

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias de la Computación



**Estudio del comportamiento en videojuegos para
mejorar la Jugabilidad.**

Tesis que para obtener el título de:

Licenciado en Ciencias de la Computación.

Presenta: Arturo Morales Téllez

Asesor: Dr. Abraham Sánchez López

Puebla, Pue. Marzo 2016

Contenido

Capitulo 1	Introducción	1
1.1	Resumen.	1
1.2	Motivación	2
1.3	Problema	2
1.4	Objetivos	3
1.5	Resultados esperados.	3
1.6	Organización del documento.....	4
Capitulo 2	Historia de los videojuegos.	5
2.1	Estado del arte	5
2.1.1	Una nueva forma de entretenimiento.	5
2.1.2	Los 70's, la industria comenzaba.....	7
2.1.3	La década de los 8 bits (1980 - 1989)	8
2.1.4	El 3D y una nueva visión al futuro (1990 - 1999).....	9
2.1.5	Un nuevo siglo	10
2.2	Inteligencia artificial en videojuegos	11
2.3	Técnicas de la inteligencia artificial	12
2.3.1	Búsqueda heurística:	12
2.3.2	Búsqueda local:.....	13
2.3.3	Redes neuronales:	13
2.4	Aplicaciones prácticas.....	13
2.4.1	Halo 1.....	14
2.4.2	Halo 2.....	19
2.4.3	Halo 3.....	20
2.4.4	Los Sims	21
Capitulo 3	Comportamiento en videojuegos.....	23
3.1	Caracteres autónomos.....	23
3.2	Tipos de comportamiento	26
3.2.1	Búsqueda (Seek) y evasión (Flee).....	26

3.2.2	Llegar (Arrive)	27
3.2.3	Persecución (Pursuit).....	28
3.2.4	Evadir (Evade).....	28
3.2.5	Vagar (Wander)	29
3.2.6	Esconderse (Hide).....	29
3.3	Pathfinding.....	30
Capitulo 4	Jugabilidad	33
4.1	La experiencia del jugador	33
4.2	Jugabilidad definición.	36
4.3	Métricas para determinar la jugabilidad	40
4.3.1	Satisfacción.....	41
4.3.2	Aprendizaje.....	42
4.3.3	Efectividad.	43
4.3.4	Inmersión.....	44
4.3.5	Motivación.....	45
4.3.6	Emoción	45
4.3.7	Socialización.....	46
4.4	Modelo de medición en juegos.	46
Capitulo 5	Comportamientos aplicados en juegos	52
5.1	Mejora en el diseño de juego	52
5.2	Comportamiento de personajes.....	53
5.2.1	Búsqueda de un objetivo (Estático - dinámico).....	55
5.2.2	Siguiendo al líder:	57
5.2.3	Persecución – evasión	59
5.2.4	Agrupamiento.....	61
Capitulo 6	Resultados Experimentales	64
6.1	Entorno de trabajo.....	64
6.2	Medición de jugabilidad	69
Capitulo 7	Conclusiones y trabajo futuro	75
Capitulo 8	Bibliografía.....	78

Lista de figuras

Figura 2.1 Juego 3en raya corriendo en la EDSAC.....	5
Figura 2.2 Juego tennis for two.	6
Figura 2.3 Primera consola creada llamada Magnavox Odyssey.....	6
Figura 2.4 Principal juego en los 70's llamado Space wars.	7
Figura 2.5 Mario Bros es uno de los juegos más representativos hasta la fecha.	8
Figura 2.6 Killer instinct fue uno de los primeros en incursionar en el formato 3D.....	9
Figura 2.7 Mando de Play Station y Xbox.	10
Figura 2.8 Ejemplo de uso de los marcadores en Halo: Combat Evolved para clasificar el entorno donde se desarrolla la acción.	14
Figura 2.9 Ejemplo de uso de los marcadores en Halo: Combat Evolved para recoger la percepción de los entes virtuales.	16
Figura 2.10 Soldado de clase Grunt huyendo de un atacante.....	17
Figura 2.11 Soldado de la clase Elite enloquecido por un ataque enemigo.	18
Figura 2.12 Esquema del “cerebro” de un ente de Halo: Combat Evolved.	18
Figura 2.13 Árbol de comportamiento en Halo 2.....	19
Figura 2.14 Videojuego Halo 3 comandado por sub – grupos.	20
Figura 2.15 Personalización y caracterización de personajes.	21
Figura 3.1 Esquema general de un carácter autónomo o agente.....	23
Figura 3.2 Jerarquía de comportamiento de movimiento.....	25
Figura 3.3 Persecución y evasión.	27
Figura 3.4 Evasión de obstáculos.	27
Figura 3.5 Compensación de la búsqueda.	28
Figura 3.6 Seguimiento de camino.....	29
Figura 3.7 Casillas necesarias para realizar A*	30
Figura 3.8Vecinos adyacentes al nodo origen.....	31
Figura 3.9 Desarrollo de la búsqueda.	32
Figura 3.10 Búsqueda exitosa de ruta por algoritmo A*.....	32
Figura 4.1 Objetivos de la usabilidad y jugabilidad.....	34
Figura 4.2 Objetivos en sistemas convencionales y de entretenimiento.	35
Figura 4.3 Subdivisiones de la jugabilidad.....	37
Figura 4.4 Tripla de conceptos que conforman la jugabilidad.	38

Figura 4.5 Experiencia el videojuegos por Norman.	40
Figura 4.6 Curva de aprendizaje en base a tiempo	43
Figura 4.7 Gafas de realidad virtual para una mejor inmersión.....	44
Figura 4.8 Facetas de la jugabilidad.....	48
Figura 4.9 Simbolización de aspectos de la experiencia del jugador y facetas de la jugabilidad.	50
Figura 4.10 Aspectos para una mejor evaluación de la jugabilidad.....	51
Figura 5.1 Personaje principal con sensores.....	55
Figura 5.2 Enemigos buscando a objetivo.	56
Figura 5.3 Aliados esperando a que el líder encuentre objetivo.	57
Figura 5.4 Enemigo huyendo al no tener aliados cercanos	59
Figura 5.5 Enemigo atacando al tener aliados cercanos	60
Figura 5.6 Personajes separándose para mantener un espaciamiento.	61
Figura 5.7 Personajes alineados para seguir una dirección.....	62
Figura 5.8 Personajes uniéndose para formar un grupo.....	62
Figura 5.9 Comportamiento de flocking en acción.....	63
Figura 6.1 Escenario del juego base.....	64
Figura 6.2 Escenario del juego base (Apuntador en primera persona).	65
Figura 6.3 Modelado y animación de personaje.....	65
Figura 6.4 Inserción de personajes en motor de desarrollo.....	66
Figura 6.5 Mapa dividido en casillas para la utilización de pathfiding.	66
Figura 6.6 Sensores de visión y olfato.	67
Figura 6.7] Colisionador de personaje.....	67
Figura 6.8 Mapa que muestra espacio en donde es posible caminar y vista proyectada al jugador.....	68
Figura 6.9 Diseño final del juego	68
Figura 6.10 Tabla de porcentajes finales.....	72
Figura 6.11 Evaluación de mecánicas por facetas sobre el juego base.....	73
Figura 6.12 Evaluación de mecánicas por facetas sobre el juego persecución evasión.....	73
Figura 6.13 Evaluación de satisfacción la experiencia del jugador del juego base.	74
Figura 6.14 Evaluación de satisfacción la experiencia del jugador del juego persecución evasión.....	74
Figura 6.15 Simulación de población con múltiples algoritmos.....	75
Figura 6.16 Juego Watch Dogs con perfiles individuales y características únicas en los personajes.	76

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

1.1 RESUMEN.

La jugabilidad es el término utilizado en el diseño, modelado y análisis en juegos, la cual tiene como finalidad describir la calidad de un juego en términos de reglas, tanto de diseño como de juego. Se puede expresar como la experiencia de un jugador durante la interacción con sistemas de juegos. Entre las propiedades y atributos que conforman a la jugabilidad se pueden mencionar algunos, de los cuales los más sobresalientes son la satisfacción, aprendizaje, efectividad, inmersión, motivación, emoción.

El trabajo actual se basa en la conjunción de dos áreas de la computación, una como se mencionó antes es la jugabilidad, con la cual se generará un modelo de satisfacción con los atributos vistos anteriormente. Para posteriormente efectuar una evaluación con un modelo de satisfacción.

La segunda área es sobre el comportamiento para personajes autónomos, esto es frecuentemente utilizado para campos como son la animación y juegos, y se refiere a la capacidad de navegar por un espacio de manera similar a la vida y la improvisación. Las combinaciones de comportamiento de dirección se pueden utilizar para lograr los objetivos de nivel superior (por ejemplo ir de un lado hacia otro, evitando obstáculos, siguiendo a un líder, o unirse a un grupo de personajes).

La conjunción de ambas áreas se integrará bajo un videojuego base, del cual se tiene su código fuente, para su manipulación, dicho juego recae en la categoría de shooter en primera persona, el cual tiene como objetivo que el personaje principal evite ser atrapado por los enemigos. El motor de desarrollo en el que esta creado es Unity 3D.

La planificación de movimiento se utilizará para dar una mejor jugabilidad, dando un grado mayor de dificultad, los enemigos se basarán en un algoritmo de búsqueda, que les permitirá llegar al objetivo de manera más

rápida y eficiente. Al final el objetivo es tener un videojuego, cuyo estándar de jugabilidad sea mucho mayor que el videojuego base, utilizando métodos comportamentales, así como su medición de satisfacción, según el modelo presentado.

1.2 MOTIVACIÓN

Actualmente el proceso del desarrollo de videojuegos ha sufrido diversos cambios a lo largo del tiempo, cada vez creando nuevas metodologías para su desarrollo con la finalidad de mejorar su construcción.

Los videojuegos tienen como finalidad entretener y divertir al usuario, a diferencia de sistemas convencionales, estos no tienen una tarea en concreta, y aquí es donde se presenta el reto, pues esto depende de cómo se sienta el jugador en el juego y de la experiencia que adquiera en él.

Es importante crear un progreso entre cada periodo, pues el jugador es el principal usuario del sistema, así que debe notar las mejoras tanto en interfaz, inmersión, y otros aspectos que se profundizarán más adelante. Así como el reto de considerar nuevas formas de interacción, los cuales buscan generar una experiencia nueva y única del jugador.

1.3 PROBLEMA

Hoy en día la experiencia de un jugador en el juego, puede definir el éxito o fracaso de este, ya sea en ventas o en ranking de popularidad, en el ámbito de los videojuegos la jugabilidad es un tema conocido, pero este no tiene métricas bien establecidas para poder definirlo a todos en general, es por eso que un modelo específico para cada uno es necesario.

Un juego sencillo, si bien puede ser atractivo por un momento, no representa un reto para el jugador, puesto que se volverá monótono con el paso del tiempo, así como los primeros juegos que eran parte de los juegos de rutinas, estas rutinas eran las mismas que al cabo de un tiempo uno podía memorizarlas para pasar por los niveles.

1.4 OBJETIVOS

- Analizar la experiencia del usuario y ver como se manifiesta dentro del sistema.
- Analizar las propuestas de jugabilidad existentes dentro del video juego.
- Estudiar e Implementar un algoritmo de comportamiento, para mejorar la jugabilidad.
- Medir la eficacia con el algoritmo implementado y realizar pruebas para demostrar que se mejora de forma sustancial la jugabilidad.

1.5 RESULTADOS ESPERADOS.

En base a los objetivos planteados, los resultados esperados son los siguientes:

- Tener una escala del jugador acerca del juego base al juego modificado.
- Tener una perspectiva de las empresas de videojuegos actuales
- Tener implementado un algoritmo de comportamiento
- Tener un una comparación con las técnicas base contra las técnicas actuales.
- Evaluar la experiencia de jugadores con un videojuego modificado.

1.6 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO.

Primer capítulo: Se presenta la motivación de realizar una tesis en el tema de jugabilidad, así como el problema que nos llevó a esto y los objetivos que se pretenden cumplir a lo largo del trabajo realizado. El objetivo principal es el de medir la experiencia de jugadores en un videojuego, teniendo como variante el comportamiento de los enemigos, con esto se pretende estudiar la reacción de los jugadores así como su satisfacción en cuanto a diferentes aspectos como dificultad, inmersión, etc.

Segundo capítulo: Se describe de manera breve la historia de los videojuegos, desde su inicio hasta la actualidad, las primeras empresas en desarrollar juegos y la descripción de estos, se muestra cual es el proceso de desarrollo de videojuegos y como es que interviene la inteligencia artificial en ellos. Por último se habla acerca de las nuevas formas de interacción que presentan los juegos actuales (wearables).

Tercer capítulo: Se da una descripción sobre la autonomía en personajes virtuales, los tipos de comportamiento que existen actualmente tanto individuales como grupales, se abordan algunos de los comportamientos más a detalle los cuales fueron implementados en el trabajo actual y sus resultados obtenidos en el videojuego a tratar.

Cuarto capítulo: Se ilustra de la manera más sencilla la importancia que tiene el termino jugabilidad en la industria del desarrollo de videojuegos, con una breve introducción al concepto así como sus características, la experiencia que vive el jugador en cualquier videojuego así como su importancia en el éxito de este. Se mencionan algunas métricas para hacer modelos con jugabilidad y por último se abordan como es utilizado este término por algunas de las empresas más grandes.

Quinto capítulo: En base al trabajo realizado se genera un modelo de jugabilidad para ver cómo influye un cambio de comportamiento en los personajes en cuanto a la satisfacción del jugador, se realizan pruebas con un grupo de individuos seleccionados y se toman en cuenta las métricas para tener valores cuantificables. Por ultimo de muestran los resultados y se da una conclusión acerca del trabajo realizado.

Sexto capítulo: Se presenta una conclusión general del trabajo, y se presenta el trabajo para realizar a futuro.

Capítulo 2 HISTORIA DE LOS VIDEOJUEGOS.

2.1 ESTADO DEL ARTE

2.1.1 Una nueva forma de entretenimiento.

Debido a las múltiples definiciones de videojuegos es difícil identificar cual fue el primer videojuego creado, pero se puede considerar como primer videojuego al “Nought and crosses” que también recibió el nombre de OXO, este fue desarrollado por Alexand S. Douglas en 1952 y este era un juego similar al conocido como 3 en raya o gato, como le conocemos algunos de nosotros, permitió enfrentar al jugador con la computadora y se ejecutaba bajo la EDSAC (Acrónimo proveniente de la frase **E**lectronic **D**elay **S**torage **A**utomatic **C**alculator) [1].

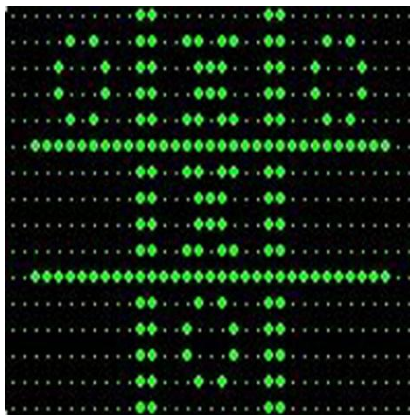


Figura 2.1 Juego 3en raya corriendo en la EDSAC

En 1958 Willian Higginbotham creo un juego llamado Tennis for Two (Tenis para dos), con la ayuda de un osciloscopio y un programa de cálculo de trayectorias, algunas personas cosideran este videojuego como el primero, ya que este fue el primer videojuego en permitir el juego entre dos jugadores, posteriormente Steve Russell, un estudiante del Instituto de Tecnología de Massachussets, desarrollo un videojuego usando gráficos vectoriales el cual llevaría el nombre de Space war [22].

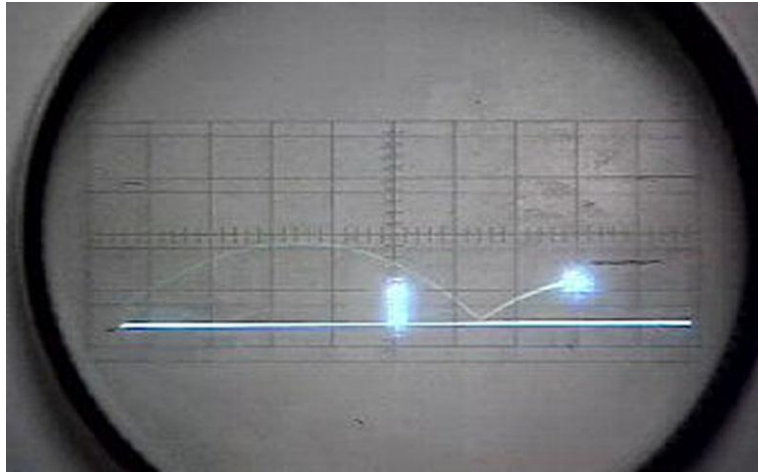


Figura 2.2 Juego tennis for two.

En 1966 Ralph Baer empezó a desarrollar junto a Albert Maricon y Ted Dabney un juego que llevaría el nombre Fox and Hounds, este era el primero en conectarse a una televisión para su visualización, prontamente evolucionaría hasta convertirse en la Magnavox Odyssey y permitía jugar los juegos que traía precargados.



Figura 2.3 Primera consola creada llamada Magnavox Odyssey

2.1.2 Los 70's, la industria comenzaba.

La década de los 70's fue el nacimiento de los videojuegos en cuanto a su comercialización, a principios de estos surgió una versión de Space war con el nombre de Galaxy War desarrollada en la universidad de Stanford, en 1991 Nolan Bushnell comercializo Computer Spacer, está también era una versión del juego Space war.

Este auge llego con la maquina Pong la cual era una versión comercial del juego Tennis for two, el sistema fue diseñado por Al Alcom para Nolan Bushnell en la recién fundada Atari.

Este juego se presentó en 1972 y fue quien abrió pauta en la industria de los videojuegos como la conocemos hoy en día, fue en esta década donde surgieron nuevas tecnologías en videojuegos, tales como los microprocesadores y chips de memoria [1].

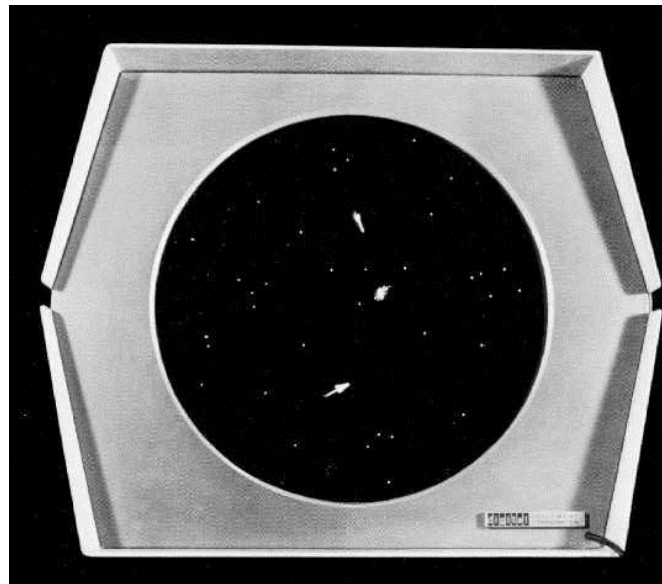


Figura 2.4 Principal juego en los 70's llamado Space wars.

2.1.3 La década de los 8 bits (1980 - 1989)

Los salones de maquinitas con árcades comenzaban a aparecer en la década de los 80, el sector en esta área comenzó a crecer drásticamente por ser las primeras en aparición. Juegos como Battle one, Tron, Pole Position y el tan conocido Pacman llenaban estos salones a su máxima capacidad. En esta época diferentes consolas salieron al mercado, Nintendo, Atari, y Sega.

En 1985 aparece Super Mario Bros, quien dio un punto de partida para los juegos que se crearían a partir de él, la mayoría de los juegos que se comercializaban en ese entonces eran solamente bucles con la finalidad de alcanzar un puntaje cada vez mayor, desarrollado por Nintendo este fue un estallido en la creatividad. Posteriormente compañías recrearon similares.



Figura 2.5 Mario Bros es uno de los juegos más representativos hasta la fecha.

El tiempo no se detuvo, cuando otra rama surgió como parte de esto, las consolas portátiles hicieron su aparición, en 1989 se lanzó al mercado la Gameboy advance (Nintendo), con juegos simples y aditivos logro vender millones de copias, fue tan grande su popularidad del modelo original que la empresa desarrollo diversas versiones de esta [1].

2.1.4 El 3D y una nueva visión al futuro (1990 - 1999)

Para estos años las consolas tuvieron un gran avance tecnológico, gracias a la generación de los 16 bits, la competencia estaba formada por la Mega Drive, Super Nintendo Entertainment, la PC Engine de NEC, CPS Changer de Capcom y la Neo Geo, siendo esta última demasiado costosa para un hogar promedio.

Para ese entonces múltiples compañías comenzaron a trabajar en videojuegos con entornos 3D, tales como Killer Instinct, un juego representativo de esa época, así como lo fue Mario Bros, Virtual Racing, fue un juego que marcó un antes y un después para esta tecnología.



Figura 2.6 Killer instinct fue uno de los primeros en incursionar en el formato 3D.

Rápidamente esta tecnología se posicionó en el mercado como la generación de los 32bits, en consolas como: PlayStation y Sega, la generación de 64 bits en consolas como: Nintendo 64 y Atari. Para ese entonces se crearon aceleradoras 3D.

A finales de la década, PlayStation era quien tenía el primer lugar en popularidad, teniendo clásicos como Resident Evil, Final Fantasy, Gran Turismo y Gear Solid.

Los juegos más populares para PC eran los FPS por su nomenclatura (First Person Shooter) con juegos como Quake, Half life y los RTS juegos de

estrategia en tiempo real como Command Conquer o Starcraft, Para finalizar en 1998 lanzaron la Dreamcast de Sega quien daría comienzo a la generación de los 128 bits [1].

2.1.5 Un nuevo siglo

En los 2000 se lanzaron diferentes consolas, Sony lanzó la PlayStation 2 y Sega por su parte lanzo una consola con las características técnicas anteriores de la Dreamcast, pero esta traía un monitor de 14 pulgadas, teclado, altavoces y los anteriores mandos Drivers 2000 Series CX-1, por su parte Xbox saco la Xbox en 2001.



Figura 2.7 Mando de Play Station y Xbox.

Hoy en día el ordenador personal es una de las plataformas más caras en cuanto a recursos se refiere, pero es la que tiene una mayor flexibilidad a la hora de correr juegos, además de que su alto desempeño en gráficos no se iguala, esta flexibilidad es gracias a la composición de hardware a nuestro gusto, incluso en cuanto a aditamentos tales son el caso de mandos, pedales, volantes, etc. Hoy en día el ordenador parece ser quien lleva la delantera en cuanto a tecnología se refiere [1].

2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN VIDEOJUEGOS

Uno de los retos de la humanidad más cotidianos es la de superarse a sí mismo y a sus semejantes en competición. En los años 1950 cuando la rama de la ingeniería en informática comenzaba a dar sus primeros, uno de los principales focos de investigación fue la interacción humano computador, la cual comenzó por la competición por saber quién ganaba al popular juego de tres en raya.

De pequeños juegos que requerían de poco razonamiento para poder vencer en ellos, a juegos actuales mucho más elaborados que llevan a nuestro razonamiento y habilidades al límite. Este salto no fue sencillo ya que fue bastante el tiempo para poder lograr algo de este tipo, como años de investigación y desarrollo como de nuevas técnicas de inteligencia artificial.

Año con año los objetivos son claros, mejorar en la interacción que hay entre el jugador y el videojuego, en el caso de la IA (Inteligencia artificial) es el de hacer que el juego presente un mayor grado de dificultad, haciendo más inteligentes a los rivales, escenarios que cambian conforme a la situación, o modificación al desarrollo de la historia. Hay que tener en cuenta que cuando se habla de inteligencia no se trata solo de hacer que un juego sea imposible, si no de simular un comportamiento real, con las virtudes de las que se doto, con capacidad de improvisar y aprender sus debilidades.

Así en el ámbito del ocio electrónico, una misma aplicación interactiva, de un mismo género de la década pasada, la encontrábamos con rivales omnipresentes, con un conocimiento total de nuestros movimientos, de nuestra presencia y de habilidades perfectas. Como hacer pues que resulte un reto digno de atraer nuestra atención y permitir que los usuarios lo sientan como un reto posible y deseable. Ese juego de décadas pasadas haría trampa consigo mismo, haciendo errar a propósito a sus legiones de entes virtuales. Algo demasiado evidente y nada “inteligente”.

Pero la evolución del hardware y la inteligencia artificial ha posibilitado que a día de hoy, realmente nos encontremos con rivales virtuales que supongan un reto, un reto inteligente, no uno imposible ni fruto de restricciones auto-impuestas. Hoy en día, y gracias a los nuevos

paradigmas de IA, podemos encontrar entes virtuales débiles, fuertes, que planean, conspiran, se anticipan, fallan, se coordinan, interaccionan entre ellos y con nosotros. En definitiva, ha comenzado el camino para encontrar un rival con el que olvidemos el significado de "simulación" y nos dejemos llevar por la interacción, olvidando que lo que tenemos delante no es más que software [17].

2.3 TÉCNICAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Actualmente son múltiples las técnicas de IA que se emplean en cuanto al desarrollo de videojuegos se refiere, pero no siempre una técnica en concreto funciona para todos los juegos, ya que recaen múltiples requisitos, es decir; se puede utilizar un algoritmo muy complejo de búsqueda, pero si el juego requiere eficacia y rapidez este algoritmo no será el más adecuado. Las primeras técnicas utilizadas para juegos se limitaban a funciones de tipo lógico, con secuencias y predeterminadas y bucles predeterminados.

- Búsqueda heurística
- Búsqueda local
- Aprendizaje automático
- Redes neuronales

2.3.1 Búsqueda heurística:

Utiliza una función de evaluación para guiar el proceso de búsqueda, seleccionando en cada paso la opción más prometedora, no siempre garantiza encontrar un camino, incluso aunque este exista. Tampoco nos garantiza encontrar la mejor solución, algunos de los algoritmos más utilizados son los siguientes:

- A*
- IDA*
- Branch and Bound
- Best First Search

2.3.2 Búsqueda local:

Se busca el espacio de soluciones posibles, aunque en algunas de las ocasiones este no exista, además de buscar la más óptima en referente a la distancia – tiempo. Esta búsqueda tiene una función de evaluación pero no necesariamente esa ligada a alguna variable de peso o coste.

- Hill – climbing
- Simulated annealing
- Algoritmos genéticos

2.3.3 Redes neuronales:

Se le llaman redes neuronales puesto que están inspiradas en la biología, por su comportamiento parecido al de las neuronas (en cuanto a funciones elementales nos referimos) al igual que la manera en la que están conformadas. Estas aprenden de la experiencia, es decir pueden tener comportamientos diferentes en respuesta a su entorno o cierta actividad. Si una red neuronal ha sido entrenada puede tener variaciones de comportamientos si una situación ya se ha procesado antes.

- Redes de capa simple
- Redes multicapa
- Redes recurrentes

2.4 APLICACIONES PRÁCTICAS

A esta altura son diversos los trabajos que se pueden nombrar en cuanto a simulación de comportamientos en entornos virtuales, esta ha evolucionado de forma más palpable en la industria del ocio electrónico, a continuación se citan 3 videojuegos de la saga Halo, para demostrar cómo es que la IA ha avanzado en estos años y uno de los juegos quien ha demostrado como la IA puede intervenir en la vida real como lo son los SIMS.

2.4.1 Halo 1

Halo: Combat Evolved es un juego que se desarrolla en primera persona, en el que disponemos de un arsenal de armas que cualquier ser de cualquier especie puede utilizar si está dotado para ello, en el que tanto nosotros, como nuestros aliados, como el enemigo es capaz de utilizar vehículos y en el que se suceden grandes batallas con las que interactuar en las que participan hasta 50 entidades virtuales de bandos diferentes de más de 10 especies. Los logros de este juego en la inteligencia artificial son muchos pero vayamos por partes.

Uno de los pilares de la IA de Halo: Combat Evolved es el uso de marcadores en el entorno y en sus pobladores. Podríamos definir los marcadores como una estructura de datos que contiene una posición y un atributo que define a que está asignado, ya sea a un enemigo, a un aliado, a una roca que puede usarse de cobertura, a un puente, a diferentes zonas de una plataforma, etc. Los marcadores tienen como objetivo la catalogación del entorno y sus pobladores para optimizar los cálculos de la inteligencia artificial y para tener un conocimiento de todo lo que rodea la acción sin costosos cálculos y con una total percepción de esta n función del contexto del juego, que en este caso se trata de un juego de disparos.



Figura 2.8 Ejemplo de uso de los marcadores en Halo: Combat Evolved para clasificar el entorno donde se desarrolla la acción.

Los marcadores son introducidos en el sistema por diseñadores, es decir por personas, que son capaces de interpretar en función del contexto que marcadores deben ser introducidos y de qué tipo. Esta solución difiere de otros títulos que mediante funciones matemáticas realizaban una precarga de los entornos y asignaban este tipo de marcadores en función de uso criterios, siendo la máquina la que decidiría asignarlos.

Al relegar esta tarea a los diseñadores, se tiene un control mayor sobre las reacciones de los entes virtuales y la variedad de marcadores así como la correcta asignación mediante la experimentación, dando así mejores resultados de cara al usuario en la simulación del comportamiento.

Gracias a este sistema, podemos ver por primera vez en Halo: Combat Evolved como los enemigos o nuestros aliados, cuyo perfil como raza les atribuye una mayor inteligencia militar, son capaces de colocarse en situaciones ventajosas para el ataque, esconderse para tender emboscadas, refugiarse del fuego enemigo poniendo muros, piedras, etc. entre los dos, etc.

El uso de marcadores para individuos permite que, mediante el ahorro de procesado que conllevan, pueda ser posible proporcionar a un ente virtual una auténtica percepción de su entorno. Si nos fijamos en obras anteriores de otros estudios pero de un género similar, la máquina "hace trampa", es decir, los entes amigos o enemigos saben todo lo que está pasando en cualquier momento, tienen un conocimiento realmente total de su entorno, mientras que en Halo, gracias a los marcadores, los entes virtuales realmente son conscientes del entorno que son capaces de percibir por sus propios sentidos (los sentidos que tenga su especie claro).

Así y a diferencia de juegos anteriores, si cogemos a un enemigo de espaldas, podemos posicionarnos para acabar con él, porque nuestra presencia no será detectada, en vez de tan solo por estar en el mismo entorno, saber el de nuestra existencia, algo que sería contradictorio con una correcta simulación de comportamiento.



Figura 2.9 Ejemplo de uso de los marcadores en Halo: Combat Evolved para recoger la percepción de los entes virtuales.

Otro gran logro de este título es el conseguido por la representación de comportamientos. Con la premisa de que se están modelando las inteligencias de múltiples especies, cada una con diferentes comportamientos y de que éstos deben ser claros para el usuario, el uso de la representación de los comportamientos se da en todas las razas mediante expresión corporal y/u oral.

Así, nos encontramos con una raza en el juego de pequeños soldados cuya raza tiene tendencia a entrar en pánico y huir. Así, si terminamos con el líder de un escuadrón, los subalternos que suelen ser de esa raza entraran en pánico, comenzando a gritar y soltando frases como “Huid! Nos va a matar” agitando los brazos y corriendo todos los individuos en direcciones dispares, transmitiendo realmente una sensación creíble y lógica para su especie, haciendo que el usuario averigüe una característica de un especie de entes virtuales y haga una asociación de un estado humano como es la cobardía y el pánico a un ente virtual.



Figura 2.10 Soldado de clase Grunt huyendo de un atacante.

Otro ejemplo del uso de la representación lo encontramos en la especie enemiga Elite, que podríamos definir como soldados disciplinados y muy inteligentes. Son la especie más diligente y que utiliza táctica más elaborada.

Estos soldados utilizan una especie de campo de energía, que una vez hemos descargado muchos proyectiles sobre ellos desaparece y es solo entonces cuando podemos terminar con ellos. Estos escudos se regeneran en unos segundos, así que las elites que es una de las especies más inteligentes, intentará cubrirse para recuperar su escudo si se ve apoyado por otros compañeros.

Pero si se encuentra solo o no se ve incapaz de escapar puede enloquecer y lanzarse contra nosotros a pesar de su vulnerabilidad, para intentar acabar con nosotros. Para representar este estado de locura transitoria, el elite comenzara a gritar y a maldecir para después lanzar directamente sobre nosotros desesperadamente y obviando toda alternativa más elaborada.

Aquí Bungie consigue atribuir un comportamiento ilógico pero propio de especies inteligentes como los seres humanos, haciendo todavía más creíble que el modelado en 3d que estamos viendo es realmente un ser alienígena con inteligencia y personalidad propia.



Figura 2.11 Soldado de la clase Elite enloquecido por un ataque enemigo.

Aunque la verdadera inteligencia artificial se consigue a partir de una máquina de estados la cual recoge datos de entrada de su entorno que lo rodea y devuelve una acción. A continuación se muestra el modelo del juego ya mencionado.

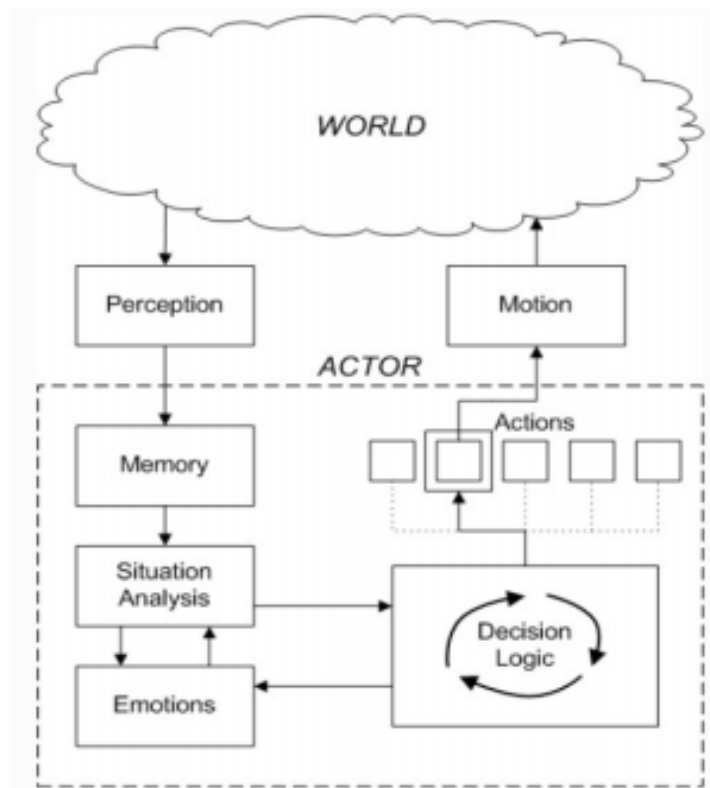


Figura 2.12 Esquema del “cerebro” de un ente de Halo: Combat Evolved.

Como se puede observar en la imagen anterior, el actor virtual tiene una serie de datos (entradas) las cuales obtiene del entorno exterior, estas entradas son almacenadas en un banco de memoria (esto en caso de que el personaje tenga aprendizaje), posteriormente son pasadas al módulo de análisis en donde este puede lanzar o no una emoción como se describía en el comportamiento del soldado clase grunt para huir y entrar en estado de pánico. Una vez analizado se toma una decisión la cual culmina en una acción a realizar, esta acción repercute en el entorno virtual. Es así como se puede simular un personaje inteligente.

2.4.2 Halo 2

Halo 2 utiliza la misma tecnología de marcadores de entes y de localizaciones del escenario para obtener los datos del entorno de una forma rápida y eficiente. La principal novedad de halo 2 en la inteligencia artificial es la sustitución del anterior modelo de máquina de tomar decisiones por una inteligencia artificial escalable, que se basa en el uso de árboles de comportamiento.

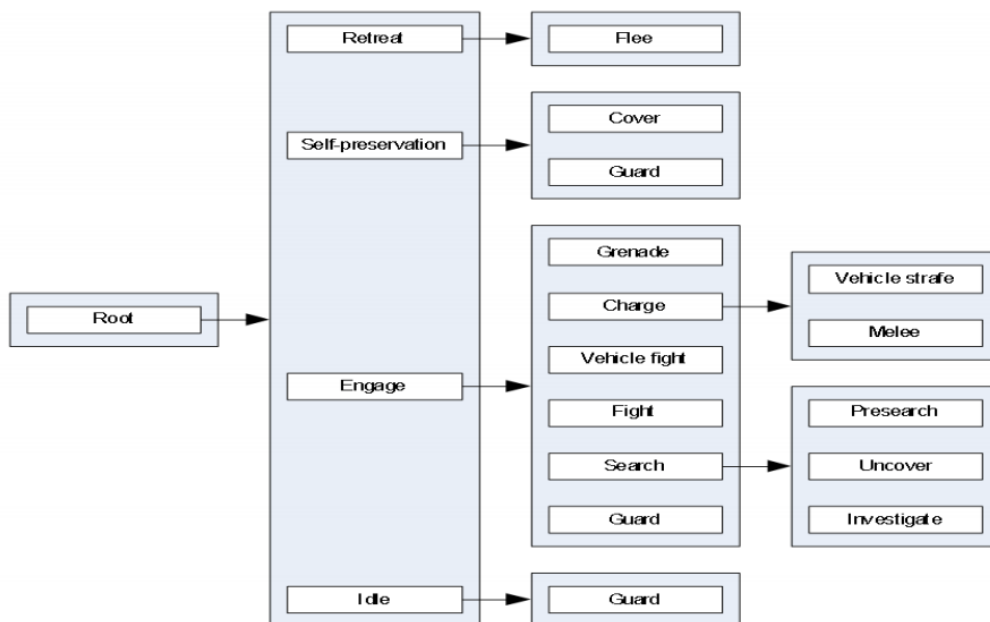


Figura 2.13 Árbol de comportamiento en Halo 2.

La principal ventaja de este modelo es que ahora las decisiones son separadas por ramas del árbol en función de esa entrada, obteniendo una mejor evaluación y así tomar la mejor acción a realizar.

2.4.3 Halo 3

Halo 3 fue concebido para una nueva plataforma a diferencia de sus dos antecesores, esto motivo al equipo a mejorar el entorno y a mejorar el comportamiento de los personajes, la anterior tecnología acerca del árbol de comportamiento presentaba algunos problemas, puede que el modelo sea bastante bueno, pero en vista de que se precisaba de múltiples enemigos, el costo de procesamiento para cada uno era muy elevado. En esta saga decidieron manejar algo similar pero por sub-grupos.



Figura 2.14 Videojuego Halo 3 comandado por sub – grupos.

2.4.4 Los Sims

Este es un videojuego de simulación social y estrategia cuyo propósito es el de cumplir una serie de objetivos, el jugador controla a los personajes de una ciudad tomando decisiones por ellos para efectuar ciertas acciones que repercutirán en la vida de su personaje y del mundo que lo rodea a lo largo de la vida. Aunque a su vez el juego tiene diversos objetivos secundarios, tales como la superación personal, el éxito profesional y amoroso en un mundo completamente interactivo, por este y muchos otros motivos este juego tiene bastante éxito entre un gran porcentaje de los jugadores.

No solo eso, si no el videojuego nos permite crear a un personaje a nuestro gusto, con atributos como sexo, color de piel, color de ojos, en las últimas entregas de los Sims, su motor de personalización de caracteres es tan amplio y completo que nos permite modificar incluso las imperfecciones del rostro a nuestro gusto.



Figura 2.15 Personalización y caracterización de personajes.

Pero lo más interesante de este videojuego es la inteligencia artificial con la que cuentan los personajes de este, estos personajes tienen cierto grado de libre albedrío si la opción se encuentra habilitada, esto quiere decir que nosotros podemos darle ordenes de realizar una acción, al final ellos pueden elegir por su cuenta si hacerla o ignorar la orden, esto es una gran

diferencia de juegos como SimCity, SimEarth o SimLife. Aunque estos personajes no cuentan con una autonomía completa son bastante capaces de realizar las actividades básicas para la supervivencia, pero no para decisiones como pagar una factura.

“Este videojuego fue diseñado primeramente para la simulación de vida autónoma, donde los personajes evaluarían las casas en que habitan, con un avanzado sistema de arquitectura”.

Si bien hay ciertas metas en el juego, el juego no tiene un final como tal, exceptuando la muerte de la cual hay múltiples posibilidades de llegar a ella, inanición (muerte por hambre), ahogamiento, por accidentes en el hogar como lo pueden incendios, fuentes de corriente con mal funcionamiento. Lo cierto es que entre el posicionamiento de los juegos con mayor inteligencia artificial los Sims se encuentran entre los 10 primeros.

3.1 CARACTERES AUTÓNOMOS

Un carácter autónomo 3D representa una entidad virtual quien es capaz de tomar decisiones (reactiva / deliberativa) en un entorno tridimensional. Esta puede contar con una serie de sensores quienes den entrada a datos que permitan dichas decisiones. Unos de los principales trabajos en la rama de la IA es el de crear sistemas capaces de tomar decisiones autónomas.

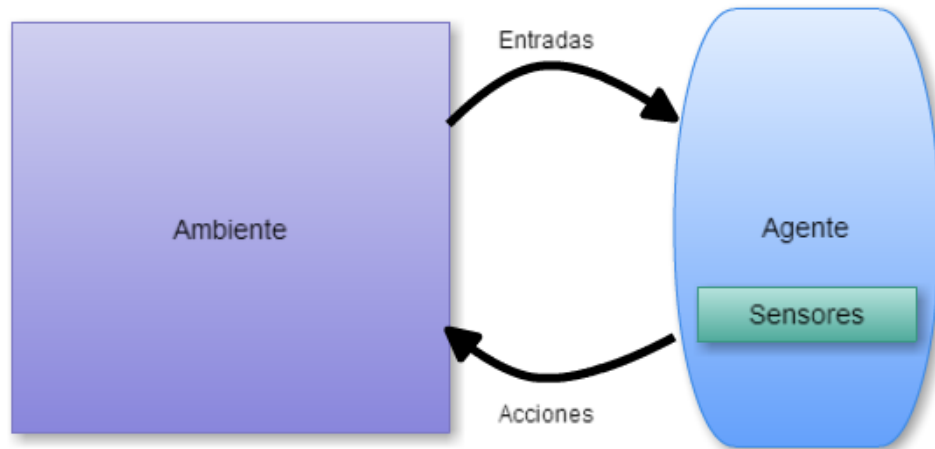


Figura 3.1 Esquema general de un carácter autónomo o agente.

Estos permiten dar múltiples visiones en cuanto a la simulación de escenarios y personajes, un claro ejemplo son planes de contingencia de una construcción en caso de siniestro.

Estos caracteres autónomos tienen la capacidad de navegar por un entorno virtual como si se tratase de la vida real, estos comportamientos de movimiento son utilizados independientemente por el personaje, tales como ir de un lugar a otro evadiendo obstáculos, pasar a través de pasajes estrechos o unirse en un grupo de personajes.

Los caracteres autónomos se pueden presentar de diversas maneras, podemos encontrarlos como personajes de películas animadas cuyas acciones ya están predeterminadas, o como un avatar en un videojuego de realidad virtual, en este último las acciones son tomadas en tiempo real por el jugador, quien decide lo que sucederá. En los videojuegos los caracteres autónomos también son llamados caracteres no controlados, tales son los casos como los enemigos del juego HALO hablando anteriormente.

Los caracteres autónomos pueden presentarse en aislamiento o en un entorno compartido con otros caracteres o entidades. Un agente "datamining" sería un buen ejemplo para describir a los primeros, mientras que una celda de poder sería uno para describir el último. Estos pueden ser reactivos (manejado por estímulo) o deliberativos ("inteligente" en la definición de la inteligencia artificial). Estos pueden tratar con información abstracta como lo son los softbot/knowbot, o pueden estar incrustados de manera física (robots industriales o vehículos autónomos). Sus combinaciones (situado, reactivo, incrustado) dan lugar a nuevas clases de agentes. Cuando hablamos de la categoría de situados, los agentes incrustados por lo general hacen referencia a robots autónomos que encontramos en la vida real.

La definición de comportamiento cuenta con diversos significados, dependiendo del enfoque en el que se encuentre, puede hacer referencia a la acción compleja de un humano o animal que se basa en emociones o instintos. También hace referencia a ciertas acciones preestablecidas de un sistema mecánico o las acciones de un sistema caótico. Cuando hablamos de realidad virtual el término se utiliza algunas veces para hacer referencia a las animaciones de los personajes.

En este trabajo aunque utilizamos la realidad virtual, nosotros utilizaremos el término para referirnos a las acciones improvisadas y similares a la de la vida real, controlando un carácter autónomo.

El siguiente diagrama muestra la división de procesos en capas, según Blumberg y Galyen [10] describen una jerarquía dividida en 3 capas, selección de acción, dirección y movimiento. Existen diferentes subdivisiones posibles, pero el esquema de 3 capas resulta bastante sencillo para la comprensión.



Figura 3.2 Jerarquía de comportamiento de movimiento.

Estos comportamientos son usualmente vistos en la vida real, asumamos el siguiente ejemplo: En un barco pesquero navega una tripulación de hombres, de los cuales uno cae al agua, el capitán da la orden de ir en una lancha a rescatarlo. El marinero a cargo toma una lancha y la guía hacia el hombre caído, para ello probablemente tuvo que librar obstáculos (arrecifes, rocas, olas).

En el ejemplo anterior el capitán al mando representa la selección de acción, puesto que analiza la situación y opta por la más viable (ir por el en lancha), el estado ha cambiado (un marinero ha caído por la borda), y se establece una meta (traerlo de vuelta). El marinero a cargo de la acción es quien representa la dirección, la meta e divide en submetas (tomar lancha, esquivar obstáculos, traerlo de vuelta). El marinero usa señales de control (acelerador, control, medidores) para poder dirigir la lancha [16]. Esta toma las señales de control como entradas para moverse en la dirección deseada. Este movimiento es el resultado de una compleja interacción para lograr una meta en común.

3.2 TIPOS DE COMPORTAMIENTO

En este capítulo se describe una visión general de las técnicas de búsqueda que se han desarrollado para el control de caracteres autónomos. En el presente trabajo se abordaron algunas de las estrategias comúnmente utilizadas en el desarrollo de videojuegos. Los comportamientos están integrados en el videojuego propuesto (Específicamente en los enemigos) con la finalidad de buscar una calidad de juego mayor.

La maniobrabilidad o Steering como se conoce, es necesario para la creación de caracteres autónomos, este término hace referencia a la habilidad de moverse en un entorno para cumplir un objetivo. Algunos de los objetivos principales en el desarrollo de videojuegos son los de:

- Llegar a un punto o destino
- Evitar obstáculos
- Persecuciones
- Huir

Dentro de las cuales podemos encontrar comportamientos individuales o grupales que sigan estas acciones, los comportamientos individuales principales son:

3.2.1 Búsqueda (Seek) y evasión (Flee)

Búsqueda de un objetivo estático es la acción de llevar al carácter a una posición dentro del espacio global, de manera que el carácter queda alineado con el objetivo. Para esto utiliza la velocidad del carácter o se puede contemplar una velocidad deseada. Se tienen que tener ciertas consideraciones puesto que puede generar un movimiento similar al de una polilla alrededor de un foco. La huida es simplemente lo contrario a la búsqueda y trata de conseguir el punto inverso del perseguidor ajustando su velocidad [14] [18].

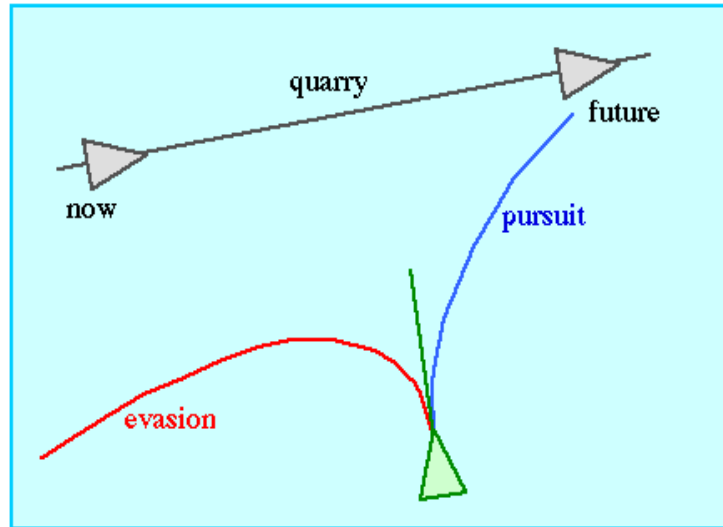


Figura 3.3 Persecución y evasión.

3.2.2 Llegar (Arrive)

El comportamiento de llegada es idéntico al de buscar mientras que el objetivo este lejos. La diferencia radica en que en lugar de utilizar la velocidad máxima para llegar a él, este comportamiento modera la velocidad de modo que al acercarse a su meta vaya disminuyendo la velocidad, con el tiempo y distancia obtiene una desaceleración cuando está en el objetivo.

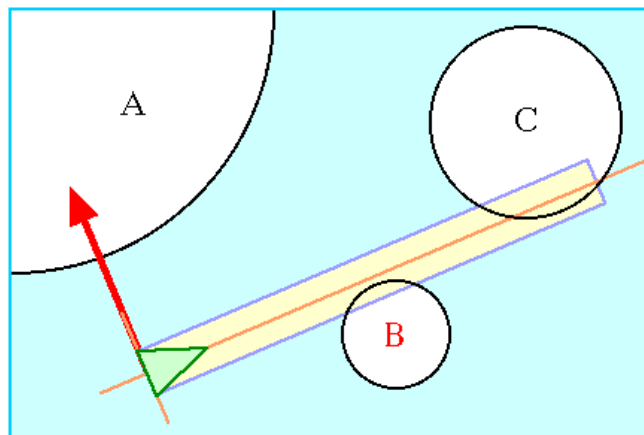


Figura 3.4 Evasión de obstáculos.

Un ejemplo en el mundo real es cuando un automóvil se mueve a una intersección y se detiene en un semáforo, o cuando un corredor de béisbol llega a una base y al final disminuye su velocidad.

3.2.3 Persecución (Pursuit)

La persecución es similar a la búsqueda con la diferencia que en esta el objetivo se encuentra en movimiento, esto lo hace requerir de una predicción de la posición futura del objetivo. Para esto se requiere un predictor, se puede tomar la velocidad lineal pero no a menudo puede dar valores incorrectos [11].

3.2.4 Evadir (Evade)

Se puede tomar a la evasión análogamente a la persecución pero en este se huye para alejarse de la posición futura prevista por el personaje. Para esto existen técnicas óptimas para la búsqueda en la teoría de control [3] [15] [18].

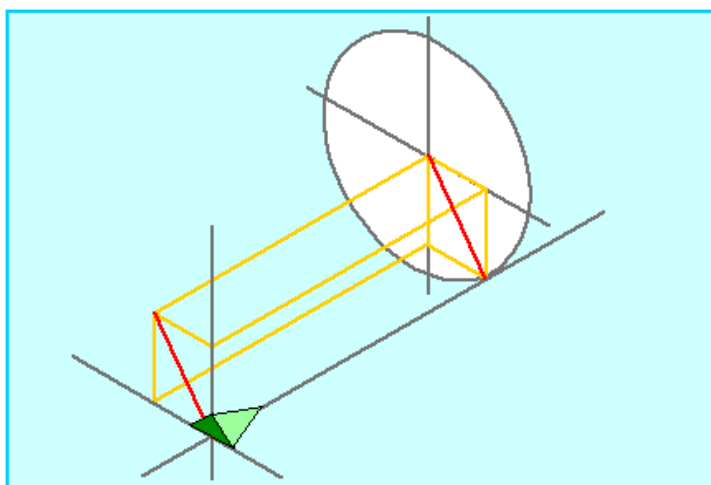


Figura 3.5 Compensación de la búsqueda.

3.2.5 Vagar (Wander)

Este comportamiento saca una dirección aleatoria, un enfoque interesante es la de mantener la dirección y hacer pequeños desplazamientos hacia dicha posición. Otra forma de implementar este comportamiento es la de utilizar el ruido de perlin para lograr un efecto de dirección con vibraciones.

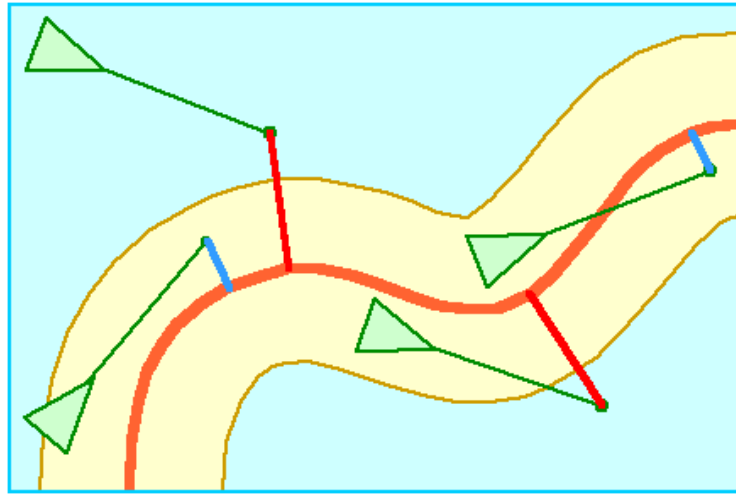


Figura 3.6 Seguimiento de camino.

3.2.6 Esconderse (Hide)

El comportamiento esconderse es identificar una ubicación que se encuentre en el lado opuesto del enemigo mientras haya un obstáculo de por medio, si lo hay, aplicar la búsqueda hacia ese punto. Para los grupales tenemos comportamientos que siguen métricas de espaciamiento, los más comunes son:

- Separación (Separation)
- Alineación (Alignement)
- Cohesión (Cohesión)
- Bandada (Flocking)

3.3 PATHFINDING

En el desarrollo de videojuegos el algoritmo de Pathfinding (A estrella o A asterisco), es una de las principales técnicas para buscar o alcanzar una meta. Este es un algoritmo que utiliza una heurística para encontrar el camino entre ambos puntos, en vista de que en presente trabajo se utilizó, se explicará su funcionamiento brevemente.

Esta función etiqueta las casillas de la red la cual a su vez están compuestas por dos funciones más, la primera indica la distancia que se existe entre la casilla origen hasta la casilla a etiquetar, la segunda tiene la distancia estimada desde la casilla a etiquetar hasta la casilla final. Para encontrar un camino se tiene una casilla origen (s), la casilla destino (t), la casilla intermedia (n).

La función de evaluación es representada por:

$$F(n) = g(n) + h(n)$$

Donde $g(n)$ nos expresa la distancia desde el camino de origen s a la n , y $h(n)$ expresa la distancia desde la casilla n hasta la casilla meta t .

En la figura 3.7 muestra el punto de origen del cual partirá el carácter, la zona intransitable son todo tipo de obstáculos encontrados en el juego (casas, coches, muros), el destino es marcado como un nodo meta, y por último los nodos abiertos son aquellos por donde el carácter puede transitar.

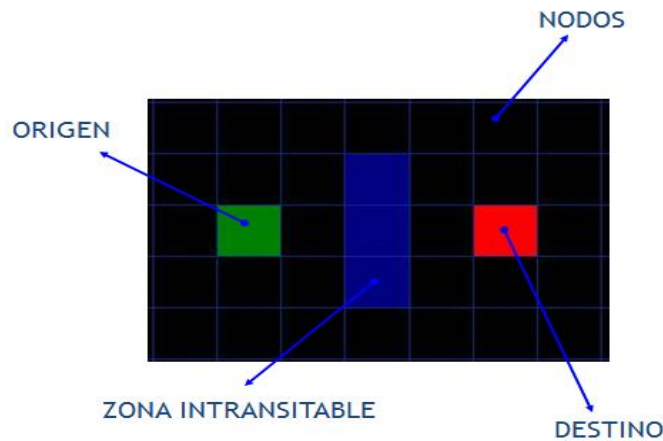


Figura 3.7 Casillas necesarias para realizar A*.

Para cada uno de los cuadros alrededor de la casilla inicial se le da un peso con la fórmula: $F(n) = g(n) + h(n)$, g representa el costo de movimiento para dirigirse de la casilla inicial a cualquier de la rejilla, mientras que h nos habla del coste estimado para ir de cualquier casilla de la rejilla a la casilla final (Heurística).

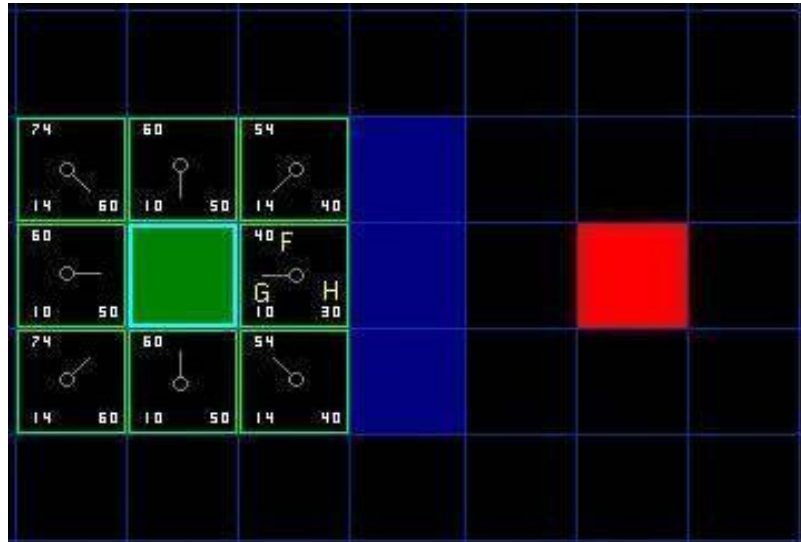


Figura 3.8 Vecinos adyacentes al nodo origen.

1. El cuadro inicial se agrega a la lista abierta mientras se repite la búsqueda de una casilla con coste F menor en la lista abierta, una vez encontrado se agrega a la lista cerrada.
2. Para cada uno de los cuadros adyacentes al inicial se debe tener en cuenta ciertas consideraciones:
 - Si el cuadro no es transitable o se encuentra en la lista cerrada, descartar
 - Si no está en la lista abierta, se anexa y se almacenan los costes F,G,H
 - Si está en la lista abierta se debe comprobar si este es el mejor usando el costo G, un coste G que sea menor representa que efectivamente es el mejor camino, en caso que si: cambiar el cuadrado padre al actual y recalcular G Y F.
 - Si la lista abierta está vacía y no se encontró a la casilla objetivo, no existe camino.

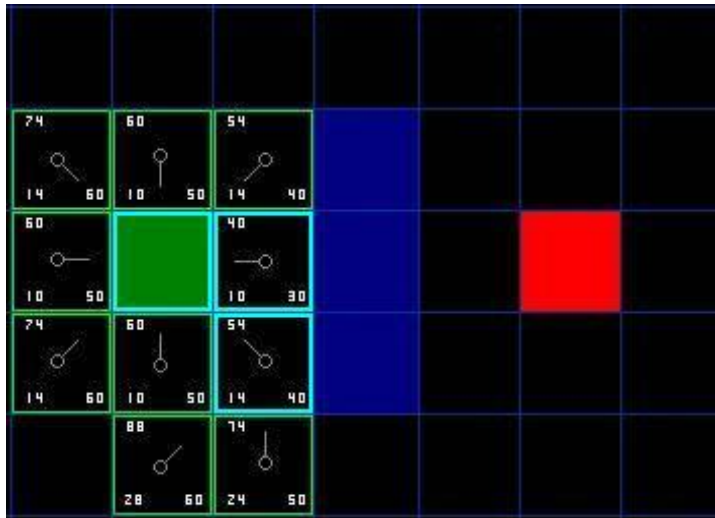


Figura 3.9 Desarrollo de la búsqueda.

3. Se guarda el camino, y se comienza a mover hacia atrás desde el cuadro objetivo, moviéndose desde cada cuadro a su padre hasta que se encuentre el cuadro inicial, al final nos dará como resultado el camino buscado.

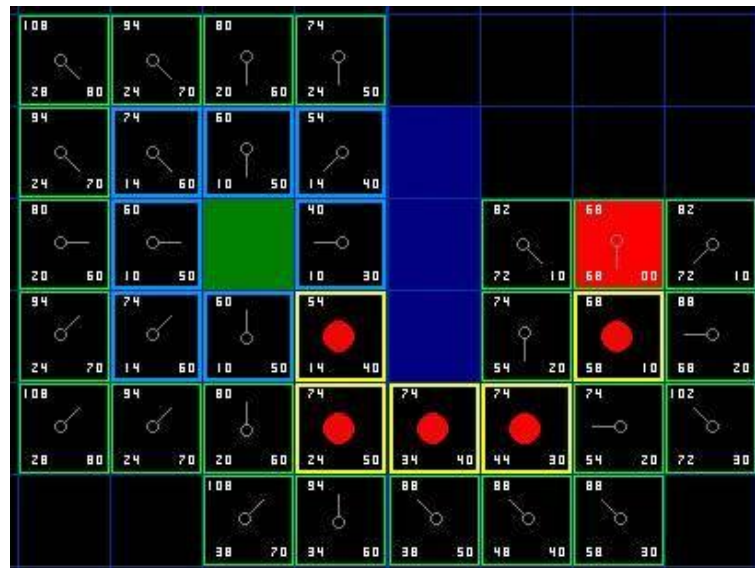


Figura 3.10 Búsqueda exitosa de ruta por algoritmo A*.

Capítulo 4 JUGABILIDAD

A través del trabajo presentado se han mostrado a los videojuegos como sistemas interactivos de ocio, cuyo objetivo principal es el de entretener y divertir al usuario. Dentro de este, existe un concepto que nos compete, *la experiencia del jugador*, esta representa al conjunto de emociones, sentimientos, sensaciones que se generan en el usuario. Esto es un poco más complejo de ciertas métricas normalmente medidas como procesos cognitivos y comportamiento racional.

Uno de los principios básicos de los videojuegos es tratar de conseguir la mejor experiencia del jugador (incluso aunque no se trate de sensaciones agradables), ya que su objetivo es conseguir múltiples emociones en el jugador.

Al ser una de las industrias con mayor auge en la actualidad, se busca cada vez incorporar nuevos avances tecnológicos, para esto, siempre es importante analizar las emociones generadas en el usuario, como se desenvuelve este dentro del juego, ante este tipo nuevas técnicas y avances, a esto es a lo que se le conoce como *Experiencia del jugador*.

Todos los juegos tratan de lograr una buena experiencia en el jugador utilizando diferentes herramientas como lo son, reglas, objetivos, interfaz gráfica u otros medios los cuales dan hacen único a cada videojuego. Sin embargo es necesaria una medida de satisfacción que nos ayude a poder determinar qué tan agradable fue un videojuego para el usuario. A esta medida le llamaremos Jugabilidad, algunos de los términos utilizados a continuación permanecen en su idioma original para evitar ambigüedad en la literatura.

4.1 LA EXPERIENCIA DEL JUGADOR

Como se ha explicado anteriormente, un videojuego es aquel sistema que tiene como objetivo divertir y entretener, esto lo diferencia de sistemas tradicionales. Como todos pueden opinar, no es lo mismo ver un informe sobre un juego de ajedrez a jugarlo.

Este objetivo que tienen los videojuegos, es lo que marca la diferencia de otros sistemas los cuales tienen una tarea en concreto, estos sistemas por lo general se centran en realizar estas tareas eficazmente y satisfactoriamente, mientras que en los videojuegos muchas de las veces no tienen un propósito o una meta más que las de divertir.

En sus primeras aproximaciones al concepto de jugabilidad, se ligó al término usabilidad, aunque este posee ciertos elementos y características lo cual lo hacen diferente [21]. En la tabla 4.1 se puede observar la perspectiva de jugabilidad en videojuegos [28].

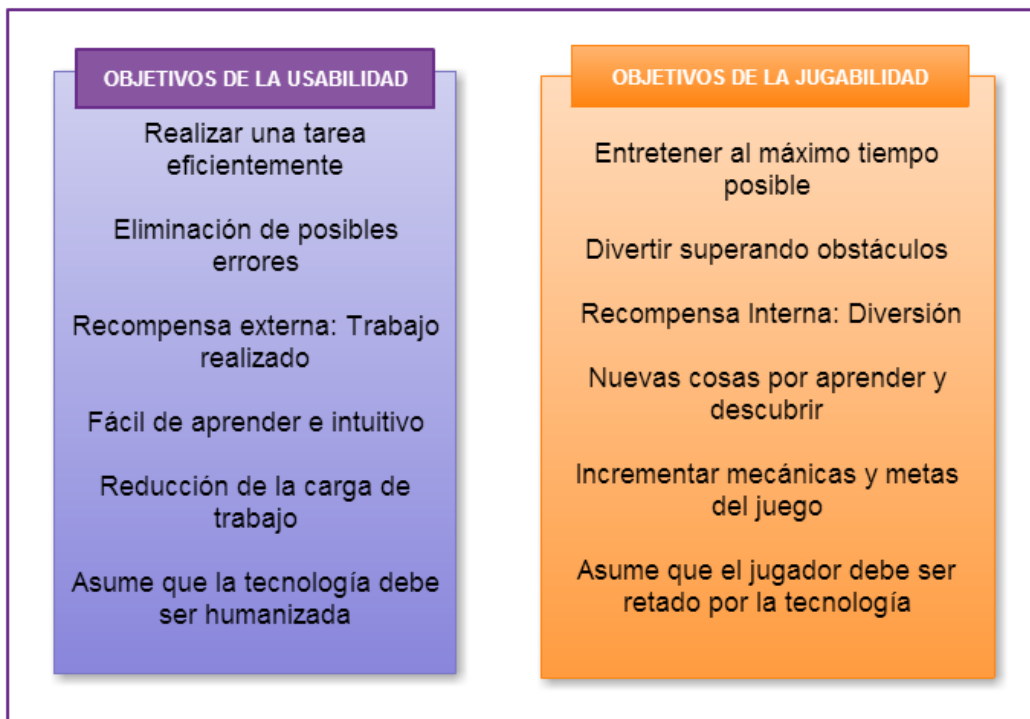


Figura 4.1 Objetivos de la usabilidad y jugabilidad.

Así que esto nos lleva a la pregunta, que nos atrae de los videojuegos, a diario utilizamos sistemas convencionales como editores de texto, de imágenes, para tareas en concreto, pero si hablamos de videojuegos, no tiene una finalidad más que la de divertir, y esta comparación es compleja puesto que infiere la personalidad de las personas, lo usamos por divertirnos, por pasar el rato, pero son razones más complejas y difíciles de analizar.

En tabla 4.2 se describen los principios de los sistemas tradicionales, y los sistemas interactivos como los videojuegos.

<i>Software Escritorio</i>		<i>Software de Entretenimiento</i>	
Schneiderman²	Nielsen³	Rouse⁴	Korhonen⁵
1. Mejorar la consistencia	1. Visibilidad del estado del sistema	1. Mundo consistente	1. No perder el tiempo del Jugador
2. Permitir el uso de accesos directos	2. Utilizar el lenguaje de los usuarios	2. Comprender fácilmente reglas del juego	2. Tener en cuenta interrupciones durante el juego
3. Ofrecer feedback informativo	3. Control y libertad para el usuario	3. Soluciones razonables a los retos	3. Tener en cuenta a otras personas
4. Uso mensajes de diálogo y confirmación	4. Consistencia y estándares (familiaridad)	4. Dirigir hacia el reto de forma clara	4. Seguir estándares
5. Mecanismos simples de manipulación de error	5. Prevención de errores	5. Incrementar número de tareas y su complejidad	5. Ofrecer ayuda
6. Deshacer fácilmente acciones	6. Minimizar la carga de memoria del usuario	6. Sentirse inmerso	6. Diferenciar entre IU de juego y IU de control del juego
7. Mejorar el control sobre el sistema	7. Flexibilidad y eficiencia de uso	7. Poder fallar y repetir	7. Usar términos familiares
8. Reducir la carga de memoria a corto plazo para el usuario	8. Diálogos estéticos y diseño minimalista	8. Retos equilibrados	8. Estado del juego y jugadores debe ser claro y visible
	9. Ayudar al usuario a reconocer y recuperar los errores	9. No repetirse a menudo	9. Metas claras para el jugador
	10. Ayuda y documentación	10. No sentirse perdido sin saber qué hacer	10. Soportar perfiles de jugador y estilos de juego
		11. Hacer, jugar, no ver y esperar	11. No insistir en tareas aburridas y repetitivas
		12. No sabe lo que quieren, lo saben cuando lo ven	

Figura 4.2 Objetivos en sistemas convencionales y de entretenimiento.

Como se puede observar, hay gran similitud entre la usabilidad y la jugabilidad, con pautas que permiten una evaluación correcta, sin embargo hay aspectos que no se incluyen en la evaluación de la jugabilidad, tales como las emociones transmitidas a los usuarios, o el valor emocional de cada juego.

4.2 JUGABILIDAD DEFINICIÓN.

El termino Jugabilidad hace referencia al diseño y análisis de los juegos, según [25] “Es todo aquello que hace el jugador en el juego”, según Sid Meier “La jugabilidad es una serie de decisiones interesantes”, estas son dos posibles definiciones que podemos encontrar en la literatura.

En un principio este término surgió para hacer referencia a los videojuegos, aunque en la actualidad, el término se utiliza también para juegos de mesa. Otra definición posible sería:

Es aquello de un juego es fácil y divertido de usar, poniendo énfasis en el estilo interactivo y en la calidad del gameplay estando afectado éste por pos la usabilidad, la narrativa e historia, la intensidad interactiva, el grado de realismo, etc. [24].

Cuando analizamos un videojuego, no solo se trata de centrarnos en factores como los gráficos y el sonido, si no en las métricas, reglas, mecánicas bajo las que funciona, hoy en día existen múltiples videojuegos con poco trabajo en gráficos, pero con mecánicas interesantes que los han llevado al triunfo en ventas.

En las investigaciones que abordan el estudio de la jugabilidad, existen dos divisiones en los que se centran la mayoría de los trabajos:

- Analizar y medir la jugabilidad
- Evaluar la jugabilidad en el sentido de la usabilidad

A continuación se muestra un esquema que muestran las subdivisiones que conllevan estas investigaciones.

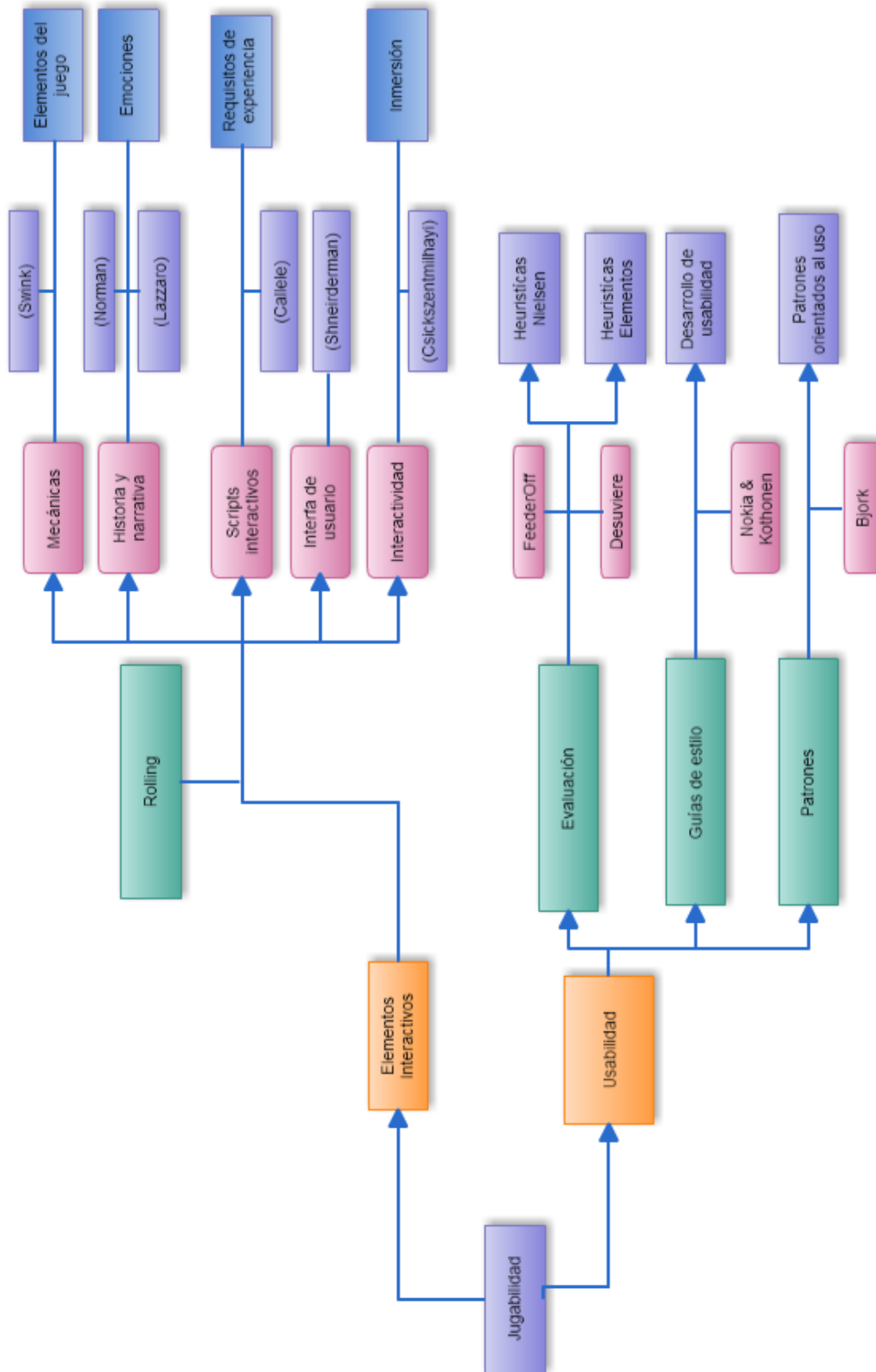


Figura 4.3 Subdivisiones de la jugabilidad

Cuando surgió el término jugabilidad, los autores dividían a la jugabilidad en una tripla que incluía los términos básicos que debía tener un juego. Los objetivos, reglas, retos son aquellos que deben lograr las emociones del jugador, el que jugará y como lo hará [23]. Los elementos se dividen en Core Mechanics, Storytelling & Narrative, Interactivity.

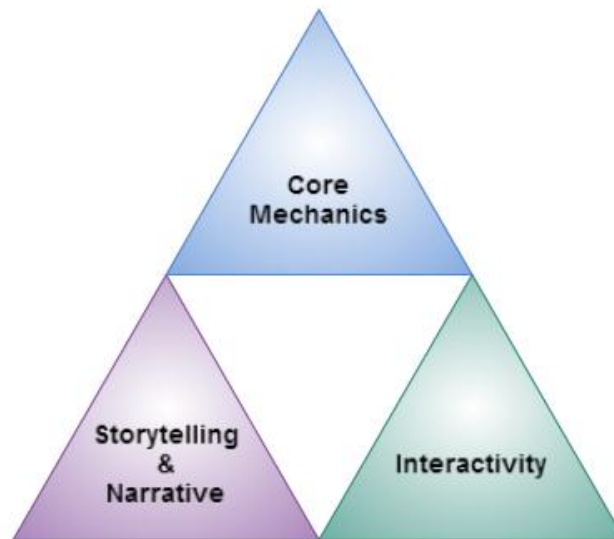


Figura 4.4 Tripla de conceptos que conforman la jugabilidad.

- **Core mechanics:** Representa el núcleo del juego, son todas aquellas reglas, métricas, comportamientos que lo constituyen, estas mecánicas son una impresión de la visión del diseñador de videojuegos en forma de rutinas de software.
- **Storytelling:** Todos los juegos, si no es que en su mayoría, tienen una historia la cual definirá las métricas que seguirá, esta historia puede volver al jugador como pasivo o activo según lo requiera.
- **Interactivity:** Son todos aquellos que el jugador puede ver, escuchar, tocar dentro del juego, esto también puede incluir ciertos dispositivos tecnológicos con los cuales pueda realizar dichas acciones.

Como podemos observar no solo se trata de que un videojuego resalte en alguno de los puntos anteriores para determinar su jugabilidad, puesto que su éxito o fracaso será determinado por la armonía de las tres partes. Entonces podemos asumir que la experiencia del jugador será exitosa si cumple con un equilibrio sobre las 3 partes.

Es por ello que en los primeros trabajos, describían que la jugabilidad era la consecuencia de diseñar correctamente la base de un videojuego, sin especificar las propiedades para especificar la experiencia del jugador.

En "The art of game design" [27] nos explica entre otras cosas que el concepto de jugabilidad aparece cuando se logra un buen gameplay correcto, además de que a su vez debe estar correctamente implementado, repercutiendo drásticamente en las emociones que se generaran en el jugador, de manera en la cual pueda disfrutar todas las acciones que se desarrollen, para finalmente lograr el grado de satisfacción deseado.

Una punto importante en el desarrollo de videojuegos son las emociones que te hacen sentir, alegría, enojo, tristeza, pero siempre enfocándolos a una manera positiva, es decir, existen juegos cuyo propósito es hacerte perder, pero da pauta a saber que lo puedes acabar, es ahí en donde entra la determinación y el reto de querer acabarlo, puesto que a nadie le gustaría jugar algo que sabe de antemano es imposible.

Este uso de emociones en el desarrollo es un papel fundamental, la cual nos ayuda a obtener mejores resultados a la hora de su evaluación, puede ser desde la fase de la historia en donde se capture la atención del usuario o dentro del desarrollo, pero siempre buscando la conjunción de emociones positivas que ayuden su desarrollo.

Así es como lo manejan ciertos autores Norman [29] y Lazzaro (28), quienes proponen que si podemos saber utilizar las emociones a nuestro favor el juego tendrá éxito. Para Norman la experiencia se divide en tres.

- **Visceral:** Parte de los sentidos principalmente visualmente y auditivamente, es aquella que fluye intuitivamente y se genera de manera automática.
- **Conductual:** Es aquella que se forma a partir de la interacción con el juego, ya sea en la historia o desarrollo, teniendo como uno de los elementos la conducta del jugador.
- **Cognitiva:** Se forman a base de recuerdos, es cuando el juego aborda una de las situaciones vividas o familiares por el jugador, de ahí la importancia de tomar situaciones cotidianas y plasmarlas, estas emociones pueden ser las más fuertes.

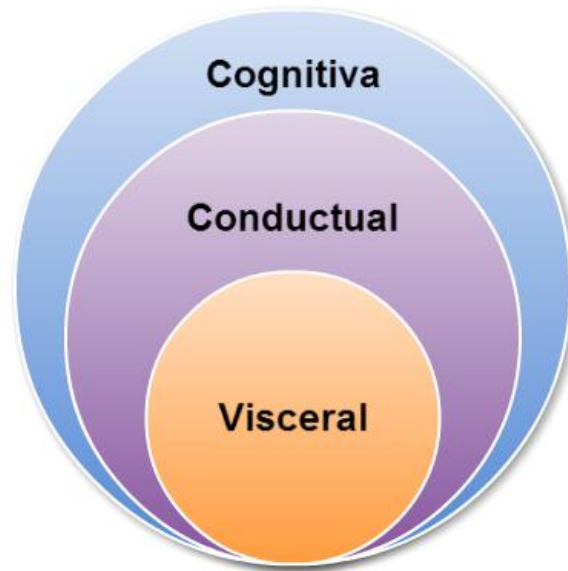


Figura 4.5 Experiencia el videojuegos por Norman.

Así como los modelos presentados anteriormente podemos encontrar otros en la literatura, sin embargo los principales ya han sido expuestos, también cabe recalcar que existe una diferencia entre los videojuegos móviles, como los que se encuentran en la web.

4.3 MÉTRICAS PARA DETERMINAR LA JUGABILIDAD

Cuando nos referimos a la jugabilidad, se tienen que tener ciertos parámetros que podamos medir, aunque esto no es muy sencillo, puesto que estos parámetros pueden ser un tanto difusos, no solo es medir el nivel de diversión que existe en un videojuego como se ha explicado anteriormente. También debemos separar los conceptos de jugabilidad con el de usabilidad, puesto que aunque la jugabilidad abarca el concepto usabilidad, tienen diferencias notables. A continuación se muestran algunos de los principales atributos presentados en la literatura.

4.3.1 Satisfacción.

Definición: *Sentimiento de bienestar o placer que se tiene cuando se ha colmado un deseo o cubierto una necesidad.*

Cuando hablamos de satisfacción este resulta ser un atributo muy importante en la experiencia del jugador, ya que se busca una sensación de bienestar del usuario para que al culminar con la tarea, este sienta un grado de complacencia, ya sea en general o por alguno de los aspectos del juego, historia, reglas, banda sonora, etc.

Como es de imaginarse, ese no es un atributo fácilmente medible, puesto que con lleva un alto grado de subjetividad, ya que como es de suponer no todos los jugadores tienen las mismas preferencias, desde el tipo de juego (RPG, MOBA, aventura, carreras, etc).

En el caso de tomar el termino de manera general, este debe satisfacer a varios perfiles de jugares, el cual se amolde a exigencias del jugador, de esta manera se logra hacer personal las vivencias dentro de él. Algunos puntos que se toman en cuenta al hablar de satisfacción son:

Diversión: Como se explicó anteriormente, este atributo también resulta ser difícil de medir por la subjetividad que conlleva, aunque bien la diversión se puede ver en dos puntos:

- **Tiempo dedicado:** Cuando un jugador le dedica tiempo a un videojuego, representa un grado mayor de diversión, por ende la satisfacción aumenta. Cuanto más tiempo le dedica a jugar, más porcentaje de diversión obtiene.
- **Objetivos:** La deseo de querer completar el juego al cien por ciento puede representar un alto grado de diversión, en vista de que para completar ese cien por ciento, debemos pasar misiones secundarias, encontrar objetos perdidos, o conseguir todos los logros. De la misma manera este va de la mano con el tiempo dedicado al juego.

Placer: El placer es una propiedad que va de la mano con el aprendizaje, este se logra a base de escalones, en el caso de los objetivos, cada que logra terminar uno de ellos, el jugador tiene una sensación de placidez, pero si por alguna razón las métricas del juego no están bien establecidas y evitan que este lo logre, disminuirá un escalón, esto también ocurre en el

caso en donde nosotros evitemos su progreso, o lo regresemos a un punto ya jugado.

4.3.2 Aprendizaje.

Definición: *Adquisición del conocimiento de algo por medio del estudio, el ejercicio o la experiencia, en especial de los conocimientos necesarios para aprender algún arte u oficio.*

La propiedad de aprendizaje es parte fundamental a la hora de diseñar un juego, simple y sencillamente se trata en transmitir la mecánica del juego de manera para que el jugador pueda desempeñarse correctamente dentro del juego, ya sea que hablemos de reglas, controles o cualquier elemento que requiera ser memorizado por el usuario.

Cuando hacemos referencia a esta propiedad es vital hablar de la curva de aprendizaje, puesto que es el conocimiento que el jugador va generando en base al tiempo jugado. Se considera que mayor grado de aprendizaje conllevara a un mayor tiempo dedicado al juego. En este punto debemos tener cuidado, puesto que si la curva de aprendizaje resulta ser muy complicada y el tiempo que damos es muy corto, el jugador puede sentirse frustrado al no comprender bien las mecánicas, de la misma manera, una mecánica sencilla en un tiempo muy amplio puede resultar en algo cansado y aburrido.

Es por ello que se debe de buscar un equilibrio entre ambas, en la imagen 4.6 la línea de color verde denota la curva de aprendizaje para jugadores con perfil de expertos, mientras que la línea negra para aquellos con perfil común. Sin embargo el aprendizaje deseado se denota por la línea punteada de color azul, la cual mostraría un equilibrio entre el tiempo jugado y la cantidad de métricas aprendidas. Un buen equilibrio puede generar una mayor satisfacción al jugador, de lo contrario el jugador puede sentirse frustrado o aburrido.

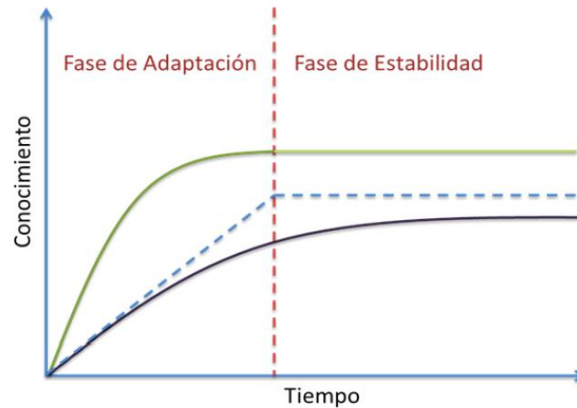


Figura 4.6 Curva de aprendizaje en base a tiempo

4.3.3 Efectividad.

Definición: Capacidad o facultad para lograr un objetivo o fin deseado, que se han definido previamente, y para el cual se han desplegado acciones estratégicas para llegar a él.

Esta propiedad hace referencia a los atributos utilizados para envolver al jugador, y mantenerlo su interés en el juego el mayor tiempo posible, ya sea a base de objetivos o logros, si se logra hacer que se divierta mientras juega, esto se reflejara en el tiempo.

Se dice que un videojuego es efectivo cuando se capta su atención desde el inicio, ya sea en la historia del juego, en las mecánicas que se presentan, hasta la conclusión del juego y objetivos. Muchas de las veces este término es abordado con una misión principal en conjunto con sub-objetivos. En juegos como lo son la saga de "The legend of zelda", nos encontramos con un objetivo final (vencer al líder), y con sub-objetivos (juntar todas las piezas de corazón).

4.3.4 Inmersión.

Definición: *Capacidad de creer en lo que se juega para integrarse en el entorno virtual*

Es la propiedad de hacer creer al jugador que se encuentra dentro del videojuego en términos sencillos, para ellos ciertas interacciones que realiza en el mundo virtual deben acercarse a las que realice en el virtual. Esto provoca que el jugador se sienta realmente en el juego. Un claro ejemplo es en los juegos de carreras, en donde se comenzó a sustituir el control (Joystick) por volantes y pedales reales, esto daba una mejor sensación de realismo al usuario.

Hoy en día este término ha tomado mucha importancia, puesto que una inmersión correcta puede significar el éxito de un videojuego, y a su vez se buscan nuevos dispositivos para buscar una inmersión completa del jugador (Gafas de realidad virtual, sensores, dispositivos).



Figura 4.7 Gafas de realidad virtual para una mejor inmersión.

Aunque si bien en su mayoría se buscan dispositivos que generen inmersión al juego, también se puede lograr por medio del Story telling ya mencionado anteriormente, este puede generar recuerdos en la persona que lo hagan sentirse dentro del juego o como algún personaje de este.

4.3.5 Motivación.

Definición: *Son aquellos estímulos que mueven a la persona a realizar determinadas acciones y persistir en ellas para su culminación. Este término está relacionado con el del interés y la voluntad.*

Como se ha explicado anteriormente, existen elementos que logran mantener el interés del jugador en el juego, representado por objetivos logrados o tiempo jugado, otra de las propiedades de los juegos es la motivación, que nos dice que tanto interés tiene el jugador de seguir jugando.

Cuando se diseña un juego se debe tener muy claro este punto, puesto que el jugador puede optar por dejar de jugarlo definitivamente si el juego le parece aburrido, para ello se proponen:

- Retos: Si le proponemos un reto de manera correcta al jugador, generaremos una gran medida de motivación la cual se verá en el tiempo que juegue.
- Intriga: Esta es otra de las técnicas utilizadas, muchas veces en la historia del juego se hace utiliza la intriga para despertar la curiosidad del jugador, y con esto sus ganas de seguir jugando para saber qué es lo que viene.

4.3.6 Emoción

Definición: *Sentimiento muy intenso de alegría o tristeza producido por un hecho, una idea, un recuerdo, etc.*

Se puede decir que un videojuego tiene un alto grado de emoción, cuando genera diferentes emociones al usuario que lo utiliza, estas emociones van ligadas a la naturaleza del juego.

El videojuego debe de ser capaz de emocionar al usuario con el mayor grado posible, ya que un alto grado puede provocar que este experimente no solo uno si no varios sentimientos que le generen interés por querer explorar el mundo virtual, por ende un aumento en el grado de efectividad.

Si este juego es capaz de generar estas emociones, puede provocar emociones que contribuyan a su confianza, curiosidad y entonces la motivación se ve elevada, de la misma forma si en la parte de multijugador es bien aplicada puede hacer que un grado de emoción al cumplir retos en equipo incremente el valor de la socialización.

4.3.7 Socialización

Definición: Acción de socializar o socializarse.

La socialización en videojuegos hace referencia al nivel de interacción con otros jugadores en el modo multijugador, o personajes pertenecientes al juego, esto puede aumentar la satisfacción de quien lo juegue. Por otro lado tenemos que si se logra un buen grado de socialización implicará que pueda haber una buena cohesión de los jugadores al estar en equipo.

Algunos aspectos positivos de una buena socialización son la comunicación, percepción social, comunicación o interacción. Al mismo tiempo si esta tiene aspectos realistas puede provocar que el grado de inmersión sea mayor.

4.4 MODELO DE MEDICIÓN EN JUEGOS.

Una vez vistos los atributos que nos ayudarán a medir la jugabilidad se necesita un modelo el cual nos ayude a cuantificar la jugabilidad de un videojuego, este proceso es complicado puesto que se miden atributos no funcionales, sin embargo esto si es posible.

Según Gardner en el artículo Inteligencias Múltiples [26], afirma que la inteligencia es el conjunto capacidades en niveles diferentes, cada una distinta e independiente.

Es por ello que en el trabajo de José Luis [30] se propuso un modelo similar al trabajo de Gardner enfocado a la jugabilidad. Para ello se dividen en distintos facetas.

Las facetas se dividen en:

- **Jugabilidad intrínseca:** Es el valor en relación a como se proyecta el juego en el jugador, está relacionada al Gameplay y a las mecánicas.
- **Jugabilidad mecánica:** Es el valor que se le otorga al software del juego, a aquellas métricas y reglas que rigen el funcionamiento de este. Pero incluyen aspectos como iluminación, sonido, gráficos, y personajes.
- **Jugabilidad interactiva:** Principalmente evaluada en los sistemas de control del juego, menús, y aquella interactividad que ocurre entre el juego y el jugador.
- **Jugabilidad artística:** Su fuerte principal es la calidad artística que se le da al juego, la banda sonora, calidad gráfica, y la narración o historia.
- **Jugabilidad intrapersonal:** Es el valor mismo jugador le da el juego, en relación a las emociones que le hizo sentir o vivir, esto con un alto valor subjetivo.

- **Jugabilidad interpersonal:** Similar al valor intrapersonal pero aplicado a grupos, son aquellas sensaciones que te hace sentir cuando juegas con un grupo de personas, o en equipo.

La figura 4.8 se muestra la relación entre facetas.

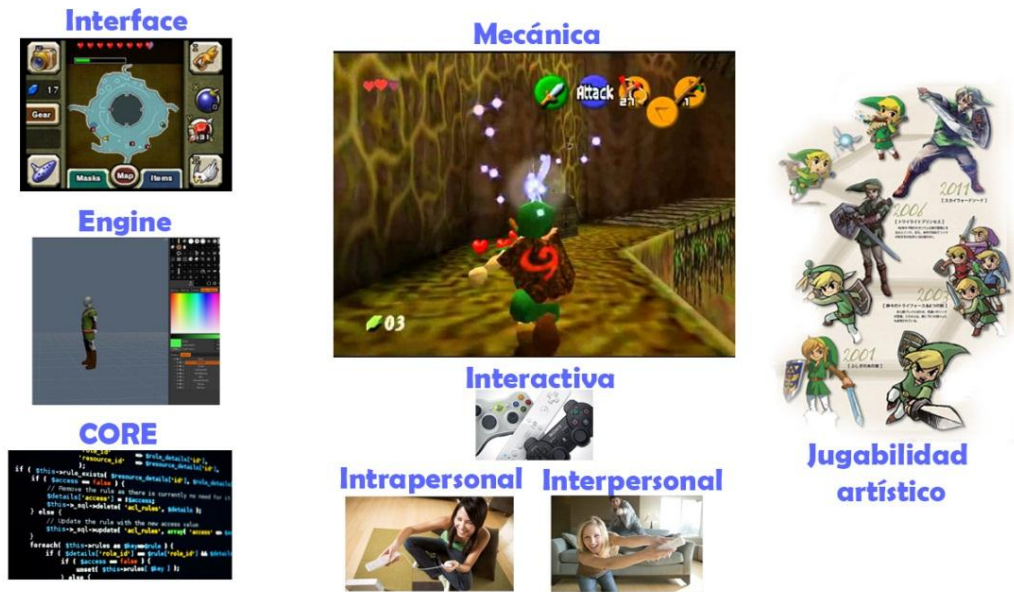
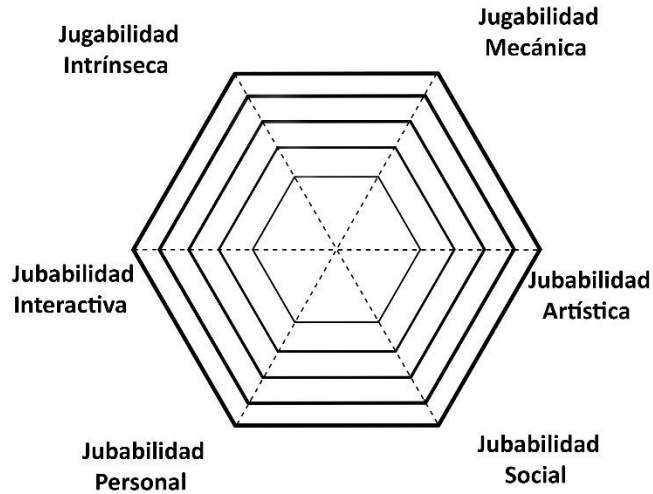


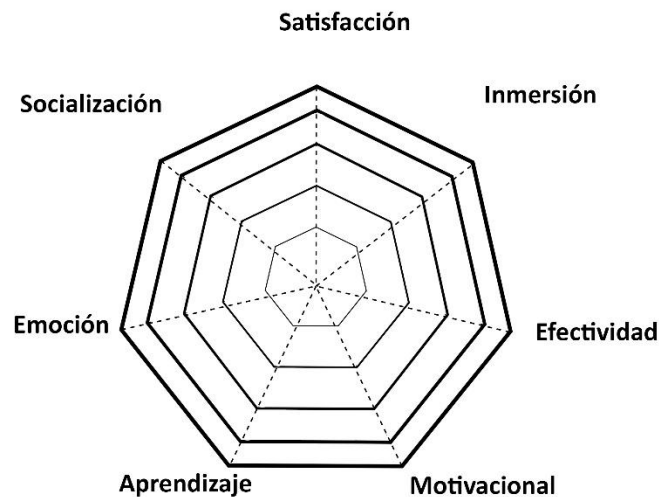
Figura 4.8 Facetas de la jugabilidad.

En [30] manejan un modelo sencillo y práctico de utilizar, que representa los atributos como las facetas, el cual cada rasgo es determinado por un puntaje, para al final obtener una figura geométrica irregular, la jugabilidad es determinada por el área que abarca esta figura.



Modelo de evaluación sobre facetas de la jugabilidad.

En el caso de los atributos que definen la experiencia del jugador tendremos un heptágono por el número de propiedad ya vistas.



Modelo de evaluación sobre la experiencia del jugador.

Al final tenemos dos tablas las cuales muestran las propiedades tanto de la experiencia del jugador como de las facetas que utiliza el juego. A ambas figuras nosotros las descompondremos en triángulos para sacar el área

coloreada, podemos decir que un juego cuenta con una jugabilidad completa cuando el hexágono o heptágono está completamente coloreado, y que carece de atributos cuando el área coloreada es casi nula.

<i>Atributos de la Jugabilidad</i>	<i>A</i>	<i>Facetas de la Jugabilidad</i>	<i>F</i>
Satisfacción	σ	Intrínseca	I
Aprendizaje	α	Mecánica	M
Eficiencia	ε	Artística	Λ
Inmersión	ι	Personal	P
Motivación	η	Social	Θ
Emoción	β	Interactiva	Φ
Socialización	ϕ		

Figura 4.9 Simbolización de aspectos de la experiencia del jugador y facetas de la jugabilidad.

Siguiendo la tabla anterior, podemos se puede definir a la jugabilidad global con la fórmula:

$$J(g) = \Omega(I\mu_I, M\mu_M, \Lambda\mu_\Lambda, P\mu_P, \Theta\mu_\Theta, \Phi\mu_\Phi)$$

De la misma forma existen modelos mucho más complejos que permiten una evaluación más profunda de los términos que representan a la jugabilidad, podemos mencionar trabajos como los de Rolling & Adams [23], o trabajos como los de Jose Luis [30] quienes profundizan más en el tema.

En la tabla 4.10 se muestran algunos de los aspectos de la jugabilidad así como las propiedades que evalúan estas propuestas, estas métricas son basadas en el PQM – Metrics [30], y algunas de las cuales están basadas en el estándar ISO 9126-4:2004.

Efectividad	Efectividad en la Meta	¿Qué porcentaje de metas y retos se han alcanzado correctamente?	$X = 11 - \sum A_i$ Ai Valor proporcional de cada acción incorrecta	$X \in [0, 1]$, cercano a 1, lo mejor	Test de Usuarios
	Compleitud de la Meta	¿Qué porcentaje de metas y retos se han completado?	$X = A/B$ A = n. de metas completadas B = n. total de metas intentadas	$X \in [0, 1]$, cercano a 1, lo mejor	Test de Usuarios
	Frecuencia de Intentos por Meta	¿Cuál ha sido la frecuencia de intentos?	$X = A/T$ A = n. de intentos realizados por jugador T = tiempo o número de metas	Jugador experto cercano a 0. Al comienzo > 0	Test de Usuarios
Eficiencia	Tiempo de Meta	¿Cuánto tiempo requiere el jugador para lograr una meta?	$X = T_a$	Jugadores novatos necesitan más tiempo	Test de Usuarios
	Eficiencia de Meta	¿Cómo de eficiente es el usuario?	$X = M1/T$	$X \in [0, 1]$, cercano a valores intermedios	Test de Usuarios
	Eficiencia Relativa al Nivel del Usuario	¿Cómo de eficiente es un jugador experto frente a un jugador nuevo?	$X = A/B$ A = eficiencia del jugador normal B = eficiencia del jugador experto	$X \in [0, 1]$, cercano a 1, lo mejor	Test de Usuarios
Flexibilidad	Accesibilidad	¿Qué porcentaje de metas se logran utilizando distintas formas de interacción diferentes a las usadas por defecto?	$X = A/B$ A = metas con diferentes métodos de interacción B = n. total de metas	$X \in [0, 1]$, cercano a 1 lo mejor	Test de Usuarios
	Personalización	¿Qué proporción de la personalización	$X = A/B$ A = elementos	$X \in [0, 1]$, si cercano a 1	Test de Usuarios

Figura 4.10 Aspectos para una mejor evaluación de la jugabilidad.

La simulación del movimiento coordinado de un grupo de objetos siempre ha sido un reto en cuanto a la inteligencia artificial se refiere, desde la creación de estas (modelado, animación), hasta la forma en la que interactúan unas con otras (comportamientos grupales). Esto requiere ciertas técnicas para poder generar el movimiento tanto de un grupo, como individualmente.

La implementación de estos comportamientos generalmente es utilizada por empresas de desarrollo de videojuegos, pero actualmente se utiliza en el desarrollo de juegos amateurs o para la simulación de situaciones. Es por ello que se desarrollaron algunos elementos de fácil uso para la implementación en juegos futuros.

5.1 MEJORA EN EL DISEÑO DE JUEGO

En este trabajo de tesis, estamos interesados saber cómo afectan ciertas alteraciones tanto mecánicas como artísticas, para mejorar la jugabilidad. Así que lo primero que optamos fue por tomar un videojuego previamente desarrollado, se analizaron entre varios tipos de juegos viables y al final se optó por uno de tipo shooter.

El juego contaba con algunas mecánicas básicas, un personaje en un ambiente virtual, con el objetivo de matar a los objetivos que se le vayan presentando. Para ello lo primero que se realizó fue el análisis del juego para saber con qué propiedades contaba, cuál era la mecánica del juego, y como realizaba cada una de las tareas.

Una vez analizado los elementos que constituyen el juego, se analizaron las propiedades en las cuales un análisis de jugabilidad podría lanzar mejores resultados mostrando un aumento. Como se ha explicado anteriormente el desarrollo de videojuegos es un proceso muy extenso que conlleva muchos pasos, por ello se optó por modificar algunas de las reglas que sigue el juego, esto sin quitar el objetivo principal, el cambio en la mecánica del juego sería implementado a los enemigos que nos persiguen, para tratar de darles una mejor respuesta ante ciertas acciones y un sentido más real a su comportamiento.

Se propuso un cambio a elementos artísticos para mejorar la calidad de juego, que se vieron reflejadas en diferentes aspectos del juego como el ambiente principal, algunos efectos como partículas y efectos de sonido fueron agregados.

Al final se decidió utilizar la primer forma de medir la jugabilidad teniendo ambas divisiones, la experiencia del jugador y las facetas de la jugabilidad, para así poder sacar un promedio entre ambos valores y poder determinar un valor que representaría la puntuación.

5.2 COMPORTAMIENTO DE PERSONAJES

La modificación en el módulo de comportamientos es donde se trabajó principalmente, para ello se implementaron algunos de los comportamientos previamente vistos en el capítulo 3. Antes de proceder a explicar estos comportamientos, se mostrarán algunos de los cambios necesarios a los personajes para poder realizar estas acciones de manera correcta.

Como se mencionó previamente, un carácter autónomo o personaje autónomo 3D es un sistema de control con capacidad de sensorización el cual a base de entradas toma decisiones de forma autónoma. Estas entradas definirán cual será la acción que el agente realice.

En el presente trabajo se diseñó un personaje el cual cuenta con diferentes tipos de sensores y atributos, estos sensores permitieron efectuar los comportamientos integrados, a continuación se muestran cuáles son los atributos con los que puede constar el personaje.

Velocidad neutral: Esta es la velocidad con la que normalmente se encuentran los personajes en un estado de deambulación, está determinada por la función:

- $\text{Normalize}(\text{posición} - \text{objetivo}) * \text{velocidad}$

Velocidad máxima: Cuando uno de los enemigos se encuentra en estado de alerta o persecución, automáticamente cambia la velocidad,

ajustando la velocidad para alcanzar el objetivo. De la misma forma que la velocidad neutra está dada por la función:

- $\text{Normalize (posición - objetivo) * velocidad máxima}$

Rango de visión: Todos los enemigos tienen un rango de visión que les permite identificar a un objetivo si se encuentra dentro de este, está dado por la función:

- $\text{Angulo} = \text{Magnitud (Posición del target - mi posición)}$
- Si $(\text{Angulo} < \text{Angulo de visión})$
- $\text{Distancia} = \text{Distancia (Mi posición - Posición del target)}$
- Si $(\text{Distancia} < \text{Rango de visión})$
- Es visible

Rango de olfato: A diferencia del rango de visión, este es un perímetro que rodea al enemigo, aunque su rango es más pequeño que el de visión este cubra un área de 360 grados, lo cual permite identificar objetivos incluso aunque no los esté viendo, la función que lo define es:

- $\text{Distancia} = \text{Magnitud (Mi posición - posición del target)}$
- $\text{Máxima distancia} = \text{Distancia máxima visible} * \text{Distancia máxima visible}$
- Si $(\text{Distancia} < \text{Máxima distancia})$
- Está en rango

Sensor: Este atributo pertenece principalmente a los enemigos líder, quienes al identificar al objetivo realizan una llamada a los enemigos de clase baja para seguir al objetivo, aunque ellos también tienen incorporada una función receptora que les permite saber si el sensor está activo o no, su función se define como:

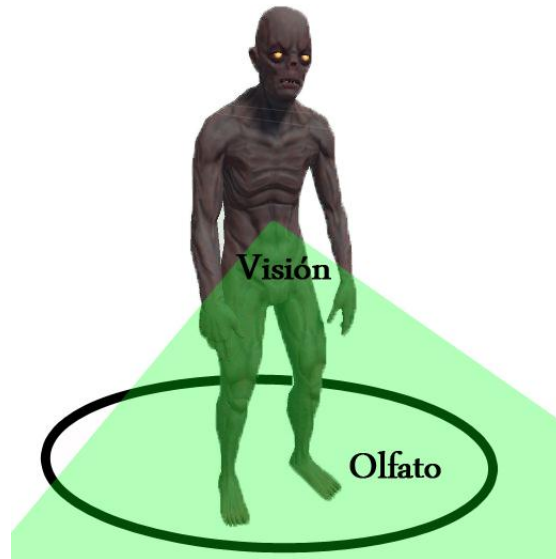


Figura 5.1 Personaje principal con sensores.

Estas propiedades se anexaron a los personajes del juego, ya que no contaban con ellas, y las cuales son necesarias para los comportamientos que se incorporaron. La velocidad es una medida dentro del juego que les permite a los objetivos cambiarla conforme a una situación determinada o conveniencia. A continuación se describen con mayor detalle los comportamientos implementados en el juego.

5.2.1 Búsqueda de un objetivo (Estático - dinámico)

Comúnmente en el desarrollo de videojuegos la búsqueda de un objetivo es una estrategia utilizada para dar brindar aspectos positivos al videojuego, ya sea una mejor jugabilidad o para brindar una mejor sensación de realismo. Al buscar un objetivo tenemos dos vertientes, que el objetivo sea estático (Es decir que no se mueva de su lugar y siempre permanezca en él) o dinámico (Siempre en un movimiento constante o periódico) estos dirigiéndose hacia una posición específica en un plano.

En el trabajo presentado se utilizó la búsqueda de un objeto dinámico, puesto que este comportamiento los enemigos buscarían a un target en movimiento (Nosotros huyendo o atacando).

El comportamiento se basa en elegir una dirección aleatoria para buscar al objetivo teniendo como sensores de entrada el olfato y la vista, hasta este momento el enemigo se encuentra en un estado de “deambulación”,

una vez que el target es encontrado, el estado cambia a “persecución”, este estado permanece hasta que el target logre salir de rango de ambos sensores.

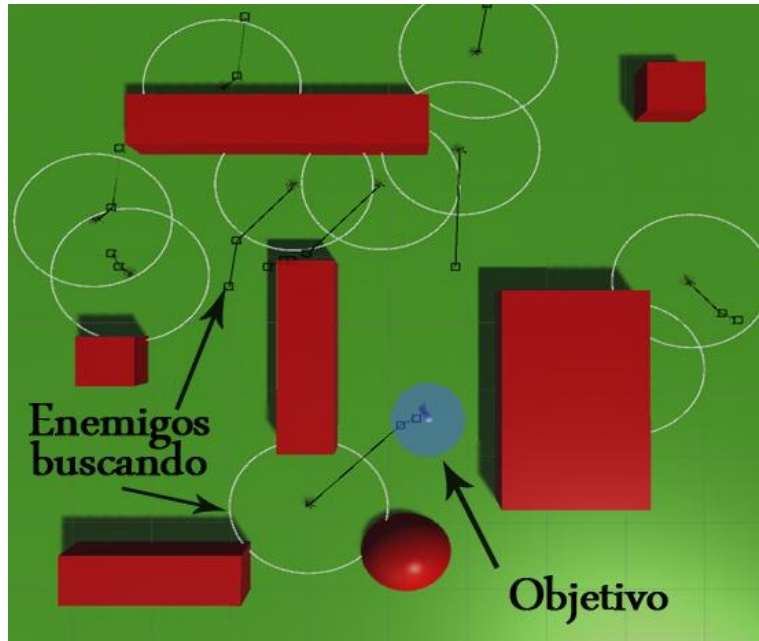


Figura 5.2 Enemigos buscando a objetivo.

Esto nos permite manipular a los enemigos individualmente, pero se agruparán si el objetivo busca escapar, puesto que se encontrará con más enemigos quienes lo seguirán, dificultando la huida.

Algoritmo búsqueda de un objetivo

```

Inicializar posición de cada miembro
Mientras (Objetivo no esté eliminado)
  Para (cada miembro del grupo)
    Marcar una meta dentro del rango
    Si (Objetivo está dentro del rango)
      Marcar como meta la posición del objetivo
      Recorrer camino hasta la meta
    Si_no
      Recorrer camino hasta la meta
    Fin si
  Fin para
Fin mientras
    
```

5.2.2 Siguiendo al líder:

El comportamiento siguiendo al líder muestra a uno o más caracteres siguiendo a uno designado previamente como líder, por lo general los seguidores se agrupan alrededor del líder teniendo en cuenta los obstáculos que se encuentran alrededor de él. Además si hay uno o más seguidores, estos buscan no colisionar con los otros.

En el trabajo actual el líder está representado como un carácter de clase 1, cuyos atributos tienen mejoras en cuanto a los de las demás clase, cuando uno de ellos localiza al objetivo, el sensor se activa mandando la posición del objetivo a los demás. Si el objetivo se encuentra al alcance de los enemigos estos irán por él, si no, tratarán de agruparse al líder para tener una mayor posibilidad de enfrentar al objetivo.

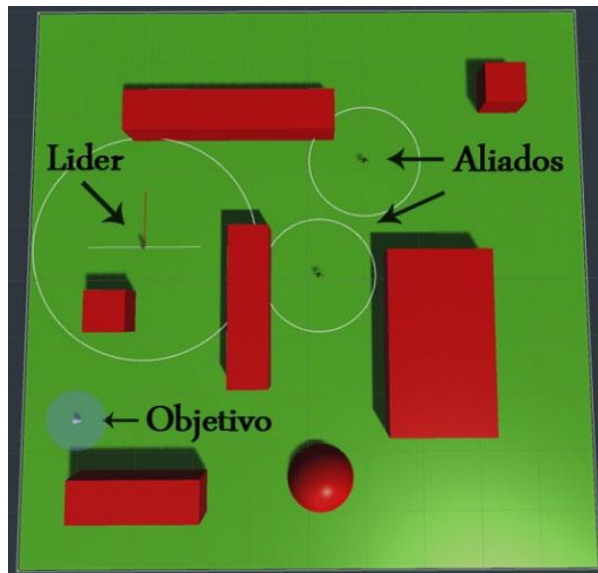


Figura 5.3 Aliados esperando a que el líder encuentre objetivo.

Algoritmo siguiendo al líder (Líder)

```

Inicializar posición
Mientras (Objetivo no esté eliminado)
    Marcar una meta dentro del rango
        Si (Objetivo está dentro del rango)
            Para (cada miembro del grupo)
                Mandar posición de target encontrado
                Objetivo encontrado
            Fin para
                Marcar como meta la posición del objetivo
                Recorrer camino hasta la meta
        Si_no
            Recorrer camino hasta la meta
    Fin si
Objetivo no encontrado
Fin mientras
    
```

Algoritmo siguiendo al líder (Súbdito)

```

Inicializar posición de cada miembro
Mientras (Objetivo no esté eliminado)
    Si (Líder encontró a objetivo)
        Ir a la meta enviada por líder
    Si no
        Para (cada miembro del grupo)
            Marcar una meta dentro del rango
            Si (Objetivo está dentro del rango)
                Marcar como meta la posición del objetivo
                Recorrer camino hasta la meta
            Si_no
                Recorrer camino hasta la meta
        Fin si
    Fin para
    Fin si
Fin mientras
    
```

5.2.3 Persecución – evasión

El comportamiento de persecución evasión muestra la capacidad que tienen los caracteres de tomar una decisión en un punto crucial, por una parte tenemos el comportamiento básico que es la persecución, en este estado el personaje deambula indefinidamente por el entorno buscando al objetivo, si lo encuentra tiene dos decisiones, perseguir o evadir, es aquí en donde entra el segundo estado, la evasión, el carácter solo realizará la persecución si se encuentra con aliados alrededor que puedan ayudarlo (n cantidad), de esta manera tendrá una mayor posibilidad de vencer al objetivo.

En caso contrario el carácter pasará al estado de evasión, que se resume a ir a la dirección contraria del target [15] [18], esta actúa sobre la dirección del target para ajustar la su misma dirección a una que le permita huir. En el supuesto caso que el carácter se vea afectado por alguna obstrucción para emprender la huida en dirección contraria, este optará por un camino aleatorio lejos de él.

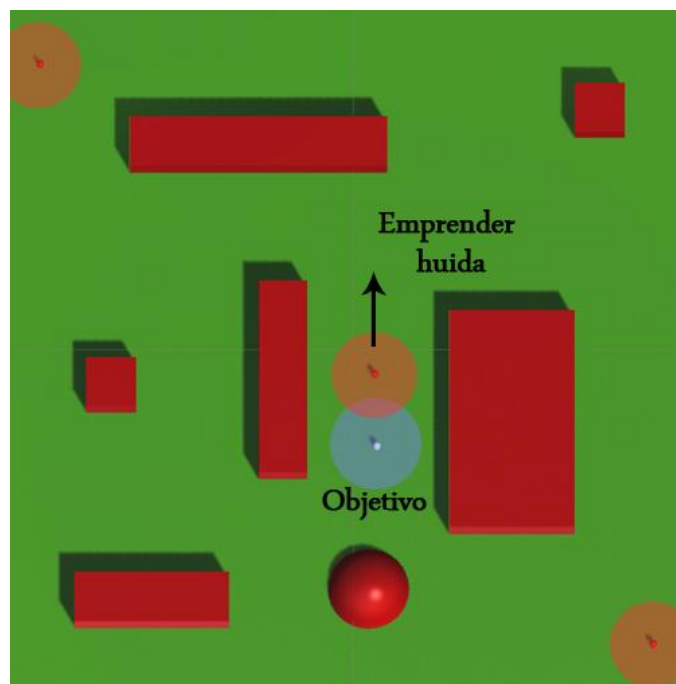


Figura 5.4 Enemigo huyendo al no tener aliados cercanos



Figura 5.5 Enemigo atacando al tener aliados cercanos

Algoritmo de persecución – evasión

```
Inicializar posición de cada miembro
Mientras (Objetivo no esté eliminado)
  Si (Objetivo está dentro del rango)
    Cuenta aliados dentro del rango
    Si (aliados es mayor a n cantidad)
      Para cada miembro dentro del rango del objetivo
        Marcar como meta la posición del objetivo
        Recorrer camino hasta la meta
    Si no
      Emprende huida
    Fin si
  Si no
    Marcar una meta dentro del rango
    Recorrer camino hasta la meta
  Fin si
Fin mientras
```

5.2.4 Agrupamiento

El comportamiento de agrupamiento o flocking por su traducción en inglés es uno de los comportamientos más reales puesto que emula comportamientos que se pueden notar en el mundo natural, tales son el caso de bandadas de aves o bancos de peces, moviéndose en agrupaciones ya sea pequeñas o grandes y que son capaces de unirse si estas se encuentran.

Este comportamiento sigue tres simples reglas (separación, alineación, cohesión), con las cuales le permite coordinar su movimiento sin inconvenientes tales como chocar o dividirse.

- **Separación**

Esta propiedad permite al carácter mantener la distancia de separación que nosotros deseemos con respecto a sus vecinos cercanos, esto con la finalidad de evitar el hacinamiento. Para ello primero analiza que vecinos están dentro del rango [18].

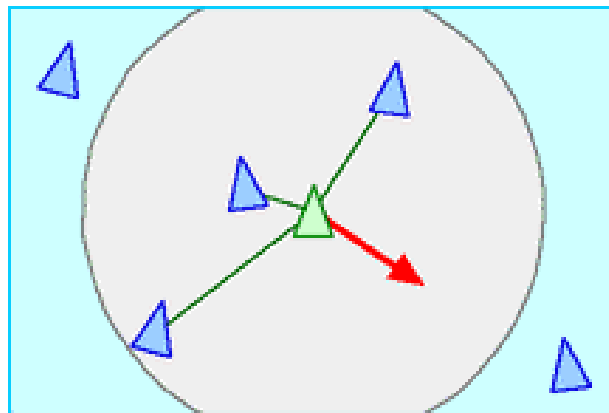


Figura 5.6 Personajes separándose para mantener un espaciamento.

- **Alineación**

Esta propiedad permite al carácter alinearse (teniendo una dirección o cabeza) con respecto a otros caracteres cercanos, esta dirección se puede calcular promediando la velocidad de los caracteres cercanos, el promedio que nos da como resultado es la

velocidad deseada, entonces el vector de dirección es la diferencia entre el promedio de la velocidad actual [20].

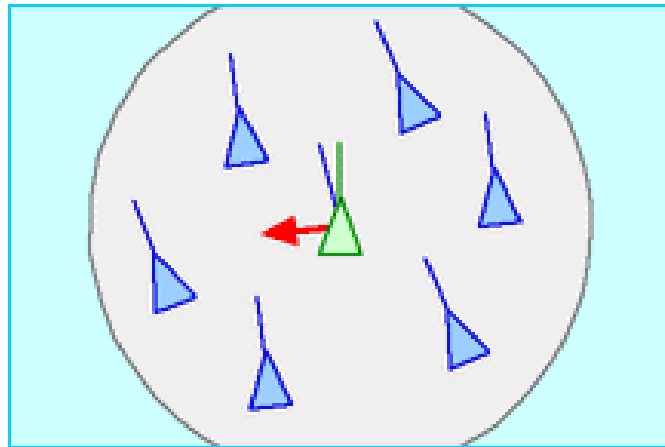


Figura 5.7 Personajes alineados para seguir una dirección.

- **Cohesión**

Esta propiedad permite a un carácter aproximarse para pertenecer a un grupo deseado, esta dirección es calculada por todos aquellos caracteres que se encuentren en la vecindad, calculando la posición promedio de los caracteres cercanos [13] [18]. La fuerza direccional se puede aplicar a la dirección de la posición promedio (substrayendo la posición del carácter).

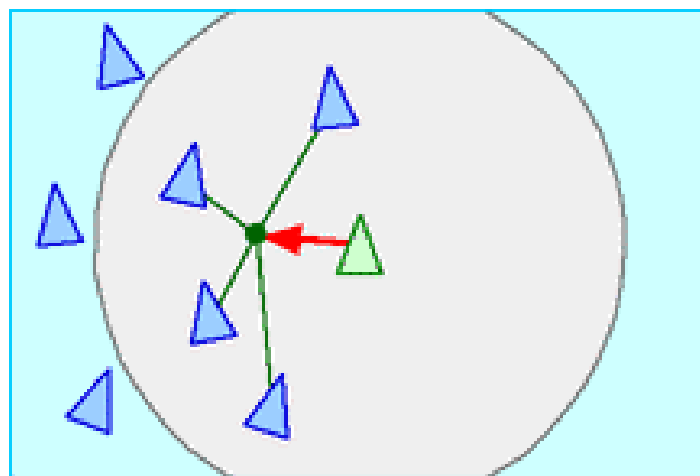


Figura 5.8 Personajes uniéndose para formar un grupo.

Como resultado podemos obtener un grupo de caracteres moviéndose independientemente, pero buscando siempre ir en grupo, como se ha mencionado anteriormente, esta técnica es utilizada principalmente para simular comportamientos de animales o grupos de caracteres.

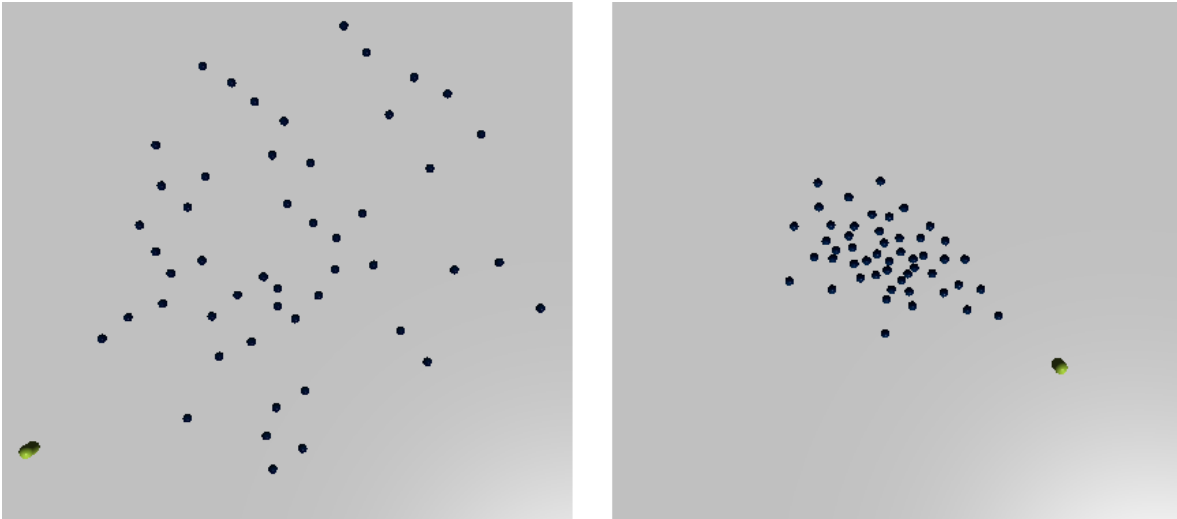


Figura 5.9 Comportamiento de flocking en acción.

Capítulo 6 RESULTADOS EXPERIMENTALES

6.1 ENTORNO DE TRABAJO

En este capítulo se describirán los resultados experimentales pero antes se describirá brevemente el juego y cuáles fueron los cambios que se realizaron en él.

El juego se desarrolló con el motor de desarrollo de videojuegos Unity 3D en la versión 5.0.1 con el compilador MonoDevelop, el lenguaje que se utiliza es Javascript y C#. La base del juego fue el juego desarrollada previamente por un desarrollador de videojuegos Nodician, al cual se le adaptaron algunas de las propiedades y comportamientos descritos en el capítulo anterior.

Parte del ambiente 3D y de los caracteres se encontraron en la Asset Store de Unity, pero el resto fue modelado en Autodesk Maya, generalmente en el desarrollo de videojuegos se acostumbra a dividir el personaje el triángulos.



Figura 6.1 Escenario del juego base.

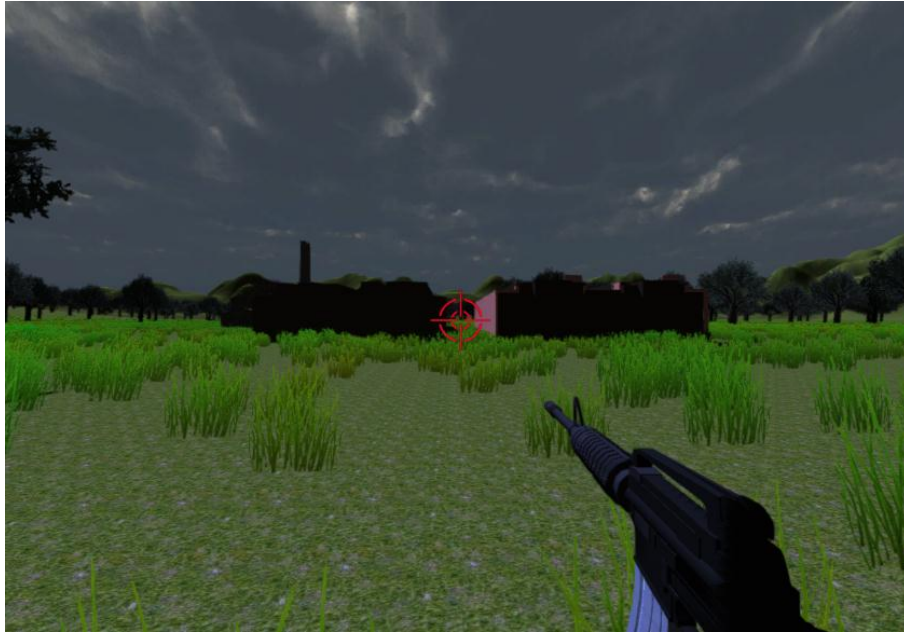


Figura 6.2 Escenario del juego base (Apuntador en primera persona).

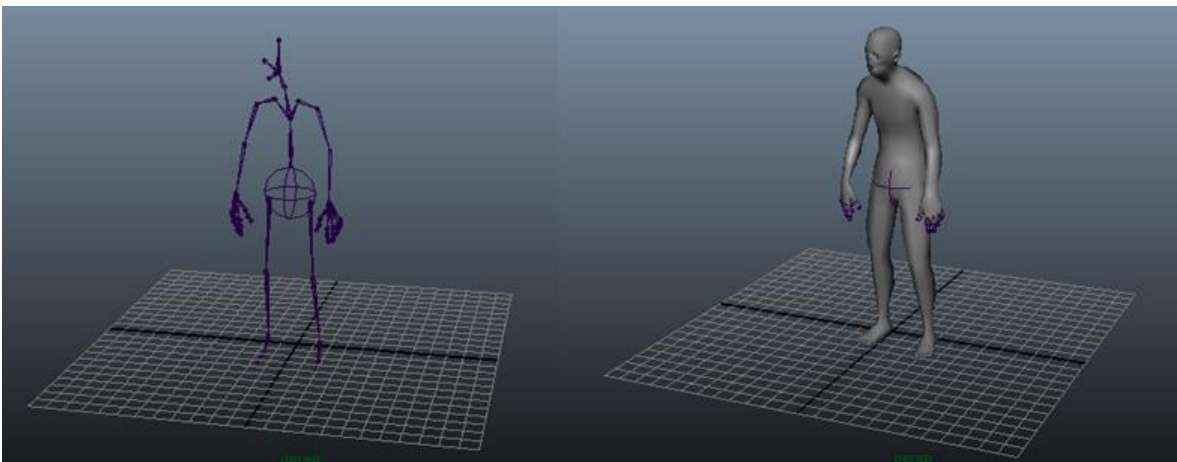


Figura 6.3 Modelado y animación de personaje.

Lo primero que se realizó fue transportar a los nuevos personajes a un área para diseñar los algoritmos, una vez teniendo cada uno, se procedió a dotarlos de sensores para poder interactuar con el medio virtual.

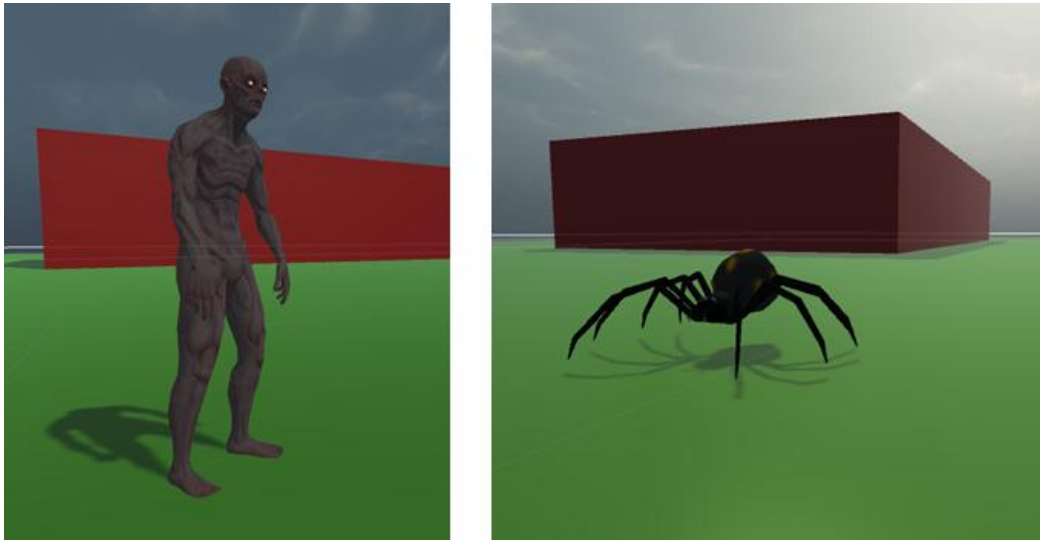


Figura 6.4 Inserción de personajes en motor de desarrollo

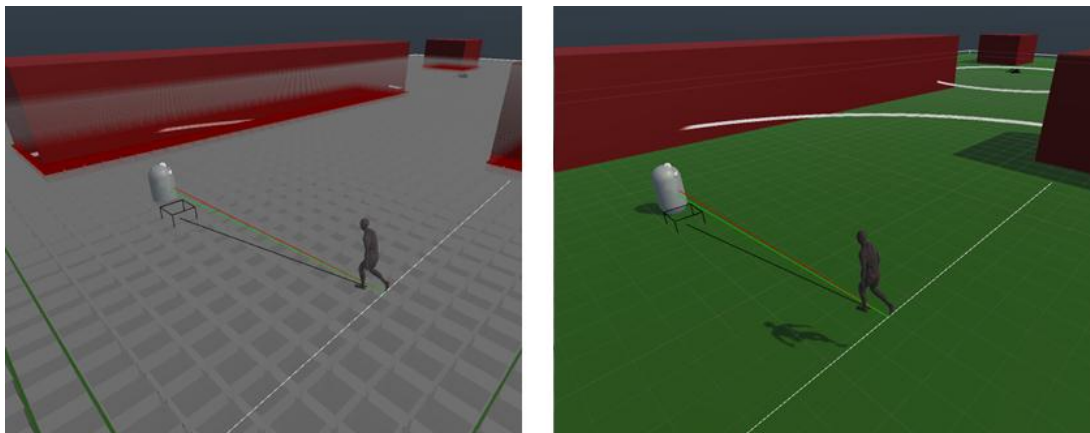


Figura 6.5 Mapa dividido en casillas para la utilización de pathfiding.

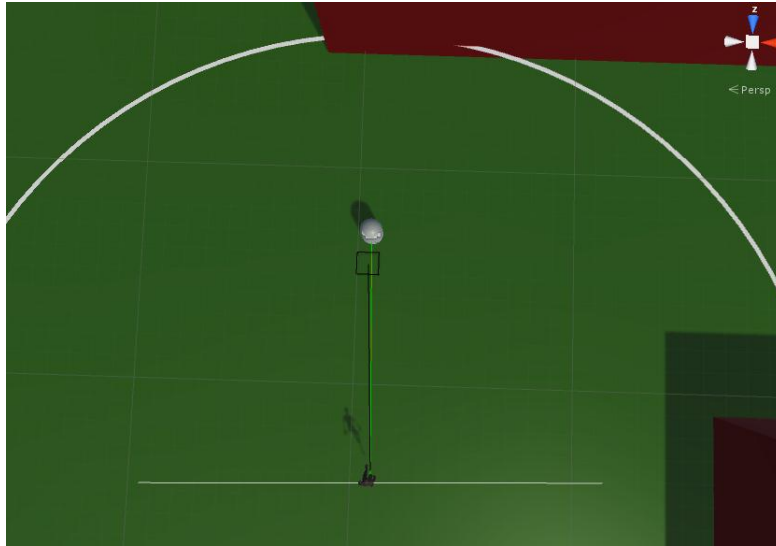


Figura 6.6 Sensores de visión y olfato.

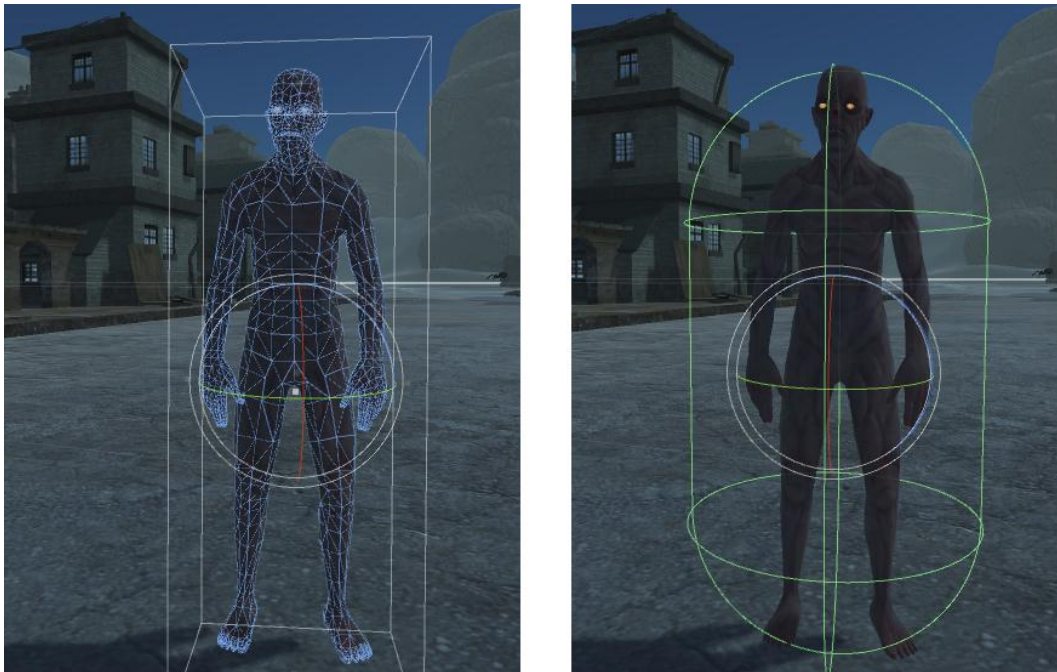


Figura 6.7] Colisionador de personaje.



Figura 6.8 Mapa que muestra espacio en donde es posible caminar y vista proyectada al jugador.



Figura 6.9 Diseño final del juego

6.2 MEDICIÓN DE JUGABILIDAD

Una vez terminado el juego, se procedió a la fase de pruebas, la cual se realizó con cuarenta y siete personas pertenecientes a una comunidad de juegos. El perfil de los participantes era de varones (95%) y mujeres (5%) los cuales son considerados como jugadores ocasionales (dedicación a jugar más de 5 horas a la semana), conocedores de diferentes plataformas de juego.

Todos estos jugadores tienen una experiencia más avanzada en juegos de pc y juegos en primera persona, se les pidió evaluar el juego utilizando una escala de 1 a 5. Esto para cada uno de los 5 juegos presentados, en las siguientes tablas se muestra a detalle las puntuaciones obtenidas para cada propiedad.

	Satisfacción	Aprendizaje	Efectividad	Inmersión	Motivacional	Emoción	Socialización	Media
Jugabilidad intrínseca	2.23	1.34	2.68	1.9	2.7	1.43	1.45	1.961
Jugabilidad Mecánica	4.45	3.36	1.52	2.65	1.71	2.54	1.36	2.512
Jugabilidad Interactiva	3.31	5.41	2.78	2.12	1.48	1.12	2.45	2.667
Jugabilidad Artística	2.23	2.65	4.07	1.54	2.68	1.41	1.02	2.228
Jugabilidad Personal	4.21	1.45	3.94	2.05	2.37	3.13	2.34	2.784
Jugabilidad Social	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	2.738	2.368	2.498	1.71	1.823	1.605	1.4366	2.228

Puntuación de la experiencia de juego aplicada al juego base

	Satisfacción	Aprendizaje	Efectividad	Inmersión	Motivacional	Emoción	Socialización	Media
Jugabilidad intrínseca	2.23	3.14	2.68	1.9	2.7	3.15	1.45	2.464
Jugabilidad Mecánica	4.45	3.36	3.78	4.36	3.15	4.24	1.36	3.528
Jugabilidad Interactiva	4.23	2.41	2.78	2.12	1.48	2.89	2.45	2.622
Jugabilidad Artística	4.67	3.74	4.23	3.78	3.04	3.47	1.02	3.421
Jugabilidad Personal	4.21	1.45	3.94	2.89	2.37	3.13	2.34	2.904
Jugabilidad Social	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	3.298	2.35	2.901	2.508	2.123	2.813	1.436	2.739

Puntuación de la experiencia de juego aplicada al juego con comportamiento de búsqueda

	Satisfacción	Aprendizaje	Efectividad	Inmersión	Motivacional	Emoción	Socialización	Media
Jugabilidad intrínseca	2.23	3.14	2.68	1.9	2.7	3.15	1.45	2.46
Jugabilidad Mecánica	4.45	3.36	1.52	4.36	1.71	4.24	1.36	3
Jugabilidad Interactiva	3.31	2.41	2.78	2.12	1.48	2.89	2.45	2.491
Jugabilidad Artística	4.67	3.74	4.23	3.78	3.04	3.47	1.02	3.421
Jugabilidad Personal	4.21	1.45	3.94	2.05	2.37	3.13	2.34	2.784
Jugabilidad Social	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	3.145	2.35	2.525	2.368	1.883	2.813	1.436	2.596

Puntuación de la experiencia de juego aplicada al juego con comportamiento siguiendo al líder

	Satisfacción	Aprendizaje	Efectividad	Inmersión	Motivacional	Emoción	Socialización	Media
Jugabilidad intrínseca	3.23	3.14	2.68	3.9	2.7	3.15	1.45	2.75
Jugabilidad Mecánica	4.34	4.36	3.97	4.36	2.11	4.24	1.36	3.534
Jugabilidad Interactiva	3.15	3.79	4.31	3.654	4.31	4.82	2.45	3.783
Jugabilidad Artística	3.17	3.74	4.23	3.78	3.04	3.47	1.02	3.207
Jugabilidad Personal	4.21	1.45	3.94	2.05	3.64	4.43	2.34	3.151
Jugabilidad Social	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	2.85	2.746	3.188	2.957	2.633	3.351	1.436	3.011

Puntuación de la experiencia de juego aplicada al juego con comportamiento de persecución – evasión.

	Satisfacción	Aprendizaje	Efectividad	Inmersión	Motivacional	Emoción	Socialización	Media
Jugabilidad intrínseca	2.23	1.34	2.68	1.9	2.7	1.43	1.45	1.961
Jugabilidad Mecánica	3.45	2.36	2.98	2.46	2.71	3.54	1.36	2.694
Jugabilidad Interactiva	3.31	5.41	2.78	2.12	1.48	1.12	2.45	2.667
Jugabilidad Artística	2.23	2.65	4.07	1.54	2.68	1.41	1.02	2.228
Jugabilidad Personal	4.21	2.23	3.12	2.05	2.37	3.13	2.34	2.778
Jugabilidad Social	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	2.571	2.331	2.605	1.678	1.99	1.771	1.436	2.260

Puntuación de la experiencia de juego aplicada al juego con comportamiento de manada (flocking).

Al finalizar el valor de cada media es sumado para dar un valor general al juego, esta es la puntuación que recibe el juego al final de la evaluación, estas puntuaciones nos ayudan a saber qué diferencias existieron en el juego y cuales resultaron más atractivos para los jugadores.

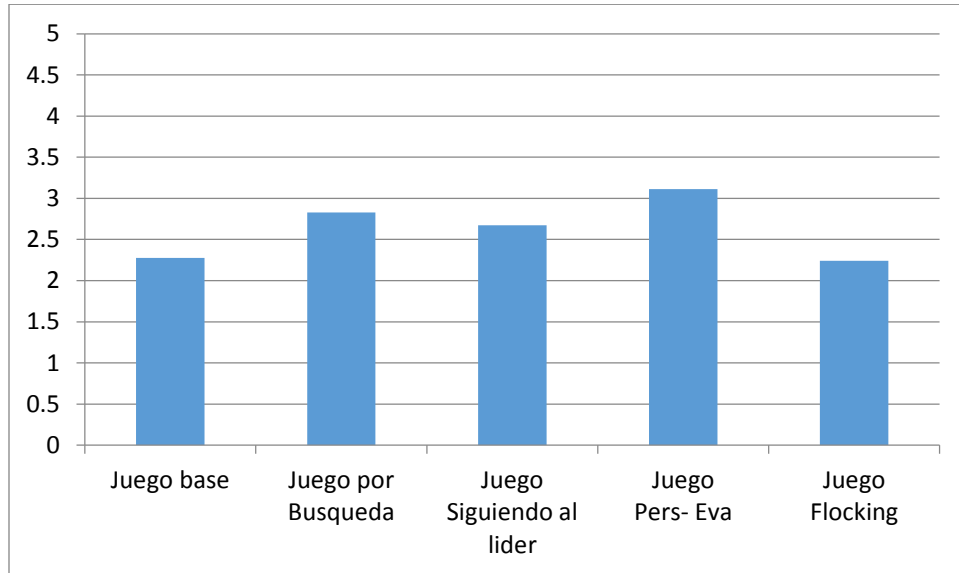


Figura 6.10 Tabla de porcentajes finales

Así podemos visualizar a simple vista en la tabla 6.10 que el juego que presento un mayor agrado por parte de los usuarios fue el de persecución evasión ya que dentro de algunas de las observaciones que se hicieron fueron:

- Es un modo de juego en donde los personajes parecen consientes.
- Los personajes huyen dependiendo de la situación.
- Su comportamiento aunque no es el más difícil, es el más real.

Con estas puntuaciones es más sencillo aplicar los modelos antes vistos, ya que nosotros podemos separar ya sea por la experiencia del jugador, o por las facetas de la jugabilidad, en la siguiente imagen se muestra de que forma.

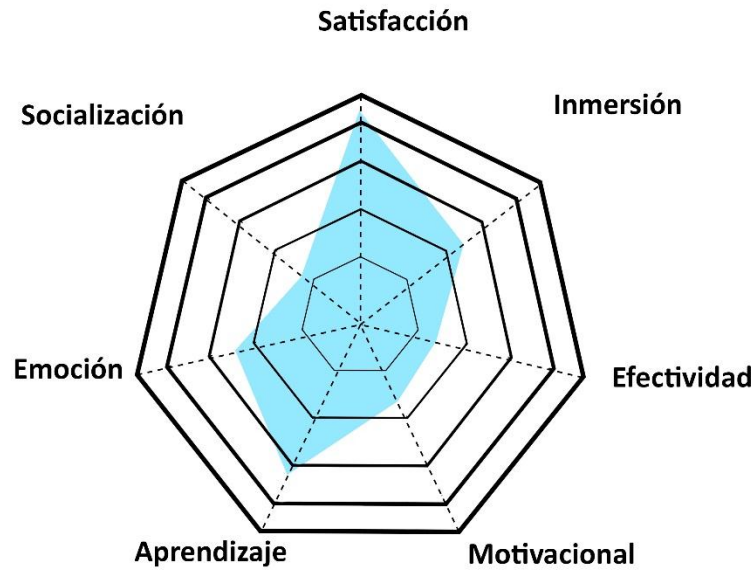


Figura 6.11 Evaluación de mecánicas por facetas sobre el juego base.

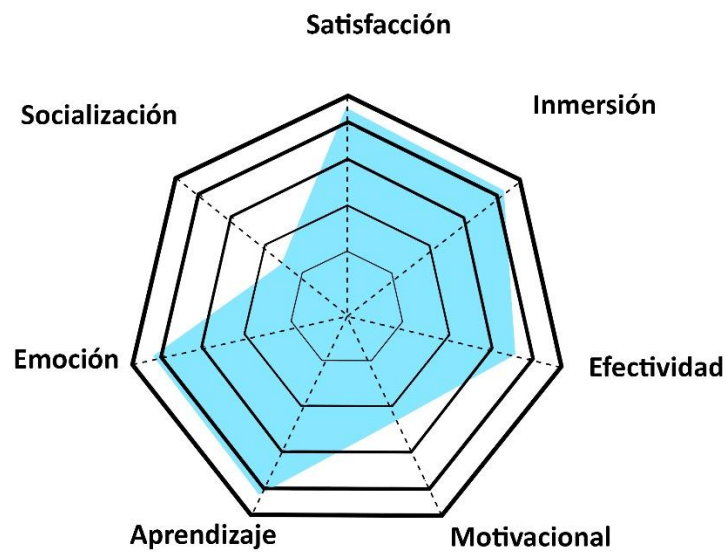


Figura 6.12 Evaluación de mecánicas por facetas sobre el juego persecución evasión.

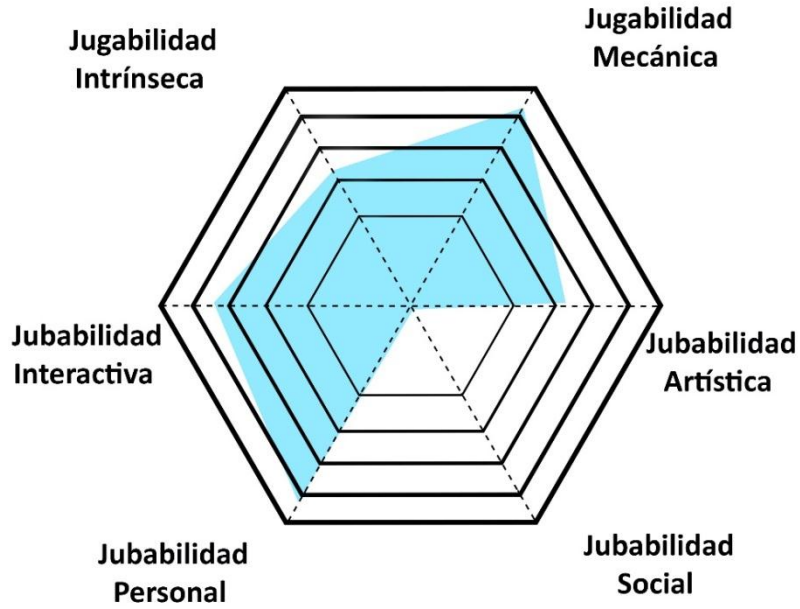


Figura 6.13 Evaluación de satisfacción la experiencia del jugador del juego base.

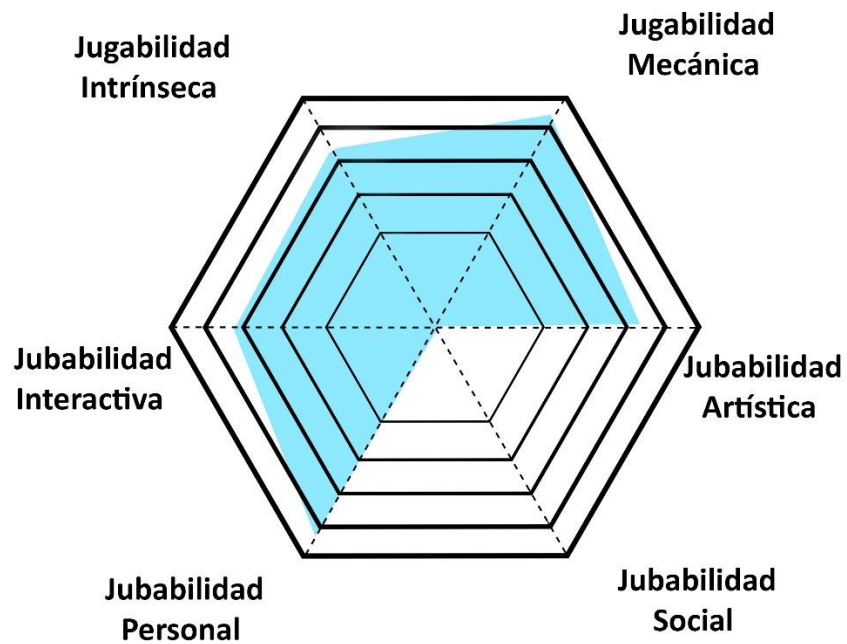


Figura 6.14 Evaluación de satisfacción la experiencia del jugador del juego persecución evasión.

Capítulo 7 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En esta tesis el concepto principal en el que nos hemos centrado es el de jugabilidad y todas las propiedades que esta implica, este concepto es abordado desde el punto de vista de los sistemas interactivos de entretenimiento; los videojuegos.

El principal objetivo de este trabajo de tesis, fue el de analizar cómo es que un cambio en una de las partes de un videojuego puede alterar drásticamente la jugabilidad que existe en él. En este documento hemos demostrado como la implementación de comportamientos en un videojuego es un claro ejemplo de ello.

En cuanto a la simulación de comportamiento refiere, esto tiene diversas aplicaciones, ya sea para crear animación de grupos de manera realista, animar caracteres virtuales o simulaciones en construcciones, con tan solo aplicar algunas reglas básicas.

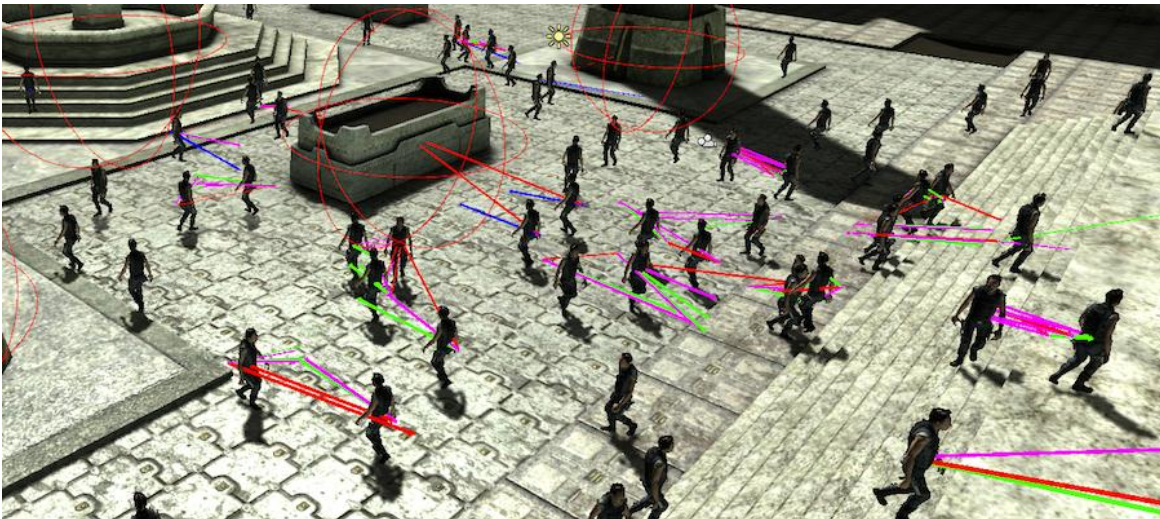


Figura 7.1 Simulación de población con múltiples algoritmos.

Con ello nos da pauta a que se pueden generar comportamientos mucho más complejos con la combinación de estas reglas, esto quiere decir que si se desea se puede obtener cualquier tipo de comportamiento.

En este tema aún quedan muchos aspectos en cuales se deben trabajar, actualmente el desarrollo de videojuegos busca incorporar cada vez mejores y nuevas técnicas de simulación para la representación de

caracteres o grupos virtuales, algunos de los temas de interés son la toma de decisiones, optimización en la distribución de personajes (spawners).

Por otro lado tenemos el concepto de jugabilidad, de la cual se presenta un modelo con sus diferentes propiedades para su fácil medición, y un marco conceptual con el cual podemos identificar fácilmente los elementos principales que se denomina Facetas de la jugabilidad.

El concepto de jugabilidad tiene una gran serie de subdivisiones como lo mencionamos en el trabajo realizado, aún bastante trabajo que realizar ya que cada día surgen nuevos y mejores dispositivos, técnicas, las cuales requieren un nuevo ajuste a los términos que utilizamos.

Dentro del trabajo a realizar a futuro, partiendo de los comportamientos podemos afirmar que una parte interesante en desarrollar sería la toma de decisiones, para que los caracteres tengan mayor autonomía, otra de las cosas en que trabajar es el comportamiento el caracteres que representen seres humanos, puesto que, aunque es relativamente sencillo simular el comportamiento para animales, no siempre lo es para humanos, un ejemplo es la simulación de muchedumbre.

Hoy en día juegos como Grand theft auto, Watchdogs tienen mucha popularidad en el mercado por el gran abanico de posibilidades que se pueden realizar dentro del juego, caminando por la ciudad podemos ver a la gente caminar autónomamente.



Figura 7.2 Juego Watch Dogs con perfiles individuales y características únicas en los personajes.

De la misma manera el trabajo a realizar en la investigación sobre la jugabilidad es bastante amplio, se deben considerar nuevas métricas para los juegos que tienen división de multijugador, ya que la experiencia puede ser muy diferente al ser individual o colectiva.

Desarrollar mecanismos que permitan la adaptación y personalización según el perfil de jugador, adaptándolo a las necesidades para mejorar la jugabilidad, para así adaptar la dinámica del juego o la interfaz.

Con tecnología cada vez más novedosa, es necesaria la actualización para un ajuste en las métricas, ya que ahora lo que se busca principalmente, es la mayor inmersión posible en los juegos.

Capítulo 8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fernández, N. (2016). Historia de los videojuegos. [Online] Fib.upc.edu. Available at: <http://www.fib.upc.edu/retro-informatica/historia/videojocs.html> [Accessed 8 Feb. 2016].
- [2] Brian Schwab, *AI Game Engine Programming*, Charles River Media, 2004.
- [3] Stuart Russell, Peter Norving, *Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno*, Prentice Hall, 1996
- [4] C. Martínez, D. (2016). *Inteligencia Artificial en Videojuegos*. [online] dirinfo. Available at: http://www.dirinfo.unsl.edu.ar/static/Charla_IA.pdf [Accessed 8 Feb. 2016].
- [5] Tintaimpresadigital.blogspot.mx, (2013). *Inteligencia Artificial en los Sims 3*. [Online] Available at: <http://tintaimpresadigital.blogspot.mx/2013/03/inteligencia-artificial-en-los-sims-3.html> [Accessed 8 Feb. 2016].
- [6] Razonartificial.com, (2010). *Introducción a la IA en los juegos*. [Online] Available at: <http://razonartificial.com/2010/10/introduccion-a-la-ia-en-los-juegos/> [Accessed 8 Feb. 2016].
- [7] John McCarthy: *What is Artificial Intelligence?* November 2007. Stanford University.
- [8] *AI Game Programming Wisdom I-IV*, Steve Rabin (Nintendo of America)
- [9] Beer R. D. *Intelligence as Adaptive Behavior: Experiments in Computational Neuroethology*. New York: Academic Press, 1990.
- [10] Brogan D. C. and Hodgins J. K. *Group behaviors for systems with significant dynamics*. In *Autonomous Robots*, 137-153, 1997.
- [11] Cliff Dave and Miller Geoffrey. *Co-Evolution of Pursuit and Evasion II*:

Simulation Methods and Results, From Animals to Animats 4: Proceedings of the Fourth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior (SAB96), Maes, Mataric, Meyer, Pollack, and Wilson editors, ISBN 0-262-63178-4, MIT Press, 1999

[12] Hernández V. Xochitl and Sánchez L. A. Group behaviors in complex environments using PRM techniques, 5th International Symposium on Robotics and Automation (ISRA) ISBN 970-769-070-4, August 25-28, pp. 559-564, 2006.

[13] Hodgins Jessica and Brogan David, Robot Herds: Group Behaviors for Systems with Significant Dynamics, Proceedings of the 4th International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems (Artificial Life IV), Brooks and Maes editors, MIT Press, Cambridge, MA, pages 319-324, 1994.

[14] Hubbard Philip. Approximating Polyhedra with Spheres for TimeCritical Collision Detection, ACM Transactions on Graphics, 15(03), pages 179-210, 1996.

[15] Isaacs Rufus. Differential Games: A Mathematical Theory with Application to Warfare and Pursuit, Control and Optimization, John Wiley and Sons, New York, 1965.

[16] Mitchell M., Forrest S. Genetic Algorithms and Artificial Life, 1993.

[17] Ray T. S. An Evolutionary Approach to Synthetic Biology, Zen and the Art of Creating Life, ATR Human Information Processing Research Laboratories, Jápon, 1993.

[18] Reynolds, C. Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model. In Proceedings of SIGGRAPH'87 (Anaheim, Calif., July 27-31). ACM Press, New York, pp. 25-34

[19] Sánchez T. Josué, Sánchez L. Abraham, Rodriguez C. Miguel, Hernández V. Xochitl and García L. Gerardo. RMP3D: A multipurpose platform for motion planning, Journal Research in Computing Science, Vol. 20, pp. 167-178, 2006.

- [20] Tu X. Artificial Animals for Computer Animation: Biomechanics, Locomotion, Perception, and Behavior. PhD dissertation, Department of Computer Science, University of Toronto, 1996.
- [21] Abran, A., & others. (2003). Usability Meanings and Interpretations in ISO Standards. *Software Quality Journal*, 11 (4), 325-338
- [22] Anderson, J. (2005). Tennis for two the story of an early computer. Recuperado el 2009, de pong Story: <http://www.pong-story.com/1958.html>
- [23] Rollings, A., & Adams, E. (2003). Andrew Rolling and Ernest Adams on Game Design. *New Riders Games*
- [24] Usability-First. (2009). Usability First. Recuperado el 2010, de playability Definition: <http://www.usabilityfirst.com/glossary/playability>
- [25] Nacke, L., & others. (2009). Playability and Player Experience Research. En *Breaking new ground: Innovation in games, Play, practice and theory: Proceedings of the 2009 digital games research Association Conference*. London: Brunel University
- [26] Gardner, H. (1995). *Inteligencias Múltiples. La teoría en la práctica*. Ed paidós.
- [27] Crawford, C. (1984). *The art of computer game design*. Berkeley, California: McGraw-Hill/Osborne Media.
- [28] Lazzaro, M. (2008). The four fun key. En *G.U. Experience*, Morgan Kaufmann.
- [29] Norman, D, A. (2004). *Emotional design: Why we love (or hate) Everyday things*. New york:: Basic books.
- [30] González Sánchez, J. and Gutiérrez Vela, F. (2010). *Jugabilidad Caracterización de la Experiencia del Jugador en Videojuegos*. Doctorado. Universidad de Granada.