Iglesias con respecto al estado del arte en la animación autónoma de criaturas virtuales por ordenador, son suficientes incentivos para incursionar en un área, que en palabras de Luciana Nedel<sup>1</sup>, en la introducción a su curso: Simulando Humanos Virtuales [NEDE98], comenta:

*“Nuestro objetivo es presentar un tema multidisciplinarlo, donde existe aun gran cantidad de trabajo por hacer. Otro aspecto interesante del área es la posibilidad (o necesidad) de colaboración entre varios dominios de conocimiento.”*

---

<sup>1</sup> Luciana Nedel es Investigadora en la Universidad Federal de Rio Grande Do Sur (Brasil), y fue estudiante doctoral del Prof. Daniel Thalmann, en el Instituto de Tecnología de Suiza, recibiendo su título en 1998.

Y más recientemente, Etienne de Sevin y Daniel Thalmann<sup>1</sup>, en su trabajo, La Complejidad de Probar un Modelo Motivacional de Acción Selección para Humanos Virtuales [SEVI04], se lee:

*“Diseñar agentes autónomos ha sido uno de los principales intereses de varios campos de investigación, especialmente en computación gráfica. Para producir animaciones complejas con un mínimo de entrada del animador, cada agente autónomo debe repetidamente resolver el problema de acción selección.*

*El problema de acción selección es aun discutido en etología, y más ampliamente en las ciencias cognitivas, por su enfoque multidisciplinario”*

Visto esto, y siendo concientes del gran esfuerzo requerido para la creación de mundos virtuales habitados (por la diversidad de técnicas, y recursos computacionales y humanos, asociados a estos desarrollos), pero a sabiendas del trabajo que aun esta pendiente por hacer, decidimos afrontar este reto, que hoy deja como fruto el presente trabajo.

## 1.3 Objetivos

Este trabajo pretende significar un aporte a las técnicas de animación del comportamiento para agentes virtuales autónomos, presentando una nueva arquitectura para su sistema de animación de comportamiento, así como aportes a las técnicas utilizadas en el mismo.

Los objetivos que se plantearon a comienzos de esta investigación fueron los siguientes:

1. Definir un marco general, flexible y eficiente de desarrollo para la simulación de agentes virtuales autónomos, bajo distintas arquitecturas, estableciendo los detalles de implementación a considerar en cada caso.

El objetivo es establecer un diseño que facilite el desarrollo de simulaciones de agentes virtuales autónomos en entornos 3D, estableciendo una clara separación entre el diseño del entorno y el del agente; lo cual permitirá un mejor aprovechamiento de las componentes, a la vez que posibilita implementaciones más eficientes en arquitecturas distribuidas.

---

<sup>1</sup> Daniel Thalmann es un pionero en la investigación sobre humanos virtuales. Además es el fundador y Director del Laboratorio de Realidad Virtual (VRlab), en el Instituto de Tecnología de Suiza, principalmente dedicado al modelaje y animación de mundos virtuales tridimensionales habitados ([vrlab.epfl.ch/About/about\\_index.html](http://vrlab.epfl.ch/About/about_index.html))

Los resultados a este respecto se presentan y describen en el Capítulo 4.

2. Desarrollar un Sistema de Animación del Comportamiento para humanos virtuales, que le permita exhibir al agente virtual una variedad de conductas individuales y de grupos, así como la emulación de procesos internos humanos (incorporando esquemas de creencias, memoria, etc), además de una fácil adaptación a cambios de ambiente.

El objetivo es definir y desarrollar un sistema que controle la simulación de un agente virtual autónomo dentro de un entorno 3D, permitiéndole exhibir conductas complejas como la de interaccionar con otros agentes, y mostrar un comportamiento motivado por estados de ánimos.

Los resultados a este respecto se presentan y describen en los capítulos 5 y 6.

3. Desarrollar una plataforma de software que facilite la prueba de los esquemas y técnicas propuestas; es decir, que permita una rápida generación de simulaciones en tiempo real para el estudio del comportamiento de los agentes virtuales bajo distintos ambientes y situaciones.

El objetivo es desarrollar una aplicación de software con la que se puedan crear entornos 3D de prueba, así como agentes virtuales con distintas características personales; e integrarlas todas en diferentes simulaciones para evaluar las técnicas incorporadas al modulo de comportamiento de los agentes.

Los resultados a este respecto se presentan y describen en el Capítulo 7.

Son muchos los factores a tomar en consideración para la animación de los agentes virtuales autónomos, al punto de considerarse un reto en sí, el integrar en un mismo marco de simulación la diversidad de técnicas requeridas para generar el comportamiento de los actores virtuales. Estas técnicas incluyen la animación y dibujo 3D, control de movimiento, técnicas de acción-selección (usadas para planificación de objetivos), la simulación de la interacción con objetos y otros agentes, entre otras. Esto nos ofrece una idea de la gran complejidad involucrada en el desarrollo de los AVAs.

## 1.4 Organización del Trabajo

El presente trabajo se encuentra organizado en cuatro partes que agrupan contenido relacionado, con el fin de facilitar su lectura y la rápida localización de algún material de interés.

La primera parte, integrada solo por el actual capítulo, presenta una breve reseña histórica sobre las líneas de investigación que convergieron para formar el campo de la Vida Artificial, área en la que se enmarca en presente trabajo. También se introducen las principales razones que motivaron el inicio de este proyecto; así como los objetivos que se plantearon y que condujeron su desarrollo.

La segunda parte esta dedicada al estado actual del conocimiento en el área; y esta dividida en dos capítulos. Su primer capítulo introduce las definiciones de los principales elementos utilizados a lo largo del trabajo, facilitando su conocimiento y familiarización; al tiempo que se comentan destacadas aportaciones de otras investigaciones en el área. El segundo capítulo de esta parte profundiza un poco más en un tema específico abordado en este proyecto, como lo es el de los Modelos de Comportamiento; haciendo un repaso por las técnicas empleadas a través de diversos trabajos y aplicaciones desarrolladas.

La tercera parte de este trabajo introduce las aportaciones y desarrollos alcanzados a lo largo del proceso de investigación de este proyecto. Para ello se ha dividido esta parte, en cuatro capítulos (del 4 al 7), cada uno correspondiendo a uno de los objetivos planteados. El capítulo 4 introduce un nuevo marco general de simulación del comportamiento para agentes virtuales autónomos. Se presentan los diferentes elementos que conforman el ambiente de simulación, así como el diseño de la arquitectura para la animación de los AVAs. Se presta especial atención a los aspectos de implementación, tanto en arquitecturas monoprocesador como multiprocesador; además de una descripción y evaluación de las herramientas empleadas. Los sistemas asociados a las actividades físicas del agente (sistema de percepción y sistema motor), también son descritos. El capítulo 5 introduce el sistema de animación del comportamiento, el cual es el encargado de simular el proceso cognitivo del agente, para su toma de decisiones. Una descripción de la organización y funcionamiento de todos los módulos de este sistema es presentado; y una variedad de ejemplos ilustran las consideraciones previstas por los algoritmos involucrados, al tiempo que exhiben la ejecución del sistema. El Capítulo 6 complementa al anterior, con la presentación del esquema de acción selección aquí propuesto, y el cual le permite al agente decidir el objetivo a perseguir en cada instante de tiempo. El capítulo 7 describe una aplicación creada para generar diferentes escenarios de pruebas (entornos 3D), y poder evaluar el desempeño de los agentes bajo distintas condiciones, de forma cómoda y rápida. La aplicación incluye módulos para la creación de actores virtuales, creación de diferentes entornos de pruebas, configuración personalizada de los valores iniciales de los parámetros que definen la personalidad de cada agente, y una elección dinámica de los elementos que participaran en la simulación; todo ello facilita la generación de distintas simulaciones de manera rápida y sencilla.

La cuarta y última parte de este trabajo expone los resultados y conclusiones del proyecto. Dividido en dos capítulos, el primero de ellos muestra los logros alcanzados a través de una serie de ejemplos de simulaciones que ponen a prueba los modelos y algoritmos desarrollados; además de incluir un cambio de entorno de simulación para constatar la versatilidad del diseño propuesto. Un capítulo de conclusiones resume las principales aportaciones del trabajo y las publicaciones conseguidas durante el desarrollo de la investigación, las cuales permitieron evaluar la dirección del proyecto al someterla a criterios externos, y lograr la meta trazada. Finalmente, el capítulo incluye las posibles líneas de investigación que pueden surgir a raíz de este trabajo, y que dan continuidad a la investigación con la finalidad de alcanzar mayores logros en este campo.

Un apartado especial está dedicado a presentar la bibliografía más relevante empleada para la elaboración y escritura de esta tesis.