

UNIVERSIDAD AUTNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERA-ENSENADA



IMPLEMENTACIÓN DE FUSIÓN DE
SENSORES EN UN JUEGO SERIO COMO HERRAMIENTA
PARA LA PREVENCIÓN DE LA OBESIDAD

Tesis que para obtener el grado de

Maestro en Ingeniería

Presenta

Armando Márquez Téllez

Director de la Tesis: Dr. Mabel Vazquez Briseño.

Resumen

A partir del crecimiento que han tenido los juegos serios en los últimos 15 años se ha visto un incremento exponencial tanto en su presencia en el mercado como en el número de trabajos de investigación que son publicados en el área, es sin embargo posible encontrar que existen nichos de oportunidad poco explorados en el ámbito académico en relación a juegos serios, si bien la teoría lúdica y los estudios relacionados mantienen un buen registro de los efectos de la implementación de juegos serios en diferentes ambientes, son contados los trabajos que exploran alternativas para la innovación tecnológica que se encuentra en estos. Este trabajo propone el diseño de un juego serio el cual orienta sus mecánicas y temáticas en ayudar con el problema de la obesidad infantil mientras incorpora en su diseño técnicas de control alternativas, las cuales se basan en captura de movimiento apoyadas en el uso de una serie de técnicas denominadas fusión de sensores las cuales son un subconjunto de las técnicas de fusión de información y cuyo uso se busca integrar de forma orgánica dentro del proceso de diseño.

Palabras clave: *Fusión de sensores, juegos serios, prevención de la obesidad, captura de movimiento, diseño lúdico*

Índice general

Resumen	2
1. Introducción	10
1.1. Antecedentes	10
1.1.1. El sobrepeso como problema mundial y nacional	10
1.1.2. El crecimiento de los juegos serios como fuente de información	11
1.2. Planteamiento del problema	12
1.2.1. Justificación	12
1.2.2. Objetivos	13
1.2.3. Preguntas de investigación	14
1.2.4. Aportaciones	14
1.3. Metodología	15
1.4. Estructura del trabajo	17
2. Estado del arte	18
2.1. Juegos serios (SG)	18
2.2. Promoción de la salud a través de los SG	20
2.3. Fusión de sensores (SF)	22
3. Investigación y Requerimientos	25
3.1. Introducción	25
3.2. Metodología	25
3.3. Investigación del tema: Educación alimentaria	27
3.3.1. Educación alimentaria en el mundo	27
3.3.2. Educación alimentaria en México	29

3.4.	Propuesta de concepto	32
3.4.1.	Selección de contenido	32
3.4.2.	Evaluación de la propuesta	34
3.4.3.	Análisis de respuesta	36
3.5.	Análisis de requerimientos	38
3.5.1.	Requisitos funcionales del sistema.	38
3.5.2.	Requisitos no funcionales del sistema	40
3.6.	Resumen	40
4.	Diseño e Implementación	41
4.1.	Introducción	41
4.2.	Metodología	41
4.3.	Análisis y diseño de alto nivel	43
4.3.1.	Descripción de la propuesta final para el diseño del juego	43
4.3.2.	Modelo de capas	49
4.3.3.	Diseño del control del juego(CSC)	54
4.3.4.	Diseño de alto nivel del juego	56
4.3.5.	Casos de uso y estructura dinámica del juego	65
4.4.	Implementación de la aplicación	68
4.4.1.	Implementación del juego	69
4.4.2.	Implementación del control	75
4.5.	Resumen	78
5.	Evaluación	79
5.1.	Introducción	79
5.2.	Pruebas de Funcionalidad internas	79
5.2.1.	Pruebas de funcionamiento de hardware	80
5.2.2.	Pruebas de funcionamiento de la aplicación	82
5.3.	Pruebas de usabilidad	84
5.3.1.	Diseño del experimento	85
5.3.2.	Desarrollo del experimento	88
5.3.3.	Análisis de datos de la evaluación de usabilidad	89
5.4.	Analisis segun el modelo de Mitgutsch	96

5.5. Resultados y discusión	100
5.6. Resumen	100
6. Conclusiones y trabajo futuro	102
6.1. Conclusiones	102
6.2. Limitaciones	104
6.3. Trabajo futuro	104
Referencias Bibliograficas	105
A. Diagramas de Flujo referentes al capitulo 4.6	112

Índice de figuras

1.1. Metodología empleada en el trabajo de tesis.	15
3.1. Metodología seguida para obtener la propuesta de diseño y el análisis de requerimientos	26
3.2. Imagen en español de la propuesta MyPlate	28
3.3. Piramide alemana de los alimentos	30
3.4. Plato del bien comer	31
3.5. Diseño conceptual de la interfaz del juego.	34
3.6. Primer diseño conceptual del avatar del juego.	35
3.7. Gráfica de porcentajes del interés del público respecto al juego.	37
3.8. Gráfica de porcentajes del aceptación al concepto de usabilidad propuesto.	38
3.9. Gráfica de porcentajes de aceptación de las imágenes conceptuales del juego.	39
4.1. Ilustración del proceso de diseño e implementación del juego.	42
4.2. Personajes del juego, Paquito y Lisa	43
4.3. El escenario del juego, una cocina	44
4.4. Cursor del juego	44
4.5. Ejemplo de alimentos dentro del juego	45
4.6. Campana utilizada en el juego como condición de paro	45
4.7. Ilustración de la secuencia de Interacción para incluir fusión de sensores en un juego serio.	47
4.8. Ilustración de la secuencia de funcionamiento del juego.	48
4.9. Modelo de capas propuesto para el diseño de la aplicación.	49

4.10. Flujo de datos en Windows 8 para la el dispositivo de 12 sensores externos de Freescale descrito en [22]	55
4.11. imagen renderizada del diseño del control.	56
4.12. Case impreso para sujetar los componentes del control.	57
4.13. Diseño original de la capa de procesamiento	58
4.14. Diagrama de clases general de la aplicación	59
4.15. Diagrama de clases de los objetos del juego	60
4.16. Diagrama de clases de control del juego	61
4.17. Diagrama de clases Final de la aplicación	63
4.18. Diagrama de casos de uso del juego	66
4.19. Diagrama de secuencia del caso de uso Jugar	68
4.20. Diagrama de Secuencia para el caso de uso tutorial	69
4.21. Pantalla de juego de la escena inicial.	70
4.22. imagen que muestra las escenas "como jugar"(arriba izquierda), "ali- mentos"(arriba derecha) y "tutorial"(abajo).	71
4.23. Pantalla que muestra una partida de juego.	72
4.24. Ejemplo de resultado mostrado en la escena final.	74
5.1. Incidencia de edades de los participantes para la evaluación de usabilidad	85
5.2. Incidencia de grado escolar de los participantes para la evaluación de usabilidad	86
5.3. Incidencia de género de los participantes para la evaluación de usabilidad	87
5.4. Niños durante la evaluacion del juego.	89
5.5. Niños durante la evaluacion del juego mientras son supervisados. . . .	90
5.6. Gráfica de resultados de las preguntas sobre la opinion de los usuarios.	91
5.7. Gráfica de resultados de las preguntas sobre la jugabilidad de la apli- cación.	92
5.8. Gráfica de pastel de la opinion de los usuarios sobre el CSC	92
5.9. Gráfica de resultados de la respuesta de los usuarios al CSC	93
5.10. Gráfica comparativa sobre la preferencia de los usuarios para el control	94
5.11. Gráfica de resultados de las preguntas sobre la presentación del juego	95
5.12. Gráfica de resultados de las preguntas sobre la narrativa del juego. . .	95
5.13. Gráfica de resultados de los cambios sugeridos por los usuarios	96

5.14. Diagrama de la evaluación bajo los factores de Mitgutsch	98
A.1. Algoritmo del metodo RDFX	113
A.2. Algoritmo del calculo de Yaw	114

Lista de Tablas

4.1. Tabla de los alimentos incluidos en el juego	73
5.1. Ejemplo de pruebas para la medición de pitch	81
5.2. Ejemplo de prueba para la medición de roll	82
5.3. Ejemplo de prueba para la medición de yaw	83
5.4. Especificaciones del ordenador de pruebas	83

Capítulo 1

Introducción

1.1. Antecedentes

1.1.1. El sobrepeso como problema mundial y nacional

De acuerdo con la información de la Organización Mundial de la Salud (OMS), desde el año 2014, más de 1900 millones de adultos (contando como adultos a individuos de 18 años o más) a nivel mundial presentan alguna forma de sobrepeso, 600 millones de los cuales, tienen un problema de obesidad. Estos datos sugieren según la OMS sobrepeso en el 39 % de la población adulta así como un 13 % de esta presenta obesidad [48].

En 2014, según las estimaciones de la OMS 41 millones de niños con edades por debajo de los cinco años tenían sobrepeso o eran obesos. Si bien el sobrepeso y la obesidad se consideraban un problema de los países de ingresos altos, actualmente ambos trastornos han aumentado su frecuencia en países de ingresos medianos y bajos, particularmente en las áreas urbanas.

Actualmente México ocupa el primer lugar como el país con mayor problema de obesidad infantil [39]. De acuerdo con los datos del ENSAUT de 2012, se encontró que a nivel nacional una tercera parte de los niños entre 5 y once años presentan algún tipo de sobrepeso siendo los niños entre 8 y 9 el grupo más afectado. [32].

Es importante el tratar este problema ya que la obesidad infantil se asocia con una mayor probabilidad de obesidad, muerte prematura y discapacidad en la edad

adulto. Sin embargo, además de estos mayores riesgos futuros, los niños obesos sufren dificultades respiratorias, mayor riesgo de fracturas e hipertensión, y presentan marcadores tempranos de enfermedades cardiovasculares, resistencia a la insulina y efectos psicológicos. Debido a los factores antes mencionados el sobrepeso es considerado un problema de salud el cual merece ser enfrentado como tal. Hoy en día, existen múltiples trabajos que realizan implementaciones tecnológicas para el cuidado de la salud; una de las soluciones que podemos encontrar en el ámbito de la tecnología de la salud la cual ha tenido gran crecimiento y además es utilizada con propósitos educativos en el área de nutrición son los juegos serios.

1.1.2. El crecimiento de los juegos serios como fuente de información

Desde que fue acuñado el término por Abt [5] en 1970, los juegos serios han pasado por cambios relativamente menores respecto a cómo son entendidos y mantienen su definición como “aquellos juegos cuyo objetivo es diferente al de entretener”.

El objetivo que va más allá del entretenimiento es único para cada juego, sin embargo los usos más comunes para los juegos serios son la difusión de información [26], educación [20], simulación para adiestramiento de habilidades y terapia física [11]. De hecho casos como el del “Mganavox Odyssey” una de las primeras consolas de videojuegos comerciales en el mundo lanzada en 1972, se anunciaba en base a su potencial como herramienta educativa [19].

Si bien la forma que conceptualizamos este tipo de juegos no ha cambiado, es cierto que su importancia ha crecido en los últimos años [35], prueba de este crecimiento es que el valor estimado de esta industria en 2015 se tabulaba en los billones de euros [40]. El crecimiento de la industria, ha llevado a la luz problemas como la falta de consenso para las características requeridas en la evaluación de éstos. Parte de este problema es la falta de una forma de clasificación constante para estos juegos ya que no persiguen un objetivo único. En respuesta a esto, han aparecido múltiples propuestas como las presentadas en los trabajos de Ratan en 2009 [50], Jantke en 2010 [30], Djaouti en 2011 [18], o Mitgutsch en 2012 [41]. La aparición de dichos trabajos es un ejemplo del aumento de valor de los mismos no solo en la industria sino también en la academia abriendo nuevas posibilidades y campos de estudio.

1.2. Planteamiento del problema

Dadas las áreas de oportunidad encontradas en los antecedentes, es posible ver la necesidad de disminuir los índices de población infantil que padece de sobrepeso u obesidad, particularmente considerando los grupos demográficos más afectados los cuales se encuentran entre los 8 y los 9 años de edad. Para lograr dicha meta el gobierno ha incluido la educación alimentaria en los programas de estudio de educación básica enfocándose en las metodologías convencionales, ignorando así métodos alternativos que incluyan diferentes formas de tecnología. Entre los métodos alternativos de enseñanza más populares hoy día con potencial para ser utilizados para atacar el problema del sobrepeso infantil se encuentran los juegos serios, los cuales pueden verse beneficiados de diversificar las tecnologías de interacción que implementan. Así se propone un objetivo general que apoye la enseñanza de buenos hábitos de alimentación a través del uso de juegos serios utilizando métodos de control no convencionales, esto es con el fin de que la aplicación resultante sea no solo funcional sino además tenga un atractivo adicional para los usuarios.

1.2.1. Justificación

Como se ha visto, la obesidad es un problema cada vez más grande a nivel mundial. Este proyecto tiene el fin de presentar una herramienta útil en la lucha contra la obesidad a través del uso de un juego serio. De manera concurrente, se explora el uso de tecnologías que no resultan del todo convencionales en el control de juegos serios.

En este proyecto, un subproducto planeado es una interfaz para utilizar un control basado en sensores el cual pueda utilizarse en aplicaciones similares, además sentará precedentes que ayuden en el diseño de juegos serios donde el termino “fusión de sensores” no ha sido encontrado dentro de la literatura a la fecha de realización de este proyecto.

Para facilitar el uso de fusión de sensores, se utiliza el dispositivo RDXWIN8USB, la selección de dicho dispositivo obedece los factores de disponibilidad, tamaño y cumplimiento de las funciones básicas requeridas de los primeros 3 niveles de fusión de sensores.

El público meta de este proyecto son niños y niñas entre los 6 y 8 años de edad quienes de acuerdo con datos recabados en el ENSAUT 2012 son una población de riesgo para padecer de problemas de peso a mediano y corto plazo. Debido a que México según datos de la OMS es el primer lugar global en obesidad teniendo además un problema de obesidad infantil, es posible encontrar que de acuerdo con la norma vigente 043 del diario oficial de la federación la educación en materia de alimentación forma parte de los programas de educación básica, lo cual facilita el buscar una implementación como la de este proyecto en las aulas de medios de escuelas primarias.

Al implementar en escuelas primarias este proyecto se busca un medio donde se requiera una baja inversión en actualización y/o equipamiento, a la cual además tienen acceso niños y niñas de la edad meta en un entorno donde el mensaje a ser transmitido. Dado que las aulas de medios cuentan con ordenadores personales, se contaría con una plataforma de implementación que permite el uso de una gran cantidad de recursos los cuales no se encuentran disponibles en la mayoría de los dispositivos que implementan de forma nativa la fusión de sensores (móviles) tomando ventaja de la inclusión relativamente reciente de estas capacidades a los sistemas operativos de equipos computacionales.

Es importante el desarrollo de tecnologías como apoyo contra los problemas de sobrepeso y obesidad debido a que afectan a una gran población cada día más joven y puede atraer problemas de salud derivados como lo son la hipertensión o diabetes.

1.2.2. Objetivos

En base a la problemática descrita, se establece el siguiente objetivo general:

Utilizar la tecnología de sensores para desarrollar un juego serio como herramienta para la prevención de la obesidad en niños entre 7 y 9 años.

A partir del objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las actividades adecuadas a implementar en la mecánica de un juego serio para la prevención de la obesidad.
- Implementar un dispositivo de sensores en una aplicación interactiva de juego.
- Desarrollar una aplicación de juego cuya mecánica emplee el uso de la información recabada por el periférico implementado.
- Implementar el juego serio.
- Evaluar el prototipo desarrollado.

1.2.3. Preguntas de investigación

Sumadas a los objetivos establecidos, se encuentran las siguientes preguntas de investigación, las cuales con realizadas con el fin de asistir en la evaluación del producto obtenido tras el desarrollo del proyecto.

- ¿Cuál es la confiabilidad de los datos obtenidos por el sistema de fusión de sensores al ser usado como control en el juego?
- ¿La reacción por parte del público meta al uso de los sensores en el juego resulta positiva?
- Las tecnicas de fusión de sensores fueron un elemento util dentro del diseño del juego para la prevención de la obesidad.
- Considerando los factores de (Mitgutsch, 2012) como base para una evaluación del juego, ¿El uso de los sensores resultó ser una herramienta útil para el juego la cual se integró de manera adecuada?

1.2.4. Aportaciones

Entre las aportaciones de este proyecto se encuentran las siguientes :

- El diseño de un juego serio utilizando un control personalizado el cual se encuentra basado en una plataforma con capacidad de manejar fusión de sensores.

- Los datos y el análisis de los resultados de las pruebas de funcionalidad del juego diseñado resultan en un precedente útil para asistir en futuros proyectos que involucren interacción por movimiento en juegos serios.
- EL juego desarrollado puede ser implementado como una herramienta para la prevención de la obesidad infantil.
- A partir de este trabajo se realizó un artículo pendiente a publicación.
- Por último se aporta el algoritmo que sirve como interfaz para la conexión del dispositivo de sensores con el motor de juego Unity el cual puede ser implementado como un algoritmo básico de fusión.

1.3. Metodología

Para la realización del trabajo de tesis, y con el fin de cumplir los objetivos estipulados anteriormente se siguió la metodología descrita en la figura 1.1.

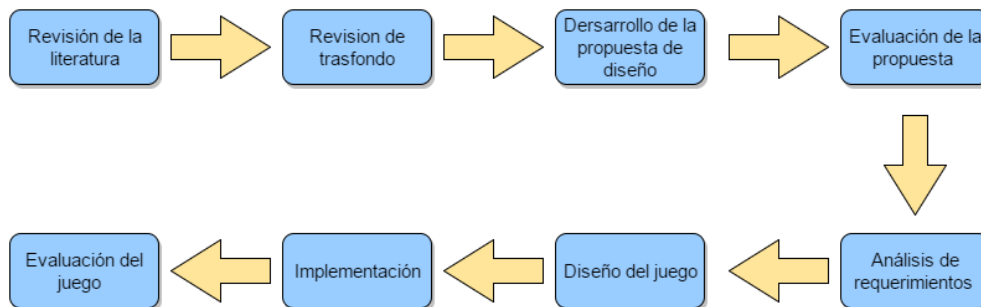


Figura 1.1: Metodología empleada en el trabajo de tesis.

Las actividades que conforma la metodología son las siguientes:

- **Revisión de la literatura:** En esta actividad se seleccionaron trabajos relevantes relacionados al tema de tesis y se estudiaron a fondo para tener una comprensión sobre el problema que se desea resolver.

- **Revisión de trasfondo** : Durante esta actividad se realizó un estudio donde se revisó la forma en que la información nutrimental es impartida a los niños en edad escolar, así como la verificación de la calidad de la misma consultando con expertos.
- **Desarrollo y evaluación de la propuesta de diseño**: Con la información de trasfondo y el contenido de la aplicación ya determinados, se procedió a desarrollar una propuesta del diseño básico de la aplicación, posteriormente se realizó una evaluación a esta propuesta con el fin de determinar su utilidad como base para el diseño del juego.
- **Análisis de requerimientos** Una vez analizada la información de la propuesta de diseño y la respuesta que tuvo el público a esta, se utilizó esta información dentro del análisis para determinar los requerimientos del sistema.
- **Diseño**:En esta actividad se revisó la información que sería impartida y como hacerla atractiva dentro del juego. Se realizaron además encuestas que ayudaron para tener un diseño preliminar del juego.
- **Implementación**: En esta etapa se realizó el diseño formal del juego así como la selección final de las herramientas de desarrollo. Se realizó la implementación del diseño al software y se desarrolló el prototipo de control físico que asistiría en el uso de sensores en el juego.
- **Evaluación**:Por último se evaluó el juego realizando pruebas con grupos de niños pertenecientes a los colegios locales "Luis Mejía Velazcoz "Ticali, mi casita con la finalidad de analizar la reacción de los usuarios al juego como herramienta para la educación alimentaria así como analizar la reacción de los usuarios ante la implementación de los sensores.

1.4. Estructura del trabajo

El presente trabajo se compone de seis capítulos los cuales se describen a continuación:

En el capítulo 2 podemos encontrar un marco teórico y trabajos relacionados con los juegos serios y como estos son utilizados para la promover una vida más saludable. Asimismo, se explica un marco teórico sobre la el funcionamiento de las aplicaciones que realizan fusión de sensores.

En el capítulo 3 se revisa la educación alimentaria con un enfoque en los programas encontrados en países como Estados Unidos, Canadá y Alemania. También se realiza una comparación de la educación alimentaria en México con la encontrada en el mundo. Se explora además como a partir de esta información se crea una propuesta para el diseño del juego la cual tras ser evaluada sirve como base para el analisis de requerimientos de la aplicación

El capítulo 4 describe el proceso de desarrollo de un juego serio incluyendo como se utilizan los requerimientos en el diseño de alto nivel de la aplicación, además del diseño de un control personalizado para el juego. Se termina el capítulo con una descripción de la implementación del diseño para obtener un prototipo del juego, así como el proceso para implementar el control personalizado dentro del juego.

En el capítulo 5 se describe el diseño de la evaluación del juego y las actividades realizadas durante la misma. También se incluyen el análisis de los datos y los resultados obtenidos. El capítulo cierra con el analisis final de la aplicacion tomando los datos de las pruebas para realizar el análisis basado en el modelo de Mitgutsch.

En el último capítulo se presentan las conclusiones de éste trabajo, así como las limitaciones consideradas y el trabajo futuro.

Capítulo 2

Estado del arte

2.1. Juegos serios (SG)

A partir del crecimiento que han tenido los juegos serios en los últimos 15 años se ha visto un incremento exponencial tanto en su presencia en el mercado como en el número de trabajos de investigación que son publicados en el área como lo remarcan Saddik et Al. [35], sin embargo un problema al que se encuentra para los investigadores que ingresan en este campo, es la falta de una métrica de evaluación estandarizada que permita evaluar el desempeño de los juegos que son desarrollados, presentados o analizados.

Ante este problema aparecen propuestas de métricas y parámetros que pueden ayudar a la evaluación de juegos tanto para los desarrolladores como para los usuarios finales quienes requieren poder determinar si una aplicación de este tipo puede ayudar con sus necesidades específicas. Al respecto, se desea resaltar dos trabajos particulares, en el primero “Purposeful by design?” presentado por Mitgutsch y Alvarado en 2012 [41] se presenta un marco referencial para la evaluación de juegos serios con el uso de una lista de parámetros que deben cumplirse y mantener una cohesión para llegar a lo que llaman un “propósito” lo cual define a un juego como serio, este trabajo en los últimos años y ha sido citado al menos en 79 trabajos académicos donde ha sido utilizado con éxito como herramienta en el diseño de juegos serios [24][14], así como en las evaluaciones que se realizan durante el proceso de desarrollo de los mismos [51][53]. De manera similar se encuentra el trabajo presentado por Afef

Ghanem en 2014 [25] donde se presenta un sistema de evaluación para los usuarios en el cual se utiliza un tabulador con el cual se clasifican las características de un juego en base a una serie de lineamientos; este último trabajo, pese a ser efectivo, sirve únicamente para juegos del área pedagógica básica aunque plantea posibilidades de trabajo donde se establezcan métricas similares para una diversidad de áreas de implementación.

Cabe señalarse que no todos los trabajos académicos en el área de Juegos serios se han centrado en los procesos del “como” implementar juegos serios, el “donde” ha sido un área que se ha comenzado a explorar más allá de los límites de las aplicaciones pedagógicas. Como ejemplo de esto se encuentran trabajos como el presentado por un grupo de estudiantes en 2011 [16] donde se utiliza captura de movimiento para un juego orientado a la actividad física en una simulación de algunas condiciones de un partido de tenis.

Es sin embargo obvio que los juegos serios en el área académica han visto como uno de sus nichos de oportunidad más amplios e importantes el cómo pueden ser utilizados como herramienta pedagógica tanto dentro como fuera del salón de clases. Esto ha sido avalado por estudios como el presentado por Squire en 2005[57] donde se concluye que el uso de juegos serios realmente trae beneficios en la difusión de temas para alumnos de múltiples edades y niveles de educación aumentando el interés que estos presentan ante diversos temas.

Algunos de los temas que se han visto beneficiados por la presencia de juegos serios dentro del aula son Matemáticas con trabajos como el de Shin en 2012 [54], o historia con el trabajo de Watson en 2011 [62]. Se han utilizado además juegos serios como el presentado por Cooper en 2010 [15] donde se maneja una serie de retos que resultan útiles como una herramienta dinámica para la evaluación de los conocimientos de los estudiantes sobre ciencia.

En casos como el presentado por Muratet en 2009 [43], Chaffin en 2010 [12], o Dormer en 2014 [20] donde el uso de juegos serios como herramienta didáctica sucede durante el proceso de diseño de los mismos al servir como casos prácticos para estudiantes de programación quienes adquieren habilidades elementales de diseño, codificación y experiencia en proyectos multidisciplinarios al trabajar en juegos serios como proyectos de clase.

Los trabajos presentados por Chan en 2011[13] donde se ponen en práctica técnicas por parte de los estudiantes para aclimatarlos a un régimen de estudios basados en construccionismo clásico, o el de Linehan en 2009 donde se requiere una cooperación en la toma de decisiones para poder progresar [38], son ejemplos del uso que se le ha dado a los juegos serios dentro de la academia para extender habilidades clave que los estudiantes pueden requerir ya sea durante su formación profesional o en la vida laboral.

Un uso que se desea resaltar han tenido los juegos serios en años recientes y el cual va más allá de la academia, es el de la difusión y preservación cultural. Múltiples instituciones tanto gubernamentales como privadas han querido ayudar en esta área financiando o apoyando trabajos como el de Nusran en 2010 [47] donde se busca difundir historias de la tradición oral utilizando juegos para dispositivos móviles, el trabajo de kovavi en 2011[34] donde se utiliza una consola de juegos comercial para enseñar los movimientos de una danza folclórica tailandesa , o el juego presentado por Neto en 2011[45] como parte de un proyecto de preservación cultural en un museo.

Otra área que ha recibido una considerable atención, es la de los juegos serios orientados al promover la salud la cual se detalla en la sección 2.2 y en la cual podemos encontrar trabajos que buscan ya sea la difusión de información, pruebas de desempeño médico para diagnóstico, o asistencia para la rehabilitación de pacientes.

2.2. Promoción de la salud a través de los SG

En el área de promoción de la salud, podemos encontrar trabajos como el de Álvarez en 2010[6] donde se presenta de nuevo la estructura de juegos serios pedagógicos adaptando el contenido para la promoción de una vida saludable apelando a la gran cantidad de información disponible sobre trabajos de este tipo. Asimismo, se han presentado numerosos estudios que revisan la efectividad e impacto que tiene el uso de juegos serios orientados al área de la salud y como afectan estos en la lucha contra enfermedades como lo son la diabetes y la obesidad. Ejemplos de esto son los trabajos presentados en 2008 por Baranowski[8] y Thompson [59].

Debido a la gran variedad de áreas de aplicación que el cuidado de la salud ofrece, desde el año 2011 se celebra el congreso SeGAH (Serious Games and Applications for

Health) donde se presentan avances y propuestas en las tecnologías y metodologías utilizadas en juegos serios y aplicaciones informáticas que estén orientadas al cuidado de la salud.

Algunos trabajos presentados en estos congresos han sido juegos serios como el presentado por Xie en 2012[63] que funciona como un tutorial de salud para adultos mayores y el cual presenta de manera interactiva una gran cantidad de información que los autores determinaron puede resultar tediosa o abrumadora al momento de ser transmitida por medios tradicionales. El trabajo presentado por Moreira es un ejemplo de aplicación presentada en este congreso donde se utilizan sensores para poder realizar monitores de las capacidades motrices de pacientes con enfermedades degenerativas de las articulaciones a partir de lo cual se pueden crear actividades para convertir en los procesos de terapia en actividades menos tediosas o estresantes Moreira [42].

Otros trabajos encontrados en este congreso se orientan a cómo convertir la difusión de información con fines de salud como es el caso de la aplicación presentada por Buttussi [10], donde por medio de un sistema de alertas e incentivos se busca una persuasión para realizar cambios en las conductas poco saludables; en esta área destaca el proyecto conocido como “ilera aye” el cual es una plataforma que incluye un mundo virtual donde se desea alojar una colección de video juegos serios para la promoción de la salud familiar y que se encuentra unido a una serie de actividades y juegos físicos, este programa se encuentra orientado a comunidades de bajos recursos en Brasil donde el acceso a las comodidades virtuales sería ofrecido a través de ayudas gubernamentales las cuales administran también el programa a modo de ayuda social.

Por último, aparecen en el congreso trabajos orientados a la prevención de la obesidad infantil como manera de prevenir además la obesidad en adultos en un futuro. Estos trabajos presentan juegos serios con enfoques variados ya sea por medio de la activación física como en el caso del trabajo presentado por Scarle et al [52] donde se utiliza captura de movimiento, o a través de la educación en materia alimentaria como en el juego “loose weigh toger” presentado por Lentelink.

Una característica común encontrada en la mayoría de los trabajos relacionados con juegos serios es el enfoque donde se analiza el efecto de su implementación en

diversas situaciones dejando la innovación tecnológica dentro de estos en un segundo plano y con la que este trabajo busca ayudar implementando fusión de sensores dentro del diseño del juego.

2.3. Fusión de sensores (SF)

El concepto de fusión de sensores, refiere a una serie de técnicas las cuales buscan la integración de datos de múltiples tipos y fuentes sobre un fenómeno único, el resultado de dicha integración es una representación del fenómeno que contiene datos sobre su contexto y comportamiento. El concepto es una aplicación específica de las técnicas de fusión de datos y presenta un crecimiento y orientación que se mantiene paralelos con dicha rama de estudio.

Este concepto ha sido relevante desde hace más de 25 años cuando apareció en trabajos como el presentado en 1990 por Hackett donde se describía no solo el tipo de técnicas utilizables sino además se presentaba una predicción de las áreas donde estas tendrían un impacto más allá de las implicaciones militares que tenía a principios de los 80 cuando apareció por primera vez.

Aun cuando existe una gran cantidad de trabajos relacionados con el área, el uso de fusión de sensores ha recibido cambios relativamente menores desde su conceptualización, un ejemplo de esto, es que hoy día se sigue utilizando la misma estructura taxonómica que apareciera a mediados de los años 80 en la forma del modelo JDL llamado así por el órgano que lo desarrollo la junta de directores de laboratorios (Joint Directors of Laboratories) [58] en la cual se divide el proceso de fusión como la suma de procesos menores escalables en múltiples capas de datos. De manera similar, se respeta la estructura taxonómica que se determina en base a la ubicación de los procesos de fusión de datos dentro de un sistema. Trabajos comparando las ventajas de utilizar estructuras centralizadas o descentralizadas en múltiples aplicaciones aún se publican con ejemplos notables como en el caso de Ge en 2007[23] o Yamamoto en 2005 [64]. Sin embargo, el arte aun presenta espacio para expansión en sus fronteras, prueba de esto es el trabajo de Tsai en 2014[60] en el cual se explora la posibilidad de implementar observaciones subjetivas de un operados de sistema como datos de control para sistemas centralizados de fusión de sensores que pudieran beneficiarse

de la inclusión de datos comparativos para mejorar la confiabilidad de sus datos de salida.

El hecho de que la fusión de sensores es un área de estudio bien explorada, hace que pese a su utilidad vigente, una gran cantidad de trabajos donde se han utilizado estas técnicas pase a obviar las implementaciones de sistemas de fusión tomándolas como una parte más de los procesos de inferencia, monitoreo o procesamiento de datos de múltiples sistemas.

Algunas áreas de estudio modernas donde podemos encontrar implementaciones de fusión de sensores son por ejemplo aquellas que manejen procesos de visión artificial, donde la fusión de sensores ha permitido que se desarrollen sistemas de este tipo que puedan percibir datos de profundidad de imagen, o que como en el caso del trabajo presentado por Haghghat en 2011 [27] simplemente utilicen más de una imagen bajo múltiples condiciones de enfoque para mejorar la calidad de una imagen única con una alta calidad. Otro ejemplo es el presentado por Bai et al donde se utiliza un sistema de visión artificial y multi-imágenes que se procesan para sistemas de navegación automatizada [7].

Otra área donde la fusión de sensores ha brillado en los últimos años ha sido en el área de seguridad donde trabajos como el de Dasarathy [17] en el área de análisis biométrico han permitido la creación de sistemas robustos y más rápidos con menor propensión a fallas de reconocimiento. Esto es una evolución al uso tradicional que tenían las técnicas de fusión en seguridad durante la década de los 90 donde se utilizaron como base para múltiples sistemas de alarma por detección [44].

Además de esto, trabajos como el de Higger en 2013 han probado la eficacia de usar fusión de sensores para monitoreo de estado de las mismas redes de sensores que alimentan a los sistemas con el fin de asegurar el funcionamiento de cualquier sistema basado en sensores [28]. Esto se realiza gracias a una de las características más notables de la fusión de sensores, como lo describe Jenkins [31], los sistemas de fusión tienen futuro al brindar no solo información de un fenómeno sino de su contexto, lo cual nos permite realizar inferencias sobre el estado de un fenómeno aun cuando no sea información medida directamente.

En los últimos años, esta característica ha adquirido importancia con trabajos como el de Huang en 2009 [29] y Lei en 2010 [36] donde las inferencias obtenidas por

medio de fusión sirven como base en sistemas de decisiones automatizadas o de predicción de eventos. Un ejemplo similar es el del trabajo presentado por Smirnov en 2015 [56] donde se realiza una fusión “recursiva” al integrar los datos de inferencias de contexto y realimentar el sistema; este proceso se denota como fusión del conocimiento y es considerado la evolución de la fusión de datos.

Para finalizar se desea remarcar que si bien en los últimos años el avance de los proyectos de fusión de conocimiento ha remplazado a los de fusión de datos como tema de estudio, el uso de SF se mantiene relevante con la aparición de los dispositivos móviles los cuales, dado que cuentan con recursos limitados permiten la implementación de estos dado su relativa simplicidad y baja demanda de requerimientos de operación. Así aparecen trabajos como el de van Tonder en 2011[61] donde se implementan las técnicas de fusión para asegurar la confiabilidad de los datos de salida en las aplicaciones móviles que utilizan captura de movimiento o inclinación. El futuro de la fusión de sensores se ve lleno de nuevas oportunidades nos dice Sinofski[55] mientras la tendencia tecnológica nos lleva a una predominancia de dispositivos móviles [4][22].

Es destacable que respecto a la fusión de sensores, por ser esta un área ampliamente estudiada podemos encontrar que los trabajos modernos revisan implementaciones especializadas en las áreas donde estas técnicas derivadas de la fusión de datos son ya ampliamente utilizadas dejando de lado la búsqueda de nuevas áreas de implementación, prueba de ello es la ausencia de trabajos donde esta se hay implementado en las mecánicas de interacción o Jugabilidad de juegos serios.

Capítulo 3

Investigación y Requerimientos

3.1. Introducción

Durante el proceso de desarrollo de cualquier sistema es importante determinar los requerimientos que este debe cumplir, esto es con el fin de poder facilitar una estructura de diseño donde se garantice que la solución obtenida realmente tiene un impacto en el problema que se deseaba tratar. En este capítulo, se describe el proceso de investigación que ayudo al desarrollo de una propuesta de concepto del juego a ser desarrollado. El tener una propuesta de solución nos permite determinar los requerimientos que debe cumplir el diseño y nos aporta los lineamientos que deben seguirse en el proceso de diseño. Al final de este capítulo se presenta un resumen del documento de requerimientos que se utilizó en el proceso de diseño de la aplicación, el cual se obtuvo a partir del análisis de la propuesta presentada y la reacción que el público tuvo ante la misma.

3.2. Metodología

En el proceso de obtener los requerimientos de la aplicación se siguieron 3 etapas básicas . Las etapas del proceso se encuentran ilustradas en la figura 3.1:

- **Revisión de trasfondo:** Se realizó una investigación sobre cómo se lleva a cabo la educación alimentaria, en esta investigación se compararon las pro-

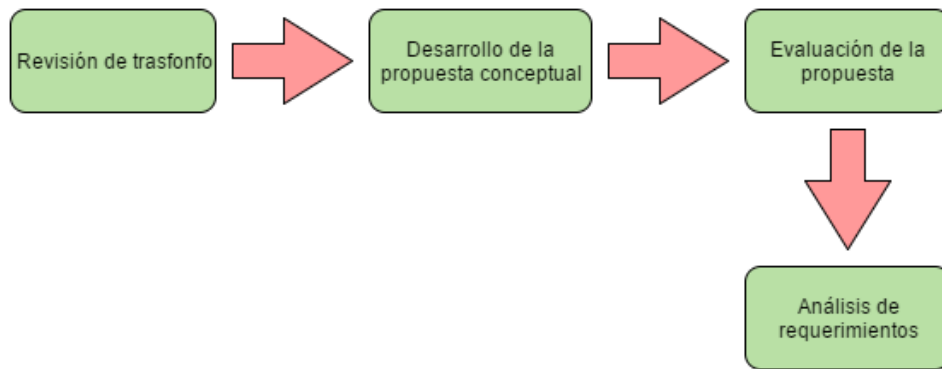


Figura 3.1: Metodología seguida para obtener la propuesta de diseño y el análisis de requerimientos

puestas utilizadas en el mundo en base a su contenido y presentación con el fin de tener la información requerida para estructurar la propuesta del juego.

- **Desarrollo de propuesta conceptual:** Se creó la propuesta básica del juego seleccionando la información utilizable de la investigación realizada e integrándola dentro del concepto de un juego, se creó además arte conceptual que ilustrara los elementos de la propuesta así como su funcionamiento.
- **Evaluación de la propuesta conceptual:** La propuesta fue evaluada y modificada para ser utilizada en el análisis de requerimientos de la aplicación. La evaluación se realizó basandose en una serie de encuestas realizadas en el evento “XXII Jornadas de Ingeniería, Arquitectura y Diseño”.
- **Análisis de requerimientos:** Parte fundamental de cualquier proceso de diseño, este análisis se realizó en base a la problemática expuesta en el capítulo 1 de este trabajo, a la propuesta de solución expuesta y la respuesta que recibió dicha propuesta durante su evaluación.

3.3. Investigación del tema: Educación alimentaria

Aunque cada país enfrenta el problema de una manera diferente, el tema de la educación alimentaria es tratado como un asunto de salud pública en la mayor parte del mundo. La investigación realizada se centró en revisar los programas gubernamentales encontrados alrededor del mundo con especial atención a aquellos encontrados en países de primer mundo, se hacen notables los programas encontrados en Alemania, Estados Unidos y Canadá. Se revisó además la información de los programas implementados actualmente en la república mexicana dado que se planea el uso de esta investigación en un proyecto de alcance local.

3.3.1. Educación alimentaria en el mundo

- **E.E.U.U:** Similar al plato del bien comer en México, el departamento de agricultura de estados unidos distribuye como información alimenticia el concepto de *MyPlate* (Mi plato)[2] el cual divide los alimentos en 5 grupos y la cantidad recomendada para cada grupo se calcula de manera independiente para grupos divididos por edad y sexo. La figura 3.2 muestra el diagrama en español presentado por el departamento de agricultura de estados unidos.
 - **Frutas:** consistente de toda fruta o jugo de fruta 100
 - **Vegetales:** Consiste de los denominados vegetales verdes, rojos, tubérculos y leguminosas.
 - **Granos:** Refiere a los cereales, particularmente maíz, trigo y arroz, además de incluir dentro de si los denominados almidones.
 - **Proteínas:** Incluye las carnes blancas y rojas, los huevos y mariscos, así como las diferentes variedades de frijoles (considerados como únicos junto a los chicharos y por tanto no incluidos entre los vegetales).
 - **Lácteos :** Se separa a los lácteos de la proteína por su contenido de calcio y se hace una recomendación diaria de 2 tazas para niños o 3 para adultos sin importar el sexo.

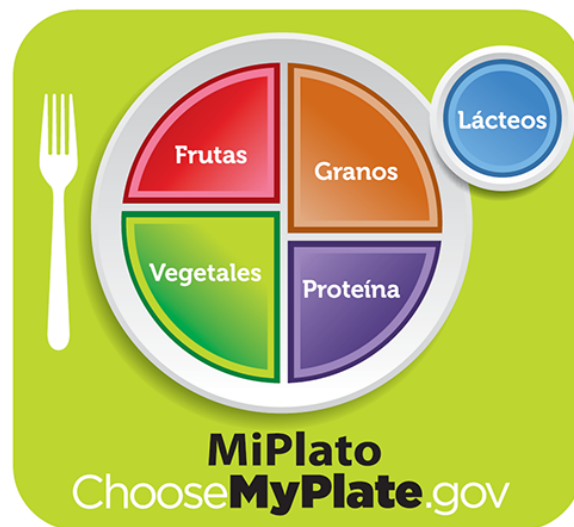


Figura 3.2: Imagen en español de la propuesta MyPlate

- **Canadá:** El gobierno canadiense presenta como propuesta para la información nutrimental en su manifiesto *Eating Well with Canada's Food Guide: A Resource for Educators and communicators* [3], en el cual se detallan consejos sobre cómo mantener una alimentación balanceada, y se divide los alimentos en 5 grupos además de contar la ingestión de líquidos como una necesidad añadida.
 - **Vegetales y Frutas:** Se recomienda consumir al menos un vegetal verde y uno naranja al día, no añadirles sal o grasas y consumir frutas no procesadas (evitar el jugo).
 - **Productos de granos:** Se recomienda que al menos la mitad sea de grano completo, se detalla las partes del grano y se consideran además los almidones en este grupo.
 - **Leche y alternativas:** Considera todos los derivados lácteos recomendando la ingesta de aquellos que son reducidos al 1 o 2 por ciento.
 - **Carne y alternativas:** Se recomienda evitar la carne y remplazarla tan

seguido como sea posible con leguminosas o sustitutos proteicos, sin embargo se recomienda comer 2 porciones predeterminadas de mariscos a la semana como mínimo. Se aconseja además comer carnes bajas en grasas sin sal o añadidos.

- **Grasas:** Sin especificar mucho se cuentan como necesarios en medida pequeña cada día.
- **Alemania:** Probablemente es una de las pirámides más completas, proporciona información cualitativa (rol nutricional de los alimentos), así como información cuantitativa (la cantidad de alimentos en relación con los demás). En la base de la pirámide hay un círculo que muestra la proporción adecuada para cada grupo de alimentos, con agua en el centro. La pirámide se puede observar en la figura 3.3. Cada lado de la pirámide representa un grupo alimenticio diferente: alimentos de origen vegetal, alimentos de origen animal, grasas y aceites y bebidas. En el lado izquierdo de cada lado, aparece una escala de colores, un semáforo, para indicar el valor nutricional de los alimentos y las cantidades recomendadas.
 - **Verde (Alimentos de Pase Libre):** se consideran aquí las bebidas y los alimentos de origen vegetal (Frutas verduras y cereales).
 - **Amarillo (Alimentos de consumo moderado):** Se cuentan en esta categoría todos los alimentos de origen animal (Carnes de todo tipo, lácteos, huevos etc.)
 - **Rojo (Señales de freno):** Aun cuando deben estar presentes en la dieta se recomienda el evitarlos mayormente, aquí se incluyen grasas azúcares y alcoholes.

3.3.2. Educación alimentaria en México

La educación alimenticia en México según la norma vigente NOM-043-SSA2-2012 del DOF (Diario oficial de la Federación) [1] define entre los servicios básicos de salud la información para promoción y educación para la salud en materia alimentaria modo de criterios para brindar orientación. La normativa instituye como diagrama

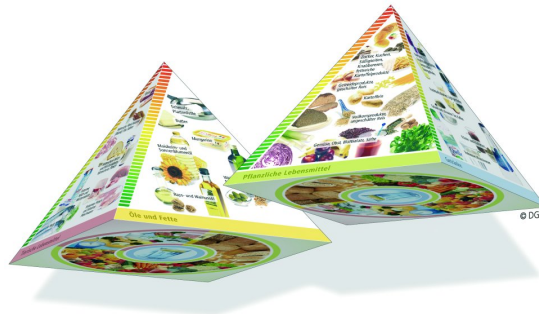


Figura 3.3: Piramide alemana de los alimentos

informativo de difusión oficial El Plato del Bien Comer en su apéndice normativo A, la información suplementaria y explicación quedan de acuerdo a los siguientes puntos:

- División de los alimentos en 3 supergrupos:
 - **Frutas y Verduras:** se incluyen en recomendación y clasificación aquellos alimentos de origen vegetal exceptuando leguminosas, tubérculos y cereales definidos posteriormente.
 - **Cereales:** se definen como cereales únicamente el maíz, trigo, arroz, amaranto, centeno, avena, cebada y sus derivados; en el supergrupo alimenticio se incluyen tubérculos tales como la papa o el camote.
 - **Leguminosas y alimentos de origen animal:** se considera como leguminosa el frijol, haba, lenteja, garbanzo, arveja, alubia y soya. Entre los alimentos de origen animal se cuentan las carnes, mariscos, huevo y derivados lácteos.
- Se incluyen las siguientes recomendaciones para una alimentación balanceada:
 - Inclusión de un alimento de cada grupo en cada comida
 - Se enfatiza el consumo de frutas en lo posible crudas y con cascara

- Cada comida debe incluir cereales
- Se da preferencia a las carnes blancas (definidas en la normativa como pollo o pescado) sobre las carnes rojas (res o cerdo)
- Consumo moderado de grasas y azúcares así como de sal.
- Se considera saludable la práctica de tres comidas principales al día.

Cabe señalarse que la distribución de la información por medio electrónico realizada en la página web de promoción de la información del sector salud, refiere a la introducción original de la información al DOF en el 2005 y pese a la actualización de la norma la información se mantiene.

La imagen oficial del plato del bien comer puede encontrarse en la figura 3.4.



Figura 3.4: Plato del bien comer

3.4. Propuesta de concepto

La información obtenida durante la investigación fue utilizada como base para la creación de una propuesta básica de diseño la cual describe las características más básicas que debe incluir el juego. Esta propuesta sería la base del diseño de la aplicación y se utilizaría para determinar los requerimientos que deberían de cumplirse en el proceso de diseño. Para la definición de la propuesta, se siguieron 3 pasos básicos: la selección de contenido, evaluación de la propuesta y análisis de respuesta.

- La Selección de contenido, en la cual se implementó la información de la revisión literaria cotejándola con entrevistas a expertos. El producto de esta selección de contenido fue la propuesta que se utilizaría como base del diseño.
- La evaluación de la propuesta, mediante encuestas y entrevistas. El producto de la evaluación sería la información sobre la respuesta de los usuarios meta de la aplicación representados por un grupo de estudio.
- El análisis de la respuesta, usando técnicas cuantitativas y cualitativas se revisaron los datos de la evaluación con lo cual se determinaron los cambios que atravesaría la propuesta antes de poder emplearla en el proceso de diseño.

3.4.1. Selección de contenido

Se utilizó la información recabada en la revisión literaria como base para identificar la presentación optima de contenido. Se buscó integrar conceptos pertenecientes a las iniciativas encontradas alrededor del mundo a la propuesta nacional del plato del bien comer (PDBC). Esta información requería además de una validación con la cual garantizar que el producto final fuera adecuado. Para validar la información se recurrió a entrevistar a un profesional en el área de nutrición. Con el propósito de realizar la entrevista, se contactó a la Dra. Flavia Elva Reyes Gutiérrez quien es Médico Cirujano, especialista medico en obesidad, certificada por el Consejo de certificación en obesidad academia mexicana para el estudio de obesidad, y está reconocida ante la ferderación latinoamericana de sociedades y asociaciones de obesidad. De acuerdo con la información de la Dra. Reyes, se determinaron cambios mínimos dentro del concepto del PDBC además de que se realizó un ajuste a las edades meta

del juego. Después de realizar la entrevista, se revisó el concepto del juego como una herramienta de disuasión con un enfoque orientado al cambio, es decir implementarla con los grupos más afectados de acuerdo con la información del ENSAUT del 2012 [32] por las edades escolares inmediatamente inferiores (7 y 8 años) con el fin de tener una herramienta preventiva, considerando que de acuerdo con nuestro experto, la educación alimentaria puede y debe implementarse de manera continua a partir del inicio de la edad escolar.

Propuesta obtenida

A partir de los cambios realizados en el modelo del PDBC, y tomando en cuenta la opinión experta, se realizó una primera propuesta de concepto. El juego se ajustó a los parámetros de las clasificaciones propuestas por Sadik et al.[35], dando como resultado un una propuesta básica de diseño que se atiene a las siguientes especificaciones.

- **Actividad:** Educación / entrenamiento.
- **Modalidad:** Visual.
- **Interacción:** Rastreo de movimiento.
- **Ambientación:** 2D
- **Area de Aplicación:** Cuidado de la salud/ Bienestar.
- **Descripción:** Basado en un modelo de *rompecabezas/ Trivia* , el objetivo es crear una comida balanceada utilizando una serie de alimentos proporcionados. El jugador mueve un cursor para arrastrar los alimentos a un área denominada "plato", al final se evaluara la calidad de la comida seleccionada y se brindara retroalimentación. Para mover el cursor, se utiliza un control basado en sensores el cual interpreta movimientos del usuario.

La propuesta desarrollada se encuentra ilustrada en la figura 3.5 y muestra el arte conceptual de la interfaz de juego que se utilizo para su presentación en el proceso de evaluación de la misma.

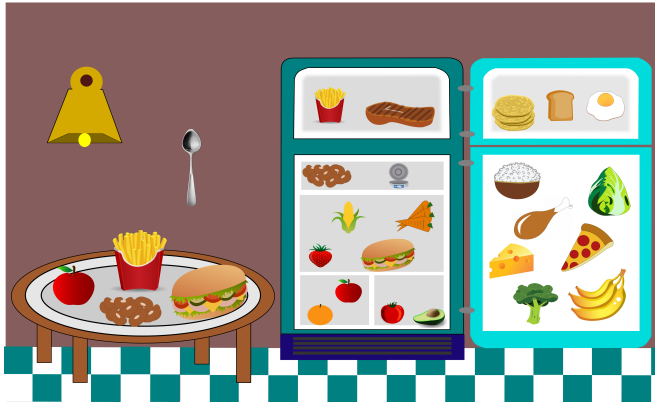


Figura 3.5: Diseño conceptual de la interfaz del juego.

3.4.2. Evaluación de la propuesta

Para evaluar la prueba de concepto, esta fue presentada a una muestra de los usuarios finales. Para facilitar el proceso de reclutamiento, la propuesta fue presentada en el evento "XXII Jornadas de Ingeniería, Arquitectura y Diseño". Durante un periodo de tres días, la propuesta fue presentada en conjunto con la imagen conceptual para un avatar que serviría como la base para la estructura narrativa del juego. Esta estructura narrativa, se presenta de forma recurrente como parte importante de un juego serio en trabajos como el de Mitgutsch [41]. La idea de usar un avatar como modelo a seguir y receptor de las acciones de los jugadores está avalada en la noción presentada por Yee en 2009 [65] la cual estipula como la presencia de un avatar puede añadir interés a la experiencia de juego.

La recolección de información en el evento consistió de 3 pasos:

1. **Selección de participantes:** debido a la diversidad de asistentes, antes de cada presentación se determinaba si el grupo asistente sería adecuado para la muestra, para ser seleccionado, el grupo debía estar integrado por individuos de 7 a 8 años de edad, tener más de 3 miembros de sexo indistinto, y tener autorización verbal de un instructor, tutor, o encargado para responder una encuesta.

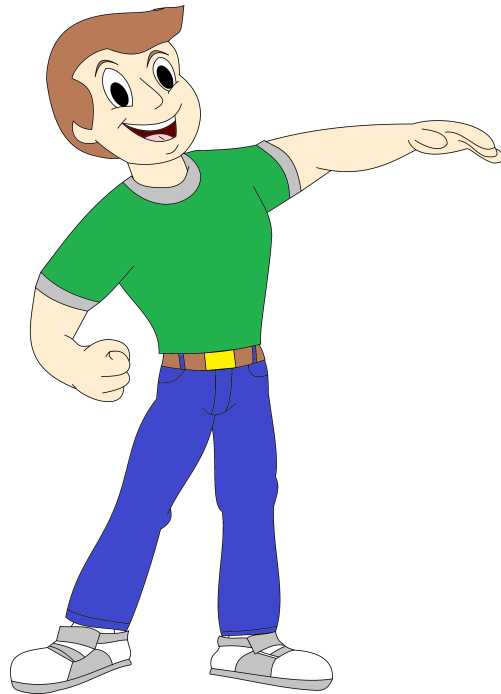


Figura 3.6: Primer diseño conceptual del avatar del juego.

2. **Muestra de concepto:** se desarrolló una presentación donde se describía con el apoyo de material visual el concepto básico del juego, la presentación incluía una introducción, muestra de concepto, muestra de diseños preliminares, sesión de preguntas y respuestas. El tiempo total de presentación se calculaba entre los 5 y 8 minutos. Observación subjetiva de las reacciones fue realizada como material para las notas de diseño.
3. **Sondeo de información** una vez realizada la presentación, se le pidió a cada miembro del grupo responder una encuesta informativa con la cual se determinaría la opinión general del concepto, además de permitir a los sujetos de

la muestra el aportar ideas de concepto las cuales podrían ser integradas en el diseño final de la aplicación.

Para el diseño de la encuesta se utilizó una forma modificada de la prueba de usabilidad de sistemas "SUS" por sus siglas en inglés (System Usability Scale).

3.4.3. Análisis de respuesta

Para facilitar el análisis de la información, los datos de todos los grupos individuales se procesaron como una muestra única de 110 participantes. Las preguntas fueron agrupadas en 3 categorías para analizar los datos por separado, estas categorías son el interés del público respecto al juego, usabilidad del concepto, y opinión del concepto de interfaz

En la categoría de **interés del público respecto al juego**, se pudo observar que el concepto desarrollado resultó atractivo para la mayor parte de los sujetos entrevistados con el 77,98 % de los sujetos alegando interés en el juego, y un 71 % del total agregando que le interesaría utilizar el juego. A pesar de que el concepto de utilizar juegos serios como herramienta educativa ya ha sido probado, se preguntó la opinión de los participantes respecto a la utilidad del juego, con resultados positivos en el 78,5 % de los casos. La representación gráfica de esta sección de la encuesta puede encontrarse en la figura 3.7.

En la categoría de **usabilidad del concepto**, se encontró que la idea de un juego con las características descritas fuera difícil de jugar o de aprender a utilizarse fue poco común con solo el 8,5 % y 2,8 % respectivamente. Sin embargo, solo el 60 % de los sujetos encuestados mostro seguridad ante cuan fácil podría ser jugar o aprender el juego, dejando así un margen de incertidumbre atribuido a la falta de una versión jugable para probar previo a la encuesta. Debido a que la audiencia del juego se compone de niños y niñas de entre 7 y 8 años, supervisión adulta puede ser recomendada, ya sea para brindar asistencia de contenido o revisar resultados. En este aspecto, las opiniones fueron divididas con solo el 44 % de los niños opinando que no se requeriría una supervisión para sacar el mayor provecho del juego. La

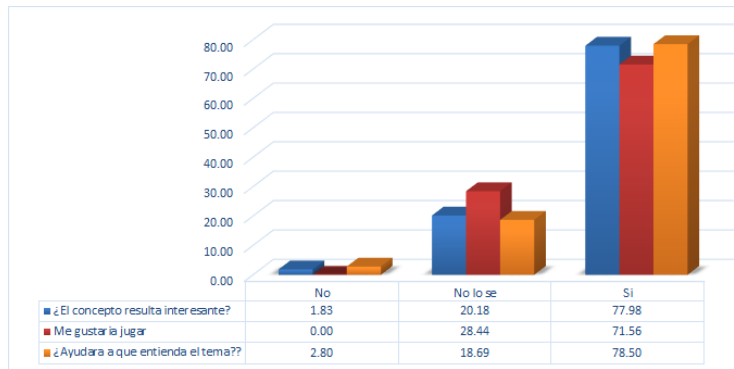


Figura 3.7: Gráfica de porcentajes del interés del público respecto al juego.

representación grafica de los resultados se encuentra en la figura 3.8.

La última parte de la encuesta buscaba una opinión sobre el estilo grafico del juego. Debido a que el público meta es un público joven, la interfaz, o su concepto debían de resultar estéticamente agradables y las opiniones de los sujetos serian tomadas en cuenta. La opinión de la interfaz propuesta para el juego recibió un respuesta favorable con el 75 % de los encuestados declarando un gusto por el diseño y el 22 % mostrándose indeciso al respecto. La imagen conceptual del avatar recibió opiniones mixtas con la mayoría de los sujetos (independientemente del genero) sugiriendo que hacía falta una niña para acompañar al avatar mostrado; con un 50 % de aprobación, el avatar recibiría un rediseño, véase figura 3.9.

Además de las preguntas ya mostradas, se incluyó una sección de sugerencias donde se obtuvieron sugerencias para corregir aspectos que no fueron bien recibidos en el concepto. Las sugerencias más comunes fueron incluir un avatar femenino y re trabajar la paleta de colores de la interfaz.

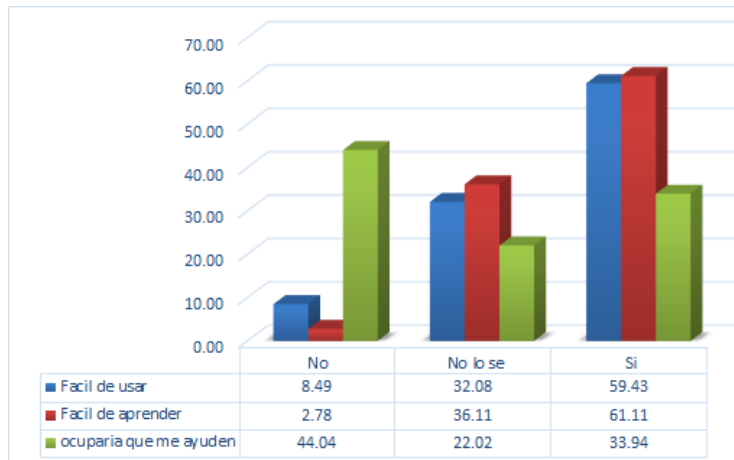


Figura 3.8: Gráfica de porcentajes del aceptación al concepto de usabilidad propuesto.

3.5. Análisis de requerimientos

Una vez analizados los datos de las encuestas y con la información de trasfondo correspondiente, se llegó a la conclusión de los requisitos del sistema basados en la propuesta de concepto. Un resumen de la definición de requerimientos se describe a continuación.

3.5.1. Requisitos funcionales del sistema.

- **Interacción por movimiento:** La forma de interacción del usuario con la partida de juego se realizara utilizando rastreo de movimientos. Los movimientos deben poder ser analizados para control en dos dimensiones además de una señal de control adicional (definida por un movimiento específico caracterizado).
- **Representación real del movimiento:** El movimiento debe reproducirse y mostrarse en el juego, esta representación se debe realizar con el menor retraso

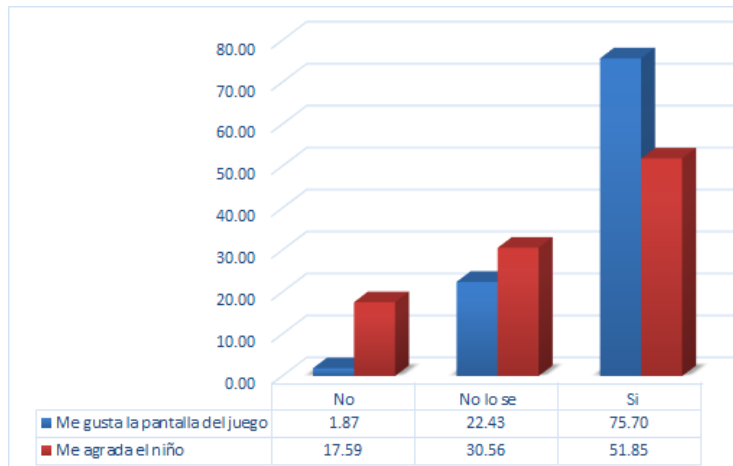


Figura 3.9: Gráfica de porcentajes de aceptación de las imágenes conceptuales del juego.

posible, la interacción de la aplicación debe ser por ende en tiempo real.

- **Apoyo de concepto por hardware:** Para apoyar la inmersión de los usuarios se requiere que el dispositivo utilizado para asistir con la captura de movimiento sea estilizado de manera acorde a la temática del juego (una representación física del cursor propuesto es recomendable).
- **Salida de datos visual:** aun cuando no se cierra la opción de una interacción audiovisual, la salida de datos del juego así como las retroalimentación de resultados por acciones de los usuarios debe ser presentada de manera visual tanto en tiempo real, así como en un análisis comprensivo entregado entre sesiones de juego.
- **Manual de usuario interno:** La aplicación deberá tener el manual de información para el usuario, integrado como parte de la aplicación.

3.5.2. Requisitos no funcionales del sistema

- **Plataforma de implementación:** El juego se debe implementar en un ordenador personal con las siguientes características.
 - Procesador: Intel Core 2 Dúo, equivalente o superior.
 - Sistema Operativo: Windows 8 o superior.
 - Tipo de sistema: 64 bits.
 - Espacio disponible en disco: 4GB
 - Memoria instalada (RAM): 4GB
- **Hardware adicional:** se requiere de dispositivo de sensores compatible con el sistema operativo. El dispositivo propuesto es el RDXWIN8USB de la compañía Freescale [22].
- **Precisión de muestreo de sensores:** mínimo 60 muestras por segundo.
- **Fusión de sensores:** De acuerdo con los objetivos del proyecto, la interacción de sensores debe de incluir el uso de sensores complejos que actúen de manera armónica en los procesos de control del juego.

3.6. Resumen

En este capítulo se revisa el proceso por el cual se llega a la propuesta conceptual y el análisis de requerimientos utilizados en el proceso de diseño de una aplicación.

El capítulo inicia con la investigación realizada para conocer el tema de educación alimentaria el cual sería el tema central del juego desarrollado y alrededor del cual se centrará el proceso de diseño. Se describe el proceso para la creación de la propuesta de diseño incluyendo la recopilación de la selección de contenido y se da un seguimiento al proceso de revisión de dicha propuesta mediante la encuesta realizada en el evento “XXII Jornadas de Ingeniería, Arquitectura y diseño”.

Se incluye también un resumen del documento de requerimientos para la aplicación el cual fue realizado utilizando los objetivos del proyecto descritos en el capítulo 1 así como la propuesta conceptual y su evaluación.

Capítulo 4

Diseño e Implementación

4.1. Introducción

En este capítulo se presenta el proceso de diseño y de implementación del juego serio "Queremos comer bien". El objetivo de la implementación es obtener un prototipo funcional que satisfaga los requisitos del problema visto en el capítulo 1; de manera concreta el proceso de diseño se adhiere al primer objetivo específico mientras el proceso de implementación responde a los objetivos dos, tres y cuatro. En las secciones siguientes se puede encontrar una descripción de cada etapa del proceso de desarrollo de la aplicación.

4.2. Metodología

Una vez realizada la revisión literaria, se procedió con el proceso de diseño e implementación del juego. Para esto se siguieron cuatro etapas básicas como se muestra en la figura 4.1.

- **Adaptar concepto y requerimientos al modelo de capas:** con el fin de simplificar el diseño, se conceptualizó un modelo de capas a partir de la propuesta de concepto vista en el capítulo 3. Cada capa se empató con un elemento o etapa del proceso de diseño del juego. Este modelo se describe a fondo en la sección 4.3.2.

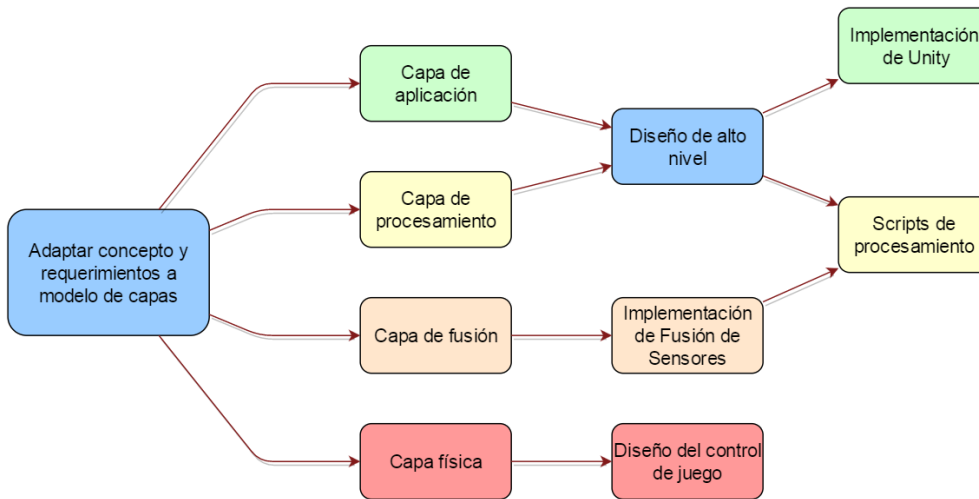


Figura 4.1: Ilustración del proceso de diseño e implementación del juego.

- **Diseño del control de juego:** Como se explica al inicio de la sección 4.3 el diseño del juego contempla además, la implementación de un control físico del juego el cual ayuda a la inmersión. El proceso de diseño de este componente incluyó el modelado e impresión en 3D del case del para el dispositivo de control.
- **Implementación de Fusión de sensores:** conceptualizado inicialmente como trabajo exclusivo del firmware del dispositivo de sensores utilizado, durante el proceso de desarrollo se convirtió en tarea conjunta con los scripts de procesamiento.
- **Diseño de alto nivel:** El diseño de alto nivel se realizó basándose en el paradigma orientado a objetos y con la asistencia de UML, en él se consideran tanto los elementos lógicos que pertenecen a la capa de procesamiento del modelo como a los elementos presentes en la implementación realizada en *UNITY*.

4.3. Análisis y diseño de alto nivel

4.3.1. Descripción de la propuesta final para el diseño del juego

Con base en el análisis de requerimientos desarrollado, se refinó la propuesta de diseño. La estructura del juego “queremos comer bien” tal como se fue considerada para el proceso de diseño se detalla a continuación.

- **Historia:** Los personajes “Paquito y Lisa son dos niños que se encuentran ante la situación de que no saben que elegir para comer. Ellos desean alimentarse de la mejor manera y requieren ayuda para crear un plato que sea balanceado y suficiente utilizando lo que tienen en la cocina.



Figura 4.2: Personajes del juego, Paquito y Lisa

- **Objetivo:** Crear un plato de comida utilizando los alimentos que se encuentran disponibles. Una vez que el plato está concluido, se debe llamar a los personajes para que estos lo evalúen.
- **Ambientación:** La partida de juego se desarrolla en una cocina, en la cocina

se encuentra un refrigerador el cual contiene múltiples alimentos. Existe en la cocina una mesa donde se encuentra dispuesto un plato vacío para preparar ahí la comida. Para llamar a los personajes a comer, la cocina tiene una campana que indica cuando la comida esta lista. Esta imagen puede verse en la figura 4.3.

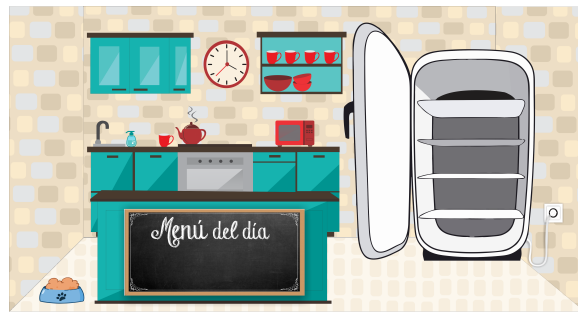


Figura 4.3: El escenario del juego, una cocina

- **Elementos interactivos dentro del juego:** Los elementos con los que el jugador puede interactuar dentro de una partida del juego se describen a continuación.
 - **Cursor:** El cursor del juego es una cuchara que aparece flotando dentro de la escena y representa el control real que utilizara el jugador (ver sección 4.3.3. La imagen del cursor puede verse en la figura 4.4.



Figura 4.4: Cursor del juego

- **Alimentos:** Los alimentos se encuentran posicionados dentro del refrigerador el cual se encuentra abierto. El jugador debe llevarlos hasta el plato. Cada alimento tiene valor dentro de una o más categorías nutricionales (cereales, frutas, verduras, proteínas, grasas). Algunos de los alimentos encontrados en el juego pueden verse en la figura 4.5.

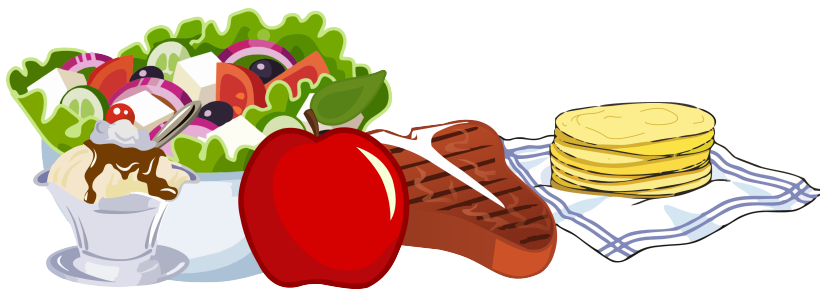


Figura 4.5: Ejemplo de alimentos dentro del juego

- **Plato:** Un plato blanco colocado sobre una mesa de la cocina es el área donde los jugadores depositan los alimentos que conformaran la comida que será evaluada. El plato no se mueve, pero el jugador puede ver cómo se va llenando con comida conforme avanza el juego.
- **Campana:** una campana en la orilla de la cocina es un elemento el cual sirve para llamar a los niños a comer y terminar así el juego. —



Figura 4.6: Campana utilizada en el juego como condición de paro

- **Descripción de la secuencia del juego:** El cursor aparece en el centro de la pantalla de juego cerca del plato al inicio de la partida. A partir de ahí, se debe de mover este cursor para tocar el alimento que se desea incluir al plato. Al tomar los alimentos, la cuchara cambiara para mostrar que tiene comida. Una vez que la cuchara tiene comida, esta debe llevarse hasta el plato donde se coloca “soltándola-. Una vez que el plato contiene todos los alimentos deseados, el jugador mueve el cursor para tocar la campana que se encuentra en la parte superior izquierda de la cocina. Al sonar la campana el juego termina y los personajes aparecen mientras se revelan los resultados al jugador.
- **Datos de la retroalimentación para el jugador:** En la retroalimentación para el jugador la cual aparece una vez terminada la partida, se muestra la información del contenido del plato, que porcentajes ocupan los grupos nutricionales dentro del resultado y se dan consejos sobre cómo mejorar en un próximo intento.

Para el funcionamiento del juego, se utiliza de acuerdo con los requerimientos un control basado en sensores, en respuesta a esto se conceptualizo la secuencia lógica del funcionamiento del juego como se muestra a continuación.

Secuencia funcional del juego

Dados los objetivos del proyecto y los requerimientos considerados en el capítulo 3, durante el proceso de diseño se realizaron las consideraciones de que el juego “Queremos a comer bien” requiere ser considerada una experiencia inmersiva dentro de lo posible con el fin de sacar el mayor provecho a la interacción por sensores incluida como uno de los requerimientos. Tomando esta necesidad en cuenta así como los requerimientos no funcionales del sistema, se propuso una secuencia de interacción en la cual el uso de sensores para la captura de movimiento, se vea amplificada por el manejo de sensores complejos como los vistos en el capítulo 2. La secuencia mostrada en la figura 4.7 es una respuesta al análisis del problema de incluir fusión de sensores en un juego serio.

La secuencia consta de 4 pasos básicos que se dividen en dos entidades un control

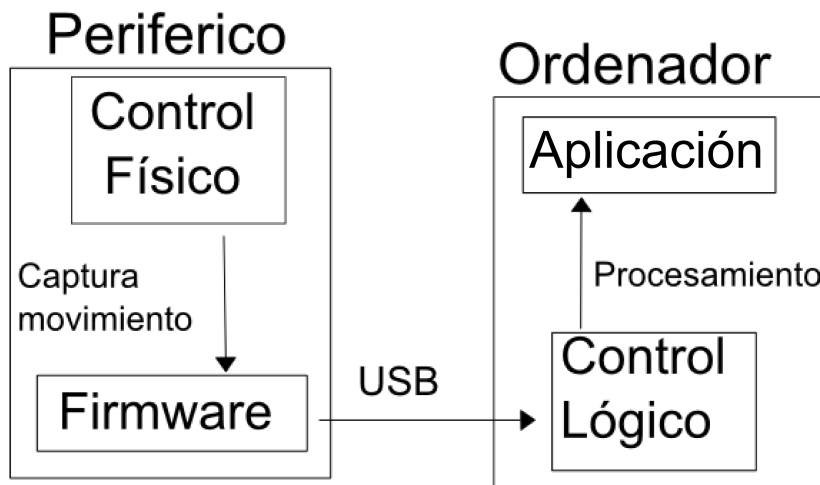


Figura 4.7: Ilustración de la secuencia de Interacción para incluir fusión de sensores en un juego serio.

y un ordenador:

- **En el control**

- El movimiento es capturado por los sensores en el dispositivo utilizado como control.
- La información de los sensores se procesa con el uso del firmware del dispositivo que realiza la medición.

- **En el Ordenador**

- Se utiliza un medio de transmisión para que esta información sea procesada dentro de la plataforma donde el juego se encuentra hospedado y en ejecución convirtiendo así el control físico en un control lógico.
- Los datos del control lógico son implementados dentro del juego que brinda la retroalimentación al usuario.

Esta secuencia de interacción conlleva como consideración que se realiza un procesamiento de la información previo a su llegada a la plataforma de ejecución que en este caso es un ordenador personal. Para cumplir esta condición se determinó el uso del dispositivo RDXWIN8USB como periférico de control puesto que además de contar con un tamaño relativamente adecuado, permite realizar fusión de sensores reportando datos de algunos sensores complejos. Esto se ve detallado en la sección 4.3.3.

La figura 4.8 muestra la aplicación de la secuencia de interacción a la propuesta de diseño considerando ya un control personalizado el cual fue denominado como CSC (Custom Sensor Controller por sus siglas en ingles). Dado que el dispositivo utilizado para el control no cuenta con capacidades inalámbricas, el medio de comunicación se mantiene como un cable con conexiones USB. Debido a la existencia de pasos definidos por funciones muy específicas por las cuales pasa la información, se decidió que en el proceso de diseño podía utilizarse un modelo de capas como medio para simplificar la conceptualización de las tareas realizadas de manera similar a como se ve en el trabajo de Belmonte et al [9].

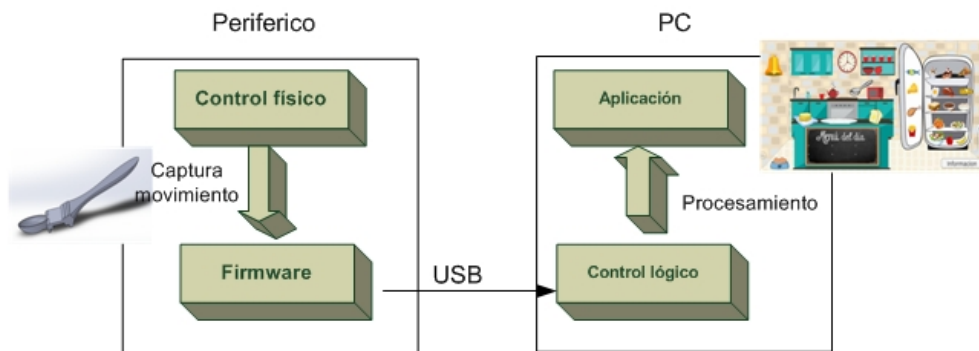


Figura 4.8: Ilustración de la secuencia de funcionamiento del juego.

4.3.2. Modelo de capas

Para simplificar la conceptualización del diseño del programa, se propuso la abstracción de tareas en base a un modelo de capas. Se utiliza esta estratificación con el fin de separar las múltiples tareas requeridas para la ejecución del programa, la base a ser utilizada es la fuente de información a ser tratada y a la entidad encargada de realizar el procesamiento de los datos. Cada capa del modelo, corresponde a una entidad ya sea física o lógica encontrada dentro del diseño del producto final. Las capas utilizadas son Física, Pre procesamiento, Procesamiento y Aplicación. Las capas son descritas a detalle a continuación.

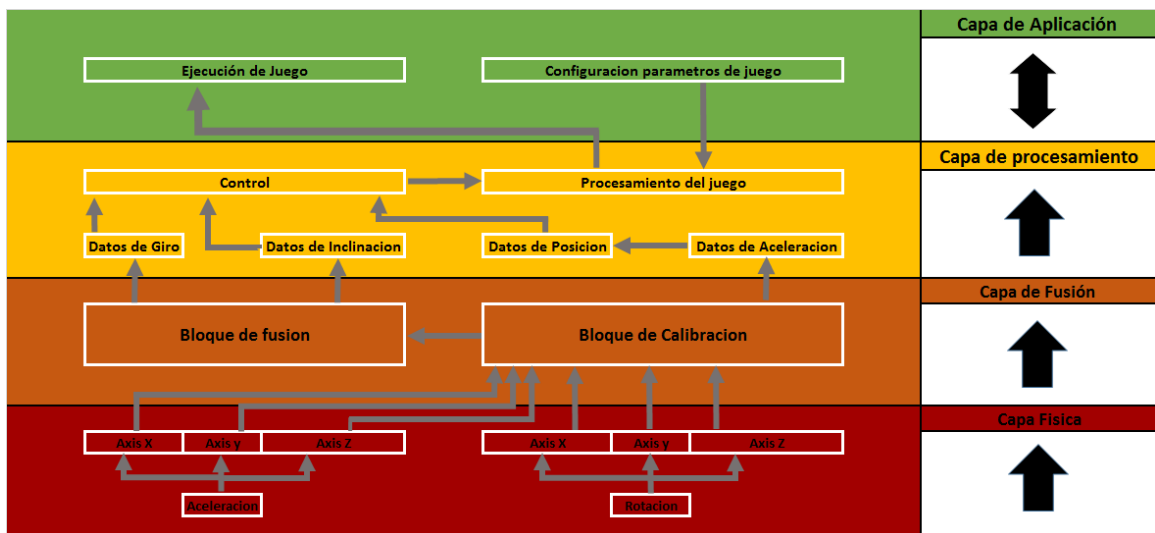


Figura 4.9: Modelo de capas propuesto para el diseño de la aplicación.

- **Capa física: (Dispositivo de sensores):** ilustrada en rojo en la figura 4.9
 - Procedencia de los datos: cambios de posición del control realizados por el usuario.

- Entidad encargada del procesamiento: Dispositivo de sensores.
- Datos de salida: Valores numéricos sobre asignados a los múltiples valores medidos por el dispositivo.
 - Valores de aceleración en base a ejes (X, Y, Z) no arbitrarios dependientes a los movimientos realizados con el sensor.
 - Valores de rotación alrededor de los ejes (X, Y, Z).
 - Valores numéricos escalares cuantificando múltiples fenómenos no utilizados en la aplicación actual como lo son temperatura, intensidad de luz ambiental, orientación de campo magnético en tres dimensiones y presión ambiental (estos datos son considerados por estar incluidos entre las mediciones realizadas por el dispositivo seleccionado).

La capa física se encarga de realizar las mediciones pertinentes de los cambios físicos relevantes para el control de la aplicación y se encuentra limitado por el hardware seleccionado. Esta capa no recibe instrucción directa de manera activa por parte del usuario y presenta conocimiento nulo sobre la situación de la aplicación. El nivel de abstracción encontrado en la capa física marca datos escalares individuales, con una única entrada de calibración pertinente que es la selección de los intervalos de muestreo los cuales determinan la sensibilidad del dispositivo en una relación directa; es requerida una calibración para el intervalo de medición que permita una precisión lo más alta posible la cual se puede ver comprometida si se utiliza una alta sensibilidad para el dispositivo.

Con el uso del dispositivo RDFXWIN8USB se cuenta con un dispositivo de fácil calibración el cual realiza todas las mediciones requeridas y puede alimentar de manera simple más de una capa de procesamiento.

- **Capa de pre procesamiento: (firmware):** ilustrada en naranja en la figura 4.9
 - Procedencia de los datos: capa física del modelo.
 - Entidad encargada del procesamiento: programa principal de control embebido en el dispositivo de sensado.

- Datos de salida: valores de atributo relacionables con objetos de programación reconocidos por C#, estos valores cambian con respecto a la entidad que los invoca.
 - Los valores arrojados son de tipo doble flotante.
 - La salida de datos se realiza en intervalos de un tiempo T el cual corresponde al tiempo de muestreo con un retraso $T_r \approx 0$ respecto a la percepción del usuario.
 - Los valores expedidos pueden corresponder a cualquiera de las mediciones realizadas por el dispositivo, asimismo se permiten datos fusionados producto del funcionamiento interno del programa embebido al dispositivo como son inclinación u orientación.

En esta capa se realiza el primer procesamiento de datos en el cual se aplican los algoritmos básicos de fusión de datos los cuales permiten el uso de los datos complejos de inclinación y orientación para dar un significado concreto a los datos capturados en la capa física. Es destacable que debido a la naturaleza de solo lectura del programa que controla esta etapa del proceso, el programador no tiene control sobre el formato de salida de los datos procedentes de esta capa. La presencia de la capa de pre procesamiento permite el uso de datos provenientes de fusión de sensores sin la necesidad de la manipulación de los algoritmos y metodologías correspondientes a la adquisición de dicho tipo de dato, la existencia de dicha capa crea la abstracción del proceso a una entidad que funciona bajo el concepto de caja negra. Esta caja funciona como la forma lógica que permite aceptar el objeto control dentro del diseño del sistema sin considerar los métodos o atributos necesarios para su funcionamiento.

La selección del dispositivo RDXWIN8USB obedece a la inclusión de los algoritmos para el procesamiento de datos que permiten abstraer el proceso de fusión fuera de la programación consiente; sin embargo en el caso de faltar dicha programación en un dispositivo de sensado, las funciones de esta capa pueden realizarse abstrayendo los datos crudos como atributos ocultos de un objeto que mantiene un proceso pasivo que los usa para alimentar en tiempo real una serie de atributos privados. En caso de surgir la necesidad de programación del objeto requerido para el funcionamiento de esta capa, se debe de tomar en

cuenta un ajuste a los tiempos de calibración de la capa física para compensar los posibles retrasos producidos por el procesamiento de datos en un nivel medio/alto.

- **Capa de procesamiento: (Script de procesamiento):** ilustrada en amarillo en la figura 4.9
 - Procedencia de los datos: capa de pre procesamiento del modelo, valores predefinidos en la capa de aplicación.
 - Entidad encargada del procesamiento: objetos y procesos programados como un script de comportamiento que actúa sobre el objeto control.
 - Datos de salida: archivos de comportamiento para entidades lógicas del sistema, cambios para los valores de los atributos incluidos en las entidades de la aplicación.
 - Dado que el diseño de la aplicación considera múltiples entidades interactuando dentro de la lógica del juego, esta capa tiene como salida los cambios producidos por las interacciones de dichas entidades las cuales incluyen la función lógica del control de juego, el cursor controlable, la lógica de conteo de puntaje y determinación de objetivos, la lógica de finalización, entre otras.

En esta capa se hace referencia al diseño de las entidades encargadas de las funciones lógicas requeridas para el funcionamiento de la aplicación. Para esta capa, la capa física es transparente y utiliza los datos de la capa de pre procesamiento como una de las entidades que controla. Los cambios realizados en las entidades de esta capa se verán reflejados en las respuestas que el sistema tendrá a los datos encontrados en la capa 2, estas respuestas varían desde la creación de objetos temporales, actualización de valores de las entidades encontradas en esta capa, así como cambios de estado lógico que conllevan respuestas como la terminación de la partida.

Hablando del diseño de la aplicación, esta capa es la que contiene la totalidad de los elementos lógicos considerados para programación, es decir, el diseño formal de la aplicación hace referencia directa a esta capa. Las capas inferiores

del modelo se integran al diseño en base a como se maneje en el diseño a la entidad que se alimenta de ellas; la capa de aplicación por su parte, se presenta de manera implícita al diseño como el ambiente donde la programación tendrá lugar.

Respecto a la programación de esta capa, esta se realiza a modo de scripts de comportamiento los cuales serán incluidos en los archivos de la aplicación en el motor de juegos (la entidad responsable de la capa de aplicación), los scripts serán unidos a elementos de la capa de aplicación y serán los que determinen el funcionamiento y delimiten las acciones que serán tomadas por la aplicación para que las mecánicas y reglas del juego sean implementadas.

- **Capa de aplicación: (Juego serio):** ilustrada en verde en la figura 4.9
 - Procedencia de los datos: datos de salida de la ejecución del procesamiento.
 - Entidad encargada del procesamiento: motor de juego.
 - Datos de salida: Ejecución de la aplicación.
 - Esta capa se encarga de ejecutar y coordinar los efectos de la capa de procesamiento en entidades físicas administradas por el motor.
 - La ejecución de la aplicación se administra en esta capa.
 - En cuestión de diseño esta capa responde al ordenamiento de archivos y simulación de respuesta de las entidades del juego a los estímulos internos y externos encontrados en la aplicación.

En esta capa las capas inferiores son completamente transparentes, el diseño de esta capa es auto contenido y se preocupa de asignar y unir los archivos gráficos y de funcionamiento a cada entidad de la aplicación, asimismo, en esta capa se encuentra la administración de la interacción de la aplicación con el SO de la consola de ejecución. Los diseños gráficos de la aplicación corresponden a esta capa del sistema.

En cuestión de diseño lógico esta capa requiere una atención alta ya que coordina el funcionamiento de toda la aplicación, y dado que está controlado por

un programa independiente, la programación en esta capa se limita a la asignación de entidades y configuración de elementos concernientes a la aplicación. Es destacable que esta capa es la más propensa a crear limitaciones en el proceso general de diseño de la aplicación y determina los límites de la misma así como los requerimientos de hardware de la consola que ejecute la aplicación.

4.3.3. Diseño del control del juego(CSC)

La capa física del modelo de diseño, se compone esencialmente del dispositivo de sensores con el cual se obtendrán las mediciones de movimiento implementados en el **CSC** (Custom Sensor Controller). Consistente con los requisitos explicados como parte de la capa física, el control requiere tener integrados sensores de movimiento capaces de captar aceleración lineal y aceleración angular con 3 ejes de libertad. Debido a la existencia de un dispositivo compatible con el sistema operativo seleccionado y que cubre los requisitos mínimos al cual se tiene acceso, se decidió el uso del dispositivo RDX8WINUSB de la compañía Freescale.

El dispositivo seleccionado cuenta no solo con las capacidades de medición de acelerómetro, giroscopio y magnetómetro en 3 dimensiones, lo cual cubre las necesidades mínimas requeridas. Además de esto, cuenta con la capacidad de generar datos de salida correspondientes a sensores complejos (Brújula, inclinómetro, y determinación de orientación), dichos datos pueden ser recuperados de manera directa por la API de sensores de Windows. De esta manera, el dispositivo cumple con las necesidades de diseño de la capa física y de fusión del modelo. La figura 4.10 muestra la representación del funcionamiento del dispositivo de acuerdo con el fabricante en su documento 2-Axis Xtrinsic Sensor Platform for Windows 8 [4].

Como apoyo a la narrativa del juego se decidió la implementación de un contenedor personalizado para asistir a los usuarios en el control de la aplicación. El control denominado la cuchara esta intencionado en asistir a la inmersión del usuario creando un paralelo con el cursor dentro del juego. Ejemplos de una personalización similar pueden ser encontrados en consolas de juego comerciales.

El diseño del control se realizó basándose en una cuchara común de cocina e incrementando las dimensiones en escala para agregar espacio donde pueda alojarse

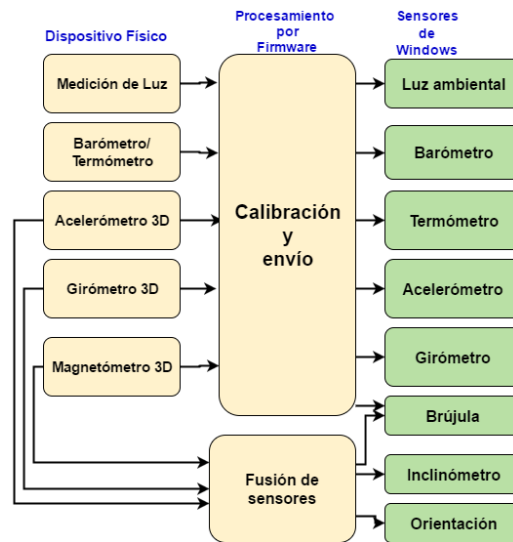


Figura 4.10: Flujo de datos en Windows 8 para la el dispositivo de 12 sensores externos de Freescale descrito en [22]

el sensor rdfxwin8USB. Debido a la ubicación de la abertura pensada para la salida del cable que conecta al sensor con el ordenador, la cuchara se encuentra pensada para usuarios diestros con el fin de evitar tensión en el cable. En el caso de usuarios con una mano izquierda predominante será necesario una inversión del diseño. El diseño del control se realizó utilizando la herramienta SOLIDWORKS 2015, el modelo generado en la herramienta puede observarse en la figura 4.11

La cuchara cuenta con un largo de 230mm y un ancho máximo de 40mm. La altura del cuerpo en reposo es de 81mm dada a inclinación del mango en relación con el espacio que alberga el sensor. La cavidad creada para el RDFXWIN8USB cuenta con una superficie de 35 x 30 mm, los cuales se añaden al área del puente de la cuchara. Para una revisión de las medidas ver plano anexo. El modelo fue impreso en 3D utilizando PLA como el material base del diseño, el producto final se encuentra ilustrado en la figura 4.12.

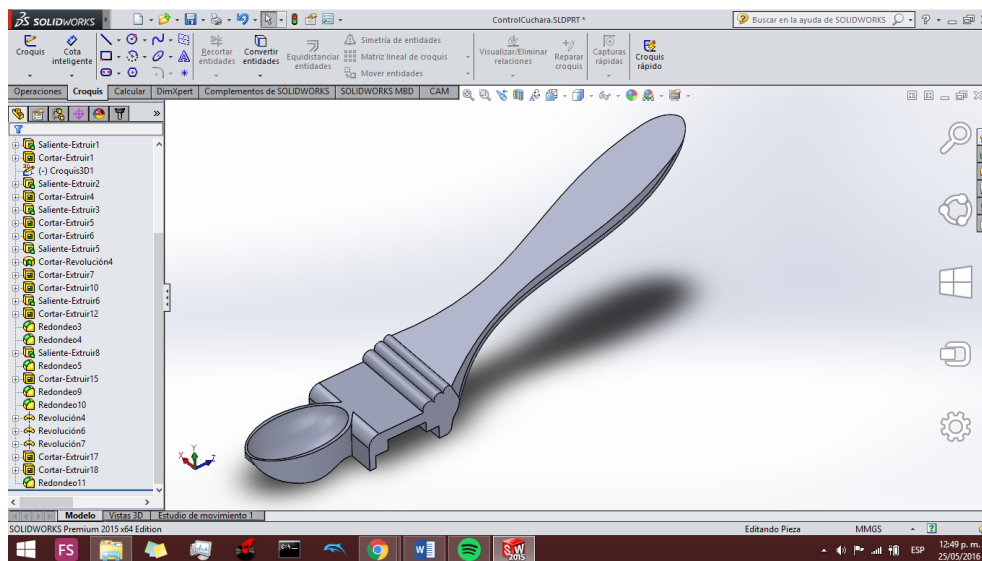


Figura 4.11: imagen renderizada del diseño del control.

4.3.4. Diseño de alto nivel del juego

Las capas 3 y 4 del modelo de diseño corresponden a componentes lógicos que administran el procesamiento de las entradas y la funcionalidad del juego. Para el desarrollo de dichos componentes, se seleccionaron dos herramientas principales, la primera es el motor de juego Unity, el cual automatiza múltiples aspectos del funcionamiento del juego, esto permite concentrarse en las áreas correspondientes al control. Los scripts de comportamiento planeados para unir el motor de juego con los datos obtenidos de las capas inferiores del diseño son implementados utilizando la herramienta de Microsoft Visual Studio 2013, esto con el fin de aprovechar las API de programación que permiten simplificar el diseño de la capa de procesamiento. En el transcurso de esta sección, se revisaran los documentos de diseño del juego ordenados de acuerdo con la función de los elementos que se encuentran en ellos iniciando con los niveles inferiores del modelo de capas y ascendiendo.



Figura 4.12: Case impreso para sujetar los componentes del control.

Dado que el diseño del control y por ende las capas 1 y 2 del modelo se revisan en la sección 4.3.3, el diseño del juego se inicia con los componentes lógicos que se encargan de funcionar como interfaz entre el control y el juego. La figura 4.13 muestra el primer diseño del funcionamiento de los componentes lógicos requeridos para el procesamiento de los datos. Los componentes incluidos en este diseño son:

1. Objetos pertenecientes a `Windows.Devices`: estos objetos, un inclinómetro y un acelerómetro, representan los datos provenientes de la capa de fusión del modelo. El objeto inclinómetro, es por sí mismo un sensor complejo que involucra múltiples variables. Ambos objetos cuentan con métodos de lectura que permiten monitorear sus cambios de manera simple.
2. Clase `CustomFusion`: planeada como un sensor personalizado, contiene los métodos para leer los objetos de `Windows.Devices`, así como para poder calibrar su estado.
3. Clase `Control`: una clase que permite acceder a una instancia de la clase `CustomFusion`.

Durante la realización de las pruebas de concepto sin embargo, se observó un problema de compatibilidad no previsto entre las librerías de `Windows.Device` con el

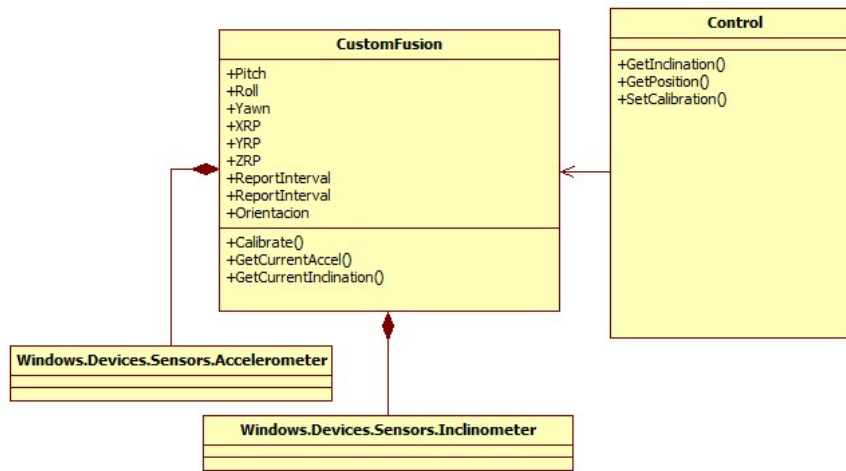


Figura 4.13: Diseño original de la capa de procesamiento

motor de juego, para solventar el problema, se simplifico la funcionalidad del sensor a utilizar solo los datos del inclinometro sin utilizar el objeto provisto por la API de sensores de Windows, y utilizando en cambio un Inclinometro de algoritmo propio. Así, los datos de procesamiento se realizan dentro del motor de juegos aun cuando su funcionalidad fuera separada de manera lógica por el modelo, esto signficó incluir el funcionamiento descrito en la figura 4.13 dentro de la clase Control integrándose así al diagrama final de clases de la aplicación.

Diagrama de clases de la aplicación

El diseño de la aplicación considera el uso del paradigma orientado a objetos debido a la compatibilidad con el motor de juego donde cada elemento tanto interactivo como no interactivo del juego se comporta como un objeto físico. De ahí que el diseño de la aplicación considera un diagrama de clases donde se contemplan los elementos del juego tanto internos como externos al motor Unity.

EL diagrama general puede encontrarse en la figura 4.14, este diagrama se encuen-

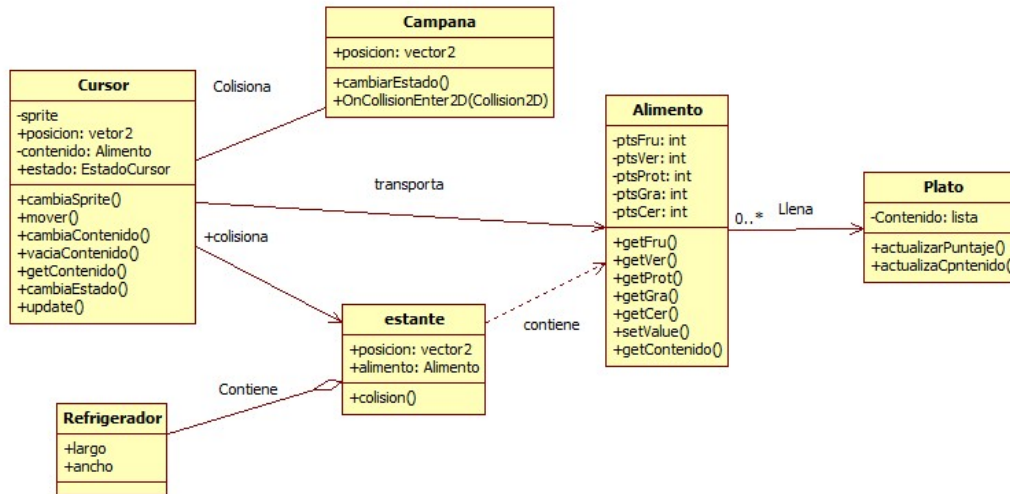


Figura 4.15: Diagrama de clases de los objetos del juego

- Objetos del juego
 - Campana
 - Alimento
 - Estante
 - Plato
 - Refrigerador

Estos objetos encontrados dentro del juego representan el entorno interactivo en el que se desarrolla el juego, todos sus atributos y métodos están orientados a la interacción que mantienen entre sí la cual se muestra en la figura 4.15. En el diagrama se toman en cuenta eventos como colisiones dentro de los métodos ejecutables así como coordenadas de posición para su ubicación espacial, estas características se incluyeron en el modelo pendientes a los requisitos encontrados durante la implementación en el motor de juego.

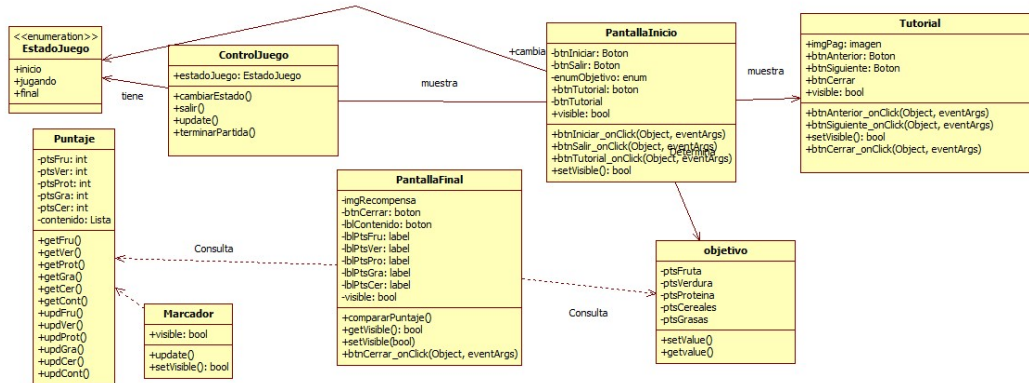


Figura 4.16: Diagrama de clases de control del juego

- Control del juego
 - EstadoJuego
 - ControlJuego
 - PantallaInicial
 - PantallaFinal
 - Tutorial
 - Marcador
 - Puntaje

Estas clases controlan el desarrollo de la partida y administran el despliegue de información al usuario. Su interacción se describe en la figura 4.16.

Diagrama de clases ajustado para el motor de juego

En el proceso de implementar el diseño en el motor Unity, se tomaron en cuenta las capacidades y limitaciones, tras una segunda prueba de concepto, se modificó el esquema de clases para formar el diseño definitivo el cual si bien comparte una

estructura similar, se ajusta mejor al ambiente de desarrollo, el diagrama actualizado se encuentra en la figura 4.17. Las clases eliminadas y las razones de su desaparición del modelo se describen a continuación.

- **Campana:** dado que el motor Unity no requiere un cambio de estado para hacer la transición de escenas, esta clase fue reemplazada con un objeto rígido que sirve como condición para que la clase cursor invoque los procesos de cambio de escena
- **Control de juego:** dado que el motor de juego Unity realiza las acciones asignadas a esta clase de manera automática, su existencia resultaba redundante.
- **Estante:** era un espacio físico donde se colocaban las coordenadas de los alimentos del juego, este fue reemplazado utilizando características de un cuerpo rígido en Unity que lo volvían in necesario.
- **Refrigerador:** dada la eliminación de los estantes, el contenedor de estos, dejó de cumplir funciones algunas.
- **Marcador:** se incluyó su función como parte de las labores de la clase cursor.
- **Control:** su funcionalidad fue absorbida por la clase cursor.
- **Contenido:** se integró como parte de la clase GeneraPorcentajes.
- **estadoJuego:** el manejo de escenas de Unity volvió innecesaria esta clase.
- **estadoCursor:** esta clase fue absorbida como atributo en la clase Cursor

Entre las clases que se mantienen en el modelo, algunas recibieron una actualización a su descripción ya sea para simplificar la interacción del usuario con la aplicación o para modificar los roles que desempeñan al añadir o retirar funcionalidad.

- **Cursor:** se encargaba de transporte de los objetos alimento, y llevar registro de su posición.
 - Cambios para la segunda versión:
 - Se encarga de transporte de los objetos alimentos.

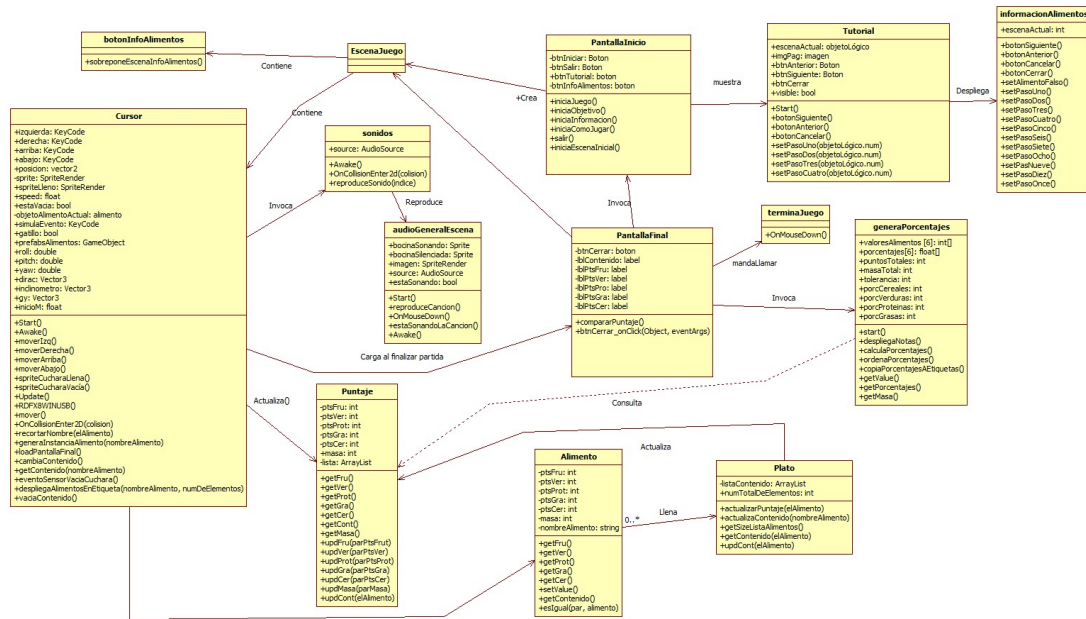


Figura 4.17: Diagrama de clases Final de la aplicación

- o Captura las entradas de control tanto por teclado.
- o Captura entradas del sensor implementando la librería interna RDX-WIN8USB.
- o Crea instancias de objeto de la clase Alimento.
- o Envía las señales de control para incremento del puntaje.
- o Manda llamar la escena final debido a la eliminación de la clase campana.

■ **Alimento:** es una clase contenedora de información que determina el contenido del puntaje.

- Cambios para la segunda versión:

- Se le añadieron campos de atributo de control de masa y de nombre.
- **Plato:** clase contenedora de la lista de alimentos que pasaran al puntaje.
 - Cambios para la segunda versión:
 - Se añadió un atributo de control que determina el tamaño de la lista de alimentos contenida.
 - Se añaden los métodos: `getSizeListaAlimentos`, `actualizaContenido`. Esto con el fin de tener un mejor control del contenido del plato y facilitar el paso de información al puntaje.
- **PantallaInicio:** es una pantalla desde la cual se mandan llamar las diferentes escenas de tutorial así como del juego.
 - Cambios para la segunda versión:
 - Se añadieron botones y métodos para mandar llamar las pantallas de tutorial especializadas que fueron añadidas.
- **Pantalla final:** esta pantalla permite la retroalimentación del puntaje y permite cerrar el juego.
 - Cambios para la segunda versión:
 - Se eliminó el uso de imágenes de retroalimentación cambiando por retroalimentación escrita.
 - Se añadió funcionalidad para reiniciar el juego.
- **Puntaje:** esta clase funciona como contenedor de los valores del puntaje.
 - Cambios para la segunda versión:
 - Se añadieron el atributo de masa y los métodos de control de dicho atributo.
- **Tutorial:** administrar la escena del tutorial.
 - Cambios para la segunda versión:

- Se añadieron métodos para llevar un control de la evolución de la escena conforme esta es controlada.

Se añadieron además, una serie de clases al modelo que corresponden a elementos no considerados. Estas adiciones se realizaron una vez terminada la implementación de funcionalidad y resultan en mejoras puramente estéticas para la aplicación. Estas se añadieron al diseño de la aplicación debido a su fácil integración con los elementos ya establecidos.

- **Audio general escena y sonidos:** se encargan de la administración del audio del juego, se incluyeron debido a que las capacidades de audio no se encontraban contempladas en la versión original.
- **PieChartMesh:** controlan la generación de una representación gráfica del puntaje que asiste como retroalimentación en la escena final. Su inclusión se debe a que no estaba contemplada esta retroalimentación en la primera versión del diseño.
- **BotónInfoAlimentos, e informaciónAlimentos:** controlan la interacción del usuario con la escena de información de alimentos la cual es una extensión de la clase tutorial.
- **GeneraPorcentajes:** obtiene los valores del puntaje y realiza el cálculo de resultados de la partida. Esta clase reemplaza al método compara puntaje que fue eliminado de la pantalla final. También reemplaza la función de la clase contenido.
- **terminaJuego:** se encarga de terminar el proceso de juego en el SO.

4.3.5. Casos de uso y estructura dinámica del juego

Los casos de uso se utilizan para capturar las funciones que deben cumplirse por los elementos que han sido incluidos en el diseño, en el diagrama de casos de uso se representan las acciones de los usuarios en el sistema. En el caso del juego se cuenta con un actor único, ver figura 4.18. El sistema cuenta con 3 casos de uso descritos a continuación.

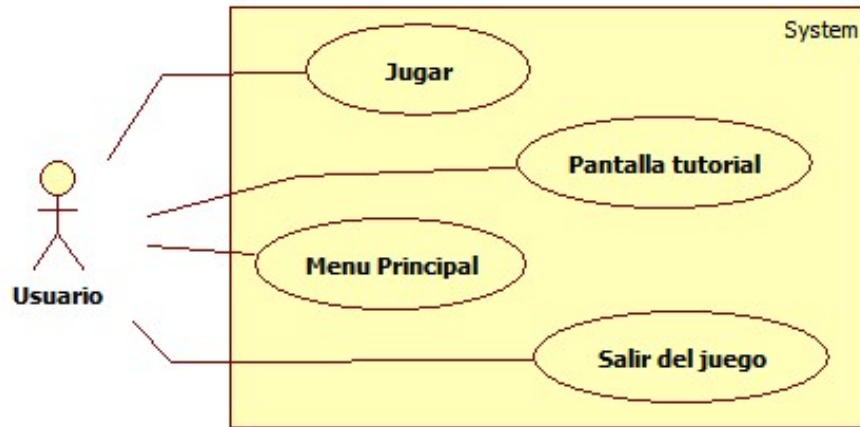


Figura 4.18: Diagrama de casos de uso del juego

- **Jugar:** El Caso de uso comienza una vez el usuario selecciona la opción jugar en la interfaz gráfica (GUI), a partir del inicio del caso de uso el medio de interacción pasa a ser el control con sensores denominado "la cuchara". A partir de ahí, se inicia la secuencia descrita en la imagen 4.19. Al realizarse un movimiento en el la cuchara, este se traduce al cursor, dependiendo del tipo de movimiento realizado y de las condiciones en las que se encuentra el cursor después del movimiento, la secuencia puede derivar en una de 3 situaciones o simplemente continuar en espera de un evento.

Si la cuchara se encuentra en estado de rotación y el cursor hace contacto con un alimento, el cursor procederá a leer el contenido del alimento, después se procede a actualizar el contenido de una instancia de la clase Alimento con el contenido del alimento seleccionado y se marca el nuevo alimento como el contenido del cursor, al terminar este evento la secuencia regresa al punto de inicio. Si la cuchara se encuentra en una posición sobre el área de juego denominada como el plato y se mueve el cursor a un estado de rotación, se

actualizara la información del plato, el plato recupera los datos de la instancia de alimento cargada en la cuchara, después actualiza el puntaje que representa el contenido del plato y actualiza el marcador el cual es una representación en la GUI del contenido en el plato. Al terminar el evento, la secuencia regresa al punto de inicio. Si el plato tiene contenido, y el movimiento del cursor causo una colisión con el elemento de juego denominado la campana, la campana cambia el estado de juego a terminado y cierra la partida. Una vez cerrada la partida el control del juego despliega la pantalla final la cual compara el puntaje accede a los valores de objetivo del juego, accede a los valores del contenido del plato y actualiza el marcador informando al usuario de su desempeño en la partida de juego.

Al terminar esta secuencia el usuario tiene acceso a las opciones de iniciar de nuevo el caso de uso, regresar al menú principal, o salir del juego.

- **Tutorial:** La secuencia del tutorial se inicia cuando se selecciona uno de los botones de tutorial en el GUI del menú principal, al iniciar la secuencia se abre la pantalla de tutorial, a partir de ahí, los eventos dependen de la selección del usuario, los botones de anterior y siguiente al ser utilizados cambiaran la información desplegada en pantalla. El botón cancelar termina la secuencia y regresa al usuario al menú principal. La secuencia se muestra en la figura 4.20.
- **Menú Principal:** El caso de uso, carece de una secuencia predefinida. Funciona como una primera pantalla a la cual el usuario tiene acceso. La pantalla contiene dentro de su GUI accesos a las secuencias de juego y tutorial, así como acceso a la salida del juego.
- **Salir:** El caso de uso salir, no contiene una secuencia y solo manda la señal al sistema para que cierre la aplicación.

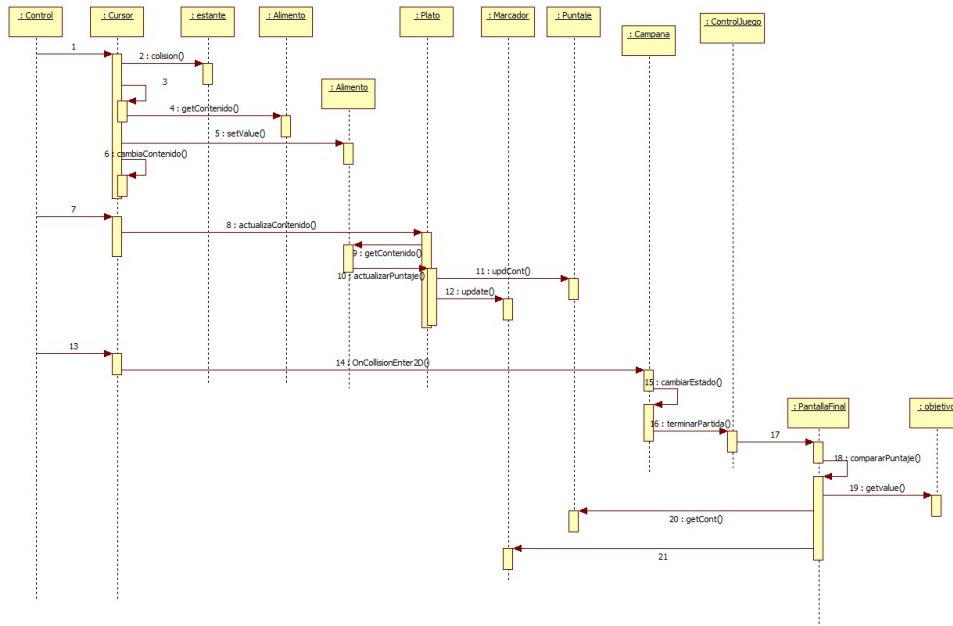


Figura 4.19: Diagrama de secuencia del caso de uso Jugar

4.4. Implementación de la aplicación

Para llevar a cabo la implementación del juego, esta se dividió en 2 partes. Por un lado, se encuentra la implementación del juego desarrollado en Unity la cual se corresponde con el diseño mostrado en la sección 4.3.4, esta implementación corresponde además con la descripción del juego presentada en la sección 4.3.1.

La segunda parte de la implementación del juego, corresponde a la implementación del control diseñado, si bien en la sección 4.3.3 se describe brevemente el proceso por el cual se obtuvo el control físico utilizado, en la sección 4.4.2 se describe el proceso utilizado para implementar el control dentro del juego.

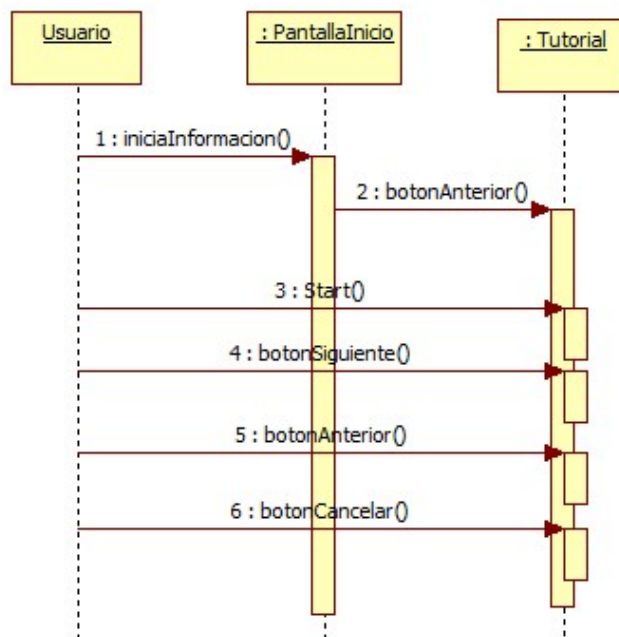


Figura 4.20: Diagrama de Secuencia para el caso de uso tutorial

4.4.1. Implementación del juego

Utilizando los diagramas de clase, casos de uso y secuencia generados durante el proceso de diseño, se procedió a llevar a cabo la implementación del juego. La implementación del diseño como juego se realizó en un proyecto de Unity denominado elJuego, el cual se compone de 6 escenas.

Escena inicial: Esta escena funciona como menú principal de la aplicación, aquí se encuentra un menú del GUI consistente de seis botones.

- El botón jugar permite el inicio de la partida de juego.



Figura 4.21: Pantalla de juego de la escena inicial.

- Los botones objetivo, información y como jugar permiten acceder a la secuencia de tutorial.
- El botón salir termina la ejecución del juego.
- El icono de sonido dispuesto en la sección inferior izquierda en la figura 4.21, permite desactivar o activar la música del juego.

Escenas de tutorial: Las escenas tutorial, Como Jugar y alimentos mostradas en la figura 4.22 corresponden al caso de uso de tutorial del diseño, y comparten una estructura similar donde se cuenta con una imagen la cual funciona como información tutorial para el usuario, se cuenta con botones de movimiento que permiten moverse entre imágenes de la escena. Un botón de cancelar permite regresar a la escena inicial. La escena Tutorial es una pantalla única que no cuenta con los botones de movimiento.

Escena de juego: Esta es la pantalla principal del juego, todas las acciones de una partida se desarrollan aquí. Cabe señalarse que solo esta pantalla hace uso del control basado en sensores y cuenta con elementos interactivos basados en interacción



Figura 4.22: imagen que muestra las escenas "como jugar" (arriba izquierda), "alimentos" (arriba derecha) y "tutorial" (abajo).



Figura 4.23: Pantalla que muestra una partida de juego.

tradicional. La escena tiene como fondo la ambientación de una cocina, los elementos del juego se encuentran dispuestos de la manera que serían encontrados en una cocina real con los alimentos en el refrigerador, el plato en una mesa, etc. La escena de juego puede apreciarse en la figura 4.23.

Los elementos del GUI tradicionales encontrados en la pantalla son:

- Botón información: botón que despliega la escena "alimentos" como una ventana auxiliar para el usuario.
- Botón de audio: para desactivar o activar la música.

Los objetos de juego encontrados en la escena son el cursor de juego, los alimentos y la "campana". Cada comida desplegada en la escena corresponde a una instancia de la clase Alimento descrita con anterioridad en el capítulo. La lista de los alimentos en base a su contenido primario se encuentra en la tabla 4.1. Cabe señalarse que los contenidos no son absolutos y se puede encontrar casos como el del sándwich cuyos valores para cereales, verduras y proteínas estén igualados, o la nieve que aunque cuenta con alto valor graso brinda proteínas y contiene fruta. De esta manera los usuarios deben de tener mayor conciencia de cómo se estructura el plato.

Dado que los usuarios vierten comida en el plato, este es un objeto de juego que cuenta con un script el cual le permite almacenar la lista de alimentos incluidos y

Cereales	Verduras	Proteínas	Frutas	Grasas
arroz	sándwich	queso	manzana	nieve
pan	ensalada	pollo	plátano	pastel
pizza	papas	carne		
espagueti	V. al vapor	huevo		
maíz		pescado		
tortillas		frijoles		

Tabla 4.1: Tabla de los alimentos incluidos en el juego

actualizar el puntaje de la partida. De la misma manera, existe en la escena un objeto no interactivo que contiene el puntaje así como un script que contiene los métodos para su administración, los cuales son accedidos por el plato. La actualización del marcador, también se refleja en una serie de etiquetas que sirven como indicador del contenido actual del plato.

Existe una campana como elemento de la escena, su función es la de terminar la partida cuando el cursor de juego hace colisión con ella. Tiene acceso a sonido, responde a colisiones físicas y se encuentra fija en una posición determinada de la escena.

El último elemento de la escena es el cursor. Este es un objeto que responde a física de colisiones, presenta cero inercia o fricción para asegurar confiabilidad en el control, contiene variables de estado que cambian como interactúa con los objetos en la escena, así como su apariencia y el mensaje desplegado en una etiqueta que muestra el contenido de la cuchara. Tiene integrada la opción de controlarse utilizando un teclado convencional, esto fue integrado para tener un punto de comparación del uso del juego con el CSC contra un método convencional.

El componente más importante del cursor, es el script "cursor" el cual se encarga de implementar el CSC como medio de control, esta función se encuentra descrita en la sección 4.4.2. El script contiene además métodos para cambiar el sprite del cursor con respecto a su estado (ya sea lleno o vacío). Aquí se controlan las acciones a ser tomadas por el cursor cuando surge un evento de colisión entre el cursor y algún elemento de la escena. Este script puede considerarse como el componente principal de la capa de procesamiento del modelo de capas utilizado en el diseño, figura 4.9.

Escena final: Esta escena se muestra una vez terminada una partida de juego. La escena muestra la imagen de los niños que representan los avatares para el juego, se muestra además la retroalimentación a los jugadores de 3 formas diferentes: una gráfica de pastel que representa los porcentajes de alimentos incluidos en el plato por el usuario, un listado de los grupos alimenticios incluidos y en qué porcentaje se encuentran en el plato (el porcentaje se muestra numéricamente), se incluye además una serie de recomendaciones si algún grupo alimenticio fue incluido en menor o mayor medida que la óptima con cierto límite de tolerancia. Un ejemplo de una partida exitosa se muestra en la figura 4.24. La escena final cuenta con 4 botones:

- Menú principal: devuelve al usuario a la escena de inicio.
- Otra vez: inicia una nueva partida de juego.
- Salir: cierra la aplicación.
- Sonido: una vez más, el icono de sonido se encuentra en la esquina inferior izquierda y activa o desactiva la música.



Figura 4.24: Ejemplo de resultado mostrado en la escena final.

La escena cuenta con un script que genera los porcentajes basándose en los contenidos del plato de la escena jugar. En este script, se utiliza un procedimiento simple sumando los valores individuales de cada alimento y obteniendo así el valor total de nutrientes. Se toma la proporción del total de puntos que se obtuvo para cada grupo alimenticio y se obtiene así un arreglo de valores que se alimenta a una lista dinámica desde donde se puede acceder a los valores para crear las representaciones graficas de los resultados. Las notas se generan al analizar el porcentaje de cada grupo alimenticio contra un estimado ideal; para asegurar más de un caso optimo, se añadió una tolerancia del 4% del valor total del plato.

4.4.2. Implementación del control

La implementacion del CSC se realizo de manera paralela con la implementación del juego en Unity. Aqui se procesan los datos del movimiento captado por el CSC en una serie de métodos los cuales son denominados “Métodos de control generales” y que se encuentran programados en un script de procesamiento incluido dentro de los “assets” del juego.

A traves de este script, se encuentra implementada la capa de fusión del modelo en la forma del método RDFXW, el cual implementa un algoritmo básico de fusión para crear los datos de un inclinometro, el cual sirve como base para el control. El algoritmo utilizado por este método es descrito a continuación, e ilustrado en el diagrama de flujo expuesto en la figura A.1 en la sección de anexos. Las cantidades escalares utilizadas en el algoritmo, se presentan de la misma forma que en el código sin especificar unidades, sin embargo, las unidades de los ángulos del inclinómetro, se encuentran calculadas en radianes.

Variables de entrada: *dirac* (x,y,z) la cual hace referencia a los datos de aceleración en 3 dimensiones capturado por el control. *Brújula*, el cual utiliza la información de la brújula integrada en el control (dejando parte del trabajo de la capa de fusión al firmware del dispositivo al ser la brújula una forma de sensor complejo). *Gyro*, que captura la velocidad angular captada por el girómetro del control.

Variables de salida: gatillo, la cual es una bandera de control utilizada por el control para determinar la activación de ciertos eventos.

Asistencia externa: El algoritmo se repite de manera indefinida mientras el script esté en funcionamiento. Existe un método externo Update que se encarga de reiniciar el proceso cada que sucede un frame del juego.

Estado inicial: justo antes del inicio de la ejecución del algoritmo, se establece la orientación actual de la cuchara con respecto al norte magnético como el punto de referencia "inicioM" el cual se mantiene durante todas las ejecuciones del algoritmo y es tratado como una constante.

1. Inicialización de frame: Se leen los valores del acelerómetro y se inicializan variables que los registran.
2. Comparación de gatillo: se analiza la posición del eje de movimiento roll (primera iteración tiene por defecto cero), si se encuentra en rango, la variable de control gatillo se cambia a falso.
3. Calculo de pitch: se determina el ángulo de inclinación pitch utilizando la formula $pitch = \text{Atan}\left(\frac{X}{\sqrt{Y^2+Z^2}}\right)$ donde:
 - $X = \text{aceleración lineal respecto del eje } x \text{ del plano horizontal}$
 - $Y = \text{aceleración lineal respecto del eje } y \text{ del plano horizontal}$
 - $Z = \text{aceleración lineal respecto del eje vertical } z$
4. Calculo de Yaw : se realiza el algoritmo de cálculo de yaw ilustrado en la figura A.2 en los anexos:
 - Si la velocidad de giro respecto a z es mayor a 30 o menor a -30 se ejecuta el algoritmo.
 - Si la velocidad de rotación respecto a z es mayor a cero.
 - Si la brújula es mayor a inicioM.

- Si $brújula - inicioM < \pi$, $yaw = brújula - inicioM$.
 - Si no.
 - ◇ Si $brújula - inicioM > 3,29$, $yaw = 2\pi - (brújula - inicioM)$.
 - ◇ Si no, $yaw = 2\pi - (inicioM - brújula)$.
 - Si la brújula es menor a inicioM.
 - Si $inicioM - brújula < \pi$, $yaw = brújula - inicioM$.
 - Si no, $yaw = 2\pi - (inicioM - brújula)$.
 - Si la velocidad de rotación respecto a z es menor a cero.
 - Si la brújula es menor a inicioM.
 - Si $inicioM - brújula < \pi$, $yaw = inicioM - brújula$.
 - Si no, $yaw = 2\pi - (inicioM - brújula)$.
 - Si la brújula es mayor a inicioM.
 - Si $brújula - inicioM < \pi$, $yaw = inicioM - brújula$,
 - Si no, $yaw = 2\pi - (brújula - inicioM)$.
 - Si la velocidad de rotación respecto a z es menor a cero $yaw = -1 * yaw$.
- 5. Validar que el cursor no salga de la escena verticalmente y permitir movimiento vertical.
- 6. Validar que el sensor no salga de la escena horizontalmente y permitir movimiento horizontal.
- 7. Captura de velocidad angular respecto al eje Y.
- 8. Si la velocidad angular es mayor a 30 o menor a -30 se calcula el angulo en el eje de rotación "roll" con la formula $roll = \text{Atan}(\frac{-Y}{Z})$ donde Y y Z son las velocidades lineales descritas en el cálculo de pitch.
- 9. Si roll se encuentra entre 1 y 2.09 se activa gatillo.
- 10. Se termina el algoritmo.

4.5. Resumen

En este capítulo se revisó el proceso de diseño e implementación del juego serio. Se revisa primero la metodología seguida para el proceso de desarrollo como se observa en la figura 4.1. Se revisa el proceso de diseño en el cual se plantea un modelo de capas que permitió conceptualizar los componentes del diseño en base a sus funciones, agruparlos y finalmente integrarlos durante la implementación. Se describe el diseño e impresión del control del juego en este capítulo considerándolo como un elemento del juego. El diseño de alto nivel del juego fue realizado utilizando UML e incluye especificaciones a través de diagramas de clase, casos de uso, secuencia, entre otros. Una vez revisado el diseño se describe el proceso de implementación del mismo, los algoritmos más importantes utilizados y las características del producto.

,

Capítulo 5

Evaluación

5.1. Introducción

Las pruebas realizadas para la evaluación de la aplicación “Queremos comer bien” pueden dividirse en dos categorías, internas y externas. Aun cuando los objetivos de ambas se alinean bajo la premisa de la evaluación del sistema, las primeras buscan garantizar el funcionamiento del sistema al asegurar que las entradas o en este caso las interacciones correspondan con las respuestas que el sistema presenta. Las pruebas externas, que en el caso presentado incluye únicamente las pruebas de usabilidad, buscan evaluar la respuesta que tienen los usuarios ante la aplicación revisando su reacción ante múltiples aspectos y elementos encontrados en la misma. En este capítulo se describen las pruebas de funcionalidad realizadas así como sus resultados.

5.2. Pruebas de Funcionalidad internas

En el caso de las pruebas de funcionalidad internas se siguió un protocolo de pruebas de caja negra, es decir donde solo se revisó la calidad y respuesta de las salidas encontradas [49]. La evaluación de funcionalidad del hardware de la aplicación el cual está representado por el control del juego, se realizó con pruebas de sanidad [33] bajo las cuales se buscaba la confiabilidad de datos obtenidos comparándolos con datos verificados. La evaluación de la aplicación se realizó con una mezcla de pruebas de regresión modificadas junto con pruebas de humo y pruebas de estrés con

lo cual se buscó garantizar la correcta ejecución de la aplicación aun en las peores condiciones posibles en el campo. Un resumen de los resultados y metodologías de estas pruebas se detalla a continuación.

5.2.1. Pruebas de funcionamiento de hardware

El funcionamiento de la aplicación depende estrictamente de que tanto sus componentes físicos como lógicos trabajen adecuadamente. Para probar el funcionamiento del CSC como control de la aplicación se buscó primero garantizar el funcionamiento de los algoritmos que componen las capas dos y tres del modelo de diseño.

Debido a que el algoritmo utilizado no se encontraba probado o validado, se recurrió a la comparación con un algoritmo ya validado. En este caso, el algoritmo con el que se realizó la comparación es el algoritmo que se deseaba utilizar originalmente y que se encuentra en la API de sensores de Windows. Este algoritmo, convenientemente se encuentra ya implementado en la aplicación de monitoreo SpWin8View.exe distribuida por la compañía fabricante del dispositivo de sensores.

Las pruebas se realizaron siguiendo el siguiente protocolo:

- Se realizaron múltiples sesiones de pruebas.
- Cada sesión incluyo al menos 10 mediciones individuales por cada factor de salida del algoritmo utilizado dando así un total de mínimo 30 mediciones por sesión.
- Las comparaciones se realizaron registrando la respuesta mostrada en la aplicación comercial ante una posición del dispositivo mientras se registraba la respuesta observada en el algoritmo implementado al mismo tiempo.
- Los resultados se compararon convirtiendo las mediciones a unidades equivalentes dado que el algoritmo implementado trabaja en radianes por conveniencia mientras que la aplicación de sondeo utiliza la escala de 360 o 180 grados dependiendo del caso.
- En el caso de las mediciones de Yaw, ya que no se cuenta con un punto inicial estático para el algoritmo implementado, se registraron las mediciones de punto

Pitch	Grados	Freescale	Diferencia
-3.14159265	-179.9999998	-0.2	0.199999794
2.83768598	162.5874302	18.9	1.487430237
3.03973353	174.1639021	6.6	0.763902113
2.37424305	136.0341063	45.1	1.134106303
2.72357756	156.0494994	23.7	0.250500635
3.0991553	177.5685187	2.9	0.468518746
2.75768799	158.003883	21.5	0.496116959
2.97697561	170.5681382	5.1	4.331861834
-2.97078048	-170.2131834	-8.2	1.586816636
2.73227909	156.5480603	26.8	3.348060309
3.09787811	177.4953411	5.8	3.295341149
3.04966162	174.7327398	11.8	6.532739769
		Error prom.	1.991282874

Tabla 5.1: Ejemplo de pruebas para la medición de pitch

cero para determinar el corrimiento esperado lo cual se tomó en cuenta para las comparaciones.

Los resultados de dichas pruebas tuvieron como resultado una variación relativamente pequeña entre los dos algoritmos. Con un promedio de 2 grados de variación para las mediciones tanto de pitch como de roll, con diferencias extremas de 6.5 y 4 grados respectivamente con incidencia a los extremos del 16% y 25% en la peor sesión de pruebas manteniendo el promedio de variación. Las tablas 5.1 y muestran las mediciones de dicha sesión.

Las mediciones de Yaw demostraron ser susceptibles a interferencia y presentaron la mayor variación con un promedio en un rango entre los 4 y 7 grados de diferencia dependiendo de las condiciones de la prueba una vez considerado el corrimiento. La tabla muestra una sesión de pruebas del peor caso. Los promedios de incidencia de las variaciones extremas sin embargo, se encontraron menores al 10% en todos los casos con solo las mediciones de yaw superando el 7% de incidencia. Debido a que estos datos se tomaron en mediciones estáticas y que durante las pruebas de funcionalidad del juego utilizando el control no se detectó que el comportamiento resultara errático o inestable, el equipo de desarrollo lo declaro apto para las pruebas de usabilidad y

Roll	Grados	Freescale	Diferencia
0.07393903	4.23639436	4.3	0.06360564
0.02417711	1.385246364	3.4	2.014753636
0.07011955	4.017554276	2.6	1.417554276
0.07946458	4.552985055	-0.1	4.652985055
0.08223892	4.711943028	5.9	1.188056972
0.02650917	1.518863559	0.8	0.718863559
0.58508992	33.52318305	37.9	4.376816948
0.40168417	23.01480764	24	0.985192362
0.52912376	30.31655829	29.8	0.516558288
-0.06724885	-3.853075282	-0.3	3.553075282
0.57598127	33.00129585	34.6	1.59870415
0.26874249	15.39781045	19.5	4.102189547
		Error prom.	2.099029643

Tabla 5.2: Ejemplo de prueba para la medición de roll

la evaluación general del juego.

5.2.2. Pruebas de funcionamiento de la aplicación

De manera concurrente con las pruebas de funcionamiento del control como herramienta de medición, se realizaron pruebas internas para verificar el funcionamiento de la aplicación. Las pruebas se realizaron verificando el comportamiento del juego por escena bajo el protocolo siguiente. Se utilizó un ordenador que cumple con las características de la tabla 5.4.

Escena inicio: Se probó de manera simple el funcionamiento de todos los botones pertenecientes a la escena. Debido a que la posibilidad de falla pasada la prueba es muy baja, la revisión fue menor.

Escenas de Tutorial: Revisión del funcionamiento de los botones poniendo especial atención a la correcta secuencia de las imágenes en ambos sentidos de movimiento. Las pruebas se realizaron estresando el ordenador de pruebas al 60 % de su capacidad de memoria y 50 % de su procesador. Los resultados no mostraron retrasos aparentes en la funcionalidad.

Yaw	Grados	Freescala	Diferencia
-0.35921838	-20.5816971	102.5	8.081697098
0.24188004	13.85870544	110	6.14129456
0.06600647	3.781892152	104	10.21810785
0.05	2.864788976	103	10.13521102
0.1	5.729577951	100	4.270422049
-0.83	-47.555497	59	11.444503
-0.84086141	-48.17780995	57.3	9.122190052
-0.33154196	-18.99595504	78	6.995955039
0.99	56.72282172	47.7	14.42282172
-0.12	-6.875493542	101	4.124506458
		Error prom.	7.079725738

Tabla 5.3: Ejemplo de prueba para la medición de yaw

Característica	Especificación
Procesador	Intel Core i7 tercera generación 2.20GHz
Memoria Instalada (RAM)	8.00 GB
Disco Duro	TOSHIBA MQ01ABD100 (1TB)
Gráficos	Intel HD Graphics 4000

Tabla 5.4: Especificaciones del ordenador de pruebas

Escena de juego: Se realizó la revisión del funcionamiento practicando múltiples partidas de prueba por parte del equipo de desarrollo estresando las condiciones de ruptura encontradas en los scripts del juego (específicamente el script cursor). Las pruebas no mostraron un incremento en el estrés en el ordenador superior al 30% de su capacidad de procesamiento o el 40% en RAM. Una vez terminadas las pruebas, se utilizaron 3 voluntarios quienes fueron adiestrados con la información mínima requerida para el funcionamiento del juego. A lo largo de 3 partidas individuales no se reportaron comportamiento inusual al esperado. Las pruebas se repitieron utilizando el método de control tradicional incluido en el juego para asegurar un funcionamiento completo. Se encontró que es requerido desconectar el control de sensores para evitar cualquier interferencia en el control tradicional, ante esta observación, se añadió dicho procedimiento al protocolo de uso de la aplicación y se dieron por terminadas las pruebas.

Escena Final: Una vez revisada la funcionalidad de la escena de juego, se probaron múltiples combinaciones de alimentos pensados para obtener respuestas predefinidas. Las combinaciones se crearon al azar, y fueron introducidas en múltiples partidas de juego. Debido a que los resultados correspondieron a las respuestas esperadas, el juego fue declarado apto para las pruebas de usabilidad.

5.3. Pruebas de usabilidad

Las pruebas de usabilidad son pruebas diseñadas para evaluar la interacción de los usuarios con un sistema [46] se encargan de medir la facilidad con la que un usuario emplea el sistema y cuál es su utilidad al momento de cumplir el objetivo de la aplicación. Estas pruebas involucran la observación de los usuarios en situaciones controladas donde se pone a prueba el funcionamiento de una aplicación y se evalúan utilizando técnicas tanto cuantitativas como cualitativas [21]. Las pruebas realizadas se llevaron a cabo en periodos cortos de tiempo utilizando para la evaluación una versión modificada de la prueba SUS para usabilidad la cual fue adaptada para su uso con niños.

5.3.1. Diseño del experimento

Debido a la naturaleza de las pruebas de usabilidad, estas deben tratarse como un experimento de laboratorio donde las condiciones se mantienen bajo un control estricto. A continuación se describen las condiciones determinadas para el caso particular de la aplicación desarrollada.

- **Condiciones del experimento:** Se realizaron 4 sesiones grupales con duración aproximada de hora y media dentro de las instalaciones de las escuelas donde estudian los participantes.
- **Participantes:** Se seleccionaron los grupos de 2^{do} y 3^{er} grado de primaria de los colegios “Luis Mejía Velazco y “Ticali : Mi casita. La muestra total consistió de 58 participantes con edades entre 7 y 9 años de edad. La relación entre niños y niñas de la muestra es de niños 55% y niñas 45%, los detalles demográficos de la prueba pueden encontrarse en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3.

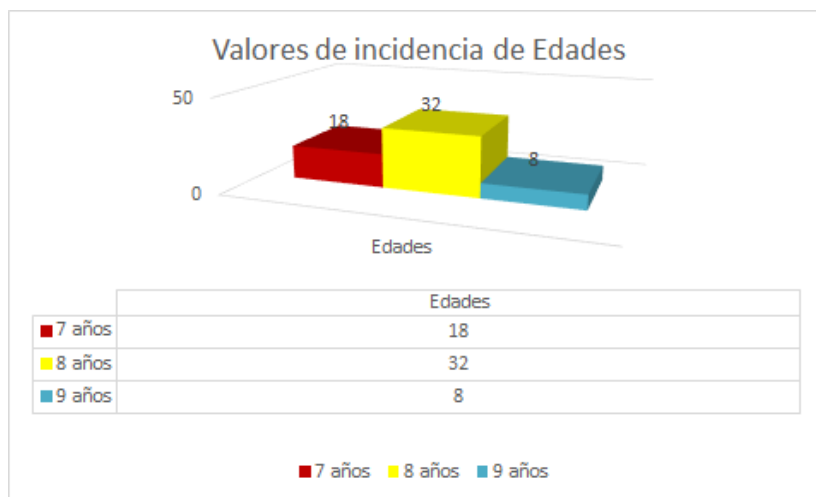


Figura 5.1: Incidencia de edades de los participantes para la evaluación de usabilidad

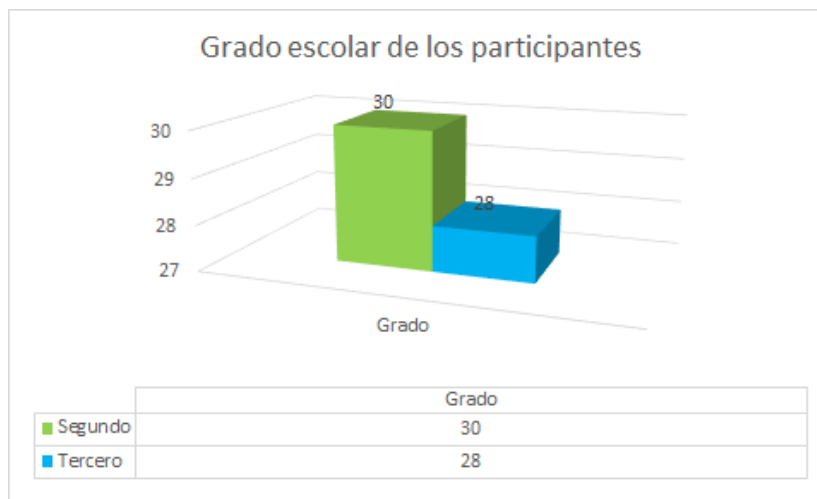


Figura 5.2: Incidencia de grado escolar de los participantes para la evaluación de usabilidad

- **Instrumento de evaluación:** Se utilizó una modificación de la prueba SUS de usabilidad adaptándola a las necesidades específicas de la aplicación. La prueba modificada consta de 12 preguntas que pueden dividirse en 4 secciones además de una pregunta abierta sobre cambios sugeridos al juego. El cuestionario se centra en obtener información de los siguientes aspectos de la usabilidad del juego.
 - La opinión de los usuarios sobre el juego y su utilidad.
 - Jugabilidad.
 - Opinión sobre el CSC.
 - Interfaz, apariencia y narrativa.

Las respuestas obtenidas se clasifican en base a una escala de Likert absoluta con 3 grados de respuesta incluyendo además aclaraciones de opiniones específicas.



Figura 5.3: Incidencia de género de los participantes para la evaluación de usabilidad

- **Procedimiento:** Cada sesión se desarrolló bajo un libreto de partes que consistió en:
 1. Presentación
 2. Explicación de concepto: Descripción básica del proyecto.
 3. Repaso tutorial grupal: se revisó la sección tutorial de la aplicación de forma grupal.
 4. Uso de la aplicación: La aplicación era utilizada por los participantes de la muestra.
 5. Encuesta: los participantes respondieron el instrumento de evaluación de la aplicación.
 6. Agradecimiento y cierre.

5.3.2. Desarrollo del experimento

Durante los días 23 y 24 de mayo del año 2016 se procedió con la realización de las pruebas para la evaluación de usabilidad del juego. Los grupos de participantes fueron seleccionados utilizando su agrupación dentro de las instituciones escolares a las que pertenecen y con las cuales se revisaron los permisos pertinentes de manera previa. Las sesiones se condujeron asistidos por los docentes encargados de los grupos quienes supervisaron la interacción con los participantes. Se realizó en cada sesión una plática introductoria que incluyó la descripción del juego y la revisión de la información tutorial de forma grupal.

Después de la introducción, los participantes fueron divididos en grupos de 3 a 4 personas y se les permitió utilizar el juego con el CSC, las sesiones de cada grupo de participantes tuvieron una duración aproximada de 7 minutos seguidos de una segunda sesión de juego utilizando el teclado del ordenador dispuesto para la prueba como periférico de control. Esto último con el fin de tener una opinión comparativa sobre la eficacia y usabilidad del CSC en contraste con un método tradicional; en ambos casos se proporcionó orientación y ayuda para los participantes que la solicitaran.

Se añadió una actividad lateral a los participantes donde estos crearon manualmente una ilustración que ejemplificara un plato balanceado similar al que se les solicita crear durante una partida del juego evaluado. En las figuras 5.4 y 5.5 se pueden observar imágenes de los participantes utilizando el juego.

Una vez que todos los miembros de un grupo terminaron de probar el juego, se procedió a la aplicación del cuestionario “SUS” modificado revisando que todos los participantes tuvieran entendimiento de los cuestionamientos. Las encuestas se recogieron sin datos de identificación de los participantes, posteriormente se almacenaron para su posterior análisis. En caso de que existieran observaciones, el expositor las realizó tomando notas personales las cuales se utilizaron durante el análisis cualitativo requerido en algunas de las preguntas del instrumento de evaluación.



Figura 5.4: Niños durante la evaluación del juego.

5.3.3. Análisis de datos de la evaluación de usabilidad

El análisis de los datos de la evaluación de usabilidad se realizó de manera cuantitativa con respecto a la escala modificada de Likert presente en la encuesta utilizada. Se utilizó esta información en conjunto con un análisis cualitativo de las respuestas abiertas sobre la opinión de los participantes de la evaluación con el fin de llegar a una inferencia sobre la respuesta general de los usuarios al juego. Los resultados obtenidos en cada una de las preguntas se cotejaron además separando las respuestas dependiendo del grado escolar al que pertenecían los participantes tomando en cuenta que todos los participantes que se encontraban en los extremos de edad (7 y 9 años respectivamente) se encontraban concentrados en segundo (siete) y tercero (nueve) respectivamente y que esta división los separa con una relación casi óptima de 30 28. La información recolectada por área se revisa a continuación.



Figura 5.5: Niños durante la evaluación del juego mientras son supervisados.

- La opinión de los usuarios sobre el juego y su utilidad.
Con un consenso general positivo, la respuesta de los participantes parece indicar que la experiencia de juego resulta positiva. En la muestra total, el 91.3% de los participantes declara que le gusto el juego mientras que el 6.9% se muestra indeciso. De la muestra total, solo existe un caso que corresponde al 1.7% del total donde se reporta que no se disfrutó de la experiencia. El 84.5% de los usuarios declaró además que les gustaría utilizar de nuevo el juego mientras que el 12% se mantiene indeciso. Debido a que en la definición del juego serio se busca que cumpla con la función de ayudar se revisa la opinión de los usuarios respecto a su efectividad. El 81% de los participantes confirmo creer que el juego resultaría una herramienta util con un 17% de respuestas que declaran no estar seguros. Esta información se encuentra ilustrada en la figura 5.6.

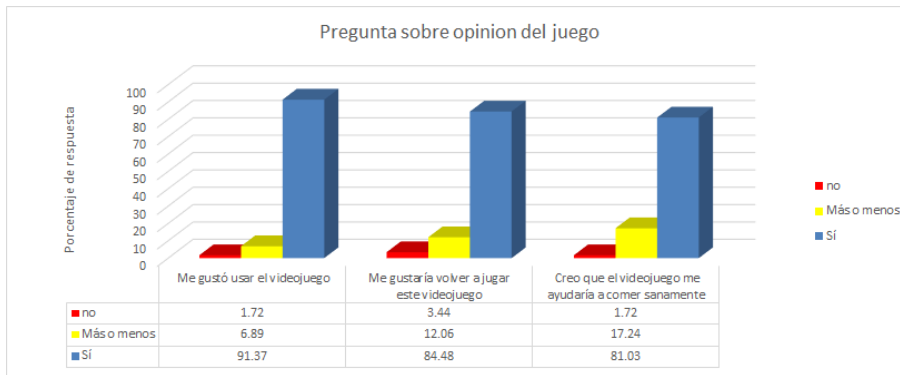


Figura 5.6: Gráfica de resultados de las preguntas sobre la opinion de los usuarios.

- Jugabilidad.

En el tema de la Jugabilidad el cual se ilustra en la figura 5.7, se buscó averiguar la opinión de los participantes respecto a cuan fácil resulta utilizar el juego. El 55 % de los participantes marcó una actitud neutral de acuerdo con la escala utilizada con solo el 37 % reconociendo el juego como fácil. De manera inversa, el 55 % afirma que aprender el juego es simple contra un 37 % que se encontró indeciso. Una aclaración encontrada en la figura 5.8 , muestra que las razones que complicaron el uso del juego se centran en problemas para maniobrar utilizando el CSC mientras que solo el 5 % de los usuarios declaró no haber entendido su funcionamiento, más del 30 % de los participantes lo encontró difícil de utilizar.

Es notable que dentro de los usuarios que tuvieron problemas para utilizar la cuchara, el 75 % se encuentra entre los grupos más jóvenes quienes además incluyeron a la mayor población indecisa al respecto. Sobre si supervisión es requerida, el 58.6 % declaro que no, contra el 41.4 % que solicitó supervisión ya fuera de un docente o uno de sus padres. La supervisión fue solicitada en igual medida por miembros de ambos grados escolares.

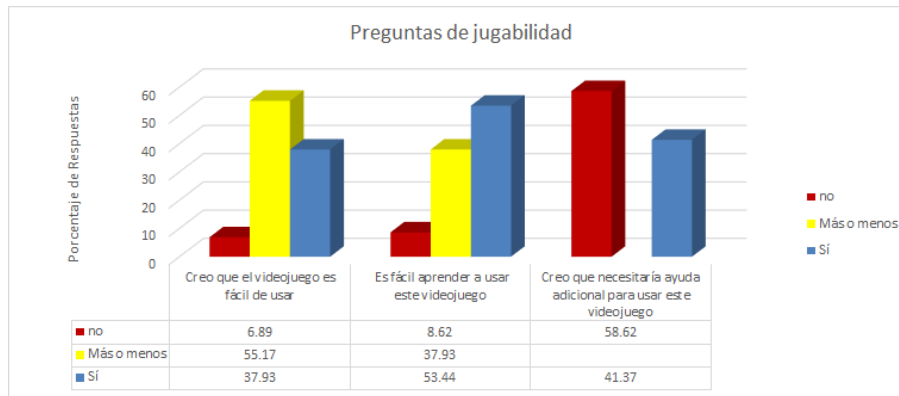


Figura 5.7: Gráfica de resultados de las preguntas sobre la jugabilidad de la aplicación.

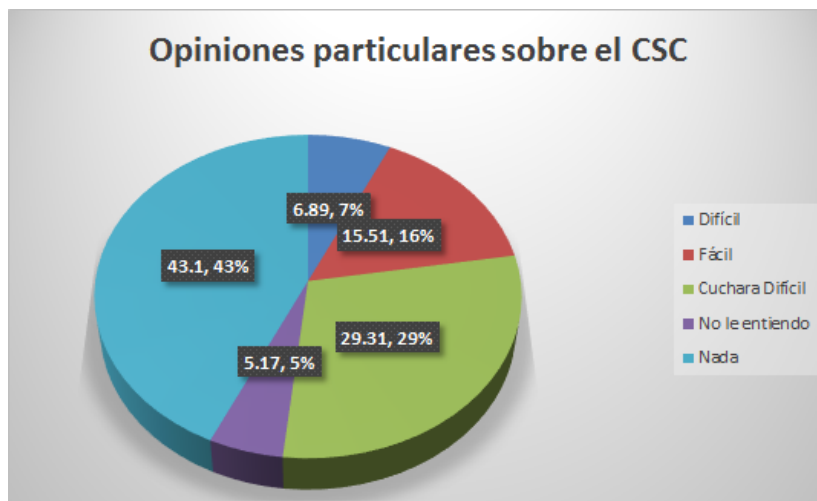


Figura 5.8: Gráfica de pastel de la opinión de los usuarios sobre el CSC

- Opinión sobre el CSC.

Específicamente hablando sobre el CSC, una vez analizadas las respuestas de Jugabilidad se esperaba una aceptación relativamente baja debido a que los comentarios escritos denotan que los usuarios tuvieron problemas para utilizar el CSC durante la partida; sin embargo como se puede ver en la figura 5.9 solo el 24% de los participantes declaro que no les gustaba el uso del CSC de manera definitiva mientras que a pesar de los problemas para usarlo, el 48% afirmo que les gusto usar el CSC. Las opiniones al respecto pueden encontrarse en la sección 5.5. A pesar de que la mitad de los usuarios dice que le agrado usar el CSC, al presentarse la opción de jugar utilizando el teclado, solo el 36% mantuvo el CSC como su opción preferida de control para el juego, esto es ilustrado en la figura 5.13.

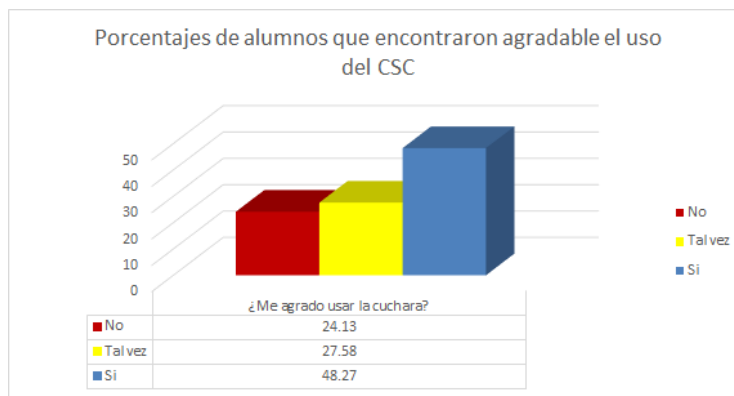


Figura 5.9: Gráfica de resultados de la respuesta de los usuarios al CSC

- Interfaz, apariencia y narrativa.

Por ultimo se revisó la respuesta de los usuarios a la presentación del juego así como al narrativa que se presenta junto con el mismo la cual se ve enmarcada por la existencia de los personajes “Paquito y Lisa”, estas respuestas se ven ilustradas en las figuras 5.11 y 5.12.

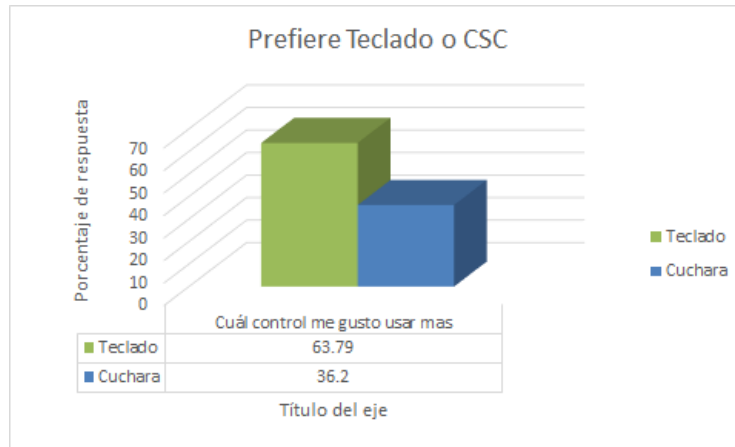


Figura 5.10: Gráfica comparativa sobre la preferencia de los usuarios para el control

El aspecto grafico del juego fue bien recibido teniendo una aprobación completa del 90 % con un 10 % sugiriendo cambios menores, la música de acompañamiento que ayuda a crear la atmosfera fue bien recibida por el 75 % de los usuarios mientras el 8 % declaro que preferiría que no existiera la música y opto por utilizar la función que la enmudecía. Sobre la narrativa, se preguntó por el gusto hacia los personajes los cuales agradaron al 85 % de los usuarios. Se preguntó además si a los participantes les agradaría ver de nuevo a los personajes en juegos diferentes a lo cual un 81 % declaro que si de manera consistente con la respuesta anterior.

Una vez cubiertas las areas específicas del juego, se preguntó de manera abierta cambios sugeridos por los usuarios para mejorar el juego. Las respuestas ilustradas en la figura 5.13 muestran cambios menores incluyendo ampliar la selección de comidas disponibles o alteración de la pista musical. Aunque modificar la forma en que funciona la cuchara fue sugerida de una manera u otra en el 10 % de los casos, no se encontraron solicitudes para removerla completamente. Una solicitud encontrada de manera sorpresiva en esta sección fue la de realizar otros juegos con juegos diferentes (se mencionaron títulos de acción o aventura)

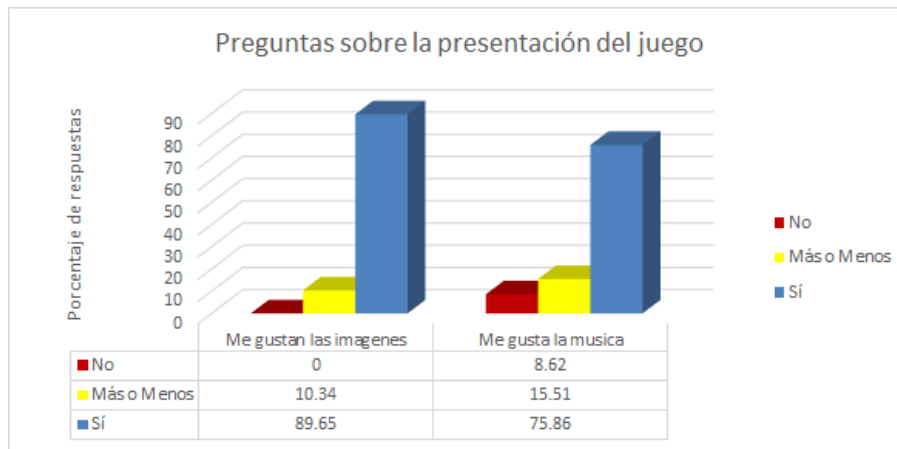


Figura 5.11: Gráfica de resultados de las preguntas sobre la presentación del juego

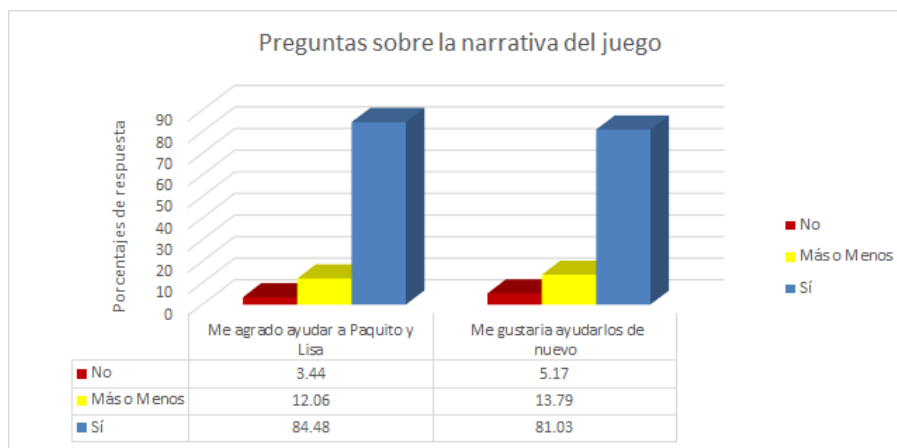


Figura 5.12: Gráfica de resultados de las preguntas sobre la narrativa del juego.



Figura 5.13: Gráfica de resultados de los cambios sugeridos por los usuarios

5.4. Analisis segun el modelo de Mitgutsch

Debido a la falta de valores estandarizados que puedan servir como guía durante la evaluación de diseño y desempeño de juegos serios, en los últimos años han aparecido múltiples propuestas de sistemas y mecanismos que garanticen una evaluación eficiente de estos. El marco de trabajo “ Serious Game Design Assesment ’(SGDA) propuesto por Mitgutsch y Alvarado en 2012 [41], es una herramienta para la evaluación y diseño de juegos serios la cual ha sido implementada en múltiples casos durante los últimos 4 años ya sea como modelo base para otras propuestas como la presentada por Lepe en 2015 [37]. Se ha utilizado el SGDA para asistir en el diseño de juegos serios como en los casos de los trabajos presentados por Gestwicki [24] y Christinaki [14] . De manera similar, los criterios considerados en el marco de trabajo del SGDA se han utilizado para los procesos de evaluación y mejora en casos como los de Ross en 2014 [51] y Schmidt en 2015 [53].

En el caso particular del juego “Queremos comer bien” se utilizaron estos factores

como parte de la evaluación tomando en cuenta los elementos que conforman cada uno de los criterios y como fueron recibidos en la evaluación de usabilidad del juego.

Durante la evaluación, se revisan múltiples factores en una secuencia lineal donde cada factor debe ser exitoso por sí mismo para poder tener una relación positiva con el impacto de la aplicación y tener cohesión con el resto de los factores. Si bien una relación completa entre los factores es el escenario ideal, solo aquellas relaciones que se presentan con los factores contiguos son requeridas de manera esencial. Los factores revisados de acuerdo con el SGDA son los siguientes y los resultados de la evaluación se ven ilustrados en el diagrama de la figura 5.14 donde las relaciones fuertes se marcan en azul mientras que las relaciones débiles o deficientes son marcadas por una línea amarilla:

- **Estética:** Los elementos que conforman la estética son el ambiente gráfico, el GUI de la aplicación y los elementos varios como la música o elementos físicos que ayudan con la ambientación del juego. La estética presenta buenas relaciones generales con los elementos de la ficción apoyando la idea de preparar o consumir comida al contar con una forma asociada a esta implementada en el CSC (la cuchara). Sin embargo, la recepción de la música por parte de los usuarios hace que su relación con el impacto de la aplicación pueda mejorar para evitar convertirse en un elemento que distraiga de los objetivos del juego.
- **Ficción:** denotada en el juego por la presencia de los personajes Paquito y Lisa, así como de la solicitud de ayudar a estos con su problema. Este grupo de elementos fue bien recibido por sí mismo y puede unirse con facilidad al tomar en cuenta la problemática de la narrativa del juego (preparar un plato) con las mecánicas que incluyen el servir el plato para los personajes. La presencia de los personajes en el juego con una imagen distintiva es razón para determinar su relación con los elementos de la estética.
- **Mecánicas:** Determinadas por el uso de un control basado en sensores para captura de movimiento, así como las mecánicas de juego como lo son la creación de plato y transporte de alimentos. La relación que se tiene con la ficción del juego es la más fuerte que presentan las mecánicas internas del juego. Sin embargo el hecho de que un porcentaje considerable de los usuarios tuvo

problemas para desempeñar las actividades del juego con el CSC hacen que sea un elemento que distrae la atención del usuario lo cual debilita su estado como elemento positivo para el impacto del juego en el objetivo. Además, dado que un análisis de los datos de usabilidad reveló que existe una correlación entre el número de personas que tuvieron problemas con el control y el grado académico en el que se encontraban, se puede considerar que su relación con el enmarcado de la aplicación puede ser mejorado.

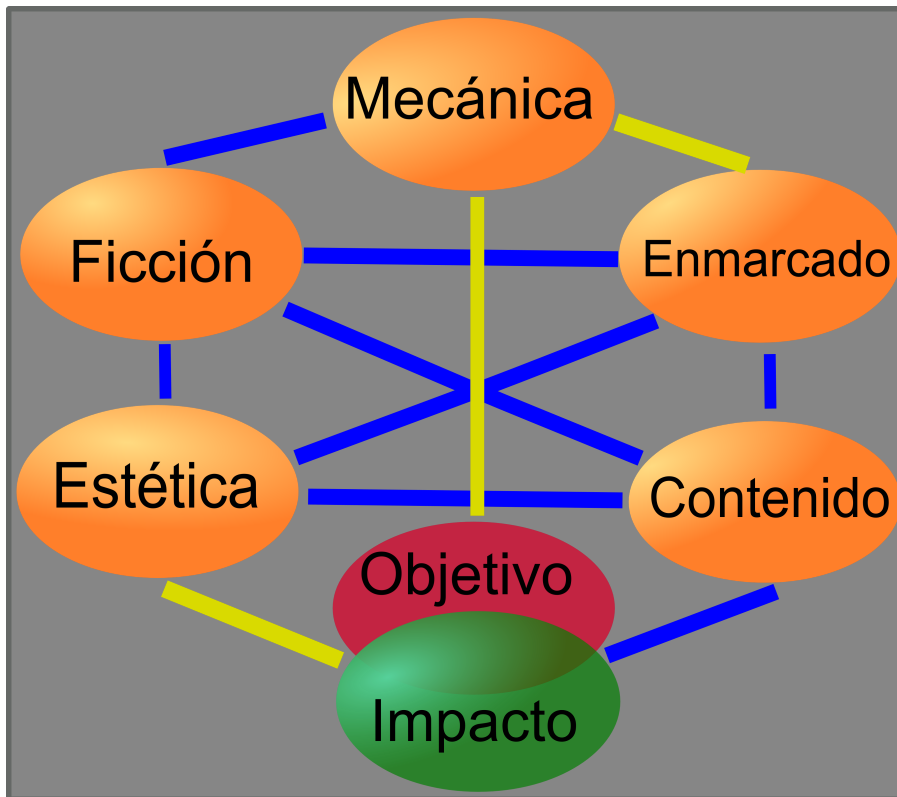


Figura 5.14: Diagrama de la evaluación bajo los factores de Mitgutsch

- **Enmarcado:** El enmarcado del juego es un criterio que habla sobre a quién está dirigida la aplicación, su conexión con el impacto se encuentra determinada desde el punto de vista del diseño donde se utiliza el juego como herramienta disuasiva para la población que se encuentra previa a ingresar en los grupos de riesgo de padecer problemas de obesidad. El hecho de que en las pruebas de usabilidad la aplicación fuera bien recibida y que los usuarios la consideraran en mayor medida como una herramienta útil hacia el objetivo, hace que la relación que tiene el enmarcado con el impacto sea considerada como suficiente.
- **Contenido:** En el contenido del juego se incluyen elementos como la presencia de información tutorial la cual se encuentra verificada, o el tipo de misiones que se pueden encontrar en el juego que en este caso sería la de alimentar de manera saludable a los personajes utilizando alimentos variados que forman parte del contenido del juego. Una vez más, la respuesta favorable al juego ayuda con la idea de que este factor se encuentra bien relacionado con el impacto que este tiene ya que durante la evaluación de usabilidad los usuarios indicaron que la herramienta parece útil en este aspecto, los valores de incidencia de dichas respuestas se encuentran además empatados con la opinión general del juego aunque como se establece en el capítulo 6, un estudio más extenso podría ser útil para apoyar esta afirmación. Sin embargo es un factor a considerarse que algunas de las solicitudes hechas por los participantes en las pruebas de usabilidad fue el expandir la variedad de alimentos encontrados en el juego pese a que estos no fueron un factor que distrajera la atención de los usuarios durante la ejecución de las pruebas.

Como se puede ver en el diagrama de la figura 5.14, la mayoría de los factores tienen una buena relación y aceptación suficiente para apoyar con el impacto del juego, sin embargo, las mecánicas de juego son un factor que de manera evidente requiere ser re trabajado en un futuro si se desea mejorar la evaluación del juego. De la misma manera, cambios menores a la estética del juego son recomendados centrándose en una nueva pista musical o una opción de selección de la misma para mejorar la experiencia de juego.

5.5. Resultados y discusión

Los resultados de las evaluaciones realizadas, dejan visible como problema central para declarar la implementación como exitosa la dificultad por parte de los usuarios para utilizar el CSC. Sin embargo una segunda revisión de la evaluación utilizando el SGDA pero utilizando los datos de la secuencia de control del teclado, muestran un panorama mucho más favorable para la implementación donde los únicos cambios requeridos por los usuarios son cambios estéticos menores relacionados con la música. Con base a la respuesta favorable de los usuarios y a la posibilidad de una relación esencialmente completa en el diagrama del SGDA se puede declarar al juego “Queremos comer bien” como un juego serio que garantiza que su implementación realmente trabaja en pos del objetivo de la prevenir la obesidad infantil. La eficacia del juego con respecto a este objetivo sin embargo requiere un estudio longitudinal más extenso.

En base a los problemas reportados con el CSC, estos derivan del tipo de movimientos finos requeridos para su funcionamiento con el juego, y por ende pueden ser solucionados utilizando una interacción más simple la cual aun si reduce la resolución necesaria por parte de las mediciones y los algoritmos de procesamiento implementados, puede resultar en una interacción más permisiva que haga uso de la captura de movimiento sin que esta resulte en un impedimento para la eficacia del juego serio.

Por su parte, los resultados de las pruebas de funcionalidad revelaron que bajo los parámetros deseados en el diseño y en el análisis de requerimientos, el CSC cumple con los requisitos técnicos; esto quiere decir que es posible implementar el esquema de control desarrollado en aplicaciones que requieren del esquema de control presentado en los requerimientos no funcionales del sistema.

5.6. Resumen

En este capítulo se revisó el proceso de evaluación del juego “Queremos comer bien”. Primero se revisa la evaluación de las pruebas de funcionalidad internas en las cuales se evaluó la respuesta de los componentes del juego, así como de los algoritmos implementados para el funcionamiento del control por medio de fusión de sensores.

En la evaluación de usabilidad se describe el proceso por el cual se evaluó la

experiencia de los usuarios a la experiencia general del juego, así como a las partes que conforman la aplicación tomando especial atención a la interacción con el CSC.

De acuerdo con los objetivos del proyecto, se realizó la evaluación de la aplicación según los factores de Mitgutsch presentando las fortalezas del sistema y las áreas que requieren ser trabajadas más a profundidad.

El capítulo se terminó con un informe de los resultados de las múltiples evaluaciones realizadas.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo futuro

6.1. Conclusiones

En el actual trabajo de tesis se desarrolló un juego serio orientado a la prevención de la obesidad infantil que implementa un control basado en captura de movimiento, dicho control emplea técnicas de fusión de sensores para mejorar su respuesta y la confiabilidad de los datos capturados. Para esto se realizó una investigación sobre las técnicas utilizadas para llevar a cabo la educación alimentaria a nivel mundial y se compararon con las empleadas a nivel nacional de acuerdo con la norma oficial 043 del DOF. Esto con el fin de tener una visión clara del posible contenido del juego. De un modo similar una investigación sobre los usos y convenciones tecnológicas de los juegos serios para poder establecer un marco de referencia inicial en el diseño del juego.

Posteriormente se realizó una propuesta de diseño que fue ajustada con la teoría del área de ludificación, específicamente para juegos serios y fue evaluada utilizando una muestra significativa de con más de 100 participantes. Esta propuesta y el análisis de la respuesta que tuvo el público a ella fueron utilizados en el proceso de análisis y definición de requerimientos.

Una vez que se tuvieron los requerimientos, se realizó el diseño formal del juego bajo el paradigma orientado a objetos siguiendo una metodología anclada en un modelo de capas personalizado con el cual se conceptualizó una secuencia de juego que incorporara los elementos de un control personalizado basado en sensores el cual

fue diseñado e implementado de manera paralela al juego.

Tras la implementación del diseño utilizando el motor de juego Unity para obtener el prototipo funcional del juego, este fue evaluado siguiendo la metodología de las evaluaciones de funcionalidad para las pruebas de humo, sanidad y usabilidad. La información de estas pruebas básicas para software se utilizó en el análisis más especializado para juegos serios determinado por el sistema SGDA de Mitgutsch y Alvarado para evaluar de manera básica la calidad del prototipo desarrollado. En base a las preguntas de investigación postuladas como lineamientos de la evaluación se llegó a una serie de conclusiones respecto a los resultados obtenidos en el presente proyecto.

Los datos de las pruebas de humo y sanidad revelan que en comparación con métodos de fusión probados y que se encuentran actualmente en el mercado, los resultados del control desarrollado presentan una variación mínima y permite una resolución más que suficiente para poder ser utilizados dentro de un control de juego. Sin embargo, a pesar de la funcionalidad adecuada en aspectos técnicos, esta no resulta más atractiva como medio de control de juego para el público meta que un método tradicional de control como lo es el teclado. Es discutible sin embargo el hecho de que aun cuando no supera a los métodos tradicionales, la respuesta del control basado en fusión de sensores no es del todo negativa y presenta el potencial para ser mejorada dado que la premisa de uso fue bien recibida. Los problemas encontrados dejan entrever que el uso de fusión de sensores en el diseño del control, si bien ayuda con la confiabilidad de los datos, es quizá un proceso demasiado complejo para la tarea que se desarrolló y la relación costo beneficio reflejada en las evaluaciones deja claro que en este caso, se requiere una reestructuración de cómo se utiliza la tecnología para que sea viable.

Es posible concluir finalmente con respecto a la evaluación utilizando los factores del SGDA de Mitgutsch, que el uso de los sensores resulto un distractor que con una recepción mixta, no contribuyó a la integración de las mecánicas propuestas en el sistema de juego las cuales pueden ser re trabajadas considerando que representan el único factor que no cumplió con las expectativas de la evaluación.

6.2. Limitaciones

- Cada partida jugada requiere que el CSC sea calibrado antes de su ejecución, esto es debido al uso del magnetómetro como base para los cálculos de Yaw con los cuales se simplifican los requerimientos del sistema que huésped del juego.
- La evaluación de usabilidad se realizó en un periodo de dos días con tiempo limitado para que cada participante pudiera utilizar el juego por periodos prolongados de tiempo, por lo tanto, las conclusiones no contemplan la curva de aprendizaje del juego lo que reduce la efectividad del CSC en las evaluaciones.
- El efecto del juego como herramienta para la prevención de la obesidad requiere de un estudio longitudinal para ser evaluados, dicho estudio no pudo ser completado durante la duración de este proyecto.

6.3. Trabajo futuro

Para el presente trabajo de tesis se obtuvo una versión funcional del juego “Queremos comer bien”, sin embargo como parte del trabajo futuro se pueden explorar los siguientes puntos:

- Realizar un estudio a largo plazo que determine la efectividad real de la aplicación como herramienta para la prevención de la obesidad.
- Analizar e implementar cambios en la estructura de la interacción por medio del CSC para mejorar la respuesta de los usuarios ante él y asegurar una mejor integración con el resto del juego.
- Se propone la posibilidad de una “Suite” de juegos serios bajo la misma ficción que aborden el tema de la educación alimentaria y prevención de la obesidad desde múltiples ángulos bajo múltiples esquemas de juego.
- Explorar alternativas para mejorar el algoritmo de control implementado en el CSC así como explorar las posibilidades para la implementación de los sensores que no fueron utilizados del RDXWIN8USB dentro del CSC en el presente caso.

Referencias Bibliograficas

- [1] Norma oficial mexicana nom-043-ssa2-2005. 2006.
- [2] choosemyplate.gov. 2011. URL <http://www.choosemyplate.gov/MyPlate>.
- [3] Eating well with canadas food guide a resource for educators and communicators. 2011. URL <http://www.hc-sc.gc.ca>.
- [4] 12-axis freescale sensor reference platform for windows 8. 2012.
- [5] Clark C. Abt. *Serious Games*. Viking Compass Edition, New York,, 1970.
- [6] Julian Alvarez, Véronique Alvarez, Damien Djaouti, y Laurent Michaud. Serious games: Training & teaching-healthcare-defence & security-information & communication. *IDATE, France*, 2010.
- [7] Li Bai y Yan Wang. A sensor fusion framework using multiple particle filters for video-based navigation. 11, 2010.
- [8] Tom Baranowski, Richard Buday, Debbi I Thompson, y Janice Baranowski. Playing for real: video games and stories for health-related behavior change. *American journal of preventive medicine*, 34(1):74–82, 2008.
- [9] Javier Belmonte, Philippe Dugerdil, y Ashish Agrawal. A three-layer model of source code comprehension. En *Proceedings of the 7th India Software Engineering Conference*, pág. 10. ACM, 2014.
- [10] Fabio Buttussi y Luca Chittaro. Smarter phones for healthier lifestyles: An adaptive fitness game. *IEEE Pervasive Computing*, 9(4):51–57, 2010.

-
- [11] Mónica S Cameirão, I Badia S Bermúdez, E Duarte Oller, y Paul F Verschure. The rehabilitation gaming system: a review. *Stud Health Technol Inform*, 145(6), 2009.
- [12] Amanda Chaffin y Tiffany Barnes. Lessons from a course on serious games research and prototyping. En *Proceedings of the Fifth International Conference on the Foundations of Digital Games*, págs. 32–39. ACM, 2010.
- [13] Kah Chan. Constructionist learning through serious games. En *Proceedings of the 7th Australasian Conference on Interactive Entertainment*, pág. 6. Interactive Entertainment, 2011.
- [14] Eirini Christinaki, Nikolas Vidakis, y Georgios Triantafyllidis. Facial expression recognition teaching to preschoolers with autism: a natural user interface approach. En *Proceedings of the 6th Balkan Conference in Informatics*, págs. 141–148. ACM, 2013.
- [15] Seth Cooper, Adrien Treuille, Janos Barbero, Andrew Leaver-Fay, Kathleen Tuite, Firas Khatib, Alex Cho Snyder, Michael Beenen, David Salesin, David Baker, et al. The challenge of designing scientific discovery games. En *Proceedings of the Fifth international Conference on the Foundations of Digital Games*, págs. 40–47. ACM, 2010.
- [16] Chi Cui y Kun Qian. Chronos tennis: an online tennis game better than wii. En *Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, págs. 200–200. ACM, 2011.
- [17] Belur V. Dasarathy. Sensor fusion potential exploitation innovative architectures and illustrative applications. 85, 1997.
- [18] Damien Djaouti, Julian Alvarez, y Jean-Pierre Jessel. Classifying serious games: the g/p/s model. *Handbook of research on improving learning and motivation through educational games: Multidisciplinary approaches*, págs. 118–136, 2011.
- [19] Damien Djaouti, Julian Alvarez, Jean-Pierre Jessel, y Olivier Rampnoux. Origins of serious games. En *Serious games and edutainment applications*, págs. 25–43. Springer, 2011.

- [20] Ralf Dörner y Ulrike Spierling. Serious games development as a vehicle for teaching entertainment technology and interdisciplinary teamwork: Perspectives and pitfalls. En *Proceedings of the 2014 ACM International Workshop on Serious Games*, págs. 3–8. ACM, 2014.
- [21] ennis G. Jerz. usability testing: What is it? Jerz’s Literacy Weblog, 2000. URL <http://jerz.setonhill.edu/writing/technical-writing/usability-testing/>.
- [22] Inc Freescale Semiconductor. The role of sensor fusion and remote emotive computing (rec) in the internet of things. Inf. téc., Freescale Semiconductor, Inc, 2013.
- [23] Quanbo Ge y Chenglin Wen. Decentralized fusion with relative measurements for delayed sensor networks. En *2007 International Conference on Mechatronics and Automation*, págs. 366–371. IEEE, 2007.
- [24] Paul Gestwicki y Kaleb Stumbaugh. Observations and opportunities in cybersecurity education game design. En *Computer Games: AI, Animation, Mobile, Multimedia, Educational and Serious Games (CGAMES), 2015*, págs. 131–137. IEEE, 2015.
- [25] Afef Ghannem. Characterization of serious games guided by the educational objectives. En *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, págs. 227–233. ACM, 2014.
- [26] Lindsay D Grace y James Coyle. Player performance and in game advertising retention. En *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pág. 55. ACM, 2011.
- [27] Mohammad Bagher Akbari Haghigat, Ali Aghagolzadeh, y Hadi Seyedarabi. Multi-focus image fusion for visual sensor networks in det domain. 37, 2011.
- [28] Matt Higger, Murat Akcakaya, y Deniz Erdogmus. A robust fusion algorithm for sensor failure. 2013.

- [29] Chu-Hsiang Huang y Kwang-Cheng Chen. Decision-prediction sensor fusion for intelligent mobile device navigation. En *Vehicular Technology Conference, 2009. VTC Spring 2009. IEEE 69th*, págs. 1–5. IEEE, 2009.
- [30] Klaus P Jantke y Swen Gaudl. Taxonomic contributions to digital games science. En *2010 2nd International IEEE Consumer Electronics Society's Games Innovations Conference*, págs. 1–8. IEEE, 2010.
- [31] Michael P. Jenkins, Geoff A. Gross, Ann M. Bisantz, y Rakesh Nagi. Towards context aware data fusion: Modeling and integration of situationally qualified human observations to manage uncertainty in a hard + soft fusion process. 2013.
- [32] Rivera-Dommarco; T Shamah-Levy; S Villalpando-Hernandez; A Franco; L Cuevas-Nasu JP, Gutierrez; J. Encuesta nacional de salud y nutricin (ensaut) 2012. resultados nacionales. Instituto Nacional de Salud Pblica, 2012.
- [33] Cem Kaner, Jack Falk, y Hung Quoc Nguyen. *Testing Computer Software Second Edition*. Dreamtech Press, 1999.
- [34] L Kovavisaruch, J Wisanmongkol, T Sanpachuda, A Chaiwongyen, S Wisadsud, T Wongsatho, B Tangkamcharoen, B Nagarachinda, y C Khiawchaum. Conserving and promoting thai sword dancing traditions with motion capture and the nintendo wii. En *2011 Proceedings of PICMET'11: Technology Management in the Energy Smart World (PICMET)*, págs. 1–5. IEEE, 2011.
- [35] Fedwa Laamarti, Mohamad Eid, y Abdulmotaleb El Saddik. An overview of serious games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014:11, 2014.
- [36] Andre Lei y Robert Schober. Multiple-symbol differential decision fusion for mobile wireless sensor networks. 9, 2010.
- [37] Francisco Lepe-Salazar. A model to analyze and design educational games with pedagogical foundations. 2015.
- [38] Conor Linehan, Shaun Lawson, Mark Doughty, y Ben Kirman. Developing a serious game to evaluate and train group decision making skills. En *Proceedings*

- of the 13th international MindTrek conference: *Everyday Life in the Ubiquitous Era*, págs. 106–113. ACM, 2009.
- [39] UNICEF México. Salud y nutrición-infancia y salud [página web; consultado 3 may 2014].
- [40] L. Michaud. Serious games, a 10 billion euro market in 2015. 2010. URL <http://www.idate.org/en/Home>.
- [41] Konstantin Mitgutsch. Purposeful by design? a serious game design assessment framework. 2012.
- [42] António HJ Moreira, Sandro Queirós, José Fonseca, Pedro L Rodrigues, Nuno F Rodrigues, y João L Vilaça. Real-time hand tracking for rehabilitation and character animation. En *Serious Games and Applications for Health (SeGAH), 2014 IEEE 3rd International Conference on*, págs. 1–8. IEEE, 2014.
- [43] Mathieu Muratet, Patrice Torguet, Jean-Pierre Jessel, y Fabienne Viallet. Towards a serious game to help students learn computer programming. *International Journal of Computer Games Technology*, 2009:3, 2009.
- [44] Cynthia L Nelson y Deborah S Fitzgerald. Sensor fusion for intelligent alarm analysis. En *Security Technology, 1996. 30th Annual 1996 International Carnahan Conference*, págs. 143–150. IEEE, 1996.
- [45] Joao N Neto, Ricardo Silva, Joao P Neto, Joao Madeiras Pereira, y Joao Fernandes. Solis’curse-a cultural heritage game using voice interaction with a virtual agent. En *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2011 Third International Conference on*, págs. 164–167. IEEE, 2011.
- [46] J Nielsen. *Usability Engineering*. Academic Press Inc, 1994. P 165.
- [47] Nurul Fizah Mohamad Nusran y Nor Azan M Zin. Popularizing folk stories among young generation through mobile game approach. En *Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT), 2010 5th International Conference on*, págs. 244–248. IEEE, 2010.

- [48] OMS Obesidad. sobrepeso. nota descriptiva 311 2016.
- [49] Dr. Prasad. Istqb certification study guide. 2008.
- [50] Rabindra Ratan y Ute Ritterfeld. Classifying serious games. *Serious games: Mechanisms and effects*, págs. 10–24, 2009.
- [51] Adam M Ross, Matthew E Fitzgerald, y Donna H Rhodes. Game-based learning for systems engineering concepts. *Procedia Computer Science*, 28:430–440, 2014.
- [52] Simon Scarle, Ian Dunwell, Thomas Bashford-Rogers, Elmedin Selmanovic, Kurt Debattista, Alan Chalmers, John Powell, y Wendy Robertson. Complete motion control of a serious game against obesity in children. En *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2011 Third International Conference on*, págs. 178–179. IEEE, 2011.
- [53] Ralf Schmidt, Stephanie Scheja, Thanh Thu Lam, y Maic Masuch. Anxiety storm: creating a playful prevention program against performance anxiety in primary school. En *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children*, págs. 251–254. ACM, 2015.
- [54] Namsoo Shin, LeeAnn M Sutherland, Cathleen A Norris, y Elliot Soloway. Effects of game technology on elementary student learning in mathematics. *British journal of educational technology*, 43(4):540–560, 2012.
- [55] Steven Sinofsky. Supporting sensors in windows 8. 2012. URL <http://blogs.msdn.com/.../supporting-sensors-in-windows-8.aspx>.
- [56] Alexander Smirnov, Tatiana Levashova, y Nikolay Shilov. Patterns for context-based knowledge fusion in decision support systems. 21, 2015.
- [57] Kurt D. Squire. Changing the game: What happens when video games enter the classroom? 1, 2005.
- [58] Alan N Steinberg y Christopher L Bowman. Rethinking the jdl data fusion levels. *NSSDF JHAPL*, 38:39, 2004.

-
- [59] Debbe Thompson, Tom Baranowski, Richard Buday, Janice Baranowski, Victoria Thompson, Russell Jago, y Melissa Juliano Griffith. Serious video games for health: how behavioral science guided the design of a game on diabetes and obesity. *Simulation & gaming*, 2008.
- [60] Pei-Hsuan Tsai. A framework for fusion of human sensor and physical sensor data. 44, 2014.
- [61] Bradley van Tonder y Janet Wesson. The impact of sensor fusion on tilt interaction in a mobile map-based application. En *Proceedings of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists Conference on Knowledge, Innovation and Leadership in a Diverse, Multidisciplinary Environment*, págs. 249–258. ACM, 2011.
- [62] William R Watson, Christopher J Mong, y Constance A Harris. A case study of the in-class use of a video game for teaching high school history. *Computers & Education*, 56(2):466–474, 2011.
- [63] Bo Xie, Tom Yeh, Greg Walsh, Ivan Watkins, y Man Huang. Co-designing an e-health tutorial for older adults. En *Proceedings of the 2012 iConference*, págs. 240–247. ACM, 2012.
- [64] Hiroshi Yamamoto y Tomoaki Ohtsuki. Wireless sensor networks with local fusion. En *GLOBECOM'05. IEEE Global Telecommunications Conference, 2005.*, tomo 1, págs. 5–pp. IEEE, 2005.
- [65] Nick Yee, Jeremy N Bailenson, y Nicolas Ducheneaut. The proteus effect. *Communication Research*, 36(2):285–312, 2009.

Anexo A

Diagramas de Flujo referentes al capitulo 4.6

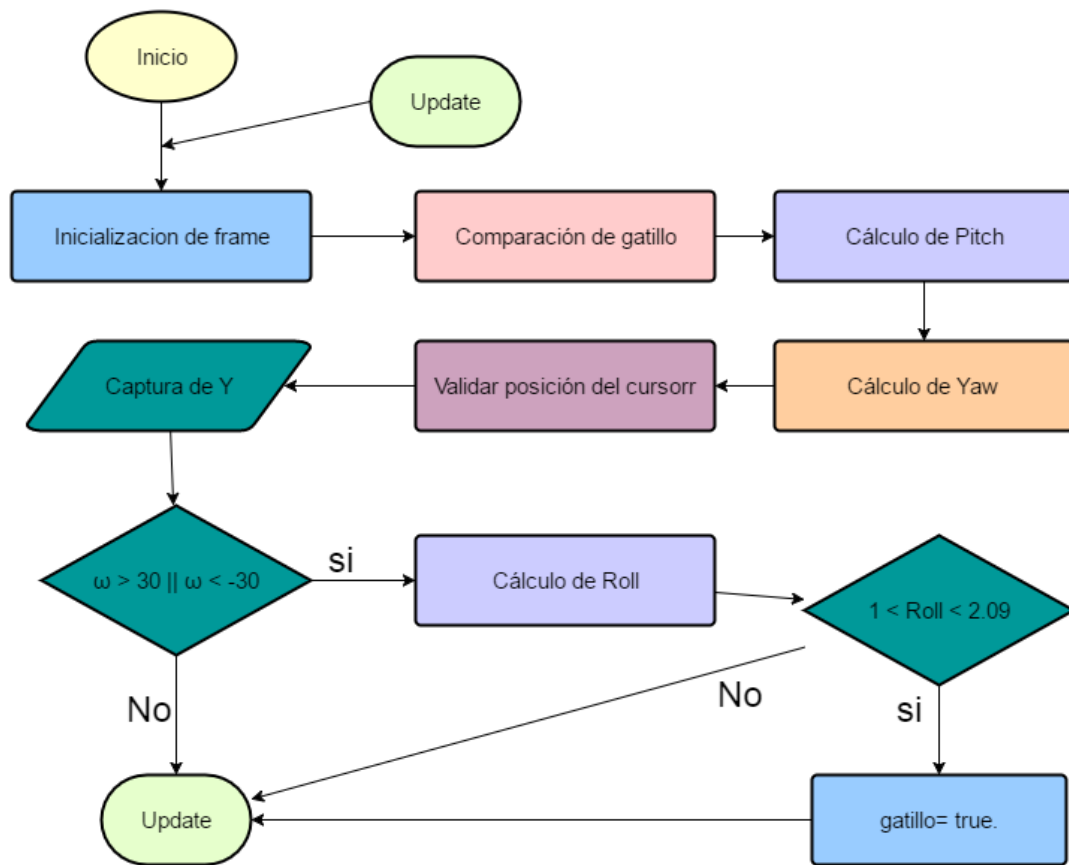


Figura A.1: Algoritmo del metodo RDX

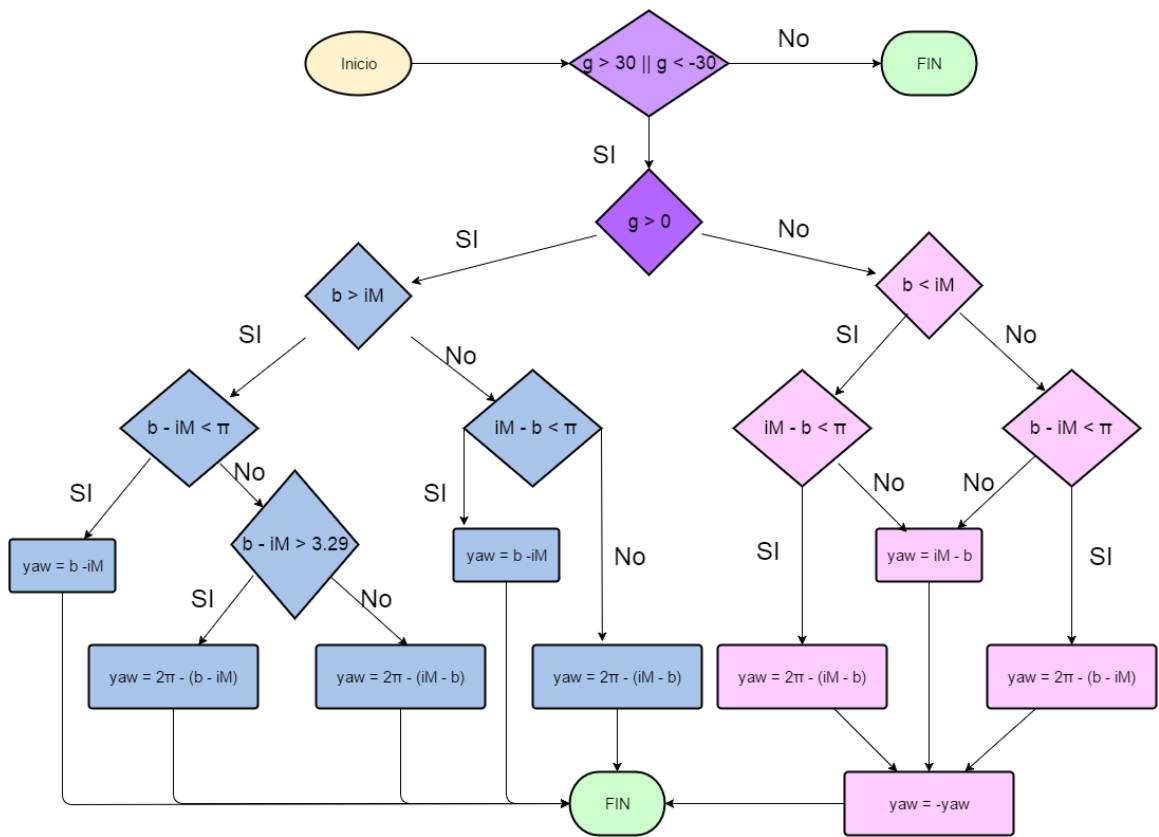


Figura A.2: Algoritmo del calculo de Yaw

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD ENSENADA**

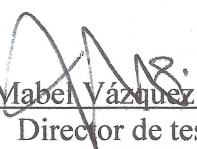
**Implementación de fusión de sensores en un juego serio como
herramienta para la prevención de la obesidad.**

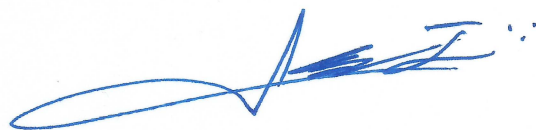
TESIS

Que para obtener el grado de maestría en ingeniería presenta:

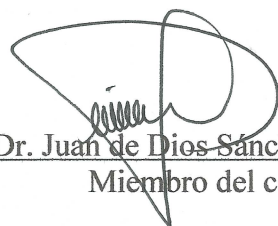
Armando Márquez Téllez

Aprobada por:


Dr. Mabel Vázquez Briseño
Director de tesis



Dr. Juan Iván Nieto Hipólito
Miembro del comité


Dr. Juan de Dios Sánchez López
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Diciembre 2016

**ASUNTO: Voto aprobatorio sobre trabajo
De tesis de grado de Maestro en ingeniería**

Dr. Miguel Enrique Martínez Rosas
Coordinador de Posgrado
Facultad de Ingeniería-Ensenada
P R E S E N T E

Después de haber efectuado una revisión minuciosa sobre el trabajo de tesis presentado por el C. Armando Márquez Téllez para poder presentar la defensa de su examen y obtener el grado de Maestro en Ingeniería, me permito comunicarle que he dado mi voto aprobatorio, sobre el trabajo titulado:

“ Implementación de fusión de sensores en un juego serio para la prevención de la obesidad ”

Esperando reciba la presente de conformidad, quedo de Usted.

Ensenada, B.C. a día 21 del mes de Diciembre del 2016



Dra. Mabel Vazquez Briseño

c.c.p expediente

**ASUNTO: Voto aprobatorio sobre trabajo
De tesis de grado de Maestro en ingeniería**

Dr. Miguel Enrique Martínez Rosas
Coordinador de Posgrado
Facultad de Ingeniería-Ensenada
P R E S E N T E

Después de haber efectuado una revisión minuciosa sobre el trabajo de tesis presentado por el C. Armando Márquez Téllez para poder presentar la defensa de su examen y obtener el grado de Maestro en Ingeniería, me permito comunicarle que he dado mi voto aprobatorio, sobre el trabajo titulado:

" Implementación de fusión de sensores en un juego serio para la prevención de la obesidad "

Esperando reciba la presente de conformidad, quedo de Usted.

Ensenada, B.C. a día 21 del mes de Diciembre del 2016



Dr. Juan Iván Nieto Hipólito

c.c.p expediente

**ASUNTO: Voto aprobatorio sobre trabajo
De tesis de grado de Maestro en ingeniería**

Dr. Miguel Enrique Martínez Rosas
Coordinador de Posgrado
Facultad de Ingeniería-Ensenada
P R E S E N T E

Después de haber efectuado una revisión minuciosa sobre el trabajo de tesis presentado por el C. Armando Márquez Téllez para poder presentar la defensa de su examen y obtener el grado de Maestro en Ingeniería, me permito comunicarle que he dado mi voto aprobatorio, sobre el trabajo titulado:

“ Implementación de fusión de sensores en un juego serio para la prevención de la obesidad ”

Esperando reciba la presente de conformidad, quedo de Usted.

Ensenada, B.C. a día 21 del mes de Diciembre del 2016



Dr. Juan de Dios Sánchez López

c.c.p expediente