

**UNIVERSIDAD
PANAMERICANA**
Campus Bonaterra
Escuela de Ingeniería

ESTRATEGIA DE DIFICULTAD ADAPTATIVA PARA UN VIDEOJUEGO DE DOS JUGADORES

Tesis que presenta

**VÍCTOR MANUEL
ÁLVAREZ PATO**

Para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS

Con reconocimiento de validez oficial de
estudios de la Secretaría de Educación
Pública según acuerdo número
2007574 con fecha 29 de junio de 2007.

Director de tesis
Dr. Carlos Delgado Mata

Aguascalientes, Ags., agosto de 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios, en primer lugar.

A mis padres, por muchas razones.

A Javier Arena (q.e.p.d.) y Carlos Magaña por su invaluable ayuda en el reclutamiento de voluntarios.

Al Dr. Carlos Delgado por dirigir la tesis y darme la oportunidad de participar en este tema de investigación.

Al Dr. Ramiro Velázquez por su asesoría en la publicación y exposición de los artículos asociados a la tesis.

A todos los que probaron el videojuego, que tantas horas de programación costó.

A quienes pudiendo hacerlo no pusieron obstáculos, porque mucho ayuda el que no estorba.

CONTENIDOS

Introducción	3
Capítulo 1: Planteamiento del problema	
1.1 Antecedentes	5
1.2 Problematización	7
1.2.1 Ganancias y pérdidas	7
1.2.2 Juegos violentos y juegos educativos	9
1.2.3 Adicciones / Sociabilidad	15
1.3 Objetivo	17
1.4 Justificación	17
Capítulo 2: Marco Teórico	
2.1 El ocio y el juego	18
2.2 Tipos o géneros más comunes en la actualidad.....	22
2.3 El concepto de flujo en Psicología	24
2.4 Estrategias para adaptación de dificultad en videojuegos	27
2.5 Lenguajes y herramientas de programación	30
2.6 Sistemas de control y controladores PID	32
2.7 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	34
Capítulo 3: Metodología	
3.1 Diseño de la investigación	37
3.2 Población y muestra	38
3.3 Instrumentos y técnicas de análisis	39
Capítulo 4: Proyecto de intervención	
4.1 Descripción del proyecto	40
4.2 Diagnóstico	40
4.3 Estrategias	41
4.4 Diseño del experimento	44
Capítulo 5: Resultados	
5.1 Resultados subjetivos	49
5.2 Resultados objetivos	53
5.3 Conclusiones	56
Bibliografía	59
Anexo 1: Cuestionario previo	63
Anexo 2: Cuestionario de percepción del jugador	64

INTRODUCCIÓN

Más allá de la polémica en la cual suelen verse involucrados, los videojuegos pueden ser una herramienta útil para el aprendizaje y la interacción social. Para sacar ventaja de estas posibilidades, es necesario orientar el diseño de videojuegos hacia objetivos que trasciendan —sin necesidad de hacerlo a un lado— su valor puramente comercial.

La intención del trabajo que aquí se presenta es modificar un tipo de videojuego muy común, añadiéndole un algoritmo de ajuste automático que consiga balancear las habilidades de dos jugadores simultáneos, para que ambos se enfrenten a un reto adecuado a su capacidad y no experimenten la ansiedad que provoca competir contra un oponente muy superior, ni el desinterés que produce el ocuparse en una actividad que no representa ningún desafío.

Este tipo de algoritmos de ajuste puede aumentar la capacidad socializante de los videojuegos, haciendo más agradable el jugar contra otras personas y convivir con ellas utilizando como excusa estos programas, habitualmente relacionados con el aislamiento y la enajenación.

La investigación reportada en esta tesis se concentró en implementar un algoritmo concreto y observar sus efectos en la dinámica del juego, así como en el ánimo de los participantes. Esto se consiguió invitando varias parejas de voluntarios a jugar uno contra otro un videojuego con ajuste automático, que continuamente registraba las diferencias entre los jugadores, además de la magnitud de los cambios producidos por el algoritmo de ajuste. Después se pidió a cada participante llenar una encuesta para conocer su apreciación subjetiva del juego.

En el primer capítulo se hace una breve reseña de la historia de los videojuegos y se analiza a grandes rasgos el impacto social que tienen en la actualidad. También se da a conocer el objetivo y razón de ser de la investigación.

Posteriormente, para comprender mejor el trabajo realizado, se ofrece un marco teórico en el capítulo 2, donde se explican los tipos y géneros más comunes asociados a la industria del videojuego, así como algunos conceptos clave.

Los rasgos principales del diseño de la investigación, junto con otros detalles, como el tipo de población a considerar y los instrumentos de análisis utilizados, pueden encontrarse en el capítulo 3.

El capítulo 4 describe las partes del proyecto: el diagnóstico previo, las estrategias a seguir y la planeación de los experimentos.

Finalmente, los resultados y conclusiones se incluyen en el capítulo 5.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

A continuación se muestra una línea cronológica no exhaustiva sobre la historia de los videojuegos, refiriéndonos con este término a todo tipo de juegos electrónicos, independientemente de su soporte físico, pues la distinción entre el concepto de videojuego —aquél que se juega en máquinas o consolas especializadas— y el concepto juego de computadora, a pesar de utilizarse con cierta frecuencia, no es relevante para esta tesis.

1947 Thomas T. Goldsmith y Estle Ray Mann solicitan una patente para su “dispositivo para entretenimiento a partir de un tubo de rayos catódicos” [1], un aparato analógico que permitía al usuario disparar un misil a ciertos objetivos fijos en la pantalla.

1951 Ralph Baer, ingeniero en una compañía fabricante de televisores, propuso integrar juegos en los televisores comunes, sin embargo la idea fue rechazada por la compañía. Aún así, Ralph Baer es frecuentemente reconocido como el inventor de los videojuegos [2]. Años después, Baer retomaría la idea para construir algunos de los primeros prototipos para videojuegos.

1952 A.S. Douglas crea el primer juego gráfico para computadora como parte de su tesis doctoral en la Universidad de Cambridge: el tradicional juego de gato, proyectado con ayuda de un tubo de rayos catódicos [2].

1958 Un físico del Laboratorio Nacional de Brookhaven en Estados Unidos, William A. Higinbotham, utilizó una computadora analógica para calcular la trayectoria de una pelota y mostrarla en la pantalla de un osciloscopio; dicha trayectoria podía ser controlada por un usuario a través de una perilla y un botón. El juego fue bautizado como *Tennis for Two*, y aunque tuvo muy buena aceptación por parte del reducido público que tuvo acceso a él, pronto fue desmantelado para reutilizar sus componentes [2].

1961 En la computadora central del Instituto Tecnológico de Massachusetts, Wayne Witanen, Stephen R. Russell y J. Martin Gretz desarrollaron *Spacewar!*, el primer juego interactivo para computadora [3].

1966 Ralph Baer diseña y construye el primer sistema de videojuegos que puede conectarse directamente a un televisor. Al ver el prototipo, la compañía donde trabajaba entonces le otorga fondos para continuar sus investigaciones y Baer consigue la primera patente para un videojuego y posteriormente crea el juego conocido como *Pong*.

1968 Fabricación de los primeros microprocesadores, que más tarde darán origen a las computadoras personales [4].

1972 Aparece *Odyssey*, la primera consola comercial para videojuegos, desarrollada por la compañía Magnavox con ayuda de Ralph Baer y comercializada en todo el territorio de los Estados Unidos [2].

1974 Se crea *Dungeons & Dragons*, un juego de mesa que posteriormente fungirá como modelo para videojuegos de rol y de aventuras [4].

1976 *Channel F* es la primera consola en utilizar cartuchos para almacenar programas [3], pero apenas un año después, Atari entra al mercado de consolas para entretenimiento casero con el *Atari VCS*, también conocido como *Atari 2600*, llegando a acaparar un 75% del mercado para 1981 [5].

1977 Se comercializan varios tipos de computadoras personales, llevando la computación de las universidades e industrias a los hogares. Probablemente la mejor conocida sea la *Apple II*, de Steve Jobs y Steve Wozniak,[6] que tuvo una vasta influencia en los juegos de computadora [7].

1983 Nintendo presenta en Japón su consola de 8 bits *Famicom* (apócope de *Family Computer*) que fue conocida en Estados Unidos como *Nintendo Entertainment System* (NES) y causó una revolución dentro de un mercado americano de videojuegos, en decadencia a causa de la superabundancia de títulos de mala calidad. Se puede afirmar que además de una gran popularidad, tuvo un papel importante en el resurgimiento de la industria [8].

1989 Nintendo inaugura una nueva era en videojuegos portátiles con el sistema *GameBoy* e incluye en el paquete original el juego *Tetris*. Ambos fueron factores importantes para atraer adultos a los videojuegos: la portabilidad del *GameBoy* permitía jugar en cualquier lugar, mientras que *Tetris*, con un conjunto de reglas abstractas pero simples, no requería grandes inversiones de tiempo para jugarlo [9].

1992 Surge la *World Wide Web*. Aunque anteriormente ya existían juegos en línea, es a partir de este suceso que se vuelven accesibles al gran público [10].

1993 Por iniciativa de los senadores estadounidenses Joseph Lieberman y Herbert Kohl, quienes identificaron el incremento de violencia en los juegos publicados como un problema relevante en términos de políticas públicas, se presiona a la industria de los videojuegos para que instituya un sistema de calificación que permita a los padres de familia tomar decisiones conscientes sobre los juegos que pueden jugar sus hijos. Así se crea al año siguiente la Junta de Clasificación para Software de Entretenimiento (ESRB por sus siglas en inglés) [11].

1995 Sony pone a la venta su primera consola *PlayStation*, compitiendo directamente con el *Nintendo 64* que aparece poco después, ambas muestran una capacidad de procesamiento de gráficas tridimensionales —del orden de cientos de miles de polígonos por segundo— que desplaza a las consolas disponibles hasta ese momento [12].

1996 Lanzamiento del juego *Crash Bandicoot*. Uno de sus desarrolladores, Andy Gavin, menciona el uso de ajuste dinámico de dificultad en la programación del juego [13], término relativamente nuevo, aunque estrategias similares ya se habían empleado anteriormente.

1997 La empresa Nokia incluye en sus nuevos teléfonos un juego sencillo titulado *Snake*, lo que comienza una lucrativa industria de juegos para teléfonos celulares [14].

1.2 Problematización

1.2.1 Ganancias y pérdidas

Según reportes de la Asociación de Software para Entretenimiento (ESA por sus siglas en inglés), los consumidores gastaron cerca de 25,100 millones de dólares y compraron alrededor de 257 millones de videojuegos durante el 2010, solamente en Estados Unidos, y no ha sido el año de mayores ventas en esta década. Estos números han tenido un crecimiento casi constante desde el año 2000 hasta ahora, como puede apreciarse en la Figura 1.1 [15].

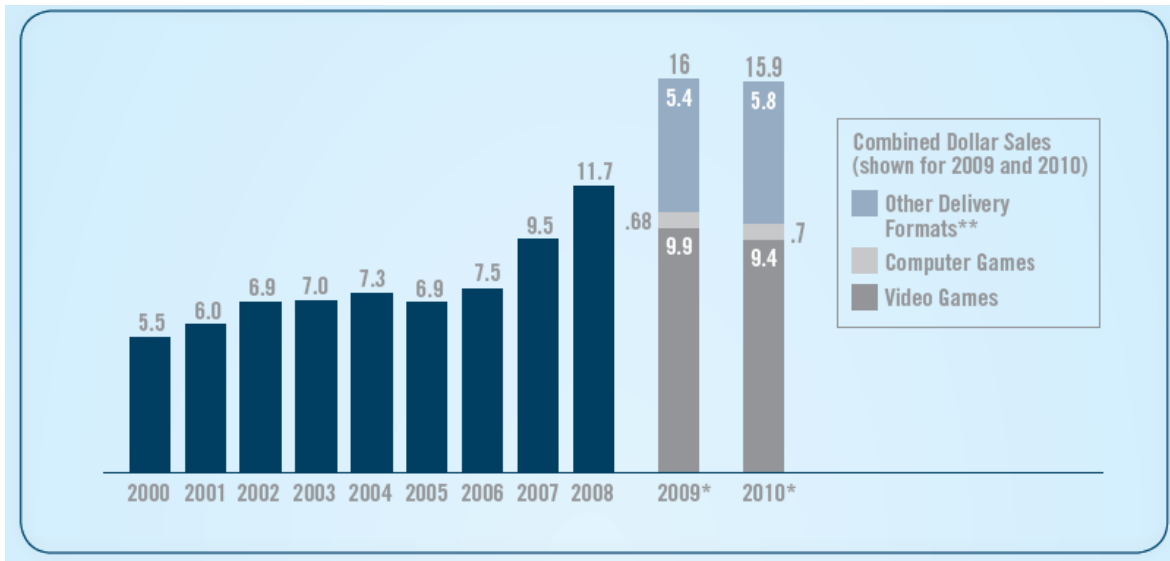


Figura 1.1. Ventas anuales de videojuegos en Estados Unidos

Estos números nos dan una idea del estado en que se encuentra actualmente la industria del videojuego, misma que es comúnmente comparada en ganancias con Hollywood [16]. Otra característica común a ambas industrias es el problema de la piratería. Aunque por su misma configuración los videojuegos tienen mayores posibilidades de adaptar protecciones antipiratería que una película en DVD (por ejemplo) y han desarrollado estas técnicas desde que empezaron a ser comercializados, su eficacia siempre ha sido relativa [17].

Por citar un ejemplo, la primera consola de Nintendo tenía un circuito integrado que impedía el funcionamiento de cualquier juego no autorizado por la corporación, lo que le permitía tener un control sobre la calidad, los contenidos y la venta de cartuchos. A pesar de esto, no faltaron compañías que encontraron el modo de inutilizar este candado para publicar juegos no autorizados por Nintendo [8].

Existen muchas personas con la capacidad técnica suficiente para pasar por encima de esas barreras impuestas por los fabricantes, dispuestas a dedicar todo el tiempo necesario para romper las protecciones sin más motivación que el mismo reto que representa la hazaña y el orgullo de publicarla, revendiendo los programas o regalándolos a través de internet, en ocasiones incluso antes de su lanzamiento oficial. Eso sin contar que la piratería también puede convertirse en negocio, uno capaz de arrojar dividendos importantes con la aplicación de estas mismas técnicas.

Es difícil cuantificar las pérdidas totales causadas a la industria del software para entretenimiento. Aunque empresas y asociaciones relacionadas dan cifras aproximadas, éstas suelen ser tendenciosamente inexactas [18]. Incluso se ha llegado a argumentar que el acceso gratuito a contenido protegido por derechos de autor tiene un efecto promocional. En teoría, esto ocasiona que grupos de personas a los que no llega la publicidad “oficial” conozcan el producto y eventualmente terminen pagando por él, con el consiguiente aumento en las ventas. Como es de esperarse, estudios realizados por instituciones externas muestran que el balance sigue siendo contrario al desarrollo económico.

Un cálculo conservador estima que las pérdidas totales a causa de la piratería en Estados Unidos excedieron los 25,000 millones de dólares en 2005 y llegaron cerca de los 17,000 millones en otras regiones [19].

Con independencia de su exactitud, los números mostrados justifican una evidente preocupación por parte de la industria, dado que la producción de videojuegos emplea a muchas personas e impulsa una economía que requiere grandes inversiones en trabajadores calificados así como en desarrollo tecnológico [15].

Para combatir la piratería, las asociaciones de productoras de videojuegos suelen tomar dos caminos: desarrollar tecnología de protección y mejorar las técnicas de encriptación de software y/o hacer cabildeo con gobiernos de distintos países con la intención de que éstos procedan legalmente en contra de los *crackers* (como se conoce a los individuos que inutilizan las protecciones) y los distribuidores de productos piratas. También se han propuesto otras soluciones menos trilladas, como cambiar el modo de venta: hoy en día se pueden encontrar diversos sistemas para descarga de videojuegos en línea, patrocinados por los mismos fabricantes. En cualquier caso, no parece que en un futuro cercano estas medidas sean capaces de reducir significativamente el problema, mucho menos de resolverlo [17].

1.2.2 Juegos violentos y juegos educativos

La violencia en los videojuegos ha causado polémica desde 1976, año en el que apareció el juego *Death Race*, donde el objetivo del jugador era atropellar figuras de palo que representaban peatones [3].

No es difícil encontrar en la prensa artículos que vinculan crímenes perturbadores con la utilización de videojuegos por parte de quienes los cometen. Especialmente notable es el ejemplo de la serie de matanzas que han ocurrido en los Estados Unidos a manos de muchachos en edad escolar, en los que se suponen los videojuegos como causa directa de estos comportamientos, [20] sin embargo, los resultados de investigaciones recientes no parecen apoyar esta teoría, (un estudio del servicio secreto estadounidense muestra que sólo un 12% de este tipo de homicidas denotaba interés en videojuegos violentos [9]) aunque es comprensible que su difusión afecte negativamente la opinión pública.

Se han llevado a cabo varios estudios sobre la correlación entre videojuegos violentos y comportamiento agresivo en niños, pero los resultados no han sido del todo concluyentes. Si bien hay cierto consenso entre los investigadores en el hecho de que los niños que interactúan con videojuegos violentos muestran comportamientos agresivos e insensibilidad hacia la violencia durante un tiempo, los efectos a largo plazo no están completamente claros aún [21]. En cualquier caso, desafortunadamente se hace mayor énfasis en los efectos de los videojuegos que en el importante papel que los padres deben desempeñar en la educación de sus hijos, estando disponibles y cercanos a ellos. El apoyo de los padres puede ser decisivo en situaciones en las que los niños presencian o son víctimas de actos violentos (tiroteos, secuestros, e incluso violencia intrafamiliar) para ayudarlos a lidiar con el trauma [21]. Si los padres pueden ayudar a contrarrestar las consecuencias de altos grados de violencia, sin duda podrán influir crucialmente o nulificar —según su grado de dedicación— los efectos que pueda tener la violencia mostrada en los medios de comunicación sobre sus hijos.

En general, los videojuegos incluyen una clasificación aportada por la ESRB, que si bien no cumple con las expectativas de todos los consumidores, ofrece cierta orientación a los padres sobre el contenido de los videojuegos: a qué tipo de público va orientado, si incluye representaciones gráficas de violencia, uso de drogas, etc.

Por otro lado, existe la creencia de que la violencia vende y esto ha fomentado su inclusión en los videojuegos desde los inicios de la industria. Aún así, no faltan ejemplos de personas y compañías que han intentado seguir otros caminos, a veces con gran éxito. Podemos citar el ejemplo del juego *Donkey Kong*, de Nintendo, que tuvo ventas por más de \$100 millones de dólares el mismo año en que salió al mercado, no obstante el hecho de no mostrar bombas ni misiles [9]. Esto nos muestra que los videojuegos no necesitan ser violentos para llegar a grandes públicos, pueden tratar temáticas y mecánicas muy

variadas, pero pocas veces las compañías se atreven a tomar el riesgo de experimentar con ellas, especialmente si hay grandes presupuestos de por medio.

Dejando de lado el tema de la violencia, parece haber una relación más clara entre el mal uso de los videojuegos y un deficiente aprovechamiento escolar en todos los niveles. Se puede observar en jugadores habituales, especialmente niños, una clara falta de interés en el mundo real. Un juego ofrece una serie de características que pueden hacerlo más atractivo que las relaciones interpersonales y las experiencias reales: metas y reglas claras, retroalimentación inmediata y participación voluntaria [22]. Antropólogos especializados en el tema de la influencia tecnológica en el comportamiento familiar, se dieron a la tarea de grabar en video lo que sucede en hogares norteamericanos de clase media y encontraron que cuando el padre llega a casa, los niños están tan absortos en sus juegos electrónicos, que habitualmente ignoran su saludo. Frente a esta dificultad para comunicarse, los padres finalmente optan por renunciar a sus intentos.

Así mismo, la adicción a los videojuegos puede provocar a los adolescentes serios estragos en el ámbito académico. No es extraño que en el estado de enajenación que llega a producir el juego, los jóvenes olviden fácilmente sus responsabilidades y olviden sus tareas o exámenes, o que se desvelen jugando hasta altas horas de la madrugada, lo que ocasiona que pierdan clases al día siguiente por no despertar a tiempo. Incluso se ha notado una disminución del interés por el sexo opuesto: en reuniones donde hay chicas y videojuegos, los muchachos llegan a optar por estos últimos de manera exclusiva [23].

Evidentemente, no todas las consecuencias de interactuar con videojuegos son negativas. Más allá de ciertas ventajas comúnmente relacionadas con los videojuegos, como el mejorar la coordinación psicomotriz y aliviar la tensión, el estudio del fenómeno social que representan los videojuegos revela otras posibilidades. A pesar de que no suelen contar con grandes presupuestos, muchos desarrolladores siguen trabajando en juegos que tengan un impacto positivo tanto en los jugadores como en la sociedad entera.

Existen videojuegos con propósitos de diversos tipos: activismo político, concientización sobre problemas globales, educación infantil, rehabilitación o incluso investigación científica.

Como expresa la socióloga Jane McGonigal en su libro *Reality is Broken*, el estudio de los juegos en general puede reportar valiosos conocimientos para mejorar muchos aspectos

de la vida diaria: el trabajo, las relaciones sociales y la educación, entre otras. Citaremos ahora algunos ejemplos de juegos cuyos efectos positivos han sido observados y documentados.

Digital Zoo: Un grupo de muchachos de secundaria fue invitado a interactuar con este juego realizado por Gina Svarovsky en la Universidad de Wisconsin, que consiste en crear la simulación de un objeto que camine, construyéndolo a partir de elementos sencillos: resortes, barras y uniones con peso, sometidas a la fuerza de gravedad.

Después de algunas horas de juego y varios intentos fallidos, los participantes pudieron construir estructuras equilibradas y capaces de moverse por sí solas. El estudio buscaba determinar qué aprendieron durante el proceso y de qué manera: al final del estudio, los muchachos fueron capaces de aplicar y definir conceptos como “centro de masa”, mismo que pertenece comúnmente a programas de estudios universitarios. También adquirieron otros conceptos que posteriormente utilizaron adecuadamente para resolver problemas de Física con una claridad que no tenían al comienzo del estudio [24]. También adquirieron un vocabulario especializado que, aún cuando más adelante no se dediquen a la ingeniería, les servirá para formar parte de equipos multidisciplinarios, donde muchas veces el léxico constituye un obstáculo para la comunicación.

Gee [25] también había mencionado con anterioridad esta aptitud de los videojuegos para introducir al jugador en lo que él llama “dominios semióticos” o áreas de alfabetización. Es decir, que aún juegos privados de un contenido evidente, aportan al jugador una serie de categorías mentales, enseñándole a experimentar el mundo de formas nuevas, interactuar con otras personas que comparten el mismo dominio semiótico y preparándolo para futuros aprendizajes. De esta manera, se concluye que los videojuegos propician y requieren el aprendizaje. Aunque no todos ellos enseñan algo positivo, depende de los diseñadores de juegos el explotar esta característica para bien.

Day in the Cloud: Virgin America y Google Apps desarrollaron este juego que saca provecho de un sofisticado sistema de entretenimiento instalado en los aviones de Virgin. Este sistema incluye chat entre asientos y mensajería instantánea, un mapa de Google en tiempo real que muestra la localización, velocidad y altitud del avión, así como acceso inalámbrico a internet para dispositivos móviles.

Una vez que el avión alcanza su altitud de crucero, los pasajeros pueden acceder al juego, que consiste en una serie de acertijos y desafíos creativos que deben completarse antes de que el avión comience a descender. Esta serie de retos está diseñada para que sea virtualmente imposible que una persona pueda completarlos sola durante el vuelo. Además, todos los pasajeros de un vuelo compiten contra los de otro que viaja en la misma ruta, pero en sentido contrario, cuando ambos aterrizan, el avión con mayor puntaje gana. De este modo se motiva a los pasajeros a trabajar en conjunto.

La intención de este juego es hacer más agradable la experiencia de viajar en avión, que puede ser sumamente difícil para viajeros frecuentes, personas con dificultad para dormir durante el viaje o con miedo a volar. Aunque el juego se implementó solamente a manera de prueba, los comentarios de los participantes hacen pensar que el objetivo se consiguió: otorgar a los pasajeros una motivación intrínseca (a diferencia de otorgar puntos a viajeros frecuentes, que es una recompensa extrínseca) para viajar. También sirve para mostrar cómo un juego puede hacer más agradable una experiencia en la vida real [22].

Foldit: Las proteínas son componentes básicos de todo organismo vivo y están constituidas por una larga cadena de aminoácidos, que puede plegarse de muy distintas formas, que están directamente relacionadas con la función que desempeña la proteína.

Enfermedades como la de Alzheimer, la fibrosis quística y algunos tipos de cáncer están asociadas a ciertas clases de proteínas que por alguna razón llegan a quedar incorrectamente plegadas. Es por eso que los científicos están interesados en conocer exactamente cómo se pliegan las proteínas y así poder evitar errores en el proceso. Dado el número casi infinito de formas en que puede plegarse una sola proteína, se requiere muchísimo tiempo para poder probar cada una de las formas potenciales.

Algunos programas computacionales pueden simular todas las formas posibles de una proteína, pero les llevaría cerca de treinta años probar todas las combinaciones de una sola proteína, cuando el cuerpo humano cuenta con cerca de 100,000.

Es por esto que un equipo de médicos, ingenieros y desarrolladores de juegos crearon un juego llamado *Foldit*, (ver Figura 1.2) donde los jugadores manipulan proteínas virtuales en un entorno tridimensional plegándolas de distintas maneras para aprender qué configuraciones de la proteína en cuestión son más adecuadas para desempeñar una función en particular.

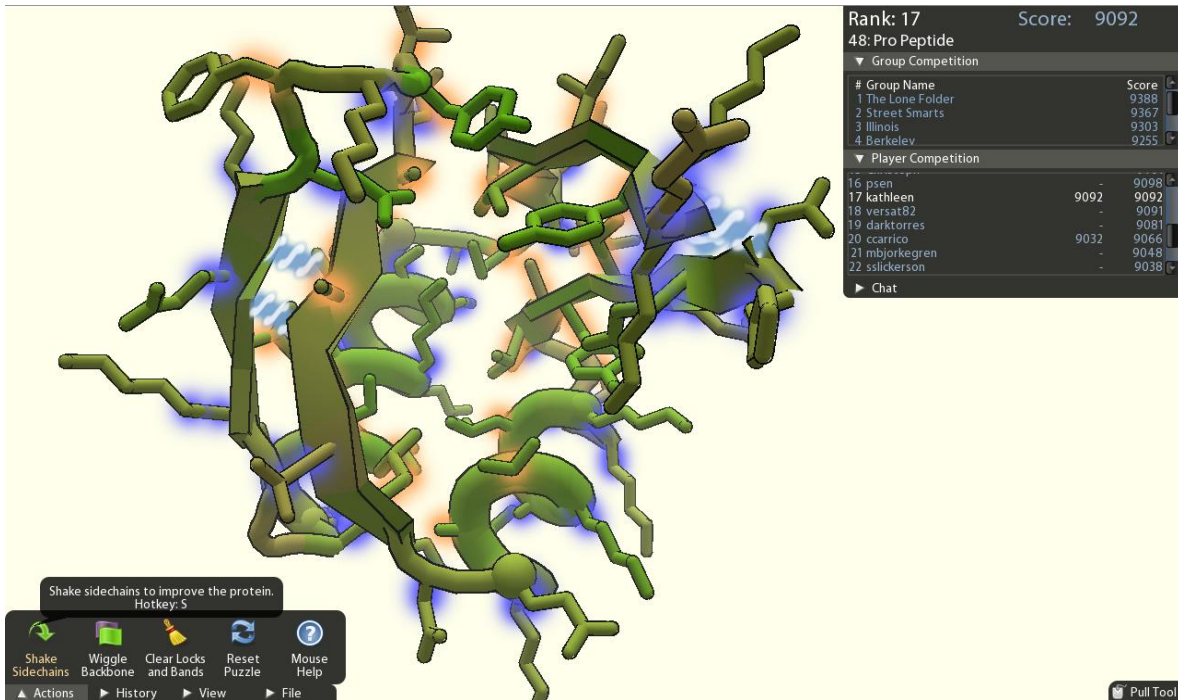


Figura 1.2. Imagen del juego *Foldit*, obtenida en <http://fold.it/portal/info/science>

A dieciocho meses de su aparición, el juego había atraído más de 112,700 jugadores, la mayoría de los cuales tenían poco o ningún conocimiento anterior sobre el tema. En 2010, el equipo desarrollador tuvo su primer logro significativo: en una serie de diez competiciones, los jugadores vencieron en cinco ocasiones a los algoritmos más sofisticados empleados hasta el momento y empataron en tres. De este modo se pudo concluir que la intuición de los jugadores puede competir con las capacidades de una supercomputadora. A partir de entonces, se han publicado varios artículos científicos con base en la información obtenida por el conjunto de científicos y jugadores participantes [22].

Todo esto ejemplifica cómo un videojuego puede ayudar al desarrollo científico y más importante aún, propiciar y coordinar el esfuerzo de miles de personas para alcanzar un objetivo útil para la humanidad.

Virtual Reality Medical Center: este centro médico localizado en San Diego, California utiliza simulaciones tridimensionales por computadora junto con sistemas de monitoreo fisiológico para tratar desórdenes psicológicos asociados con pánico y ansiedad. Se han tratado fobias específicas como agorafobia y claustrofobia, pánico escénico, miedo a volar y ciertos casos de síndrome de estrés postraumático relacionados con accidentes de

tráfico, con un 92% de éxito a lo largo de 5,000 sesiones de terapia [26]. Aunque en el tratamiento seguirá siendo indispensable la presencia del terapeuta, las simulaciones han mostrado ser una herramienta sumamente útil y controlable. No se puede decir que estas simulaciones sean videojuegos con toda precisión, sin embargo, el Dr. Mark Wiederhold, cofundador del citado centro médico reconoce que los videojuegos también tienen más aplicaciones en medicina: distraer a los pacientes durante intervenciones dolorosas, facilitar procesos de rehabilitación y mejorar habilidades motoras, entre otras [26].

Darfur is Dying: un grupo de estudiantes de la Universidad del Sur de California desarrollaron este videojuego, que posiciona al jugador en la perspectiva de un refugiado darfuriano desplazado. El primer objetivo es dejar el campamento para ir a buscar agua a cinco kilómetros en un desierto patrullado por milicias armadas. Si el personaje logra sobrevivir este nivel, puede ayudar al campamento a construir albergues o cosechar alimento. Una vez que el campamento se ha establecido exitosamente el juego no termina, pues un campamento saludable atrae asaltantes. El jugador debe entonces reconstruir el pueblo tras los ataques, seguir buscando agua y mantener controladas las enfermedades. El juego permite al jugador experimentar sin riesgos las contrariedades de un refugiado en Darfur, pero estando estrechamente relacionado con personas y eventos reales, que sacuden la comodidad del espectador. También invita al jugador a escribir al presidente o al congreso de Estados Unidos y le ofrece la posibilidad de provocar un efecto tangible en la situación real [27]. Este tipo de juegos tienen la intención de hacer pensar a los jugadores o fomentar la discusión, especialmente en casos donde experimentar la realidad directamente puede resultar peligroso.

1.2.3 Adicciones / Sociabilidad

De acuerdo a los reportes de prensa, Lee Seung Seop, sudcoreano de 28 años, murió después de haber dedicado cerca de cincuenta horas ininterrumpidas a jugar un popular MMORPG [4], supuestamente a causa de una falla cardiaca debida al agotamiento [28]. Tal parece que este joven fue despedido previamente, debido a que con cierta frecuencia faltaba al trabajo para jugar videojuegos. A pesar de no ser tan frecuentes, casos como éste se vuelven cada vez más conocidos gracias a la cobertura de la prensa.

No obstante, otras actividades comúnmente apreciadas como mucho más saludables —ya sea practicar un deporte [29], o incluso beber agua— han sido causa directa de muerte. Por citar sólo un caso, Andrew Thorton, un inglés de 44 años, murió después de haber consumido cerca de 30 litros de agua en tres días, con la intención de aliviar su gingivitis [30]. Es evidente que la causa de muerte no está en el agua (o en los juegos) si no en el abuso que se hace de ellos.

Más preocupante es el problema de la adicción a los videojuegos, sobre la cual se ha documentado una mayor cantidad de casos, aunque este problema no es tan directamente imputable a los videojuegos en sí, como a los usuarios. No podemos suponer que haya personas completamente inmunes a este tipo de adicción, pero claramente, los videojuegos no son peligrosamente adictivos para la mayoría de los jugadores. Los videojuegos se diseñan con la intención de proveer experiencias intensas a través de un cuidado balance entre retos, logros y recompensas, pero es muy probable que haya una influencia importante de otros factores —depresión, ansiedad, etc.— en fenómenos de este tipo [31].

En cualquier caso, conviene aquí hacer mención de la templanza, virtud que consiste en regular los apetitos y los sentidos, sujetándolos a la razón, que “asume las necesidades de esta vida como norma para ponderar los placeres, proponiéndose el utilizarlos en la medida en que lo exigen las necesidades” [32], y cuyo ejercicio resulta indispensable en la prevención y desarraigo de adicciones de cualquier especie.

También se ha culpado a los videojuegos de atrofiar, o cuando menos evitar el desarrollo de la capacidad social, sobre todo en los jóvenes. Una vez más, atribuimos este comportamiento más a una falta de control individual que a una desventaja necesaria en los videojuegos. Por el contrario, Johan Huizinga dice: “Una comunidad reunida en torno al juego generalmente tiende a volverse permanente, aún después de que el juego ha terminado. Por supuesto, no todo juego de canicas ni toda reunión de bridge conducen a la fundación de un club. Pero el sentimiento de estar “juntos aparte” es una situación excepcional, de compartir algo importante, de retirarse en común del resto del mundo y rechazar las normas usuales, conserva su magia más allá de la duración del juego individual” [33], es decir que el juego en sus inicios es algo inherentemente social. Si bien esta característica se ha dejado de lado en ciertos videojuegos, no han faltado personas que busquen potenciarla en otros.

Tal es el caso de juegos como *Rock Band*, donde hasta cuatro jugadores simultáneos operan controles que simulan distintos instrumentos musicales para “tocar” y cantar una canción con ayudas que aparecen en pantalla.

1.3 Objetivo

La intención de nuestro trabajo es desarrollar una técnica de adaptación dinámica de dificultad en un videojuego competitivo para dos personas, implementarla en la programación de un videojuego real y posteriormente evaluar su efecto en los jugadores, en términos de flujo.

Se tomará como base un tipo de juego genérico: un laberinto donde cada jugador busca dispararle al otro la mayor cantidad de veces que sea posible. La estrategia de ajuste dinámico deberá abocarse a las características propias del género.

1.4 Justificación

Por una parte, el éxito económico de un videojuego comercial depende en buena medida de la experiencia que el jugador obtenga de él. Si el juego es capaz de aportar una experiencia de flujo, es mucho más probable que el jugador quiera continuar jugando y que recomiende el juego a otras personas, lo cual se reflejará en las ventas.

Si la intención del videojuego es transmitir una idea, ésta será reforzada por un mayor tiempo de exposición y el tiempo que un jugador dedica a un juego es directamente proporcional a la intensidad de la experiencia positiva obtenida de él. De modo que un estado de flujo también es deseable para programas de este tipo. También interesa mejorar la capacidad socializante de un juego para dos personas, balanceando las distintas habilidades de cada una y así lograr un juego más satisfactorio, tanto para el jugador novato como para el más experimentado.

Por otro lado, el tema de ajuste dinámico de dificultad ha sido poco tratado en la literatura académica, sobre todo en lo que se refiere a juegos no individuales. Es por eso que vemos en este trabajo una posibilidad de enriquecer, o cuando menos motivar, la investigación en dicha área, así como su aplicación.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En esta sección se exponen una serie de conceptos con los que es necesario estar familiarizados para comprender los objetivos y resultados del presente trabajo.

2.1 El ocio y el juego

El estudio de estos dos conceptos no es nuevo. Aristóteles, en la *Ética a Nicómaco*, se muestra de acuerdo con Anacarsis diciendo que “parece correcto divertirnos de modo que podamos participar en trabajos serios, ya que la diversión es como la relajación, y necesitamos relajarnos porque no podemos esforzarnos continuamente. La relajación, por tanto, no es un fin, ya que se ejerce con miras a la actividad” [34].

Aunque muestra la necesidad del ocio y la diversión, como descanso para el trabajo, también remarca que existe un justo medio en su uso, como menciona posteriormente Tomás de Aquino añadiendo a la misma idea: “De igual modo que el hombre necesita del descanso corporal para reconfortar el cuerpo, que no puede trabajar incesantemente porque su capacidad es finita y limitada a ciertos trabajos, eso pasa también en el alma, cuya capacidad es también limitada y determinada a ciertas operaciones” [32]. Del mismo modo que el ejercicio físico, el trabajo intelectual cansa, y para ejercer cualquiera de los dos con cierta continuidad es indispensable combinar los tiempos de trabajo con períodos de descanso.

Tomás de Aquino presenta el deleite como descanso del alma, y llama diversiones o juegos a aquellos hechos que procuran el deleite del alma, sin dejar de hacer notar que no se debe abusar del descanso, al tiempo que aclara “La austeridad, como virtud, no excluye todos los deleites, sino sólo los excesivos y desordenados” [32].

Esta precisión no está de más en nuestros días y especialmente en el tema de los videojuegos, pues tienden a verse con cierto recelo por parte de quienes piensan que toda actividad debe reportar algún beneficio tangible, de preferencia económico. Tal vez influidos por doctrinas protestantes, que llegan casi imperceptiblemente a todo el mundo a través de la cultura estadounidense, no es difícil encontrar individuos convencidos de que la diversión es una falta grave [35].

Para Johan Huizinga, sociólogo especializado en el tema, “el juego es más antiguo que la cultura, pues la cultura (...) siempre presupone la sociedad humana, y los animales no esperaron a que el hombre les enseñara a jugar” [33]. También sostiene que además de ser anterior a la cultura, representa un papel importante en su origen. Concretamente, en su ensayo *Homo Ludens* propone el juego como precursor de las leyes, la guerra, el mito, el arte y la ciencia, entre otras actividades humanas.

Huizinga refuta varias hipótesis sobre el juego que asumen que éste debe servir para algo distinto de sí mismo, mientras él opina que el juego es una función significativa, es decir, que tiene significado en sí misma.

También menciona ciertas características comunes a todo tipo de juego:

1. Primero que nada, el juego es una actividad voluntaria.
2. El juego se distingue de la vida ordinaria. Exige salir de lo “real” hacia una esfera temporal de actividad peculiar.
3. Se desarrolla dentro de ciertos límites de tiempo y lugar.

Además de estas tres características esenciales, el juego crea un orden. Ordena parcialmente un mundo imperfecto y la confusión inherente a la vida. Jugar requiere de un orden absoluto, pues desviarse de él arruina el juego y lo priva de su valor. Esta profunda afinidad entre orden y juego explica por qué éste último tiene tanta relación con el campo de la Estética.

La cualidad extra-ordinaria del juego alcanza su perfección cuando el participante se disfraza para actuar como, o convertirse en un ser distinto. Es fácil observar esta característica del juego en niños, pero también —adoptando formas más elaboradas— en rituales antiguos o incluso en otros más cercanos, como los tribunales, donde los jueces adoptan una vestimenta específica que los distingue de los demás participantes en el juicio.

Muchas veces, también los videojuegos proporcionan esta oportunidad de transformarse en alguien más. En la gran mayoría de los juegos de aventuras o de rol, el jugador asume una personalidad propuesta por los diseñadores del juego (Lara Croft en *Tomb Raider*, Link en la serie de juegos *Zelda*, por mencionar sólo dos) o crea una especie de alter ego, comúnmente conocido como avatar, que será el protagonista del juego.

Más allá del lícito descanso, un videojuego puede tener otras aplicaciones: expresión creativa, incitadores del pensamiento, herramientas de exploración social [27] o incluso servir como un modelo para mejorar la realidad misma [22].

Antes de sentar otras bases teóricas necesarias para esta tesis, podemos comenzar aportando algunas definiciones más actuales para el término “juego”.

El diccionario de la Real Academia Española define juego como un “ejercicio recreativo sometido a reglas, y en el cual se gana o se pierde” [36] y el diccionario Merriam Webster como una “actividad a la que uno se dispone por diversión o entretenimiento” o “competencia física o mental conducida de acuerdo a reglas, con participantes en directa oposición entre sí” [37]. A pesar de que ambos diccionarios contienen más definiciones para la misma voz, las mostradas son las que mayor relevancia tienen de cara al tema que estudiamos aquí.

Un diseñador de videojuegos frecuentemente citado en la literatura académica es Greg Costikyan, quien en su ensayo *I Have No Words & I Must Design* aporta la siguiente definición: “Una forma de arte en la que los participantes, llamados jugadores, toman decisiones con el fin de gestionar recursos representados con piezas (*tokens*) para conseguir un objetivo” [38]. Aunque aclara en el mismo ensayo que el término “piezas” puede entenderse como cualquier entidad capaz de ser manipulada directamente.

Salen y Zimmerman, autores de *Rules of Play* definen el juego como “un sistema en el que los jugadores se enfrentan a un conflicto artificial, definido por reglas, que se traduce en un resultado cuantificable” [39].

Jane McGonigal se inclina por el concepto de Bernard Suits: “jugar un juego es el intento voluntario de superar obstáculos innecesarios”, pero ella misma, —al igual que Chris Crawford, importante precursor de la teoría de diseño en videojuegos y el mismo Costikyan en su última versión del ensayo citado— se abstiene de dar una definición concreta y se limita a citar algunas características definitorias: para ella, el juego requiere un objetivo, reglas, un sistema de retroalimentación y participación voluntaria por parte de los jugadores [22].

Sin intentar hacer una síntesis de todos estos conceptos en una definición única, meta que algunos de los expertos citados no han considerado indispensable, seleccionaremos de lo dicho anteriormente algunos rasgos importantes asociados al concepto de

videojuego para centrar en ellos nuestra atención y comentar su utilidad para nuestro estudio.

Sistema de retroalimentación / resultados cuantificables: Podemos definir retroalimentación como un proceso en el cual la información pasada influye directamente sobre las características del mismo fenómeno en el futuro. En el tema que nos ocupa, cuando hablamos de retroalimentación, nos referimos a la facultad que tiene una persona de apreciar los efectos producidos por sus acciones, de tal manera que pueda tomar en cuenta esta información para decisiones posteriores.

Huizinga no menciona la necesidad de retroalimentación ni objetivos en el juego. Sin embargo, en el caso concreto de los videojuegos sí es de capital importancia la interactividad con el usuario, lo que requiere un grado mínimo de retroalimentación. Por otro lado, esta noción, como las de objetivo y resultado cuantificable, íntimamente relacionadas entre sí, son especialmente importantes en este estudio por su conexión con el concepto de flujo, mismo que se explica en la sección 2.3.

Ganar o perder / oposición entre contrincantes: aunque no está presente en todos los videojuegos, la oposición entre jugadores es precisamente una de las características fundamentales del experimento que se llevó a cabo como parte de esta tesis, así como el efecto que puede tener sobre cada jugador la mayor o menor habilidad con la que cuenta para conseguir el objetivo propio del juego.

Ejercicio recreativo / participación voluntaria: Huizinga no considera como juego aquello que se hace con un fin distinto al juego mismo, con lo cual podemos decir que se presupone otra característica comúnmente mencionada: que la participación en el juego esté libre de coacción.

Una serie de reglas / orden: como ya se mencionó, el juego es una realidad bien delimitada en términos de tiempo y lugar, pero además requiere otras limitantes, llamadas reglas, que tienen su origen y validez en un acuerdo tácito entre los jugadores. Aquellos que no las obedecen o que buscan modificarlas sin la aprobación de los demás, voluntariamente se excluyen de la esfera que separa el juego de la realidad.

Conflicto / objetivo: es difícil mantener la atención de una persona dentro del juego, si éste no presenta algún tipo de objetivo: resolver un problema, vencer un oponente, etc. por lo que muchos consideran que éste es un rasgo necesario en el juego.

2.2 Tipos o géneros más comunes en la actualidad

Los géneros son categorías para clasificar videojuegos, basadas en una combinación de distintos atributos: tema, formato de pantalla, perspectiva del jugador, estrategias y escenarios, etc. Mencionamos a continuación algunos de los géneros y subgéneros más comunes [3][40].

Acción: los juegos fabricados para los primeros sistemas de entretenimiento casero eran mayormente copias de las máquinas de *arcade*: *Pac-Man*, *Pong*, *Space Invaders*, etc. Ya que este tipo de máquinas fueron diseñadas para ganar dinero, los clientes debían sentir que estaban obteniendo la mejor experiencia a cambio de sus monedas. Los juegos de *arcade* buscaban aportar experiencias cortas pero intensas, que son la base del género de acción. Son juegos que tienden a mostrar mecánicas más sencillas, pero que exigen buena coordinación. Algunos subgéneros asociados son:

- **Juegos de plataformas:** se concentran en un personaje que se mueve rápidamente a lo largo de un escenario en el que debe evadir obstáculos y recolectar objetos. Ejemplos clásicos son las series de *Mario Bros.* y *Sonic the Hedgehog*.
- **Shooters:** representan combates entre el jugador y otros personajes propios del juego, normalmente disparando pistolas u otras armas controladas por el jugador. Los *shooters* en primera persona representan un género sumamente popular que abarca títulos como *Doom*, *Halo* y *Half-Life*.
- **Carreras:** comúnmente muestran un escenario donde el vehículo asociado al jugador (normalmente un coche de carreras) compite contra varios oponentes en distintos terrenos, tratando de manejar lo más rápido posible, sin perder el control del vehículo.
- **Pelears:** suelen ser juegos para dos personas en los que cada jugador controla un personaje en la pantalla y utiliza una combinación de movimientos para atacar al oponente o defenderse, al estilo de las artes marciales. Quizás el juego más conocido en el género sea *Street Fighter II* y sus derivados.

Aventura: se basan en la exploración, administración de inventarios, solución de rompecabezas y estrategia general. Sin la limitación de tiempo inherente a los juegos de acción, pueden retar al jugador a pensar durante todo el tiempo que considere necesario. Suelen ser juegos muy largos, que los jugadores tardan horas o días en terminar y que tuvieron buena aceptación en el mercado casero de videojuegos. Dentro de esta categoría podemos citar juegos de *survival horror* como *Alone in the Dark* y *Resident Evil*, o aventuras gráficas que fueron muy exitosas en los 80's y 90's como *Maniac Mansion* o *Monkey Island*.

Acción-Aventura: se puede considerar como un género aparte. Combina secciones de movimientos rápidos con otras donde aparecen rompecabezas o elementos narrativos.

Rompecabezas: requiere que el jugador resuelva una serie de acertijos o rompecabezas sin necesariamente controlar un personaje en la pantalla. No suele tener elementos narrativos ni estar enfocado a más de un jugador. *Tetris* es muy probablemente el título más significativo del género.

Juegos de rol (RPGs): tienen su origen en la tradición de los primeros juegos de rol como *Dungeons & Dragons*, originados en los 70's. Dan al jugador la posibilidad de representar el papel de un mago, un guerrero, un ladrón, etc. aunque no está limitado a narrativas de tipo fantástico. Se caracteriza por tener un fuerte acento en la narrativa, y dado que el ganar está frecuentemente relacionado con la mejora continua del personaje asumido, los jugadores normalmente experimentan un fuerte vínculo emocional con el personaje. Las series de *Final Fantasy* y *Diablo* pueden clasificarse dentro de este género.

Simulaciones: buscan replicar sistemas, máquinas y experiencias utilizando reglas del mundo real [3]. Abarca subgéneros como:

- **Vehículos:** aquí el jugador comúnmente opera maquinaria compleja, frecuentemente tanques, aviones, etc. La mayoría de estos juegos replican fielmente los intrincados detalles de cada máquina. Además de ser desarrollados como entretenimiento, muchas veces se utilizan para entrenamiento militar. El programa *Flight Simulator* de Microsoft es un ejemplo conocido de simulador de vehículos.

- **Procesos:** involucran procesos reales de mantenimiento de sistemas complejos como pueden ser ciudades, empresas o mundos enteros. El objetivo aquí no es derrotar un enemigo, sino construir algo. El éxito de *Sim City* prueba que los juegos no necesitan violencia o acción rápida para ser populares.
- **Deportes:** los usuarios pueden participar en una simulación de su deporte favorito; como jugador y/o como entrenador. Estos juegos imitan con mucha exactitud las reglas y estrategias reales asociadas con el deporte. Las series de juegos de fútbol *FIFA Soccer* utilizan incluso la voz de comentaristas famosos de varios países para narrar cada uno de los partidos simulados.

Estrategia: tienen su origen en los clásicos juegos de mesa como el ajedrez. Los jugadores deben administrar un conjunto de recursos limitados para alcanzar un objetivo particular. La administración de recursos suele requerir la construcción de edificios o unidades y decidir cuándo y cómo ponerlos a trabajar. Muchos de estos juegos abordan temáticas de tipo militar. *Civilization* y *Age of Empires* son juegos pertenecientes a este género, que han gozado de gran popularidad.

Videojuegos masivos multijugador en línea: mejor conocidos como MMOGs, su acrónimo en inglés, son programas que permiten al jugador conectar su computadora a internet y jugar simultáneamente con otras muchas personas. Algunas de estas partidas en internet se mantienen funcionando 24 horas al día y se basan en un sistema de suscripciones en el que los jugadores pagan una cuota mensual para poder continuar jugando. Esta mecánica de juego suele motivar la formación de equipos para vencer oponentes comunes y dado que miles de personas procedentes de distintos países participan en el juego, no es difícil encontrar jugadores a cualquier hora del día o de la noche. Uno de los principales incentivos para jugar este tipo de juegos es la capacidad de formar vínculos sociales que frecuentemente se dan entre los participantes. *World of Warcraft* es un juego puntero en este sector.

2.3 El concepto de flujo en Psicología

Después de la segunda guerra mundial, el campo de la investigación psicológica se concentró principalmente en estudio de casos patológicos, con el objetivo de encontrar

tratamientos adecuados, pero dejando de lado otros aspectos importantes de la Psicología, presentes desde sus inicios: la capacidad de ayudar a individuos y comunidades normales a llevar una vida satisfactoria. Ésta es el área de estudio a la que se dedica la Psicología Positiva, según la describe Martin P. Seligman, uno de sus fundadores y principales exponentes [41].

Un renombre similar en esta área es el que tiene M. Csikszentmihalyi, psicólogo que desarrolló el concepto de flujo, del que tratamos en este capítulo. Se conoce como flujo a un estado mental en el cual una persona se encuentra completamente inmersa en un período de motivación y concentración positivas, así como de gozo espontáneo, mientras realiza una actividad. El estudio de esta situación mental resulta útil para conducir las emociones humanas a favor de un mejor desempeño en el trabajo y el aprendizaje, entre otras actividades.

El flujo suele producirse de manera concomitante a los siguientes fenómenos:

1. Una actividad que requiere el empleo de energía psíquica y que no puede ser realizada sin las habilidades adecuadas.
2. La tarea realizada se vuelve espontánea, casi automática, al tiempo que absorbe completamente la atención de quien la realiza, dejando fuera de la conciencia cualquier información irrelevante.
3. La actividad tiene metas claras y retroalimentación inmediata, es decir, que la persona sabe si sus acciones la acercan o la alejan de su objetivo en el mismo momento en que las realiza.
4. La persona experimenta un sentimiento de control absoluto sobre sus acciones y los resultados de éstas.
5. Pérdida de la autoconciencia, en cuanto no está relacionada con la actividad en curso.
6. Percepción distorsionada del tiempo, como consecuencia de una concentración intensa [42].

Idealmente, mientras realiza una actividad, cualquier persona podría permanecer en lo que se denomina “canal de flujo”, un estado de flujo que se mantiene a lo largo del tiempo. Según explica Csikszentmihalyi, un diagrama (Figura 2.1) puede ayudar a explicar mejor esta situación: “Supongamos que el diagrama representa una actividad específica, por ejemplo, el juego del tenis. Las dos dimensiones teóricamente más importantes de la

experiencia —retos y habilidades— están representadas en los dos ejes del diagrama. La letra A representa a Alex, un muchacho que está aprendiendo a jugar tenis. El diagrama muestra a Alex en cuatro diferentes instantes de tiempo. Cuando empieza a jugar por primera vez (A_1), Alex no tiene prácticamente ninguna habilidad, y el único reto que enfrenta es golpear la pelota para que pase por encima de la red. Éste no es un desafío muy difícil, pero es probable que Alex lo disfrute porque la dificultad es la adecuada para su habilidad rudimentaria. Por tanto, es de esperarse que en este punto se encuentre en estado de flujo. Pero no puede permanecer ahí mucho tiempo. Después de un rato, si sigue practicando, sus habilidades mejorarán, y entonces se aburrirá de golpear la pelota sobre la red únicamente (A_2). O puede suceder que se enfrente a un oponente más experimentado, en cuyo caso se dará cuenta de que hay retos mucho más difíciles que sólo golpear la pelota. En ese momento, sentirá cierta ansiedad (A_3) con respecto a su desempeño.

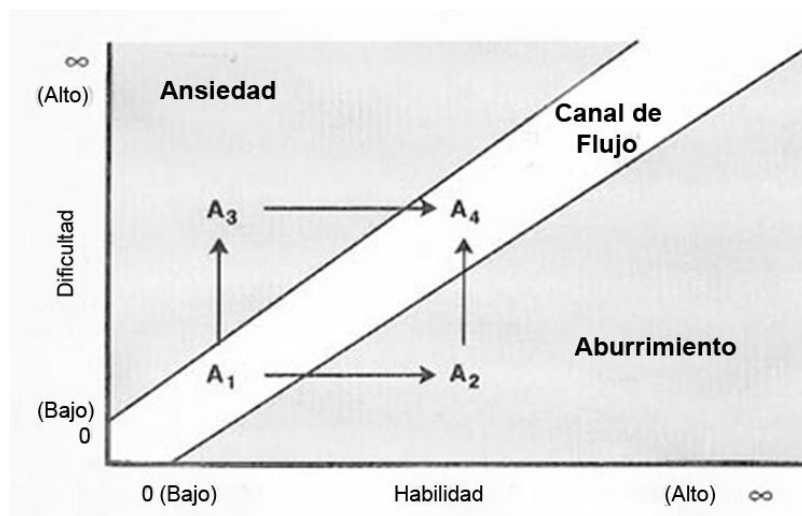


Figura 2.1. Canal de flujo

Ni el aburrimiento ni la ansiedad son experiencias positivas, así que Alex estará motivado a volver al estado de flujo. ¿Cómo lo consigue? Volviendo al diagrama una vez más, vemos que si está aburrido (A_2) y desea volver de nuevo al flujo, Alex tiene esencialmente una sola opción: aumentar los retos que enfrenta. (...)

Si Alex experimenta ansiedad (A_3), volver al flujo requiere que aumente su habilidad. Teóricamente también podría reducir el desafío y así volver a donde empezó (A_1), pero en la práctica, es difícil ignorar un reto, cuando uno es consciente de su existencia.

El diagrama muestra que A_1 y A_4 representan situaciones en las que Alex se encuentra en estado de flujo. Aunque son igualmente deleitables, ambos estados son muy diferentes, en el sentido de que A_4 es una experiencia más compleja que A_1 . Es más compleja porque involucra mayores retos y demanda del jugador una mayor habilidad.

Pero A_4 , compleja y agradable como es, tampoco representa una situación estable. Si Alex continúa jugando, se aburrirá de los tediosos retos que encuentra a ese nivel, o sentirá ansiedad y frustración por su relativamente escasa habilidad. De este modo, la motivación de volver a disfrutar la actividad una vez más lo empujará a volver al canal de flujo, pero ahora a un nivel de complejidad incluso mayor que A_4 .

Es esta cualidad dinámica lo que explica por qué actividades de flujo llevan al crecimiento y al descubrimiento. Uno no puede disfrutar haciendo la misma cosa al mismo nivel por mucho tiempo. O nos aburrimos o nos frustramos; y entonces el deseo de disfrute nos empuja a dilatar nuestras habilidades o a descubrir nuevas oportunidades de ejercitarlas” [42].

2.4 Estrategias para adaptación de dificultad en videojuegos

La mayor parte de los diseñadores de juegos buscan ofrecer a los usuarios un nivel adecuado de dificultad, de manera que jugar no les resulte una actividad aburrida por carecer de retos, ni frustrante por su excesiva dificultad.

Podríamos decir que para los primeros videojuegos, el ajuste de dificultad era una cuestión de supervivencia, las máquinas tragamonedas —que dieron a la industria su primer impulso importante— debían presentar una dificultad bien balanceada para no perder usuarios. “Las ganancias dependían de tres factores: en primer lugar, la gente debía sentirse atraída por el juego, sentirse motivada a seguir pagando tan frecuentemente como fuera posible y mantenerse volviendo al juego una y otra vez” [43].

Aún hoy, una estrategia común consiste en dividir el juego en niveles: cada uno es más difícil que el anterior, de manera que los primeros sean accesibles para cualquiera y los siguientes no dejen de presentar un reto para los jugadores asiduos, cuya habilidad necesariamente aumenta con la práctica. Esta estrategia también tiene sus limitaciones, por ejemplo, si una persona ya ha jugado lo suficiente como para volverse hábil en el

juego, de todos modos tendrá que pasar por los primeros niveles cada vez que quiera encontrar un reto a su medida.

Así, se incorporaron ciertas opciones dentro del juego que permitieran al dueño de las máquinas ajustar el nivel de dificultad, para que siguieran ofreciendo un reto a los clientes habituales [43]. Desafortunadamente, este sistema no logra adaptarse a todos los usuarios. Una persona que utiliza la máquina por primera vez se sentirá frustrada por la excesiva dificultad del juego e irá a gastar su dinero en otra parte.

Otros juegos permitían al usuario elegir uno entre varios niveles distintos de dificultad. Aquel que elegía un nivel más alto, obtenía una puntuación inicial mayor. Incluso se realizaron algunos juegos que ofrecían experiencias relativamente distintas dependiendo del nivel de dificultad seleccionado, como tener varios juegos en uno.

Sin embargo, “los diseñadores de juegos pronto aprenden que deben ‘poner el dinero en la pantalla’, en lugar de gastar recursos valiosos creando elementos del juego que sólo serán apreciados por un subconjunto de los jugadores, o atraerán específicamente a un grupo demográfico no reconocido por comprar juegos” [43].

Una técnica más reciente [13] es la adaptación dinámica de dificultad (ADD) que en tiempo real evalúa las habilidades del jugador y adapta la dificultad del juego en consecuencia. De este modo se puede ofrecer a cada usuario una experiencia personalizada sin aumentar desmedidamente los costos de producción.



Figura 2.2. Pantalla del juego flow, de Jenova Chen

Xinghan Chen, mejor conocido como Jenova Chen, es fundador de *Thatgamecompany* y creador de juegos multipremiados como *flow* (Figura 2.2), *Flower* y *Journey*. Chen redefinió el concepto de ADD en su tesis de maestría: “El ADD que yo propongo —o ajuste de dificultad integrado (ADI) como me gusta llamarlo— (...) está integrado en el diseño del juego, en oposición a un sistema separado. En el ADI, la dificultad cambia en función del deseo subconsciente del jugador. No cambia por el sistema o el diseñador” [44].

El concepto de ajuste de Chen está basado también en la idea de flujo propuesta por Csikszentmihalyi. De ahí el nombre del juego que realizó junto con su tesis [45]: *flow*, del que comenta: “Básicamente cada nivel tiene distintas dificultades. No es una progresión lineal. Quiero ver si el jugador puede ajustarlo por sí mismo. Pienso que por el nivel 5 está este monstruo que es verdaderamente difícil de vencer. Mucha gente me dice ‘¡Es realmente difícil!’ pero lo que hicieron fue saltárselo, o regresar al nivel anterior donde pueden comer más y volverse más grandes y luego volver a luchar contra el monstruo. No es como en los juegos tradicionales donde tienes que conquistar un nivel tras otro”.

Para mantener a una persona en estado de flujo, se requiere entre otras cosas, enfrentarla a un reto adecuado. Lejos de ser estático, este objetivo cambia con el tiempo, pues al aumentar las habilidades del jugador con la práctica, también debe aumentar la dificultad. Es aquí donde entra el ADD para procurar mantener al jugador en el canal de flujo.

Todos estos esfuerzos se han enfocado en juegos para un solo jugador, donde el diseñador, a través de la computadora, tiene control absoluto sobre todos los obstáculos a los que se enfrenta el usuario, pero ¿cómo se puede mantener un canal de flujo para dos o más jugadores simultáneos? En este caso, la principal oposición para un jugador es el otro contrincante humano y la estrategia de control de dificultad necesariamente debe modificarse. Cuando compiten dos jugadores entre sí, la computadora no tiene influencia directa sobre ellos, aunque puede tenerla sobre otros elementos del juego. Además, esta influencia debe ejercerse de tal manera que pase inadvertida por los jugadores, a riesgo de que sientan que el programa está “haciendo trampa”.

Hasta ahora, son pocos los autores que han abordado este problema, entre ellos Ibáñez y Delgado-Mata, mismos que en su artículo *Adaptive Two-Player Videogames* [46] presentan una versión modificada del clásico juego *Pong*, una abstracción del tenis, donde aparecen dos paredes y dos barras controladas por los jugadores, contra las

cuales rebota una pelota. Pierde el jugador que no consiga devolver el servicio. En dicha versión, se establecen ciertas variables para evaluar el desempeño relativo de cada jugador con respecto al otro. A partir de esas variables se determina cuál es el jugador más hábil, e imperceptiblemente se modifican algunas características del juego a favor del otro jugador: tamaño de las barras, velocidad de la pelota, etc.

Aunque en el presente trabajo nos concentraremos en el flujo, existen otros elementos a tomar en cuenta para futuros estudios. En el libro *Beyond Game Design* [43], Nicole Lazzaro propone un elenco de las principales emociones que los usuarios buscan obtener de un videojuego, que son:

- El orgullo que se obtiene al vencer un reto difícil.
- La curiosidad que produce la posibilidad de explorar y representar un papel.
- La relajación que se obtiene en ocupar la mente en algo fuera de lo habitual.
- El reconocimiento que se obtiene de otros al jugar con ellos y el orgullo vicario que surge de enseñarles a jugar.

2.5 Lenguajes y herramientas de programación

Se conoce como lenguaje de programación al lenguaje artificial diseñado para comunicar instrucciones a una computadora. Estos lenguajes se utilizan para crear programas que determinan el comportamiento de una máquina. Por ejemplo, un navegador de internet como *Google Chrome* es un programa que le indica a la computadora, de entre aquellas operaciones que puede realizar, cuáles poner en práctica para mostrar al usuario una página determinada.

El microprocesador es un circuito integrado capaz de recibir datos digitales (voltajes) y procesarlos de acuerdo a ciertas instrucciones

Una computadora es una máquina que acepta datos a través de sus dispositivos de entrada (teclado, mouse), los procesa de acuerdo a las instrucciones almacenadas en su memoria y después muestra la información —los datos procesados— a través de los dispositivos de salida, como puede ser un monitor o una impresora [47]. El núcleo de la computadora, quien realmente procesa la información, es un circuito integrado que se conoce como microprocesador. Éste puede realizar operaciones matemáticas y tomar

decisiones lógicas en función de los datos que reciba. El tipo de operaciones y el orden en que las realizará el microprocesador, están completamente determinadas por un “guión” escrito en su memoria electrónica.

Dicho guión lo escribe un programador, que es quien decide qué proceso realizará la computadora y sobre todo, cómo va a realizarlo usando solamente las limitadas funciones que el diseño del microprocesador le permite ejecutar. Las instrucciones que da el programador deben estar escritas en un idioma que el microprocesador pueda entender; a dicho idioma se le conoce como lenguaje máquina y conceptualmente hablando, consiste en una serie de ceros y unos.

Para un programador, escribir en términos de ceros y unos es sumamente difícil. Es por eso que existe el llamado lenguaje ensamblador, que se compone de distintas palabras y números (asociados a las distintas funciones que puede desempeñar el microprocesador) que se pueden traducir fácilmente a lenguaje máquina.

Si bien el lenguaje ensamblador es más fácil de usar que el lenguaje máquina, todavía tiene varias desventajas. Una de ellas es que requiere del programador un conocimiento detallado del funcionamiento de la computadora. Por ello, existen también los llamados lenguajes de alto nivel, que utilizan símbolos mucho más fáciles de reconocer: palabras en inglés o símbolos matemáticos. Este tipo de lenguajes se traducen a lenguaje máquina con ayuda de un programa llamado compilador o intérprete, lo que les da la ventaja de poder compilarse para funcionar en distintas computadoras sin necesidad de adaptar el código original. Algunos ejemplos de lenguajes de alto nivel son *FORTRAN*, *C* y *COBOL*.

Java, *C* y *C++* son lenguajes comúnmente usados en la creación de videojuegos, junto con otras herramientas, como las librerías, que es como se conoce a conjuntos de funciones preprogramadas que pueden integrarse a otro programa independiente. Estas rutinas o funciones se utilizan para reproducir sonidos, recibir información de distintos dispositivos y desplegar imágenes en la pantalla de una computadora, entre otras operaciones comunes en la programación de videojuegos, sin que el programador tenga que diseñar y teclear sus propios códigos para lograrlo.

SDL es el acrónimo de *Simple DirectMedia Layer* [48], una librería especializada gratuita para programación de videojuegos en 2D, que además de su facilidad de uso, se ha

empleado con éxito en varios videojuegos comerciales. Adicionalmente puede utilizarse en distintos sistemas operativos y es compatible con diversos lenguajes de programación.

2.6 Sistemas de control y controladores PID

Se conoce como Control Automático a la rama de la Ingeniería que se ocupa de mantener cualquier proceso en un estado determinado: como puede ser un control de velocidad en un motor, o un control de temperatura en un horno [49].

Un control retroalimentado o “de lazo cerrado” es una operación que tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y una referencia dada. Retomando el ejemplo del horno, el proceso que se busca controlar es el calentamiento del horno; también hace falta un medidor, que en este caso sería un termómetro; y finalmente el sistema de sería cualquier dispositivo (p.e. un termostato) que toma la lectura del termómetro, la compara con un valor de referencia dado (la temperatura deseada) y en función de la diferencia entre estos dos valores, abre o cierra la salida de gas en el horno con objeto de mantener la temperatura cerca del valor de referencia (ver Figura 2.3).

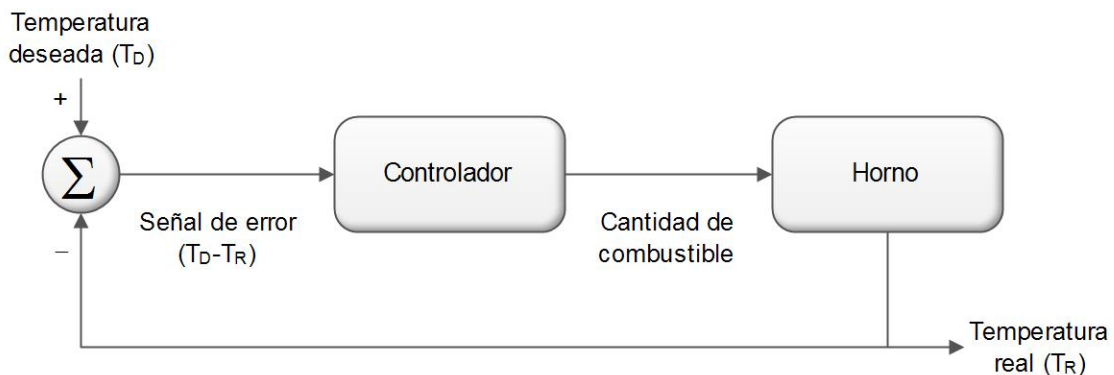


Figura 2.3. Control de lazo cerrado.

El control de lazo cerrado más común es el que se conoce como control proporcional-integral-derivativo o PID (Figura 2.4). Se utiliza comúnmente en sistemas industriales de control: máquinas herramienta, pilotos automáticos, etc. [49]

Lo que hace un controlador PID es calcular un valor de error (la diferencia entre la variable medida del proceso y el valor deseado para dicha variable) y aplicar una corrección al proceso.

Para lograr esto, la señal de error atraviesa paralelamente tres modificaciones distintas: una de tipo proporcional, donde se multiplica por una constante K_p ; una de tipo integral, donde la señal de error se integra con respecto al tiempo y el resultado se multiplica por una constante K_i ; y finalmente otra de tipo diferencial, derivando el error con respecto al tiempo y multiplicando por la constante K_d .

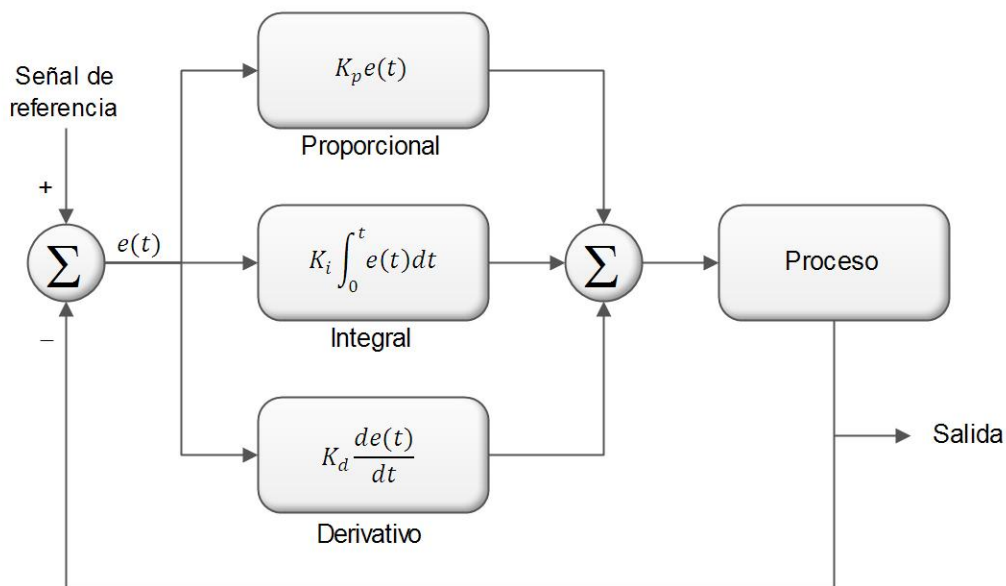


Figura 2.4. Diagrama de un controlador PID

Al final, se suman los resultados de estos tres procesos y se obtiene un valor que corresponde a la magnitud de corrección que necesita el proceso para que su variable medida se acerque o se iguale al valor de referencia.

En otras palabras, el valor proporcional determina la magnitud de la corrección necesaria en función directa al error actual, el factor de la parte integral corrige el error con mayor o menor intensidad, dependiendo del valor acumulado del error en el tiempo transcurrido, y la parte diferencial actúa principalmente cuando hay cambios bruscos en la magnitud del error.

De este modo, el comportamiento del controlador está regulado exclusivamente por las constantes K_p , K_i y K_d . De la selección de estos números depende el desempeño del mismo, de manera que si no se eligen correctamente puede causar problemas en el proceso. Para ejemplificar esto, mostramos las distintas respuestas de un sistema regulado por un control PID a una función escalón, y cómo cambian cuando se emplean distintos valores de K_i , manteniendo K_p y K_d constantes e iguales a uno.

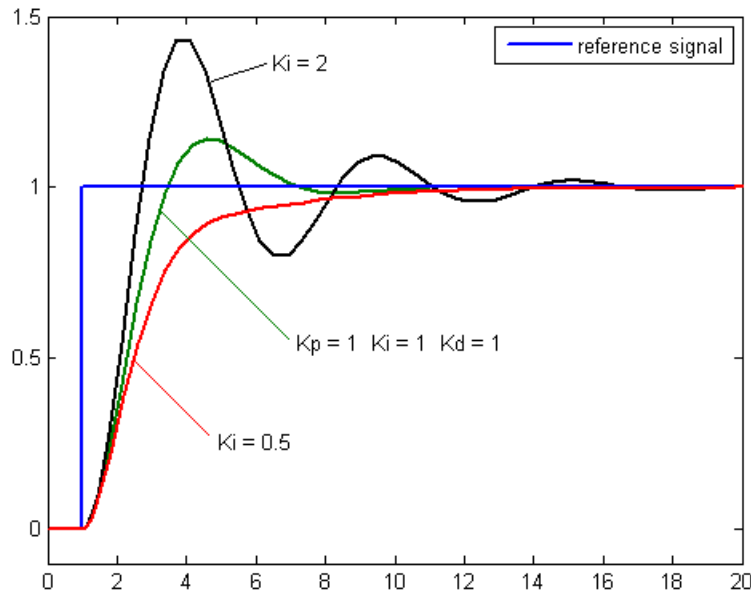


Figura 2.5. Respuesta de un controlador PID variando la constante proporcional

En la Figura 2.5 se puede ver cómo utilizando un valor de 2 para K_i se obtiene un sobresalto en la respuesta, mismo que disminuye si K_i es igual a 1, y que es incluso menor que la señal de entrada cuando K_i es 0.5.

2.7 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

De acuerdo con Triola [50], la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba estadística no paramétrica que utiliza rangos ordenados de pares de datos. Se usa para probar la hipótesis nula de que la población de diferencias entre dos conjuntos de mediciones tiene una mediana de cero, de manera que las hipótesis nula y alternativa son:

H₀: Los pares de datos tienen diferencias que provienen de una población con una mediana igual a cero.

H₁: Los pares de datos tienen diferencias que provienen de una población con una mediana diferente de cero.

Procedimiento de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon:

1. Para cada par de datos, se calcula la diferencia d restando el segundo valor del primero. Se mantienen los signos, pero descartando cualquier par para el que $d = 0$.
2. Ignorando los signos de las diferencias, éstas se acomodan de la menor a la mayor y después se reemplazan por el valor del rango correspondiente. Cuando las diferencias tengan el mismo valor numérico, se les asigna la media de los rangos implicados en el empate.
3. A cada rango se le agrega el signo de la diferencia de la cual provino. Dicho de otro modo. Se insertan aquellos signos que se ignoraron en el paso 2.
4. Se calcula la suma de los valores absolutos de los rangos negativos y también la suma de los rangos positivos.
5. Se toma T como la más pequeña de las dos sumas calculadas en el paso 4. Podría utilizarse cualquier suma, pero para simplificar el procedimiento se selecciona arbitrariamente la más pequeña de las dos sumas.

Si $n \leq 30$, el estadístico de prueba es T .

Si $n > 30$, el estadístico de prueba es:

$$z = \frac{T - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

6. Se toma n como el número de pares de datos para los que la diferencia d no es cero.

7. Se determina el estadístico de prueba y los valores críticos con base en el tamaño muestral. Dichos valores se encuentran en tablas que pueden consultarse en el libro de Estadística de Triola [50].

8. Se rechaza la hipótesis nula si los datos muestrales llevan a un estadístico de prueba que se ubica en la región crítica, esto es, cuando el estadístico de prueba sea menor o igual que el valor, o valores críticos. De otra forma, se acepta la hipótesis nula.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

En este capítulo se muestra el procedimiento utilizado en el desarrollo de la tesis. Más concretamente, se describen los pasos seguidos en el diseño de la investigación, el tipo de población que colaboró en los experimentos y las técnicas utilizadas en la recolección y análisis de datos, aunque muchos detalles se presentarán en la sección de resultados.

3.1 Diseño de la investigación

Se llevó a cabo una serie de experimentos que involucran un videojuego especialmente diseñado para esta investigación y varios experimentos realizados con parejas de voluntarios. Esta es una tesis de intervención, por lo que se buscó probar el efecto del videojuego en los voluntarios, recabando información mientras éstos interactuaban con el programa.

Es un hecho fácilmente observable, que cuando la diferencia de habilidad es muy grande entre dos jugadores que se enfrentan en un videojuego, el más hábil tiende a aburrirse, mientras que el menos experimentado puede sentir frustración.

Para tratar este problema, que se presenta en muchos tipos distintos de videojuego, se seleccionó una mecánica de juego particular, en la que dos jugadores buscan disparar a su oponente, situados en un terreno que en cierta manera dificulta conseguir este objetivo.

Se supuso que podrían reducirse las emociones negativas causadas por la diferencia de habilidad si el videojuego fuera capaz de ajustar automáticamente la dificultad para cada jugador, de modo que cada uno experimente una dificultad adaptada a sus capacidades, capturando su atención por medio de un reto interesante, pero también manteniendo su ánimo de seguir jugando, al evitar plantearle objetivos que perciba como insuperables.

Una vez determinado este enfoque, se programó un videojuego que funcionara de acuerdo a la mecánica citada y que modificara sus características durante el juego, en función de ciertas variables que permiten detectar cuál de los dos jugadores se desempeña mejor.

Posteriormente, se solicitó a varias parejas de voluntarios que jugaran el videojuego terminado. Se buscó que entre ambos hubiera una diferencia apreciable en términos de

habilidad y experiencia con este tipo de programas. Para determinar dicha diferencia, se les pidió contestar un breve cuestionario (ver Anexo 1) sobre su experiencia previa con los videojuegos. Las parejas se seleccionaron tomando a una persona calificada como hábil y experta y a otra que, por el contrario, se hubiera calificado a sí misma como poco apta para ganar una partida en cualquier juego.

Cada pareja jugaba dos partidas. En una de las partidas (ninguno de los jugadores sabía en cuál) se activaba el ajuste automático de dificultad y en la otra se suprimía. Al final de cada partida, los jugadores llenaban una encuesta personal en la que expresaban su apreciación subjetiva sobre las emociones experimentadas durante el juego.

Adicionalmente, durante cada partida, la computadora registraba información sobre el desempeño de cada jugador, en términos de las variables previamente seleccionadas y sobre los ajustes realizados automáticamente por el módulo de ajuste dinámico de dificultad.

3.2 Población y muestra

El universo de sujetos potenciales para el experimento es el conjunto de todas las personas capaces de jugar un videojuego con ayuda de un control del tipo que se utiliza habitualmente con este propósito, comúnmente llamado *gamepad*, o con el teclado de la computadora. Aunque el programa ofrecía ambas posibilidades, se prefirió utilizar el *gamepad* en todas las partidas, para ofrecer a todos los participantes las mismas oportunidades de ganar.

Para seleccionar a los participantes en el experimento, no se hizo distinción de edad, género u otras características. Como ya se ha comentado, el único criterio de selección fue que existiera una diferencia de habilidad entre los jugadores. Comúnmente, las parejas se componían de una persona mayor y un niño, o de un hombre y una mujer (pues en general, y hasta el día de hoy, los varones suelen dedicar más horas al uso de videojuegos que las mujeres).

3.3 Instrumentos y técnicas de análisis

Para la evaluación subjetiva de la apreciación por parte de los participantes, se utilizó un cuestionario sencillo (incluido en el Anexo 2) con cuatro preguntas que buscan evaluar ciertas emociones concretas por medio de una escala Likert de 7 puntos [51]. Los rubros a evaluar eran: dificultad, aburrimiento, frustración, e intención de volver a jugar el mismo videojuego en el futuro.

También se implementó una subrutina dentro del videojuego, que cada segundo guardaba en un archivo el valor de ciertas variables relacionadas con el control automático que se buscaba implementar. Las variables de salida fueron la diferencia de puntuación entre ambos jugadores (dH) y la diferencia en el tiempo total transcurrido para cada jugador desde el último disparo acertado (dT). Como variables de control se seleccionaron: la puntuación asociada a cada disparo acertado (dmg) y la velocidad del personaje (mov).

Posteriormente, los resultados de las evaluaciones subjetivas fueron analizados mediante una prueba de rangos con signo de Wilcoxon [50] para cada uno de los rubros estudiados. Por otro lado, para tener una idea del desempeño del algoritmo de ajuste, se graficaron las variables medidas automáticamente contra el tiempo, de manera que se apreciara el efecto de cambiar la variable dmg sobre dH , así como el efecto de la variable mov sobre dT .

CAPÍTULO 4: PROYECTO DE INTERVENCIÓN

4.1 Descripción del proyecto

El objetivo de este proyecto fue programar un videojuego que integrara una estrategia particular de ajuste dinámico de dificultad, para luego someterlo a prueba, pidiendo a algunos voluntarios que interactuaran con él.

Para no influir en su apreciación, no se les comunicó a los voluntarios sobre la existencia del algoritmo de ajuste. Se les hicieron preguntas que les ayudaban a describir su experiencia en términos de flujo, facilidad de manejo y percepción subjetiva de la dificultad del juego.

En caso de que la experiencia sea exitosa, podemos esperar que los primeros beneficiados de este proyecto sean los jugadores, si es que se llega a implementar en juegos comerciales. También ayudará a las ventas y la publicidad boca a boca de los mismos.

A cargo del proyecto estuvo el Ing. Víctor Álvarez, quien realizó el diseño y programación del juego experimental (titulado “Granjeros Energúmenos”), además de recabar y evaluar los datos del experimento, con la asesoría del Dr. Carlos Delgado.

4.2 Diagnóstico

En este proyecto intervienen dos partes principales: por un lado los jugadores, y por otro, el programa con el que van a interactuar. Éste último es mucho más fácil de controlar; se puede alterar la mecánica del juego, las variables a medir y modificar, etc.

Por otro lado, la influencia que puede tenerse sobre los jugadores es prácticamente nula. La apreciación subjetiva de cada participante, su experiencia previa con videojuegos similares, su disposición a trabajar con computadoras, entre otros factores, son sumamente difíciles de determinar.

Aún así, esta variabilidad es un presupuesto común para experimentos similares y no tiene por qué interferir en la obtención de resultados consistentes, pues el estudio se concentrará únicamente en el contraste generado en las actitudes subjetivas de los jugadores en función de cambios medibles realizados en el videojuego.

Concretamente, se observará el cambio producido en varias parejas de participantes como consecuencia del funcionamiento de un algoritmo de ajuste de dificultad que medirá dos variables (dT y dH , mismas que se explican en la sección 4.3, apartado “diseño del experimento”) y modifica en consecuencia otras dos (dmg y mov).

4.3 Estrategias

Programación del juego: Existen muchos y muy variados tipos de videojuegos, algunos de ellos son sumamente elaborados y requieren de un numeroso equipo de programadores, artistas y diseñadores, entre otros profesionales. Esto, aunado a la posibilidad de que una mecánica demasiado complicada oscureciera la apreciación del efecto producido por el algoritmo a estudiar, exige que el diseño del funcionamiento del juego sea lo más sencillo posible.

Así se decidió tomar la esencia, muchas veces repetida en juegos comerciales (p.e. *Tank* o *Combat*), de un “juego de tanques”. En juegos del género *shooter*, como éste, dos oponentes controlados por dos jugadores, —suelen ser representados por tanques, pero no es la única variedad, en este caso se utilizaron dos personajes— se encuentran en una especie de laberinto, dentro del cual se mueven con el objetivo de tener al contrincante en su línea de fuego y dispararle. Aquel de los jugadores que consiga primero un cierto número de impactos gana el juego.

En este tipo de juegos se tiene un número relativamente pequeño de variables a medir y controlar: la cantidad de impactos, la velocidad de los proyectiles y los personajes, etc. Lo cual también facilita el diseño y prueba de cualquier algoritmo de ajuste.

Elegir librería y compilador: El compilador es el programa que transforma una serie de comandos determinados por el programador, a lenguaje máquina. Se llama lenguaje máquina a una sucesión de números que representan órdenes. Concretamente, el tipo de órdenes que una computadora puede interpretar y ejecutar.

Como lenguaje de programación se utilizó *C*, dado que la experiencia del programador del juego es mayor en este lenguaje, además de que ofrece la ventaja de ser un lenguaje de relativamente bajo nivel (facilita el acceso al control interno de la computadora) y por ello más rápido en tiempo de ejecución que otros lenguajes como *Java*, por ejemplo. Ya que los videojuegos son aplicaciones que requieren ejecutarse con rapidez y que pueden llegar a utilizar una buena parte de los recursos disponibles en la computadora que los ejecuta, se vuelve más conveniente utilizar un lenguaje de este tipo.

En el proyecto se utilizó la librería *SDL (Simple DirectMedia Layer)* por su facilidad de uso y por ser gratuita, además de haberse utilizado ya en proyectos similares [52].

Una librería gráfica es un conjunto de funciones preprogramadas que ahorran al programador el trabajo de elaborar desde cero las rutinas necesarias para mostrar gráficas en un monitor. Elaborar estas rutinas requiere una cantidad de tiempo considerable, aún sin contar las necesarias pruebas para garantizar su estabilidad en diversas plataformas y circunstancias, trabajo que no forma parte del presente proyecto y que puede obviarse fácilmente con el empleo de la librería especializada *SDL*.

El compilador utilizado fue *MinGW Studio*, que también es gratuito y soporta codificación en *C* y *C++*, además de contar con documentación adecuada para el empleo de *SDL*.

Planeación del ciclo base para el juego: los videojuegos son programas que requieren de una retroalimentación continua, de modo que deben recabar, procesar y producir información continuamente. A ese trabajo, que debe realizarse varias veces por segundo, lo llamaremos ciclo base.

A grandes rasgos, lo que hace el ciclo base es:

1. Leer los datos que los jugadores introducen a través del teclado, o en este caso, a través de los *gamepads*.
2. Modificar la posición de los personajes y de los proyectiles en función de los datos obtenidos.
3. Revisar si hay colisiones y activar la acción correspondiente (p.e. si un personaje es alcanzado por un proyectil, disminuirá su puntuación y estará más cerca de perder la partida).
4. Determinar la habilidad de cada jugador y ajustar la dificultad.
5. Mostrar los gráficos en pantalla.

Algoritmo de ajuste: la parte más importante en la planeación del juego fue el diseño de la estrategia para ajuste dinámico de la dificultad, que es realmente lo que interesa en esta tesis. Se explica con mayor detalle en esta misma sección, bajo el apartado “diseño de experimento”.



Figura 4.1. Pantalla del juego desarrollado.

Desarrollo de gráficas e interfaz: se buscó dar al juego una apariencia atractiva, y un modo de empleo sencillo, para que el jugador encuentre la menor cantidad posible de obstáculos antes de comenzar a jugar. De este modo no se pierde tiempo explicando a cada participante la mecánica del juego.

La pantalla que se presenta a los jugadores (Figura 4.1) muestra en primer lugar el escenario, compuesto de un fondo cualquiera y una serie de bloques que ni los jugadores ni las balas pueden atravesar. Estos bloques funcionan como obstáculos para que los jugadores puedan cubrirse de los proyectiles y el juego no termine tan pronto.

En la parte inferior de la pantalla aparecen los medidores de puntuación y “vidas”. Ambos utilizan la imagen del jugador correspondiente. Las imágenes pequeñas representan las vidas del jugador, y la imagen más grande representa la puntuación restante. Cuando el jugador recibe un impacto, su representación se vuelve menos opaca, y conforme es golpeado por los proyectiles, la imagen se desvanece poco a poco, dejando al descubierto

un esqueleto. Este modo de mostrar la puntuación es más útil para el propósito del juego, pues así los jugadores no notarán las variaciones introducidas por el algoritmo de ajuste en la velocidad de descenso en la puntuación.

Al comienzo de cada partida, los dos personajes aparecen en una posición fija. Cuando uno de ellos pierde una vida, regresa a la misma posición. Adicionalmente, cuando recibe un impacto, el personaje parpadea durante algunos segundos, indicando que en ese momento los disparos no le hacen efecto. Estas dos características le dan oportunidad al jugador de alejarse de un contrincante con una habilidad desmedidamente mayor.

En el marco superior de la pantalla aparecen también unos números que sirven para asociar la información volcada en el archivo con los participantes que juegan en ese momento.

Programación y pruebas preliminares: antes de fijar el código definitivo y para conocer de manera práctica la eficacia de SDL, se hizo un programa en el que paulatinamente se fueron añadiendo distintas funcionalidades necesarias para el juego final: constitución del escenario a partir de bloques, movimiento de *sprites* —como se conoce a las imágenes que se mueven en pantalla— y detección de colisiones entre los personajes y los proyectiles o los bloques que constituyen el escenario, etc.

Una vez que el trabajo de programación permitió ejecutar el ciclo base, se hicieron pruebas con el juego para conocer su funcionamiento real y detectar posibles fallas. Si se encuentra que el programa se comporta de manera distinta a la esperada, se corrige el código, se recompila y se vuelve a probar el juego. Este proceso se repitió hasta que el programa funcionó de acuerdo al diseño original.

4.4 Diseño del experimento

Seleccionar las variables a medir: el interés de este proyecto es determinar si la experiencia del jugador es mejor con el sistema de ajuste de dificultad. Para ello, hubo que definir qué características medibles del juego influirían positivamente en la percepción subjetiva del jugador. Se utilizaron cuatro variables, dos de ellas para medir la habilidad del jugador, y otras dos que el algoritmo de ajuste cambiará automáticamente para favorecer el estado de flujo en los participantes.

Las variables que recibe el algoritmo son:

$$dH = H_1 - H_2 \quad (1)$$

$$dT = T_1 - T_2 \quad (2)$$

H_1 y H_2 en (1) representan la puntuación del jugador uno y el jugador dos, respectivamente. Cuando uno de los personajes recibe un impacto, pierde cierta cantidad de esta puntuación, cuando esta puntuación llega a cero, el jugador pierde una “vida”, y pierde definitivamente la partida cuando agota todas las vidas que tenía al comenzar el juego.

T_1 y T_2 en (2) indican el tiempo que ha transcurrido para cada jugador desde la última vez que uno de sus disparos alcanzó al contrincante.

Por tanto, dH da una medida de la diferencia de puntuaciones entre ambos jugadores. Si dH es muy grande, podemos suponer que también la diferencia de habilidad entre los dos jugadores es importante. Si dH es positiva, el jugador uno es el que lleva la ventaja y es negativa en caso contrario.

Además, dT mide también una diferencia de habilidades. Si dT es positiva, indica que el jugador uno está tardando más en conectar un disparo certero, y por tanto suponemos que su probabilidad de ganar es menor.

Por otro lado, las variables que el algoritmo controla son:

- dmg_1 y dmg_2 son la cantidad de puntuación que cada jugador resta al contrario cuando lo alcanza con un disparo. Entre más grande sea esta cantidad para un jugador, su probabilidad de ganar es mayor, pues la puntuación del oponente se reducirá con mayor velocidad.
- mov_1 y mov_2 determinan la velocidad de cada personaje. Modifican indirectamente la capacidad de alcanzar a un contrario, o de escapar de él. Por tanto, también influyen en el resultado final de cada partida.

Cada segundo, una subrutina dentro del videojuego guarda en un archivo los valores de estas variables, de manera que pueda evaluarse posteriormente el desempeño de los jugadores y principalmente del algoritmo de ajuste.

El núcleo del algoritmo de ajuste consiste en un controlador PID. A grandes rasgos, lo que hace este controlador es tomar una señal de entrada y copiarla tres veces. Una de estas copias se multiplica por una constante K_p , otra se deriva y se multiplica por una constante K_d y la última se integra y se multiplica por una constante K_i . Al final, se suman estas tres señales para obtener una sola, que es la salida del controlador. De este modo se tiene un dispositivo capaz de detectar cambios bruscos o desfases constantes en la señal de entrada, para corregirlos de manera inmediata. La sensibilidad a dichos fenómenos se regula modificando el valor de las constantes K_p , K_d y K_i .

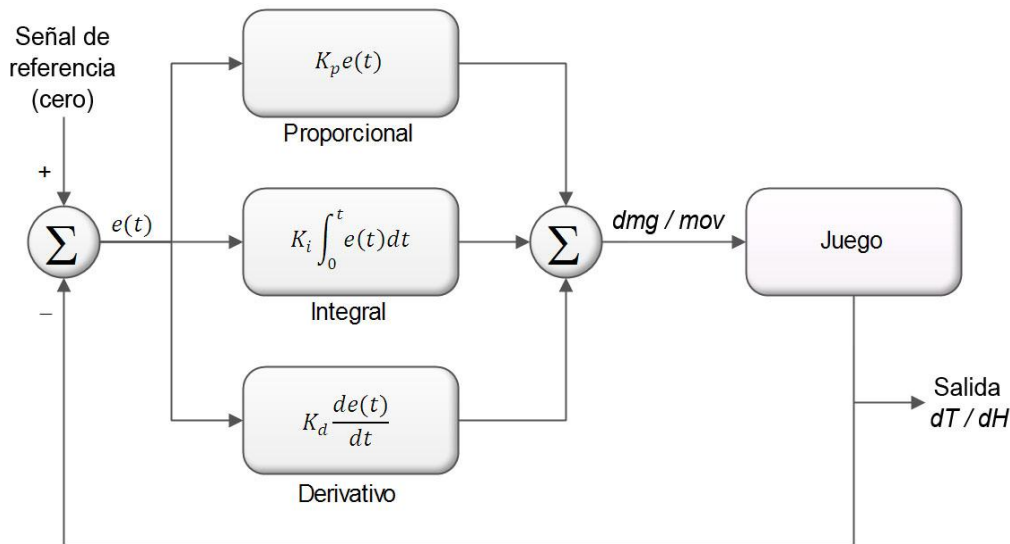


Figura 4.2. Controlador PID que altera las variables *dmg* y *mov* en función de *dH* y *dT*.

Adicionalmente, se requiere un conjunto de medidores subjetivos que nos permitan conocer el efecto del algoritmo en la experiencia de los jugadores. Así, se decidió aplicar a los jugadores un cuestionario que evaluara indirectamente algunos de los rasgos en los que se deseaba influir. Los rubros a evaluar fueron:

El **aburrimiento** o tendencia a perder atención en el juego, mismo que se deseaba reducir, especialmente en el caso del jugador más hábil. De acuerdo con la teoría de flujo, supusimos que esto podría lograrse modificando el juego de tal manera que presentara un mayor reto únicamente al jugador experimentado, mientras que el jugador menos hábil contaría con una pequeña ayuda por parte del juego controlado por el algoritmo de ajuste.

La **dificultad** del juego percibida por los participantes, es decir, qué tan arduo le resulta a cada uno de ellos conseguir los objetivos planteados por el juego.

El sentimiento de **frustración** advertido por el jugador menos hábil al enfrentarse a un reto que se percibe como superior a las propias capacidades.

La **intención de volver** a utilizar en un futuro el videojuego en cuestión. Si, como pretendemos, la experiencia de juego fue agradable en general, se traducirá en una buena disposición a jugar de nuevo.

Diseño de cuestionario para evaluación: después de determinar qué se quería medir, se procedió a elaborar el instrumento adecuado. El cuestionario resultante (ver Anexo 2) utiliza preguntas sencillas que se responden por medio de una escala de Likert de 7 puntos [51]. También se realizó un cuestionario previo (Anexo 1), que permitiría conocer la habilidad de los participantes con los videojuegos.

Selección y reclutamiento de jugadores: se instaló una pequeña isla en un concurrido centro comercial, y en ella se conectó una computadora con el videojuego y dos *gamepads*. Conforme iban pasando las personas, se les pedía contestar un cuestionario previo en el que expresaban la propia percepción sobre su habilidad y experiencia con videojuegos. Si se contaba con una pareja de voluntarios que mostrara un contraste apreciable en sus habilidades, se les invitaba a jugar dos partidas.

Aplicación del experimento y cuestionario: si la pareja de voluntarios aceptaba, jugaba dos partidas, sin informarles sobre el propósito del experimento. En una de las partidas se activaba el algoritmo de ajuste y en otra no, sin orden particular. Al terminar cada partida, los voluntarios llenaban el cuestionario de evaluación. En cada cuestionario se anotaba el número del personaje correspondiente en pantalla, así como un número identificador del juego, provisto automáticamente por el programa para clasificar la información adquirida. Para cada juego se utiliza un archivo diferente para almacenar la información. Los archivos llevan por nombre las siglas DT, seguidas del número identificador del juego.

Recabar y evaluar datos: las respuestas subjetivas se almacenaron manualmente en un archivo de Excel para obtener los promedios de cada una de los cuatro rubros principales considerando por separado las partidas en las que se activó el algoritmo de ajuste y en las que no, con la intención de observar si había algún cambio.

Los archivos de texto provistos automáticamente por el programa también se procesaron en Excel para graficar sus datos. Específicamente se obtuvieron dos gráficas distintas para cada juego (que constaban de dos partidas cada uno): En una se graficaron las

variables dH y $dmg_1 - dmg_2$ contra el tiempo (ver Figura 4.3) y en otra las variables dT y $mov_1 - mov_2$, también contra el tiempo. Como cada gráfica incluye ambas partidas, puede apreciarse el cambio de las variables que el algoritmo busca controlar (dH y dT) cuando éste entra en acción.

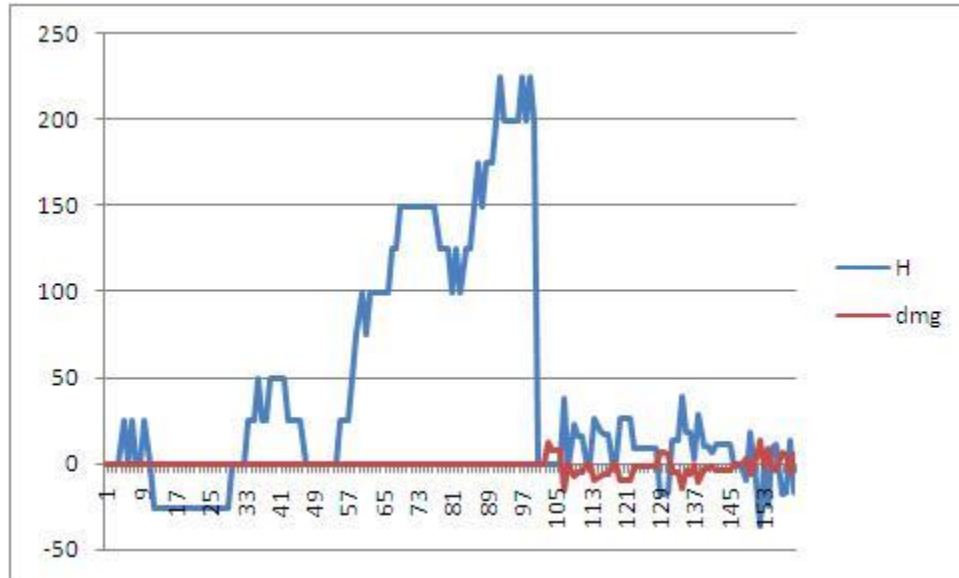


Figura 4.3. Gráfica de dH (azul) y dmg (rojo) para una partida doble

Reporte de resultados: además de los resultados objetivos, se graficaron los resultados obtenidos por medio de la encuesta subjetiva, mismos que también fueron sometidos a un análisis estadístico para su validación. Estos dos conjuntos de resultados mostraron el efecto del algoritmo de ajuste en la dinámica del juego y en la percepción de los participantes.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

El presente capítulo expone los datos que se obtuvieron en los experimentos realizados, así como el procedimiento utilizado para determinar su validez.

De las trece parejas de jugadores que participaron en el experimento, se obtuvieron dos conjuntos de datos. El primero representa la evaluación subjetiva del juego de acuerdo a los participantes, mientras que el otro conjunto está compuesto por las mediciones provistas automáticamente por el programa, de las variables a estudiar: dT , dH , dmg y mov , ya mencionadas con anterioridad.

5.1 Resultados subjetivos

Para cuantificar las medidas subjetivas, se utilizó una escala Likert de 7 puntos. Cada jugador reportó su apreciación del juego en términos de dificultad, frustración, aburrimiento e intención de volver a jugar con este programa.

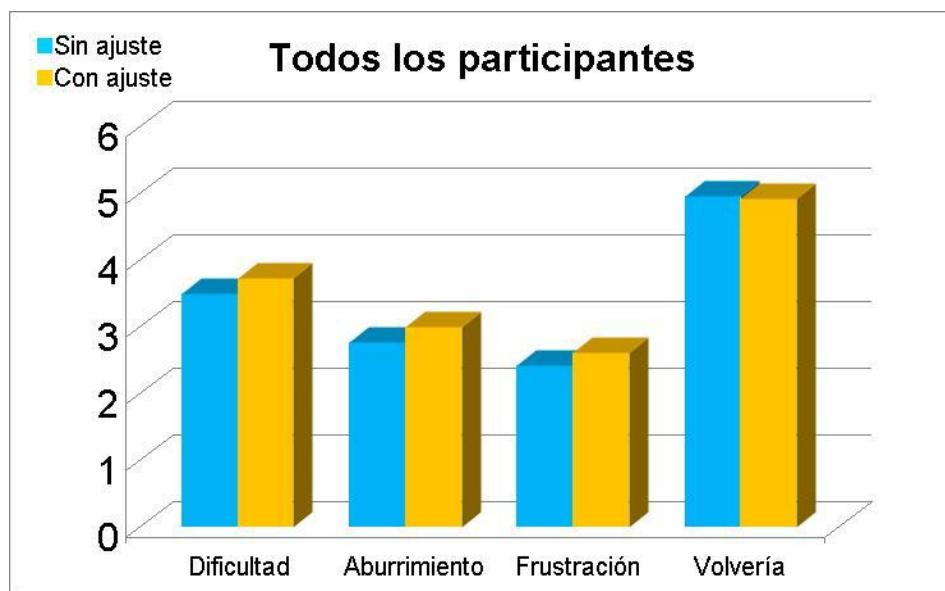


Figura 5.1. Resultados para todos los participantes

La gráfica de la Figura 5.1 muestra los promedios de todas las graduaciones obtenidas en las escalas de Likert para las características mencionadas; primero con el ajuste dinámico desactivado, y posteriormente con el ajuste en funcionamiento, para apreciar visualmente el contraste entre ambas.

Contrario a lo que se esperaba, los participantes reportaron mayor dificultad, frustración y aburrimiento cuando se activaba el algoritmo de ajuste.

Se hizo una comparación similar dividiendo a los participantes en dos conjuntos: expertos y principiantes, de acuerdo a la apreciación personal de sus habilidades, reportada en el cuestionario previo.

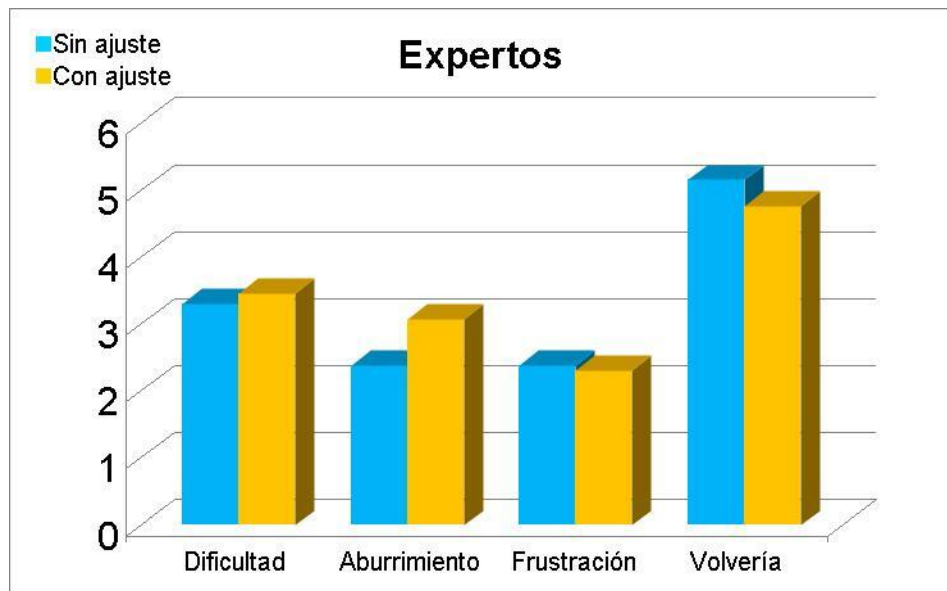


Figura 5.2. Resultados correspondientes a jugadores expertos

Se esperaba que al introducir el ajuste dinámico, los jugadores expertos sintieran menos aburrimiento, lo cual es congruente con lo mostrado en la Figura 5.2. Sin embargo, también puede apreciarse que el juego dinámicamente balanceado los hizo sentir mayor dificultad, frustración y falta de interés en el juego; efectos poco deseables sin duda, pero que no necesariamente invalidan el algoritmo.

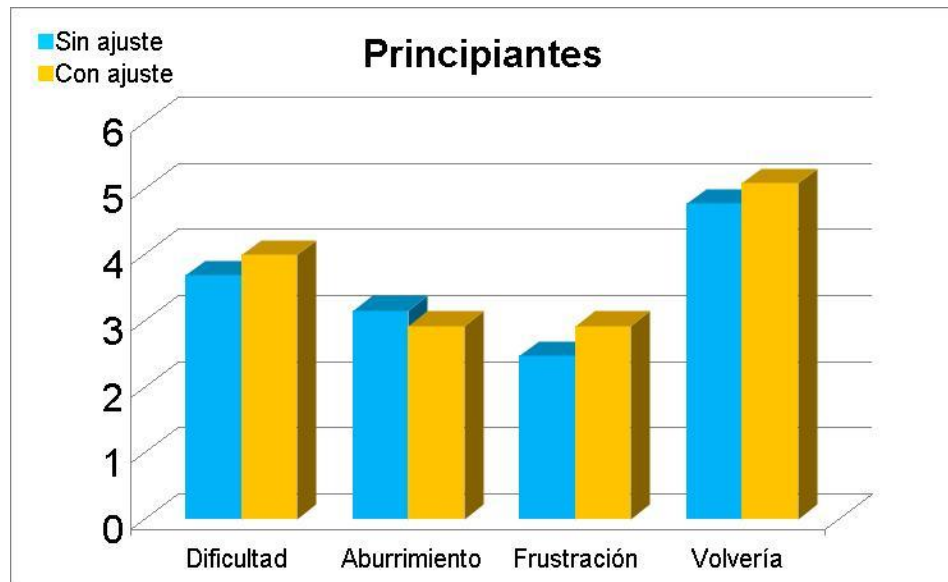


Figura 5.3. Resultados correspondientes a jugadores principiantes

En el conjunto de jugadores con menor habilidad o experiencia, se aprecia un descenso en el nivel de frustración (Figura 5.3), además de un mayor interés en volver a jugar. Sin embargo, también se puede ver que aumenta el nivel de aburrimiento. Este grupo también percibió que el nivel de dificultad aumentaba.

Sin embargo, conocer el contraste entre promedios no es suficiente para determinar si el algoritmo consiguió el efecto deseado, especialmente cuando la diferencia es tan pequeña. Por esto, se realizó un análisis con rangos signados de Wilcoxon para descartar la posibilidad de que la diferencia entre promedios fuera únicamente una casualidad. Sin embargo, el resultado del análisis mostró que esta diferencia no fue significativa, por lo que no puede concluirse que el ajuste automático haya tenido impacto alguno en los participantes, al menos en el marco de los experimentos realizados.

A partir de los datos correspondientes a la totalidad de los jugadores se realizó el procedimiento de Wilcoxon detallado en la sección 2.7, y se obtuvieron valores estadísticos de p (ver Tabla 5.1) para tres de los cuatro rubros estudiados. Ya que este tipo de análisis estadístico implica una reducción impredecible del tamaño de la muestra, los datos asociados al aburrimiento no fueron suficientes para obtener el parámetro correspondiente.

Los valores de p que se ven al final de la tabla, muestran (idealmente p debería ser menor que 0.05 y los datos obtenidos son alrededor de diez veces mayores) que no se puede

suponer una diferencia importante entre las medianas estadísticas de los dos grupos de datos estudiados: con y sin algoritmo de ajuste.

	Dificultad		Frustración		Aburrimiento		Volvería				
	<i>sin</i>	<i>con</i>	<i>sin</i>	<i>con</i>	<i>sin</i>	<i>con</i>	<i>sin</i>	<i>con</i>			
1	1	4	1	4	1	4	7	4			
2	1	1	1	1	1	1	6	6			
3	2	2	1	1	1	1	6	5			
4	3	3	1	1	1	1	7	7			
5	1	5	1	3	7	1	1	1			
6	5	5	4	4	2	2	2	6			
7	2	1	1	4	1	1	6	7			
8	5	5	4	4	1	1	7	7			
9	6	3	1	1	4	5	3	3			
10	2	3	1	1	2	2	4	4			
11	2	2	1	1	1	2	2	3			
12	5	3	1	2	2	2	3	3			
13	2	3	3	2	2	2	6	5			
14	5	6	5	4	4	4	5	6			
15	6	6	2	3	1	3	6	3			
16	3	2	6	1	3	2	6	6			
17	3	3	3	2	2	2	3	4			
18	2	2	2	5	4	4	4	4			
19	4	6	2	1	3	3	5	5			
20	7	5	5	5	3	6	6	5			
21	3	4	4	4	1	1	7	7			
22	5	5	5	5	3	3	5	5			
23	5	5	4	4	4	4	7	7			
24	2	4	3	5	4	6	5	4			
25	5	5	5	5	2	2	5	5			
26	4	4	5	5	3	3	5	6			
W_D	-20		W_F	-26		W_A	-16		W_V	4	
p_D	0.4965		p_F	0.3173		p_A	N.A.		p_V	0.8887	

Tabla 5.1. Valores recabados con el cuestionario.

5.2 Resultados objetivos

Por otra parte, se realizaron algunas gráficas que mostraran el desempeño del algoritmo de ajuste durante el juego. Esta información nos da una idea de cómo está funcionando el algoritmo de ajuste y permite observar directamente su efecto sobre las variables seleccionadas.

La Tabla 5.2 es un ejemplo del tipo de datos que se guardan en un archivo durante cada juego. La primera columna corresponde al número asignado a cada juego. Cada juego puede tener varias partidas, pero para el experimento sólo se buscó registrar dos.

Juego	Partida	ADD	dH	dmg_1-dmg_2	dT	mov_1-mov_2	tiempo
5001	1	0	200	0	-4	0	180
5001	1	0	200	0	-4	0	181
5001	1	0	200	0	0	0	182
5001	1	0	200	0	0	0	183
5001	1	0	200	0	0	0	184
5001	2	1	0	225	0	0	1
5001	2	1	0	7	0	0	2
5001	2	1	0	7	0	0	3
5001	2	1	0	7	0	0	4
5001	2	1	0	7	0	0	5
5001	2	1	0	7	0	0	6
5001	2	1	0	7	0	0	7
5001	2	1	32	-33	-8	8	8
5001	2	1	32	-33	-8	8	9
5001	2	1	32	-33	-8	8	10
5001	2	1	57	-42	-11	11	11
5001	2	1	57	-42	-11	11	12
5001	2	1	82	-51	-13	13	13
5001	2	1	82	-51	-13	13	14
5001	2	1	82	-51	-13	13	15
5001	2	1	82	-51	-13	13	16
5001	2	1	31	-9	0	0	18
5001	2	1	24	-7	0	0	19
5001	2	1	24	-8	0	0	20
5001	2	1	49	-17	-1	1	21
5001	2	1	74	-27	-2	2	22

Tabla 5.2. Sección de un archivo de resultados

En la tercera columna aparece un uno si el ajuste dinámico de dificultad se encuentra activo durante la partida, o un cero en caso contrario. Las siguientes columnas muestran los valores que van tomando las variables a estudiar, y finalmente se reporta el tiempo transcurrido para cada partida en segundos. Los números que aparecen en la tabla corresponden a un rango muy pequeño del total de los datos: se muestran apenas

algunos segundos alrededor del momento en que termina una partida sin ADD y comienza otra, esta vez con el algoritmo de ajuste activado. Puede apreciarse que no hay cambios en dmg_1-dmg_2 y mov_1-mov_2 sino hasta que comienza a operar dicha parte del programa.

Resulta más sencillo ver estos datos en una gráfica. Por ejemplo, en la Figura 5.4 tenemos la gráfica correspondiente a las variables dH y dmg_1-dmg_2 contra el tiempo para el mismo juego de la tabla anterior, es decir, el número 5001.

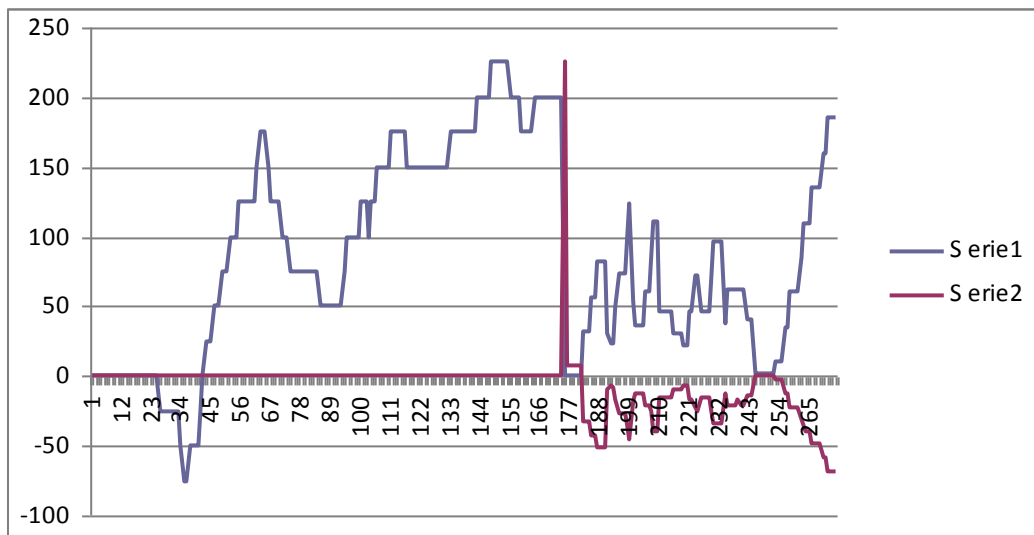


Figura 5.4. Gráfica comparativa de la variable dH

Puede verse que el área bajo la curva de la variable dH (línea azul) es mayor en la primera partida. En cambio, en la segunda partida se aprecia la acción del PID sobre dmg_1-dmg_2 (línea roja), lo que causa que el área bajo la curva dH se reduzca. Al comienzo de la segunda partida aparece un pico en la línea roja. Esto es causado por el cambio brusco de valores en dH que ocurre automáticamente al inicio de cada partida, volviendo a cero, su valor original. Esto causa una respuesta violenta en el controlador PID, pero no tiene efecto alguno sobre el juego.

Para tener una visión más general, se calculó el valor promedio para las columnas de dH y dT en todas las partidas y luego se obtuvo el valor absoluto de estos promedios y se graficaron contra el tiempo. Así obtenemos cuatro gráficas: dT y dH contra el tiempo, con y sin ADD.

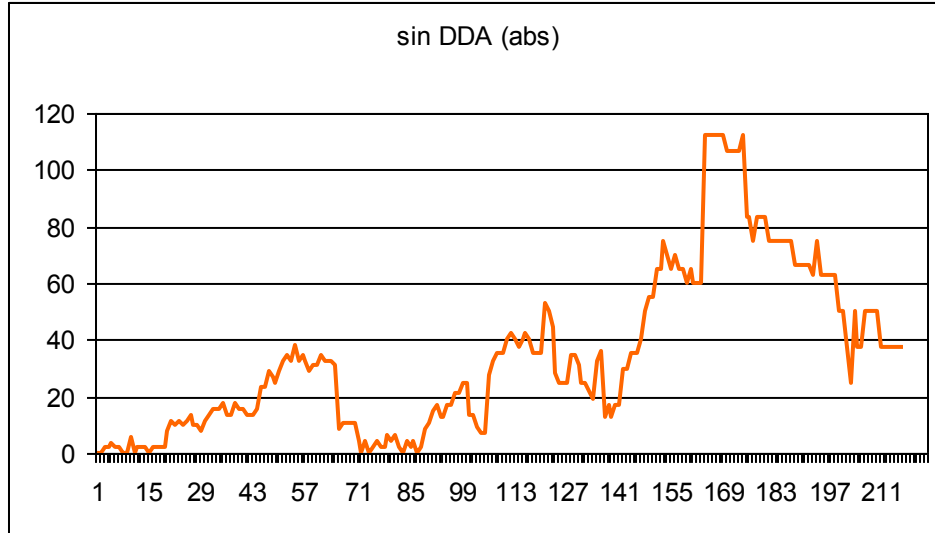


Figura 5.5. Gráfica dH contra tiempo sin ADD

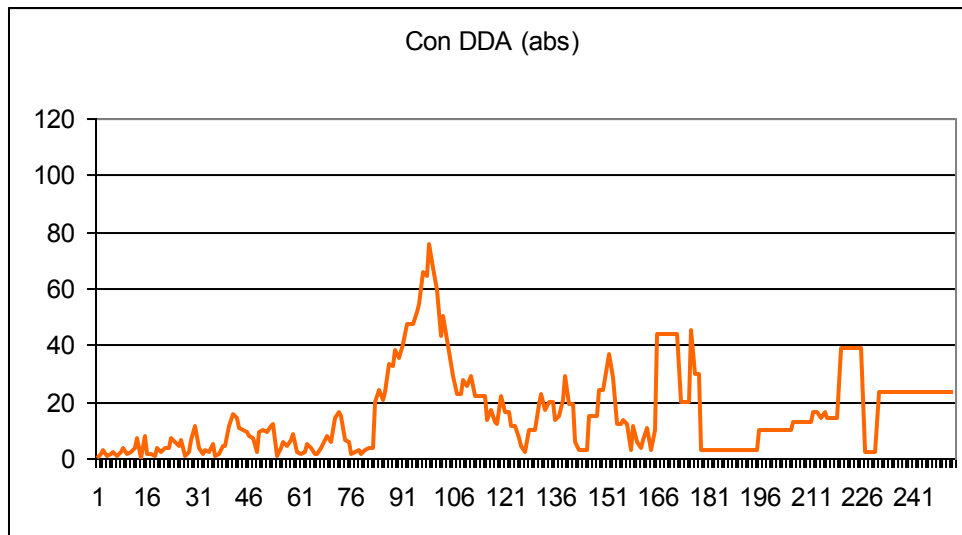


Figura 5.6. Gráfica dH contra tiempo con ADD

En las gráficas asociadas a dH (Figuras 5.5 y 5.6) se puede apreciar una disminución del área bajo la curva. Para el primer caso sin ADD, se tiene un área total de 8508.52 contra 3991.23 del caso con el algoritmo activado. Esto muestra que claramente, la diferencia de puntuaciones entre los jugadores fue menor con el algoritmo funcionando.

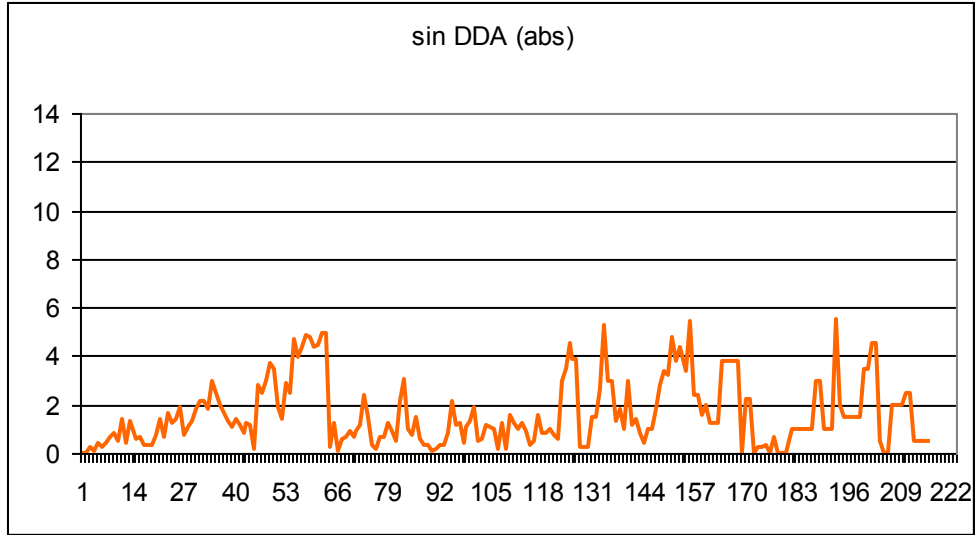


Figura 5.7. Gráfica dT contra tiempo sin ADD

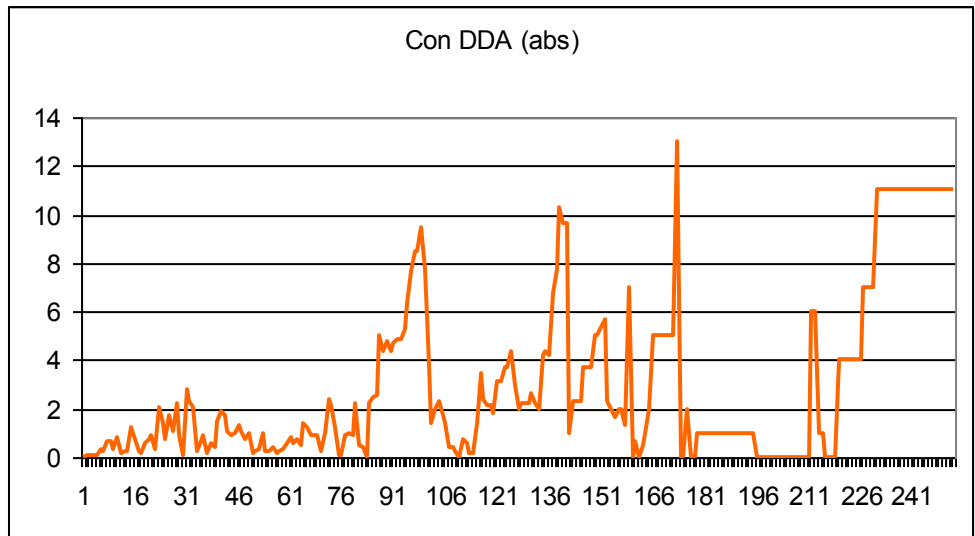


Figura 5.8. Gráfica dT contra tiempo con ADD

Por otro lado, analizando dT contra el tiempo (Figuras 5.7 y 5.8) obtenemos algunos datos que podrían parecer contradictorios, pues el área bajo la curva aumenta al activar el algoritmo cuando en realidad debería disminuir.

5.3 Conclusiones

Sin duda existen amplias posibilidades de mejora para el algoritmo. Con todo, parece necesaria una gran cantidad de experimentos para conocer el efecto de cada modificación

realizada, lo cual dificulta obtener resultados mucho mejores tomando en cuenta los recursos asignados para el presente trabajo.

Una mejora interesante podría ser el habilitar el juego para jugarse en línea. De esta manera, se podría contar con un número mayor de experimentos sin pasar por el proceso de reclutamiento, que es la parte más demandante. Desafortunadamente, no se contaba con esta posibilidad al principio del proyecto, e implementar esta solución ahora requeriría importantes alteraciones en el programa.

Con respecto al funcionamiento del algoritmo, las constantes asociadas a la parte integral y derivativa del PID no muestran efectos importantes. Se esperaba que el proceso de integración añadiera cierta “inercia” al cambio de balance en el algoritmo y que el proceso derivativo evitara cambios bruscos, pero ninguna de las dos características tiene efectos directamente observables durante el juego ni en la apreciación subjetiva de los participantes.

El controlador PID ajusta los parámetros de manera inmediata, de acuerdo al jugador que lleva ventaja en ese mismo instante. Sin embargo, el jugador más hábil es siempre el mismo a lo largo de todo el juego. Si se implementara un algoritmo previo que decida en los primeros segundos del juego quién es ese jugador, podría darse una entrada distinta de cero al PID, de manera que éste diera ventaja al jugador novato durante todo el juego.

Es posible también asegurar un mayor contraste en la habilidad de los jugadores, permitiendo que el más experimentado tenga contacto previo con el juego, dándole oportunidad de familiarizarse con la mecánica, lo que le permitiría tener una mayor pericia en este juego concreto. Esto podría servir para obtener diferencias apreciables en los datos subjetivos.

Los resultados obtenidos no indican que el control asociado a la variable dT haya tenido una influencia favorable en el juego, aunque el desempeño del control de dH sí fue claro y satisfactorio. Vale la pena conservar esta parte del algoritmo, junto con la mecánica del juego que permite mantenerla fuera de la conciencia de los jugadores, ya que ninguno de ellos reportó haber encontrado algo extraño en el juego, a pesar de que se les preguntó explícitamente. Esto significa que no descubrieron ninguna de las tácticas empleadas, por ejemplo que en ocasiones los personajes se movían a distintas velocidades, que los

correspondientes números de impactos necesarios para perder una vida eran diferentes, etc.

En este sentido, podemos considerar que el algoritmo cumple su objetivo primario de balancear las características del programa. En futuros experimentos se puede aumentar el influjo del control de las dos variables modificando las constantes del controlador PID, para verificar si esto influye en los resultados subjetivos.

BIBLIOGRAFÍA

1. GOLDSMITH, Thomas T. et al. (1948). Cathode-Ray Tube Amusement Device. United States Patent Office No. 2,455,992
2. CAREY, Earl John. (2005). Retro Game Programming: Unleashed for the Masses. Boston: Course Technology
3. NOVAK, Jeannie. (2008). Game Development Essentials: An Introduction. 2nd Edition. New York: Delmar Cengage Learning
4. BROWN, Harry. (2008) Videogames and Education. Armonk: M.E. Sharpe
5. MONTFORT, Nick & BOGOST, Ian. (2009). Racing the Beam: The Atari 2600 Platform. Cambridge: MIT Press
6. CERUZZI, Paul E. (2003). History of Modern Computing. 2nd Edition. Cambridge: MIT Press
7. LEVY, Stephen. (2010). Hackers: Heroes of the Computer Revolution. Sebastopol: O'Reilly
8. GRAND, Joe & YARUSSO, Albert. (2004). Game Console Hacking: Xbox, PlayStation, Nintendo, Atari, and Gamepark 32. Rockland: Syngress Publishing
9. WESLEY, David & BARCZAK, Gloria. (2010). Innovation and Marketing in the Video Game Industry. Farnham: Ashgate Publishing Group
10. WINSTON, Brian. (1998). Media Technology and Society: A History from the Telegraph to the Internet. London: Routledge
11. ANDERSON, Craig A. et al. (2007). Violent Video Game Effects on Children and Adolescents : Theory, Research, and Public Policy. Cary: Oxford University Press
12. LE FRANCO, Robert. (1996). Take that, Nintendo. En Forbes. 1996. Vol. 157. pp 96-97
13. GAVIN, Andy. (2011) Making Crash Bandicoot – part 6. (Visitado el 12/01/2012). Disponible en:
<http://all-things-andy-gavin.com/2011/02/07/making-crash-bandicoot-part-6/>
14. STEINBOCK, Dan. (2005). Mobile Revolution: The Making of Worldwide Mobile Markets. London: Kogan Page Ltd.
15. (s/a) (2011). Essential Facts About the Computer and Video Game Industry. Entertainment Software Association

16. CHATFIELD, Tom. (2009). Videogames Now Outperform Hollywood movies. (Visitado el 12/1/2012). Disponible en: <http://www.guardian.co.uk/technology/gamesblog/2009/sep/27/videogames-hollywood>
17. HONICK, Ron & CRAIG, Paul. (2005). Software Piracy Exposed. Rockland: Syngress Publishing
18. JACOBSSON, Sarah. (2010). Government Says Data Estimating Piracy Losses is Unsubstantiated. (Visitado el 12/1/2012). Disponible en: http://www.pcworld.com/article/194203/government_says_data_estimating_piracy_losses_is_unsubstantiated.html
19. SIWEK, Stephen E. (2007). The True Cost of Copyright Industry Piracy to the U.S. Economy. Lewisville: Institute for Policy Innovation
20. POLLACK, Andrew. (1999). Video Game Industry Gathers Under Siege. New York Times. 1999. p. 16
21. GROVES, Betsy McAlister. (2002). Children Who See Too Much: Lessons from the Child Witness to Violence Project. Boston: Beacon Press
22. MCGONIGAL, Jane. (2011). Reality Is Broken. New York: The Penguin Press
23. SAX, Leonard . (2009). Capítulo 3. En Boys Adrift: The Five Factors Driving the Growing Epidemic of Unmotivated Boys and Underachieving Young Men. New York: Basic Books. Págs. 53-72
24. SHAFFER, David Williamson & GEE, James Paul. (2006). How Computer Games Help Children Learn. Gordonsville: Palgrave Macmillan
25. GEE, James Paul. (2003). What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy. Gordonsville: Palgrave Macmillan
26. MICHAEL, David & CHEN, Sandra. (2005). Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform. Boston: Course Technology
27. FLANAGAN, Mary. (2009). Critical Play. Cambridge: MIT Press
28. (s/a) (2005). South Korean Dies After Game Session. BBC News. (Visitado el 24/06/2013). Disponible en <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/4137782.stm>
29. MAFFULLI, Nicola & CAINE, Dennis. (2005). Epidemiology of Pediatric Sports Injuries: Team Sports, Vol. 49. Basel: Karger. Pág. 18
30. BRICK, Nick. (2008). Man Dies After Drinking 10 Liters of Water in Eight Hours. The Telegraph. (Visitado el 24/06/2013). Disponible en: <http://www.telegraph.co.uk/news/uknews/2262683/Man-dies-after-drinking-10-litres-of-water-in-eight-hours.html>

31. MILEHAM, Rebecca. (2008). Powering UP: Are Computer Games Changing Our Lives? Hoboken: Wiley
32. DE AQUINO, Tomás. (2011). Suma de Teología. Madrid: BAC
33. HUIZINGA, Johan. (2000). Homo Ludens: A Study of the Play-Element in Culture. Florence: Routledge
34. ARISTOTLE & CRISP, Roger. (2000). Book IV, chapter 8. En Aristotle: Nicomachean Ethics. Port Chester: Cambridge University Press
35. ANDERSON, Nels. (1998). Work and Leisure. Florence: Routledge
36. <http://buscon.rae.es/drael/>
37. <http://www.merriam-webster.com/dictionary/game>
38. COSTIKYAN, Greg. (1994). I Have No Words and I Must Design. (Visitado el 20/06/2013). Disponible en: <http://www.interactivedramas.info/papers/nowordscostikyan.pdf>
39. SALEN, Katie & ZIMMERMAN, Eric. (2004). Rules of Play. Cambridge: MIT Press
40. LECKY-THOMPSON, Guy W. (2007). Video Game Design Revealed. Boston: Course Technology
41. SNYDER, C.R. & LOPEZ, Shane. (2005). Handbook of Positive Psychology. Cary: Oxford University Press
42. CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. (1990). Flow: the psychology of optimal experience. New York: Harper Perennial
43. BATEMAN, Chris. (2009). Beyond Game Design : Nine Steps Towards Creating Better Videogames. Boston: Cengage Learning.
44. MILLER, Ross (2006). Joystiq Interview: Jenova Chen. (Visitado el 19/06/2013). Disponible en: <http://www.joystiq.com/2006/09/18/joystiq-qanda-jenova-chen/>
45. CHEN, Jenova. Flow in Games: MFA Thesis. (Visitado el 19/06/2013). Disponible en: <http://jenovachen.com/flowingames/thesis.htm>
46. IBAÑEZ, Jesús & DELGADO-MATA, Carlos. (Año de publicación: 2011). Adaptive two-player videogames. En Expert Systems with Applications. Vol 38. Págs. 9157-9163
47. SONI, Vishal. (2008). Fundamentals of Computers. Mumbai: Global Media
48. (s/a) (s/f). Simple DirectMedia Layer. (Visitado el 19/06/2013). Disponible en: <http://www.libsdl.org/index.php>
49. OGATA, Katsuhiko. (2003). Ingeniería de Control Moderna. Madrid: Pearson.

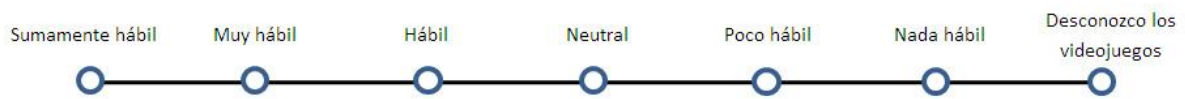
50. TRIOLA, Mario. (2004). Estadística. México, D.F.: Pearson
51. Buela-Casal, G., Sierra, J.C., 1997. Manual de Evaluación Psicológica: Fundamentos, Técnicas y Aplicaciones. Siglo XXI, Madrid
52. PAZERA, Ernest. (2002). Focus on SDL. Independence: Premier Press

ANEXO 1

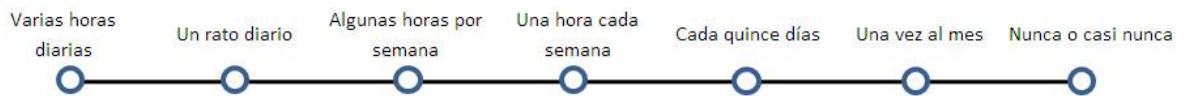
Cuestionario previo para evaluar la experiencia con videojuegos de cada participante.

Nombre _____ Edad _____

1. ¿Qué tan hábil eres para los videojuegos?



2. ¿Con qué frecuencia sueles jugar?

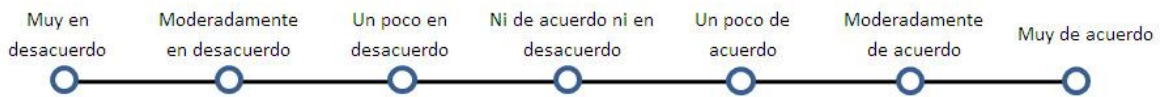


ANEXO 2

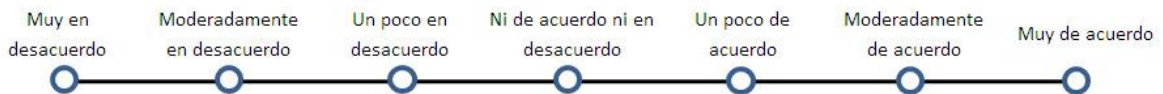
Cuestionario para evaluar la percepción del jugador.

Nombre _____

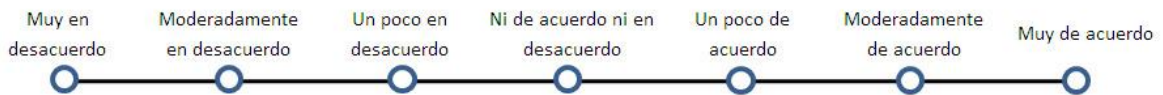
1. Me resulta difícil ganar en este juego.



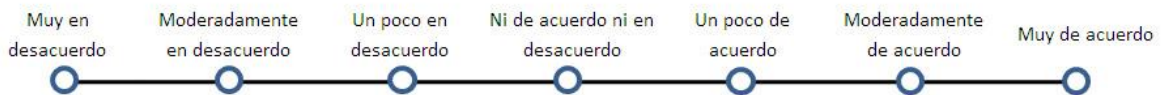
2. Este juego me produce frustración.



3. Me aburrí jugando.



4. Me gustaría volver a jugar este juego.



5. ¿Notaste algo extraño en la mecánica o en el funcionamiento del juego?

