

Tesis defendida por
Iván Zavala Ibarra
y aprobada por el siguiente comité

Dr. Jesús Favela Vara
Director del Comité

Dr. José Antonio García Macías
Miembro del Comité

Dr. Luis Alejandro Márquez Martínez
Miembro del Comité

Dr. José Antonio García Macías
Coordinador del programa de
posgrado en Ciencias de la
Computación

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales
Director de la Dirección de Estudios
de Posgrado

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA**



**Programa de Posgrado en Ciencias
de la Computación**

**JUEGOS AMBIENTALES PARA LA MEDICIÓN OPORTUNA DE
FACTORES ASOCIADOS A LA FRAGILIDAD**

Tesis

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el
grado de Maestro en Ciencias

Presenta:

Iván Zavala Ibarra

Ensenada, Baja California, México, Febrero de 2013

Resumen de la tesis de Iván Zavala Ibarra, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la computación

JUEGOS AMBIENTALES PARA LA MEDICIÓN OPORTUNA DE FACTORES ASOCIADOS A LA FRAGILIDAD.

Resumen aprobado por:

Dr. Jesús Favela Vara
Director de Tesis

El envejecimiento poblacional se ha convertido en un fenómeno social relevante en la medida en que se ha generalizado a nivel global, debido a la disminución de la tasa de fertilidad y al incremento de la esperanza de vida. Todo esto ha ocasionado un incremento de padecimientos propios de la edad como el llamado de síndrome de fragilidad, el cual es un concepto relevante en el campo de la medicina geriátrica y que puede definirse como la aparición de algunos de los siguientes factores en un individuo: disminución de la velocidad de marcha, disminución de la fuerza de prensión, baja actividad física, entre otros. El concepto de fragilidad permite englobar una serie de padecimientos que determinan el estado funcional en los adultos mayores y prevenir estados de dependencia o incluso la muerte.

Con la llegada de los llamados videojuegos ambientales, los cuales incorporan nuevas formas de interacción, se ha cambiado la percepción que se tienen de los juegos tradicionales y ha propiciado el surgimiento de nuevas clases de jugadores. Existe evidencia de que un número creciente de adultos mayores participa activamente en sesiones de videojuegos.

El presente trabajo aborda el diseño e implementación de 6 juegos ambientales con el propósito de medir factores asociados al síndrome de la fragilidad tales como: fuerza de prensión, fatiga y velocidad de marcha. Como parte del proceso de desarrollo, se diseñó e implementó un dispositivo de interacción para medir y utilizar la fuerza de prensión en la dinámica de los juegos.

Se realizaron evaluaciones de carácter formativo con los juegos para conocer la percepción de uso y la factibilidad de la toma de mediciones. Los resultados demuestran que es factible la medición de estos factores por medio de videojuegos.

Palabras clave: **juegos ambientales, juegos serios, síndrome de fragilidad, fuerza de prensión**

Abstract of the thesis presented by Ivan Zavala Ibarra as a partial requirement to obtain the Master of Science in degree in master in science with orientation computer science.

Ambient video games for the early measurement of frail related factors.

Abstract approved by:

Dr. Jesus Favela Vara

Aging has become an increasingly relevant social phenomenon as it becomes prevalent worldwide, due mostly to of the decrease of the fertility rate and an increase in life expectancy. This has caused an increment in age-related illnesses like the so called frailty syndrome, which is a relevant concept in the field of geriatrics and can be defined as the appearance of several of the following factors in an individual: reduced gait speed, reduced grip strength, low physical activity, among others. The concept of frailty covers a series of illnesses that determines the functional state of the elders with the purpose of preventing dependency states or even death.

With the arrival of the ambient video games, which incorporate new models of interaction, the perception of the traditional video games has been changing and has led to the emergence of a new class of players. There is evidence that an increasing number of older adults actively participate in video game sessions.

The present work addresses the design and implementation of six ambient video games with the purpose of measuring frailty related factors such as: grip strength, muscle fatigue and gait speed. As a part of the process of development, an interaction device was designed and implemented to measure and use grip strength during game play.

Formative evaluations were performed with the purpose of assessing the perception of use and the feasibility of the measuring factors associated with frailty. The results show that the measurement of these factors is feasible through the use of videogames.

Keywords: ambient videogames, serious games, frailty syndrome, grip strength.

Dedicatorias

A mis padres, por todo el apoyo brindado

Agradecimientos

A Dios por permitirme cumplir este ciclo de mi vida.

A mi familia por su paciencia y apoyo constante.

A mi asesor de tesis, Dr. Jesús Favela Vara por su paciencia, sus consejos y su tiempo brindado a lo largo de la realización de este trabajo.

A los miembros del comité, Dr. José Antonio García Macías y Dr. Luis Alejandro Márquez Martínez por sus valiosos consejos, observaciones y el tiempo dedicado.

A los compañeros del departamento por brindarme su ayuda a lo largo de esta experiencia.

Al personal del ISSSTE y al personal de la Unidad de Atención a Grupos Vulnerables de Ensenada por abrir las puertas para la realización de este trabajo.

Al Ing. René Torres por su colaboración y buena disposición, al permitirme acceso al laboratorio de electrónica y prestar su ayuda técnica.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme su apoyo económico.

Tabla de contenido

	Página
Resumen español.....	i
Resumen inglés.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Lista de figuras.....	v
Lista de tablas.....	vi
1. Introducción	1
1.1. Envejecimiento.....	1
1.2. Los juegos ambientales.....	3
1.3. Planteamiento del problema.....	5
1.4. Preguntas de investigación.....	6
1.5. Objetivo general y específico.....	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	7
1.6. Metodología de la investigación.....	7
1.7. Organización de la tesis.....	8
2. . Fragilidad y otros síndromes geriátricos.....	10
2.1. Introducción.....	10
2.2. Fragilidad.....	10
2.2.1 Valoración de la fragilidad.....	12
2.3. Sarcopenia.....	12
2.4. Dinapenia.....	16
2.5. Fuerza de prensión.....	18
2.6. Fatiga muscular.....	19
2.7. Movilidad y velocidad de marcha.....	21
2.8. Resumen.....	22
3. Los videojuegos y los adultos mayores.....	22
3.1. Introducción.....	22
3.2. La definición de juego.....	22
3.3. Clasificación de los juegos.....	25
3.3.1. Juegos serios.....	25
3.3.2. Juegos casuales.....	26
3.3.3. Los juegos ubicuos o “pervasivos”.....	28
3.3.4. Juegos ambientales.....	29
3.4. “ <i>Embodied interfaces</i> ”.....	31
3.5. “ <i>Gamification</i> ”.....	34
3.6. Los videojuegos y los adultos mayores.....	36
3.7. Trabajo previo relevante de juegos serios aplicados a la salud.....	37
3.8. Resumen.....	39
4. Diseño de los juegos.....	40

4.1.	Introducción.....	40
4.2.	Caso de estudio.....	40
	4.2.1. Participantes.....	40
	4.2.2. Protocolo de intervención.....	41
	4.2.3. Observaciones generales.....	42
	4.2.4. Discusión del grupo focal.....	42
4.3.	Diseño de una interfaz de interacción.....	44
4.4.	La confiabilidad del uso de sensores de consolas para propósitos de salud.....	49
4.5.	Metodología del diseño de juegos.....	51
4.6.	Arquitectura general para interacción de juegos.....	52
4.7.	Diseño de los primeros juegos.....	57
4.8.	Juego para medir fuerza de prensión y fatiga: "Fire alert".....	59
4.9.	Juego para medir fuerza de prensión: clon de "Angry birds".....	63
4.10.	Juego para medir movilidad y velocidad de marcha: "Jewel Hunter".....	66
4.11.	Juego para medir actividad física: "Active Birds".....	72
4.12.	Resumen.....	74
5.	Evaluación y resultados.....	75
	5.1. Introducción.....	75
	5.2. Estimación de fuerza muscular.....	75
	5.3. Control vs dinamómetro clínico.....	76
	5.4. Evaluación de los juegos.....	79
	5.4.1. Evaluación preliminar (juegos iniciales).....	79
	5.4.2. Evaluación del juego "Fire alert".....	79
	5.4.3. Mediciones de la fatiga en el juego: "Fire alert"....	81
	5.4.4. Percepción de uso del juego: "Fire alert".....	83
	5.4.5. Evaluación del juego clon de: "Angry birds".....	84
	5.4.6. Medición de fuerza con el juego de "Angry birds".....	84
	5.4.7. Percepción de uso del juego "Angry birds".....	86
	5.4.8. Estimación de velocidad de marcha.....	87
	5.4.9. Evaluación cualitativa del juego "Jewel Hunter"....	88
	5.4.10. Evaluación cuantitativa del juego "Jewel Hunter".....	89
	5.4.11. Evaluación del juego "Active Birds".....	92
	5.4.12. Resumen.....	92
6.	Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro.....	93
	6.1. Conclusiones.....	93
	6.2. Aportaciones.....	94
	6.3. Trabajo futuro.....	95
	Referencias bibliográficas.....	98
	Apéndice A. Formatos de entrevistas a usuarios.....	106

Lista de figuras

Figura 1. Crecimiento de la población.	2
Figura 2. Envejecimiento demográfico en México	3
Figura 3. Descripción de la metodología	7
Figura 4. La prueba de “ <i>Timed Up and Go</i> ”	15
Figura 5. Diagrama para la estimación de sarcopenia	16
Figura 6. Algoritmo clínico de decisión para dinapenia	18
Figura 7. Uso del dinamómetro clínico para valoración de fuerza	19
Figura 8. Medidas de una prueba de fatiga	20
Figura 9. Prueba de distancia	22
Figura 10. <i>Pulse!!</i> , un juego serio desarrollado para propósitos de entrenamiento	26
Figura 11. Jugador interactuando con el ambiente real en un juego ubicuo	29
Figura 12. <i>Osmos</i> , un juego ambiental desarrollado por <i>Hemisphere Games</i>	30
Figura 13. Usuario utilizando el Wii mote	32
Figura 14. Representación del espacio del jugador	34
Figura 15. Sesión de juego del grupo focal	42
Figura 16. Concepto inicial de la interfaz de interacción	45
Figura 17. Formato del paquete de salida	46
Figura 18. Diagrama a bloques del transmisor de la interfaz	47
Figura 19. Diagrama a bloques del receptor de la interfaz	48
Figura 20. Implementación del dispositivo de interacción	48
Figura 21. Usuario utilizando el dispositivo de interacción	49
Figura 22. Uniones accesibles mediante el SDK del sensor Kinect	50
Figura 23. Hardware del <i>Kinect</i> y <i>Balance board</i>	51
Figura 24. Proceso de diseño “ <i>play céntrico</i> ”	52
Figura 25. Diagrama de emplazamiento de la arquitectura para los juegos en <i>ActionScript</i>	55
Figura 26. Diagrama general de secuencia del dispositivo de interacción desarrollado	57
Figura 27. Boceto preliminar del juego de billar	58
Figura 28. Interfaz del juego de billar	58
Figura 29. Juego del ave	59
Figura 30. Concepto preliminar del juego “ <i>Fire alert</i> ”	60
Figura 31. Pantalla inicial del juego “ <i>Fire alert</i> ”	60
Figura 32. Jugador cargando agua	61
Figura 33. Jugador apagando fuegos	62
Figura 34. Concepto inicial del mini juego de exprimir	63
Figura 35. Mini juego de exprimir la naranja	63
Figura 36. Interfaz del clon de “ <i>Angry Birds</i> ”	64
Figura 37. Pantalla del juego clon de “ <i>Angry Birds</i> ” utilizando el control desarrollado	66

Figura 38. Concepto preliminar del juego “ <i>Jewel Hunter</i> ”	67
Figura 39. Personajes del juego “ <i>Jewel Hunter</i> ”	68
Figura 40. Diagrama de emplazamiento del juego “ <i>Jewel Hunter</i> ”	69
Figura 41. Pantalla del juego “ <i>Jewel Hunter</i> ”	71
Figura 42. Pantalla con los objetivos del juego “ <i>Jewel Hunter</i> ”	71
Figura 43. Posibles resultados después de una sesión del juego “ <i>Jewel Hunter</i> ”	72
Figura 44. Pantalla del juego “ <i>Active Birds</i> ”	73
Figura 45. Personajes que intervienen en el juego “ <i>Active Birds</i> ”	74
Figura 46. Procedimiento seguido en las evaluaciones	76
Figura 47. Correlación entre el dinamómetro clínico y el electrónico	78
Figura 48. Adultos participando en los juegos	79
Figura 49. Gráfica de comparación entre el dinamómetro clínico y el juego	81
Figura 50. Gráfica de fuerza a través del tiempo en el juego de “ <i>Fire alert</i> ”	82
Figura 51. Gráfica de fuerza en otra sesión de juego de “ <i>Fire alert</i> ”	83
Figura 52. Adulto participando en el juego clon del “ <i>Angry birds</i> ”	84
Figura 53. Fuerza a través del tiempo en una sesión del clon de “ <i>Angry birds</i> ”	85
Figura 54. Fuerza a través del tiempo del juego clon de “ <i>Angry birds</i> ”, segunda versión	86
Figura 55. Usuario adulto mayor participando en el juego “ <i>Jewel Hunter</i> ”	88
Figura 56. Usuario probando el juego “ <i>Jewel Hunter</i> ”	90
Figura 57. Gráfica de velocidad vs. tiempo en el juego “ <i>Jewel Hunter</i> ”	91
Figura 58. Patrón seguido en una sesión de juego	91

Lista de tablas

Tabla 1. Datos obtenidos con la medición de fuerza	77
Tabla 2. Valores obtenidos en la sesión de juego de “ <i>Fire alert</i> ”	81

Capítulo I. Introducción

1.1 Envejecimiento

El envejecimiento es, sin duda, uno de los mayores problemas sociales y económicos a los que se enfrenta la sociedad moderna. Gracias a los avances en materia de salud pública, las tasas de mortalidad disminuyen y las personas viven más tiempo. Las actuales mejoras en los servicios de drenaje y potabilización del agua, el control más eficiente de los alimentos y la aparición de medicamentos más eficaces han impactado positivamente en la esperanza de vida de las sociedades actuales.

Por otra parte el umbral de la vejez se ha venido retrasando. Tras una larga vida sana llega una etapa de vejez temprana cada vez más prolongada y con cada vez mayores perspectivas de salud que finalmente concluyen en periodos agudizados de enfermedad y deterioro funcional, mismos que preceden a la muerte. Es así como las sociedades modernas enfrentan un grave reto: dar solución a las necesidades de un número creciente de individuos debilitados por la edad y en muchos casos dependientes.

Se ha estimado que para el 2030 más de 50 países tendrán al menos 20% de su población dentro del sector de adultos por encima de los 65 años y, de acuerdo a la división de población de las Naciones Unidas, se pronostica que 1 de cada 5 personas estará en el grupo de 65 años para el 2035 (Garrido-Latorre, 2000).

Para los países desarrollados también este es un tema de vital importancia, ya que existe un mayor porcentaje de población de la tercera edad, en algunos casos sobrepasando el de la población infantil (Kinsella y Wan, 2009) (Figura 1); por lo tanto, existe la preocupación, por parte de los gobiernos, de brindar los servicios de salud, vivienda y ocupaciones que requiere este sector de la población.

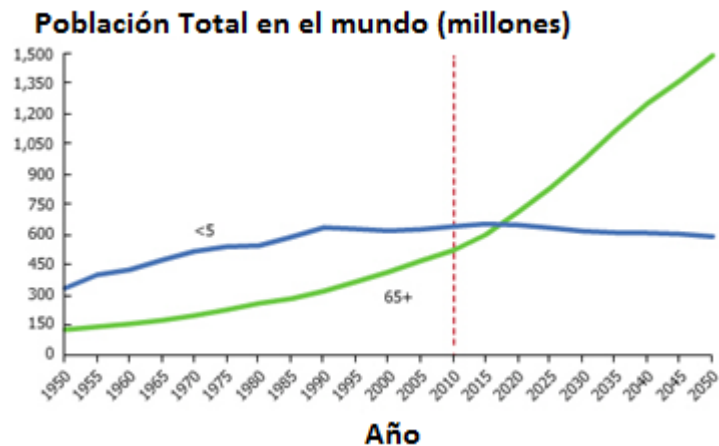


Figura 1. Crecimiento de la población. Traducida de (<http://www.mhealthtalk.com/2011/06/the-world%E2%80%99s-population-is-aging-%E2%80%93-rapidly/>).

En México, la situación se proyecta de manera similar: los aumentos en la esperanza de vida y descensos en la fertilidad, donde el índice de fertilidad descendió de 3 a 2.1 en 30 años, han ocasionado un envejecimiento demográfico más pronunciado. Según datos del CONAPO, actualmente residen en nuestro país 8.5 millones de personas mayores de 60 años; para el 2030 se espera que esta cifra aumente a 20.7 millones, en tanto que para la mitad de este siglo se esperan proyecciones de 33.8 millones (Gutiérrez-Robledo *et al.*, 2010); por lo tanto, México perderá la forma piramidal de la distribución de la población, característica de una demografía joven, para el 2030, tomando una forma trapezoidal predominantemente adulta (CONAPO, 2010) (Figura 2).

Por todo lo anterior se puede decir que el envejecimiento de la población representa uno de los principales retos sociales y económicos que enfrenta la sociedad moderna. Los avances en materia de tecnologías de la información y comunicaciones ofrecen la posibilidad de aligerar estos problemas con acciones como: asistir adultos mayores vulnerables o discapacitados proporcionando medios para su independencia; monitorear la salud y mejorar la condición del adulto; crear mecanismos para fomentar la comunicación entre los familiares y amigos del adulto mayor.

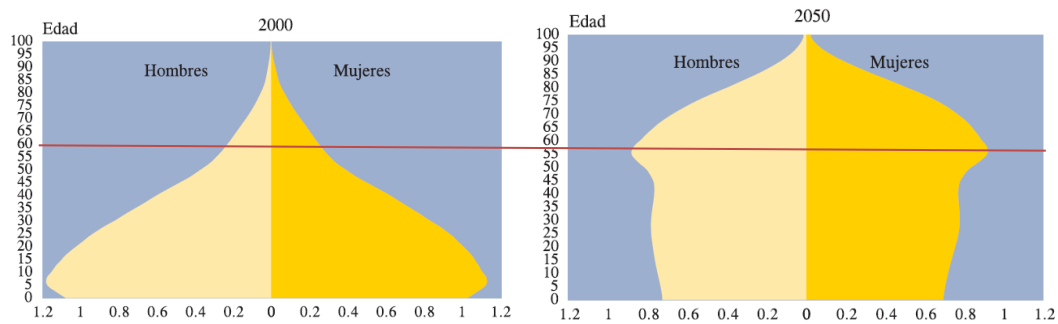


Figura 2. Envejecimiento demográfico en México (Gutiérrez-Robledo *et al.*, 2010).

Actualmente, gracias a los continuos progresos tecnológicos, vivimos rodeados de dispositivos dotados con capacidad de procesamiento. Esta abundancia de capacidades de cómputo y comunicación ha dado lugar a un nuevo paradigma de interacción denominado cómputo móvil y ubicuo o inteligencia ambiental. Este paradigma puede ser de gran utilidad como apoyo al adulto mayor, ya que puede aplicarse en la provisión autónoma de servicios de monitorización y asistencia, incluyendo la supervisión de su estado físico, el cuidado preventivo de su salud, el tratamiento de sus enfermedades, etc. (Augusto *et al.*, 2012). Dichos aspectos se engloban dentro de un nuevo campo de investigación denominado “*pervasive healthcare*” (en español “salud ubicua”) (Bardram, 2008).

1.2 Los juegos ambientales

En los últimos años han surgido nuevas percepciones con respecto al proceso de envejecimiento. Por un lado, la demanda de servicios públicos de salud y el incremento de enfermedades crónico-degenerativas han orillado a las instituciones públicas a promover políticas que fomenten la adopción de un rol más proactivo en los pacientes. Programas como “envejecimiento activo”, propuesto por el IMSS en su plan gerontológico Nacional (Gutiérrez-Robledo *et al.*, 2010) plantean la necesidad de optimizar las oportunidades de bienestar físico, mental y emocional a través de la participación social y productiva de los adultos mayores aún después de la jubilación, esto con el fin de retardar los periodos de dependencia y mejorar su calidad de vida. Una manera de lograr esto es adaptar herramientas tecnológicas ya

existentes o bien desarrollar herramientas específicamente diseñadas para prevenir o tratar posibles impedimentos y enfermedades asociadas con la edad, así como para promover su actividad física. Una de las posibles soluciones es la utilización de videojuegos enfocados a problemas de salud. Hay investigaciones previas que muestran que existen beneficios en el uso de estos sistemas en el combate a problemas de atención, desarrollo de habilidades motrices, mejora en enfermedades de deterioro cognoscitivo, en la mejora de tiempos de reacción y la resolución de problemas (Clark *et al.*, 1987) (Drew *et al.*, 1986).

Sin embargo, el uso de la dinámica de juegos para propósitos prácticos, más allá del mero entretenimiento, no es tan reciente. Probablemente fue Clark Abt (Abt, 1970), el primero en definir el concepto de “Juegos serios”, los cuales define como una clase de juegos pensados con un cuidadoso propósito de educar o entrenar y no simplemente entretener, sin llegar a excluir su componente lúdica. En la actualidad, el uso de video juegos es un tema de interés para el desarrollo de aplicaciones en el área de salud, principalmente utilizados en actividades de rehabilitación, como en el caso de pacientes con parálisis cerebral o terapias motrices destinadas a pacientes en recuperación (Jannink *et al.*, 2008).

Por otra parte, los juegos ambientales, que introducen innovadoras formas de interacción a través dispositivos de interacción natural, han encontrado un nicho importante en el sector de los adultos mayores (Jung *et al.*, 2009). La incorporación de los movimientos corporales en la dinámica de los juegos, como en el caso de los “*exergames*”, introducidos en las consolas comerciales como “*Wii sports*” o “*Dance dance revolution*”, unido a la facilidad de adaptar estas actividades a los hábitos de los usuarios, han propiciado su uso en aplicaciones beneficiosas para el estado físico y mejoras en la salud (Gamberini, 2008).

1.3 Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas en el cuidado y atención de los adultos mayores es el diagnóstico de su estado físico. Dentro de los medios para identificar el deterioro en la capacidad funcional en un adulto mayor y, por lo tanto, el aumento de su dependencia, se utiliza el concepto de fragilidad, término que permite englobar los síntomas del deterioro funcional de un individuo en oposición a la robustez. El concepto surge como una forma más completa para describir la situación de los adultos mayores. Algunos estudios han definido a la fragilidad como un síndrome clínico en donde tres o más criterios están presentes: pérdida no intencional de peso, síntomas de agotamiento, fuerza de prensión disminuida, velocidad lenta al caminar y baja actividad física (Fried *et al.*, 2001). En algunas publicaciones se hace énfasis en la generación de indicadores de fragilidad o índices de fragilidad como una medida para cuantificar en qué estado se encuentra el adulto mayor y si es necesaria alguna intervención.

Por otra parte, para el diagnóstico de la fragilidad en los adultos mayores, es posible conocer algunos parámetros que permitan medir el grado de deterioro asociado al índice de fragilidad, a través de distintos tipos de evaluaciones existentes. Estas son, principalmente, un conjunto de pruebas que ayudan a saber si la persona necesita de alguien más para desenvolverse en su vida diaria. Estos métodos son más bien cualitativos y dependen de la apreciación del observador, además de que pueden ser tediosos para los adultos mayores, ya que se ha observado que buscan terminar lo más rápido posible este proceso (Loredo, 2011).

Los dos parámetros principales observados en los adultos mayores con síndrome de fragilidad son los trastornos de la marcha y el deterioro en la fuerza muscular del brazo. Es posible medir ambos parámetros utilizando dispositivos sensores implantados en el cuerpo (Darwish *et al.*, 2011) y al mismo tiempo motivar la participación de los adultos mayores incorporando estos dispositivos en la mecánica de juegos, utilizando formas de interacción más natural. Aún si este enfoque fuera menos preciso que un estudio realizado en ambientes controlados, al utilizarse con

más frecuencia, este puede ser igual o más efectivo (Loredo, 2011). Por otra parte, las pruebas llevadas a cabo en laboratorios, o por medio de entrevistas, tienen la desventaja de tener poca validez ecológica, ya que alejan al paciente de su ambiente natural y además se apoyan, para su evaluación, en encuestas aplicadas al adulto mayor.

1.4 Preguntas de investigación

Las principales preguntas que motivan la realización de este trabajo son las siguientes: ¿qué parámetros clínicos asociados a la fragilidad pueden medirse utilizando juegos serios? y ¿cómo pueden incorporarse a la dinámica de juegos, formas de interacción que permitan diagnosticar síntomas asociados al envejecimiento? Para responder estas preguntas, se establecieron otras más específicas:

- ¿Qué tipo de juegos resultan atractivos para los adultos mayores?
- ¿Qué clase de dispositivos sensores pueden utilizarse para la medición de los parámetros clínicos asociados a la fragilidad?
- ¿De qué maneras se puede evaluar el uso y la utilidad de un juego para la detección de parámetros asociados a la fragilidad?
- ¿Qué tecnologías son las más adecuadas para implementar un juego que permita la interacción física y la medición de parámetros asociados a la fragilidad?

1.5 Objetivo General y específico

Las oportunidades que ofrecen los juegos serios y el uso de los dispositivos de interacción natural aplicados a la salud motivan los objetivos del presente trabajo, como se indica a continuación.

1.5.1 Objetivo general

Diseñar y evaluar uno o más juegos así como dispositivos de interacción que permitan asistir en la detección y diagnóstico de síntomas asociados a la fragilidad.

Para cumplir este objetivo, se definen los siguientes objetivos específicos:

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar un caso de estudio que permita identificar los requerimientos y criterios de diseño de un juego destinado a adultos mayores.
- Investigar qué parámetros asociados a la fragilidad pueden ser medidos utilizando dispositivos de interacción en videojuegos.
- Diseñar y evaluar un dispositivo de medición que se pueda incorporar a la mecánica de un juego.
- Diseñar e implementar un juego que incorpore los dispositivos diseñados.
- Hacer una evaluación del juego con un grupo de adultos mayores para determinar su utilidad en la detección de los factores mencionados.
- Analizar los resultados obtenidos de la evaluación del juego y los dispositivos diseñados. Comparar con métodos tradicionales utilizados para medir estos factores.

1.6 Metodología de la investigación

Con el propósito de alcanzar los objetivos antes descritos, se propone la siguiente metodología de la investigación:

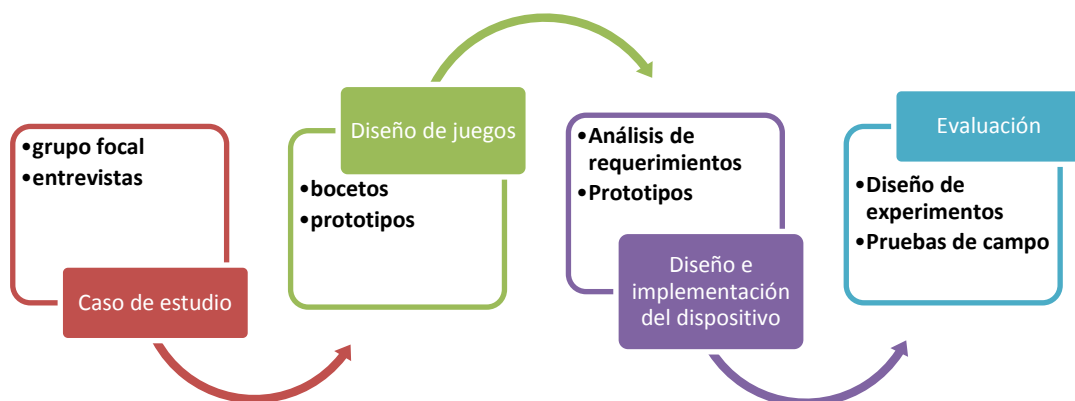


Figura 3. Descripción de la metodología.

- Caso de estudio: Se participó en un grupo focal con el fin de identificar elementos de diseño para delinear los aspectos del juego, lo cual se complementó con una revisión de la literatura acerca de temas relacionados con síndromes geriátricos como la fragilidad.
- Diseño e implementación de juegos: Esta etapa consistió en el análisis de requerimientos y el desarrollo de prototipos que permitieran experimentar el concepto de los juegos propuestos así como los dispositivos de interacción.
- Diseño e implementación de un dispositivo de interacción: Esta etapa consistió en el diseño e implementación de un dispositivo que pudiera utilizarse para medir la fuerza de prensión y al mismo tiempo permitir la interacción del usuario con el juego.
- Evaluación de los juegos: En esta etapa se evaluó la funcionalidad de los juegos propuestos y viabilidad de este tipo de sistemas en un ambiente cotidiano.
- Análisis de resultados: Finalmente se analizaron los resultados obtenidos en la evaluación y se obtuvieron las conclusiones pertinentes sobre el estudio.

1.7 Organización de la tesis

Este trabajo de tesis se compone de seis capítulos, los cuales se describen a continuación.

En el Capítulo II se presenta un panorama general acerca de los síndromes geriátricos de interés y formas de obtener mediciones utilizando procedimientos clínicos tradicionales.

En el Capítulo III se describen los juegos ambientales, los conceptos manejados en la literatura acerca de las características de los juegos. También se hace una descripción de los dispositivos de interacción comerciales y se menciona el nuevo paradigma de interacción mediante el uso de las llamadas “*embodied interfaces*” o interfaces “figuradas” en el presente trabajo.

En el Capítulo IV se describe la implementación de los sistemas, los algoritmos usados y el proceso que se siguió para su desarrollo. Asimismo se hace una descripción del hardware diseñado para hacer las pruebas.

En el Capítulo V se describe la evaluación de los juegos. Se presentan las características de la población en la que se probó, el escenario utilizado y los resultados obtenidos. Por último se discuten los resultados obtenidos en la evaluación.

Finalmente, en el Capítulo VI se ven las conclusiones y aportaciones del trabajo, en función de las evaluaciones y el objetivo planteado. Se brinda información acerca del posible trabajo futuro para posibles mejoras en el presente trabajo.

Capítulo II. Fragilidad y otros síndromes geriátricos

2.1 Introducción

El envejecimiento poblacional se ha convertido en un tema relevante conforme se ha tornado en un fenómeno global, gracias en buena medida a la casi universal disminución de la tasa de natalidad y al incremento de la esperanza de vida. Como resultado de esto, países como México han incrementado su esperanza de vida pero, para muchos, a precio de una prolongación de la dependencia, un incremento de la debilidad y la discapacidad, prolongando la muerte y ocasionando que más y más ancianos demanden de mayores atenciones tanto de las personas allegadas como de servicios que subsanen los padecimientos derivados de la vejez. Todo esto ha propiciado la aparición de padecimientos propios de la edad como el síndrome de fragilidad, el cual es un concepto relevante en el campo de la medicina geriátrica.

En este capítulo se presentan algunos conceptos clínicos relacionados al síndrome de fragilidad, necesarios para definir las formas de valoración tradicionales empleadas en el campo de la investigación y la práctica clínica.

2.2 Fragilidad

El envejecimiento humano es un fenómeno universal e inevitable. Una de sus características fundamentales es la pérdida de la reserva funcional, la cual condiciona a los organismos a una mayor vulnerabilidad ante las agresiones o el estrés y supedita su capacidad de respuesta para combatir estas agresiones y lograr la estabilidad del individuo. Con los años, los individuos se hacen más proclives de sufrir esta pérdida de función, caer en discapacidad y dependencia a medida que se va perdiendo esta reserva funcional (Campbell y Buchner, 1997). Otra característica del envejecimiento es su heterogeneidad, que resulta de interacciones complejas entre los factores genéticos y ambientales, llevando a una variación individual en la edad fisiológica que no coincide necesariamente con la edad cronológica, la presencia de la llamada comorbilidad (el efecto de una

enfermedad o varias enfermedades causadas por otra enfermedad primaria) y la discapacidad (Rockwood *et al.*, 2005).

Uno de los conceptos más usados en la actualidad dentro del campo de la geriatría es, sin duda, el término de fragilidad. Desde principios del siglo, el número de publicaciones referentes a este padecimiento se ha venido incrementado de manera importante y es, por tanto, uno de los términos de moda en investigación médica geriátrica. Aunque en la literatura figuran algunas propuestas para su definición formal, dicho término permanece esquivo a un estándar universalmente aceptado dejando en su lugar varias definiciones basadas en reglas, que de cumplirse dan una idea de un probable caso de fragilidad. Dicho lo anterior, algunos trabajos concuerdan en que se puede considerar a la fragilidad como un síndrome geriátrico resultado de declives acumulativos relacionados con la edad afectando múltiples sistemas fisiológicos y una reducción en la capacidad del organismo para soportar el estrés y, por lo tanto, incrementando la vulnerabilidad para presentar resultados adversos de salud, como caídas, que pueden tener como consecuencia la hospitalización e incluso la muerte (Rockwood, 2000).

En el trabajo de Fried (Fried *et al.*, 2001), el cual es uno de los referentes más socorridos en las publicaciones, se identifica una definición basada en aspectos físicos fácilmente identificables, donde tres o más de estas características soportan el diagnóstico de fragilidad:

- Pérdida de peso involuntaria (4.5 Kg. o más por año).
- Sensación de agotamiento general.
- Debilidad (medida por fuerza de prensión).
- Lenta velocidad al caminar (basados en una distancia de 5 m).
- Bajo nivel de actividad física.

Como la fragilidad involucra una serie amplia de aspectos con frecuencia se confunde o se traslapa con otros síndromes geriátricos que se verán más adelante. El concepto de fragilidad va más allá de factores físicos para cubrir aspectos

fisiológicos e incluso dimensiones emocionales y psicológicas, incluyendo el estado cognitivo y otros factores ambientales (Cruz-Jentoft *et al.*, 2010).

2.2.1 Valoración de la fragilidad

Para la valoración del anciano se utilizan varios instrumentos y escalas para medir su grado de dependencia. En los últimos años se han propuesto numerosos criterios para diagnosticar la fragilidad. Todos coinciden en la importancia de la función de la movilidad como punto de entrada hacia la fragilidad. Entre los muchos marcadores de fragilidad propuestos se repite con frecuencia la fuerza de prensión. La fuerza de prensión puede ser un buen indicador de fragilidad. La pérdida de la fuerza de prensión se asocia con el incremento de la edad cronológica pero además es un excelente marcador de discapacidad y morbimortalidad (término clínico para referirse a aquellas enfermedades causantes de muerte en determinadas poblaciones) (Al Snih *et al.* 2004). Sin embargo, muchos trabajos enfatizan que si se hubiera de optar por un único marcador para llevar a cabo un diagnóstico de fragilidad en la práctica clínica, probablemente sería la velocidad de marcha (Cruz-Jentoft *et al.*, 2010). La reducción en la velocidad de marcha es una manifestación preclínica de fragilidad física, lo cual permite una intervención oportuna sobre el anciano frágil antes de que se produzca la discapacidad.

2.3 Sarcopenia

En 1989, el Dr. Irwin Rosenberg propuso el término sarcopenia (del griego 'sarx' carne y 'penia' pérdida, pérdida o pobreza de carne). El término, al igual que el caso de fragilidad, se ha vuelto un concepto importante en el campo de la geriatría aunque todavía existan algunas discrepancias en cuanto a su definición formal. El grupo europeo de trabajo sobre sarcopenia en adultos mayores (EWGSO), un conglomerado de instituciones dedicadas a la salud en adultos mayores, realizó un esfuerzo para establecer una definición clínica práctica y un consenso para el criterio de diagnóstico de dicho padecimiento. La sarcopenia es pues definida como "un síndrome caracterizado por la progresiva y generalizada pérdida de masa muscular esquelética y fuerza con un riesgo de presentar resultados adversos de

salud, tales como discapacidad física, pobre calidad de vida y la muerte” (Cruz-Jentoft *et al.*, 2007, p. 413). Esta disminución de masa muscular provoca una disminución en la fuerza y la función muscular que están involucradas en la discapacidad en el anciano (Goodpaster *et al.*, 2006). La sarcopenia incrementa el riesgo de caídas, de fracturas y aumenta la vulnerabilidad a las lesiones y, consecuentemente, puede ser causa de dependencia funcional en el adulto mayor. Como se mencionó anteriormente, otros síndromes como la sarcopenia forman parte del síndrome del anciano frágil, llegando a empalmarse. La mayoría de los ancianos frágiles padecen sarcopenia y algunos de los ancianos sarcopénicos son también adultos frágiles.

La sarcopenia es una condición con muchas causas y diferentes resultados (Cruz-Jentoft *et al.*, 2010). Sin embargo, en la literatura existe una forma de clasificar a los pacientes en función de los síntomas presentados. Por ejemplo, se les llama pre-sarcopénicos a los pacientes que presentan poca masa muscular sin presentar impacto alguno sobre la fuerza muscular o el desempeño físico. El estado sarcopénico se presenta cuando el paciente presenta, además de poca masa muscular, también poca fuerza muscular o bajo desempeño físico. La sarcopenia severa es el estado culminante y se presenta cuando los tres criterios anteriores están presentes, dejando al paciente en riesgo de sufrir alguna discapacidad o caer en dependencia.

Para poder estimar si un paciente está en vías de convertirse en sarcopénico, los médicos tienen que evaluar la cantidad de masa muscular y su función. Las variables que se evalúan aquí son: masa, fuerza y desempeño físico. Algunas técnicas para la valoración física involucran:

- Masa muscular: Existen algunas técnicas para la apreciación de la masa muscular, algunas más convenientes que otras ya que existe un compromiso entre el costo y la precisión. Algunas de las más relevantes son: imagen por resonancia magnética (MRI), la cual es muy precisa pero es la más costosa y además requiere de instalaciones especiales, lo que limita su uso a análisis

de rutina en ambientes clínicos; la absorciometría por rayos X (DXA) es una opción similar aunque no expone a los pacientes a radiaciones excesivas y permite analizar la grasa infiltrada en los tejidos, su único inconveniente es que el equipo utilizado no es portátil; finalmente, la bioimpedanciometría (BIA) representa la opción más viable para estimaciones ambulatorias o investigación ya que el equipo utilizado es relativamente sencillo, económico y es fácilmente desplazable, sin embargo, tiene como inconveniente que sus mediciones dependen de factores externos como la hidratación corporal que pueden introducir errores en la valoración.

- Fuerza muscular: Aunque se ha reconocido que la fuerza en las extremidades inferiores es más determinante que las extremidades superiores para la estimación de la velocidad de marcha y la funcionalidad física, la fuerza de prensión se ha utilizado ampliamente y se sabe que se correlaciona muy bien con la velocidad de marcha (Lauretani *et al.*, 2003). Sin embargo, también se ha reportado que factores no relacionados con el músculo como la motivación o problemas cognitivos también pueden afectar este tipo de mediciones.
- Desempeño físico: En este rubro entran pruebas como la velocidad de la marcha y la batería de pruebas de desempeño físico ("*Short Physical Performance Battery*"), la cual evalúa balance, marcha, fuerza y resistencia examinando la habilidad del paciente para pararse en distintas posiciones como de lado a lado, semi tandem (con la punta de un pie tocando el costado del talón en el otro) y tándem (con la punta de un pie tocando el extremo del talón en el otro) ; el tiempo que toma el caminar 3 metros, el tiempo que toma pararse y regresar de una silla ("*Timed get Up and Go*") (Figura 4).

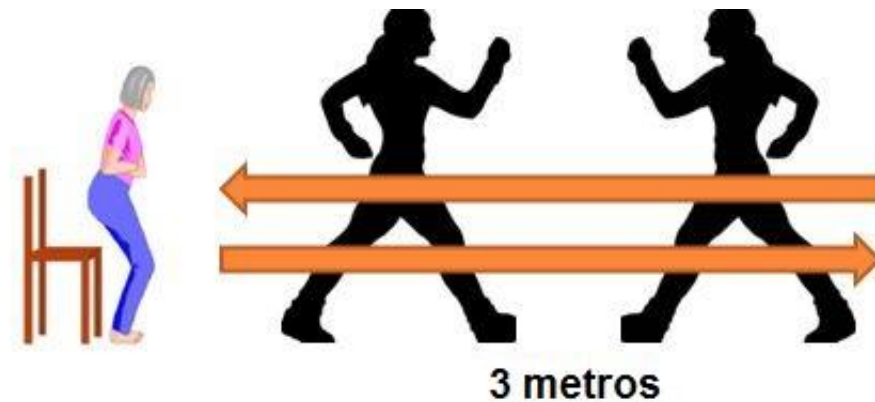


Figura 4. La prueba de “*Timed Up and Go*”. Traducida de (<http://rehabmed.blogspot.mx/2011/09/falls-in-elderly-how-to-assess-their.html>).

En un esfuerzo por realizar un consenso de medición, el EWGSO estableció un criterio práctico para clasificar a los pacientes sanos de los que padecen sarcopenia. La figura 5 muestra este algoritmo de decisión. En este se puede apreciar que el principal criterio utilizado para estimar la funcionalidad física es, además de la edad, la velocidad de marcha. Si la velocidad es inferior a una media normal, el criterio pasa a evaluar la fuerza de prensión. La posibilidad de conocer la condición del anciano antes de que ocurran consecuencias clínicas de importancia, que pueden incidir gravemente en la calidad de vida del paciente, posibilita a los médicos geriatras a establecer tratamientos adecuados para su recuperación. En la literatura figura que tratamientos con anabolizantes, una mejor dieta y, principalmente, ejercicios a base de resistencia permiten restablecer en buena medida la condición física y funcional del paciente con este padecimiento (Sumukadas, 2010).

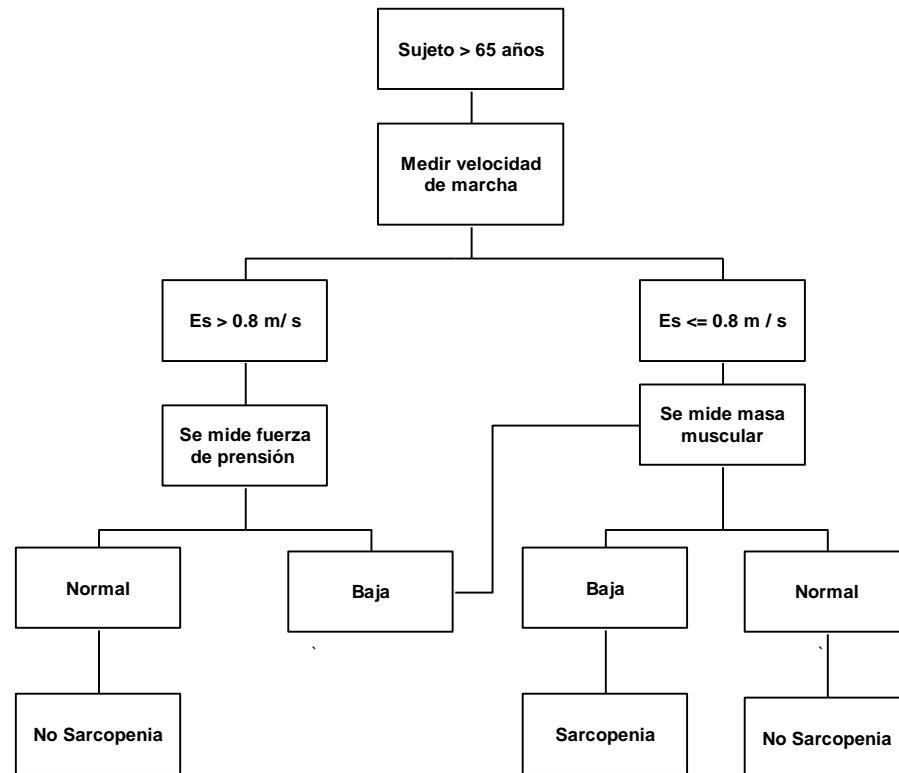


Figura 5. Diagrama para la estimación de sarcopenia (traducido de Cruz-Jentoft *et al.*, 2010).

Según estadísticas de trabajos previos, la prevalencia de sarcopenia entre adultos entre los 60-70 años está reportada entre un 5-13%, mientras que su prevalencia entre los adultos de 80 años o más oscila entre 11 y el 50% (Iannuzzi-Sucich *et al.*, 2002). Como ya se mencionó, se espera que para el 2025 las personas mayores de 60 años superen los 1.2 billones y los 2 billones para el 2050, por lo que se espera que la sarcopenia afecte a más de 200 millones de personas en un futuro muy próximo.

2.4 Dinapenia

Aunque el término sarcopenia actualmente goza de cierto reconocimiento en el ámbito geriátrico, este se originó como una forma de explicar la pérdida de masa muscular como resultado de la edad. En las primeras publicaciones, en donde se pretendía encontrar una definición para esta condición (Rosenberg, 1989), el rasgo particular observado junto a la pérdida de fuerza muscular, principal responsable de

la pérdida de funcionalidad, era la pérdida de masa muscular. Estas consideraciones supusieron un vínculo de causalidad entre la pérdida de la masa muscular relacionada con la edad y la pérdida de la fuerza muscular. Sin embargo, existe evidencia de que la pérdida de fuerza muscular es el factor crítico para mantener la funcionalidad física, la movilidad y vitalidad (Visser *et al.*, 2005) y un mejor predictor de la discapacidad y mortalidad (Newman *et al.*, 2006).

Clark *et al.* (2008) propuso el término “dinapenia” para referirse a la pérdida de fuerza relacionada con la edad. Basado en el análisis de la literatura, estos autores argumentaron que muchos de los estudios del envejecimiento ofrecen evidencia de la disociación entre la pérdida de la masa muscular y la fuerza. Además, el uso de sustancias anabólicas tales como la hormona del crecimiento y la testosterona parecían mejorar el crecimiento del músculo pero fallaban en proveer las mismas ganancias en fuerza y, finalmente, cambios en la masa del músculo y los cambios en la fuerza, como resultado de alteraciones en la actividad física no seguían el mismo curso de tiempo. Por lo tanto, se sugiere que las ganancias en fuerza no están del todo relacionadas con factores asociados a la capacidad del músculo en sí mismo, sino que se deben a otros factores fisiológicos y neurológicos también.

La dinapenia puede ser diagnosticada usando un algoritmo práctico de decisión propuesto por Manini *et al.* (2012) (Figura 6). Este algoritmo empieza valorando algunos factores de riesgo, por ejemplo, si la edad supera los 60 años. Después utiliza la fuerza de prensión y finalmente una prueba de fuerza de extensión de rodilla. Si el paciente pasa cualquiera de estas pruebas se considera que no padece sarcopenia, en caso contrario, se trata de un paciente con dinapenia que puede llegar a ser severa o moderada. Una vez diagnosticada lo que procede es averiguar si se trata de causas relacionadas con la calidad del músculo o puede atribuirse a factores neurológicos (Clark *et al.*, 2008).

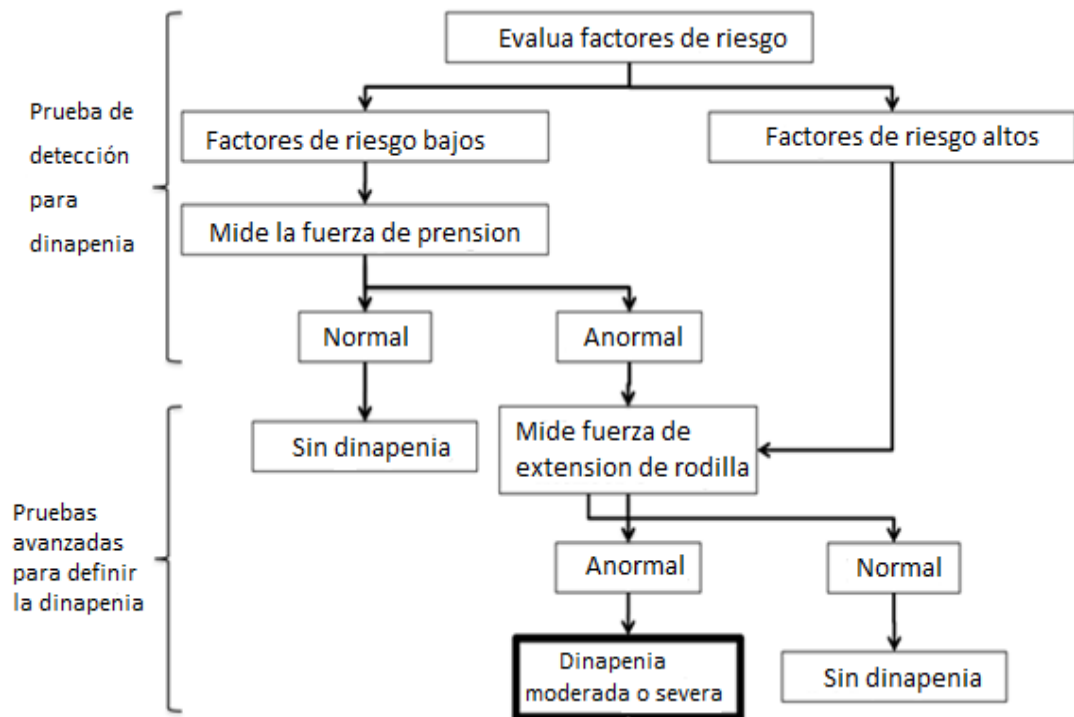


Figura 6. Algoritmo clínico de decisión para dinapenia (traducido de Manini *et al.*, 2012)

2.5 Fuerza de prensión

Ya se ha mencionado que la fuerza de prensión se correlaciona fuertemente con la fuerza de las extremidades inferiores, el torque de la extensión de rodilla y el área de la sección transversal de la pantorrilla. Un bajo desempeño en la fuerza de prensión es un marcador clínico de movilidad pobre y un mejor predictor para resultados clínicos adversos que la sola masa muscular (Lauretani *et al.*, 2003). En la práctica clínica, también se ha reportado que existe una relación lineal entre la fuerza de prensión y la incidencia de discapacidades para realizar las actividades de la vida diaria (Al Snih *et al.*, 2004). Esto indica que las medidas de fuerza en diferentes partes del cuerpo están correlacionadas por lo que se sugiere que un estudio de la fuerza de prensión puede ser un sustituto confiable para mediciones más complicadas de la fuerza muscular en antebrazo o las piernas. Por otra parte, aunque las mediciones de fuerza en la piernas se consideran más efectivas para predecir resultados en la funcionalidad física, estos estudios pueden no ser posibles en estudios largos o en la práctica clínica ya que requieren de cierta experiencia por

parte del participante y el uso de equipo potencialmente incómodo, mientras que la medición de la fuerza de prensión es un sustituto simple, confiable y barato de estas mediciones y un predictor válido de la discapacidad física y limitación de movilidad (Sallinen *et al.*, 2010). El procedimiento convencional para llevar a cabo estas mediciones es indicar al paciente para que sujete el dinamómetro, emplazando el brazo en ángulo recto, apoyando la base en la palma, colocando los dedos en la manija y luego motivar al paciente para que apriete el dinamómetro con la máxima fuerza posible, la cual debe ser sostenida por 5 segundos tres veces en cada mano (Figura 7). Las cantidades medidas en cada mano son promediadas.



Figura 7. Uso del dinamómetro clínico para valoración de fuerza. Tomada de (<http://www.topendsports.com/testing/tests/handgrip.htm>).

2.6 Fatiga muscular

Otro importante aspecto relacionado con el síndrome de la fragilidad y el declive físico es la sensación de fatiga. La fatiga muscular es definida como la habilidad para producir esfuerzo muscular de manera sostenida (Bautmans *et al.*, 2005). Por otro lado, la fatiga muscular ya fue explorada como un factor relacionado con el síndrome de fragilidad (Theou *et al.*, 2008). De hecho, según este trabajo, la fatiga muscular puede ser considerada como un mejor indicador para la valoración funcional en el adulto mayor que incluso la fuerza muscular debido a que muchas de las actividades de la vida diaria, un término referido a actividades instrumentales que las personas hacen de manera cotidiana como bañarse, vestirse, trabajar, etc., requieren un esfuerzo muscular sostenido sobre un periodo de tiempo en lugar de la

aplicación de un esfuerzo máximo (Katsiaras *et al.*, 2005). Unido a lo anterior, un pobre desempeño en la resistencia a la fatiga muscular puede explicar la sensación de fatiga, el cual es considerado un predictor de discapacidad en sujetos pre frágiles (Avlund *et al.*, 2002) e incluso mortalidad (Avlund *et al.*, 2003). La fatiga muscular es un fenómeno complejo que puede ser causado por muchos factores incluyendo aspectos psicológicos. Puede ser evaluada utilizando instrumentos para medir la autopercepción de fatiga (Schultz-Larsen *et al.*, 2007) o bien puede ser medida a través de una medición directa. El desempeño en la fuerza de prensión ya fue identificado como cercanamente relacionado con la autopercepción de fatiga y en la literatura ya figura una propuesta de método para evaluar la resistencia del músculo con sujetos de edad avanzada midiendo la máxima contracción voluntaria (MVC) con un dinamómetro (Bautmans *et al.*, 2005). Usualmente este tipo de mediciones son tardadas dado que el músculo requiere de cierto tiempo para recuperarse, por lo tanto, en este tipo de pruebas se opta por el uso del estímulo verbal para motivar la cooperación del paciente y poder así obtener su máximo desempeño (Soo *et al.*, 2012). Bautmans *et al.* propone un método sencillo para evaluar fatiga muscular. En este procedimiento, el paciente es instruido a realizar una MVC utilizando un dinamómetro para después sostener este nivel de fuerza el mayor tiempo posible. El tiempo desde que se aplica la máxima fuerza hasta cuando esta cae al 50% del máximo es la resistencia del músculo a la fatiga (Figura 8).

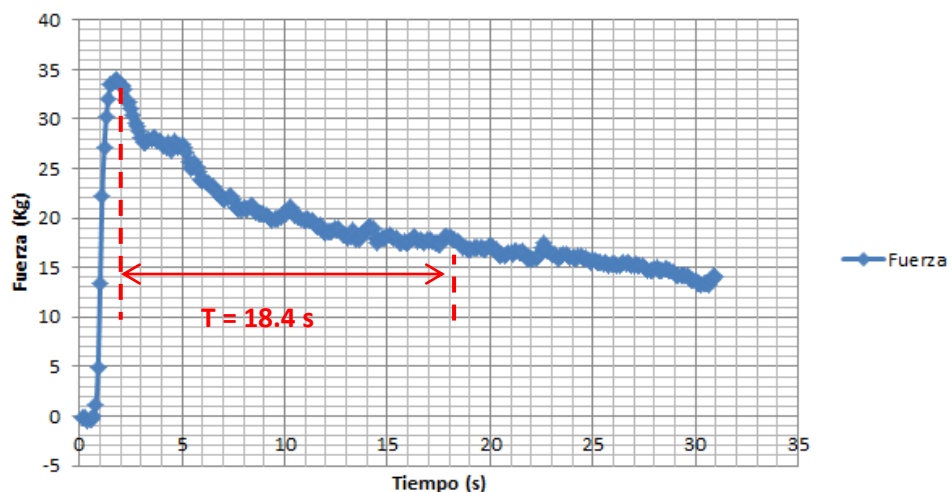


Figura 8. Medidas de una prueba de fatiga

2.7 Movilidad y velocidad de marcha

Como parte de la valoración practicada para el diagnóstico del síndrome de fragilidad, se deben realizar una serie de evaluaciones al paciente, cada una de las cuales destinada a detectar diferentes aspectos del paciente. Estas evaluaciones comprenden cuatro aspectos (Loredo, 2011): físico, psíquico-afectivo, social y funcional, en donde este último proporciona información sobre el nivel de funcionalidad en actividades de la vida diaria. El estudio sobre la actividad física es importante en los adultos mayores ya que proporciona información muy útil para conocer el estado de la persona. Especialmente, el análisis de la marcha es un claro indicador para determinar la posible fragilidad, como lo indican algunos trabajos previos (Cruz-Jentoft *et al.*, 2010). Instrumentos como el Tinetti (Vaught, 2001) proponen algunas pruebas de valoración utilizando escalas para estimar la marcha y el balance. Sin embargo, estos resultados utilizando instrumentos y escalas se apoyan en la visión subjetiva del médico y el puntaje obtenido, que determina la condición física del adulto mayor, depende del particular punto de vista del geriatra. Las pruebas estándar que figuran en algunos trabajos establecen que el paciente debe recorrer una distancia de 6 metros lo más rápido posible (Figura 9). En este caso, el tiempo registrado es el indicador buscado, mismo que puede compararse con cantidades de referencia ya establecidas. Por ejemplo, a través de estudios previos ya se ha establecido que un tiempo de marcha de 0.8 m/s es un indicador de un paciente en estado frágil y posiblemente con sarcopenia. En otros trabajos se indica que el recorrido debe realizarse por 6 minutos, tratando de cubrir la mayor distancia posible (Steffen *et al.*, 2002).

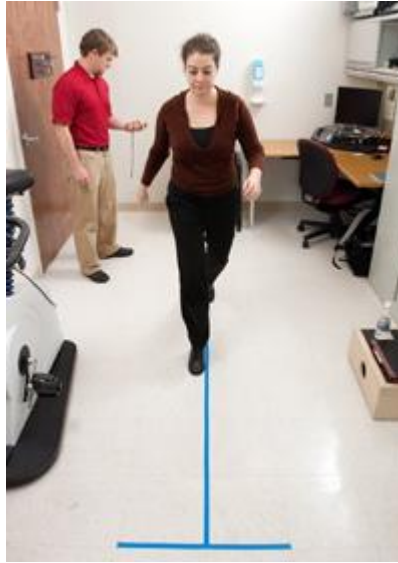


Figura 9. Prueba de distancia. Tomada de (<http://www.stjude.org/stjude/v/index.jsp?vgnextoid=94f5b171627df110VgnVCM1000001e0215acRCRD&vgnnextchannel=ccd135619b6df110VgnVCM1000001e0215acRCRD>).

2.8 Resumen

En este capítulo se describen algunos conceptos relacionados al síndrome de fragilidad empezando con el de fragilidad, uno de los temas de moda en el campo de medicina geriátrica y que está ganando cada vez mayor difusión, no sólo en el ámbito de la investigación sino también en la práctica clínica. Posteriormente se describe el concepto de sarcopenia, un síndrome relacionado con el de fragilidad y que está adquiriendo atención en el ramo. Después definimos a la dinapenia, un concepto emergente y que cuenta ya con algunas publicaciones importantes avalando el término. Finalmente, se describieron algunos parámetros clínicos importantes para la valoración clínica y el diagnóstico de estos padecimientos como la fuerza de prensión, fatiga muscular y velocidad de marcha.

Capítulo III. Los videojuegos y los adultos mayores

3.1 Introducción

Sin lugar a dudas los juegos tienen poder. El poder para enseñar, entrenar y para educar. Tienen el poder para reunir a la gente, jóvenes y adultos. Los juegos tienen el poder de mantener y promover la salud (Michael y Chen, 2005). Los juegos han existido desde la formación de las sociedades, más viejos que la cultura misma, como lo describe el célebre libro del antropólogo Johan Huizinga (Huizinga, 1971), en el cual se argumenta que incluso existe una función biológica en el juego, ya que lo podemos observar expresado hasta en las sociedades más primitivas.

Por otra parte, los juegos de video son la expresión más moderna del concepto de juego. Millones de personas usan estos videojuegos a diario y es justo decir que actualmente estos constituyen una de las tecnologías de la información más ampliamente extendidas en el mundo. Pueden representar llamativas combinaciones de arte, tecnología, interactividad y una forma sutil de entretener por medio de historias, plasmadas en la forma de sistemas de software. Actualmente también han llamado la atención de diversas disciplinas de investigación desde las ciencias de la computación, humanidades, y las ciencias sociales en general. La forma muy particular de interacción entre las personas y las tecnologías de la información que posibilitan estos juegos, los hacen un objeto de estudio interesante y relevante para el campo de investigación de la interacción humano-computadora.

3.2 La definición de juego

Un juego es un concepto elusivo, fácil de percibir e identificar pero difícil de definir. Según Clark Abt (1970), un juego reducido a su forma más esencial, es una actividad entre uno o más tomadores de decisiones independientes tratando de alcanzar sus objetivos en algún contexto delimitado. Otra forma más convencional de definirlo es decir que es un contexto con reglas entre los adversarios tratando de lograr sus objetivos. Esta definición, algo simplista, proporciona alguna noción, sin embargo, no todos los juegos cuentan con dos adversarios con intereses opuestos

sino que también existen juegos en donde los jugadores deben cooperar para lograr sus objetivos, además claro, de juegos en donde un solo jugador toma las decisiones en función de retos presentados.

Por otro lado, algunos autores toman el concepto de juego establecido por Huizinga. Este describe seis características que puede tener un juego:

1. Debe ser voluntario, una expresión de libertad.
2. Se debe pretender: el juego no transcurre en la vida real.
3. Es inmersivo: se requiere la atención completa del jugador.
4. Transcurre dentro de ciertos límites de tiempo y espacio.
5. Está basado en reglas.
6. Es social: promueve la interrelación de los jugadores

Estas características describen a la mayoría de los juegos, pero existen ciertas clases de juegos que incumplen una o dos de esas características, como se verá más adelante. En comparación, Jesper Juul (Juul, 2005, p. 7), uno de los investigadores más en boga en materia de videojuegos, establece otra definición: "Un juego es un sistema basado en reglas con resultados variables y cuantificables, el jugador ejerce un esfuerzo en orden de influenciar el resultado, mientras que las consecuencias de la actividad son opcionales y negociables". Esta definición pone énfasis en el esfuerzo o reto inherente en estos sistemas, ya que el propósito de todo juego es estimular el interés de los jugadores introduciendo un elemento de conflicto o desafío. Otro elemento que parece importante según Raph Koster (Koster, 2004), es que todo juego debe ser divertido, es decir, si este ha de ser voluntario debe ejercer alguna clase de atracción y provocar gusto en el jugador, aunque si bien es cierto, existen clases de juegos en donde la diversión pasa a un segundo término. Ampliando lo anterior, uno podría preguntarse qué es en realidad diversión, ya que incluso el concepto de juego ha propiciado discusiones filosóficas para su definición e incluso el filósofo alemán Ludwig Wittgenstein atribuyó como imposible de definir a dicho término. El concepto de diversión no parece muy distante de esa percepción. Uno de los esfuerzos para clarificar este punto es el

trabajo de Nicole Lazzaro (Lazzaro, 2004), presidenta de *XEODesign*, una empresa dedicada al estudio de la experiencia de uso de los jugadores, en donde se realizó un estudio con 30 adultos mayores con la intención de averiguar qué emociones motiva el uso de los juegos y por qué estos resultan tan atractivos. Como resultado de esta investigación Lazzaro estableció cuatro criterios o “claves” para entender la emoción experimentada en los juegos. Estas son:

- *Hard fun*: Se refiere a las emociones que son generadas a partir del reto, la estrategia, la resolución de problemas. Los jugadores que disfrutan de superar obstáculos, ganar habilidad y además tienen resistencia a la frustración entran en esta categoría.
- *Easy Fun*: En esta categoría se encuentran los jugadores que disfrutan de la intriga, curiosidad, que gustan de explorar, descubrir, resolver misterios. Los juegos que explotan este tipo de experiencias tratan de sorprender y empujar al jugador a ver nuevas opciones hasta el final.
- *Altered States*: Algunos jugadores reportaron que preferían jugar para cambiar sus estados de ánimo o sentirse bien consigo mismos. Esta categoría se refiere a las emociones generadas como consecuencia de la interacción con el juego o juegos que tienen la facultad de estimular el estado de ánimo de los jugadores.
- *The people Factor*: Se refiere a la categoría de emociones generadas como resultado de la interacción con otros jugadores involucrados en el juego. La convivencia dentro de la misma experiencia del juego es, para muchas personas, suficiente incentivo para continuar jugando y es lo que explica el éxito de los llamados juegos de multi jugador en línea.

Resumiendo, podemos decir que un juego es toda actividad voluntaria, que establece un ambiente imaginario con poca o ninguna relación con el mundo real, que introduce alguna clase de reto a vencer estableciendo reglas bien definidas y tiene la finalidad de entretener, introduciendo algunos elementos de interés para el jugador. Se diferencia del concepto “*play*” según el sociólogo Roger Caillois

(Caillois, 2001), en que este se trata de actividades más libres carentes de una estructura que defina el objetivo, enmarcado por las reglas que precisamente componen la definición de juego. De esta manera, podemos decir que el “*play*”, derivado del vocablo latino “*paida*” es una parte esencial de los juegos, en un sentido más amplio.

3.3 Clasificación de los juegos

En la bibliografía se pueden identificar cuatro clases de juegos de interés para este trabajo:

- Los juegos serios
- Los juegos casuales
- Los juegos ubicuos o “pervasivos”
- Los juegos ambientales

3.3.1 Juegos serios

Los juegos serios son un género muy interesante y particular de los juegos ya que denotan cierta contradicción. Se distinguen por que se apartan del concepto tradicional en que su principal fin no es entretener o divertir, sino que persiguen un fin más pragmático. Según Abt (1970), esta clase de juegos están pensados con un cuidadoso propósito de educar o entrenar y no simplemente para entretener, aunque eso no excluye que puedan hacerlo. En el trabajo de Michael *et al.* (2005) se menciona que esta clase de juegos son más bien un medio artístico, agradable a los sentidos para comunicar un mensaje, enseñar una lección o proveer una experiencia. La vasta mayoría de los trabajos de investigación se concentran en el desarrollo y evaluación de este tipo de juegos. Podemos afirmar que cualquier juego cuyo propósito no sólo es entretener o divertir, sino un fin más pragmático como por ejemplo entrenar o enseñar, es considerado un juego serio. Otra cosa que distingue a los juegos serios es que la parte visual deja de tener relevancia en favor de su utilidad práctica o, en algunos casos, la exactitud de sus simulaciones. Por ejemplo,

pulse!!, un juego serio desarrollado por *Interaction Healthcare* (Figura 10), presenta un ambiente virtual y muy realista de situaciones encontradas en los procedimientos médicos de urgencias. Aunque lo estético sin duda es un elemento importante, la exactitud de las simulaciones, que pretenden ofrecer la experiencia de estar en situaciones de riesgo, juega un papel crucial en el objetivo del juego.

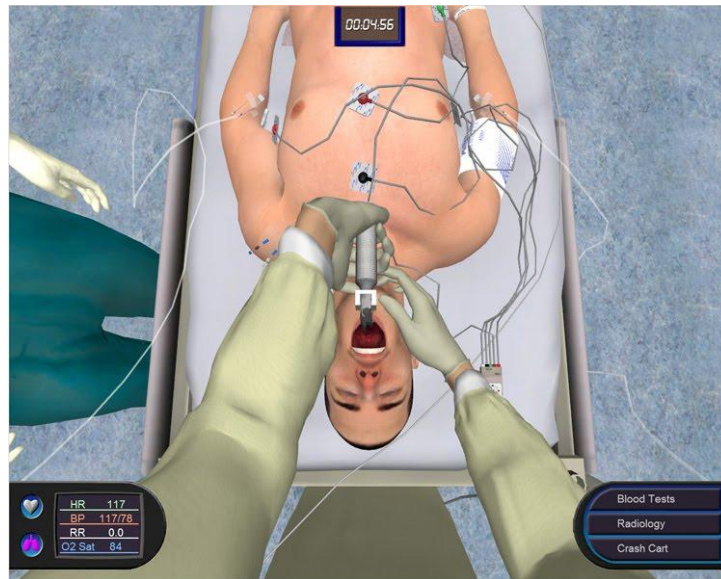


Figura 10. *Pulse!!*, un juego serio desarrollado para propósitos de entrenamiento. Tomada de (<http://seriousgamesmarket.blogspot.mx/2009/11/serious-games-futuring-medical-training.html>).

3.3.2 Los juegos casuales

Los juegos casuales son un fenómeno cultural y tecnológico que ha recibido gran atención por parte de las empresas desarrolladoras en los últimos años. Desde su aparición en la forma de juegos de mesa, hasta juegos electrónicos incorporados a las PC como el “solitario” de Windows, los juegos casuales han sido objeto de una voraz predilección por segmentos de mercado inusuales hasta años recientes, como las amas de casa y los adultos mayores. De hecho, el juego del “solitario” es considerado uno de los videojuegos más jugados en la historia y juegos como “*Bejeweled*”, un juego para la plataforma Web basado en el ambiente flash, ha demostrado que existe un público consumidor más allá de los jugadores típicos o estereotipados y que además están dispuestos a pagar dinero por eso. La real

explosión de estos juegos vino con el introducción de la plataforma *Wii* de la compañía *Nintendo* y sus videojuegos orientados a la actividad física *Wii sports*. La jugada comercial, que en su momento resultó sorprendente, demostró que existía un amplio mercado inexplorado para los videojuegos. Introduciendo una forma de interacción simplificada con un control muy intuitivo, los jugadores realmente se sintieron atraídos por las posibilidades que permitía esta plataforma. Ahora, las dinámicas de juego casuales son toda una fuerza en la industria, generando ganancias millonarias para el desarrollo.

Ahora bien, un juego casual posee algunas características que lo diferencian de los juegos tradicionales. Las características más comunes que distinguen el diseño de estos juegos, según (Juul, 2009) son:

- Ficción: Los juegos casuales generalmente transcurren dentro de ambientes placenteros, promoviendo ficciones positivas y agradables en contraposición los juegos tradicionales o “*hardcore*” que incorporan elementos de violencia y ambientes negativos.
- Usabilidad: Los jugadores en general no tienen dificultad en entender cómo se debe jugar. Los juegos casuales presuponen poco conocimiento de los convencionalismos en los juegos.
- Interrumpibilidad: A diferencia de los juegos tradicionales, que requieren de un compromiso considerable de tiempo para el jugador, los juegos casuales permiten su uso en breves periodos sin afectar la experiencia del juego.
- Dificultad y castigos: Estos juegos en general dirigen al jugador a superar obstáculos de manera muy gradual y no castigan las fallas de forma tan drástica como en otra clase de juegos son que son indulgentes con los desaciertos.
- “*Juiciness*”: Aunque esta característica no se encuentra en todos los juegos de este tipo, la mayoría incorporan alguna forma de excesiva retroalimentación positiva, ya sea por medio de animaciones o sonidos.

Algunos argumentan que esta forma de reforzamiento ante los aciertos es lo que los hace tan adictivos.

Los juegos casuales parecen concentrarse en la facilidad de uso, la informalidad en sus contenidos, sus innovadoras formas de interacción, como en el caso de los juegos de la consola Wii y, en algunos casos, las dinámicas sociales. Una modalidad dentro de esta clase de juegos es la llamada “*exergames*”, es decir juegos que se concentran en la interacción por medio de actividades físicas, un área recientemente explorada en áreas de investigación (Pasch *et al.*, 2009) (Lieberman *et al.*, 2011).

3.3.3 Los juegos ubicuos o “pervasivos”.

El concepto de ubicuidad en los sistemas de cómputo fue introducido por Mark Weiser (Weiser, 1991), uno de los investigadores visionarios del centro de investigación Xerox PARC. Su visión era posibilitar la interacción entre los usuarios, que en ese tiempo sólo contaban con PCs voluminosos, y ambientes aumentados con recursos computacionales de manera que éstos proporcionaran servicios e información de manera constante y transparente, “como un paseo por el bosque”. Los juegos ubicuos llevan ese concepto a la dinámica y experiencia del usuario en el juego. Estos juegos son innovadores ya que pueden ser jugados fuera de los confines de un espacio y tiempo determinado. El mundo creado por el juego combina ambos, virtual y real, pero además se apoya en la ambigüedad entre el mundo real y el universo del juego. Uno de los aspectos más interesantes de estos juegos es que la información contextual del usuario puede ser utilizada para modificar el ambiente del juego, sus reglas o bien convertirlo en un elemento más de éste. En esencia, un juego ubicuo está basado en tres aspectos fundamentales (Montola *et al.*, 2009):

- Disponibilidad de juego a cualquier hora y en cualquier lugar: Expanden los contextos ordinarios de usabilidad.
- Integración entre el mundo físico y el virtual: Juegos que utilizan lugares del mundo físico como elementos significativos del mundo virtual o utilizar

objetos del mundo virtual para aumentar la visión del mundo físico de alguna forma

- Interacción social como el eje central en la experiencia del juego: Juegos que dejan abierta la posibilidad de reformular su propia experiencia en conjunto con otros y que no sólo permiten la interacción social sino que la hacen necesaria como un medio significativo para el éxito en el juego.

El área de los juegos ubicuos proporciona una interesante oportunidad para estudiar la interacción humano-computadora y la experiencia del usuario en una forma nunca antes concebida en investigación. Estos juegos, con sus innovadoras formas de proporcionar la dinámica del juego, amplían nuestra visión de interactividad que puede obtenerse de los sistemas tradicionales y el entendimiento de estas experiencias puede abrir paso nuevos paradigmas en el diseño de interfaces.



Figura 11. Jugador interactuando con el ambiente real en un juego ubicuo. Tomada de (Montola *et al.*, 2009).

3.3.4 Juegos ambientales.

Muy relacionado al concepto de los juegos “pervasivos” surge el término juegos ambientales. Sin embargo, en el trabajo de Eyles *et al.* (2008) se sugiere una definición interesante basada en el concepto de música ambiental descrita por Brian Eno (Eno, 2003): “la música ambiental debe adaptarse a distintos niveles de atención, debe ser tan ignorable como interesante”. En este trabajo se enuncia que una de las posibles diferencias entre estos juegos y los juegos ubicuos es la necesidad de estos últimos de portar alguna clase de dispositivo móvil.

Los juegos ambientales pueden ser definidos como juegos que son controlados por acciones de la vida diaria (sin utilizar dispositivos como teclado, ratón, etc.) en ambientes comunes del mundo real que poseen consecuencias en la dinámica del juego en un ambiente virtual. El jugador decide entonces cuándo participar en una sesión de juego concentrando su atención o bien dejando que el juego opere por sí mismo mezclándose en el ambiente ordinario ya que estos juegos, según la definición de Mark *et al.*, no demandan la atención completa de los jugadores. Basados en la definición de Brian Eno, son: “tan ignorables como interesantes”, permitiendo a los jugadores una variedad de interacciones. Por otra parte, existen algunos detractores que señalan que el concepto de música ambiental no puede aplicarse cien por ciento a los juegos ya que se argumenta que un juego tiene que ser interactivo y requiere de toda la atención para ser divertido. Por ejemplo, en algunos foros mencionan que el juego *Osmos* de la compañía canadiense *Hemisphere games* (Figura 12) contiene varios elementos que permiten clasificarlo dentro de esta categoría. En este juego tipo *puzzle*, el jugador habita e interactúa en un ambiente virtual de quietud y relajamiento. En este sentido, atendiendo a otra definición de Brian Eno “La música ambiental está destinada a inducir calma y espacio para pensar”. De igual manera, el popular juego *indie* *Limbo* incorpora escenarios minimalistas que sitúan al usuario en un ambiente de tranquilidad, como en un medio silvestre.



Figura 12. *Osmos*, un juego ambiental desarrollado por *Hemisphere Games*. Tomada de (<http://indiegameschannel.com/wp/2010/05/13/steam-play-indie-pack-bundles-five-games-for-20/osmos/>).

3.4 “*Embodied interfaces*”

Mucho del éxito de las consolas de juegos de última generación, el *Wii* de *Nintendo* y el *Kinect* de *Microsoft*, se basa en interfaces naturales que asemejan la acción real en los juegos. Watts *et al.* (2008, p. 3) propusieron el término “*embodied interfaces*” (que no cuenta con una traducción directa pero que en este trabajo se tomará como interfaces figuradas) como: “... Una interfaz que se basa en las habilidades espaciales y físicas del jugador, y dirige al jugador para expresarse asimismo a través de acciones físicas las cuales poseen una relación intuitiva y significativa hacia el juego que se está jugando”, una definición basada en el concepto de “*embodiment*” referido por Dourish (Dourish, 2004) y los “*tangible bits*” de Ishii (Ishii y Ullmer, 1997). Otra percepción de este tipo de interfaces fue dada por Juul (Juul, 2009) quien se refiere hacia ellas como “interfaces miméticas”.

Las interfaces figuradas funcionan para crear significados a través de la interacción física, la cual aprovecha nuestras habilidades físicas innatas y el conocimiento de cómo aplicarlas. Uno de los reiterados objetivos de la interacción figurada es la eliminación de esa ruptura de abstracción entre un usuario y sus labores, de manera que la interfaz parece desaparecer y el usuario puede interactuar con la tarea directamente (Watts *et al.* 2008).

El *Wii* de *Nintendo* es uno de los más famosos ejemplos de interfaces figuradas en video juegos. Cada *Wii mote* está dotado de hardware que permite conocer la posición y orientación del jugador, lo que ha permitido a los desarrolladores de juegos explotar la posibilidad de utilizar estas funciones para que el *Wii mote* imite cualquier herramienta u objeto (Figura 13) como por ejemplo: una caña de pescar, una espada o una raqueta de tenis.



Figura 13. Usuario utilizando el Wii mote. Tomado de (Juul, 2009).

Las interfaces figuradas se posicionan en contraste directo a las interfaces genéricas, adoptadas en la mayoría de las consolas comerciales: mientras que una interfaz genérica es diseñada para proveer una funcionalidad no específica para una tarea en particular, las interfaces figuradas son diseñadas para aprovechar nuestro conocimiento existente de formas específicas de interacción física, por ejemplo, los movimientos de un deporte. Estas interfaces proporcionan los siguientes beneficios:

Primeramente, las interfaces figuradas son típicamente más accesibles que las interfaces genéricas. Las interfaces genéricas son multifuncionales y deben soportar una gran cantidad de diseños para juegos por lo que en general poseen una gran cantidad de botones. Esta gran cantidad de opciones puede no ser adecuada para los nuevos jugadores, inexpertos en los convencionalismos habituales de estos juegos. Por el contrario, las interfaces figuradas son diseñadas para un tipo particular de juego, mejorando su efectividad y facilidad de uso.

Uno de los principales factores involucrados en el éxito de consolas como el *Wii* y de juegos como *"Guitar hero"* o *"Rock Band"* es que cuentan con las llamadas interfaces físicas que imitan la acción en los juegos. En esta clase de juegos, el jugador tiene que balancear el control para golpear una pelota, en el caso de juegos

como “*wii tennis*” o emular el movimiento para tocar la guitarra usando el control semejante de “Guitar Hero”. Esto hace a las interfaces miméticas más fáciles de aprender que los controles tradicionales de videojuegos y agregan nuevos tipos de diversión. Más fáciles porque los jugadores pueden usar sus preconcepciones de las actividades del juego, como el tenis, cantar, o tocar la guitarra que servirán para usar el juego. Divertido en nuevas formas, debido a que los jugadores pueden aprender observando a otros, porque los errores se convierten en espectáculos entretenidos y porque asimismo los juegos adquieren mayor significado social que al utilizar controles de juego estándar (Juul, 2009).

Finalmente, Watts propone un importante beneficio aportado por estas interfaces: estas crean oportunidades para nuevas formas de interacción. En este punto se pueden mencionar algunos juegos comerciales como *Dance Central* o *Ninja Fruit* que ofrecen interacciones novedosas con el ambiente del juego que, si bien estas podrían implementarse con *gamepads* genéricos, esto sin duda modificaría la experiencia, ya que el reto de seguir los movimientos y el balance que demanda el juego proporciona mayor inmersión, lo que ciertamente no se obtendría con las interfaces genéricas.

Otra de las características del uso de estas interfaces es, como indica Juul (2009), en su libro, es que tradicionalmente los juegos destinados típicamente a los jóvenes, los llamados juegos “*hardcore*”, se enfocan más en crear ambientes en 3D y expandir la experiencia del usuario explorando lo que Juul denominó “el espacio de 3D”. En cambio, en la mayoría de los juegos casuales que pueden descargarse de los sitios más populares, se brindan otro tipo de experiencias utilizando ambientes sencillos, generalmente en 2D situándose sólo en “el espacio de la pantalla”. Juul asevera que las interfaces miméticas alejan al jugador de los paradigmas tradicionales de interacción y sitúan la acción del juego en “el espacio del usuario”, el espacio físico que rodea al jugador, de la misma manera como lo hacían los antiguos juegos de “*arcades*”, en los albores de los juegos electrónicos.

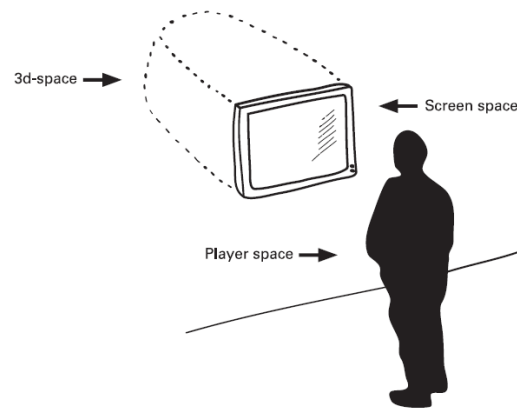


Figura 14. Representación del espacio del jugador. Tomada de (Juul, 2009).

3.5 “*Gamification*”

“Para algunos es un programa de fidelización con esteroides, para otros es simplemente el uso de técnicas de juegos para la impulsar las ventas de productos y servicios aprovechando los efectos visuales, animaciones, etc.”. Así comenzaba una plática ofrecida por la Dra. Amy Jo Kim acerca del fenómeno denominado “*Gamification*”. Este concepto, que ha ganado ya algunos adeptos en el mundo de los negocios y empresas abocadas al uso de tecnología multimedia en internet, es reciente y en general trata de aprovechar la adopción creciente, la virtual omnipresencia de los video juegos en la vida diaria y la premisa de que, ya que los video juegos tienen como principal objetivo entretener y tienen una asombrosa facultad de atraer a los usuarios con singular intensidad y duración, entonces se infiere que utilizando los elementos que componen a los juegos pueden también ser capaces de hacer otros productos o servicios no relacionados con los juegos más agradables y atractivos también.

Aunque se trata de un concepto nuevo y no existe una definición universalmente aceptada, algunos autores proponen algunas alternativas. En particular, en el trabajo de Deterding *et al.* (2011) se establece una definición basada en la observación del fenómeno. En este trabajo se propone que “*Gamification*” es “el uso de elementos encontrados en juegos y de técnicas de diseño de juegos aplicadas a contextos no relacionados con juegos”. De esta definición se desprenden tres

elementos que son: elementos de juegos, técnicas de diseño de juegos y contextos no relacionados a los juegos:

- Los elementos de juegos, como los describe Deterding *et al.* (2011), parten de la noción de que todos los juegos comerciales se componen de partes o bits, elementos que pueden disgregarse y conformar juegos completos una vez unidos. Algunos de estos elementos pueden ser: puntos, que proporcionan alguna retroalimentación hacia el jugador; niveles, que dan la sensación de progreso dentro del juego; premios o medallas, que brindan motivación y estímulo en el transcurso del juego. Estas piezas sencillas no son toda la experiencia que envuelve una sesión de juego, pero constituyen piezas que podemos extraer y reusar en otras aplicaciones.
- Las técnicas de diseño de juegos se conforman del bagaje de ideas utilizadas en la industria y academia con el fin de estructurar un juego. Estas ideas involucran, por ejemplo, establecer “la cruzada del héroe” según la jerga de diseño, que no es otra cosa que brindar la sensación de progreso, permitir que el usuario adquiera herramientas y habilidades que le posibiliten sortear obstáculos de mayor dificultad, lo que proporciona al usuario la experiencia de satisfacción que mantienen enganchado al jugador.
- Contextos no relacionados con juegos se refiere a todas las situaciones en donde el objetivo no sea sólo la diversión o, dicho de otra forma, en donde el éxito obtenido no sólo traiga como recompensa el entretenimiento. Algunos contextos no relacionados con juegos pueden ser: el éxito en los negocios aprovechando el atractivo de las masas que proporcionan los juegos; sortear actividades inherentemente tediosas pero necesarias en las empresas utilizando la retroalimentación inmediata y motivación incluida en los juegos; Cambios de conducta y superación personal, como resultado del estímulo que proporcionan los juegos.

Existen varias razones para el estudio de este fenómeno llamado “*Gamification*”. Una de ellas es que los juegos son un fenómeno mediático de gran preponderancia.

Las industrias detrás de este fenómeno han creado un mercado multimillonario, una de las más grandes categorías en el mundo del entretenimiento. Las más importantes consolas de última generación (*Xbox, Playstation, Nintendo Wii*) reportaron ventas por más de un billón de dólares en suelo americano. Desde el 2003, la industria de los videos juegos ha experimentado un crecimiento sostenido y genera gran cantidad de empleos. *Electronics arts*, una de las mayores compañías productoras de juegos, emplea a más de diez mil personas y reportaron ganancias por más de 4 billones de dólares en el 2008 (Reeves y Read, 2009). Tampoco se puede negar la influencia de las redes sociales y los llamados juegos multiusuarios. *Blizzard Entertainment* proporciona servicio a más de 12 millones de jugadores registrados en uno de los más emblemáticos juegos de multi jugador en línea, *world of warcraft*. Unido a lo anterior, gracias al advenimiento de las interfaces miméticas y los juegos casuales, algo está pasando en las sociedades modernas ya que ahora está lejos la concepción antigua que se tenían de los juegos y han emergido nuevas clases de jugadores, considerados de esa misma manera como casuales, involucrando sectores insospechados como las amas de casa o los adultos mayores, en lo que algunos autores llaman la revolución casual (Juul, 2009). Algunas empresas que ya han concientizado el potencial de este concepto son: Nike, con su línea Nike+ que explota el uso de tecnología y la mecánica de juegos para motivar la actividad física; Samsung con su portal *Samsung Nation* que incorpora elementos de juegos para atraer audiencia; *Foursquare*, un servicio basado en localización web aplicada a las redes sociales (<https://foursquare.com/>), que ciertamente ha sido objeto de discusión por su similitud con juego o una aplicación “*gamificada*”, lo cierto es que la idea detrás de incentivos como medallas, puntos y demás elementos revisten de mayor interés su utilización.

3.6 Los videojuegos y los adultos mayores

Hay un cuerpo creciente de evidencia indicando que los videojuegos pueden tener un impacto positivo en la condición física y mental de los adultos mayores. Uno de los primeros estudios se enfocó en las mejoras de las habilidades de percepción de

los adultos mayores utilizando la primera generación de consolas de videojuegos como “Pacman” y “Donkey Kong” el cual registró reducciones en el tiempo de reacción y mejoras en el desempeño cognitivo de los sujetos de prueba (Clark *et al.*, 1987). En otro estudio, individuos mayores de 60 años participaron en una sesión de juegos de “tetris” por un periodo de cinco horas por semana en un total de cinco semanas. Los resultados sugirieron que el uso de juegos mejoró notablemente la atención, la coordinación, las habilidades motoras finas, la memoria de corto plazo, mejoró sus habilidades para la resolución de problemas y la velocidad de reacción (Goldstein *et al.*, 1997). En otro tipo de estudios se enfocaron en el diagnóstico de enfermedades asociadas a la edad como el Alzheimer (Jimison *et al.*, 2004). Los video juegos fueron también utilizados como terapia ocupacional o para inducir un sentido de logro y mejorar la auto estima en residentes de casas de cuidado geriátrico (Jung *et al.*, 2009). En particular, los “*exergames*” encontraron un nicho importante en el sector de los adultos mayores. Resultan relevantes algunos trabajos de investigación que se han concentrado en el estudio psicológico y sociológico del uso de juegos para estimular el bienestar y calidad de vida de este sector de la población (McGuire, 1984).

3.7 Trabajo previo relevante de juegos serios aplicados a la salud

Existen algunos trabajos que tratan el tema de juegos destinados a la salud, para todos los géneros y edades.

Hay investigaciones que se enfocan en la experimentación cuantitativa y cualitativa del impacto en la salud de juegos diseñados para la actividad física o mental (Boot *et al.*, 2008). Sin embargo, para los efectos de este trabajo se han escogido cuatro que resaltan características relevantes:

- *Ergoactive* (Göbel *et al.*, 2010): Un conjunto de mini juegos situados en el área de juegos serios para promover la actividad física utilizando una bicicleta estacionaria instrumentada con un ergómetro (aparato para simular la acción de remar) y directamente integrando signos vitales del jugador en la dinámica del juego. En uno de los mini juegos, el jugador controla la velocidad de vuelo

de un ave virtual a través de las revoluciones de la bicicleta en tanto que la condición física del jugador se monitorea y retroalimenta a través de la interfaz del juego. Se distingue por la integración de los sensores médicos para monitorear el estado físico.

- *Breath* (Lange *et al.*, 2009): Un juego utilizado en el tratamiento de complicaciones pulmonares postoperatorias a través de ejercicios respiratorios. Utilizando un espirómetro instrumentado y un juego diseñado para responder a la tasa de respiraciones registradas por el espirómetro. Este juego es interesante porque se utilizó una metodología muy útil en investigación y experimentación llamada “diseño iterativo para juegos”, en donde los diseñadores crearon varias formas básicas del juego y su mecánica antes de entregar prototipos terminados, usando la retroalimentación de los usuarios en el transcurso del desarrollo
- El juego *Freecell* fue utilizado para propósitos de investigación por Jimison *et al.* (2004). En este trabajo se presenta cómo se adaptó el juego *FreeCell*, una variante del solitario, un juego muy popular en la población de adultos mayores con el propósito de medir el desempeño cognitivo a través de la interacción con el juego. Como método de comparación se implementó un programa que resuelve las partidas en un número definido de movimientos. Al momento de interactuar con el juego y aumentar la dificultad, los investigadores fueron capaces de distinguir aquellos usuarios que padecían de algún trastorno cognitivo como Alzheimer en base al número de jugadas.
- El trabajo de Chang *et al.* (2011) describe el diseño y desarrollo de algunos dispositivos de interacción para juegos junto al desarrollo de videojuegos para el diagnóstico de factores relacionados a la fragilidad. Este trabajo se desarrolló de manera casi paralela al presente trabajo y describe brevemente resultados favorables, aunque no figuran detalles acerca del diseño de los juegos ni alguna evaluación sobre estos.

3.8 Resumen

En este capítulo se exploraron varios conceptos importantes relacionados con los juegos y su relevancia para otros propósitos aparte del de simplemente entretener. Se comenzó definiendo el concepto de juego considerando algunas propuestas encontradas en la literatura para después enunciar algunas clasificaciones de juegos interesantes para los propósitos de este trabajo. Después se mencionó el concepto de “*gamification*”, un término que ha ganado popularidad en el mundo de los negocios y el internet. También se mencionan algunos trabajos relacionados con el uso de video juegos y la población de adultos mayores. Finalmente, se mencionan algunos trabajos previos del uso de juegos destinados a la salud.

Capítulo IV. Diseño de los juegos

4.1 Introducción

Esta sección describe el diseño e implementación de 6 videojuegos para asistir la detección oportuna de factores asociados a la fragilidad. Los diseños recogen los conceptos presentados previamente acerca de las valoraciones que realizan los médicos geriatras para estimar posibles casos de fragilidad. El desarrollo empezó con un caso de estudio inicial en el cuál se reunieron indicios de diseño para fundamentar el desarrollo de los juegos en orden de hacerlos más atractivos y fáciles de usar. Posteriormente se describe el diseño y desarrollo de una interfaz de interacción para medir la fuerza física. Después de define la metodología usada para el diseño de los juegos para finalmente describir el concepto detrás de cada juego propuesto.

4.2 Caso de estudio

El propósito de este estudio inicial fue ganar un entendimiento de las percepciones acerca del tipo de juegos que podrían resultar entretenidos y fáciles de aprender para los adultos mayores. Con esto en mente, seleccionamos unos pocos juegos para dos consolas de videojuegos populares: el *Xbox 360* y el *Nintendo Wii*. Los juegos escogidos incluyeron “*exergames*” como el *Wii fit* o el *Kinect Sports* y juego casuales como el *Kinect carnaval*.

4.2.1 Participantes

Un grupo de 11 adultos mayores que se reúne semanalmente en un centro comunitario local fue invitado a participar en la sesión. Sus edades oscilaban entre el 65 y 85 años de edad. La mayoría de los participantes eran activos y ninguno de ellos sufría de algún padecimiento cognitivo como demencia, aunque la mayoría de ellos sufría discapacidades propias de la edad tales como pérdida de su movilidad. Uno de los participantes padecía de una reducción en su capacidad auditiva.

Aunque algunos de los miembros del grupo tuvieron contacto con los videojuegos, ninguno de ellos tenía experiencia significativa usándolos.

4.2.2 Protocolo de la intervención

El protocolo de la intervención fue el siguiente:

1. El propósito del estudio se le explicó al grupo.
2. Los participantes fueron interrogados para completar un cuestionario para reunir información acerca de su experiencia previa utilizando tecnología y video juegos en particular.
3. Los 11 participantes fueron divididos en dos grupos. Un grupo se reunió para una sesión de juego en un cuarto con una *XBOX 360* utilizando el sensor *Kinect*, mientras que otro grupo jugó con la consola *Wii* usando el sensor *Wii remote*. Después de la primera sesión de juego ambos grupos se intercambiaron para permitir a todos los participantes experimentar el uso de ambas consolas. Cada sesión con cada de una de las consolas duró aproximadamente 45 minutos.
4. Finalmente, después de la sesión de juego, se realizó un grupo focal para obtener las preferencias de los usuarios y determinar qué aspectos particulares en los juegos resultaron más atractivos, sus percepciones acerca de los juegos usados y las dificultades que experimentaron tratando de completar las tareas de los juegos. La Figura 15 muestra fotografías de la sesión.



Figura 15. Sesión de juego del grupo focal.

4.2.3 Observaciones generales

Aunque todos los participantes reportaron haber disfrutado jugar los juegos de ambas consolas, la mayoría de los jugadores tuvieron dificultades desempeñándose adecuadamente durante las sesiones de juego, lo cual puede atribuirse a la falta de experiencia, a la ignorancia acerca de las convenciones actuales usadas en los juegos y a discapacidades relacionadas con la edad. Todos los participantes reportaron sentirse ansiosos e inseguros al principio de cada nueva actividad y que requerían indicaciones principalmente para asistirse en la navegación de las complejas estructuras de menús de los juegos y para clarificar las actividades introducidas como: secuencias de botones, movimientos, etc. La familiaridad de la actividad ayudó a involucrar a los jugadores. Por ejemplo, uno de los participantes femeninos sufría de una discapacidad en la audición y, en un principio, se negó a participar activamente en las sesiones de juegos, pero cuando se propuso un juego con una actividad de yoga ella pidió participar ya que solía practicar yoga algunos años atrás y se desempeñó bastante bien en este juego.

4.2.4 Discusión del grupo focal

A pesar de las dificultades encontradas durante la sesión del juego, los comentarios hechos por todos los participantes durante el grupo focal sugieren que involucrarse en estos juegos fue una experiencia placentera y una valiosa alternativa a las actividades físicas reales. Por ejemplo, uno de los participantes observó:

“Me gustan estos juegos porque la mayoría de nosotros tiene dificultades para salir de casa y hacer cualquier tipo de ejercicio y esto es maravilloso...”

A estos usuarios especialmente les gustaron aquellos juegos que incorporaban elementos familiares para ellos, aun cuando no se desempeñaron tan bien. Los juegos como el beisbol o el tenis que proporcionan reglas simples y bien conocidas son altamente usables incluso para un adulto mayor, lo cual enfatiza la necesidad de una interfaz simple e intuitiva con mecanismos familiares:

“De verdad que está muy bien porque estos son los movimientos que uno ya conoce o que al menos hemos visto como el de beisbol...”

Los participantes afirmaron experimentar dificultades al principio de cada juego pero que la asistencia de un facilitador les ayudó a asimilar mejor la actividad:

“Cuando el asistente vino conmigo me sentí más segura, es como si me diera más seguridad, hacerlo yo misma sería más difícil...”

También reportaron que, sorprendentemente, el reto de algunos juegos, que no están especialmente diseñados para jugadores mayores, fue alentador:

“Me gustaron los juegos que requieren más movimiento y también el reto de golpear la pelota...”

Practicar los juegos en un grupo de gente de la misma edad fue percibido como un factor relevante para establecer la sesión como una experiencia positiva:

“La gente más joven va tan rápido y aprende tan rápido, estar con gente de la misma edad, la misma forma de hablar, de moverse, todo eso me da más confianza y luego siento que yo también puedo...”

Los participantes también discutieron que su ansiedad e inseguridad disminuyó cuando ellos empezaron a ganar puntos en el juego:

“Al principio sentí que no sabía qué hacer, pero entonces troné una bomba y luego empecé a sentirme muy bien...”

Finalmente, los participantes experimentaron un apego emocional ellos:

“Nos sentimos más unidas... por ejemplo yo me levanté y abracé a mi compañera para ayudarle a golpear con el mazo esa cosa”.

Otro resultado interesante es que la interacción física que demandó la sesión de juego fue bien apreciada no sólo porque fomentó la interacción social sino también porque la mayoría de los adultos mayores en el estudio estaban conscientes de la importancia de mantenerse físicamente activos. Finalmente, los participantes sintieron más confianza y seguridad cuando comenzaron a recibir retroalimentación positiva mientras jugaban.

4.3 Diseño de una interfaz de interacción

Un aspecto crucial de este trabajo es el desarrollo de un dispositivo capaz de medir la fuerza de presión de los usuarios al momento de participar en el juego. En un principio se concibió la interacción con este dispositivo de la misma manera en que operan algunos controles miméticos modernos, es decir, que a través de la presión y los movimientos del usuario se pudiera interactuar con la mecánica del juego. La Figura 16 muestra un diseño del concepto, el cual es parecido al del *Wiimote* de *Nintendo*. Para ese propósito se eligió como base un dinamómetro de la compañía Vernier (www.vernier.com) como el elemento central de la interfaz junto a circuitería adicional para proveer de más capacidades de interacción al jugador, tales como un acelerómetro y botones digitales.. La interfaz consiste en un controlador digital de señales (DSC), un acelerómetro, un chip de radio IEEE 802.15.4 para permitir la comunicación inalámbrica además de un receptor del sensor. En el prototipo desarrollado, el DSC es un dsPIC33F64gp802 (<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en532310>) de la compañía Microchip, el acelerómetro es un MMA7455 (<http://www.parallax.com/tabid/768/ProductID/585/Default.aspx>) y se empleó un módulo XBee (<http://www.xbee.cl/>), el cual es un chip de radio de la banda 2.4 GHZ con un alcance de hasta 30 m, para la implementación de una red IEEE 802.15.4. Otro módulo IEEE 802.15.4 actúa como receptor conectado a un micro controlador

PIC18F2550(<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010280>) para reunir los datos provistos por los sensores y enviarla a través de una interfaz USB. De esta forma podemos reprogramar el firmware del controlador a través de la comunicación inalámbrica para hacer ajustes de los datos o para calibración.



Figura 16. Concepto inicial de la interfaz de interacción.

Los procesadores digitales de señal (DSP), circuitos integrados que contienen un procesador digital y un conjunto de recursos complementarios capaces de manejar digitalmente las señales analógicas como el sonido y las imágenes, fueron introducidos en la década de los 80's por compañías como Texas Instruments, NEC o Intel, los cuales incorporan hardware especial para la ejecución rápida de algoritmos de procesamiento de señal y son típicamente procesadores RISC (conjunto reducido de instrucciones) que son capaces de ejecutar instrucciones complejas en un solo ciclo de reloj y además integran convertidores ADC rápidos y precisos. Por su parte, los controladores digitales de señal (DSC), que fueron presentados por la compañía Microchip con su línea de controladores *dsPIC*, pretenden combinar muchas de las prestaciones y facilidades de utilización de las serie de microcontroladores de 16 bits con las funcionalidades de los DSP de gama media. Estos microcontroladores ofrecen una alternativa económica y de fácil

utilización para aplicaciones modernas como procesamiento de audio, análisis de señales e interfaces rápidas con procesos de control. El sensor de presión que se encuentra en el dinamómetro proporciona una señal analógica lineal comprendida entre los 0 y 3.3 V que comprende toda la escala de medición, de los 0 a los 50 Kg. Debido a esto, y con el propósito de adquirir la mayor precisión posible para el presente trabajo, se escogió uno de estos controladores, que como ya se mencionó, uno de sus mayores atractivos es que cuentan con convertidores ADC (conversor analógico a digital) rápidos (500 kbps) y precisos (hasta 12 bits). Un esquema general del transmisor se muestra en la Figura 18. En la memoria de programa, el algoritmo implementado lee periódicamente la señal del sensor de presión, mismo que convierte a digital y almacena para su posterior transmisión. El firmware también habilita la comunicación con el acelerómetro de 3 ejes mediante el periférico de comunicación serial I2C. El código inicializa el acelerómetro y accede periódicamente a sus registros para obtener los valores crudos X, Y, Z, que también se almacenan para componer el paquete de transmisión. Además, el firmware habilita varias interrupciones por hardware para procesar el accionamiento de los botones digitales del dispositivo y las conversiones analógicas a digitales. Si ocurre una interrupción de las entradas digitales, se cambia un campo de bits en el paquete de datos de salida. Una vez que todos los datos están listos se reúnen en una estructura de datos que posteriormente se pasa a través del puerto serial hacia el módulo de radio *XBEE* a una tasa de transmisión serial de 19,200 bps. Los campos del acelerómetro y la presión se transmiten en formato ASCII. Se eligió esta velocidad debido a que los controles *Wii remote* de *Nintendo* transmiten a esa misma tasa de transmisión. El formato de mensaje se ilustra en la Figura 17.

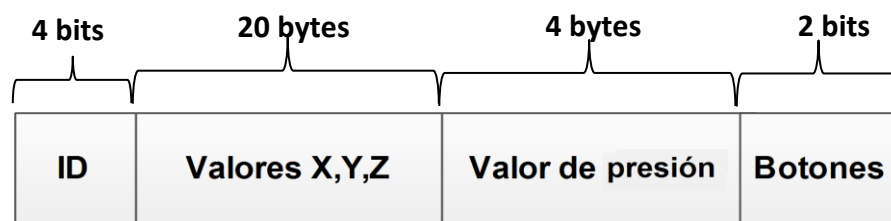


Figura 17. Formato del paquete de salida.

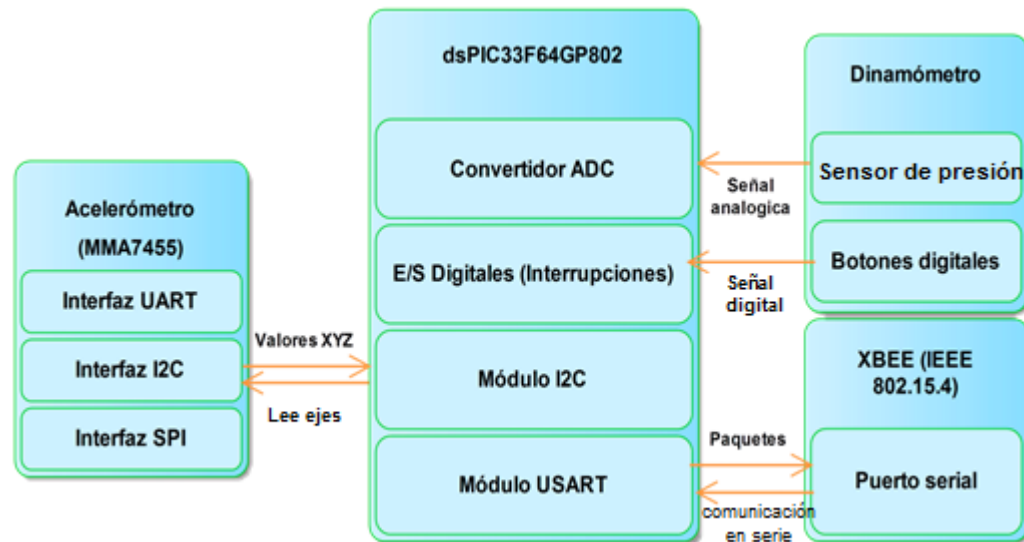


Figura 18. Diagrama a bloques del transmisor de la interfaz.

Por otra parte, el lado receptor está integrado por un módulo de radio *XBEE* que se encarga de convertir la transmisión de paquetes para su comunicación con un microcontrolador, el cual a su vez se encarga de pasar los datos hacia una interfaz USB. La mayoría de los microcontroladores cuentan con periféricos de comunicación serial y en algunas aplicaciones industriales se sigue utilizando el estándar RS-232. Sin embargo, los equipos modernos de cómputo han dejado este tipo de periféricos en la obsolescencia por lo que se optó por usar un microcontrolador que cuenta con un periférico USB. El microcontrolador elegido fue el PIC18F2550 de la compañía Microchip, una opción popular en el mercado, el cual es un controlador de 8 bits fácil de programar, versátil y económico. La comunicación con la PC se hace a través del controlador de emulación serial CDC (*Communications Device Class*, una especificación genérica de dispositivos que pueden presentar diferentes interfaces) bajo el sistema operativo Windows. La Figura 19 muestra un esquema general del dispositivo receptor.

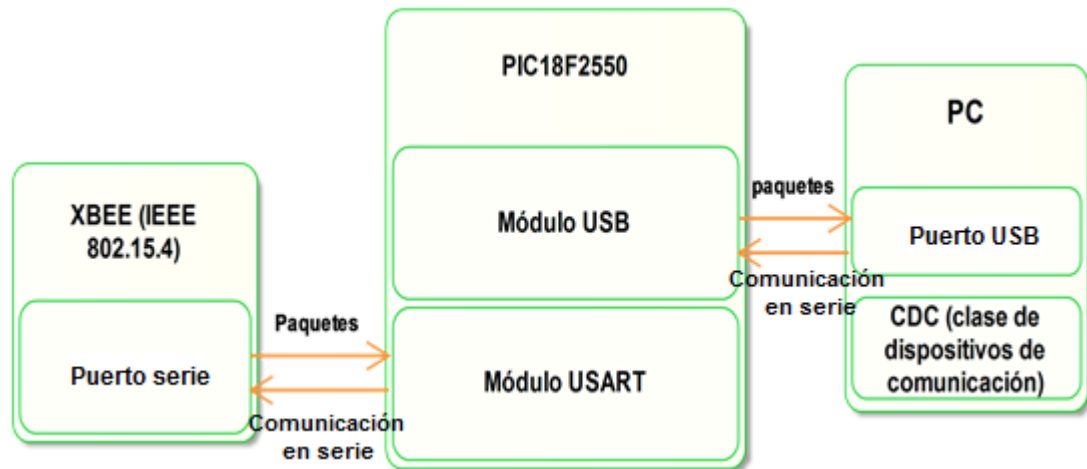


Figura 19. Diagrama a bloques del receptor de la interfaz.

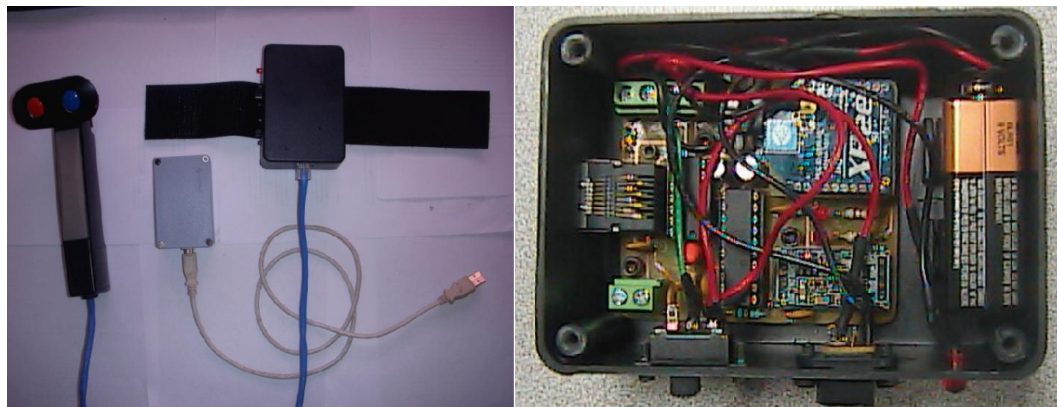


Figura 20. Implementación del dispositivo de interacción.

Para una mayor facilidad de utilización, se adaptaron dos cajitas de plástico para alojar ambos circuitos. La Figura 20 muestra la implementación final del dispositivo. La cajita del transmisor contiene además una batería de 9 V para alimentar el sensor y el transmisor. Para que el usuario pueda usar el control se utilizó un guante de velcro, generalmente usado para ejercicios físicos. La Figura 21 muestra a un usuario con el dispositivo puesto participando en un juego.



Figura 21. Usuario utilizando el dispositivo de interacción.

4.4 La confiabilidad del uso de sensores de consolas para propósitos de salud

Con el advenimiento de las consolas de videojuegos de séptima generación (*Xbox 360*, *Wii*, *Playstation 3*), los fabricantes de videojuegos apostaron por explorar nuevas formas de interacción introduciendo mecánicas de juego más casuales, lo que permitió que nuevos grupos de usuarios aparecieran en escena. Esto también propició la aparición de nuevos dispositivos de interacción provistos de sensores novedosos, técnicamente interesantes y económicos. El sensor *Kinect* de la compañía *Microsoft*, originalmente llamado proyecto “*Natal*”, es probablemente el sensor más interesante desde el punto de vista técnico ya que integra un arsenal de sensores y controladores específicamente diseñados para el tratamiento de señales de audio y video: posee una cámara de color (RGB), una cámara de profundidad y un arreglo de micrófonos diseñado para aislar el sonido de los usuarios del ruido ambiental. En algunos trabajos se dice que el *Kinect* es un sensor de “tiempo de vuelo” (*time of flight*) o un LIDAR, que en términos sencillos, se trata de un sistema que captura la imagen en una sola toma y calcula la distancia de un objeto en la escena considerando la velocidad de la luz y el tiempo de emisión y recepción de la luz (Freedman *et al.*, 2010). De esta manera, el sensor puede determinar, con buena precisión, la distancia y localización de los objetos en escena con respecto a la cámara. El SDK del *Kinect* provee una serie de funciones utilizadas para el procesamiento subsecuente de las imágenes capturadas. Estas funciones procesan

la imagen en 2D y la convierten en esqueletos, los cuales están, desde el punto de vista del desarrollador, conformados por uniones asociadas a las articulaciones del cuerpo humano, como muestra la Figura 22. De esta forma, el sensor puede proporcionar las coordenadas específicas de cada unión en forma de vectores de tres coordenadas, lo que puede utilizarse para calcular el ángulo entre las uniones e incluso inferir gestos específicos.

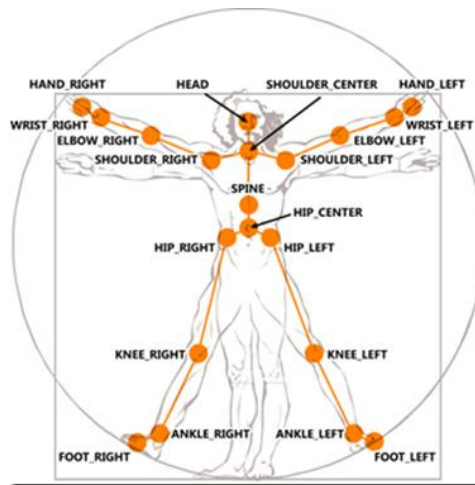


Figura 22. Uniones accesibles mediante el SDK del sensor Kinect. Tomada de (<http://intuitarm.weebly.com/arm-motion-tracking.html>).

Por otra parte el sensor *Wii Balance Board* es una combinación de cuatro sensores de presión localizados en los extremos de la tabla. Estos sensores, conocidos como galgas extensiométricas, funcionan con el principio del efecto piezorresistivo, lo cual significa que al aplicarse un esfuerzo sobre el sensor, este experimenta una elongación que provoca variaciones en su resistencia nominal. Conociendo esto, los controladores integrados en el dispositivo pueden calcular variaciones de peso y el centro de masa de objetos situados sobre la superficie de una forma muy precisa. El firmware también transmite esta información a una tasa de 60 Hz utilizando la conexión Bluetooth de la consola Wii.

El uso de estos dispositivos sensores para propósitos de salud no es nuevo. Existen varios estudios previos que pretenden explorar la confiabilidad de los sensores para determinar, por ejemplo: la precisión en la postura (Obdrzalek *et al.* 2012), balance mediante la exploración del centro de masa e incluso la calidad de la marcha

(Gonzalez *et al.*, 2012). En el estudio de Gonzalez *et al.* (2012) y el de Gabel *et al.* (2012) se presenta un análisis extenso de la exactitud de las mediciones tomadas por estos sensores realizando prácticas de valoración estándar para establecer el centro de masa y las características de la marcha. En ambos estudios se concluye que el uso de estos instrumentos, sustancialmente más económicos que otros dispositivos comerciales especializados que supuestamente proporcionan mayor precisión, es factible para su uso en valoraciones médicas de movilidad o balance.

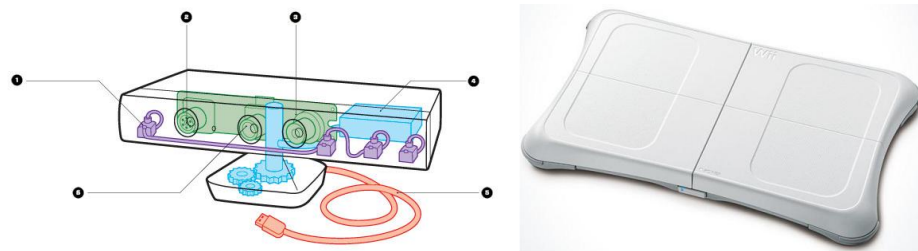


Figura 23. Hardware del *Kinect*. Tomada de (<http://wiki.acemonstertoys.org/Kinect>). Y Balance board. Tomado de (<http://www.levelup.com/noticias/7715/El-balance-board-puede-usarse-con-fines-medicos/>).

4.5 Metodología del diseño de juegos

Para el diseño de los juegos seguimos un proceso de diseño iterativo. En esta metodología de desarrollo, los diseñadores conciben los conceptos de juego a través de sesiones de lluvia de ideas (*Brainstorming*). En este caso, se intentó proveer una dinámica de juego con “*mappings*” (Norman, 2002), esto es relaciones de usabilidad, intuitivos entre el dispositivo interfaz y la mecánica del juego. Después se probaron los juegos empezando con conceptos preliminares seguidos por bocetos de baja fidelidad, que proveen una impresión básica del diseño, después se procede a la implementación de prototipos funcionales iniciales. En este proceso los diseñadores se convierten en participantes activos a fin de encontrar posibles fallas en los conceptos de juego y la dinámica del mismo, haciendo posible una forma especial de investigación y experimentación definida como aproximación “*play céntrica*” (Fullerton *et al.*, 2004). La Figura 24 ilustra este proceso delineado en el libro de Fullerton *et al.*

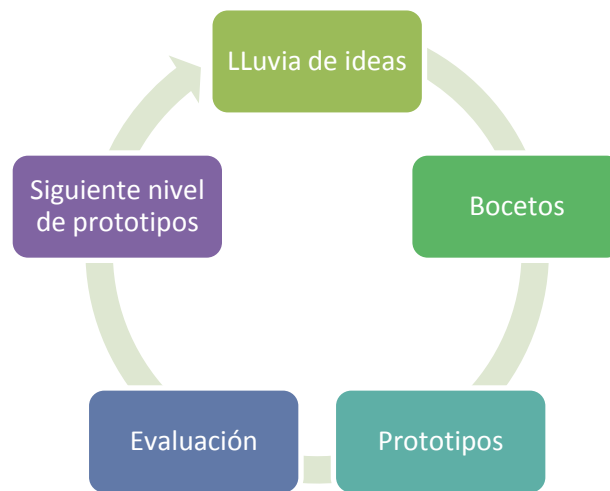


Figura 24. Proceso de diseño “*play céntrico*”.

4.6 Arquitectura general para interacción de juegos

Antes de empezar el desarrollo de los prototipos como parte del presente trabajo se sopesaron varias posibilidades para la utilización de un lenguaje o ambiente de desarrollo. Sin duda, el mercado de los videojuegos es una industria extremadamente volátil y dado que, como ya se mencionó, constituye una industria multimillonaria que atrae usuarios de todas las edades y géneros, esto ha propiciado la creación de una miríada de herramientas destinadas al desarrollo de juegos. Virtualmente se pueden crear juegos en cualquier lenguaje de programación moderno, sin embargo, existen extensiones o *frameworks* para ciertos lenguajes que permiten fácil acceso a las capacidades multimedia de la plataforma de desarrollo y la utilización directa de elementos comúnmente encontrados en aplicaciones de este tipo como: fácil creación y manejo de *sprites* o animaciones, acceso a los dispositivos de interacción como joysticks, manejo de audio, etc. En el pasado, el desarrollo de juegos precisaba mayores conocimientos técnicos y lidiar con detalles farragosos del hardware para producir aplicaciones de mediana calidad. El uso de estas herramientas permite optimizar los ciclos de desarrollo e incluso existen herramientas graficas que facilitan el diseño de estas aplicaciones. Entre las principales herramientas que podemos encontrar en el mercado podemos citar a:

- *XNA*, un *framework* desarrollado en C# destinado a facilitar el desarrollo de juegos para PC y la consola *Xbox360*. Anteriormente, la empresa Microsoft había apoyado a la comunidad de desarrolladores de juegos con las librerías *DirectX* que facilitaban la utilización del hardware para aplicaciones de juegos. Como está desarrollado en un lenguaje administrado se sabe que el rendimiento es algo inferior a otras librerías basadas en lenguajes compilados a código nativo como C o C++, sin embargo, los avances en el desarrollo de hardware y las mejoras de los compiladores y librerías de .NET han reducido esta brecha y en la actualidad hay una comunidad creciente de desarrolladores de esta plataforma. La desventaja del uso de esta herramienta es que se trata de un ambiente de desarrollo orientado a código, en contraposición a otras herramientas gráficas que facilitan el diseño e implementación de los productos finales.
- *SDL*, una librería escrita en C++ multiplataforma. Esta librería estaba pensada para el desarrollo en sistemas operativos basados en Unix como Linux por lo que se trata de una herramienta flexible que permite el desarrollo de juegos para varios sistemas operativos. Además esta librería trata de mantener una interfaz de fácil utilización y es muy estable. La desventaja de esta librería es que no existe mucha documentación y para su uso se requiere leer gran cantidad de código.
- *Actionscript*, es el lenguaje de programación del entorno de diseño Adobe Flash. Esta herramienta está orientada al diseño y posibilita un flujo de trabajo rápido para la creación de prototipos. Hace algunos años se encontraba entre las aplicaciones más populares para los diseñadores y desarrolladores Web, aunque recientemente se anunció la eliminación de su soporte por parte de Apple para sus plataformas móviles. Aunque esto probablemente mine su permanencia en aplicaciones web, esta herramienta cuenta todavía con una ingente popularidad en aplicaciones multimedia o juegos.
- Motores de juegos: *Torque 3D*, *Cry engine 3D*, *unreal 3D* o *Unity 3D*. Debido a la aparición de consolas de videojuegos de altas prestaciones, diversas

empresas ahora ofrecen herramientas de desarrollo rápido, altamente optimizadas para la construcción de ambientes virtuales, los llamados “motores” de juegos o también llamados motores 3D, ya que en su mayoría se trata de ambientes para desarrollo de juegos en tres dimensiones. Se trata de ambientes visuales de desarrollo en donde es posible integrar los elementos encontrados en los juegos como: imágenes, modelos en 3D, audios, algoritmos, etc. para su rápida y fácil integración en productos finales de alta calidad. Algunos incluso cuentan con editores de niveles, de terrenos, animaciones, etc. que facilitan el despliegue rápido de elementos visuales, algo que antaño costaba mucho tiempo lograr. Desde el punto de vista del desarrollador, los motores de juegos incluyen lenguajes de alto nivel como “*scripts*” que proporcionan altos niveles de abstracción para la manipulación de los elementos incluidos en los juegos, que de otro modo se tendría que hacer mediante código nativo dificultando el desarrollo. Por medio de estos lenguajes de “*scripting*”, los desarrolladores pueden implementar complejos algoritmos para construir interacciones en los juegos como por ejemplo: sistemas de inteligencia artificial, sistemas de inventarios, animaciones, etc.

En base a lo anterior, se seleccionaron dos herramientas para el desarrollo de los prototipos: *Actionscript* y *Unity 3D*. Se seleccionaron ambas debido a que se requería de un ambiente que posibilitara un ciclo de desarrollo rápido para la construcción de prototipos y así involucrar al usuario más rápidamente. *Actionscript* es un lenguaje orientado a objetos derivado de *Javascript*, otro lenguaje popular para el desarrollo web, por lo que su sintaxis es muy similar y fácil de aprender, en comparación a otros lenguajes compilados. La desventaja de esta herramienta es que no soporta el acceso a código de bajo nivel y por lo tanto, el uso de dispositivos de interacción. Sin embargo, esta herramienta cuenta con soporte para la comunicación en red mediante sockets TCP, lo que posibilita la utilización de código nativo empleando software externo, por ejemplo: C# o C++ para el acceso de bajo nivel a los controladores de dispositivos y luego crear interfaces en red para la interacción de estos elementos. La Figura 25 muestra el diagrama de

emplazamiento de los prototipos implementados. Este enfoque tiene ventajas y desventajas: por un lado, este modelo cliente - servidor tiene un menor desempeño que las aplicaciones compiladas para código nativo aunque, por otro lado, este modelo permite mayor flexibilidad ya que permite aislar el código de Entrada / Salida, que puede ser desarrollado en cualquier lenguaje compilado como por ejemplo: Java, C, C++, C# y por otra parte la lógica del juego, en un lenguaje de más alto nivel como los lenguajes de “*scripting*” (o guiones) (Ousterhout, 1997) en un entorno de desarrollo gráfico, ambos elementos conectados por servicios web, lo que facilita el diseño e implementación.

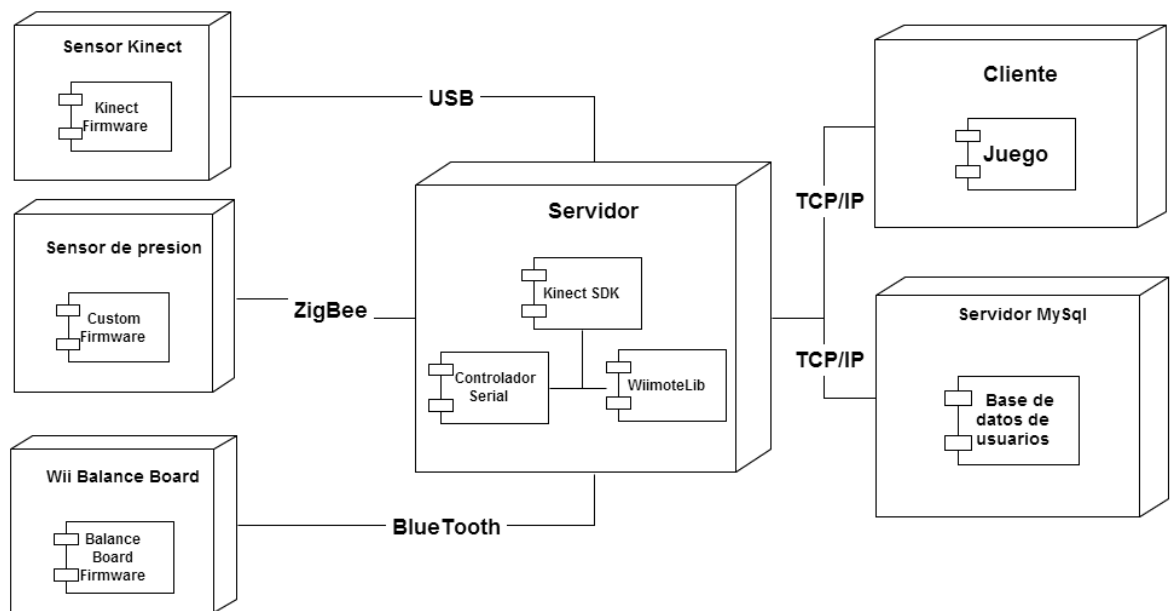


Figura 25. Diagrama de emplazamiento de la arquitectura para los juegos en *ActionScript*.

En esta arquitectura se pueden denotar varios componentes:

- **Sensores:** Los sensores representados en la figura contienen *firmware* específico que posibilita el tratamiento de los datos sensores y la comunicación hacia el host servidor.
- **Servidor:** Este nodo contiene un servidor TCP escrito en C# que reúne los datos tomados de componentes como la *WiimoteLib*, una librería escrita en C++ pero con extensiones para su uso en entornos de .NET, la cual se encarga de

proveer acceso a los datos del sensor *Wii Balance Board*. El servidor también inicializa y realiza un rastreo de posición corporal del sensor *Kinect* (“*skeletal tracking*”) periódicamente usando el API del SDK de Microsoft y finalmente, inicializa y accede a los mensajes emitidos por el sensor de presión desarrollado en el presente trabajo utilizando las librería básicas de Entrada / Salida serial de .NET. El servidor reúne periódicamente estos mensajes y los transmite en formato JSON hacia el cliente. Este servidor también recibe mensajes JSON del cliente corriendo el juego para almacenar información del usuario en el servidor de base de datos *MySQL*.

- Cliente: Este nodo se encarga de la visualización del juego el cual se encuentra escrito en *Action Script*. El juego se compone de varias clases que se encargan de gestionar la interacción con el usuario, por ejemplo: control de colisiones, animaciones, sonidos, etc. Para ello, el juego contiene un ciclo o “*loop*” que se encarga de verificar el estado del juego, por ejemplo: en qué nivel se encuentra, la puntuación del jugador, etc. Al mismo tiempo, el ciclo decodifica los mensajes JSON provistos por el servidor y verifica el estado de los dispositivos de entrada para posteriormente modificar su estado en función de dichas entradas. En determinados momentos, por ejemplo, cuando el usuario accede a un nuevo nivel, el juego también codifica un mensaje JSON y lo envía hacia el servidor para que almacene nueva información en la base de datos del usuario.

En la Figura 26 se muestra el diagrama de interacción del dispositivo expuesto anteriormente.

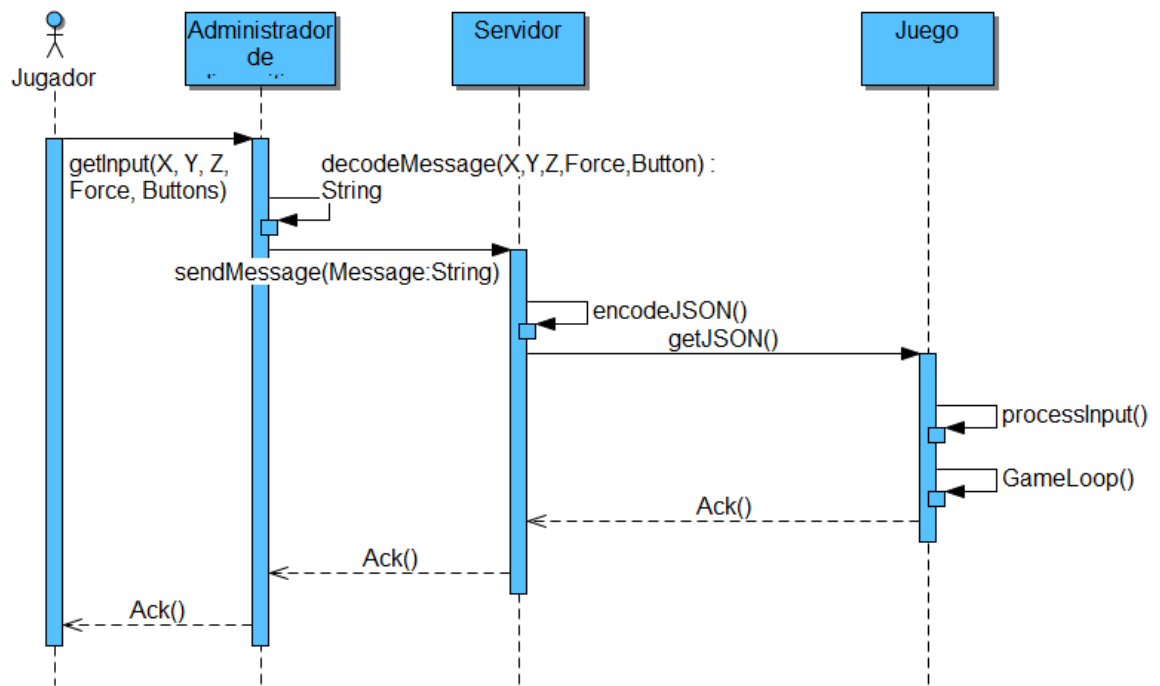


Figura 26. Diagrama general de secuencia del dispositivo de interacción desarrollado.

4.7 Diseño de los primeros juegos: “*Birds*” y “*pool*”

Durante el proceso de diseño se propusieron algunos conceptos de diseño durante sesiones de lluvia de ideas y, en un principio, se escogieron dos conceptos. El primer videojuego se basó en un juego de billar dado que para muchos de los adultos mayores el concepto es familiar. El juego requiere que el usuario lance una pelota blanca utilizando la fuerza aplicada al control como una medida de impulso. La bola debe ser dirigida estratégicamente para golpear otras bolas de diferente color localizadas en la mesa en orden de emplazarlas en el hoyo marcado con el correspondiente color. De esta manera, el jugador necesita resolver cómo golpear la bola para igualar el patrón de colores de las bolas y los agujeros. Cuando esto ocurre un sonido se reproduce proporcionando una retroalimentación positiva ante el éxito obtenido. La Figura 27 muestra un boceto preliminar del juego descrito.

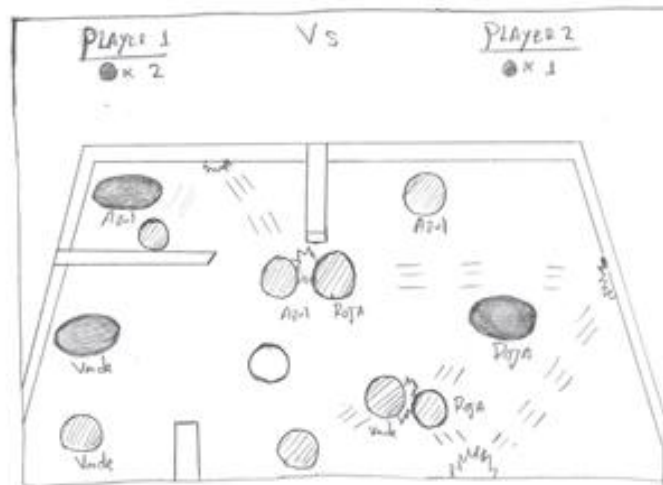


Figura 27. Boceto preliminar del juego de billar.

El prototipo inicial incluyó algunas indicaciones en la interfaz de usuario para proporcionar retroalimentación de la cantidad de fuerza aplicada al control: una barra deslizante y un sonido para indicar el incremento de cero hasta el total de la fuerza que tendrá la bola al presionar el control. Una vez que el jugador libera la presión en el control la bola gana impulso con la cantidad de fuerza registrada en la barra. En este diseño se decidió agregar algo de estrategia y reacciones basadas en la física de los elementos del juego para brindar una mejor experiencia más interesante. La Figura 28 muestra la interfaz del prototipo.

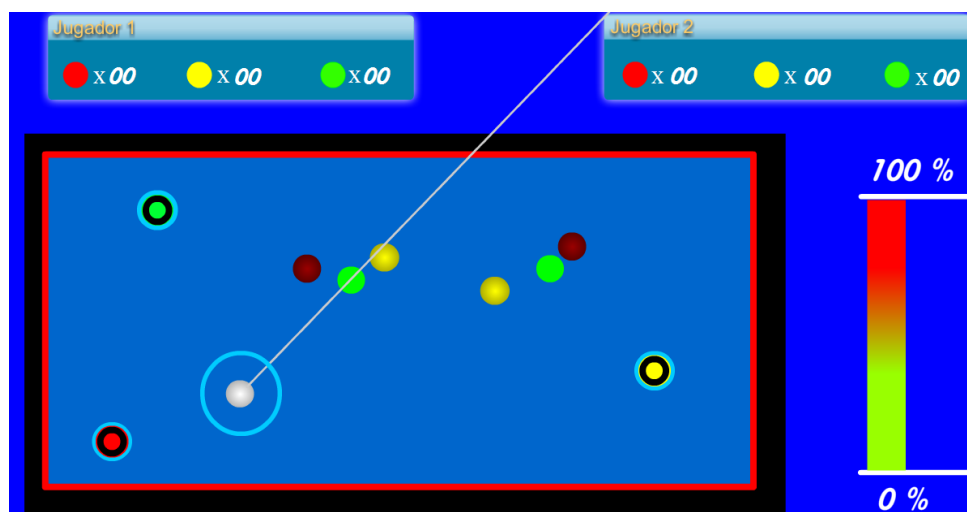


Figura 28. Interfaz del juego de billar.

El segundo juego fue elegido por simplicidad con el objetivo de no presentar una dinámica muy complicada para jugadores inexpertos que no están familiarizados con las convenciones actuales de los juegos. Este juego se basó en los antiguos juegos de plataforma que pululaban en las primeras máquinas de “arcades” y, en esencia, consiste en controlar un ave utilizando la fuerza de presión. Cuando el jugador presiona el control, el ave gana altura y velocidad al tratar de evitar obstáculos en el juego, por ejemplo aviones que se trasladan aleatoriamente a través de la pantalla. El objetivo del juego es recolectar ítems, en este caso frutas que aparecen también aleatoriamente en la pantalla con el propósito de sumar puntos. Si el ave atrapa una fruta, un sonido lo alerta de que ha sumado puntos y si, por otra parte, colisiona con uno de los aviones, una pequeña explosión indica que perdió una vida. La Figura 29 muestra la interfaz de este juego.



Figura 29. Juego del ave.

4.8 Juego para medir fuerza de presión y fatiga: “*Fire alert*”

Como ya se mencionó previamente, uno de los propósitos establecidos en el presente trabajo es explorar la medición de la fuerza de presión y fatiga utilizando juegos. Para este fin, y después de una sesión de lluvia de ideas, se propuso un concepto sencillo y fácil de entender, que pudiera relacionarse fácilmente con la tarea. El propósito del juego era establecer alguna dinámica en donde el usuario tuviera que presionar de manera sostenida el control por un periodo de tiempo suficiente que permitiera conocer

el tiempo de fatiga como sugiere el método propuesto por *Bautmans et al.* (2005) y la fuerza de prensión máxima. El concepto ideado fue el que se muestra en la Figura 30 al que se le llamó “*Fire alert*”.

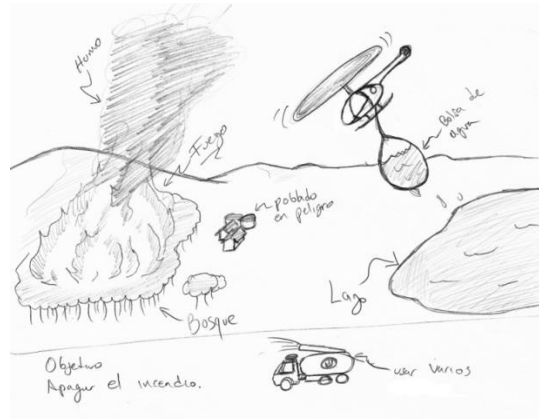


Figura 30. Concepto preliminar del juego “*Fire alert*”.

En este juego, el objetivo del jugador es evitar un incendio en un bosque por lo que su misión es controlar un helicóptero equipado con una bolsa para acarrear toda el agua posible desde un lago, ubicado en el extremo inferior derecho hasta el fuego que consume los árboles en el escenario. La Figura 31 muestra una pantalla de la interfaz de este prototipo.

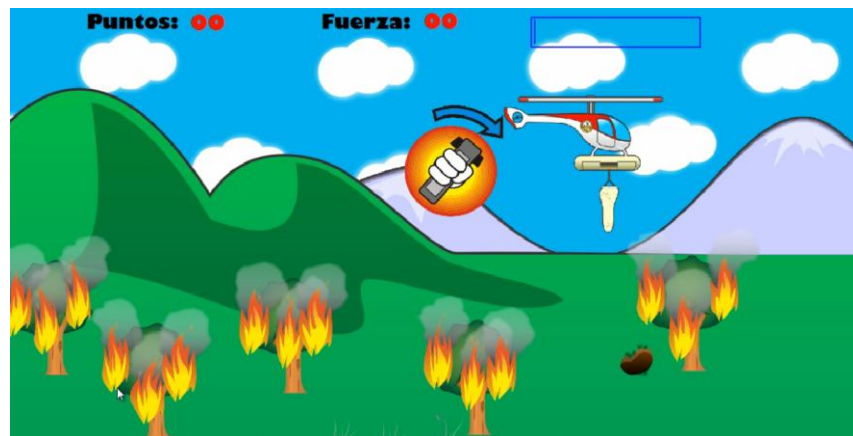


Figura 31. Pantalla inicial del juego “*Fire alert*”.

El juego está diseñado para utilizar los datos del control de presión implementado de manera que el helicóptero responde a los movimientos del jugador,

desplazándose a la derecha cuando el usuario mueve su muñeca a la derecha o hacia la izquierda si el usuario mueve su muñeca a la izquierda. Cuando el helicóptero se desplaza hasta el lugar en donde se encuentra el agua, el helicóptero desciende automáticamente y se coloca en posición para extraer agua del lago. En ese momento el helicóptero no puede moverse y espera que el usuario presione el control para empezar a cargar agua en la bolsa. Una pequeña animación le indica al usuario que debe presionar todo lo que pueda el control. A medida que el usuario aplica fuerza en el control, la cantidad de agua contenida en la bolsa aumenta indicándose por el nivel de una barra localizada en la esquina superior derecha de la interfaz del juego (Figura 32).



Figura 32. Jugador cargando agua.

Una vez obtenido el mayor nivel de agua que le es posible, el usuario debe mover el vehículo hasta donde se encuentra el fuego para luego soltar el líquido a medida que se libera presión en el control del juego. Una pequeña animación de la caída del agua aparece indicando esta acción y a medida que el agua hace contacto con las llamas localizadas en los árboles éstas desaparecen, lo que hace sumar puntos en el juego mismo que se indica en la parte superior izquierda de la pantalla donde se guarda el puntaje actual obtenido (Figura 33).



Figura 33. Jugador apagando fuegos.

Si el jugador logra desaparecer todas las llamas ubicadas en los árboles gana la partida. A medida que pasa el tiempo, los árboles que aun cuentan con fuegos se deterioran gradualmente hasta calcinarse por completo. Si todos los árboles se consumen por completo el usuario pierde la partida.

Con el propósito de obtener una noción de la fuerza máxima del usuario y mantener el juego lo más balanceado posible para que pudiera jugarse por varios usuarios sin convertirse en una experiencia demasiado frustrante, se ideó una forma de obtener una medida preliminar de la fuerza máxima del jugador y así poder adaptar la dinámica del juego de acuerdo a este parámetro. Se propuso el concepto mostrado en la Figura 34.

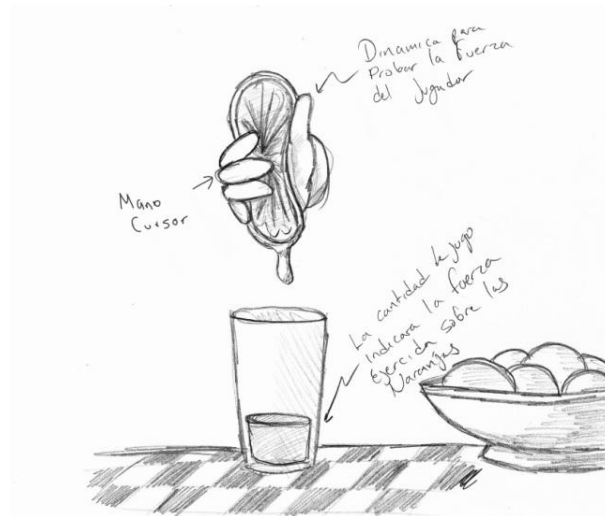


Figura 34. Concepto inicial del mini juego de exprimir.

El objetivo de este mini juego es motivar el uso de la fuerza de presión para exprimir una rebanada de naranja encontrada en el escenario. A medida que el usuario presione el control, una animación en donde se vierte jugo sobre un vaso dispuesto en el escenario indica que se está ejerciendo fuerza sobre la naranja. Al mismo tiempo un indicador en la parte superior muestra el nivel de fuerza ejercido. Después de unos segundos de ejercer la máxima fuerza, el juego prosigue a iniciar con el control del helicóptero. La figura 35 muestra la pantalla de este mini juego.

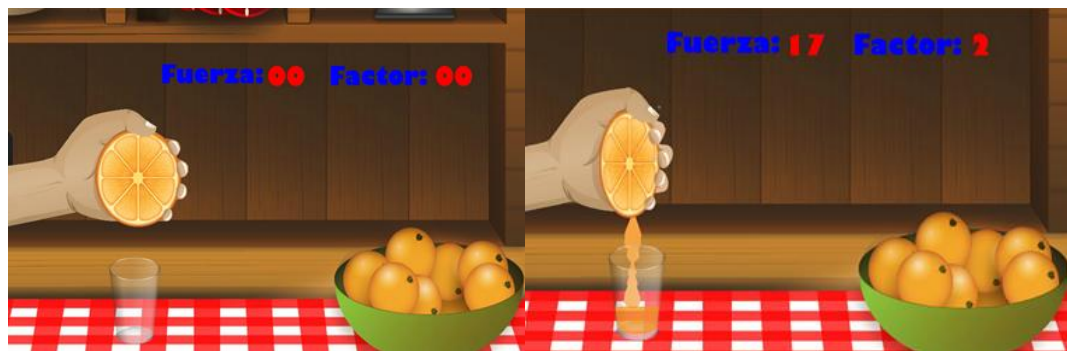


Figura 35. Mini juego de exprimir la naranja.

4.9 Juego para medir fuerza de presión: clon de “*Angry Birds*”

Después de implementar el juego anterior y probarlo con los usuarios, se exploraron varias ideas para tratar de hacer más atractivos los juegos. Una de las ideas

propuestas fue el concepto del popular juego “*angry birds*” de la compañía finlandesa *Rovio*. El objetivo de este juego es, igualmente, determinar la fuerza de prensión del jugador, tratando de motivar la participación aprovechando la popularidad y probada aceptación de este concepto a nivel internacional ya que se sabe que se han descargado más de 350 millones de copias internacionalmente(<http://www.levelup.com/noticias/15393/Angry-Birds-supera-a-Mario/>) y, actualmente, con el tercer lanzamiento de la franquicia “*angry birds space*”, el cual reportó 50 millones de descargas en 50 días, lo que lo posiciona como el mejor vendido de la historia. La dinámica de este juego es sencilla: al comenzar el juego el escenario contiene a todos los personajes, obstáculos y una resortera desde donde el jugador impulsa al personaje principal, un ave. Para este fin, en el juego original, el jugador controla la distancia y el ángulo del personaje principal utilizando el mouse para presionar el ave y retirarla de acuerdo a la posición relativa del mouse con respecto a la resortera. El objetivo es derribar a los cerdos, principales antagonistas, que se encuentran en el escenario por lo que el nivel termina hasta eliminar a todos los cerdos presentes en el escenario o bien hasta que el jugador gasta cinco intentos sin derribar a todos los cerdos. En el escenario también se encuentran obstáculos o bloques localizados de formas muy variadas en cada nivel y que pueden ser de distintos materiales, los cuales cumplen la misión de evitar que los cerdos sean eliminados con demasiada facilidad.

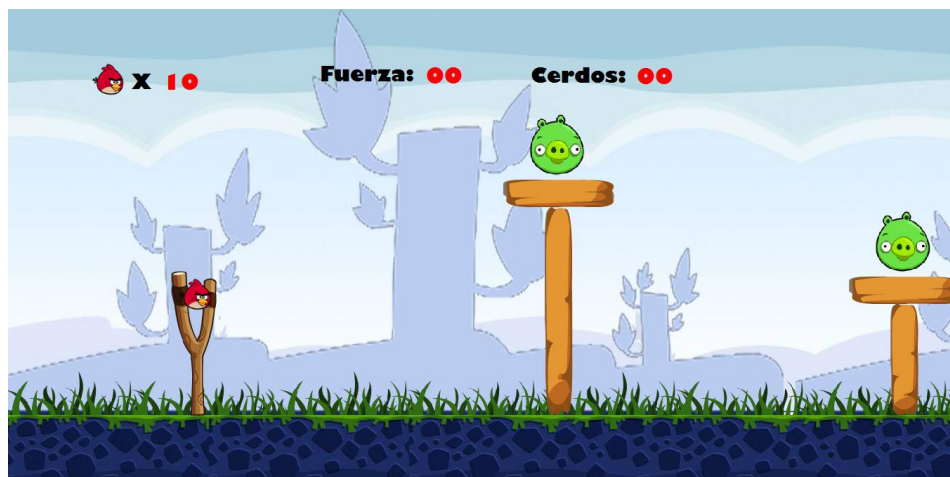


Figura 36. Interfaz del clon de “*Angry Birds*”.

En el juego propuesto en el presente trabajo, desarrollado en *Action Script 3*, se introdujeron algunas variantes. En lugar de usar el mouse para darle impulso y dirección al ave, utilizamos las características funcionales del control desarrollado. Cuando el usuario presiona el control, el ave gana impulso en la resortera, que también se ajusta de acuerdo a la fuerza máxima registrada en el mini juego de extracción de jugo. Esto, como se mencionó, con el propósito de balancear el juego para varios usuarios. Cuando el usuario libera la presión ejercida en el control también libera al ave alojada en la liga de la resortera con el último impulso registrado, haciendo proporcional la cantidad de impulso con la cantidad de fuerza registrada en el control, lo que hace más natural la interacción con la dinámica del juego original. La dirección se puede determinar de dos formas: mediante la posición de la mano utilizando el acelerómetro integrado en el control o por medio del rastreo de posición de la mano proporcionado por el sensor *Kinect*.

Como ya se sabe, uno de los principales atractivos de este juego es que funciona con una dinámica basada en las leyes de la física: al colisionar el ave contra los obstáculos o los mismos cerdos, estos elementos reaccionan de manera realista y convincente lo que para muchos usuarios resulta intuitivo y entretenido. Con el propósito de emular este comportamiento se empleó un motor de física soportado por *Action script 3: Box2D*, que inicialmente se destinó para el desarrollo en C++ aunque existen varios *ports* de otros lenguajes como C# o AS3. Regularmente, los motores de juegos como *Unity 3D* o *Unreal 3D* integran poderosos motores de física como el *nvidia physx*, que facilitan la incorporación de mecánicas realistas entre los elementos del juego. En el caso de *Box2D*, su uso requiere de un cambio en la manera en que se componen los scripts. De manera usual, un desarrollador diseña *sprites* o animaciones y agrega algo de “inteligencia” al comportamiento de estos elementos mediante programación. Con *Box2D*, el comportamiento de todos los elementos situados en el juego, denominados cuerpos rígidos, es determinado por simulaciones efectuadas por el motor, quien mantiene la posición y el estado actual de cada elemento para posteriormente determinar su estado y posición futura en cada ciclo de iteración. Esto también obliga al desarrollador a familiarizarse con

las estructuras de datos contenidas en este motor. En el presente trabajo se empleó esta librería para determinar la cantidad de fuerza en el impulso del ave y para animar toda la dinámica entre los cuerpos, colisiones, etc. La Figura 37 muestra una pantalla con un lanzamiento del ave.



Figura 37. Pantalla del juego clon de “*Angry Birds*” utilizando el control desarrollado.

4.10 Juego para medir movilidad y velocidad de marcha: “*Jewel Hunter*”

Otra de los parámetros de interés para estimar la fragilidad de un individuo, y por tanto del interés del presente trabajo, es la movilidad y velocidad de marcha, reconocidos ambos como unos de los factores más determinantes para la valoración de la funcionalidad en el adulto mayor. Para este fin se propuso el concepto mostrado en la Figura 38, al que se tituló “*Jewel Hunter*”. Para el diseño de este juego se atendió a las inquietudes recopiladas en el grupo focal inicial y a la revisión del trabajo previo asentado en la literatura. En el grupo focal, los adultos mayores reportaron afinidad con los videojuegos de interacción física debido a los beneficios de salud percibidos con este tipo de dinámicas. Además, en la literatura existen algunos estudios de usabilidad y adopción de los videojuegos enfocados a los adultos mayores como el trabajo de (Gerling y Masuch, 2011), los cuales reportan ciertas limitaciones en los juegos de video comerciales, aunque también reportan algunos intereses comunes, encontrados a base de cuestionarios aplicados en la población de adultos mayores, tales como dar caminatas u observar paisajes. Estas actividades resaltan debido a que muchos de los adultos mayores padecen discapacidades físicas que limitan su movilidad y la práctica de estas actividades. El

proporcionar un ambiente virtual que emule en alguna medida esta experiencia, mencionan en el trabajo de (Gerling *et al.*, 2011), puede proporcionar una experiencia agradable y útil para el adulto mayor.

En este juego, el objetivo del jugador es encontrar joyas y tesoros escondidos en un páramo. Para lograr esto, el jugador debe desplazarse simulando la dinámica de caminado, lo cual es posible gracias al sensor *Wii Balance Board*, y, además, debe dirigir el personaje levantando las manos para indicar el sentido del movimiento del personaje, lo cual es logrado por la detección de posición del sensor *kinect*.

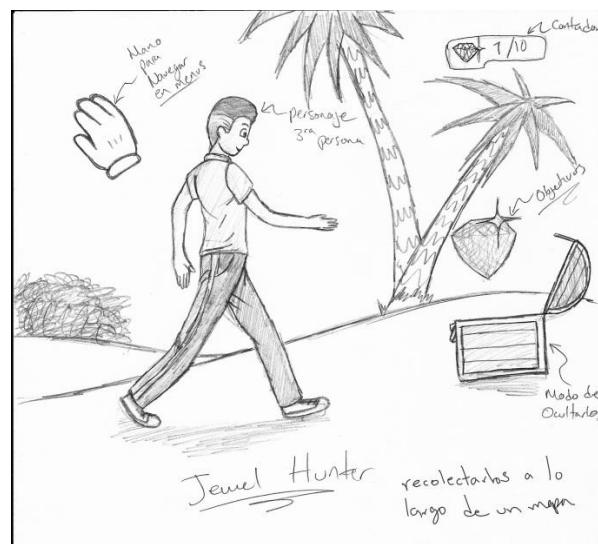


Figura 38. Concepto preliminar del juego “Jewel Hunter”.

Como personaje principal o “*avatar*” se propuso un diseño afín a los usuarios ya que se quería evitar usar diseños algo genéricos como los *Mii* de *Nintendo*. Así que se pensó utilizar personajes de mediana edad para fomentar, en lo posible, cierta familiaridad con el personaje. El diseño de personajes propuesto se muestra en la Figura 39.

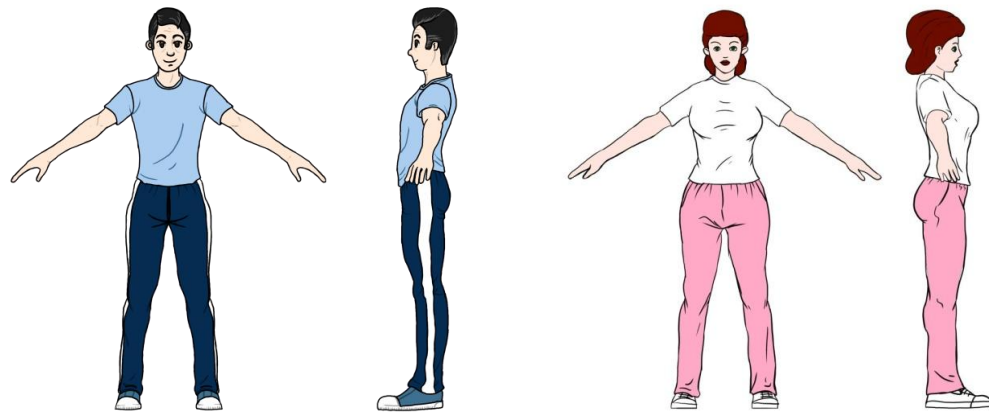


Figura 39. Personajes del juego “*Jewel hunter*”.

Para el desarrollo de este juego se utilizó el motor de juegos *Unity 3D*, que como se dijo anteriormente, contiene muchas características y funciones que pueden utilizarse para conformar aplicaciones de juegos de alta calidad. *Unity 3D* es todo un ambiente de desarrollo visual, muy similar a aplicaciones de diseño en 3D como *3D studio Max* o *Maya 3D*, los cuales contienen editores de escena en donde es posible situar y manipular modelos en tres dimensiones. En este ambiente, se pueden crear terrenos hechos a la medida gracias al editor de terrenos integrado en el sistema. También existe una vasta colección de “activos” usados en los juegos como: agua, texturas para el suelo, pasto, etc., que permiten gran flexibilidad para el diseño de juegos inmersivos. Sin embargo, como ya se mencionó, estos motores de juegos ponen a disposición del desarrollador una interfaz de programación bien definida que por lo regular está diseñada para lenguajes de “*scripting*” que operan sobre niveles altos de abstracción ocultando muchos detalles de bajo nivel del desarrollo de juegos como: acceso directo a los periféricos para la creación multimedia, manejo de estructuras de datos complejas para la manipulación de gráficos, manejo del motor de física integrado, etc. En el caso de *Unity 3D*, existen dos formas de programar la lógica del juego: mediante una variante de *Javascript* o *C#* por medio de la implementación de *Mono*, un proyecto que nació para traer los beneficios del código administrado a los sistemas Linux, son un conjunto de herramientas y librerías escritas para el lenguaje *C#* y en alguna medida compatibles con *.NET*. En el presente trabajo se optó por el uso de *Javascript* para el control del personaje y

su interacción, como el control de colisiones y se usó C# para la utilización de un “*plugin*” (código que extiende la funcionalidad de las clases contenidas en el motor de juegos) para el acceso a las librerías de desarrollo del sensor *Kinect* y también para la implementación de un pequeño servidor TCP para la comunicación con el sensor *Wii Balance Board*. *Unity 3D* permite la ejecución directa de código nativo a través de Mono por lo que el uso del SDK de Microsoft para el sensor *Kinect* es relativamente fácil, sin embargo para la utilización del sensor *Wii Balance Board*, la librería más robusta que se encontró fue la *WiimoteLib*, que tiene algunos problemas de incompatibilidad con Mono. Por este motivo se usó el esquema de los juegos anteriores y se escribió una aplicación cliente externa en C#, solamente para inicializar y establecer la comunicación del sensor con los *scripts* escritos en *Javascript*. La Figura 40 muestra el diagrama de emplazamiento de la aplicación.

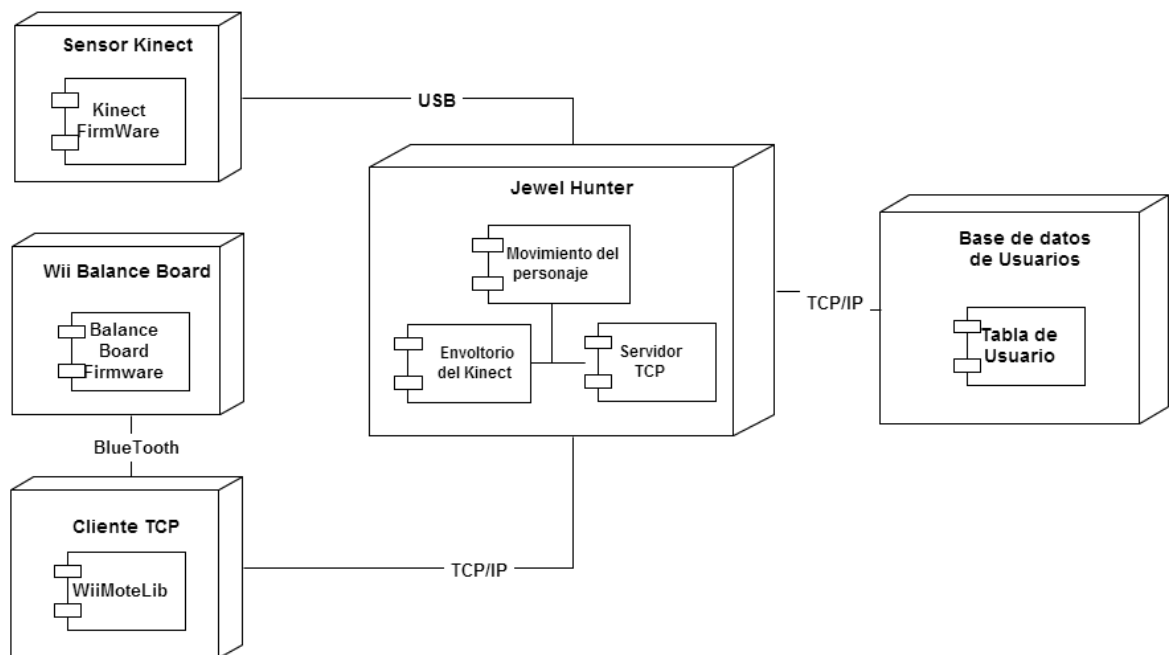


Figura 40. Diagrama de emplazamiento del juego “*Jewel Hunter*”.

En esta arquitectura se pueden mencionar varios componentes:

- *CharacterMovement*: Este script se encarga del movimiento del personaje, lo cual se logra utilizando los datos del servidor TCP, el cual recibe la información de pasos del *Wii Balance Board* y las funciones del *plugin* de *Kinect*. El

desplazamiento es determinado por la zancada del usuario, la cual se calcula de manera aproximada a partir de la frecuencia de los pasos registrados por el *Wii Balance Board* y la altura del usuario, esta última definida a partir del cálculo de la longitud de las uniones que definen la estatura del jugador. El sentido del personaje es determinado por los brazos del jugador: si el usuario levanta el brazo izquierdo, el personaje gira hacia la izquierda y si el usuario levanta el brazo derecho el personaje gira hacia la derecha.

- *Kinect Wrapper*: Este componente provee acceso al código nativo de la librería del SDK (MSRKinect.dll) del sensor Kinect. Esto posibilita el uso de las funciones del dispositivo (que puede ser el rastreo de la posición corporal, reconocimiento de voz, elevación del sensor, etc.) desde los scripts dentro del motor de juegos.
- *TCP Server*: Este componente implementa un servidor TCP sencillo que recibe datos del sensor *Balance Board* de forma periódica desde el cliente externo y la exporta mediante variables globales para su uso hacia otros *scripts*.
- *Cliente TCP*: este componente instancia los objetos contenidos en la librería *WiimoteLib*, lee el estado de los cuatro sensores del *Balance Board* y los pasa en formato JSON a través de sockets TCP hacia el servidor del motor de juegos.
- *Base de datos del usuario*: Un script que se encarga de conectar el juego al servidor de base de datos *Mysql*, en donde se guarda una base de datos de los usuarios y actualizar la tabla del usuario en cuestión.

Una vez que el usuario se mueve dentro del escenario su objetivo es localizar y recolectar los diamantes y tesoros contenidos en el escenario. La interfaz de usuario o "HUD" (*Heads Up Display*) como se menciona en la literatura, se compone de un contador de tesoros en la esquina superior derecha y un cronómetro en la esquina superior izquierda, lo que significa que el jugador tiene un tiempo limitado para alcanzar el objetivo de cada nivel.



Figura 41. Pantalla del juego “*Jewel Hunter*”.

Si el jugador recolecta todos los tesoros (que se muestran en la Figura 42) una pantalla muestra que se ha logrado el objetivo del nivel y permitirá avanzar al siguiente. Si, por otra parte, el cronómetro lleva su conteo hasta el final otra pantalla alerta al jugador de que ha perdido una oportunidad y podrá repetir el mismo nivel o volver al principio (Figura 43).



Figura 42. Pantalla con los objetivos del juego “*Jewel Hunter*”.



Figura 43. Posibles resultados después de una sesión del juego “*Jewel Hunter*”.

4.11 Juego para medir actividad física: “*Active Birds*”

Otro diseño que se consideró en el presente trabajo fue el de un juego que pudiera medir la actividad física y al mismo tiempo pudiera motivar la participación de los usuarios, adoptando la forma de un sistema ambiental, apelando al concepto de Brian Eno (2003). El juego propuesto, se concibió en una sesión de diseño el cual se denominó “*Active Birds*”. La mecánica del juego es sencilla: un grupo de aves, los principales personajes en el juego, se encuentran situados en un escenario natural provisto por los elementos propios del hábitat de estas aves como árboles, nidos, etc. La Figura 44 muestra la pantalla con el escenario del juego y dos personajes.



Figura 44. Pantalla del juego “Active Birds”.

El propósito del juego es el de capturar de alguna medida la actividad física del usuario. Para este fin se pensó en utilizar sensores para ese propósito específico tales como los *Fitbit* (<http://www.fitbit.com/es>), los cuales ya implementan un API basada en una arquitectura de servicios REST, que puede ser usado tanto en Java como en .NET, para el acceso a los datos del usuario, los cuales pueden incluir incluso el gasto calórico total en unidades de tiempo. Sin embargo, para el presente trabajo se optó por el uso de la plataforma provista por los dispositivos móviles, que en la actualidad se encuentran dotados de una variedad de dispositivos sensores, incluyendo acelerómetros. Siguiendo el modelo descrito en (Bouten *et al.*, 1994), se calcula una medida de actividad, asociada a gasto calórico, denominada “*activity counts*”, que se obtiene calculando la resultante de los tres ejes del acelerómetro y comparándolo con una tabla predefinida. De esta manera, es posible estimar de manera aproximada un patrón de actividad física y clasificarlo en magnitudes manejables para su evaluación. Este último trabajo define varios rangos de actividad desde nula hasta intensa dependiendo del número de “*activity counts*” registrados en el tiempo. El juego diseñado hace uso de esta información transmitida por el dispositivo móvil mediante un servicio web basado en un mensaje JSON, para modificar el comportamiento de cada personaje. Cada personaje en el juego está asignado a un jugador específico y una vez que los datos se actualizan, el personaje

adopta el comportamiento predefinido a ese nivel de actividad. En cada personaje se encuentran definidos 4 niveles de actividad, caracterizados por una actividad específica de cada ave, de un nivel bajo a un nivel alto: durmiendo, parado, cantando, volando, etc. La Figura 45 muestra los diseños de los personajes que participan en este juego.



Figura 45. Personajes que intervienen en el juego “*Active Birds*”.

Adicionalmente, cuando un jugador nuevo entra en contacto con la pantalla del juego, el usuario tiene la posibilidad de interactuar con los personajes. Mediante las capacidades de interacción del sensor Kinect, podemos capturar gestos específicos para interactuar con el ambiente virtual, por ejemplo: al mover la mano, el usuario recibe una respuesta de la pantalla al moverse el viento en dirección de la posición de la mano.

4.12 Resumen

En este capítulo se describe el diseño y desarrollo de 6 prototipos de juegos ambientales. Estos prototipos tienen por objetivo obtener mediciones de interés relacionadas con el síndrome de fragilidad y al mismo tiempo motivar la participación del usuario. Asimismo se diseñó e implementó un control inalámbrico como dispositivo de interacción para la captura de algunas de las medidas de interés como fuerza de prensión y fatiga. Algunas ideas iniciales para el diseño de los juegos fueron recabadas a partir de un grupo focal llevado a cabo en las instalaciones del CICESE, a través de la revisión de la literatura y sesiones de lluvia de ideas.

Capítulo V. Evaluación y resultados

5.1 Introducción

En este capítulo se presenta la evaluación de los juegos desarrollados, los cuales se presentan en el Capítulo IV. Esta evaluación consistió en probar el sistema con adultos mayores con el propósito de probar que el sistema cumplía con el propósito para el cuál fue diseñado, esto es, medir parámetros asociados al índice de fragilidad, mientras los adultos mayores se entretienen jugando un videojuego ambiental.

El capítulo se estructura de esta manera: primeramente se describe el objetivo de la evaluación, las preguntas que se plantearon y las sesiones de evaluación que se llevaron a cabo. Se presenta además una descripción de los sujetos que participaron en la evaluación, el procedimiento que se siguió para su desarrollo, los resultados obtenidos y la discusión de los mismos.

El objetivo de la evaluación consiste en determinar la utilidad, la percepción del usuario y recabar por medio del juego datos que permitan determinar los factores asociados a la fragilidad mencionados anteriormente. Con el propósito de hacer una descripción más clara, se dividió el capítulo de acuerdo al factor medido.

5.2 Estimación de la fuerza muscular

Primeramente se presenta la evaluación de los juegos referentes a la medición de fuerza física. Para llevar a cabo la evaluación del sistema se siguió el procedimiento mostrado en la Figura 46, el cual consta de 4 etapas:

- Se introduce el concepto del juego, la mecánica básica y su propósito.
- Se instala el control y se prueba la conexión con el receptor.
- Una vez probado el hardware, se deja al usuario experimentar con la dinámica. El juego registra la actividad del usuario cada segundo, almacenando los niveles de fuerza ejercidos.

- Se retira el sensor y se configura una nueva sesión en el sistema incorporando lo aprendido durante la evaluación.

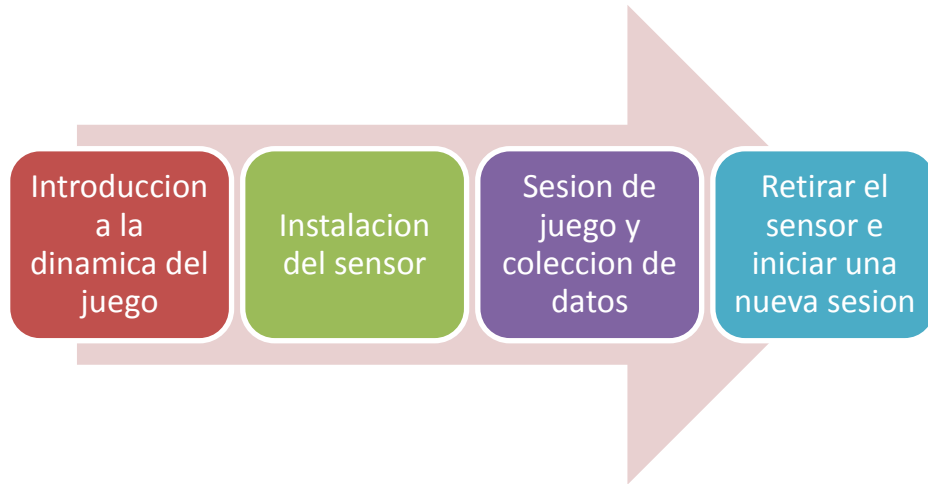


Figura 46. Procedimiento seguido en las evaluaciones.

El objetivo de la evaluación fue comprobar que las mediciones obtenidas por los sensores en una sesión de juego eran correctas, y adicionalmente conocer la percepción de los jugadores respecto al uso del sistema.

Las evaluaciones buscan responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las características de las medidas obtenidas a partir de una sesión de juego?
- ¿El propósito del juego es fácil de entender?
- ¿Qué tan fácil es seguir la mecánica de los juegos?

5.3 Control vs dinamómetro clínico

Una vez desarrollado un dispositivo para obtener los valores de la fuerza se procedió a validar los datos obtenidos. Para lograr esto se realizó una prueba estándar practicada por los geriatras y se comparó el resultado contra los datos obtenidos por un dinamómetro clínico, el cual nos facilitó un médico. El procedimiento que los médicos geriatras emplean en estos casos es el siguiente (Palmer *et al.*, 2002):

- 1) Se le pide al paciente que se relaje o se siente.
- 2) Se le instruye al paciente que relaje el brazo y apriete el dinamómetro con la mayor cantidad de fuerza posible.
- 3) Se repite el procedimiento tres veces y se promedia este valor.
- 4) Se procede a repetir el mismo procedimiento con el otro brazo.
- 5) Se toma el promedio de las lecturas.

Siguiendo este mismo procedimiento, se reclutaron a once personas de los departamentos de Telemática y de Ciencias de la Computación para realizar estas pruebas con ambos instrumentos. Para evitar errores ocasionados por la fatiga del músculo se intercaló el orden de medición con cada nuevo usuario al comenzar cada prueba. La Tabla 1 muestra los datos de los usuarios participantes

Sexo	Edad	Manual (Kg)	Electrónico (Kg)
masculino	59	50	46.06
femenino	39	21	19.97
masculino	45	47	39.25
Masculino	44	40	32.12
femenino	47	51	41.47
femenino	44	22	15.67
femenino	38	28	22.76
femenino	61	15	14.14
femenino	33	22	17.74
masculino	48	47	40.36
femenino	37	16	15.56

Tabla 1. Datos obtenidos con la medición de fuerza.

En algunas publicaciones existen relaciones existentes entre el nivel de fuerza asociado con el género y la edad (Sallinen *et al.*, 2010). En algunas otras se emplea el género y el índice de masa corporal para establecer puntos de corte en reducciones significativas del nivel de fuerza (Al Snih *et al.*, 2004).

Con los datos anteriores podemos establecer el índice de correlación entre ambas mediciones, el cual es de 0.98, como se muestra en la Figura 47. Concluimos entonces que hay una alta correlación en la medición de fuerza muscular con ambos

dispositivos, lo que permite utilizar el dispositivo diseñado para estimar este parámetro en el uso de videojuegos.

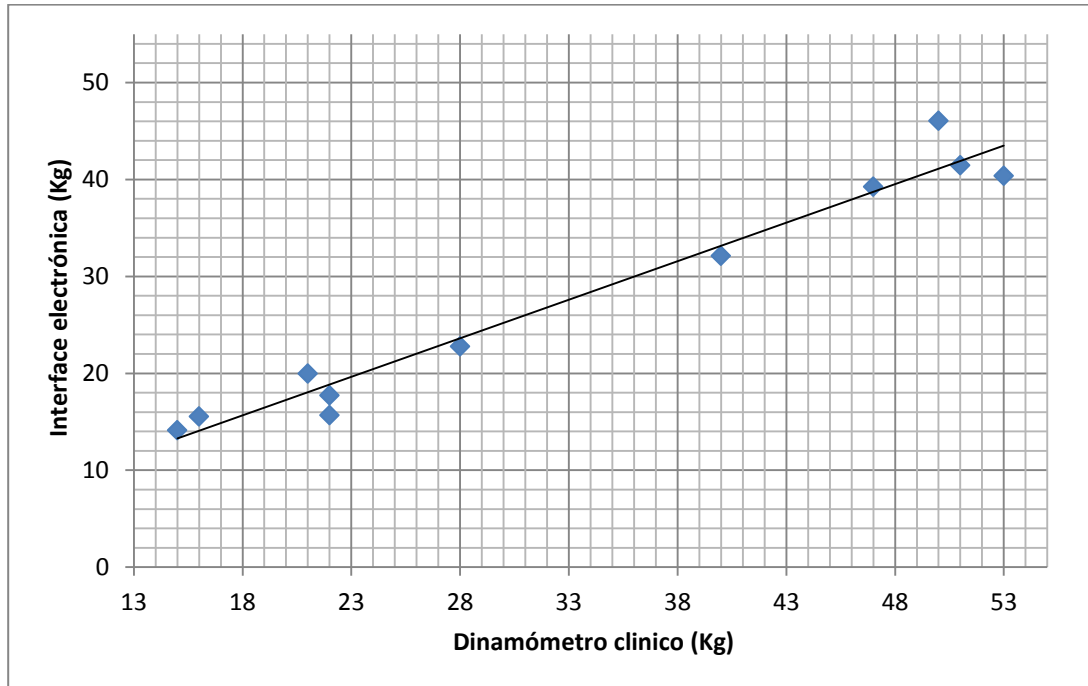


Figura 47. Correlación entre el dinamómetro clínico y el electrónico.

Hay que señalar que se detectó una diferencia de retroalimentación con el uso del dinamómetro electrónico. A diferencia del dinamómetro clínico, que posee guías en la empuñadura que impiden errores en la aplicación de fuerza, el dinamómetro electrónico puede sujetarse de varias formas. Además, por tratarse de un dinamómetro analógico, para el paciente es totalmente visible cuando se está aplicando fuerza, es decir, existe retroalimentación inmediata de la fuerza ejercida. En cambio, el dinamómetro electrónico no proporciona esa retroalimentación, la cual es en su lugar provista por el software que interpreta esas magnitudes, lo que dificulta un poco el registro de la fuerza máxima. En algunas mediciones se encontró que sujetando el control de cierta manera permite un mejor registro de la fuerza, mismo que depende de la ergonomía en el diseño del instrumento.

5.4 Evaluación de los juegos

La evaluación de los juegos consistió en permitir que los adultos probaran la dinámica del juego. Para este fin se programaron varias intervenciones en dos centros de salud avocados al apoyo de grupos de la tercera edad. Esto permitió evaluar los conceptos de juegos en adultos “robustos”, utilizando un término usado en geriatría, o que no han caído en estados de dependencia o fragilidad.

5.4.1 Evaluación preliminar (juegos iniciales)

Los juegos iniciales se evaluaron en el centro de atención a grupos vulnerables de Ensenada, en donde se estuvo trabajando con un grupo voluntario de adultos para realizar estudios de usabilidad. Se reunieron a 6 adultos mayores, los cuales participaron en una sesión de juego. Como en ese momento no se contaba con el sensor de fuerza, estos juegos fueron desarrollados para utilizar el control comercial *Wii mote*. El objetivo de esta intervención era probar estos prototipos y conocer la percepción de los usuarios y que tan receptivos eran estos usuarios ante este tipo de aplicaciones. La Figura 48 muestra algunos informantes durante esta primera sesión de prueba.



Figura 48. Adultos participando en los juegos.

5.4.2 Evaluación del juego “*Fire alert*”

Una vez desarrollado el dispositivo de interacción, se probaron dos nuevos conceptos de juego, intentando lograr ambos objetivos: obtener las mediciones y lograr una interfaz entretenida que motive el uso del sistema.

En este caso la evaluación fue iterativa, es decir, comprendió varias sesiones tratando de encontrar errores y efectuar correcciones en base a las observaciones y sugerencias recibidas en cada ciclo de iteración. Este esquema es similar al modelo propuesto por Fullerton *et al.* (2004), en donde los usuarios participan en sesiones de “*play testing*” en fases tempranas de desarrollo para obtener diseños más cercanos al objetivo propuesto.

Estas evaluaciones se llevaron a cabo en las instalaciones del ISSSTE con un grupo de adultos mayores que asiste regularmente a los programas de apoyo que ofrece esta institución. Estas reuniones tienen por objetivo ofrecer actividades e información para mejorar la calidad de vida de este sector de la población. En cada sesión de prueba se invitaba a 6 adultos mayores a participar, mismos que utilizaban los prototipos durante aproximadamente 10 minutos en cada sesión. Después de cada sesión de juego, se procedía a hacer unas breves preguntas a los participantes acerca de su percepción de uso: si les pareció entretenido, qué les gustó más y qué le modificarían.

En la primera sesión el objetivo era verificar qué tan cercanos son los valores tomados con respecto al dinamómetro que se usa en la práctica clínica. Para este fin se siguió un procedimiento similar al descrito anteriormente: se le pedía al usuario que participara en el juego, luego se le solicitaba que se midiera la fuerza, usando el mismo brazo que utilizó en la sesión de juego, tres veces para luego promediar estas lecturas. Igualmente para evitar errores debido a la fatiga, se intercaló el orden de medición. La Tabla 2 muestra algunos datos tomados en una sesión de evaluación.

Sexo	Edad	Dinamómetro clínico (Kg)	Juego (Kg)
femenino	78	15.34	16
masculino	76	20.34	19
femenino	69	20.67	19
masculino	62	22.67	25
masculino	58	26	26
masculino	61	29.34	28

femenino	79	13.67	16
femenino	65	20.67	19
masculino	63	22.67	20
masculino	60	26	23

Tabla 2. Valores obtenidos en la sesión de juego de “Fire alert”.

En base a los datos anteriores se obtuvo la gráfica de la Figura 49, en donde se muestra la correlación obtenida en una sesión de juego en comparación con la prueba estándar. La correlación obtenida es de 0.90.

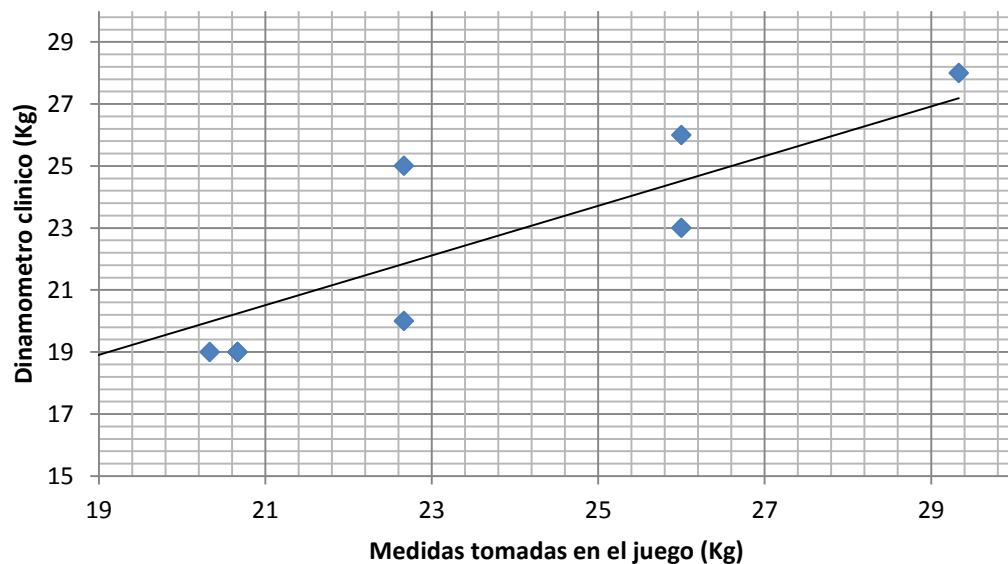


Figura 49. Gráfica de comparación entre el dinamómetro clínico y el juego.

5.4.3 Mediciones de la fatiga en el juego “*Fire alert*”

Otro de los factores que se evaluó es la fatiga muscular, que como ya se mencionó, está relacionada directamente con el síndrome de fragilidad. Para este fin, nos interesaba ver si podíamos capturar mediciones de interés implementando una dinámica que propiciara la medición estándar que se practica en ambientes clínicos. Para esto se utilizó el método descrito en el trabajo de Bautmans *et al.* (2005) para pruebas de fatiga. La Figura 50 muestra una sesión de juego en una evaluación, en donde se aprecia la variación de fuerza a través del tiempo. Esta sesión duró aproximadamente diez minutos y registra la magnitud de fuerza transmitida por el sensor en lapsos de un segundo. En la dinámica de juego, el jugador debe

desplazar un helicóptero hacia donde se encuentra el agua utilizando el movimiento de muñeca para luego presionar el control para almacenar el agua, que servirá para apagar el fuego en los árboles. Los puntos más altos en la gráfica registran cuando el usuario trata de almacenar agua en el helicóptero y luego trata de apagar el fuego intentando contener lo más posible el agua que queda en el helicóptero. En esta sesión vemos que el primer impulso genera una gráfica algo breve al igual que los impulsos del segundo 457 al 476 y después del segundo 495 al 552, lo que revela que en ese punto el usuario presionó hasta una fuerza determinada y después liberó la presión repentinamente. En cambio el impulso registrado a partir del segundo 153 hasta el 286 vemos como la gráfica se asemeja mucho al comportamiento descrito en el trabajo de Bautmans *et al.* (2005).

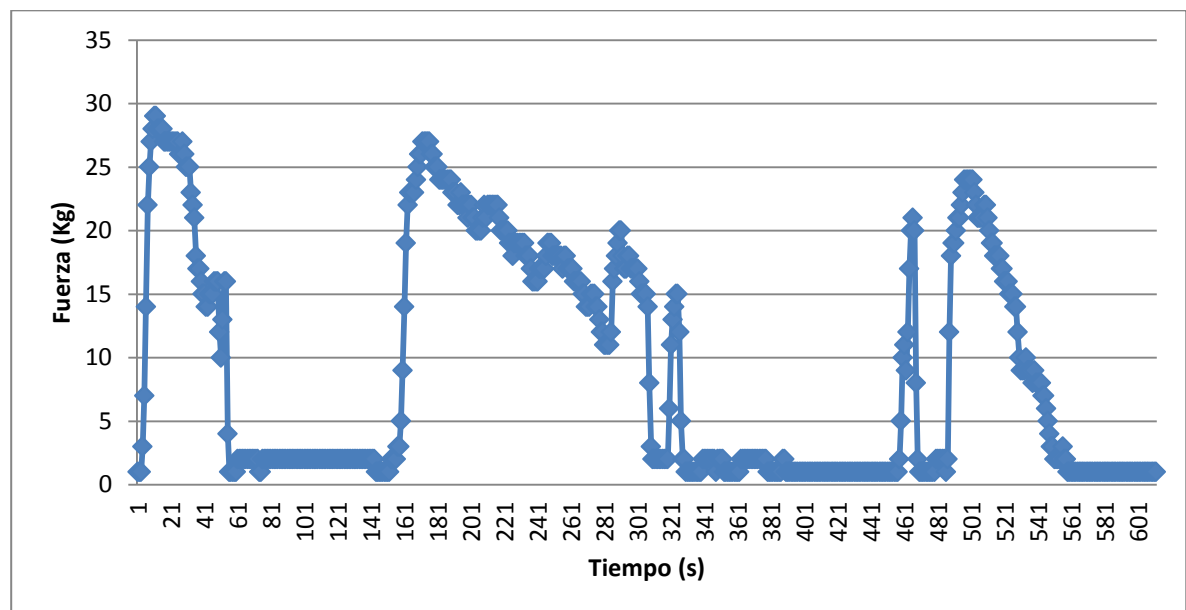


Figura 50. Gráfica de fuerza a través del tiempo en el juego de "Fire alert".

En cada sesión, los usuarios presentaron gráficas con comportamientos algo diferentes, de acuerdo al nivel de habilidad o que tan bien entendieron la mecánica del juego. La Figura 51 muestra una gráfica de otro usuario durante una sesión de juego.

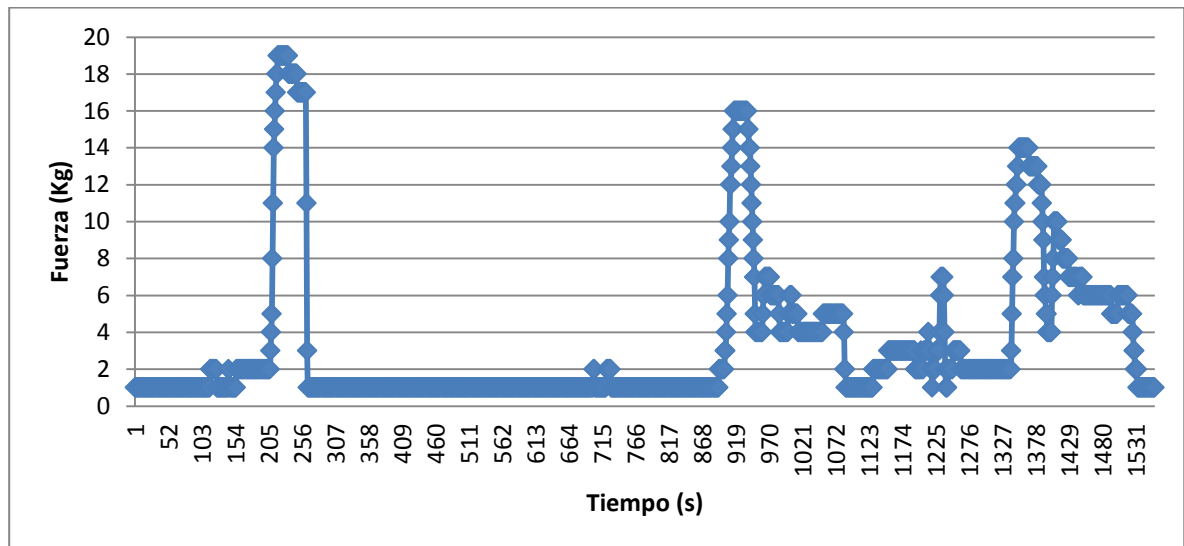


Figura 51. Gráfica de fuerza en otra sesión de juego de "Fire alert".

5.4.4 Percepción de uso del juego "Fire alert"

Como ya se mencionó, una vez completada una sesión de juego, se realizaron unas breves preguntas a los usuarios con respecto a su percepción de uso. En general, se puede decir que la dinámica del juego resultó fácil de entender. Se recibieron algunos comentarios negativos en cuanto a la temática de juego, en especial por parte de las mujeres ya que el concepto no incorpora ningún rasgo con el que pudieran relacionarse. Algunos hicieron comentarios con respecto al control y su usabilidad.

Usuario: "...pues en general se me hizo fácil pero no es algo que jugaría mucho tiempo ya que es cansado..."

Usuario: "...entiendo que es para el músculo verdad pero no me llama la atención eso de apagar fuegos..."

En otras sesiones de evaluación hubo algunos comentarios positivos acerca del juego, sin embargo hicieron algunas sugerencias con respecto al control.

Usuario: "...sí, está bien sólo que al girar la muñeca hay que ajustarle un poco para que sea más rápido el movimiento..."

Al interrogar acerca de si lo volverían a usar, los usuarios se mostraron cooperativos. En base a observación se podría decir que el juego llamó más la atención de los usuarios varones debido a la temática del mismo.

5.4.5 Evaluación del juego clon de “*Angry birds*”.

Atendiendo a los resultados de la evaluación del juego anterior, se pensó en probar otro concepto que pudiera motivar más la participación de los usuarios. Como ya se mencionó en el capítulo anterior, el juego de “*Angry birds*” es un juego sumamente popular para el público de todas las edades. Es por esto que se propuso implementar un prototipo con una mecánica similar al del juego original pero utilizando el control desarrollado para obtener mediciones de fuerza. La Figura 52 muestra una sesión de juego llevada a cabo en el grupo de adultos del ISSSTE.



Figura 52. Adulto participando en el juego clon del “*Angry birds*”

5.4.6 Medición de fuerza con el juego de “*Angry birds*”

Con el propósito de evaluar la funcionalidad de este juego y verificar la percepción del usuario se asistió al grupo de adultos mayores del ISSSTE para realizar varias sesiones de evaluación. Igualmente se siguió la metodología utilizada en las sesiones del juego anterior:

Se invitó a participar a 6 usuarios asistentes, se introdujo brevemente la dinámica del juego, se instaló el sensor para su uso, se recolectó la información en una sesión de aproximadamente 10 minutos por usuario para después hacer unas breves preguntas acerca de su percepción de uso.

A través de este concepto es posible medir la fuerza física cada vez que el usuario “dispara” un ave en la mecánica del juego. La Figura 53 muestra una gráfica tomada de una sesión de juego. Cada impulso indica cuando el usuario realiza una jugada de disparo. En esta sesión en particular, se evaluó un prototipo consistente en dos niveles con obstáculos preestablecidos, por lo que el nivel de fuerza requerido para derribarlos es aproximadamente la misma.

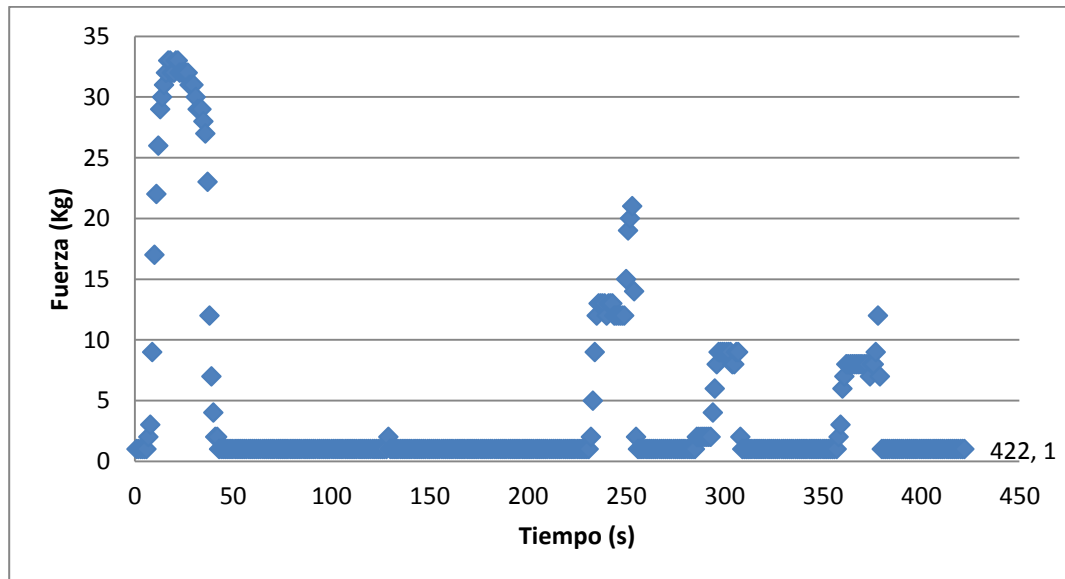


Figura 53. Fuerza a través del tiempo en una sesión del clon de “*Angry birds*”

Como se menciona en el Capítulo IV, este juego hace uso de un motor de física disponible libremente (<http://box2d.org/>). A través de este *framework*, el desarrollador tiene la posibilidad de controlar la dinámica de los personajes siguiendo reglas similares a los modelos teóricos descritos en la física. Si conocemos la fuerza aproximada del usuario en particular, es posible generar objetivos con una distancia específica dentro del juego que demanden el uso de este nivel de fuerza realizando cálculos geométricos a la hora de asignar el impulso

sobre el ave. De esta manera, el juego se adapta dinámicamente al historial del usuario. La Figura 54 muestra el comportamiento del valor medido en una segunda versión de este juego. En esta gráfica podemos ver que en un inicio existe un impulso hasta un nivel máximo de aproximadamente 15 Kg. Este impulso es debido al mini juego de extracción de jugo que se menciona en el Capítulo IV, el cual nos permite ajustar la dinámica del juego de acuerdo al usuario. Podemos ver también que a partir del segundo 880 el usuario intenta derribar un obstáculo situado en el extremo de la pantalla, el cual es generado en base al valor medido en el mini juego inicial.

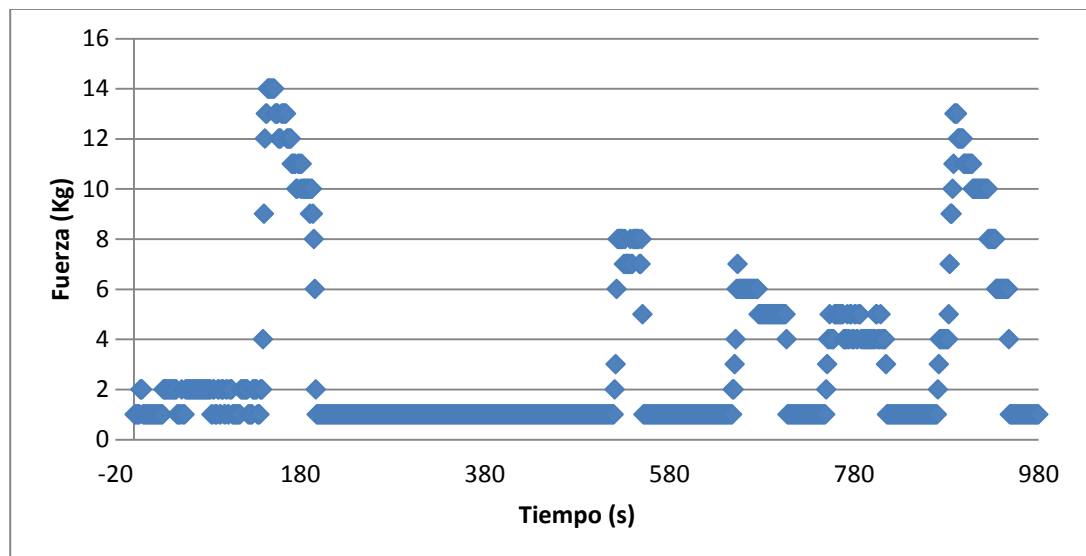


Figura 54. Fuerza a través del tiempo del clon de “*Angry birds*”, segunda versión.

5.4.7 Percepción de uso del juego “*Angry birds*”

Una vez que se probó la funcionalidad del juego en una sesión, se procedió a interrogar a los participantes acerca de su percepción de uso. En general este juego fue mejor recibido que el anterior, aunque experimentó mayores cambios a medida que los usuarios aportaban sus puntos de vista y sugerían mejoras de usabilidad. En un principio se previó utilizar el acelerómetro integrado en el control utilizando el algoritmo para detección de inclinación para manipular el ángulo del ave antes del disparo. Sin embargo se tuvieron problemas en cuanto a su uso ya que requería

buena dosis de precisión para establecer la dirección requerida y muchos de los usuarios no tenían la paciencia ni el pulso necesarios.

Usuario: “... pues como que requiere que mantengas la mano muy firme al soltarle...”

Además en un inicio, el movimiento de disparo se había implementado utilizando los botones digitales del control, lo que dificultaba su uso. Respecto a esto, un usuario sugirió hacerle cambios a esta dinámica:

Usuario: “...pues mira al presionar el botón pierdo la concentración en la mano y no me deja ver hacia donde le tiro... sería mejor si el pájaro se soltara cuando suelte la fuerza...”

Una vez recibidos los comentarios en estas evaluaciones se procedió a implementar, en la siguiente iteración, pequeños cambios en la dinámica: en lugar del uso del acelerómetro se habilitó el uso del sensor Kinect para el rastreo del movimiento de la mano como direccional para establecer el ángulo de disparo y además se usó el cambio súbito de fuerza como señal de disparo para el impulso del ave. Estos cambios en general hicieron más natural la interacción y esta versión recibió más comentarios positivos:

Usuario: “... si, ya está bien. Ya no le cambiaría nada...”

En base a la observación se puede decir que este juego resultó más entretenido, incluso se apreciaron risas y se notó mayor motivación en la participación en este juego.

5.4.8 Estimación de velocidad de marcha

Otro de los objetivos planteados en este proyecto fue el de explorar la estimación de la velocidad de marcha utilizando juegos ambientales. Como se describe en el Capítulo IV, se desarrolló otro juego de interacción física al que llamamos “*jewel hunter*”, nombre que se deriva del objetivo principal del juego que es encontrar y obtener tesoros en un campo virtual. Para lograr una estimación de la velocidad se

emplea el sensor *Wii Balance Board* con el fin de detectar el movimiento de pasos y de esta forma aproximar la velocidad de marcha. Para la evaluación de este juego se planeó una visita al grupo de adultos del ISSSTE, aunque sólo para evaluar la percepción de uso por parte de estos usuarios. Otra sesión de evaluación se organizó en las instalaciones del CICESE con el fin de evaluar la funcionalidad del sistema, ya que para este fin no se precisa la intervención de usuarios adultos mayores.

5.4.9 Evaluación cualitativa del juego “*Jewel Hunter*”

La sesión de evaluación de percepción de uso tuvo lugar en las instalaciones del ISSSTE y consistió en invitar la participación de 4 adultos mayores para que probaran el juego y nos dieran su percepción acerca del mismo. La Figura 55 muestra una imagen de esta sesión.



Figura 55. Usuario adulto mayor participando en el juego “*Jewel Hunter*”.

En base a las observaciones y las opiniones de estos usuarios el juego resultó interesante y divertido. A diferencia de los juegos anteriormente presentados, este juego demanda mayor interacción y presenta temáticas más relacionadas a las necesidades expresadas en el grupo focal llevado a cabo en el principio del estudio:

Usuario: “...*me gustó todo porque hizo que me pusiera en todos mis sentidos... me hizo pensar y poner atención...* ”.

Usuario: “...*es muy atractivo y muy emocionante... me gustó porque se ejercita uno, las piernas sobre todo*”.

Usuario: *“...sí lo usaría por el movimiento, ese de elevar los pies para caminar... me gusto más el ejercicio físico que se hace...”*

Sin embargo, los usuarios también manifestaron dificultades con respecto al uso. Al cuestionarlos acerca de estas dificultades todos concordaron en que el mecanismo para la dirección del personaje es un poco abrupto, lo que puede llegar a desorientar al jugador, por lo que se requiere de un control más fino cuando el personaje está estático:

Usuario: *“Al principio no se me hizo fácil pero le vas agarrando... al caminar como que se pasa uno y hay que volver...”*

Usuario: *“...sentí que el paisaje se mueve muy rápido en lugar de responder a los movimientos de uno...”*

Este aspecto del control de la dirección del personaje es logrado a través del movimiento de las manos, lo cual es a su vez detectado por el sensor Kinect. En el juego, lo que en realidad se mueve es una cámara virtual que se mantiene a cierta distancia del personaje, el cual es un parámetro fácilmente ajustable dentro del script que controla el movimiento de esta cámara, por lo que el cambio sugerido por los usuarios puede ser fácilmente implementado, sin embargo, debido a la falta de tiempo no se intentaron más iteraciones sobre este juego.

5.4.10 Evaluación cuantitativa del juego “*Jewel Hunter*”

Otra sesión de evaluación tuvo lugar en las instalaciones del CICESE y para tal fin se reclutaron 6 voluntarios para participar en sesiones de alrededor de 10 minutos por persona. La Figura 56 muestra a un usuario participando en una sesión de juego.



Figura 56. Usuario probando el juego “*Jewel Hunter*”

El procedimiento seguido en esta evaluación fue la siguiente: se le explicó a cada usuario la dinámica básica del juego, después se hizo una pequeña demostración para después invitar al usuario a participar en una sesión de prueba y finalmente la sesión real en donde se obtuvieron los datos del sensor. La Figura 57 muestra una gráfica generada en una sesión de uno de los usuarios, en donde se muestra el comportamiento de la velocidad.

Como una medida para supervisar la actividad del usuario dentro del juego se habilitó una segunda cámara virtual en el escenario con el fin de registrar el desplazamiento del personaje. La Figura 58 muestra un patrón generado por un usuario al intentar completar el nivel. Las figuras rojas indican la trayectoria del usuario en la búsqueda de los objetivos mientras que las figuras en forma de estrella representan a los “tesoros” que el usuario intenta obtener dentro del juego.

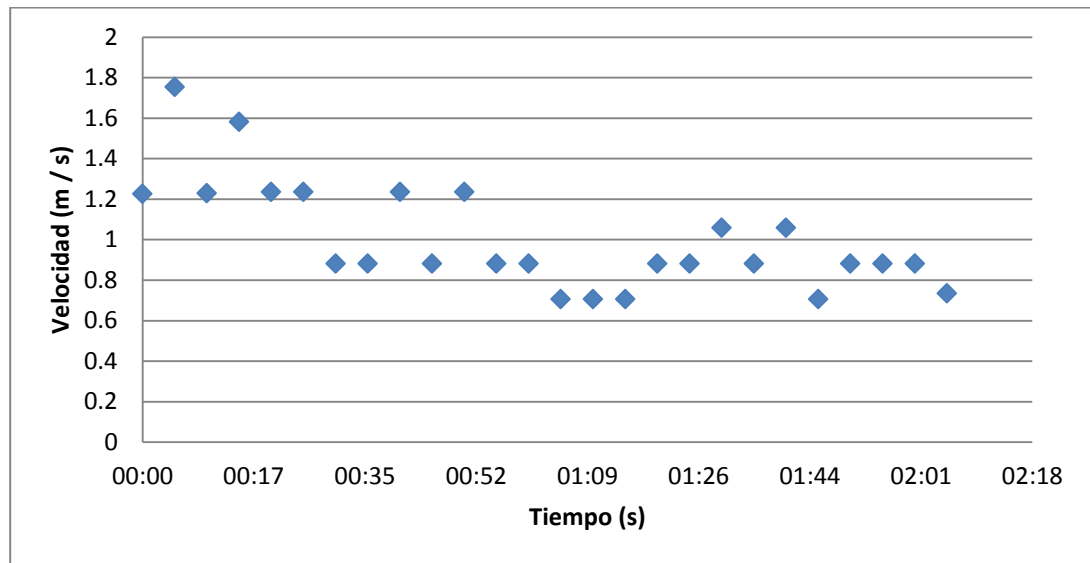


Figura 57. Gráfica de velocidad vs. tiempo en el juego “*Jewel Hunter*”.

Esta función permite verificar, por ejemplo, en que instantes del juego el usuario camina un número determinado de espacio en línea recta, dentro del juego y así estimar cuando es más adecuado medir la velocidad, basándose en la prueba del TUG descrita en el Capítulo II.

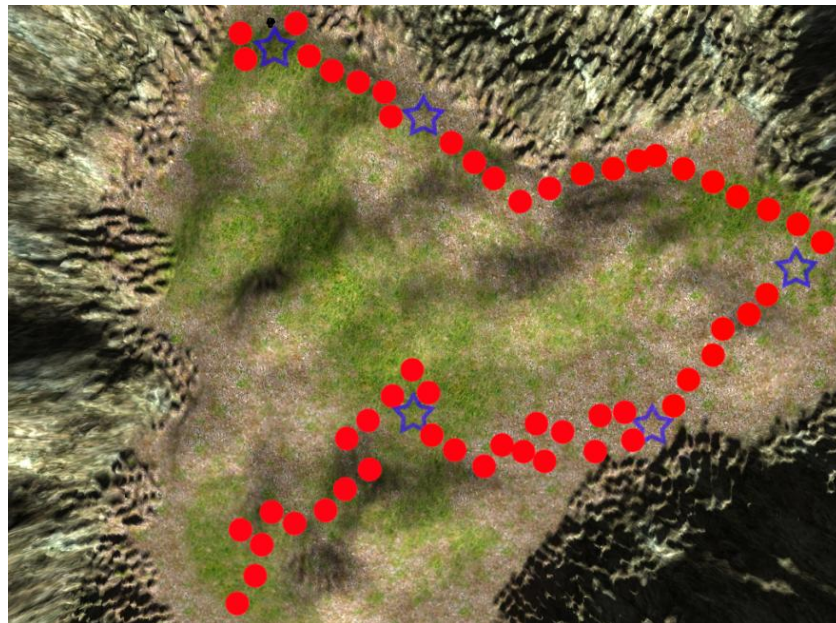


Figura 58. Patrón seguido en una sesión de juego.

5.4.11 Evaluación del juego “*Active Birds*”

El último juego, que tiene el propósito de comprobar la actividad física de los usuarios, pudo ser implementado como un prototipo. Sin embargo, no pudo ser evaluado debido a las restricciones de tiempo.

5.5 Resumen

En este capítulo se describen las evaluaciones, tanto cualitativas como cuantitativas, efectuadas a los juegos descritos en el Capítulo IV. El resultado de estas evaluaciones sugiere que es factible la obtención de mediciones de interés para las estimaciones de la fragilidad. Sin embargo, en base a la experiencia obtenida en el proceso de desarrollo y evaluación, se puede afirmar que la evaluación de video juegos destinados al sector de adultos mayores presenta importantes retos. A través de este proceso se encontró que guardar un balance entre la efectividad en la obtención de medidas de interés y la óptima experiencia del usuario es complejo. Por ejemplo: en la medición de la fatiga, el usuario no debe estar ejerciendo su máxima fuerza por periodos largos de tiempo, sino que esta actividad debe incorporarse en periodos específicos como un elemento adicional de otras actividades menos demandantes y más recreativas dentro de la dinámica del juego. En las sesiones de juego y en las entrevistas efectuadas se puede notar que estas mediciones no deben hacerse de manera continua a lo largo de la sesión sino en periodos breves de tiempo para no afectar de manera drástica la experiencia del usuario. El evaluar los juegos de manera iterativa permitió avanzar en esa dirección.

Capítulo VI. Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro

6.1 Conclusiones

En el presente trabajo se desarrollaron 6 juegos ambientales para asistir en la medición de algunos factores asociados a la fragilidad. Como parte de ese grupo de factores asociados al síndrome de fragilidad se pueden enumerar los siguientes: disminución de la fuerza de prensión,

El diseño e implementación de los juegos surgió a partir de un grupo focal realizado al inicio del estudio, la revisión de la literatura e ideas surgidas de sesiones de diseño. El grupo focal fue realizado en las instalaciones del CICESE y contó con la participación de 11 adultos mayores provenientes del centro de atención a grupos vulnerables, una dependencia de gobierno encargada de brindar programas de apoyo y terapia ocupacional para adultos mayores entre otros grupos vulnerables. La actividad realizada sirvió para explorar las percepciones de uso referentes a video juegos por parte de los adultos mayores.

En un principio se diseñaron e implementaron dos prototipos de juegos casuales con el propósito de explorar la dinámica de esos juego y que tan receptivos estarían este tipo de usuarios hacia estos juegos. Debido a que en ese momento no se contaba con un sensor que permitiera medir la fuerza de prensión, el factor inicial contemplado, se probaron los prototipos utilizando los controles comerciales Wii mote.

Como parte del proceso de desarrollo también se diseñó e implementó un dispositivo de interacción utilizando como base un sensor de presión comercial. Este control posee el hardware necesario para convertir la señal del sensor a un formato digital, detectar movimientos gracias a un acelerómetro integrado y transmitir esta información de manera inalámbrica hacia un receptor conectado a una PC. De esta manera podemos detectar y procesar la fuerza prensión, además de cierta clase de movimientos del usuario como medios de interacción con la dinámica de los juegos.

Para cumplir el objetivo del proyecto se propusieron dos conceptos de juegos para estimar la fuerza de prensión, mismos que fueron evaluados con la participación de

adultos del grupo del ISSSTE. Estas evaluaciones fueron formativas y tuvieron por objetivo determinar la factibilidad del uso de los juegos para obtener medidas de factores relacionados con el síndrome de fragilidad y además conocer la percepción de usuario con a su utilización. Fueron iterativas al incorporar las observaciones y resultados obtenidos en cada evaluación en los prototipos que fueron utilizados en las siguientes sesiones de evaluación. El resultado de dichas evaluaciones revela que es factible obtener medidas de interés y que en general los usuarios se encuentran receptivos a participar en las sesiones de juego, aunque se detectaron algunos problemas de usabilidad en dichas evaluaciones, la mayoría de las cuales fueron atendidas en versiones subsecuentes.

Finalmente, dos juegos ambientales fueron diseñados e implementados, uno para la estimación de la velocidad de marcha y otro para estimar el nivel de actividad física. El juego para estimar la velocidad de marcha fue evaluado en dos sesiones, una en el ISSSTE para conocer la percepción de los adultos mayores acerca de la usabilidad y otra sesión llevada a cabo en las instalaciones del CICESE con la participación de alumnos del centro. El resultado de la evaluación reveló que en general los adultos mayores prefieren juegos ambientales utilizando medios de interacción físicos como es el caso de este último al recibir en su mayoría una recepción positiva. Por otra parte, el último juego no pudo ser evaluación por las restricciones de tiempo y la falta de equipo para realizar una evaluación con varios usuarios.

6.2 Aportaciones

Las principales aportaciones de este trabajo son las siguientes:

- Se participó en un grupo focal, mismo que se describe en el capítulo de desarrollo en donde se extraen algunos criterios de diseño para videojuegos para adultos mayores.
- Se desarrollaron 6 prototipos de videojuegos ambientales, mismos que se describen en el desarrollo y que pueden servir de base para otros proyectos relacionados. Estos videojuegos permiten estimar parámetros asociados al índice de fragilidad.

- Se diseñó e implementó un dispositivo de interacción para medir la fuerza de prensión y el movimiento. Se documentan las especificaciones técnicas con el fin de poder reproducirse de ser necesario ya que su aplicación no se circunscribe a su uso en juegos solamente.
- Se realizó una evaluación formativa de los juegos que sirvió para mejorar su usabilidad. El resultado, descrito en el Capítulo V, puede servir de base para futuras evaluaciones relacionadas.
- Algunos resultados se presentaron en dos congresos internacionales: en forma de artículo:
 - Se presentó un artículo en el congreso “*Intelligent Environments*” llevado a cabo en Guanajuato, México los días 26-29 de Junio de 2012 (Zavala-Ibarra y Favela, 2012a).
 - Se presentó un artículo en forma de poster en el congreso “*Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth 2012)*” celebrado en San Diego, CA los días 21-24 de Mayo de 2012 (Zavala-Ibarra y Favela, 2012b).

6.3 Trabajo futuro

Los juegos desarrollados fueron prototipos funcionales que permitieron evaluar, en algunos casos, los factores de interés para el presente estudio. Sin embargo, a través de las evaluaciones o bien por la revisión de la literatura o información de personas relacionadas al tema se pueden proponer mejoras al presente trabajo. Se considera como trabajo futuro, los siguientes puntos:

- Diseño de un *framework* para la creación de juegos serios destinados al monitoreo de factores de interés en adultos mayores. Como parte del estudio preliminar se realizó una revisión de la literatura relacionada con el diseño de juegos. Por tratarse de una industria multimillonaria, existe toda una miríada de herramientas que facilitan la creación de juegos de alta calidad eliminando detalles complicados que en tiempo pasado representaban verdaderos desafíos. Es por esto que se propone el desarrollo de un conjunto de componentes reutilizables para la creación de dinámicas de juego afines a las introducidas en el presente trabajo. La creación de abstracciones adecuadas que permitan su reutilización e integración que posibilite un balance entre las mediciones de interés y una dinámica entretenida sin duda representa un reto importante de diseño. En el mercado existen *plugins* o herramientas que facilitan la creación de componentes de este tipo en motores de 3D como *Unity*, *Cry engine* o *XNA*.

- Incorporar “criterios de calidad” en las mediciones. En el trabajo de *Frenken et al.* (2012) se describe un estudio de intervención no supervisada para estimar la velocidad de marcha utilizando sensores LIDAR instalados en el hogar de un paciente. El estudio revela que es posible segmentar una cierta actividad, como por ejemplo, el *TUG (Time Up and Go)* en actividades más simples como: caminar en línea recta, voltear, caminar de regreso, sentarse, etc. Por medio de sensores en el hogar es posible detectar la movilidad de un paciente en su ambiente natural. Sin embargo, no todas estas mediciones son significativas para la valoración funcional del paciente. Asignando un valor a algunos “criterios de calidad”, un sistema autónomo puede clasificar las mediciones según su afinidad a las pruebas estándares, por ejemplo: si un paciente camina en línea recta un número definido de metros o gira un cierto número de grados, entonces es posible tomar esas mediciones y reunir las para conseguir una aproximación de una evaluación funcional estándar. El concepto es novedoso y presenta importantes retos de implementación pero igualmente puede utilizarse en el diseño de juegos. Segmentando la actividad a medir, es posible discriminar actividades dentro del juego que sean más adecuadas para incorporar en la estimación de medidas de interés. Una de las conclusiones extraídas del presente trabajo es que no es recomendable realizar mediciones de manera continua sino en breves periodos de tiempo para no frustrar al usuario, por ejemplo pidiéndole ejercer máxima fuerza de prensión por largos periodos de tiempo, y el concepto de “criterios de calidad” permite la clasificación de estas medidas para su posterior uso en la valoración funcional.
- Asociado al punto anterior se encontró un nicho interesante en la literatura relacionada al problema abordado en el presente trabajo. Este concepto de medición no intrusiva para la valoración funcional abre la puerta a posibles preguntas investigación en el campo de la telemedicina. El uso de tecnologías ubicuas, como es el caso de los videojuegos, para la detección de padecimientos o condiciones físicas anómalas es un problema abierto de investigación del llamado “*pervasive healthcare*”. Un estudio de la factibilidad de obtener aquellas mediciones que son de interés para la medicina y que pueden incorporarse en actividades de la vida diaria es un tema ajeno a nuestro campo de investigación, lo cual puede ser validado únicamente por personas calificadas en el área de salud. Por lo tanto es necesario un trabajo colaborativo entre investigadores del área tecnológica con los del área de salud para encontrar evidencia que respalde esta posibilidad.

- Las evaluaciones aquí presentadas tuvieron un carácter formativo y sirvieron para mejorar la usabilidad en el transcurso del desarrollo de los prototipos. Sin embargo, no se evaluaron los juegos para su uso en estudios longitudinales, que pueden resultar de interés para médicos geriatras en estudios epidemiológicos. Sería deseable ampliar el tiempo de evaluación para garantizar la efectividad de uso. También sería interesante evaluar los juegos siguiendo los modelos de evaluación descritos en la literatura como el GEQ (<http://www.allaboutux.org/game-experience-questionnaire-geq>).

Referencias bibliográficas

- Abt, Clark C. 1970. *Serious Games*. New York: Viking Press.
- Al Snih, Soham, Kyriakos S Markides, Kenneth J Ottenbacher, and Mukaila A Raji. 2004. "Hand Grip Strength and Incident ADL Disability in Elderly Mexican Americans over a Seven-year Period." *Aging Clinical and Experimental Research* 16 (6): 481–486.
- Augusto, JC, M Huch, A Kameas, J Maitland, PJ McCullagh, J Roberts, A Sixsmith, and R Wichert. 2012. *Handbook of Ambient Assisted Living: Technology for Healthcare, Rehabilitation and Well-being (Ambient Intelligence and Smart Environments)*. Recuperado en: <http://ebooks.iospress.nl/volume/handbook-of-ambient-assisted-living>.
- Avlund, Kirsten, Mikkel Vass, and Carsten Hendriksen. 2003. "Onset of Mobility Disability Among Community-dwelling Old Men and Women. The Role of Tiredness in Daily Activities." *Age and Ageing* 32 (6): 579–584.
- Avlund, Kirsten, Mogens Trab Damsgaard, Ritva Sakari-Rantala, Pia Laukkanen, and Marianne Schroll. 2002. "Tiredness in Daily Activities Among Nondisabled Old People as Determinant of Onset of Disability." *Journal of Clinical Epidemiology* 55 (10): 965–973.
- Bardram, JE. 2008. "Pervasive Healthcare as a Scientific Discipline." *Methods of Information in Medicine* 47 (3): 178–185.
- Bautmans I., and Mets T. 2005. "A fatigue resistance test for elderly persons based on grip strength: reliability and comparison with healthy young subjects." *Aging clinical and experimental research* 17 (3): 217–222.
- Boot, Walter R, Arthur F Kramer, Daniel J Simons, Monica Fabiani, and Gabriele Gratton. 2008. "The Effects of Video Game Playing on Attention, Memory, and Executive Control." *Acta Psychologica* 129 (3): 387–398. doi:10.1016/j.actpsy.2008.09.005.
- Bouten, CV, KR Westerterp, M Verduin, and JD Janssen. 1994. "Assessment of Energy Expenditure for Physical Activity Using a Triaxial Accelerometer." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26 (12): 1516–1523.
- Caillois, Roger. 2001. *Man, Play and Games*. University of Illinois Press.
- Campbell, A J, and D M Buchner. 1997. "Unstable Disability and the Fluctuations of Frailty." *Age and Ageing* 26 (4): 315–318.

- Chang, Yu-Chuan, Chung-Chih Lin, Chun-Chang Chen, and Ren-Guey Lee. 2011. "A Home-Based Frailty Detection System Using Wireless Sensor Technology with Multimedia Interactive Games." In *2011 5th FTRA International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering (MUE)*, 119–122. doi:10.1109/MUE.2011.32.
- Clark, Brian C, and Todd M Manini. 2008. "Sarcopenia \neq Dynapenia." *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 63 (8): 829–834.
- Clark, Jane E., Ann K. Lanphear, and Carol C. Riddick. 1987. "The Effects of Videogame Playing on the Response Selection Processing of Elderly Adults." *Journal of Gerontology* 42 (1): 82–85. doi:10.1093/geronj/42.1.82.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2008). "La situación demográfica de México 2010". ISBN: 970-628-960-7. 236 p. Recuperado en: http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/La_Situacion_Demografica_de_Mexico_2010. Consultado: Agosto de 2012.
- Cruz-Jentoft, Alfonso J., Jean Pierre Baeyens, Jürgen M. Bauer, Yves Boirie, Tommy Cederholm, Francesco Landi, Finbarr C. Martin, *et al.* 2010. "Sarcopenia: European Consensus on Definition and Diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People." *Age and Ageing* 39 (4): 412–423. doi:10.1093/ageing/afq034.
- Darwish, Ashraf, and Aboul Ella Hassanien. 2011. "Wearable and Implantable Wireless Sensor Network Solutions for Healthcare Monitoring." *Sensors* 11 (12): 5561–5595. doi:10.3390/s110605561.
- Deterding, Sebastian, Dan Dixon, Rilla Khaled, and Lennart Nacke. 2011. "From Game Design Elements to Gamefulness: Defining 'Gamification'." In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15. MindTrek '11. ACM. doi:10.1145/2181037.2181040.
- Dourish, Paul. 2001. "Seeking a Foundation for Context-aware Computing." *Hum.-Comput. Interact.* 16 (2): 229–241. doi:10.1207/S15327051HCI16234_07.
- Drew, Benjamin, and Judith Waters. 1986. "Video Games: Utilization of a Novel Strategy to Improve Perceptual Motor Skills and Cognitive Functioning in the Non-institutionalized Elderly." *Cognitive Rehabilitation* 4 (2): 26–31.
- Eno, Brian. 2003. "The Long Now-Transcript". Recuperado en: <http://concepttwo.files.wordpress.com/2011/08/the-long-now.pdf>.
- Eyles, Mark, and Roger Eglin. 2008. "Ambient Games, Revealing a Route to a World Where Work Is Play?" *Int. J. Comput. Games Technol.* 2008: 7:1–7:7. doi:10.1155/2008/176056.

- Freedman, Barak, Alexander Shpunt, Meir Machline, and Yoel Arieli. 2010. "DEPTH MAPPING USING PROJECTED PATTERNS." Recuperada en: <http://www.freepatentsonline.com/y2010/0118123.html>.
- Frenken, T., M. Lipprandt, M. Brell, M. Govercin, S. Wegel, E. Steinhagen-Thiessen, and A. Hein. 2012. "Novel Approach to Unsupervised Mobility Assessment Tests: Field Trial for aTUG." In *2012 6th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, 131 –138.
- Fried, Linda P., Catherine M. Tangen, Jeremy Walston, Anne B. Newman, Calvin Hirsch, John Gottdiener, Teresa Seeman, *et al.* 2001. "Frailty in Older Adults Evidence for a Phenotype." *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 56 (3): M146–M157. doi:10.1093/gerona/56.3.M146.
- Fullerton, Tracy, Christopher Swain, and Steven Hoffman. 2004. *Game Design Workshop: Designing, Prototyping, and Playtesting Games*. CMP Books.
- Gabel, M., R. Gilad-Bachrach, E. Renshaw, and A. Schuster. 2012. "Full Body Gait Analysis with Kinect." In *2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 1964 –1967. doi:10.1109/EMBC.2012.6346340.
- Gamberini, Luciano, Alcaniz Mariano, Giacinto Barresi, Malena Fabregat, Lisa Prontu, and Bruno Seraglia. 2008. "Playing for a Real Bonus - Videogames to Empower Elderly People." *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation* 1 (1): 37–48.
- Garrido-Latorre, Francisco, and Héctor Gómez-Dantés. 2000. "Envejecimiento Demográfico De México: Retos y Perspectivas." *Salud Pública De México* 42 (1): 81–83. doi:10.1590/S0036-36342000000100017.
- Gerling, K. & Masuch, M. 2011. When Gaming is not Suitable for Everyone: Playtesting Wii Games with Frail Elderly. *1st Workshop on Game Accessibility (FDG 2011)*.
- Gerling, Kathrin M., Frank P. Schulte, and Maic Masuch. 2011. "Designing and Evaluating Digital Games for Frail Elderly Persons." In *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 62:1–62:8. ACE '11. ACM. doi:10.1145/2071423.2071501.
- Göbel, Stefan, Sandro Hardy, Viktor Wendel, Florian Mehm, and Ralf Steinmetz. 2010. "Serious Games for Health: Personalized Exergames." In *Proceedings of the International Conference on Multimedia*, 1663–1666. MM '10. ACM. doi:10.1145/1873951.1874316.
- Goldstein, Jeffrey, Lara Cajko, Mark Oosterbroek, Moniek Michielsen, Oscar Van Houten, and Femke Salverda. 1997. "Video Games and the Elderly." *Social Behavior and Personality: An International Journal* 25 (4): 345–352.

- Gonzalez, A., M. Hayashibe, and P. Fraise. 2012. "Estimation of the Center of Mass with Kinect and Wii Balance Board." In *2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 1023–1028. doi:10.1109/IROS.2012.6385665.
- Goodpaster, Bret H., Seok Won Park, Tamara B. Harris, Steven B. Kritchevsky, Michael Nevitt, Ann V. Schwartz, Eleanor M. Simonsick, Frances A. Tylavsky, Marjolein Visser, and Anne B. Newman. 2006. "The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study." *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 61 (10): 1059–1064.
- Gutiérrez Robledo Luis Miguel, Gutiérrez Ávila Jesús Hector. 2010. "Envejecimiento En Humano Una Visión Transdisciplinaria". Recuperado en <http://www.insp.mx/geriatria/acervo/pdf/intro1.pdf>.
- Huizinga, Johan. 1971. *Homo Ludens: A Study of the Play-Element in Culture*. Beacon Press.
- Iannuzzi-Sucich, Michele, Karen M Prestwood, and Anne M Kenny. 2002. "Prevalence of Sarcopenia and Predictors of Skeletal Muscle Mass in Healthy, Older Men and Women." *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 57 (12): M772–777.
- Ishii, Hiroshi, and Brygg Ullmer. 1997. "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms." In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 234–241. CHI '97: ACM. doi:10.1145/258549.258715.
- Jannink, Michiel J. A., Gelske J. van der Wilden, Dorine W. Navis, Gerben Visser, Jeanine Gussinklo, and Maarten Ijzerman. 2008. "A Low-Cost Video Game Applied for Training of Upper Extremity Function in Children with Cerebral Palsy: A Pilot Study." *CyberPsychology & Behavior* 11 (1): 27–32. doi:10.1089/cpb.2007.0014.
- Jimison, H., M. Pavel, J. McKanna, and J. Pavel. 2004. "Unobtrusive Monitoring of Computer Interactions to Detect Cognitive Status in Elders." *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 8 (3): 248–252. doi:10.1109/TITB.2004.835539.
- Jung, Younbo, Koay Jing Li, Ng Sihui Janissa, Wong Li Chieh Gladys, and Kwan Min Lee. 2009. "Games for a Better Life: Effects of Playing Wii Games on the Well-being of Seniors in a Long-term Care Facility." In *Proceedings of the Sixth Australasian Conference on Interactive Entertainment*, 5:1–5:6. IE '09: ACM. doi:10.1145/1746050.1746055.

- Juul, Jesper. 2005. *Half-Real: Video Games Between Real Rules and Fictional Worlds*. The MIT Press.
- Juul, Jesper. 2009. *A Casual Revolution: Reinventing Video Games and Their Players*. The MIT Press.
- Katsiaras, Andreas, Anne B. Newman, Andrea Kriska, Jennifer Brach, Shanthi Krishnaswami, Eleanor Feingold, Stephen B. Kritchevsky, *et al.* 2005. "Skeletal Muscle Fatigue, Strength, and Quality in the Elderly: The Health ABC Study." *Journal of Applied Physiology* 99 (1): 210–216. doi:10.1152/jappphysiol.01276.2004.
- Kinsella, Kevin, and Wan He. 2009. An aging world: 2008 International Population Report P95/09-1. US Government Printing Office. Recuperado en: <http://www.census.gov/prod/2009pubs/p95-09-1.pdf>
- Koster, Raph. 2004. *A Theory of Fun for Game Design*. Paraglyph Press.
- Lange, B., S. Flynn, A. Rizzo, M. Bolas, M. Silverman, and A. Huerta. 2009. "Breath: A Game to Motivate the Compliance of Postoperative Breathing Exercises." In *Virtual Rehabilitation International Conference, 2009*, 94–97. doi:10.1109/ICVR.2009.5174212.
- Lauretani, Fulvio, Cosimo Roberto Russo, Stefania Bandinelli, Benedetta Bartali, Chiara Cavazzini, Angelo Di Iorio, Anna Maria Corsi, Taina Rantanen, Jack M Guralnik, and Luigi Ferrucci. 2003. "Age-associated Changes in Skeletal Muscles and Their Effect on Mobility: An Operational Diagnosis of Sarcopenia." *Journal of Applied Physiology* 95 (5): 1851–1860. doi:10.1152/jappphysiol.00246.2003.
- Lazzaro, Nicole. 2004. "Why We Play Games: Four Keys to More Emotion Without Story." Recuperado en: http://xeodesign.com/xeodesign_whyweplaygames.pdf.
- Lieberman, Debra A, Barbara Chamberlin, Ernie Medina Jr, Barry A Franklin, Brigid McHugh Sanner, and Dorothea K Vafiadis. 2011. "The Power of Play: Innovations in Getting Active Summit 2011: a Science Panel Proceedings Report from the American Heart Association." *Circulation* 123 (21): 2507–2516. doi:10.1161/CIR.0b013e318219661d.
- Loredo Medina Raúl. 2011. Sistema de monitoreo de la marcha como apoyo al cuidado de adultos mayores. . (Tesis de Maestría, Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada, Baja California). Recuperada en <http://biblioteca.cicese.mx>
- Manini, Todd M, and Brian C Clark. 2012. "Dynapenia and Aging: An Update." *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 67 (1): 28–40. doi:10.1093/gerona/glr010.

- Manini, Todd M., and Brian C. Clark. 2012. "Dynapenia and Aging: An Update." *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 67A (1): 28–40. doi:10.1093/gerona/qlr010.
- McGuire, F. A. 1984. "Improving the Quality of Life for Residents of Long Term Care Facilities Through Video Games." *Activities, Adaptation and Aging* 6 (1): 1–7. doi:10.1300/J016v06n01_01.
- Michael, David R., and Sandra L. Chen. 2005. *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Montola, Markus, Jaakko Stenros, and Annika Waern. 2009. *Pervasive Games: Theory and Design*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.
- Newman, Anne B., Varant Kupelian, Marjolein Visser, Eleanor M. Simonsick, Bret H. Goodpaster, Stephen B. Kritchevsky, Frances A. Tylavsky, Susan M. Rubin, and Tamara B. Harris. 2006. "Strength, But Not Muscle Mass, Is Associated With Mortality in the Health, Aging and Body Composition Study Cohort." *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 61 (1): 72–77.
- Norman, Donald. 2002. *The Design of Everyday Things*. Basic Books.
- Obdrzalek, S., G. Kurillo, F. Ofli, R. Bajcsy, E. Seto, H. Jimison, and M. Pavel. 2012. "Accuracy and Robustness of Kinect Pose Estimation in the Context of Coaching of Elderly Population." In *2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 1188 –1193. doi:10.1109/EMBC.2012.6346149.
- Ousterhout, John K. 1997. "Scripting: Higher Level Programming for the 21st Century." *IEEE Computer* 31: 23–30.
- Palmer, M. Lynn, and Marcia E. Epler. 2002. *Fundamentos de las técnicas de evaluación musculoesquelética*. Editorial Paidotribo.
- Pasch, Marco, Nadia Bianchi-Berthouze, Betsy van Dijk, and Anton Nijholt. 2009. "Movement-based Sports Video Games: Investigating Motivation and Gaming Experience." *Entertainment Computing* 1 (2): 49–61. doi:10.1016/j.entcom.2009.09.004.
- Reeves, Byron, and Leighton Read. 2009. *Total Engagement: Using Games and Virtual Worlds to Change the Way People Work and Businesses Compete*. Harvard Business School Press.
- Rockwood, K, D B Hogan, and C MacKnight. 2000. "Conceptualisation and Measurement of Frailty in Elderly People." *Drugs & Aging* 17 (4): 295–302.

- Rockwood, Kenneth, Xiaowei Song, Chris MacKnight, Howard Bergman, David B. Hogan, Ian McDowell, and Arnold Mitnitski. 2005. "A Global Clinical Measure of Fitness and Frailty in Elderly People." *CMAJ: Canadian Medical Association Journal* 173 (5): 489–495. doi:10.1503/cmaj.050051.
- Rosenberg, Irwin H. 1989. "Summary Comments." *The American Journal of Clinical Nutrition* 50 (5): 1231–1233.
- Sallinen, Janne, Sari Stenholm, Taina Rantanen, Markku Heliövaara, Päivi Sainio, and Seppo Koskinen. 2010. "Hand-Grip Strength Cut Points to Screen Older Persons at Risk for Mobility Limitation." *Journal of the American Geriatrics Society* 58 (9): 1721–1726. doi:10.1111/j.1532-5415.2010.03035.x.
- Schultz-Larsen, Kirsten, and Kirsten Avlund. 2007. "Tiredness in Daily Activities: A Subjective Measure for the Identification of Frailty Among Non-disabled Community-living Older Adults." *Archives of Gerontology and Geriatrics* 44 (1): 83–93. doi:10.1016/j.archger.2006.03.005.
- Soo, Yewguan, Masao Sugi, Hiroshi Yokoi, Tamio Arai, Ryu Kato, and Jun Ota. 2012. "Quantitative Estimation of Muscle Fatigue on Cyclic Handgrip Tasks." *International Journal of Industrial Ergonomics* 42 (1): 103–112. doi:10.1016/j.ergon.2011.10.004.
- Steffen, Teresa M., Timothy A. Hacker, and Louise Mollinger. 2002. "Age- and Gender-Related Test Performance in Community-Dwelling Elderly People: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and Gait Speeds." *Physical Therapy* 82 (2): 128–137.
- Sumukadas, Deepa. 2010. "Optimal Management of Sarcopenia." *Clinical Interventions in Aging*: 217. doi:10.2147/CIA.S11473.
- Theou, Olga, Gareth R. Jones, Tom J. Overend, Marita Kloseck, and Anthony A. Vandervoort. 2008. "An Exploration of the Association Between Frailty and Muscle Fatigue." *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 33 (4): 651–665. doi:10.1139/H08-058.
- Vaught, Susan L. 2001. "Gait, Balance, and Fall Prevention." *The Ochsner Journal* 3 (2): 94–97.
- Visser, Marjolein, Bret H Goodpaster, Stephen B Kritchevsky, Anne B Newman, Michael Nevitt, Susan M Rubin, Eleanor M Simonsick, and Tamara B Harris. 2005. "Muscle Mass, Muscle Strength, and Muscle Fat Infiltration as Predictors of Incident Mobility Limitations in Well-functioning Older Persons." *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 60 (3): 324–333.
- Watts, Cody, Ehud Sharlin, and Peter Woytiuk. 2008. "Exploring Interpersonal Touch in Computer Games." In *Proceedings of the 2008 International Conference on*

Advances in Computer Entertainment Technology, 423–423. ACE '08. ACM. doi:10.1145/1501750.1501873.

Weiser, Mark. 1991. “The Computer for the 21st Century.” *Scientific American* 265 (3): 66–75.

Zavala-Ibarra, I., Favela, J. 2012a. “Ambient Videogames for Health Monitoring in Older Adults”. Eighth International Conference on Intelligent Environments. 27-33.

Zavala-Ibarra, I., Favela, J. 2012b. “Assessing muscle disease related to aging using ambient videogames”. 6th Intl. Conf. on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (*PervasiveHealth* 2012). 187-190.

Apéndice A

Formatos de entrevistas a usuarios.

PROTOCOLO DE LA ENTREVISTA PARA ADULTOS MAYORES (Inicial)

Escenario:

Fecha:

Lugar:

Hora:

Entrevistador:

Datos Personales

Nombre del Entrevistado:

Sexo:

Edad:

Preguntas de Investigación.

Generales.

¿Qué características del juego les resultan interesantes a los usuarios?

¿Los juegos son fáciles de usar?

¿Los usuarios jugarían esta clase de juegos regularmente?

Guía.

Buenos días. Estamos realizando una serie de entrevistas con relación a las preferencias de uso en videojuegos para conocer la opinión de adultos mayores al respecto. La intención es identificar qué elementos les resultarían interesantes y cuales les proveerían mayores beneficios

¿Qué edad tiene?

¿Practica algún deporte? ¿Sale a caminar o hace ejercicio regularmente?

¿Qué opina de los videojuegos?

¿Qué clase de juegos le gustan? ¿Cuáles practica o practicaba?

¿Usted tiene computadora? ¿Qué experiencia tiene en el uso de la computadora?

¿Tiene celular?

¿Alguna vez ha jugado el Wii, Xbox 360, *playstation* o algún juego de computadora?

PROTOCOLO DE LA ENTREVISTA PARA ADULTOS MAYORES (Salida)

Escenario:

Fecha:

Lugar:

Hora:

Entrevistador:

Datos Personales

Nombre del Entrevistado:

Sexo:

Edad:

Preguntas de Investigación.

Generales.

¿Qué características del juego les resultan interesantes a los usuarios?

¿Los juegos son fáciles de usar?

¿Los usuarios jugarían esta clase de juegos regularmente?

Guía

Buenos días. Estamos realizando una serie de entrevistas con relación a las preferencias de uso en videojuegos para conocer la opinión de adultos mayores al respecto. La intención es identificar qué elementos les resultarían interesantes y cuales les proveerían mayores beneficios

1. ¿Cuál juego le gustó más?
2. ¿Qué tan difícil le pareció cada juego?
3. ¿Qué parte de estos juegos les pareció muy difícil o poco clara?
4. ¿Les parecieron divertidos?
5. Exactamente, ¿qué les pareció más divertido?
6. ¿La competencia les pareció más interesante?
7. Si tuvieran la oportunidad de tenerlo en casa, ¿lo jugarían solos? ¿Con quién lo jugaría?

8. ¿Han jugado antes videojuegos? ¿Qué tipos y cómo los compara?