



**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE VIDEO JUEGO SERIO PARA LA  
EJERCITACIÓN DE MIEMBRO SUPERIOR- HOMBRO Y CODO**

**WILSON OSBALDO NAVA RODRÍGUEZ  
CESAR ANDRÉS RAMOS MEJÍA**

Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Ingeniería  
Ingeniería en Multimedia  
Bogotá D.C., Colombia  
2014

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE VIDEO JUEGO SERIO PARA LA  
EJERCITACIÓN DE MIEMBRO SUPERIOR- HOMBRO Y CODO**

Estudiantes:

Wilson Osbaldo Nava Rodríguez

Cesar Andrés Ramos Mejía

Códigos:

1201153

1201161

Director por Programa:

Álvaro Uribe Eng.D.

Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Ingeniería

Ingeniería en Multimedia

Bogotá D.C., Colombia

2014

## **DEDICATORIA**

Dedico y doy gracias a mi familia, que me han apoyado a lo largo de este camino. A mi novia, amiga, consejera Andrea Salgado con su amor, ternura, comprensión, apoyo, paciencia y alegría ha llenado mi corazón. A mi madre y fiel amiga Edilma Rodríguez Forero que con su amor, apoyo incondicional, consejos, valores y gran ejemplo han formado el hombre que soy, a mi hermana y compañera de aventuras Mariana Paola Nava Rodríguez que con su amor y alegría, estuvo siempre a mi lado. A mi padre Fabio Nava Jiménez con su amor y esfuerzo me ha dado la oportunidad de llegar a donde estoy.

**WILSON OSBALDO NAVA RODRIGUEZ**

Con este logro, culmino una de las etapas más importantes de mi vida, por eso quiero dedicarlo a la persona que ha influido enormemente en hacer de mí el hombre que soy actualmente, compartiendo e impartíendome su gran sabiduría, energía, entusiasmo, comprensión, paciencia e infinitas bases morales pasando así, por los peores y los mejores momentos durante este proceso, por eso mil gracias hermosa madre Carolina Mejía Muñoz. Gracias a mi querido padre Cesar Augusto Ramos Burgos que con su infinita sabiduría y su esfuerzo incansable supo guiarme por el sendero del saber aconsejándome en los mejores y peores momentos de esta etapa. A mi hermosa Hermana Johana Catalina Ramos Mejía, quien supo alentarme, apoyarme y ayudarme con todas sus cualidades y saberes durante todo este difícil proceso.

**CESAR ANDRÉS RAMOS MEJÍA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestro tutor y amigo Álvaro Joffre Uribe por su interés y constante esfuerzo en la dirección de nuestro proyecto, permitiendo que el proyecto se desarrollara de manera satisfactoria tanto a nivel académico como personal.

Al grupo de Médicos del hospital militar que brindaron y compartieron información valiosa para el desarrollo del presente proyecto de una forma amable y desinteresada.

Al grupo de docentes del programa de ingeniería en multimedia que compartieron sus conocimientos con nosotros, haciendo posible nuestra formación profesional y crecimiento personal.

Agradecemos al grupo de personas entre los que se encuentran profesionales en ciencias del deporte, fisioterapia, cultura física y deporte, además por personas de diferentes profesiones que nos apoyaron con sus conocimientos y críticas constructivas a través del proceso de desarrollo.

## RESUMEN

El uso de los juegos en escenarios de no entretenimiento han demostrado ser un tema de interés aplicado en otros contextos como en aprendizaje, terapia, ejercitación y entrenamiento entre muchas otras, en cuanto a los cuidados en la salud ocupacional, la realimentación de los ejercicios se consigue a través de estudios y examinación médica para determinar la condición de las personas. Esta evaluación provee una realimentación subjetiva basada en lo que la persona comprendió en las sesiones, gráficos y el material multimedia disponible. Este trabajo presenta el desarrollo de un prototipo de video juego serio para la ejercitación de miembro superior- hombro y codo, el uso de la captura de movimiento del cuerpo como una herramienta complementaria a los medios tradicionales para el cuidado de la salud y ejercitación. En el campo de actividad física, los exergames han demostrado atraer a los usuarios, sin embargo, muchas de estas proveen estimaciones de las calorías quemadas y actividades realizadas en general sin seguimiento ni medición de los movimientos del usuario. En este sentido, el prototipo de exergame desarrollado en este proyecto sigue los movimientos del usuario y provee realimentación que puede ayudar a mejorar la experiencia de ejercitación a través de gráficos que pueden ser enviados a un especialista del cuidado de la salud.

**Palabras claves:** gamificación, juegos serios, ejercitación, monitoreo, realidad virtual.

## **ABSTRACT**

*The use of gaming in non-entertainment scenarios have proven to be a topic of interest applied in other contexts such as learning, therapy, exercising and training among many others. In terms of occupational health care, the feedback from the exercises is achieved through surveys and medical examination to determine the people's condition. This assessment provides subjective feedback based on what the person understood from sessions, graphics and the multimedia material available. This work presents the development of a shoulder and elbow prototype of serious game prototype for the exercising, the using body motion capture as a complimentary tool to traditional means of occupational health care and exercising. In the field of physical activity, exergames have proven to engage users, however, most of these provide estimations of burned calories and overall performed activities without tracking and measuring the user's movements. In this regard, the exergame developed in this project tracks the user to provide feedback that may help improve the exercising experience through charts that can be send to a health care specialist.*

**Key Words:** *Gamification, serious games, exercise, monitoring, rehabilitation, virtual reality.*

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. METODOLOGÍA.....	4
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. ANATOMÍA FUNCIONAL DEL HOMBRO.....	6
2.1.1. MÚSCULOS DEL MANGUITO DE LOS ROTADORES .....	6
2.1.2. RANGOS DE MOVIMIENTO DEL HOMBRO .....	6
2.1.3. MEDIDAS PREVENTIVAS .....	8
2.1.4. EJERCICIOS PARA FORTALECER EL MANGUITO DE LOS ROTADORES.....	8
2.2. CARACTERIZACIÓN DEL CODO .....	9
2.2.1. RANGOS DE MOVIMIENTO.....	9
2.2.2. PATOLOGÍAS DEL CODO .....	10
2.2.3. EJERCICIOS PARA FORTALECER EL CODO .....	10
2.3. REALIDAD VIRTUAL.....	11
2.4. JUEGOS .....	12
2.5. JUEGO SERIO.....	12
<b>2.6. EXERGAMES</b> .....	13
CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE .....	1
3.1. USO DE REALIDAD VIRTUAL EN REHABILITACIÓN .....	1
3.2. USO DE MICROSOFT KINECT EN REHABILITACIÓN .....	2
3.3. EXERGAMES.....	3
3.4. EFECTOS PSICOLÓGICOS DE LOS VIDEOJUEGOS.....	4
3.5. CONCLUSIÓN .....	5
CAPÍTULO 4: DESARROLLO .....	7
4.1. DISEÑO DEL JUEGO: .....	8

4.2.1. COMPONENTES DE JUEGO HOMBRO.....	8
4.2.2. ELEMENTOS DE JUEGO.....	9
4.3. REQUERIMIENTOS Y CASOS DE USO .....	10
4.4. DISEÑO AUDIOVISUAL.....	12
4.4.1. DISEÑO DE MENÚS.....	13
4.5. DESARROLLO PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....	13
4.7. EXPERIENCIA DE USUARIO.....	16
CAPÍTULO 5: RESULTADOS .....	17
5.1.1. JUEGO DE HOMBRO .....	17
5.1.2. JUEGO DE CODO.....	20
5.2. JUEGO PARA EL HOMBRO.....	21
5.2.1. ELEMENTOS DEL JUEGO .....	21
5.2.2. INTERACCIÓN JUEGO HOMBRO .....	21
5.3. JUEGO PARA EL CODO.....	22
5.3.1. ELEMENTOS DEL JUEGO .....	22
5.3.2. INTERACCIÓN JUEGO CODO.....	23
5.4. REALIMENTACIÓN.....	23
5.5. NAVAGACION DE MENUS.....	24
5.6. ELEMENTOS DE JUEGOS SERIOS Y MONITOREO DE USUARIO .....	25
5.8. VALIDACION DEL PROTOTIPO MEDIANTE ENCUESTA.....	27
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES .....	38
BIBLIOGRAFÍA .....	40
<b>APENDICE 1 EXPLORACIÓN ADICIONAL .....</b>	<b>44</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Flexión y extensión de hombro .....	7
Figura 2: Abducción y aducción de hombro .....	7
Figura 3 Rotación interna y externa de hombro .....	7
Figura 4 Ejercicio seleccionado para el proyecto.....	8
Figura 5: Flexión y extensión de codo.....	9
Figura 6 Supinación y pronación del antebrazo.....	9
Figura 7: Ejercicio seleccionado para codo .....	11
Figura 8: Arquitectura del sistema.....	7
Figura 9: Menú principal y menú selección .....	13
Figura 10: Diagrama de flujo del sistema.....	15
Figura 11: Articulaciones Utilizadas.....	18
Figura 12: Restricción de posición ejercicio Hombro.....	19
Figura 13: Interacción según el gesto Hombro .....	19
Figura 14: Restricción de posición ejercicio Codo .....	20
Figura 15: Interacción según el gesto Codo.....	20
Figura 16: Movimiento para interactuar con el juego .....	22
Figura 17: Interacción con el juego según el movimiento.....	22
Figura 18: cuadros que indican buena o mala postura.....	23
Figura 19: Posición correcta de codo y hombro.....	23
Figura 20: Estiramiento hombro y codo .....	24
Figura 21: graficador .....	24
Figura 22: Navegación por medio de gestos de la mano .....	25
Figura 23: Módulo de información.....	25
Figura 24: Módulo de Examen .....	26
Figura 25: Interfaz gráfica juego hombro .....	26
Figura 26: Interfaz gráfica juego codo .....	26
Figura 27: Encuesta de validación pregunta #1 .....	27
Figura 28: Encuesta de validación pregunta #2 .....	27
Figura 29: Encuesta de validación pregunta #3 .....	28
Figura 30: Encuesta de validación pregunta #4 .....	28
Figura 31 :Encuesta de validación pregunta #5 .....	29
Figura 32: Encuesta de validación pregunta #6 .....	29
Figura 33: Encuesta de validación pregunta #7 .....	30
Figura 34: Encuesta de validación pregunta #8 .....	30
Figura 35: Encuesta de validación pregunta #9 .....	31
Figura 36: Encuesta de validación pregunta #10 .....	31
Figura 37: Encuesta de validación pregunta #11 .....	32
Figura 38: Encuesta de validación pregunta #12 .....	32
Figura 39: Encuesta de validación pregunta #13 .....	33

Figura 40: Encuesta de validación pregunta #14 .....	33
Figura 41: Encuesta de validación pregunta #15 .....	34
Figura 42: Encuesta de validación pregunta #16 .....	34
Figura 43: Encuesta de validación pregunta #17 .....	35
Figura 44: Encuesta de validación pregunta #15 .....	35
Figura 45: Fotografías de las sesiones de prueba del aplicativo .....	36
Figura 46: articulaciones usadas para el módulo de pierna .....	44
Figura 48: Interacción con la pierna. ....	44

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Análisis FODA realidad virtual.....	11
Tabla 2: Requerimientos del sistema .....	11
Tabla 3: caso de uso 1 .....	11
Tabla 4: caso de uso 2 .....	12
Tabla 5: Caso de uso 3.....	12
Tabla 6: elementos juego hombro versión 1 .....	17
Tabla 7: Nueva apariencia elementos de juego hombro.....	21
Tabla 8: Elementos del juego de codo .....	22

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Diariamente las personas se ven propensas a sufrir dolencias o lesiones en sus miembros superiores al desarrollar sus actividades diarias. Algunas de las causas se encuentran relacionadas con actividades de tipo ocupacional, ya sea por estrés, contusión, movimientos repetitivos o sobreesfuerzo del grupo muscular [1], otras debido a la práctica de deportes tanto a nivel profesional como aficionado [2].

Generalmente para tratar estas dolencias se usan medicamentos analgésicos, anti-inflamatorios los cuales ayudan a reducir las molestias y curar la zona afectada, se aplica crioterapia, electroterapia y kinesioterapia [3], muchas veces este tratamiento no es eficaz ya que el dolor persiste a lo largo del tiempo. En la actualidad se están utilizando juegos como alternativa para reducir el dolor [4] ya que estos estimulan la producción de endorfinas [5] lo cual ayuda a mejorar el estado de ánimo en general de la persona aliviando el dolor y distrayéndolo de su padecimiento. Es importante dar una solución a este tipo de enfermedades ya que según la OMS (Organización Mundial de la Salud) se estima que el 15,3 % de la población mundial padece este tipo de afecciones afectando su vida personal y laboral empeorando su calidad y condiciones de vida [6]. Sumado a factores como el bajo interés por la actividad física que se presenta en la población colombiana [7], la dificultad para el monitoreo constante del paciente durante el tratamiento, la falta de motivación para el paciente, esto conlleva a un deterioro de la calidad de vida así como un desbalance psicológico que desemboca en desmotivación por parte del paciente [8].

Por ello los videojuegos y la realidad virtual son una herramienta eficaz para complementar los tratamientos ya que brindan la oportunidad de dar al usuario una experiencia novedosa y divertida en la cual se vea motivado y distraído de su padecimiento, promoviendo el bienestar general y alivio de la lesión [9]. Además de permitir el seguimiento activo y cuantificación de resultados para un análisis por parte de profesionales en el área de la salud lo cual facilita un tratamiento efectivo y eficaz para cada usuario [10].

Este tipo de tratamiento novedoso e innovador ha sufrido un desarrollo vertiginoso siendo cada vez más aceptado en la comunidad médica y en general [11], por ejemplo Microsoft Kinect el cual es un dispositivo que actualmente tiene diversas aplicaciones y debido a su masificación a nivel mundial se ha generado el efecto kinect, se usa para

la rehabilitación de niños autistas, rehabilitación de pacientes con accidente cerebro vascular además como herramienta en hospitales creando sistemas accesibles para el público y eficaces mediante los cuales se puede realizar un seguimiento adecuado al paciente, logrando mayores y mejores resultados[12].

Es importante dar una solución a este tipo de enfermedades ya que según la OMS (Organización Mundial de la Salud) se estima que el 15,3 % de la población mundial padece este tipo de afecciones afectando su vida personal y laboral empeorando su calidad y condiciones de vida [6].

### **1.1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA**

Los procesos de terapia y ejercitación física tradicionales presentan desafíos en relación a la efectividad del ejercicio ya que las personas pueden abandonar el procedimiento por diversos motivos, como lo son el aburrimiento, falta de resultados, falta de alivio de sus dolencias o simplemente que las personas creen que no están lo suficientemente enfermos como para asistir al servicio entre los que se encuentran un 29,4% de la población de discapacitados según la OMS [6].

Según el DANE en Colombia existen 134.282 personas que presentan algún tipo de discapacidad la cual les dificulta las actividades cotidianas de llevar, mover y utilizar objetos con las manos [13]. Además se encontró que el 77% de la población con discapacidad en Colombia no se está recuperando de sus lesiones , existe la dificultad para cuantificar y monitorear de forma eficaz y precisa las actividades desarrolladas durante las sesiones de terapia física, de esta forma se está pasando por alto información valiosa que podría ser vital para un tratamiento efectivo[10]. Como consecuencia se tiene un deterioro en la calidad de vida de las personas, ya que se pueden presentar dificultades en sencillas tareas cotidianas como cocinar, conducir, vestirse, alcanzar y posicionar objetos , problemas para dormir[14], hasta llegar al punto de no poder desempeñar adecuadamente las actividades laborales.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El crecimiento y aceptación de los entornos virtuales como medio para proveer escenarios de entrenamiento y ejercitación como herramienta complementaria

durante procesos de terapia física, ha permitido el desarrollo de sistemas que provean mejores y más enriquecidas experiencias que resultan en una mejora de la calidad de vida de los pacientes [15]. Las dificultades inherentes al proceso de fisioterapia resultan en un escenario donde se ve afectada la calidad de vida de las personas al no realizar actividad física al no tener el monitoreo, acompañamiento y realimentación adecuada [6]. Tradicionalmente las aplicaciones desarrolladas tienen como usuarios objetivo a pacientes que habían sufrido accidentes cerebrovasculares [16], quemaduras, y otros accidentes que resultan en pérdida de movilidad [17], en cuyo caso, los entornos virtuales permiten la exposición de desafíos en ambientes controlados con metas claras que permiten abordar los procesos de recuperación de movimiento de manera más agradable, sobreponiéndose a las rutinas y generando efectos químicos en el organismo como la dopamina, que ayuda a disminuir la percepción de dolor y cautiva a los usuarios dentro de los juegos o mecánicas de interacción propias de los entornos virtuales diseñados e implementados [18]. En la actualidad, debido a la masificación de múltiples dispositivos de interfaz de usuario y de computación, es posible llevar estos exitosos escenarios a usuarios para mejorar los procesos que les permitan superar o mejorar la condición o enfermedad que les genere una restricción de movimiento [17]. En términos de salud, es indispensable realizar ejercicios con cierta periodicidad con fines preventivos en distintos aspectos del diario vivir [19]. En salud ocupacional se recomienda que se realicen pausas activas donde generalmente se estimulan los músculos y articulaciones del cuello, hombros, brazos, manos y dedos, en conjunto con estiramientos para la espalda y las piernas, como herramienta para sobreponerse y prevenir enfermedades musculoesqueléticas [20]. En términos de salud general, están comprobados los efectos positivos sobre la ejercitación regular del cuerpo como reducción de la grasa corporal, mejora la circulación sanguínea, función pulmonar, fortalecimiento de los huesos entre otros [19], desafortunadamente la ejercitación requiere de una constante práctica y compromiso que se ve afectado por la falta de motivación, a pesar de conocer las ventajas que esta actividad provee [21].

Se estima que en Colombia 570.306 individuos padecen algún tipo de discapacidad en alguno de sus miembros y necesitan servicios de rehabilitación, de los cuales el 5% recibe los tratamientos, y el 95% por diversos motivos que van desde falta de dinero hasta desconocimiento del servicio no reciben ningún tratamiento. Además se encontró que a 21.041 personas no les gusta asistir a servicios de rehabilitación [13].

Como consecuencia de lo anteriormente mencionado se afecta de forma negativa la calidad de vida de la población ya que estos padecimientos pueden tornarse crónicos e incluso perdurar a través de los años [22]. La importancia sobre el monitoreo y

cuantificación de la ejercitación permite mejorar la valoración sobre la evolución de quien se ejercita, ya que la información que se registra permite ser posteriormente analizada por un especialista de la salud y también permite al usuario conocer más sobre su estado [20]. Los sistemas basados en juegos serios están resultando efectivos ya que permiten incrementar la motivación intrínseca y extrínseca, mejorando los resultados, compromiso y calidad de vida en el desarrollo de actividades físicas, ya que permiten sobrellevar las dificultades asociadas con los procesos de ejercitación, que se caracterizan por procesos repetitivos donde no se interactúa con ningún sistema, ni se toman decisiones significativas [23]. Con base en lo anterior este proyecto se centra en el desarrollo de un prototipo de herramienta para ejercitación de miembro superior – hombro y codo que permita a través de una mecánica de juego, interactuar con un entorno virtual cuyos movimientos permitan la ejercitación de los músculos y ligamentos en estas articulaciones de forma complementaria a las guías y rutinas de ejercicio.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un prototipo de video juego serio como complemento a guías y rutinas de ejercicio para la ejercitación de miembro superior – hombro y codo a través de un sistema que permita el monitoreo y cuantificación de la experiencia.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar y caracterizar la biomecánica del miembro superior para identificar los rangos de movilidad, actividad física e información de entrada y salida del sistema
- Generar los requerimientos del sistema, mecánicas de juego con base en los elementos formales, dinámicos y dramáticos para generar la arquitectura del sistema
- Prototipar el aplicativo con las mecánicas, casos de uso e integrar los elementos de diseño audio-visual para su integración con las mecánicas de juego

### **1.4. METODOLOGÍA**

Dentro del proceso de desarrollo del proyecto se debe realizar una caracterización del miembro superior en relación a sus movimientos, anatomía y ejercitación requerida. Para esto se realizan consultas en fuentes confiables como libros, artículos, diálogos con profesionales en el área por lo cual se visitará la facultad de medicina de la UMNG, a los instructores del gimnasio, fisioterapeutas de la universidad, entre otros profesionales ajenos a la institución. Gracias a la información recaudada sobre el miembro superior y teniendo en cuenta los rangos de movimiento se va a generar los

requerimientos del sistema y casos de uso, mecánicas de juego con base en los elementos de juego encontrados en el libro *For the win* [24] los cuales son: elementos formales, dinámicos y dramáticos para finalmente generar la arquitectura del sistema. Basados en el libro *Serious Games: Games That Educate Train and Inform* [25], se desarrollará el contenido de juego serio con el cual se pretende que el usuario reciba y aprenda información. Con esta etapa también se definirán los casos de uso según los ejercicios a ejecutar y monitorear, con la finalidad que responda a una experiencia que permita a un usuario realizar los movimientos dentro de un ambiente interactivo.

A partir de la información obtenida se inicia la fase creativa en la cual se exploran los diversos elementos de diseño audio-visual, que se harán con base en los conocimientos adquiridos en las áreas de diseño en el transcurso de la carrera de ingeniería en multimedia, para luego generar los propios e integrarlos con las mecánicas de juego. Para esto se realizará una encuesta a los posibles usuarios para conocer sus gustos respecto al ambiente en el cual les gustaría desenvolverse dentro del juego. A partir de estos elementos se obtienen los contenidos acordes con la opinión de los encuestados y el diseño de la temática del juego.

Luego se va a iniciar con la fase de desarrollo en el motor de videojuegos *Unity 3d* [26], implementando las mecánicas de juego e integrando los medios audiovisuales. Se va a capturar información en términos de posición, la cual será posteriormente graficada e incluida en un documento para ser exhibida ante un profesional de la salud. Finalmente se harán pruebas con un grupo de personas para validar el prototipo, aplicando una encuesta para evaluar la experiencia de usuario.

## **CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se exponen los fundamentos básicos para una mejor comprensión de las temáticas presentadas y requeridas en el desarrollo de este proyecto. Primero se presentan las características de la anatomía funcional del miembro superior específicamente el hombro y codo identificando su composición, rangos de movimiento, cuidados y ejercicios preventivos. También se presentan conceptos relativos a la realidad virtual y cómo aspectos de la inmersión e interacción permiten a través de elementos de los juegos generar experiencias que generen motivación y compromiso dentro de la ejercitación de brazo.

### **2.1. ANATOMÍA FUNCIONAL DEL HOMBRO**

El hombro está compuesto por siete articulaciones en total: Glenohumeral, Suprahumeral, Acromioclavicular, Clavículoesternal, Escapulocostal, Esternocostal, Costovertebral; donde cada una de ellas es fundamental para el correcto funcionamiento del hombro [3]. Cabe destacar la articulación glenohumeral ya que posee movimiento sobre los 3 ejes del espacio y es el sitio donde se presenta mayor deterioro y dolor

#### **2.1.1. MÚSCULOS DEL MANGUITO DE LOS ROTADORES**

Los músculos que componen al manguito de los rotadores son: Supraespinoso, (supraspinatus), Infraespinoso (infraspinatus), Redondo menor (teres minor), Subescapular (subescapularis). Cada uno de estos sostiene la cabeza del humero, manteniendo la articulación en su lugar. Por lo cual movimientos bruscos y sobreesfuerzos pueden ocasionar molestias debido a su gran trabajo. Las lesiones pueden variar en complejidad y duración [27].

#### **2.1.2. RANGOS DE MOVIMIENTO DEL HOMBRO**

Los movimientos articulares que se presentan en el hombro se exponen a continuación:

- Flexión: involucra los músculos deltoides anterior y coracobraquial. Va de 0° a 180°. Extensión: involucra los músculos dorsal ancho, redondo mayor y deltoides posterior. Va de 0° a 60°.



**Figura 1: Flexión y extensión de hombro**

- Abducción: involucra los músculos deltoides medio y supraespinoso. Va de 0° a 180°. Aducción: involucra los músculos pectoral mayor y dorsal ancho. Va de 0° a 45°.



**Figura 2: Abducción y aducción de hombro**

- Rotación interna: involucra los músculos subescapular, pectoral mayor, dorsal ancho y redondo mayor. Va de 0° a 70°. Rotación externa: involucra los músculos infraespinoso y redondo menor. Va de 0° a 90°.



**Figura 3 Rotación interna y externa de hombro**

Se encontró que los problemas más comunes que generan dolor en el hombro son: Síndrome del manguito de los rotadores con un 70% de incidencia seguido por *capsulitis* adhesiva 12% y *tendinitis* bicipital 4% [28].

### **2.1.3. MEDIDAS PREVENTIVAS**

Realizar ejercicios mediante los cuales fortalezcamos estos músculos, sin llegar a esforzarlos. Mantener equilibrio en el entrenamiento, ya que por ejemplo al entrenar mucho el deltoides y descuidar el manguito, este halará el hombro provocando molestias. No hacer del peso una prioridad, una buena técnica es mucho más efectiva y previene lesiones y si se llega a presentar alguna molestia en la zona, parar el entrenamiento de inmediato y guardar reposo hasta aliviar esta molestia. Siempre se debe hacer un calentamiento adecuado antes de cada entrenamiento [27].

### **2.1.4. EJERCICIOS PARA FORTALECER EL MANGUITO DE LOS ROTADORES**

A través de diálogo con profesionales del hospital militar se obtuvo la información sobre el ejercicio que se recomienda para la ejercitación del hombro y en el que el presente proyecto se va a centrar, el cual es:



**Figura 4 Ejercicio seleccionado para el proyecto**

Este ejercicio involucra los movimientos de abducción, rotación interna y rotación externa. De pie con la espalda recta, los codos alineados horizontalmente con los hombros, se eleva las muñecas hasta pasar levemente el nivel de los hombros y se baja nuevamente, El codo debe permanecer flexionado en todo momento y no debe sobrepasar en ningún momento el nivel del hombro, el único movimiento que se realiza es levantar la mano, Se recomienda realizar hasta 15 repeticiones por cada brazo dependiendo la situación del paciente.

## 2.2. CARACTERIZACIÓN DEL CODO

El codo está compuesto por tres articulaciones formadas por los huesos humero, radio y cubito. También está compuesto por los músculos bíceps, tríceps, braquiorradial, flexores y extensores de la mano [29].

### 2.2.1. RANGOS DE MOVIMIENTO

El complejo articular del codo además de permitir movimiento del mismo da lugar a movimientos del antebrazo, los movimientos y grados de libertad son:

- Flexión de codo: Involucra el bíceps, va de 0° a 140°. Extensión de codo: Involucra el tríceps, va de 0° a 45°. Figura 10



Figura 5: Flexión y extensión de codo

- Supinación y pronación del antebrazo



Figura 6 Supinación y pronación del antebrazo

## **2.2.2. PATOLOGÍAS DEL CODO**

### **EPICONDILITIS (CODO DE TENISTA)**

Epicondilitis es la inflamación de los tendones que tienen origen en la cara externa del codo, que son los tendones de los músculos que se encargan de realizar las extinciones de los dedos y la muñeca y los supinadores del antebrazo.

- **Síntomas**

Lo síntomas más comunes son: Dolor en el codo en reposo, al aplicar alguna presión, o al realizar algunos movimientos. Dolor al estrechar la mano de una persona. Dolor al extender la muñeca contra resistencia alguna. Dolor que se propaga hasta antebrazo, muñeca y dorso de la mano.

- **Causas**

Se produce por el uso repetido de este grupo muscular en las actividades diarias, por ello se relacionada con cualquier actividad laboral.

- **Medidas preventivas**

Aplique compresas frías en la parte externa del codo. Evite realizar movimientos repetitivos. Descanse el codo en cuanto sienta molestia alguna. Practique su deporte o actividad de forma adecuada. Cuando realice actividades laborales, use la postura correcta y situé los brazos de manera cómoda que no se aplique presión sobre el codo [30].

## **2.2.3. EJERCICIOS PARA FORTALECER EL CODO**

A través de dialogo con profesionales del hospital militar se obtuvo la información sobre el ejercicio que se recomienda para la ejercitación del codo y en el que el presente proyecto se va a centrar, el cual es:



**Figura 7: Ejercicio seleccionado para codo**

De pie con la espalda recta y los codos pegados al torso, sujetamos el caucho terapéutico poniendo las muñecas a nivel de los codos, el movimiento que se debe realizar es bajar el antebrazo manteniendo la posición anteriormente descrita. Se recomienda realizar hasta 4 series cada una de 15 repeticiones por cada brazo dependiendo la situación del paciente.

### 2.3. REALIDAD VIRTUAL

“La realidad virtual se podría definir como un sistema informático que genera en tiempo real representaciones de la realidad, que de hecho no son más que ilusiones ya que se trata de una realidad perceptiva sin ningún soporte físico y que únicamente se da en el interior de los ordenadores”[31].

Un análisis FODA realizado por Teleton- Chile [10] nos muestra varios aspectos que se consideran importantes de la RV, los cuales se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1: Análisis FODA RV.**

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
Gran validez ecológica Capaz de generar ambientes familiares para el usuario Puede generar una retroalimentación positiva y en tiempo real Bajo costo Almacenamiento de datos para análisis Se genera un ambiente menos estresante para el paciente	Crear ambientes por computador más reales Crear más unión entre usuario y maquina el internet permite el futuro desarrollo del concepto de la tele rehabilitación Permite trabajar con más de un paciente a la vez. permite monitorizar y registrar a través de video y graficas los avances del paciente	Complejidad de uso de hardware Efecto Cybersicknes: desarrollo de alteraciones visuales, defectos en la percepción de la profundidad y cansancio, mareo, vértigo y nauseas. Aftereffects: sensación de revivir el episodio de inmersión	escasa publicación de estudios del tipo costo-beneficio Posibles efectos secundarios a largo plazo del uso prolongado de estos sistemas Dilemas éticos del uso de una nueva aplicación clínica expectativas irreales de la población y de los tratantes sobre estas alternativas novedosas. eliminar la necesidad del tratante

La realidad virtual tiene diversas aplicaciones [32] las cuales van desde el entretenimiento, construcción de simuladores, recorridos virtuales, hasta aplicaciones en la salud, como la rehabilitación. Dispositivos de entrada: es cualquier dispositivo gracias al cual ingresamos datos al computador algunos de ellos son: teclado, *mouse*, *joystick*, lápiz óptico, mandos, micrófonos, pantallas táctiles [33], *Microsoft kinect* [34], *leap motion*[35], *haptics SDT*[36]. Dispositivos de salida: es cualquier dispositivo que nos muestra información procedente de una computadora algunos de ellos son: parlantes, monitor, *Oculus Rift*[37].

#### **2.4. JUEGOS**

Un juego se define como la actividad que realizan uno o más individuos con el objetivo principal de entretener a estos individuos y darles diversión, pero puede tener objetivos secundarios como lo son cumplir un papel educativo. Varios expertos afirman que los juegos estimulan el estado mental y físico de las personas, aparte de esto también contribuyen con el desarrollo de las habilidades prácticas y psicológicas [38].

#### **2.5. JUEGO SERIO**

“Los juegos pueden ser jugados seriamente o casualmente. Nosotros nos interesamos con juegos serios en el sentido que estos juegos tienen un explícito y cuidadosamente pensado propósito educacional y no está dedicado principalmente a la diversión. Esto no dice que los juegos serios puedan ser o no ser entretenidos “[40].

Lo que se quiere lograr a través de este tipo de actividades es enseñar e incluso entrenar, a través de las tecnologías de juego. Entonces lo que se busca es atraer al usuario para que haga uso voluntario de la aplicación enganchándolos dentro de su propósito el cual no es como ay se mencionó, principalmente la diversión.

Ventajas de los juegos serios: Permiten el aprendizaje al tiempo que ofrece entretenimiento. Combina alta participación por parte del usuario y un poderoso contenido. Permite el rápido análisis y comprensión de entornos complejos. Muestra como las acciones afectan las situaciones.

Permite a los usuarios tomar un papel, lo que hace que tengan el crédito por el éxito y evita la sensación de falla, sin despreciar los errores como una fuente de valiosas lecciones [40]. Los juegos serios son usados con varios fines, entre lo que podemos encontrar: aprendizaje virtual, entrenamiento, simulación, colaboración, publicidad, modelo de negocio. Y más específicamente se usa en las industrias y sectores como: defensa militar, educación, negocios, exploración científica, cuidado de la salud, planeación de ciudades, ingeniería, religión, turismo y conferencias virtuales [41].

## **2.6. EXERGAMES**

El término *exergame* hace referencia a un videojuego el cual mediante una actividad propicie y promueva la actividad física, además de la promoción de un estilo de vida activa y saludable el cual combina tecnologías y ejercicio. Teniendo en cuenta que son videojuegos interactivos no se debe limitar en este contexto ya que todo videojuego tiene cierto nivel de interactividad sin necesariamente promover la actividad física [42].

## **CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE**

### **3.1. USO DE REALIDAD VIRTUAL EN REHABILITACIÓN**

Como ya se mencionó anteriormente en el estado del arte las ventajas de la realidad virtual son muchas y estas se pueden aplicar específicamente en el área de la rehabilitación, entre las cuales destaca la recuperación tras un accidente cerebrovascular, entrenamiento de balance en adultos mayores y como método para el manejo del dolor.

Las primeras aplicaciones de RV en medicina tuvieron lugar con desarrollos orientados a personas que sufrieron de accidente cerebrovascular, ya que estas presentan dificultades en el movimiento, el pensamiento y la sensibilidad. Esto a menudo propicia problemas para las actividades diarias como escribir, caminar y conducir. La RV y los juegos de video interactivos son tipos nuevos de tratamiento que se proporcionan a los pacientes después de un accidente cerebrovascular. El tratamiento incluye además de terapias tradicionales, el uso de programas de realidad virtual que están diseñados para simular objetos y eventos de la vida real. La RV y los juegos de video interactivos tienen ciertas ventajas sobre los enfoques terapéuticos tradicionales debido a que pueden proporcionar a las personas una oportunidad de practicar las actividades diarias que no se practican o no pueden practicarse dentro del ambiente del hospital [18].

Los pacientes que sufren un accidente cardiovascular pueden tener graves secuelas entre las cuales están debilidad, espasticidad, contracturas, pérdida de destreza. Existen tres determinantes para la recuperación motora y son la intervención temprana, entrenamiento en tarea específica y repetición del movimiento. La RV es el abordaje donde se utiliza estimulación en tiempo real donde se simula un ambiente, escenario o actividad generada por el ordenador en la que, a través de una interfaz hombre-máquina, va a permitir al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado. Al hablar de RV hay que tener en cuenta dos conceptos importantes, como interacción e inmersión. Interacción: la RV no supone una visualización pasiva de la representación gráfica, sino que la persona puede interactuar con el mundo virtual en tiempo real; e inmersión porque a través de determinados dispositivos una persona tiene la sensación de encontrarse físicamente en el mundo virtual [19].

En cuanto al entrenamiento de balance en la universidad de Talca, Chile, se realizó un estudio en el laboratorio de Biomecánica de esta misma universidad, dirigido a la población de la tercera edad, (69 años de edad promedio), quien es bastante vulnerable a lesiones traumáticas graves como la fractura de cadera entre otras. El estudio consistía en hacerle un seguimiento a cada uno de los pacientes mediante los sensores de movimiento del *wiimote* y un entrenamiento de RV que guiaba los ejercicios, en un programa de 8 semanas, 3 sesiones por semanas, cada una con una duración de 20 minutos. Al final del programa se vieron resultados bastante positivos, la velocidad promedio se redujo en un 4%, el área de desplazamiento del centro de presión (COP) presentó una disminución progresiva del 28% lo cual lleva a concluir que los entrenamientos con RV ayudan de forma positiva a mejorar el balance y el control de las posturas de los adultos mayores [43].

Un aspecto importante es la distracción que generan los sistemas de RV que propicia efectos positivos para evadir o aminorar las dolencias que pueden traer algunos procedimientos médicos, ya que la distracción estimula la competencia entre estímulos y enfoca al paciente en la actividad y no en el dolor. Para distraer el paciente recurrieron al uso de realidad virtual, obteniendo como resultado, que la realidad virtual puede ser usada de forma segura en varios procedimientos médicos para evadir el dolor [44].

### **3.2. USO DE MICROSOFT KINECT EN REHABILITACIÓN**

El Microsoft Kinect es un dispositivo que actualmente tiene diversas aplicaciones, por ejemplo se usa para la rehabilitación de niños autistas, rehabilitación de pacientes con accidente cerebro vascular además como herramienta en hospitales [38]; En La fundación Vasca de esclerosis múltiple Eugenia Epalz ubicada en el país Vasco, ya se ha empezado a desarrollar programas de rehabilitación para problemas de esclerosis que incluyen tecnología multimedia, RV y juegos serios. Para ello acudieron a la empresa *Virtualware*, quienes han desarrollado una plataforma que gestiona y verifica los ejercicios requeridos para tratar este problema físico, haciéndole un seguimiento al paciente mediante el uso del Microsoft Kinect.

En Indra una empresa madrileña también se ha ido desarrollando un software usando la tecnología Microsoft Kinect, este software lo han llamado *TOyRA*, el sistema está completamente basado en el *biofeedback*, usa realidad virtual, captura de movimiento de forma interactiva para realizar determinados ejercicios. Una vez acabada la actividad el software se encarga de dar un informe con los datos

clínicamente relevantes [20].

*VirtualRehab* es otro software desarrollado en Europa que hace uso del *Microsoft Kinect*, la diferencia es que este ya va mucho más lejos, actualmente se comercializa en varios países, fue probado y verificado por varios médicos dándole su aprobación, usa principios de videojuegos y actualmente se usa en varios centros médicos para tratar pacientes, de los cuales muchos ya han dado sus testimonio y opiniones positivas acerca del producto. Actualmente cuenta con 9 juegos diferentes para tratar diferentes problemas físicos, entre ellos se destacan los problemas de equilibrio, falta de coordinación, trastornos de movimiento, problemas de postura y déficits motores. En su página web oficial, llevan un registro de sesiones de terapia realizadas, hasta el momento han realizado 6998 terapias, un número bastante alto [45].

Latinoamérica no se ha quedado atrás, en la universidad Central de Venezuela, se ha hecho uso de la tecnología del *Microsoft Kinect*, desarrollando un framework que va orientado a niños entre 6 y 12 años que padecen limitaciones en amplitud articular, fuerza muscular, coordinación, déficit de atención entre otros. Nos presenta 3 tipos de videojuego cada uno con nivel de complejidad distinto tanto a nivel cognitivo como físico, dando como resultado un sistema de bajo costo, fácil de manejar, intuitivo para los pacientes, que hace seguimiento a cada individuo [46].

### **3.3. EXERGAMES**

El término *exergame* hace referencia a un videojuego el cual mediante una actividad propicie y promueva la actividad física, además de la promoción de un estilo de vida activa y saludable el cual combina tecnologías como el *Microsoft Kinect*, el *Wiimote*, el *PlayStation Move*, acelerómetros con diferentes ejercicios físicos que pueden involucrar varias o todas las partes del cuerpo. Teniendo en cuenta que son videojuegos interactivos no se debe limitar en este contexto ya que todo videojuego tiene cierto nivel de interactividad sin necesariamente promover la actividad física [42]. Algunos ejemplos de *exergames* son *Wiisports* [47], *Kinect sports* [48], *Sport champions* [49], *VI-Tennis* un *exergame* creado para personas que tengan limitaciones visuales que funciona con sonido y vibraciones [50], *GrabApple* un juego creado para combatir el sedentarismo y evitar la atrofia de los músculos [51] entre otros.

### **3.4. EFECTOS PSICOLÓGICOS DE LOS VIDEOJUEGOS**

Por muchos años se ha pensado que los videojuegos son una forma de perder el tiempo que fomentan la violencia y limitan el desarrollo del individuo; por ello se presenta una gran preocupación entre los educadores y padres respecto a la influencia que estos tienen en las personas[52].

Entre los efectos positivos que generan los videojuegos están el entrenamiento y mejora de habilidades, para demostrar los efectos positivos se han realizado diferentes experimentos, en los cuales se toman jugadores casuales, y personas que nunca han jugado o juegan de forma muy esporádica, demostrando que las personas que están en contacto constante con videojuegos tienen una mejor respuesta ante estímulos visuales o ejercicios de atención visual, mayor eficacia en cambio de tareas, una mejor reacción a tareas de búsqueda visual, menor tiempo en reacción de distinguir forma o color de diferentes objetos entre otros [53], en el ámbito didáctico o de aprendizaje los videojuegos tienen una gran utilidad y se han demostrado sus ventajas en más de una forma, ya que combinan de forma efectiva los objetivos lúdicos de las actividades con las funciones pedagógicas, generando interés por parte de los usuarios a seguir utilizando el software por interés propio y a la vez logrando los objetivos pedagógicos sin que el usuario lo perciba, es decir el usuario mientras está distraído jugando está aprendiendo de forma efectiva [54], en el ámbito del entretenimiento tiene bastantes ventajas ya que es su objetivo principal, pues logra que las personas puedan distraerse logrando efectos positivos a la hora de reducir el estrés[54], despejar a las personas de las actividades diarias, lograr que las personas se sientan psicológicamente superiores o con autoestima bastante elevada gracias a diferentes actividades que se hacen dentro de los juegos, tiene efectos positivos ya que estimula la enseñanza de habilidades de ocio, otro aspecto positivo de los videojuegos en el ámbito médico, ha sido la mejora significativa de habilidades en ancianos a través de los videojuegos[43].

La masificación de los videojuegos y su gran acogida a nivel mundial, ha traído con ello gran preocupación por parte de expertos en muchas áreas, ya que se piensa que los juegos pueden traer aspectos negativos a los usuarios de los mismos, algunos de estos aspectos son, la adicción, si bien los juegos pueden llegar a ser tan divertidos que los usuarios quieren que nunca acaben y dediquen un poco más o mucha más atención de la que tenían inicialmente destinada para esta actividad, siempre llega un

punto en el cual el juego se torna aburridor, sin embargo se realizaron estudios y se concluyó que entre un 1,5% y un 19 % de jugadores son adictos, se concluyó que la gran mayoría de jugadores son adictos a estos por un tiempo pero finalmente vuelven a ser jugadores casuales[55], otro gran tema que preocupa a los profesionales es que los videojuegos generan aislamiento, este aspecto ha cambiado con el pasar del tiempo, pues anteriormente los videojuegos eran en su gran mayoría para usarlos de forma individual y no motivaban ni propiciaban las relaciones entre personas, pero actualmente esto ha dado un giro radical, ya que la gran mayoría de videojuegos tienen un modo en el cual se debe jugar de forma cooperativa, motivando a los usuarios a relacionarse con otros jugadores y fomentando las relaciones interpersonales[ 56].

### **3.5. CONCLUSIÓN**

Una parte importante de la población mundial padece de lesiones de algún tipo estas tienen como causantes tanto factores físicos como psicológicos en algunos casos, esto sumado a la falta de ejercitación por parte de las personas según una encuesta que se realizó por parte del grupo de trabajo una población, dio como resultado que el 29 % de los encuestados no ejercitan su miembro superior por factores como pereza 27% y falta de tiempo 17%; además las terapias tradicionales no logran satisfacer las necesidades de los pacientes y es aquí cuando la realidad virtual y los videojuegos entran a jugar un papel importante.

Existe todo público desde niños hasta personas de la tercera edad que requieren atención médica y rehabilitación física en algún momento de su vida. Personas con diferentes tipos de discapacidad y enfermedades como déficit motor, problemas neuronales y déficit en rangos de movimiento. Ciertas condiciones deterioran la capacidad de las personas en cuanto a equilibrio, postura, coordinación motriz esto desemboca en una mala calidad de vida.

La adaptabilidad y portabilidad de los sistemas de realidad virtual permiten abordar a toda clase de público, permitiendo una inmersión en escenarios virtuales donde el usuario realiza ciertas actividades las cuales contribuyen a su recuperación pero de una manera que le resulta entretenida y divertida, captando y enfocando toda la atención del paciente hacia el videojuego distrayéndolo de su dolencia y a su vez aliviando el dolor. Además de aliviar el aspecto más evidente el cual es el fisco también se observa la aplicabilidad y beneficios de los videojuegos en cuanto a los factores psicológicos de las personas reduciendo los niveles de estrés y depresión.

Alrededor del mundo se han desarrollado diversos prototipos de videojuegos los cuales están enfocados hacia la ejercitación y rehabilitación a diferentes niveles empleando diversas tecnologías como el Microsoft kinect, logrando resultados positivos que han sido aceptados a través del tiempo por la comunidad médica y los pacientes.

## CAPÍTULO 4: DESARROLLO

Para el desarrollo del juego se tomaron como referencia ejercicios para hombro y codo cuya ejecución es común para el mantenimiento y fortalecimiento del miembro superior. Los ejercicios seleccionados se presentaron en el Marco Teórico sección 2.1.4 para el hombro y en la 2.2.3 para el codo, a partir de estos se realizó la propuesta de la arquitectura del sistema como se presenta en la Figura 8, identificando entradas/salidas y subsistemas.

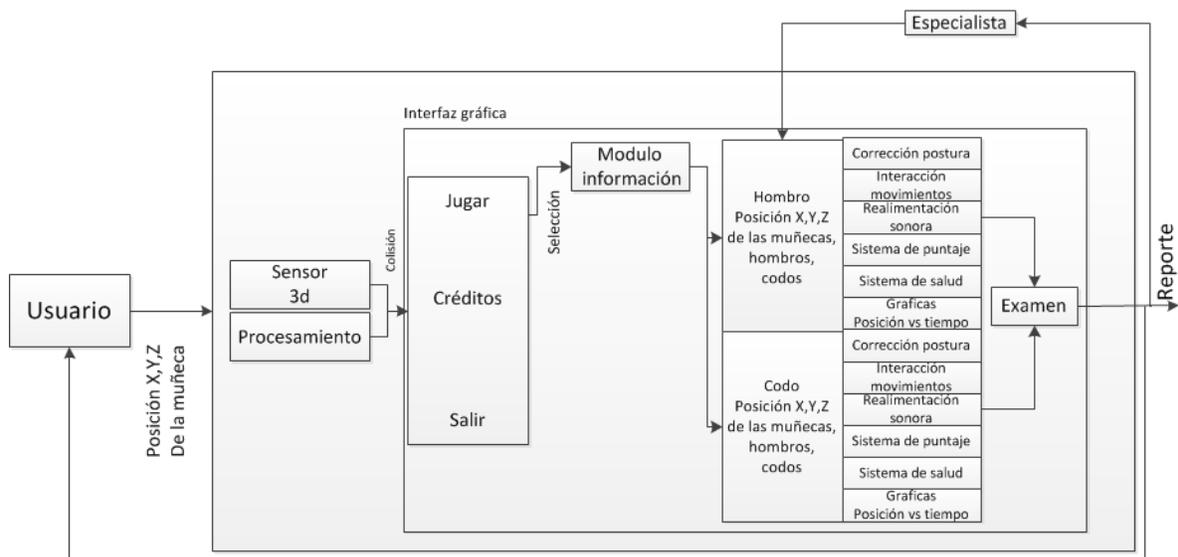


Figura 8: Arquitectura del sistema

En cuanto a entradas del sistema, se tiene la información obtenida por el esqueleto virtual del *Microsoft kinect*, de ello se va a usar la información de posición en el espacio de hombros, codos y muñecas. Como salidas se tiene la información del movimiento realizado por el usuario, el tiempo que empleo jugando y los datos de movimiento. Además se tiene realimentación compuesto por elementos sonoros y visuales.

El usuario se posiciona frente al sensor, e ingresa subsistema de interfaz gráfica, se captura la información de posición de la muñeca y podrá interactuar con los diferentes botones de los menús con la mano derecha al colisionar con ellos tres veces. En el módulo de información el usuario podrá avanzar o retroceder colisionando con los botones tres veces teniendo la posibilidad de usar ambas manos.

Al seleccionar Codo/hombro ingresa inmediatamente al módulo de información, en el cual se puede navegar gracias a la información de posición de la muñeca. Dentro del

módulo de juego se va a monitorear en todo momento la posición del usuario usando la información de posición de hombros, codos y muñecas, esto combinado con la interacción con objetos del entorno dará como resultado el puntaje y el sistema de “vida”, el usuario podrá observar en todo momento los gráficos que representan sus movimientos. Al completar cada serie se genera un archivo .txt con los datos de la posición de la muñeca en dicha serie y al completar 4 series de ejercicios o al agotar la “vida”, se guarda el tiempo que tardó en completar el juego, se ingresa automáticamente a la sección examen, donde se aplicará una pregunta relacionada con la información previamente mostrada.

#### **4.1. DISEÑO DEL JUEGO:**

El objetivo del juego es que el usuario realice correctamente los ejercicios y acumule la mayor cantidad de puntaje, de forma que las interacciones se realicen a partir de movimientos con sus brazos capturados gracias al dispositivo Microsoft *Kinect*, buscando realimentar y potenciar la participación de forma que el usuario se divierta y ejercite su hombro. Así mismo, se identifica como posible usuario a personas que busquen fortalecer su miembro superior bajo la supervisión de un especialista de la salud.

Con base en lo anterior se diseña el juego basado en los siguientes elementos:

#### **4.2.1. COMPONENTES DE JUEGO HOMBRO**

##### **4.2.1.1. META**

**Usuario final:** Ejercitar el hombro. Adquirir conocimientos sobre la importancia y cuidados del hombro. Realizar el mayor puntaje. Llegar a la meta.

**Desarrollador:** Proveer al usuario un escenario en donde se ejercite mientras se distrae y disfruta mediante una mecánica de juego. Fijar en el usuario conocimientos sobre la importancia y cuidados del hombro. Obtener gráficos a partir de la posición de las articulaciones.

**4.2.1.2. REGLAS:** El usuario solo podrá interactuar con el juego a través del miembro superior. El usuario deberá respetar los rangos de movimiento establecidos para él. Si el contador de energía se agota el usuario perderá.

##### **4.2.1.3. REALIMENTACIÓN**

**Visual:** Verá las animaciones del avatar. Vera el puntaje. Vera la barra de energía. Indicador de buena posición.

**Sonora:** Efecto de sonido al chocar con un obstáculo. Efecto de sonido al recolectar monedas. Sonido de fondo. Sonido cuando rema.

**4.2.1.4. Motivación:** El usuario se motiva gracias a la interacción con la tecnología del *kinect* lo cual provee una mayor inmersión y Puntaje.

#### **4.2.2. ELEMENTOS DE JUEGO**

##### **4.2.2.1. ELEMENTOS FORMALES**

- Jugador: el usuario es el centro de la aplicación, diseñamos una experiencia para que el jugador disfrute mientras se ejercita.
- Invitación a jugar: introducción a la teoría del complejo del hombro y su importancia en la vida cotidiana, medios para ejercitarlo y mantenerlo sano.
- Número de jugadores: 1 jugador.
- Rol del jugador: el jugador asume el papel del hombre en el bote, debe evitar que se agote su nivel de energía.
- Patrones de interacción: *single player vs game*.
- Objetivos:
  - Desarrollador: Obtener gráficos a partir de la posición de las articulaciones y tiempo, proveer distracción al usuario, proveer un medio de ejercitación al usuario.
  - Usuario: llegar a la meta, acumular la mayor cantidad de puntos, ejercitar hombro.
- Procedimientos:
  - Inicio de la acción: el jugador selecciona el mini juego
  - Progresión: el bote se pone en marcha y el jugador debe comenzar a jugar
  - Acciones especiales: gestos con sus brazos
- Reglas:
  - El usuario solo podrá interactuar con el juego a través del miembro superior.
  - El usuario deberá respetar los rangos de movimiento establecidos para él.
  - SI el contador de energía se agota el usuario perderá.
- Recursos: movimientos del jugador.
- Conflicto: Si el usuario permite que la energía se agote esto resultarla en la pérdida del juego.
- Limitaciones: Solo con un gesto específico se consigue interactuar con la aplicación, dentro del juego el usuario no podrá abandonar el agua.
- Resultado: se espera que el usuario acumule gran cantidad de puntos y logre llegar a la meta.

#### **4.2.2. 2.ELEMENTOS DINAMICOS**

- Objetos: personaje en bote, cargas de energía, obstáculos.
- Propiedades: Los obstáculos se van a presentar en diferentes formas, como rocas, troncos, escombros.
- Relaciones: el jugador puede decidir sobre qué camino seguir, esto afectara dependiendo del número de obstáculos y monedas que contenga este.
- estructura del juego: es un juego lineal.
- tipo de control: gestual mediante *kinect*.

#### **4.2.2. 3.ELEMENTOS DRAMÁTICOS:**

- Desafío: no permitir que se agote la energía del personaje y superar el puntaje máximo.
- Requiere coordinación viso-motriz por parte del usuario.
- Requiere acción y atención.
- Realimentación constante en forma de gráficos, texto y sonido.
- Requiere concentración
- Posibilidad de juego: la posibilidad que ofrece este juego es lineal.
- Personajes: tipo del bote.

#### **4.2.3. ELEMENTOS DE JUEGO SERIO**

La posición del usuario será monitoreada en todo momento y se muestra cuando la está realizando bien y cuando no, si el usuario esta en mala postura por algún tiempo se mostrara una imagen mostrando la postura correcta.

Para brindar información al usuario sobre el miembro superior (hombro y codo) se desarrollara un módulo de información por cada juego que muestra la definición, importancia, cuidados, y recomendaciones, para verificar si el usuario aprendió algo durante el juego se le aplicara una pregunta. También se va a generar archivos .txt de cada brazo luego de cada serie para poder ser graficada.

#### **4.3. REQUERIMIENTOS Y CASOS DE USO**

Con base en el diseño del juego se realiza el análisis de los casos de uso según el objetivo y usuario escogido:

**Tabla 2: Requerimientos del sistema**

No. Requerimiento	Descripción
<b>Funcionales</b>	
R1	El juego debe tener la opción de ajustar la resolución antes de ingresar al aplicativo.
R2	EL juego debe permitir integrar elementos visuales de interfaz como: barras de progreso, graficas de información, elementos de menú.
R3	El juego no permitirá un modo cooperativo o multijugador.
R4	El juego reconocerá posturas y movimientos corporales que servirán para interactuar con este.
R5	El juego podrá reconocer si el jugador está realizando de forma correcta los ejercicios.
R6	El juego podrá reconocer al jugador por medio del sensor Microsoft <i>Kinect</i> .
R7	El sistema podrá procesar la información adquirida por el sensor Microsoft <i>Kinect</i> y deberá utilizar esta información como variables del juego.
R8	El juego debe mostrar alertas y señales cuando el jugador no este realizando el ejercicio de forma correcta.
R9	El juego podrá ser controlado (menús, juegos, módulos de información, etc.) mediante el uso del sensor Microsoft <i>Kinect</i> .
R10	El juego deberá incluir un menú con los siguientes sub-menús: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Juego</li> <li>• Créditos</li> <li>• salir</li> </ul>
R11	El juego deberá mostrar la información de los desarrolladores dentro del sub-menú créditos.
R12	El juego debe incluir dentro del sub-menú Codo/Hombro las opciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Juego</li> <li>• información</li> </ul>
R13	El juego debe incluir en todos los sub-menús la opción de volver.
R14	El juego debe incluir dentro del sub-menú información datos como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• importancia del hombro/codo</li> <li>• Anatomía básica</li> <li>• Cuidados básicos</li> </ul>
R15	El juego debe incluir dentro del sub-menú juego las opciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Codo</li> <li>• Hombro</li> </ul>
R16	El sistema debe permitir observar el puntaje en tiempo real.
<b>No funcionales de producto</b>	
<b>Usabilidad</b>	
R17	Aplicativo intuitivo y de usabilidad sencilla.
R18	Elementos visuales agradables, sencillos e intuitivos.
<b>Eficiencia</b>	
R19	Modelos tridimensionales propios desarrollados con los <i>software</i> Autodesk Maya y <i>mudbox</i> .
R20	Debe funcionar en equipos de rendimiento medio.
<b>No funcionales organizacionales implementación</b>	
R21	El software principal es <i>Unity</i> 3D.
R22	El lenguaje de programación seleccionado es C# y java.
R23	Modelo de desarrollo Cascada

**Tabla 3: caso de uso 1**

<b>Identificador</b>	<b>1</b>	
<b>Nombre</b>	Iniciar Juego	
<b>Descripción</b>	El usuario desea empezar un juego nuevo.	
<b>Precondición</b>	Tener el sensor Microsoft <i>Kinect</i> listo y estar en la posición correcta.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>No.</b>	<b>Paso</b>
	1.	El usuario debe colocarse en frente del sensor Microsoft en la posición correcta.
	2.	EL Jugador escoge en el menú la opción jugar.
	3.	Escoge la parte (Hombro o codo) que desea ejercitar.

	<b>4.</b>	Comienza a jugar.
<b>Postcondición</b>	El jugador empieza un nuevo juego.	
<b>Excepciones</b>	N/A	
<b>Importancia</b>	Necesaria	
<b>Urgencia</b>	Inmediata	
<b>Comentarios</b>		

Tabla 4: caso de uso 2

<b>Identificador</b>	2	
<b>Nombre</b>	Modulo informativo.	
<b>Descripción</b>	El jugador desea aprender y obtener información relevante del codo o del hombro.	
<b>Precondición</b>	Tener el sensor Microsoft <i>Kinect</i> listo, estar en la posición correcta y estar dentro del Sub-menú juego.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>No.</b>	<b>Paso</b>
	1.	Se entra en el sub-menú juego.
	2.	Se selecciona el sub-menú información.
	3.	Se lee la información otorgada.
<b>Postcondición</b>	N/A	
<b>Excepciones</b>	N/A	
<b>Importancia</b>	Baja	
<b>Urgencia</b>	Baja	
<b>Comentarios</b>		

Tabla 5: Caso de uso 3

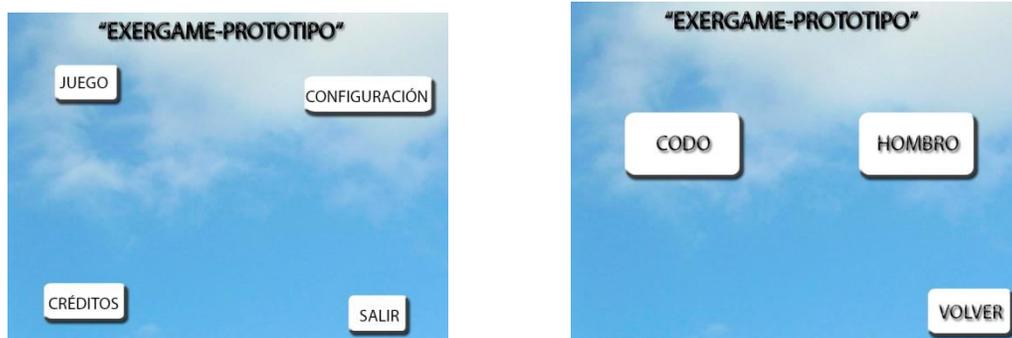
<b>Identificador</b>	4	
<b>Nombre</b>	Créditos.	
<b>Descripción</b>	El jugador desea saber más acerca de los desarrolladores del aplicativo.	
<b>Precondición</b>	Tener el sensor Microsoft <i>Kinect</i> listo, estar en la posición correcta y estar en el menú principal.	
<b>Secuencia Normal</b>	<b>No.</b>	<b>Paso</b>
	1.	Se entra en el sub-menú Créditos.
	2.	Se lee la información otorgada.
	3.	Se regresa al menú principal
<b>Postcondición</b>	N/A	
<b>Excepciones</b>	N/A	
<b>Importancia</b>	Baja	
<b>Urgencia</b>	Baja	
<b>Comentarios</b>		

#### 4.4. DISEÑO AUDIOVISUAL

En esta sección se presenta un prototipo del diseño justificando la elección de colores, formas y distribución además de su relación con los objetivos establecidos. Para realizar los menús y elementos con los cuales se puede interactuar, se decidió realizarlos en tamaños grandes para que fueran de fácil acceso mediante gestos corporales, esto basados en lo observado por el equipo de trabajo mientras se observaban juegos de ejercitación, y en los menús creados para videojuegos de *Xbox 360* como *kinect Sports* [49] y *Nike Sports* [57] los cuales funcionan mediante la interacción gestual con el *Microsoft kinect*.

#### 4.4.1. DISEÑO DE MENÚS

Se decidió realizar el control de los menús de la aplicación siguiendo a la teoría de las interfaces naturales de usuario, lo cual enuncia que se debe interactuar de una forma fácil y natural sin requerir elementos adicionales al cuerpo humano. Por ello se va a hacer seguimiento a los brazos del usuario y a interactuar con base a gestos efectuados por ellos. De momento va a usar la mano derecha como puntero para la navegación dentro de la aplicación. El fondo fue elegido con base en la encuesta realizada por el equipo de trabajo a un grupo de 50 personas, las cuales manifestaron querer desarrollar las actividades en un ambiente al aire libre, el cielo fue seleccionado por sus colores azul y blanco los cuales transmiten una sensación de calma, tranquilidad; además de transmitir la idea de estar al aire libre. Se eligió una fuente legible y su tamaño con el fin de facilitar su visualización.



**Figura 9: Menú principal y menú selección**

En la Figura 9 se observa el diseño del menú principal y el menú de selección, teniendo acceso a los créditos y a la opción para abandonar la aplicación.

#### 4.5. DESARROLLO PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación y programación de los diversos módulos de juego se generaron pseudocódigos a modo de guía para traducirlo al lenguaje de programación c#, en estos se observan el funcionamiento del sistema:

- Menú Navegación
  - Capturar información de la mano derecha.
  - Asignar puntero a la posición de la mano.
  - En cuanto colisione con un botón valla a otra parte del menú.
- Interacción juego hombro
  - Capturar información de los hombros, codos y muñecas.
  - Para generar integración, la posición Y de los codos debe ser

- similar a la posición Y de los hombros.
  - Se verifica cuando la posición Y de las muñecas supere la posición Y de los hombros.
  - Se genera movimiento del avatar, rotaciones.
  - Se asigna puntos al realizar correctamente el movimiento.
- Interacción juego codo
  - Capturar información de los hombros, codos y muñecas.
  - Para generar interacción, la posición X de los codos debe ser similar a la posición X de los hombros.
  - Se verifica cuando la posición Y de las muñecas es menor a la posición Y de los codos.
  -
- Se aplica una fuerza sobre el avatar, se rota la cámara.
- Sistema de puntos
  - Si colisiona el avatar con unas monedas.
  - Sumar puntaje.
  - Sumar energía.
  - Mostrar puntaje en pantalla.
  - Ocultar monedas.
- Sistema de obstáculos
  - Si colisiona el avatar con un obstáculo.
  - Restar puntaje.
  - Restar energía.
  - Ocultar obstáculo.
- Barra de energía
  - Mostrar barra en pantalla.
  - Reducir energía cuando el avatar choque con obstáculo
  - Aumentar energía cuando choque con monedas.

A continuación se muestra el diagrama de flujo de la aplicación:

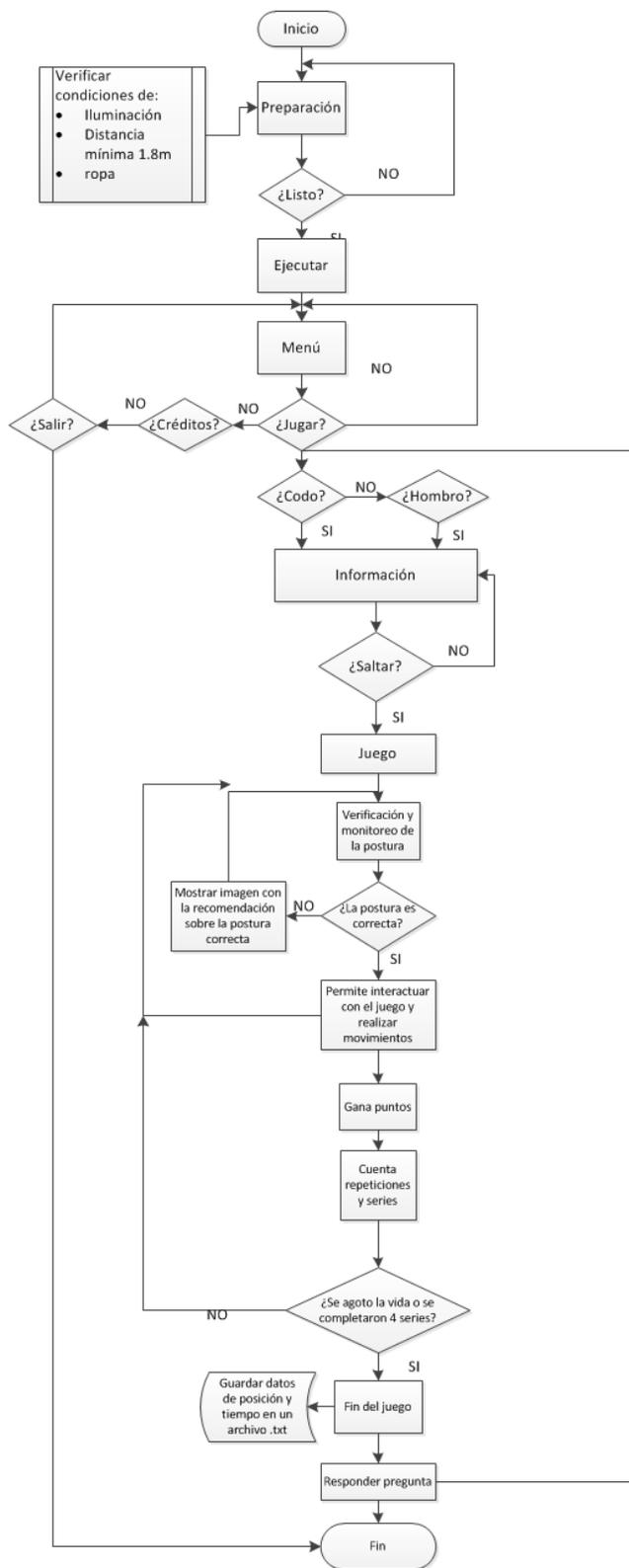


Figura 10: Diagrama de flujo del sistema

#### **4.7. EXPERIENCIA DE USUARIO**

La experiencia de usuario incluye tres características principales [58]

- El usuario está implicado
- El usuario esta interactuando con el producto, sistema o con interfaces
- La experiencia del usuario es interesante, observable o medible

Se debe tener claro la diferencia entre la usabilidad y la experiencia de usuario ya que comúnmente suelen confundirse, la primera se refiere a la habilidad del usuario para llevar a cabo una determinada tarea exitosamente sin llegar a confusiones dentro del uso de la aplicación, mientras la segunda se refiere a las percepciones, sentimientos resultantes de la interacción. Para la medición de la experiencia de usuario se tienen en cuenta aspectos como: tareas completadas, satisfacción del usuario y errores.

En cuanto a interacción entre el usuario y el producto se mide: efectividad (ser capaz de completar una tarea), eficiencia (cantidad de esfuerzo requerida para completar una tarea) y satisfacción (grado de felicidad del usuario mientras llevaba a cabo una tarea).

Una adecuada medición de la experiencia de usuario nos permite dar respuesta a los siguientes interrogantes: ¿El usuario recomendará el producto? ¿El nuevo producto es más eficiente que el producto actual? ¿Cómo se comprará la experiencia de usuario del producto con la competencia? ¿El usuario se siente bien con el producto y consigo mismo luego de usar el producto? ¿Cuáles son los problemas más grandes de usabilidad de este producto?

## CAPÍTULO 5: RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos, basados en las búsquedas e información proveída por el personal del hospital militar Marco Teórico sección 2.1 y 2.2, se formularon las mecánicas de juego basado en la arquitectura del sistema Figura 16. Se mejoró el aspecto gráfico y visual con respecto a la primera versión sección 4.6, así como los sistemas de realimentación.

### 5.1. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

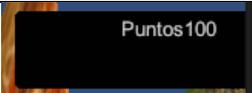
En esta sección se presenta los resultados obtenidos en el primer prototipo, basados en las búsquedas e información proveída por el personal del hospital militar Marco Teórico sección 2.1 y 2.2, se formularon las mecánicas de juego basado en la arquitectura del sistema Figura 8.

#### 5.1.1. JUEGO DE HOMBRO

En esta versión el equipo de trabajo se enfocó en generar las mecánicas de juego, el modo de interacción del usuario y las restricciones que estas traerán, además de plantear los principios de la realimentación. Se tenía un escenario básico imitando un río rodeado de montañas, satisfaciendo así lo manifestado por los encuestados (Apéndice 2) además de los elementos representados por formas básicas Tabla 6. Este escenario es ideal ya que las personas disfrutan estar al aire libre además el agua transmite tranquilidad al usuario, se eligió la actividad de navegación en bote con remos, ya que su ejecución normal es ideal para la formulación de mecánicas de juego e interacción.

Tabla 6: elementos juego hombro versión 1

ELEMENTO	FIGURA
<u>Personaje Principal</u> : se representa con un modelo básico humano, sobre un bote con dos remos. El usuario asume el rol y control de este avatar, lo va a controlar a través de sus movimientos.	
<u>Paquetes de puntos</u> : está representado por capsulas rojas que flotan sobre el agua. El usuario puede recolectarlas para ganar puntaje y aumentar su nivel de energía.	

<p><u>Obstáculos:</u> está representado por esferas grises las cuales flotan sobre el agua. El usuario deberá evitarlos ya que si llega a chocar con ellos supondrá una penalización en el puntaje, además de reducir el nivel de energía.</p>	
<p><u>Barra de energía:</u> está representada por una barra roja ubicada en la parte superior izquierda, la cual se modifica de acuerdo a la recolección de monedas o la colisión con obstáculos.</p>	
<p><u>Puntaje:</u> texto ubicado en la parte superior derecha que indica el puntaje adquirido por el usuario.</p>	

### 5.1.1.1. INTERACCIÓN JUEGO HOMBRO

La información de interactividad se basa en aquella provista por el sensor Microsoft *Kinect*, el cual proporciona un esqueleto virtual del cual se extrajo la información de las articulaciones que se necesitaban los cuales se muestran en la figura 11.



Figura 11: Articulaciones Utilizadas

Basándose en las recomendaciones del personal de medicina y en la búsqueda sobre el hombro, sus rangos de movimiento y el ejercicio óptimo para su ejercitación, se establecieron ciertas condiciones dentro del aplicativo para su funcionamiento e interacción.

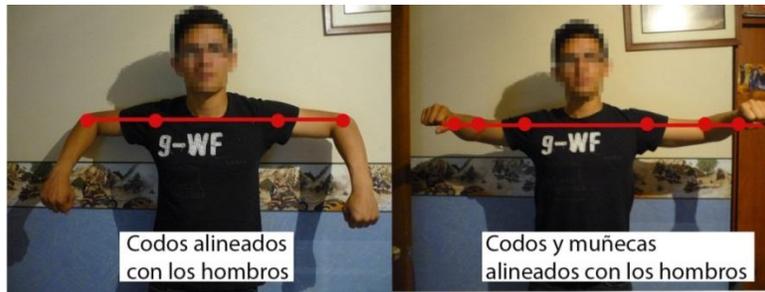


Figura 12: Restricción de posición ejercicio Hombro

Como se observa en la Figura 12 es necesario que el usuario adopte la posición adecuada, en primer lugar el usuario debe mantener una posición de abducción de hombro, con los codos a nivel de hombro, y para permitir la interacción con el personaje se debe superar con la muñeca el nivel del hombro sin abandonar la posición anterior. Si se realiza correctamente el movimiento habrá una respuesta por parte del avatar que se muestra en la Figura 13.



Figura 13: Interacción según el gesto Hombro

### 5.1.1.2. REALIMENTACION JUEGO HOMBRO

Dentro de la aplicación se tienen diferentes formas de realimentación esto con el fin de brindar una mayor inmersión al usuario. Como realimentación visual se tiene cada uno de los elementos que reaccionan ante los movimientos del usuario, por ejemplo en la figura 13 se muestra como interactúa el avatar según el gesto que realice el usuario, además se tiene la barra de vida y el puntaje (Tabla 6). Como realimentación sonora el aplicativo reproduce un sonido distintivo cuando el usuario recolecta las monedas y otro cuando choca con un obstáculo.

### 5.1.2. JUEGO DE CODO

En esta versión el equipo de trabajo se enfocó en generar las mecánicas de juego, el modo de interacción del usuario y las restricciones que estas traerán, además de plantear los principios de la realimentación. El escenario se desarrolló imitando un escenario real el cual es un monte nevado, satisfaciendo así lo manifestado por los encuestados (Apéndice 2). Este escenario es ideal ya que las personas no tienen acceso al ambiente nevado ni al deporte que se practica en él, el *ski* es un deporte que en nuestro país no puede practicarse con facilidad, además su ejecución normal es ideal para la formulación de mecánicas de juego e interacción.

#### 5.1.2.1. INTERACCIÓN JUEGO CODO

Actualmente cuenta con un terreno, y la interacción por medio de Microsoft *kinect*, la información capturada y utilizada se mostró anteriormente en la Figura 11.



Figura 14: Restricción de posición ejercicio Codo

Como se observa en la Figura 14 es necesario que el usuario adopte la posición adecuada, tratando de alinear los codos con el hombro, y para permitir la interacción con el juego se debe extender totalmente el brazo. Si se realiza correctamente el movimiento habrá una respuesta por parte del avatar que se muestra en la Figura 15.



Figura 15: Interacción según el gesto Codo

## 5.2. JUEGO PARA EL HOMBRO

A continuación se muestra la segunda versión del juego para hombro, con respecto a su versión anterior se lograron grandes avances y notables cambios.

### 5.2.1. ELEMENTOS DEL JUEGO

Se mejoró notablemente el escenario del juego encontrando en él un ambiente más amigable y atractivo satisfaciendo así lo manifestado por los encuestados (Anexo 2). Los elementos del juego fueron mejorados con respecto a los de la Tabla 6 y su nueva apariencia se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7: Nueva apariencia elementos de juego hombro**

ELEMENTO	COLOR	FIGURA
<u>Personaje Principal:</u> se diseñó un personaje el cual fue modelado, texturizado y animado, sobre un bote con un remo. El usuario asume el rol y control de este avatar, lo va a controlar a través de sus movimientos.	El bote se realizó en dos colores el rojo y el amarillo para que se distinguiera del agua que es azul, en cuanto al traje, negro con una línea de color en los costados, remo se realizó del color más común, rojo con metal.	
<u>Paquetes de puntos:</u> consiste en una pila con un rayo en su interior para representar energía, flotan sobre el agua. El usuario puede recolectarlas para ganar puntaje y aumentar su nivel de energía	La combinación de colores para este objeto se escogió para representar calma y alegría mediante el color rojo, también se quiso transmitir al usuario paz, tranquilidad, quietud mediante el uso del color azul, en el centro utilizamos un rayo en color amarillo brillante para hacer resaltar el objeto y representar energía.	
<u>Obstáculos:</u> rocas de diversas formas y tamaños. El usuario deberá evitarlos ya que si llega a chocar con ellos supondrá una penalización en el puntaje, además de reducir el nivel de energía.	Para este objeto se usó colores que representan una roca verdadera.	
<u>Barra de energía:</u> está representada por una barra roja ubicada en la parte superior izquierda, la cual se modifica de acuerdo a la recolección de paquetes de puntos o la colisión con obstáculos.	Para este objeto se usó el color rojo para representar la vida del jugador, ya que en la mayoría de juegos se utiliza de esta forma, causando que las personas de forma intuitiva lo asocien con la salud del personaje	
<u>Puntaje:</u> texto ubicado en la parte superior derecha que indica el puntaje adquirido por el usuario.	Para este objeto se usó el color rojo, para hacerlo visible, ya que al realizar pruebas con otros colores no se podía distinguir de forma correcta el puntaje.	

### 5.2.2. INTERACCIÓN JUEGO HOMBRO

La interacción fue modificada un poco debido a que en las pruebas a las personas les parecía poco intuitivo el movimiento, como resultado se tiene lo mostrado en la Figura 16 y Figura 17, con respecto a las articulaciones capturadas y utilizadas se mantiene lo mostrado en la figura 11.



Figura 16: Movimiento para interactuar con el juego



Figura 17: Interacción con el juego según el movimiento.

### 5.3. JUEGO PARA EL CODO

A continuación se muestra la segunda versión del juego para hombro, con respecto a su versión anterior se lograron grandes avances y notables cambios.

#### 5.3.1. ELEMENTOS DEL JUEGO

Para el juego del codo se diseñó y desarrollo modelos tridimensionales para la representación de los elementos del juego, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Elementos del juego de codo

ELEMENTO	COLOR	FIGURA
<u>Personaje Principal:</u> se diseñó un personaje el cual fue modelado, texturizado y animado, sobre un bote con un remo. El usuario asume el rol y control de este avatar, lo va a controlar a través de sus movimientos.	Se pusieron las gafas para dar una sensación de realismo al juego, se escogió un diseño de gafas que se usa para ski en la vida real	
<u>Fuego:</u> consiste en una esfera con una llama en su interior, flotan sobre el agua. El usuario puede recolectarlas aumentar si nivel de calor.	Utilizamos una combinación de colores amarillos y rojos para representar calor mediante una llama de fuego.	
<u>Banderas:</u> indican el camino, al pasar junto a ellas se gana puntos.	Se utilizó el color para que resaltara en el escenario.	
<u>Barra de calor:</u> está representada por una barra roja ubicada en la parte superior izquierda, la cual se modifica de acuerdo a la recolección de paquetes	Para este objeto se usó el color rojo para representar el calor del jugador, ya que en la mayoría de juegos se utiliza de esta forma, causando que las personas de	

de puntos o la colisión con obstáculos.	forma intuitiva lo asocien con la salud del personaje	
<b>Puntaje:</b> texto ubicado en la parte superior derecha que indica el puntaje adquirido por el usuario.	Para este objeto se usó el color rojo, para hacerlo visible, ya que al realizar pruebas con otros colores no se podía distinguir de forma correcta el puntaje.	

### 5.3.2. INTERACCIÓN JUEGO CODO

Se mantuvo la interacción propuesta en la Figura 14 y Figura 15.

### 5.4. REALIMENTACIÓN

En el desarrollo de este videojuego se implementaron sistemas de realimentación, esto con el fin de capturar la atención del usuario y hacer entretenido el uso del juego.

En cuanto a realimentación visual se tiene el sistema de puntos, la vida del jugador. Se implementó un módulo de información que muestra datos importantes en forma de texto, imagen y video. Dentro del juego el usuario vera en todo momento si está realizando de forma correcta, esto través de unos cuadros ubicados a los lados de la pantalla si el usuario tiene una buena postura el cuadro será verde, de lo contrario este será rojo Figura 18.

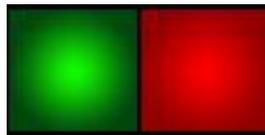


Figura 18: cuadros que indican buena o mala postura

Si el usuario esta en mala postura por 5 segundos se mostrara una imagen mostrando la postura correcta, esta desaparecerá en cuanto el usuario asuma una buena postura Figura 19.



Figura 19: Posición correcta de codo y hombro

En cuanto complete el número de repeticiones propuestas se mostrara la forma de realizar el estiramiento Figura 20.



Figura 20: Estiramiento hombro y codo

El juego cuenta con un graficador en tiempo real que muestra el movimiento realizado en el ejercicio para cada brazo (Figura 21 izquierda) en termino de posición en Y vs Tiempo. Además el juego guarda los datos del movimiento en un archivo txt que posteriormente puede ser graficado en Excel (figura 21 derecha). En la sección de examen en cuanto el usuario selecciona una respuesta aparece un texto que informa si fue correcta o incorrecta su elección.

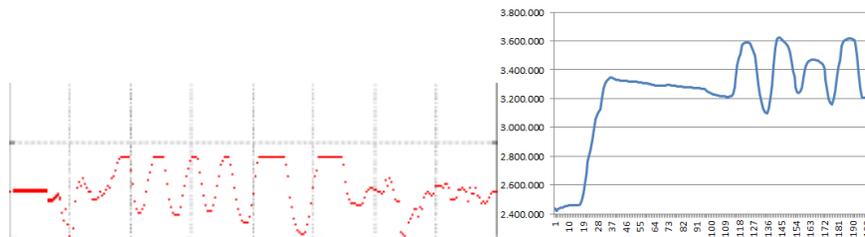


Figura 21: graficador

En cuanto a la realimentación sonora cada vez que el usuario realiza correctamente un movimiento se reproduce un sonido, en cuanto interactúa con los diferentes objetos del mundo virtual se reproduce un sonido único para cada uno de estos.

## 5.5. NAVEGACION DE MENUS

“Entendemos por Interfaces Naturales aquellos sistemas que nos permiten interactuar con los dispositivos tecnológicos de una forma más natural. Hoy en día se distinguen principalmente dos tipos de interfaces naturales: el control por voz y el control gestual, en los que el usuario no entra en contacto directo con ningún tipo de dispositivo físico para hacer uso de las aplicaciones” [59].

Para la implementación de los menús se decidió optar por el control gestual, y de ese modo realizar toda la interacción mediante el uso del sensor *Microsoft Kinect*

utilizando la mano derecha y en algunos casos ambas manos, para hacer el menú intuitivo, dinámico y sencillo como se muestra en la Figura 22.



Figura 22: Navegación por medio de gestos de la mano

## 5.6. ELEMENTOS DE JUEGOS SERIOS Y MONITOREO DE USUARIO

Teniendo en cuenta que mediante este juego serio se busca enseñar a las personas la importancia, cuidados y formas de mantener sano el hombro y codo, se desarrollaron e implementaron los siguientes elementos:

- Se diseñó el contenido del módulo de información el cual está compuesto por información resumida en forma de texto, imágenes de apoyo y video, el cual exhibe conocimiento sobre anatomía del hombro y codo, importancia del hombro y codo, cuidados del hombro y codo, explicación de los elementos del juego y explicación de la ejecución del ejercicio dentro del juego, como se muestra en la Figura 23.

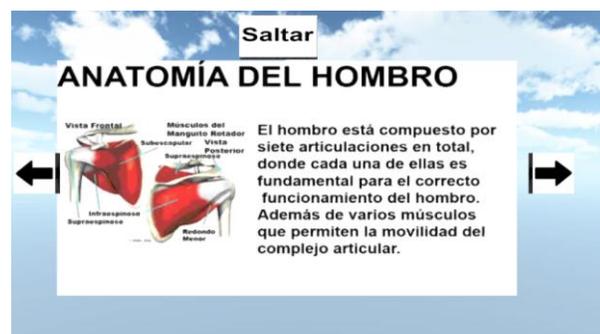


Figura 23: Módulo de información

- Si el usuario está en mala postura por 5 segundos se mostrará una imagen mostrando la postura correcta, esta desaparecerá en cuanto el usuario asuma una buena postura Figura 19.

- Se implementó un módulo de examen basado en la información dada para así evaluar el aprendizaje por parte del usuario Figura 24. Ya que la evaluación es un factor importante en el proceso del aprendizaje.

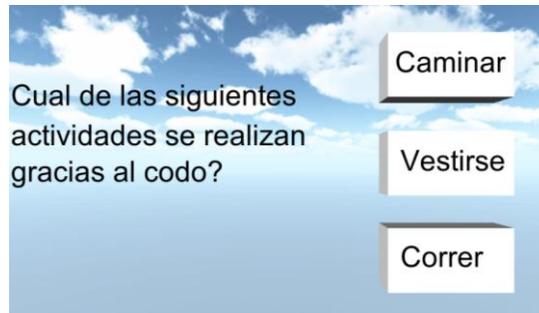


Figura 24: Módulo de Examen

- Se tiene un sistema graficador para que el usuario pueda ver en todo momento si su ejecución del ejercicio es correcta o no, y corregirla.
- La interfaz de juego se muestra a continuación en la Figura 25 y Figura 26, integra los elementos audiovisuales, de gamificación y de juego serio:



Figura 25: Interfaz gráfica juego hombro

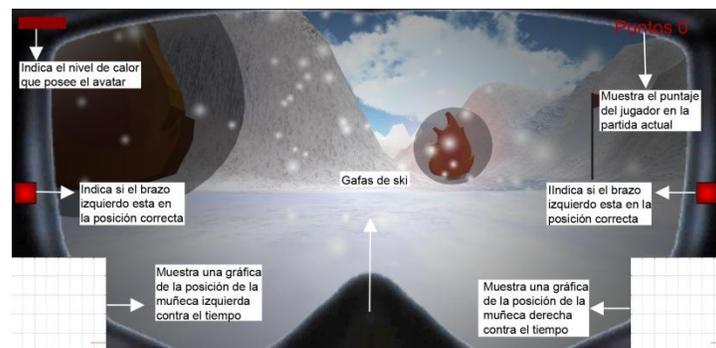


Figura 26: Interfaz gráfica juego codo

## 5.8. VALIDACION DEL PROTOTIPO MEDIANTE ENCUESTA

Se realizó una encuesta a personas con condiciones físicas normales en un rango de edad entre 19 y 35 años, en primer lugar se realizó unas preguntas para medir el nivel de conocimiento previo sobre el miembro superior, para después probar el aplicativo y aportaban mediante otra serie de preguntas su opinión acerca del aplicativo en aspectos de diseño, interacción, realimentación entre otros.

### ¿Conoce la importancia de mantener en buen estado de salud el hombro y el codo?

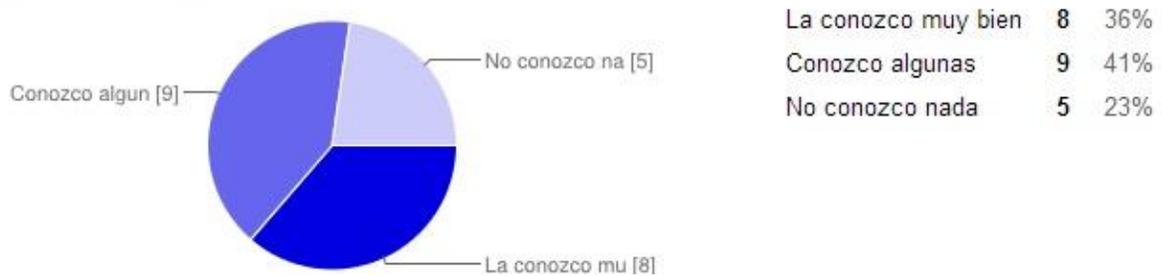


Figura 27: Encuesta de validación pregunta #1

Como se puede evidenciar en la Figura 27 más de la mitad de personas no poseen o no tienen un conocimiento conciso y preciso de la importancia que tiene el miembro superior en la vida diaria por lo que es acertado y preciso educar a las personas para que conozcan más acerca de los cuidados y la importancia que tiene.

### ¿Cuál de las siguientes actividades que realiza a través del hombro y codo considera importantes?



Figura 28: Encuesta de validación pregunta #2

Como se puede observar en la Figura 28 las personas son conscientes de la importancia del miembro superior en su vida cotidiana.

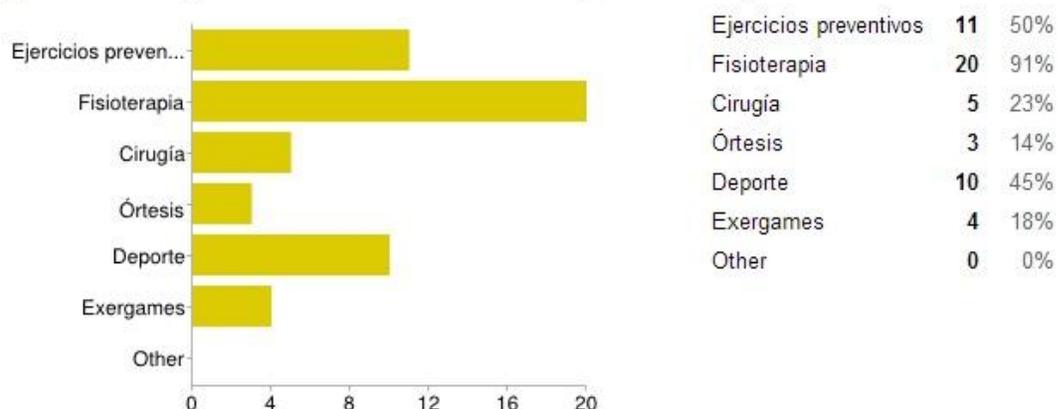
**Considera que los desórdenes musculoesqueletales del hombro y codo son:**



**Figura 29: Encuesta de validación pregunta #3**

En esta pregunta se puede observar que la gran mayoría de encuestados consideran los desórdenes musculoesqueletales del miembro superior como un problema existente del cual pueden padecer. La gran mayoría los consideran comunes o frecuentes y otra gran parte los consideran ocasionales, es decir que no están exentos de sufrir un padecimiento de este tipo, probando así que existen un buen número de usuarios que se beneficiarían con el uso del aplicativo, ver Figura 29.

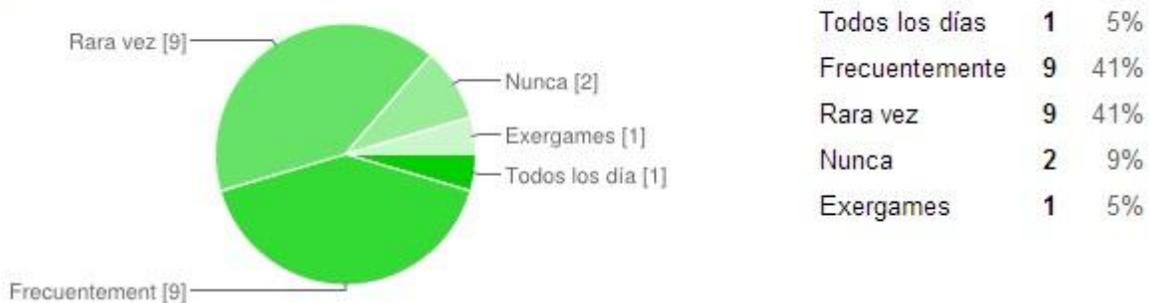
**¿Cuál de los siguientes medios cree se utilizan para atender personas con afecciones de hombro y codo?**



**Figura 30: Encuesta de validación pregunta #4**

En esta pregunta se puede evidenciar que la mayoría de encuestados considera que los desórdenes o afecciones de miembro superior se pueden tratar con ejercicios preventivos, fisioterapia, deportes y *exergames* demostrando así que el aplicativo es una buena alternativa para tratar estas afecciones, ver Figura 30.

**¿Realiza ejercicios para mantener en forma sus hombros y codos?**

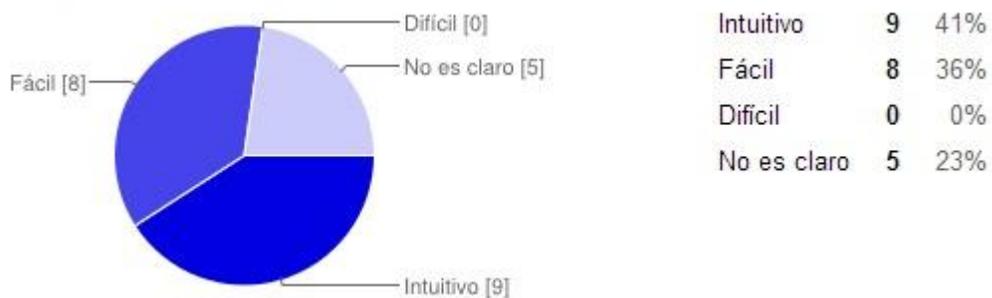


**Figura 31 :Encuesta de validación pregunta #5**

Esta pregunta se hizo con el fin de conocer los hábitos de los encuestados para determinar si las personas realizan ejercicios preventivos dándole importancia al cuidado del miembro superior, en general los encuestados respondieron que lo hacían frecuentemente o muy rara vez, evidenciando un claro problema al no darle la importancia necesaria al miembro superior, demostrando una vez más el beneficio que traería el aplicativo, ver Figura 31.

Las siguientes preguntas se realizaron una vez los encuestados terminaron de utilizar el aplicativo con el fin de conocer sus opiniones acerca del mismo.

**Considera que el uso del juego es:**

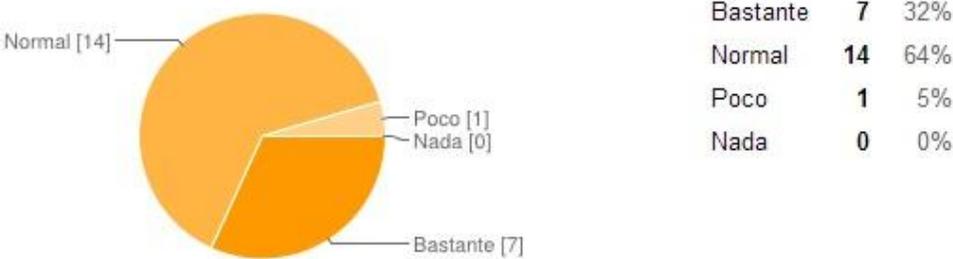


**Figura 32: Encuesta de validación pregunta #6**

La siguiente pregunta se realizó con el fin de conocer la percepción general de los usuarios acerca del uso del aplicativo, como se puede evidenciar en la Figura 32 la gran mayoría encontró que el uso del aplicativo fue fácil o intuitivo mostrando así la

aprobación por parte de los usuarios en cuanto al uso, pero también se puede evidenciar que una parte de los encuestados (el 23%) no encontró claro el uso de este.

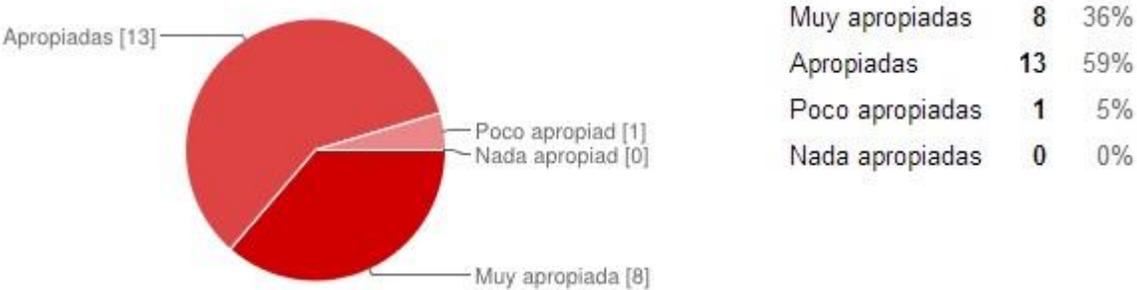
**¿Considera que la información sobre cuidados y anatomía son adecuadas y suficientes?**



**Figura 33: Encuesta de validación pregunta #7**

Como se ve en los resultados de la siguiente pregunta se puede decir que prácticamente todos los encuestados encontraron la información suministrada durante el aplicativo como suficiente o adecuada, ver Figura 33.

**En caso de haber obtenido recomendaciones durante el juego, las considera:**



**Figura 34: Encuesta de validación pregunta #8**

Al observar los resultados mostrados en la Figura 34 se puede confirmar 95% de los encuestados encontraron las recomendaciones dadas durante el aplicativo como apropiadas o muy apropiadas.

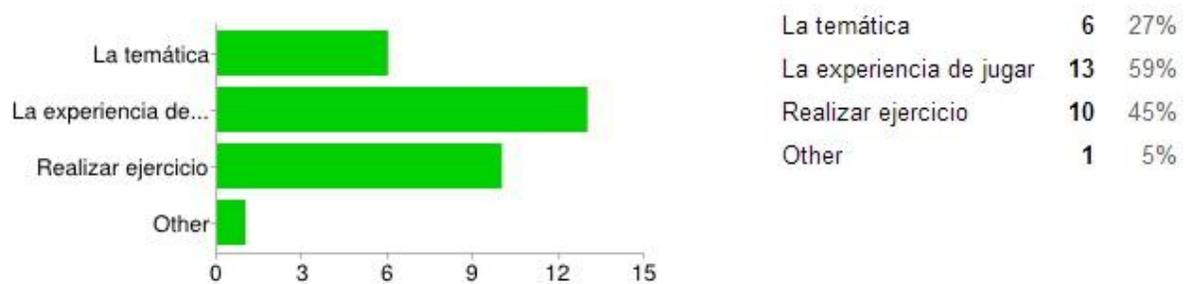
**Por favor indique la meta que identifica en el juego**



**Figura 35: Encuesta de validación pregunta #9**

Como se puede observar en la figura 35, el 68% de los usuarios identificaron como meta del aplicativo ejercitarse mientras que el 55% manifestó que era aprender sobre los cuidados de hombro y codo, demostrando así que los componentes de juego serio y gamificación fueron diseñados e implementados adecuadamente.

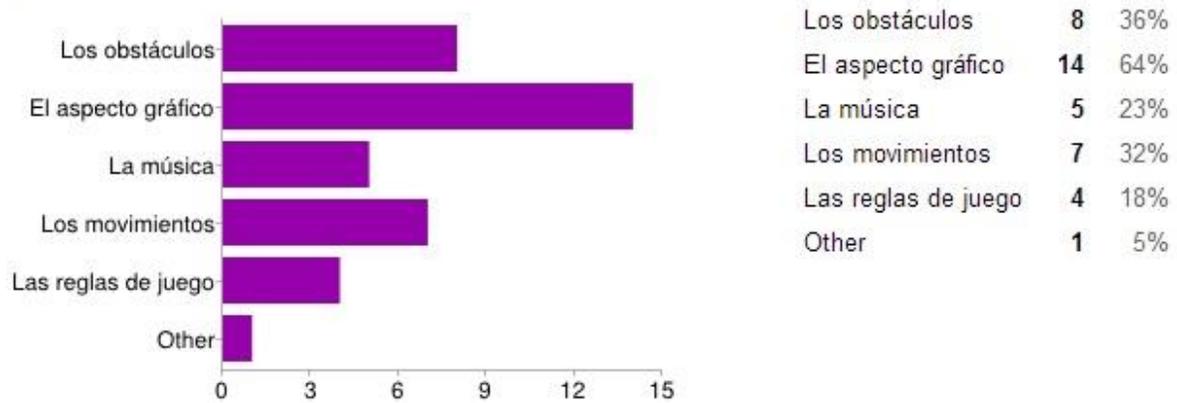
**¿Qué factor lo motivó a jugar?**



**Figura 36: Encuesta de validación pregunta #10**

En la Figura 36 se puede observar que los usuarios tuvieron diferentes motivaciones para utilizar el aplicativo, la más influyente fue la experiencia de juego, seguida por la posibilidad de realizar ejercicio, lo cual evidencia las ventajas de utilizar estrategias gamificadas en nuestro aplicativo.

**¿Qué factor le divirtió del juego?**



**Figura 37: Encuesta de validación pregunta #11**

De la Figura 37 se puede concluir que al recrear un medio ambiente realista los usuarios se divierten motivándolos a utilizar el aplicativo y por ende a cumplir con la meta del mismo.

**¿Qué factor no disfrutó del juego?**



**Figura 38: Encuesta de validación pregunta #12**

La siguiente pregunta se formuló con el fin de conocer que aspectos eran los más deficientes del aplicativo para poder evidenciar que obstaculizo una experiencia de juego optima, al observar la Figura 38 se puede evidenciar que un claro problema del aplicativo fue el menú, a una parte importante de los encuestados les disgusto este aspecto, también se pudo observar que la captura de movimiento presento grandes fallas al momento de realizar las pruebas, por lo que se concluyó que se debe realizar en un ambiente controlado y en lo posible con las condiciones de espacio e iluminación apropiados para este dispositivo.

### Usaría nuevamente el juego?



Figura 39: Encuesta de validación pregunta #13

Con esta pregunta se buscó conocer si los usuarios tuvieron una buena experiencia con el aplicativo, y si estarían dispuestos a utilizarlo de nuevo, como se puede ver en la Figura 39 los resultados fueron positivos, prácticamente la totalidad de los usuarios estarían dispuestos a utilizar el aplicativo de nuevo, demostrando que el aplicativo tuvo una aceptación positiva por parte de los mismos.

### De estar interesado en continuar usando un juego similar en qué ambiente lo utilizaría:

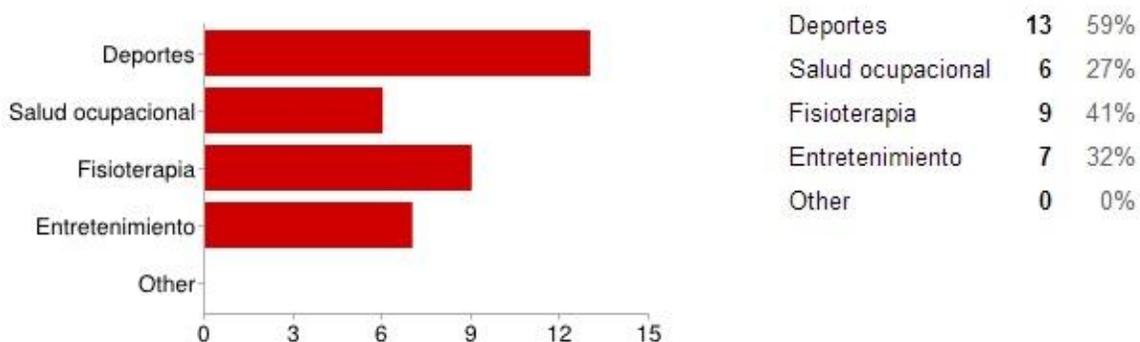


Figura 40: Encuesta de validación pregunta #14

Como se puede evidenciar en los resultados de la Figura 40 los encuestados mostraron gran aceptación al aplicativo, mostrando interés en utilizarlo en otros ámbitos o con diferentes temáticas como son deportes, fisioterapia, salud ocupacional y entretenimiento.

**Luego de usar la aplicación presentó alguno de los siguientes síntomas?**

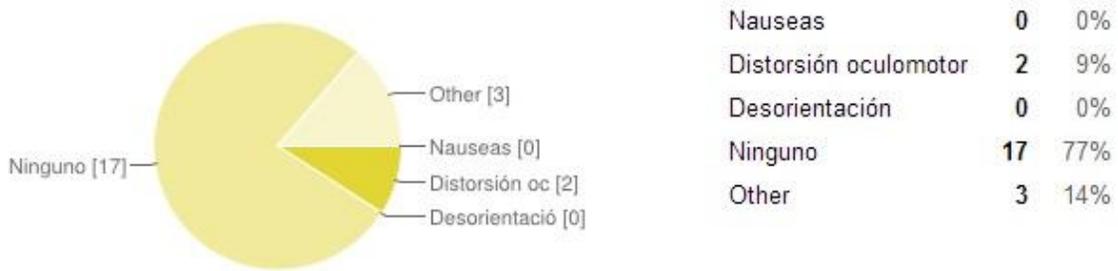


Figura 41: Encuesta de validación pregunta #15

Por último se realizó una pregunta para conocer el estado final de los usuarios, y determinar si el ejercicio propuesto dentro del aplicativo podría tener repercusiones de tipo físico, como se puede observar en la Figura 41 la gran mayoría de usuarios no presentó ninguna repercusión demostrando que el aplicativo no representa ninguna amenaza para personas en condiciones físicas normales, que se encuentren en el rango de edad de los encuestados, el problema que se presentó puede ser debido al agotamiento ocular provocado por el uso de pantallas.

**¿Contesto de forma correcta el examen realizado dentro del aplicativo?**

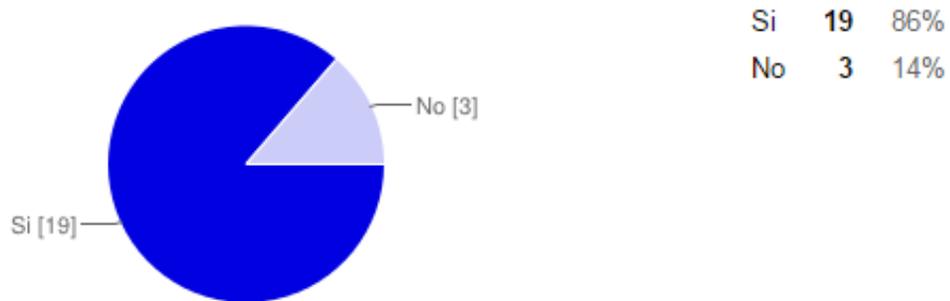


Figura 42: Encuesta de validación pregunta #16

Como se puede evidenciar en la Figura 42 la gran mayoría de encuestados (86%) contestaron de forma correcta la pregunta que se realizó en el aplicativo demostrando que los elementos de juego serio implementados en el aplicativo tuvieron resultados positivos en los usuarios. Sin embargo se realizó la pregunta de la Figura 43 se realizó con el fin de conocer si la información suministrada dentro del aplicativo fue adquirida por los usuarios, ya que pudo haber fallado específicamente en la adquisición del conocimiento preguntado, y haber adquirido otros, por ello se formuló

la pregunta que se puede observar en la Figura 44, la información que mas recuerdan los usuarios son la importancia y los ejercicios de miembro superior( 73%) seguido por los cuidados (68%) y finalmente la anatomía (55%).

**¿Al finalizar el uso del aplicativo sintió que adquirió algún conocimiento acerca del hombro o codo?**

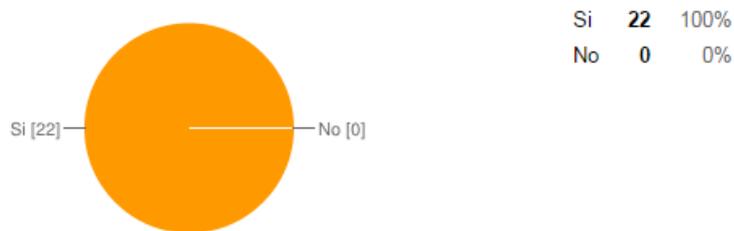


Figura 43: Encuesta de validación pregunta #17

**¿Que información recuerda sobre hombro o codo?**

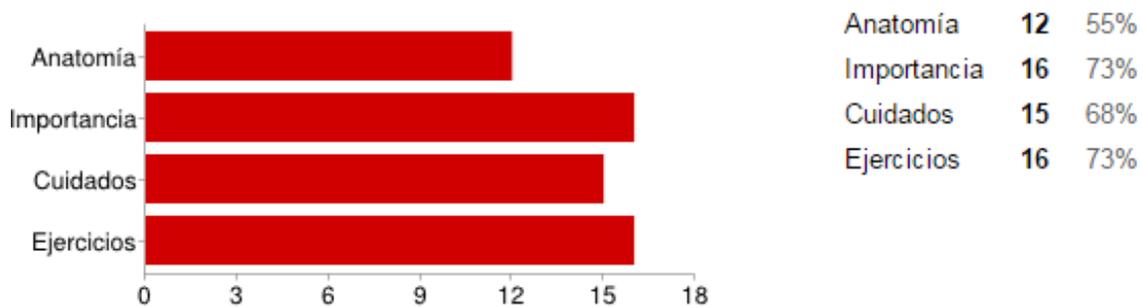


Figura 44: Encuesta de validación pregunta #15

A continuación se muestran fotografías de las personas usando el aplicativo en las sesiones de prueba:



Figura 45: Fotografías de las sesiones de prueba del aplicativo

## **5.10. VIDEO**

Se desarrolló un video para poder visualizar el funcionamiento de la aplicación. Este puede ser apreciado en el apéndice 7.

## **5.10. MANUAL DE USUARIO**

Se desarrolló un manual de usuario para facilitar el uso de la aplicación paso a paso los procedimientos para usar la aplicación. Este puede ser apreciado en el apéndice 8.

## CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Se desarrolló un prototipo de video juego serio como complemento a guías y rutinas de ejercicio para la ejercitación de miembro superior – hombro y codo a través de un sistema que permite el monitoreo y cuantificación de la experiencia.

Se analizó y caracterizó el miembro superior identificando así los rangos de movilidad, actividad física e información de entrada y salida del sistema.

Se generaron los requerimientos del sistema, mecánicas de juego con base en los elementos formales, dinámicos y dramáticos para generar la arquitectura del sistema.

Se prototipo el aplicativo con las mecánicas, casos de uso e integrar los elementos de diseño audio-visual para su integración con las mecánicas de juego

El juego fue ampliamente aceptado tanto por expertos en el área de la salud como profesionales en ciencias del deporte, fisioterapia, cultura física y deporte, además por personas de diferentes profesiones, evidenciando así el enorme campo de trabajo que se tiene por delante.

La RV y el sistema de juego representan una opción novedosa para realizar actividad física ya que proveen entretenimiento y diversión a la vez que propicia el aprendizaje por parte del usuario. El aprendizaje en los usuarios se comprobó mediante unas preguntas relacionadas con la información que se presentó en el juego y el 77% de los encuestados respondió correctamente evidenciando así el potencial del aprendizaje a través de los videojuegos.

En cuanto a las pruebas con profesionales en el área de la salud, fue una gran sorpresa que se determinó que se está aplicando ejercicios isométricos en el área de hombro y que estos son de gran beneficio para la salud se vio el gran interés que tienen por cuantificar ciertas variables, Su opinión en cuanto a las gráficas en tiempo real y los datos guardados fue positiva, ya que a partir de estos podrían generar un análisis. Y les gustaría seguirlo aplicando en campos como fisioterapia, salud ocupacional, entrenamiento deportivo y rehabilitación.

Según las pruebas realizadas a los usuarios les llama mucho la atención el aspecto visual de los juegos, el sistema de recompensa-obstáculos, los sonidos y las reglas del juego. Por otra parte algo que no se disfrutó mucho fue a captura de movimiento ya que el sensor Microsoft *kinect* presenta algunos problemas bajo ciertas circunstancias de iluminación y espacio.

En cuanto al ejercicio de hombro inicialmente se implementó el recomendado por el personal médico, pero durante las pruebas realizadas se observó que este movimiento era muy incómodo para los usuarios y por ello no podían realizar el ejercicio correctamente, por ello bajo la recomendación del personal de salud ocupacional se podría implementar una variante del ejercicio.

Se demuestra el gran potencial de esta temática al trasladar las mecánicas de juego hacia el miembro superior lo cual sería un trabajo de investigación a futuro.

Finalmente el 95% de las personas que usaron el juego en algún momento lo volverían a usar, demostrando así que el juego logró captar la atención de los usuarios.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Carime Rodas, A., Navarro Navarro, R., Ruiz Caballero, J. A., Jiménez Díaz, J. F., & Brito Ojeda, M. E. (2002). Algunas consideraciones acerca de las epicondilitis en el ámbito laboral.
2. Cruz, F., Almazán, A., Pérez, F., Sierra, L., Villalobos, E., Ugalde, H. G., & Ibarra, C. (2009). Lesiones en el hombro ocurridas durante la práctica de deportes. *Ene*.
3. Camargo, D., (2010). Guía de atención de síndrome de manguito rotador.
4. Wilson, K., Fornasier, S., & White, K. M. (2010). Psychological predictors of young adults' use of social networking sites. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 13(2), 173-177.
5. Muñoz, A., Endorfinas. Cuáles son sus efectos y como aumentarlas. Recuperado de: [http://motivacion.about.com/od/Cuerpo\\_mente/a/Endorfinas-Cuales-Son-Sus-Efectos-Y-Como-Aumentarlas.htm](http://motivacion.about.com/od/Cuerpo_mente/a/Endorfinas-Cuales-Son-Sus-Efectos-Y-Como-Aumentarlas.htm)
6. Shakespeare, T., & Officer, A. (2011). World report on disability. *Disability and rehabilitation*, 33(17-18), 1491.
7. Varela, M. T., Duarte, C., Salazar, I. C., Lema, L. F., & Tamayo, J. A. (2011). Actividad física y sedentarismo en jóvenes universitarios de Colombia: prácticas, motivos y recursos para realizarlas.
8. Ramírez, A., Alzate, R., & Lázaro, I. (2010). Efectos psicológicos de la lesión deportiva. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 9.
9. Miró, J., Nieto, R., & Huguet, A. (2007). Realidad virtual y manejo del dolor. *Cuadernos de Medicina Psicosomática*, 82, 52-64.
10. Teletón, Realidad virtual y sus beneficios, 2012, url = {<http://teleton.cl/wp-content/uploads/2012/01/revista-rehabilitacion-junio-10.pdf#page=40>}
11. Gonzalez, J. (2014, marzo, 12). México, pionero en realidad virtual aplicada en medicina. Recuperado de: <http://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/salud-mental/articulos-relacionados/mexico-realidad-virtual-aplicada-medicina.html>
12. Microsoft, (2014). The kinect effect, how the world is using kinect. Recuperado de: <http://www.xbox.com/en-GB/Kinect/Kinect-Effect>
13. DANE, Discapacidad. Recuperado de: <https://www.google.com/url?q=https%3A%2F%2Fwww.dane.gov.co%2Findex.php%2Fpoblacion-y-demografia%2Fdiscapacidad&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNHCuwdjoXw7BBtsaa p5nh8zrJYUEA>

14. HombroDoloroso: Tendinitis por roce, Lesión crónica que no se cura sin tratamiento, url={<http://revista.consumer.es/web/es/20040201/salud/67853.php>}
15. Rehabilitación Virtual para Adultos Mayores, Diciembre,2013, url = {<http://gruposanyres.es/rehabilitacion-virtual-para-personas-mayores/>}
16. R. Llorénsa, C. Colomer-Fontb, M. Alcañiza, c, E. Noé-Sebastián, BioTrak virtual reality system, june
17. J. Miró, R Nieto, A HurguetMiguel A. Perez, Realidad virtual para que parapléjicos hagan rehabilitación desde casa, agosto, 2013, url = {<http://blogthinkbig.com/realidad-virtual-para-rehabilitacion/>}
18. J. Miró, R Nieto, A Hurguet, Realidad virtual y manejo del dolor, june, 2013, url =  
= {[http://www.researchgate.net/publication/28229388\\_Realidad\\_virtual\\_y\\_manejo\\_del\\_dolor/file/3deec5238800e512dd.pdf](http://www.researchgate.net/publication/28229388_Realidad_virtual_y_manejo_del_dolor/file/3deec5238800e512dd.pdf)}
19. Antonio Zamora, Los beneficios del ejercicio para la salud, 2014, url = {<http://www.scientificpsychic.com/fitness/ejercicio-fisico.html>}
20. Juan Domínguez, Ejercicios recomendados para tus pausas activas, Abril, 2013, url = {<https://www.sura.com/blogs/calidad-de-vida/ejercicios-recomendados-pausas.aspx>}
21. Francisco Pantoja García, ESTUDIOS Y ENSAYOS CRÍTICOS SOBRE LA CULTURA EN GUANAJUATO, url = {<http://www.eumed.net/libros-gratis/2008c/445/Por%20que%20la%20gente%20no%20hace%20deporte.htm>}
22. Subbarao, J. V., Klopstein, J., & Turpin, R. (1995). Prevalence and impact of wrist and shoulder pain in patients with spinal cord injury. *The journal of spinal cord medicine*, 18(1), 9-13.
23. Fenouillet, F., Kaplan, J., & Yennek, N. (2009, June). Serious games et motivation. In 4eme Conference francophone sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH'09), vol. Actes de l'Atelier" Jeux Serieux: conception et usages.
24. Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press.
25. Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade.
26. <https://unity3d.com/es>
27. Todo sobre el hombro (III): Lesión del manguito de los rotadores, Enero,2012, url = {<http://www.vitonica.com/fisioterapia/todo-sobre-el-hombro-iii-lesion-del-manguito-de-los-rotadores>}

28. Policlínica. M., Patologías del hombro, Tutraumatologo.com , Recuperado de: <http://tutraumatologo.com/shoulder.html>
29. Pitzer, E., Seidenber, P., Bader, D. Elbow Tendinopathy.
30. Alex V. WY, Anatomía del codo, Julio, 2012, url = {<http://www.slideshare.net/alexfederer18/anatomia-del-codo>}
31. Nadala Fernández, Realidad virtual, url = {<http://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/realitatvirtual.html>}
32. Universidad Militar Nueva Granada, Realidad virtual, url = {<http://www.umng.edu.co/web/guest/programas-academicos/facultad-ingenieria/crv>}
33. Ipad, url = {<https://www.apple.com/la/ipad/>}
34. Microsoft Kinect, url = {<http://www.xbox.com/es-CO/Kinect>}
35. leap motion, url = {<https://www.leapmotion.com/>}
36. Novint falcon, url = {<http://www.novint.com/index.php/novintfalcon>}
37. Oculus rift VR, url = {<http://www.oculusvr.com/>}
38. definición de juego, url = {<http://definicion.de/juego/>}
39. Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). Serious games: Games that educate, train, and inform. Muska & Lipman/Premier-Trade.
40. LUDUS, What is serious Gaming. Recuperado de: <http://www.ludus-project.eu/seriousgaming.html>
41. SGU, (2011, Diciembre, 8). What are serious games. Recuperado de: [http://www.seriousgameuniversity.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21:what-are-serious-games&catid=7:about-serious-games&Itemid=12](http://www.seriousgameuniversity.com/index.php?option=com_content&view=article&id=21:what-are-serious-games&catid=7:about-serious-games&Itemid=12)
42. Oh, Y., & Yang, S. (2010, October). Defining Exergames & Exergaming. In Meaningful Play 2010 Conference Proceedings (<http://meaningfulplay.msu.edu/proceedings2010/>).
43. Gatica Rojas, V., Elgueta Cancino, E., Vidal Silva, C., Cantin López, M., & Fuentealba Arcos, J. (2010). Impacto del entrenamiento del balance a través de realidad virtual en una población de adultos mayores. International Journal of Morphology, 28(1), 303-308.
44. Miró, J., Nieto, R., & Huguet, A. (2007). Realidad virtual y manejo del dolor. Cuadernos de Medicina Psicosomática, 82, 52-64.
45. Virtual Rehab, (2013). Recuperado de: <http://www.virtualrehab.info/es/>
46. Moreno, F., Ojeda, J., Ramirez, E., Mena, C., Rodriguez, O., Un framework para la rehabilitación física en miembros superiores con realidad virtual. Recuperado de: <http://lcg.ciens.ucv.ve/~esmitt/publications/2013/concisa13.pdf>

47. Nintendo. Wii Sports (<https://www.nintendo.es/juegos/Wii/Wii-Sports-283971.html>)
48. Oh, Y., & Yang, S. (2010, October). Defining Exergames & Exergaming. In Meaningful Play 2010 Conference Proceedings (<http://meaningfulplay.msu.edu/proceedings2010/>).
49. Xbox. Kinect Sports Rivals. (<http://www.xbox.com/es-ES/xbox-one/games/kinect-sports-rivals>).
50. Morelli, T., Foley, J., Columna, L., Lieberman, L., & Folmer, E. (2010, June). VI-Tennis: a vibrotactile/audio exergame for players who are visually impaired. In Proceedings of the Fifth International Conference on the Foundations of Digital Games (pp. 147-154). ACM.
51. Gao, Y., & Mandryk, R. L. (2011). GrabApple: the design of a casual exergame. In Entertainment Computing-ICEC 2011 (pp. 35-46). Springer Berlin Heidelberg.
52. Etxeberria, F. (2001). Videojuegos y educación.
53. Salguero, R. T. (2009). Efectos psicosociales de los videojuegos. Comunicación: revista Internacional de Comunicación Audiovisual, Publicidad y Estudios Culturales, (7), 235-250.
54. Squire, K. (2011). Video Games and Learning: Teaching and Participatory Culture in the Digital Age. Technology, Education--Connections (the TEC Series). Teachers College Press. 1234 Amsterdam Avenue, New York, NY 10027.
55. Salguero, R. T. (2009). Efectos psicosociales de los videojuegos. Comunicación: revista Internacional de Comunicación Audiovisual, Publicidad y Estudios Culturales, (7), 235-250.
56. Rojas Nóbrega, V. M., & Cobo Tirado, A. EVOLUCIÓN DE LOS JUEGOS COOPERATIVOS Y PLATAFORMAS DE DISTRIBUCIÓN DE JUEGOS ONLINE.
57. Nike, NIKE+TRAINING, NIKE+KINECT TRAINING, url={[http://www.nike.com/us/en\\_us/c/training/nike-plus-kinect-training](http://www.nike.com/us/en_us/c/training/nike-plus-kinect-training)}
58. Subbarao, J. V., Klopstein, J., & Turpin, R. (1995). Prevalence and impact of wrist and shoulder pain in patients with spinal cord injury. The journal of spinal cord medicine, 18(1), 9-13.
59. Interfaces naturales, url = {<http://www.pdxstudio.com/tecnologia/interfaces-naturales>}

## APÉNDICE 1 EXPLORACIÓN ADICIONAL

Se adaptó el juego del hombro para ser jugado con las piernas, esto con el fin de demostrar la adaptabilidad del juego a otras partes del cuerpo y que con más tiempo se podría lograr un resultado más robusto. Las articulaciones usadas se muestran en la figura 46. Es importante resaltar que esta parte no entro en fase de pruebas ni en encuestas ya que el proyecto se centra en miembro superior, nuevamente se recalca que esta adaptación se hizo con el fin de demostrar la adaptabilidad y capacidad del juego para ayudar en otros ejercicios y secciones del cuerpo.



Figura 46: articulaciones usadas para el módulo de pierna

La jugabilidad e interacción con el juego se muestra en la Figura 47.



Figura 47: Interacción con la pierna.