



FACULTAD UISEK BUSINESS & DIGITAL SCHOOL

Trabajo de titulación:

“Diseño e implementación de una mascota virtual interactiva para fomentar la atención en entornos de aprendizaje virtual, aplicando principios de Interacción Humano-Computador”

Realizado por:

LUIS LEONARDO MALDONADO LAVERDE

Director del proyecto:

MSC.ÍKIAM ZURITA LONDOÑO

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN CON ÉNFASIS EN
CONTENIDOS INTERACTIVOS**

Quito, julio 2025

DECLARATORIA

El presente Trabajo de Titulación titulado:

**“Diseño e implementación de una mascota virtual interactiva para
fomentar la atención en entornos de aprendizaje virtual, aplicando principios
de Interacción Humano-Computador”**

Realizado por:

LUIS LEONARDO MALDONADO LAVERDE

Ha sido dirigido por el profesor:

MSC.ÍKIAM ZURITA LONDOÑO

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN CON ÉNFASIS
EN CONTENIDOS INTERACTIVOS**

 1723521322 IKIAM
SANTIAGO ZURITA
LONDOÑO
7/9/2025 21:49:52 -
05:00

MSC.ÍKIAM ZURITA LONDOÑO

PROFESOR

DECLARACION JURAMENTADA

Yo, LUIS LEONARDO MALDONADO LAVERDE, con cedula de identidad No. 1727316216, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Luis Leonardo Maldonado Laverde

C.C: 1727316216

LOS PROFESORES INFORMANTES:

PhD. VIVIANA ELIZABETH CAJAS CAJAS

PhD. JOE LUIS CARRION JUMBO

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral
ante el tribunal examinador.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Viviana Cajas", with a small mark below it.

PhD. Viviana Cajas

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Joe Carrión", with a stylized flourish.

PhD. Joe Carrión

ÍNDICE

Tabla de contenido

.....	1
DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	1
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	1
1. CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3 METODOLOGÍA	7
1.4 OBJETIVO DE LA IMPLEMENTACIÓN	9
1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	10
2 CAPÍTULO 2	11
2.1 APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS Y VIDEOJUEGOS EDUCATIVOS	11

2.1.1 LA DIMENSIÓN COGNITIVA DE LA ATENCIÓN EN ENTORNOS DIGITALES.....	11
2.1.2 TAXONOMÍA DE LOS PROCESOS ATENCIONALES.....	12
2.2 LA SOBRECARGA COGNITIVA Y LA PARADOJA DE LA CONECTIVIDAD	14
2.2.1 PARADIGMAS DE INTERVENCIÓN: GAMIFICACIÓN Y COMPUTACIÓN AFECTIVA.....	15
2.2.2 DE LA LÚDICA A LA GAMIFICACIÓN	16
2.2.3 EL COMPAÑERO VIRTUAL COMO AGENTE AFECTIVO.....	17
2.2.4 FUNDAMENTOS PSICOLÓGICOS DE LA MOTIVACIÓN HUMANA	19
2.3 TEORÍA DE LA AUTODETERMINACIÓN (DECI & RYAN).....	19
2.3.1 LA EXPERIENCIA ÓPTIMA (TEORÍA DEL FLUJO DE CSIKSZENTMIHALYI)	21
2.3.2 PRINCIPIOS RECTORES DE LA INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADOR (IHC).....	23
2.4.1. MODELOS DE INTERACCIÓN Y USABILIDAD.....	25
3. CAPÍTULO 3	34
3.1 MARCO DE DESARROLLO ÁGIL: SCRUM.....	34
3.1.2. JUSTIFICACIÓN DEL ENFOQUE ÁGIL.....	34

3.1.3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO SCRUM	36
3.2.4 DISEÑO Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA	39
3.2.5 ARQUITECTURA CONCEPTUAL	39
3.3 DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO Y LA EMOCIÓN.....	41
3.3.1 PLAN DE EVALUACIÓN EMPÍRICA.....	42
3.3.2 DISEÑO DEL ESTUDIO Y PARTICIPANTES	42
3.3.3. INSTRUMENTOS Y MÉTRICAS DE EVALUACIÓN.....	43
Tabla 2. Matriz De Evaluación Metodológica . ¡Error! Marcador no definido.	
3.3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	48
4. CAPÍTULO 4	51
4.1. ENTORNO DE DESARROLLO Y TECNOLOGÍAS SELECCIONADAS	51
4.2.1. DISEÑO Y ANIMACIÓN DEL COMPAÑERO VIRTUAL.....	53
4.2. IMPLEMENTACIÓN DE COMPORTAMIENTOS AUTÓNOMOS Y REACTIVOS	56
4.2.3. DESARROLLO DEL SISTEMA DE GAMIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN.....	57
4.2.4. IMPLEMENTACIÓN DE MINIJUEGOS COMO TAREAS DE APRENDIZAJE	58
5. CAPÍTULO 5	62

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Y PROCEDIMIENTO.....	62
5.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO: IMPACTO EN LA ATENCIÓN SOSTENIDA	63
5.2.1 ANÁLISIS CUALITATIVO: USABILIDAD Y EXPERIENCIA DE USUARIO.....	65
5.5.2 ANÁLISIS CUALITATIVO: VÍNCULO AFECTIVO Y MOTIVACIÓN PERCIBIDA.....	66
5.5.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	67
6. CAPÍTULO 6.....	69
6.1. EL VÍNCULO AFECTIVO COMO MOTOR DEL COMPROMISO: DECONSTRUYENDO LA MOTIVACIÓN.....	71
6.2. VALIDACIÓN EMPÍRICA DEL MARCO TEÓRICO: LA SINERGIA DE LA AUTODETERMINACIÓN Y EL FLUJO	73
6.3. EL ROL FUNDACIONAL DE LA INTERACCIÓN HUMANO- COMPUTADOR: LA USABILIDAD COMO PRERREQUISITO DEL ÉXITO	76
6.4. EL BENEFICIO EMERGENTE: EL COMPAÑERO VIRTUAL COMO AGENTE DE APOYO SOCIOEMOCIONAL.....	77
6.4.1 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y DIRECCIONES PARA LA GENERALIZACIÓN.....	79
7. CONCLUSIONES	81

8.	RECOMENDACIONES	84
8.1.	RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.....	84
8.2.	RECOMENDACIONES PARA LA PRÁCTICA PROFESIONAL Y EL DESARROLLO DE PRODUCTOS EDUCATIVOS.....	86
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	91
10.	ANEXO A.....	93
A.1	FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	93
11.	ANEXO B.....	97
B.2	INTERFACES DE USUARIO DE LOS MINIJUEGOS	100
B.3	MUESTRAS DE CÓDIGO FUENTE (GDSCRIPT).....	11
B.3.2	SISTEMA DE RECOMPENSAS Y GAMIFICACIÓN (BASADO EN SEÑALES).....	15

INDICE DE GRAFICOS

Figura 1 Diagrama de Casos de Uso UML del Sistema.....	50
Figura 2. Desarrollo de Script	52
Figura 3. Hoja de Sprites.....	53
Figura 4. Sprite de Ocioso.....	54
Figura 5. Sprite de Correr.....	54
Figura 6. Sprite de Sentarse.....	55
Figura 7. Sprite de Dormir	55
Figura 8. Sprite de Olfatear	55
Figura 9. Sprite de Ladrar	55
Figura 10. Sprite de Curioso	56
Figura 11. Interfaz del Minijuego de Aprendizaje "BalloonPop"	59
Figura 12. Interfaz del Minijuego de Aprendizaje "FavoriteSnack"	61
Figura 13. Hoja de Sprites.....	7
Figura 14. Interfaz del Minijuego de Aprendizaje "BalloonPop"	10
Figura 15. Interfaz del Minijuego de Aprendizaje "FavoriteSnack"	11

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Aplicación de Principios de IHC al Sistema Compañero Virtual	29
Tabla 2. Matriz De Evaluación Metodológica	45
Tabla 3. Métricas de Resultados	63
Tabla 4. Métricas de Uso.....	64
Tabla 5. Resultados Comparativos de la Prueba de Atención d2 (Medias y Desviaciones Estándar)	70
Tabla 6. Métricas de Uso del Sistema Durante las Dos Semanas de Intervención (Promedios por Usuario).....	71
Tabla 7. Métricas Clave	4
Tabla 8. Descripción de Sprites.....	8

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por brindarme guía, fortaleza y sabiduría a lo largo de este camino de aprendizaje.

También lo dedico con profundo cariño a mis abuelitos y a mis padres. A

mis abuelitos, por su compañía constante, sus sabios consejos y los valores que me han transmitido y a mis padres, por su amor, paciencia y dedicación.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero
agradecimiento a mi familia, por su
amor, apoyo incondicional y enseñanzas
que han guiado mi vida y mi formación
académica.

Asimismo, deseo agradecer a mis
profesores y a todas las personas que
compartieron sus conocimientos y
experiencias durante mi formación

RESUMEN

La proliferación de entornos de aprendizaje digital ha intensificado el desafío de mantener la atención sostenida de los estudiantes frente a una sobreabundancia de distracciones. Este trabajo de titulación aborda dicha problemática mediante el diseño, desarrollo y evaluación de un sistema interactivo basado en un compañero virtual gamificado. El objetivo principal fue fortalecer la atención y la motivación de estudiantes universitarios. La metodología empleó un diseño experimental de métodos mixtos, comparando un Grupo Experimental (GE), que utilizó la aplicación completa, con un Grupo de Control (GC), que usó una versión sin los elementos de gamificación y computación afectiva. El desarrollo se gestionó con el marco ágil SCRUM y se implementó en el motor Godot Engine. La evaluación se realizó mediante la prueba de Atención D2 para medir la atención sostenida y el System Usability Scale (SUS) para la usabilidad.

Palabras clave: Computación Afectiva, Gamificación, Interacción Humano-Computador, Atención Sostenida, Tecnología Educativa

ABSTRACT

The proliferation of digital learning environments has intensified the challenge of maintaining students' sustained attention in the face of an overabundance of distractions. This thesis addresses this issue through the design, development, and evaluation of an interactive system based on a gamified virtual companion. The main objective was to enhance the attention and motivation of university students. The methodology employed a mixed-methods experimental design, comparing an Experimental Group (EG), which used the full application, with a Control Group (CG), which used a version without the gamification and affective computing elements. Development was managed using the SCRUM agile framework and implemented in the Godot Engine. The evaluation was conducted using the d2 Test of Attention to measure sustained attention and the System Usability Scale (SUS) for usability, supplemented by log analysis and qualitative interviews.

Keywords: Affective Computing, Gamification, Human-Computer Interaction, Sustained Attention, Educational Technology.

1. CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La transición global hacia la digitalización de la educación, un proceso acelerado por eventos mundiales recientes ha consolidado los entornos virtuales como un canal predominante, y en muchos casos exclusivo, para la enseñanza y el aprendizaje en todos los niveles académicos. Esta migración masiva ha traído consigo una serie de desafíos pedagógicos y tecnológicos sin precedentes. Entre ellos, uno de los más significativos y persistentes es la creciente dificultad para capturar y mantener la atención de los estudiantes durante las actividades formativas.

En el contexto de un aula tradicional, la interacción física y la supervisión directa del docente actúan como mecanismos naturales de regulación atencional. Sin embargo, en un entorno de aprendizaje virtual, estos elementos se diluyen o desaparecen por completo. Los estudiantes, a menudo operando sin supervisión directa, son propensos a desconectarse de las sesiones de clase, ya sea "mental o literalmente". Este fenómeno se ve exacerbado por la naturaleza misma del ecosistema digital, que se caracteriza por una sobreabundancia de estímulos y distracciones.

El problema central no radica simplemente en la falta de autodisciplina del estudiante, sino en un conflicto fundamental entre los requisitos cognitivos del aprendizaje profundo y la arquitectura de los entornos digitales contemporáneos. Estos entornos están saturados de "distracciones digitales", que van desde notificaciones de redes sociales y mensajería instantánea hasta la facilidad inherente para alternar entre múltiples aplicaciones y pestañas no relacionadas con el estudio. La magnitud de esta fragmentación atencional es alarmante; estudios indican que un individuo promedio puede llegar a interactuar con su teléfono móvil más de 2,600 veces al día. Cada una de estas interacciones, por breve que sea, representa una interrupción del flujo cognitivo, fragmentando los procesos de pensamiento y deteriorando progresivamente la capacidad de concentración.

Este bombardeo constante de estímulos impacta directamente una función cognitiva esencial para el aprendizaje: la atención sostenida. Definida como la capacidad de mantener el foco atencional y permanecer alerta frente a determinados estímulos durante períodos de tiempo relativamente largos, la atención sostenida es un pilar para actividades académicas como la lectura de textos complejos, la resolución de problemas o la participación en una conferencia. Investigaciones realizadas en contextos de educación en línea confirman esta problemática, revelando que los estudiantes a menudo exhiben un bajo rendimiento en pruebas de atención

sostenida, lo que se traduce en fatiga atencional y una disminución en la precisión para identificar estímulos relevantes.

Las consecuencias de este déficit atencional trascienden el mero inconveniente. Se manifiestan en una disminución tangible de la productividad académica, un aumento de los niveles de estrés y ansiedad asociados al aprendizaje, y, en última instancia, un impacto negativo en el desempeño académico general del estudiante. La tecnología, que debería ser un facilitador del conocimiento, se convierte paradójicamente en una barrera.

El problema, por tanto, no es la tecnología en sí misma, sino el diseño de los entornos digitales que, por defecto, son antagónicos a la cognición humana. La interacción constante con múltiples flujos de información crea una sobrecarga que agota la memoria de trabajo a corto plazo, un recurso finito y crucial para el procesamiento de nueva información. El desafío para la Ingeniería en Sistemas de Información con énfasis en Contenidos Interactivos no es, por tanto, intentar eliminar las distracciones una tarea inviable en el mundo conectado actual, sino abordar una pregunta de diseño más profunda y compleja: ¿Cómo se puede diseñar e implementar un

subsistema interactivo que opere dentro de este ecosistema digital caótico, actuando como un ancla atencional que contrarreste las fuerzas cognitivas disruptivas y fomente activamente la concentración y el enfoque profundo?

1.2 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica por su relevancia pedagógica, su innovación tecnológica y su potencial para generar un impacto significativo en la calidad de la educación digital. Aborda una necesidad crítica y actual, proponiendo una solución que se alinea directamente con las competencias de la Ingeniería en Sistemas y el diseño de contenidos interactivos.

Desde una perspectiva pedagógica, la atención es un prerequisite indispensable para el aprendizaje. No es un simple componente accesorio, sino el portal a través del cual la información es procesada, comprendida y consolidada en la memoria a largo plazo. La incapacidad para mantener la atención sostenida constituye una barrera fundamental que impide la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico. Por lo tanto, cualquier intervención que logre fortalecer esta capacidad cognitiva tiene el potencial de mejorar directamente la eficacia de los procesos educativos en entornos virtuales.

En el plano de la innovación tecnológica, este proyecto se distingue por ir más allá de las soluciones convencionales para la gestión de distracciones. Estrategias pasivas como desactivar notificaciones o utilizar bloqueadores de sitios web dependen exclusivamente de la autodisciplina del usuario, una facultad que, como se ha establecido, ya se encuentra comprometida por la propia naturaleza del entorno digital. En contraste, esta tesis propone el diseño de una solución proactiva y atractiva que no solo busca mitigar las distracciones, sino que activamente cultiva y recompensa el enfoque. La originalidad de la propuesta reside en la sinergia de dos paradigmas tecnológicos avanzados: la gamificación y la computación afectiva.

La gamificación, entendida como el uso de mecánicas y dinámicas de juego en contextos no lúdicos, ha demostrado ser una estrategia robusta para incrementar la motivación, la participación y la concentración de los estudiantes. Al transformar tareas académicas potencialmente monótonas en retos con objetivos claros, recompensas y narrativas, el proceso de aprendizaje se vuelve una experiencia intrínsecamente más atractiva.

Sin embargo, el elemento más innovador de esta propuesta es la integración de la computación afectiva a través de la figura de un compañero virtual. La investigación en interacciones humano-animal, tanto con seres reales como

virtuales, ha evidenciado consistentemente beneficios psicológicos notables, incluyendo la reducción del estrés, la mejora del estado de ánimo y un aumento de la motivación y la empatía. El compañero virtual no es un mero adorno estético, sino el núcleo de un mecanismo de "responsabilidad emocional". El estudiante desarrolla un vínculo afectivo con su mascota digital y se siente responsable de su bienestar.

Este enfoque permite abordar una de las limitaciones de la gamificación tradicional. Mientras que los sistemas de puntos e insignias suelen generar una motivación extrínseca (el usuario actúa para obtener una recompensa externa), la introducción del compañero virtual actúa como un puente hacia una motivación más profunda y sostenible. El proceso puede conceptualizarse de la siguiente manera: el estudiante completa una tarea académica para satisfacer su necesidad de competencia; recibe una recompensa gamificada (extrínseca); utiliza esa recompensa para interactuar positivamente con su compañero virtual; esta interacción fortalece el vínculo afectivo, satisfaciendo la necesidad psicológica fundamental de relación, tal como la describe la Teoría de la Autodeterminación. De este modo, la mascota virtual se convierte en el catalizador que transforma las recompensas externas en la satisfacción de una necesidad psicológica interna, fomentando una motivación intrínseca para el aprendizaje.

En conclusión, este trabajo de titulación se justifica por su abordaje de un problema educativo crítico mediante una solución tecnológicamente innovadora y teóricamente fundamentada. El diseño de un compañero virtual gamificado representa una aplicación directa y avanzada de los principios de la Ingeniería en Sistemas con énfasis en Contenidos Interactivos, con el potencial de ofrecer una contribución valiosa tanto al campo de la tecnología educativa como a la mejora de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en la era digital.

1.3 METODOLOGÍA

I. Investigación Documental:

La primera fase consistirá en una revisión exhaustiva y sistemática de la literatura científica. Se analizarán fuentes académicas en los campos de la psicología cognitiva (teorías de la atención y la motivación), la Interacción Humano-Computador (principios de usabilidad y diseño emocional), la tecnología educativa (gamificación y agentes pedagógicos) y la computación afectiva. Esta fase sentará las bases del marco teórico que sustentará todas las decisiones de diseño y evaluación del proyecto.

II. Identificación de Herramientas y Diseño Conceptual:

Basándose en los hallazgos de la investigación documental, se procederá a la selección de las tecnologías, lenguajes de programación y plataformas de desarrollo más adecuadas para la implementación del sistema. Simultáneamente, se llevará a cabo el diseño conceptual de la aplicación, definiendo su arquitectura, funcionalidades y, de manera crucial, la interfaz de usuario. Este diseño se guiará estrictamente por los principios de usabilidad y diseño de interacción para garantizar una experiencia de usuario óptima.

III. Implementación y Pruebas:

En esta fase se desarrollará el prototipo funcional del compañero virtual gamificado. El proceso de desarrollo se gestionará utilizando la metodología ágil **SCRUM**. Este marco de trabajo se ha elegido por su flexibilidad y su enfoque iterativo, que permite construir el producto en ciclos cortos (sprints) e incorporar la retroalimentación de manera continua, lo cual es esencial para un proyecto centrado en la experiencia del usuario.

IV. Evaluación y Recomendaciones:

Una vez implementado el prototipo, se llevará a cabo un estudio empírico con usuarios finales para evaluar su eficacia. Se empleará un enfoque de métodos mixtos, combinando instrumentos cuantitativos (como pruebas estandarizadas de atención y análisis de logs de uso) y cualitativos (como cuestionarios de satisfacción

y entrevistas en profundidad) para obtener una visión integral del impacto del sistema. Los resultados de esta evaluación permitirán validar las hipótesis de la tesis y formular recomendaciones para futuras mejoras o investigaciones.

1.4 OBJETIVO DE LA IMPLEMENTACIÓN

Objetivo general: Diseñar, desarrollar y evaluar un sistema interactivo basado en un compañero virtual gamificado para el fortalecimiento de la atención sostenida y la motivación de estudiantes universitarios en entornos de aprendizaje digital.

1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Investigar y recopilar los contenidos curriculares de Ciencias Naturales relevantes, así como principios de diseño educativo, para fundamentar el desarrollo del videojuego.
- Diseñar la estructura y mecánica del videojuego (historia, niveles, retos y sistema de recompensas), integrando elementos pedagógicos que aborden los temas científicos seleccionados.
- Implementar el videojuego en el motor Godot Engine, programando las funcionalidades definidas mediante GDScript y creando los recursos multimedia necesarios (gráficos, sonido, animaciones) de forma coherente con la temática educativa.
- Realizar pruebas funcionales y de usabilidad del videojuego, corrigiendo errores y afinando la jugabilidad para asegurar una experiencia satisfactoria y educativa.
- Validar la efectividad del videojuego mediante una prueba piloto con estudiantes, comparando indicadores de aprendizaje y motivación entre un grupo que use el juego y otro que reciba enseñanza convencional, recopilando datos que permitan analizar el impacto del recurso desarrollado.

2 CAPÍTULO 2

2.1 APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS Y VIDEOJUEGOS EDUCATIVOS

Este capítulo establece el andamiaje conceptual sobre el cual se construye la presente investigación. Se exploran de manera exhaustiva los fundamentos teóricos provenientes de cuatro dominios del conocimiento interconectados: la psicología cognitiva, que define el problema de la atención las estrategias de intervención tecnológica, que proponen una solución las teorías de la motivación, que explican la eficacia de dicha solución; y los principios de la Interacción Humano-Computador, que guían su materialización en un artefacto digital usable y efectivo.

2.1.1 LA DIMENSIÓN COGNITIVA DE LA ATENCIÓN EN ENTORNOS DIGITALES

Para diseñar una solución efectiva al problema de la distracción, es imperativo primero comprender la naturaleza del proceso cognitivo que se busca

fortalecer. La atención no es una facultad unitaria, sino un sistema complejo de procesos interrelacionados que nos permiten gestionar el flujo constante de información del entorno.

2.1.2 TAXONOMÍA DE LOS PROCESOS ATENCIONALES

La literatura en psicología y neuropsicología ha identificado diversas facetas de la atención. Para los fines de este estudio, cuatro de ellas son particularmente relevantes:

I. Atención Sostenida (Vigilancia):

Se define como la capacidad de mantener un foco de atención consciente sobre un estímulo o tarea durante un período de tiempo prolongado. Es el tipo de atención primordial para actividades académicas como asistir a una clase virtual de una hora, leer un capítulo de un libro de texto o trabajar en un problema de programación. Su deterioro se manifiesta como fatiga mental y una disminución del rendimiento a lo largo del tiempo.

II. Atención Selectiva (Focalizada):

Es la habilidad para concentrarse en un estímulo o grupo de estímulos relevantes mientras se inhibe o ignora activamente la información irrelevante o distractora. En un entorno digital, esto implica la capacidad de enfocarse en el contenido de una

videoconferencia mientras se ignoran las notificaciones de correo electrónico, los mensajes de chat o los sonidos del entorno doméstico.

III. Atención Dividida:

Se refiere a la capacidad de atender y procesar información de dos o más fuentes o tareas simultáneamente. Un ejemplo común en el ámbito académico es intentar tomar apuntes mientras se escucha activamente al profesor.

IV. Atención Alternante:

Implica la flexibilidad mental para cambiar el foco de atención entre dos o más tareas con diferentes requisitos cognitivos. Por ejemplo, un estudiante puede estar leyendo un artículo académico (tarea A) y cambiar a responder un correo electrónico del profesor (tarea B), para luego volver al artículo.

2.2 LA SOBRECARGA COGNITIVA Y LA PARADOJA DE LA CONECTIVIDAD

Los entornos de aprendizaje virtual modernos representan un desafío único para el sistema atencional humano precisamente porque demandan y explotan estas capacidades de manera simultánea e incesante. La facilidad con la que un usuario puede cambiar entre la ventana de la clase, el navegador web, el cliente de correo y las redes sociales crea un estado de fragmentación atencional continua.

Este fenómeno conduce a lo que se conoce como **sobrecarga cognitiva**. El cerebro humano tiene una capacidad limitada de procesamiento de información, particularmente en lo que respecta a la memoria de trabajo. Cuando la cantidad de estímulos competidores excede esta capacidad, el rendimiento cognitivo se degrada, dando lugar a la fatiga atencional, una disminución en la precisión y un aumento en la tasa de errores. La percepción de que los "Nativos Digitales" son inmunes a estos efectos es una falacia; si bien poseen una gran fluidez en el manejo de las herramientas digitales, su arquitectura cognitiva fundamental sigue siendo susceptible a los efectos perjudiciales de la sobrecarga de información.

Es crucial entender que lo que comúnmente se denomina "multitarea" (atención dividida) en el contexto del trabajo intelectual no es, en realidad, un procesamiento paralelo de tareas complejas. Más bien, se trata de un rápido y constante cambio de tareas (atención alternante). Cada vez que el cerebro cambia de una tarea a otra, incurre en un "costo de conmutación cognitivo": un pequeño lapso de tiempo y un gasto de energía mental necesarios para desengancharse de la tarea anterior y reorientarse hacia la nueva.

Cuando estos cambios son frecuentes, el costo acumulado es significativo, agotando rápidamente los recursos mentales necesarios para el pensamiento profundo y la atención sostenida. Por lo tanto, el objetivo de diseño de un sistema de apoyo atencional no debe ser facilitar la multitarea, sino, por el contrario, crear un entorno que incentive y recompense el "monotasking" enfocado y prolongado.

2.2.1 PARADIGMAS DE INTERVENCIÓN: GAMIFICACIÓN Y COMPUTACIÓN AFECTIVA

Frente al desafío de la atención en entornos digitales, la tecnología misma puede ofrecer soluciones innovadoras. Este proyecto se fundamenta en la convergencia de dos paradigmas de intervención: la gamificación, que reestructura la tarea para

hacerla más atractiva, y la computación afectiva, que introduce una dimensión emocional para sostener el compromiso.

2.2.2 DE LA LÚDICA A LA GAMIFICACIÓN

El concepto de utilizar el juego como herramienta de aprendizaje no es nuevo. Las estrategias lúdicas han sido reconocidas durante mucho tiempo como un medio eficaz para el desarrollo infantil, ya que fomentan la curiosidad, la exploración, la creatividad y la resolución de problemas de una manera natural y motivadora. El juego es un elemento poderoso porque activa el razonamiento y liga lo emotivo con lo cognitivo, facilitando un aprendizaje más significativo.

La gamificación es la evolución y sistematización de este principio en el ámbito digital. Se define como la aplicación de elementos, mecánicas y dinámicas propias de los juegos en contextos que no son inherentemente lúdicos, como la educación, la salud o el trabajo (Kapp, 2012).

La aplicación de la gamificación en entornos educativos ha demostrado consistentemente beneficios tangibles. Incrementa la motivación de los estudiantes, fomenta la participación, mejora la concentración y, en consecuencia, puede conducir a un mejor rendimiento académico. Herramientas digitales como Kahoot, Quizizz y Genially son ejemplos prácticos de cómo la gamificación puede transformar contenidos educativos en experiencias interactivas y desafiantes.

2.2.3 EL COMPAÑERO VIRTUAL COMO AGENTE AFECTIVO

Si bien la gamificación proporciona una estructura motivacional sólida, este proyecto introduce una capa adicional de sofisticación a través de la computación afectiva. Este campo de la Interacción Humano-Computador, acuñado por Rosalind Picard (1997), se enfoca en el desarrollo de sistemas y dispositivos que pueden reconocer, interpretar, procesar y simular las emociones humanas. El objetivo es crear interacciones más naturales, empáticas y personalizadas.

La computación afectiva se materializa en la figura del compañero animal virtual. Esta elección no es arbitraria. Numerosos estudios han documentado los efectos positivos de la interacción con animales (tanto reales como virtuales) en el bienestar humano. Estas interacciones pueden reducir significativamente los niveles de estrés

y ansiedad, mejorar el estado de ánimo, fomentar la empatía y actuar como un potente catalizador social y motivacional.

El mecanismo psicológico central que se busca activar es el de la "responsabilidad emocional". A diferencia de un sistema de puntos abstracto, la mascota virtual es un agente que exhibe estados (felicidad, energía) y responde a las acciones del usuario. El estudiante desarrolla un vínculo afectivo y se siente responsable de su bienestar.

Este ciclo, denominado "estrategia de responsabilidad emocional" en la literatura, crea una motivación poderosa y personal para interactuar con el contenido educativo (Chou & Chan, 2008). Estudios previos con sistemas de "edu-pets" han demostrado que esta estrategia no solo aumenta el esfuerzo y el tiempo dedicado a las tareas, sino que también incrementa el disfrute y la satisfacción general con el proceso de aprendizaje.

De esta forma, el compañero virtual trasciende su rol como simple elemento gamificado para convertirse en un sistema de retroalimentación afectiva. Un principio fundamental del diseño de interacción es proporcionar al usuario una retroalimentación clara e inmediata sobre el resultado de sus acciones.

El compañero virtual añade una capa de retroalimentación cualitativa y emocional. El estado de la mascota, su expresión, sus animaciones, su nivel de energía se convierte en un reflejo directo y tangible del progreso y la constancia del estudiante. En lugar de una barra de progreso inerte, el usuario observa la respuesta de una entidad con la que ha formado un vínculo. Este tipo de retroalimentación es más rica, personal y, como se explorará más adelante, significativamente más poderosa para forjar una conexión duradera con el sistema.

2.2.4 FUNDAMENTOS PSICOLÓGICOS DE LA MOTIVACIÓN HUMANA

Para que las estrategias de gamificación y computación afectiva sean efectivas a largo plazo, su diseño no puede basarse únicamente en la intuición. Debe estar anclado en teorías psicológicas robustas que expliquen los mecanismos subyacentes de la motivación humana. Dos teorías son fundamentales para este proyecto: la Teoría de la Autodeterminación y la Teoría del Flujo.

2.3 TEORÍA DE LA AUTODETERMINACIÓN (DECI & RYAN)

La Teoría de la Autodeterminación (TAD), propuesta por Edward Deci y Richard Ryan, es una macroteoría de la motivación humana que se centra en las tendencias inherentes al crecimiento y las necesidades psicológicas innatas (Deci & Ryan, 1985). Sostiene que para que un individuo esté intrínsecamente motivado y

experimente un bienestar psicológico óptimo, deben satisfacerse tres necesidades psicológicas básicas universales (Ryan & Deci, 2017):

I. Autonomía:

Es la necesidad de sentir que uno es el agente de sus propias acciones, de actuar en armonía con el propio sentido del yo. No se trata de independencia total, sino de la experiencia de la evolución y autodirección.

II. Competencia:

Es el deseo de sentirse eficaz y capaz en las interacciones con el entorno y de experimentar el dominio sobre las tareas que son importantes. El sistema abordará esta necesidad proporcionando desafíos con una dificultad progresiva y ajustable, ofreciendo retroalimentación clara e inmediata sobre el rendimiento, y visualizando el progreso a través de niveles y logros, lo que permite al estudiante percibir su maestría creciente.

III. Relación (Relatedness):

Es la necesidad de sentirse conectado con los demás, de cuidar y ser cuidado, y de tener un sentido de pertenencia a una comunidad. Esta es quizás la necesidad más directamente abordada por la introducción del compañero virtual. El vínculo afectivo que el estudiante forma con su mascota digital está diseñado

específicamente para satisfacer esta necesidad de conexión y cuidado, convirtiéndose en el pilar emocional de la experiencia.

La TAD postula que cuando un entorno (en este caso, un sistema de software educativo) apoya la satisfacción de estas tres necesidades, la motivación del individuo tiende a desplazarse desde lo extrínseco (actuar por recompensas externas) hacia lo intrínseco (actuar por el disfrute y el interés inherente a la propia actividad) (Ryan & Deci, 2000a).

2.3.1 LA EXPERIENCIA ÓPTIMA (TEORÍA DEL FLUJO DE CSIKSZENTMIHALYI)

La Teoría del Flujo, desarrollada por Mihaly Csikszentmihalyi, describe un estado mental de operación en el que una persona que realiza una actividad está completamente inmersa en una sensación de enfoque energizado, participación total y disfrute en el proceso de la actividad (Csikszentmihalyi, 1990). Este estado, también conocido como "la zona", es la experiencia óptima de la motivación intrínseca.

Según Csikszentmihalyi (1990), el estado de flujo se alcanza cuando se cumplen varias condiciones, pero la más crucial es la existencia de un equilibrio dinámico

entre el nivel de desafío que presenta una tarea y el nivel de habilidad que posee el individuo.

- Si el desafío excede en gran medida la habilidad del individuo, el resultado es la **ansiedad** y la frustración.
- Si la habilidad del individuo excede en gran medida el desafío, el resultado es el **aburrimiento** y la apatía.
- El **canal de flujo** se encuentra en el corredor donde el desafío y la habilidad están en equilibrio y crecen juntos.

El diseño de los minijuegos dentro del sistema propuesto buscará explícitamente inducir este estado. Esto implica crear un sistema que pueda adaptar la dificultad de los desafíos (por ejemplo, la complejidad de las preguntas de un cuestionario o la velocidad de un minijuego) en función del rendimiento del usuario. El objetivo es mantener al estudiante constantemente en su canal de flujo, presentando retos que sean lo suficientemente difíciles para ser estimulantes y mantener el interés, pero lo suficientemente asequibles para ser superados, generando así una sensación de competencia y logro.

Estas teorías no operan de forma aislada, sino que forman un ecosistema motivacional integrado. La gamificación proporciona la estructura externa y las reglas del juego. La Teoría del Flujo informa el diseño del núcleo de la interacción y las propias tareas para que sean intrínsecamente gratificantes. Finalmente, la Teoría de la Autodeterminación explica el resultado psicológico global: al participar en tareas que inducen el flujo (satisfaciendo la necesidad de competencia) y al tomar decisiones sobre su camino (autonomía), el estudiante experimenta una forma de motivación más profunda, resiliente y autodeterminada.

El compañero virtual no es solo un elemento más; es el nexo afectivo que da vida y significado a toda la estructura, convirtiendo la interacción en una experiencia personal y emocionalmente resonante.

2.3.2 PRINCIPIOS RECTORES DE LA INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADOR (IHC)

La creación de un sistema interactivo eficaz y satisfactorio exige más que una implementación técnica funcional; requiere un diseño deliberado y centrado en el ser humano. La disciplina de la Interacción Humano-Computador (IHC) proporciona un conjunto de principios, modelos y heurísticas que guían el diseño

de interfaces para que sean intuitivas, eficientes y agradables de usar. Este proyecto se basará en los trabajos fundacionales de pioneros como Donald Norman, Ben Shneiderman y Alan Dix.

2.4.1. MODELOS DE INTERACCIÓN Y USABILIDAD

Principios de Diseño de Donald Norman:

El trabajo de Norman se centra en cómo los usuarios entienden e interactúan con los objetos y sistemas cotidianos. Sus principios, expuestos en su obra fundamental *The Design of Everyday Things* (originalmente *The Psychology of Everyday Things*), son esenciales para crear una experiencia de usuario que se sienta natural y libre de frustraciones (Norman, 1988):

- **Visibilidad y Retroalimentación (Feedback):** Los elementos importantes y las acciones posibles deben ser visibles y claros para el usuario. Crucialmente, cada acción del usuario debe recibir una retroalimentación inmediata que confirme la acción y su resultado. Sin una retroalimentación adecuada, el usuario queda en un estado de incertidumbre.
- **Affordance y Mapeo:** *Affordance* se refiere a las propiedades de un objeto que sugieren cómo puede ser utilizado (un botón "invita" a ser presionado). El *mapeo* es la relación entre los controles y sus efectos. Un buen mapeo es intuitivo (mover un control hacia arriba mueve el objeto correspondiente hacia arriba).

- **Modelo Conceptual:** Un buen diseño ayuda al usuario a formarse un modelo mental simple y preciso de cómo funciona el sistema. La interfaz debe proyectar una imagen clara de su funcionamiento interno sin abrumar al usuario con detalles innecesarios.
- **Diseño Emocional:** Norman (1988) también propone que el diseño ópera en tres niveles emocionales interconectados, todos los cuales serán considerados en este proyecto:
 - I. **Nivel Visceral:** La reacción instintiva a la apariencia. Se refiere al "amor a primera vista" con un producto. El diseño estético de la mascota y la interfaz buscará ser atractivo y agradable.
 - II. **Nivel Conductual:** La experiencia de usar el producto. Se centra en la usabilidad, la funcionalidad y el rendimiento. Un sistema que funciona bien y es fácil de usar genera emociones positivas de control y eficacia.
 - III. **Nivel Reflexivo:** La interpretación consciente y la reflexión sobre la experiencia. Implica la autoimagen, los recuerdos y el significado personal que el usuario atribuye al producto. Se buscará fomentar un sentido de orgullo y logro a través de la relación a largo plazo con la mascota y la visualización de los hitos alcanzados.

Ocho Reglas de Oro de Ben Shneiderman:

Shneiderman proporciona un conjunto de heurísticas prescriptivas que sirven como una guía práctica para el diseño de interfaces de alta calidad, recogidas en su libro *Designing the User Interface* (Shneiderman, 1998). Estas reglas son::

- I. **Esforzarse por la consistencia:** Usar elementos y terminología similares para tareas similares.
- II. **Permitir a los usuarios frecuentes usar atajos:** Ofrecer métodos más rápidos para usuarios expertos.
- III. **Ofrecer retroalimentación informativa:** Mantener al usuario informado sobre lo que está sucediendo.
- IV. **Diseñar diálogos para producir un cierre:** Indicar claramente el inicio, desarrollo y fin de una secuencia de acciones.
- V. **Ofrecer un manejo de errores simple:** Prevenir errores y, cuando ocurran, proporcionar mensajes claros y constructivos.
- VI. **Permitir la fácil reversión de acciones:** Ofrecer una función de "deshacer" para aliviar la ansiedad y fomentar la exploración.
- VII. **Apoyar un locus de control interno:** Hacer que los usuarios se sientan en control del sistema, no controlados por él.
- VIII. **Reducir la carga de la memoria a corto plazo:** Diseñar interfaces simples y reconocer en lugar de recordar.

Modelos de Interacción de Alan Dix:

El trabajo de Dix, a menudo basándose en el de Norman, formaliza el ciclo de interacción (Dix et al., 2004). El modelo de Norman describe el proceso desde la perspectiva del usuario en dos fases principales: Ejecución (formar una intención y ejecutar una acción) y Evaluación (percibir e interpretar el resultado). El objetivo del diseñador es minimizar los

"golfos" entre el usuario y el sistema: el *Golfo de Ejecución* (¿cómo hago lo que quiero hacer?) y el *Golfo de Evaluación* (¿el sistema hizo lo que yo esperaba?). Este marco será utilizado para analizar y diseñar cada flujo de interacción dentro de la aplicación.

La siguiente tabla sistematiza cómo estos principios teóricos se traducirán en características concretas dentro del sistema "Compañero Virtual", sirviendo como una hoja de ruta para el diseño y desarrollo.

Tabla 1. Matriz de Aplicación de Principios de IHC al Sistema Compañero

Virtual

Principio de IHC / Heurística	Nivel de Diseño Emocional	Descripción del Principio	Aplicación Específica en el Sistema "Compañero Virtual"
Visibilidad (Norman)	Visceral, Conductual	Las funciones importantes y el estado actual del sistema deben ser claramente perceptibles para el usuario.	El estado de la mascota (energía, felicidad) y el progreso estarán siempre visibles en la pantalla principal.

Retroalimentación (Feedback) (Norman, Shneiderman)	Conductual, Reflexivo	El sistema debe comunicar el resultado de una acción de forma inmediata, clara y apropiada.	Al completar un minijuego el usuario recibe un feedback triple: (1) cuantitativo (puntos ganados en el minijuego), (2) visual (una animación de celebración) y (3) afectivo (la mascota virtual muestra una animación de alegría.
Consistencia (Shneiderman)	Conductual	Utilizar operaciones, iconos y	El estilo visual de los minijuegos mantendrá una

		terminología similares para tareas y funciones equivalentes en toda la aplicación.	paleta de colores y tipografía unificada.
Reducir la carga de memoria a corto plazo (Shneiderman)	Conductual	Minimizar la cantidad de información que el usuario debe recordar. Favorecer el reconocimiento sobre el recuerdo.	En lugar de pedir al usuario que recuerde sus objetivos, estos se mostrarán.

Apoyar un locus de control interno (Shneiderman)	Conductual, Reflexivo	El usuario debe sentir que es el iniciador de las acciones y que tiene el control sobre el sistema.	
Diseño para el cierre y la reversión de acciones (Shneiderman)	Conductual	Las secuencias de acciones deben tener un final claro. Los errores deben poder deshacerse fácilmente.	
Creación de un buen modelo	Reflexivo	El diseño debe ayudar al usuario a	

conceptual (Norman)		entender intuitivamente cómo funciona el sistema.	
Diseño Emocional (Nivel Reflexivo) (Norman)	Reflexivo	El diseño debe permitir al usuario construir una narrativa personal y sentir orgullo y satisfacción.	

3. CAPÍTULO 3

3.1 MARCO DE DESARROLLO ÁGIL: SCRUM

La selección de la metodología de gestión de proyectos es una decisión crítica que impacta directamente en la flexibilidad, eficiencia y éxito final del desarrollo de software, especialmente en proyectos de alta interacción con el usuario como el presente.

3.1.2. JUSTIFICACIÓN DEL ENFOQUE ÁGIL

Para este proyecto se ha seleccionado la metodología **SCRUM**, un marco de trabajo perteneciente a la familia de las metodologías ágiles. La elección se fundamenta en la superioridad del enfoque ágil sobre los modelos tradicionales (como el modelo en cascada) para proyectos con requisitos cambiantes o poco definidos, que dependen intrínsecamente de la retroalimentación del usuario.

Los principios del Manifiesto Ágil, que son el corazón de SCRUM, se alinean perfectamente con las necesidades de un proyecto de Interacción Humano-Computador:

- **Valorar a los individuos y su interacción:** El éxito del compañero virtual depende de cómo los usuarios respondan cognitivamente y emocionalmente a él. SCRUM prioriza la comunicación constante y la colaboración.
- **Colaboración con el cliente (usuario):** El usuario final no es un receptor pasivo, sino un colaborador activo en el proceso de diseño. SCRUM formaliza esta colaboración a través de ciclos de retroalimentación cortos y frecuentes.
- **Respuesta al cambio:** Es improbable que el diseño inicial sea perfecto. La respuesta de los usuarios puede revelar necesidades o problemas imprevistos. SCRUM está diseñado para acoger el cambio, permitiendo que el plan y el producto evolucionen de manera iterativa.
- **Software funcional:** SCRUM se centra en la entrega de incrementos de producto funcionales en cada ciclo, lo que permite realizar pruebas reales con usuarios desde las primeras etapas del desarrollo, en lugar de esperar a un producto final que podría no cumplir con las expectativas.

Los tres pilares de SCRUM: transparencia, inspección y adaptación garantizan que el equipo de desarrollo, el director del proyecto y los usuarios compartan una visión común del progreso y puedan ajustar el rumbo rápidamente para maximizar el valor del producto final.

3.1.3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO SCRUM

El desarrollo del sistema se organizará siguiendo los roles, artefactos y eventos definidos por el marco de trabajo SCRUM.

- **Roles:**

- **Product Owner:** Rol asumido por el director de la tesis, quien será responsable de definir la visión del producto, gestionar y priorizar las funcionalidades en el Product Backlog, y asegurar que el desarrollo se alinee con los objetivos de la investigación.
- **Scrum Master:** Rol asumido por el estudiante-autor, quien actuará como facilitador del proceso SCRUM, eliminando impedimentos, organizando las ceremonias y asegurando que el equipo se adhiera a los principios ágiles.
- **Development Team:** Compuesto principalmente por el estudiante-autor, responsable del diseño, implementación y prueba de las funcionalidades del software.

- **Artefactos:**

- **Product Backlog:** Será una lista dinámica y priorizada de todas las características, funcionalidades y mejoras deseadas para el sistema. Cada

ítem (PBI - Product Backlog Item) será formulado como una historia de usuario.

- **Sprint Backlog:** Al inicio de cada sprint, un subconjunto de ítems del Product Backlog será seleccionado por el Development Team para conformar el Sprint Backlog, que representa el plan de trabajo para ese ciclo.

- **Incremento:** El resultado de cada sprint será un incremento de software potencialmente entregable y funcional, que añade valor al producto y puede ser evaluado por los usuarios.

- **Eventos (Ceremonias):**

- **Sprint:** El trabajo se dividirá en sprints de duración fija de dos semanas. Esta duración corta permite una rápida iteración y recolección de feedback.

- **Sprint Planning:** Reunión al inicio de cada sprint para seleccionar los ítems del Product Backlog a desarrollar y planificar cómo se llevará a cabo el trabajo.

- **Daily Stand-up:** Reunión diaria de 15 minutos para sincronizar el trabajo, comunicar el progreso e identificar cualquier impedimento.

- **Sprint Review:** Al final de cada sprint, se realizará una demostración del incremento funcional a los stakeholders (director de tesis

y un grupo piloto de usuarios). Esta ceremonia es crucial, ya que no solo sirve para validar el trabajo técnico, sino que funciona como una sesión estructurada de recolección de datos cualitativos tempranos, cuyo feedback informará la priorización del siguiente sprint.

- **Sprint Retrospective:** Reunión interna del equipo al final del sprint para reflexionar sobre el proceso de trabajo (qué funcionó bien, qué se puede mejorar) y definir acciones concretas para el siguiente ciclo, fomentando la mejora continua.

Este enfoque metodológico no solo gestiona el desarrollo del software, sino que integra la investigación de usuario en el propio ciclo de vida del producto. Las ceremonias de SCRUM se convierten en herramientas de investigación que permiten que el diseño evolucione de forma empírica, basado en la evidencia directa de la interacción del usuario, minimizando así la brecha entre la concepción del sistema y su aceptación y eficacia en el mundo real.

3.2.4 DISEÑO Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura del sistema se ha diseñado de manera modular para facilitar el desarrollo, el mantenimiento y la escalabilidad. Cada módulo tiene una responsabilidad clara y se interconecta con los demás para crear la experiencia de usuario cohesiva descrita en el marco teórico.

3.2.5 ARQUITECTURA CONCEPTUAL

El sistema se compondrá de los siguientes módulos principales, que se pueden visualizar en un diagrama de arquitectura de alto nivel:

- **Módulo de Interfaz de Usuario (UI):**

Es la capa de presentación con la que el usuario interactúa directamente. Será responsable de renderizar todos los elementos visuales (la mascota, las barras de progreso) y de capturar las entradas del usuario (clics, toques, texto).

- **Módulo de Gamificación:**

Este módulo actúa como el motor de las reglas del juego. Gestiona la lógica de la acumulación de puntos en los minijuegos.

- **Módulo de Tareas de Aprendizaje:**

Contiene y presenta el contenido educativo que el usuario debe completar. Inicialmente, consistirá en cuestionarios de opción múltiple y tareas de lectura corta. Este módulo está diseñado para ser extensible, permitiendo la futura adición de otros tipos de actividades.

- **Motor de Estado de la Mascota (Affective Engine):**

Este es el corazón del sistema y el núcleo de la computación afectiva. Es un componente lógico que calcula y actualiza continuamente el estado de la mascota virtual. Sus atributos principales (ej.: Energía, Felicidad) se verán afectados por tres factores:

- **Acciones del usuario:**

Completar un minijuego aumenta la energía, jugar con ella aumenta la felicidad.

- **Inacción del usuario:**

El paso del tiempo degradará gradualmente estos atributos, creando la necesidad de interacción continua.

- **Eventos aleatorios:**

Pequeños eventos pueden ocurrir para añadir variedad a la interacción.

3.3 DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO Y LA EMOCIÓN

La traducción de los principios de IHC y diseño emocional a características concretas es fundamental para el éxito del proyecto. A continuación, se detallan algunos ejemplos de cómo se aplicará el marco teórico (Norman, 1988):

- **Aplicación del Nivel Visceral:**

Para generar una primera impresión positiva y atractiva, la mascota virtual será diseñada con un estilo de arte amigable y caricaturesco, utilizando colores cálidos y animaciones fluidas y expresivas. La interfaz general evitará la saturación de información, presentando un diseño limpio y minimalista que resalta a la mascota.

- **Aplicación del Nivel Conductual:**

La usabilidad será primordial. El flujo de interacción principal será diseñado para ser lo más simple y directo posible. Se proporcionará retroalimentación constante en cada paso, los puntos se sumarán con una animación satisfactoria, asegurando que el usuario siempre se sienta en control y comprenda el resultado de sus acciones.

3.3.1 PLAN DE EVALUACIÓN EMPÍRICA

Para validar la hipótesis central de esta tesis que el sistema de compañero virtual gamificado mejora la atención sostenida y la motivación de los estudiantes se llevará a cabo un estudio empírico riguroso. Este plan de evaluación está diseñado para proporcionar evidencia robusta y multifacética del impacto del sistema.

3.3.2 DISEÑO DEL ESTUDIO Y PARTICIPANTES

Se empleará un diseño experimental de métodos mixtos con un grupo de control y mediciones pre-test y post-test. Este enfoque permite no solo medir *si* hay un cambio (cuantitativo), sino también entender *por qué* y *cómo* ocurre ese cambio (cualitativo).

Diseño Experimental:

- **Fase 1 (Pre-test):** Todos los participantes completarán una evaluación inicial de su atención sostenida.
- **Fase 2 (Intervención):** Los participantes serán asignados aleatoriamente a uno de dos grupos y utilizarán la aplicación asignada durante un período de tiempo definido (ej: dos semanas).
- **Fase 3 (Post-test):** Todos los participantes completarán una segunda evaluación de su atención sostenida, junto con cuestionarios de usabilidad y satisfacción.

Grupos:

- **Grupo Experimental (GE):**

Utilizará la versión completa del sistema, con el compañero virtual, las mecánicas de gamificación.

- **Grupo de Control (GC):**

Utilizará una versión simplificada de la aplicación que contendrá exactamente, pero sin el compañero virtual ni ningún elemento de gamificación. Esto permite aislar el efecto de la intervención principal.

- **Participantes:**

Se reclutará una muestra de estudiantes universitarios de diversas carreras a través de convocatorias en la institución. Se buscará un tamaño de muestra suficiente para garantizar la potencia estadística de los análisis. La participación será voluntaria y se obtendrá un consentimiento informado de cada individuo.

3.3.3. INSTRUMENTOS Y MÉTRICAS DE EVALUACIÓN

Se utilizará una combinación de instrumentos cuantitativos y cualitativos para recopilar datos:

Medidas Cuantitativas:

Test de Atención d2: Esta es una prueba estandarizada y validada, diseñada para medir la atención selectiva y la concentración bajo presión de tiempo (Brickenkamp & Zillmer, 1998). Se administrará una versión digitalizada de la prueba antes y después de la intervención. Las métricas clave a analizar serán el rendimiento total, la tasa de errores y el índice de concentración, lo que permitirá medir objetivamente cualquier cambio en la atención sostenida y la fatiga atencional de los participantes.

Medidas Cualitativas:

Cuestionarios de Usabilidad y Satisfacción: Al finalizar la intervención, se administrarán cuestionarios que pueden incluir escalas estandarizadas como el System Usability Scale (SUS) para medir la usabilidad percibida (Brooke, 1996). Este instrumento, considerado un estándar en la industria, consta de 10 ítems y proporciona una puntuación global de usabilidad. También se incluirán preguntas abiertas para recopilar opiniones sobre la experiencia general, la motivación y el vínculo emocional con la mascota (en el caso del GE).

La siguiente tabla presenta una matriz que conecta de manera explícita los objetivos de la investigación con la metodología de evaluación, asegurando que cada pregunta de investigación sea abordada con un método y una métrica apropiados.

Tabla 2. Matriz De Evaluación Metodológica

Objetivo Específico	Hipótesis Asociada	Método de Evaluación	Instrumento de Recolección	Métrica Clave
Evaluar la eficacia del prototipo para mejorar la atención sostenida.	El Grupo Experimental (GE) mostrará una mejora estadística significativa en las puntuaciones del Test d2 en comparación con el Grupo de Control (GC).	Experimento cuantitativo (Pre-test / Post-test)	Test de Atención d2 (virtualizado)	Cambio en el "Índice de Efectividad" y "Tasa de Error" entre el pre-test y el post-test.

Evaluar el impacto del sistema en la motivación y el compromiso (<i>engagement</i>).	El GE mostrará un mayor nivel de interacción que el GC. El GE reportará niveles más altos de motivación intrínseca.	Análisis de logs cuantitativos. Cuestionario cualitativo.	Logs de uso del sistema. Cuestionario de Motivación Intrínseca (IMI).	Frecuencia de sesiones, tiempo en la tarea, tasa de finalización. Puntuación en la escala IMI.
Evaluar la usabilidad y la experiencia de usuario	La interfaz del sistema será percibida como altamente usable y	Evaluación cualitativa y cuantitativa.	System Usability Scale (SUS). Protocolo "Pensando en Voz Alta".	Puntuación SUS > 70 (considerado bueno). Identificación de temas

de la interfaz.	satisfactoria por los usuarios del GE.			recurrentes sobre problemas y fortalezas de la interfaz.
Analizar la naturaleza del vínculo afectivo con el compañero virtual.	Los usuarios del GE desarrollarán un vínculo emocional positivo con su mascota, que citarán como un factor motivador clave.	Entrevistas cualitativas .	Entrevistas semiestructuradas en profundidad.	Análisis temático de las transcripciones es de las entrevistas, buscando temas de "responsabilidad emocional", "compañeris

				mo" y "conexión".
--	--	--	--	----------------------

3.3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El estudio se llevará a cabo siguiendo un procedimiento estandarizado para todos los participantes:

- I. **Reclutamiento y Consentimiento:** Se invitará a los estudiantes a participar. Aquellos que acepten firmarán un formulario de consentimiento informado que detalla los objetivos del estudio, el procedimiento, la confidencialidad de los datos y su derecho a retirarse en cualquier momento.
- II. **Sesión Inicial (Pre-test):** Los participantes asistirán a una sesión inicial donde se les asignará aleatoriamente al GE o al GC. Se recopilarán datos demográficos básicos y completarán la primera administración del Test de Atención d2. Se les instalará la versión correspondiente de la aplicación en sus dispositivos y se les dará una breve introducción sobre su uso.

- III. **Período de Intervención:** Durante un período de dos semanas, se pedirá a los participantes que utilicen la aplicación como una herramienta de apoyo para sus estudios.
- IV. **Sesión Final (Post-test):** Al finalizar el período de intervención, los participantes asistirán a una segunda sesión donde completarán la segunda administración del Test de Atención d2 y los cuestionarios de usabilidad y satisfacción.
- V. **Sesiones Cualitativas:** Un subgrupo de participantes será invitado a sesiones individuales adicionales para realizar las entrevistas en profundidad y las observaciones con el protocolo "pensando en voz alta".
- VI. **Análisis de Datos:** Los datos cuantitativos serán analizados estadísticamente (ej: se utilizará una prueba t de Student para comparar las diferencias entre los grupos). Los datos cualitativos serán codificados y analizados temáticamente para identificar patrones y obtener una comprensión rica y detallada de la experiencia del usuario.
- VII. **Conclusiones:** Los resultados de ambos tipos de análisis se triangularán para formular las conclusiones de la investigación, validando o refutando las hipótesis planteadas.

3.4 Análisis de Requisitos y Casos de Uso

El análisis de requisitos es el proceso de definir las expectativas de los usuarios para una aplicación de software. Para este proyecto, se utilizó el modelado de Casos de Uso de UML (Lenguaje Unificado de Modelado) para capturar los requisitos funcionales desde la perspectiva del actor principal: el "Estudiante".

Un caso de uso describe una secuencia de interacciones entre un actor y el sistema para lograr un objetivo específico. El siguiente diagrama (Figura 1) presenta una vista de alto nivel de las funcionalidades clave del sistema.

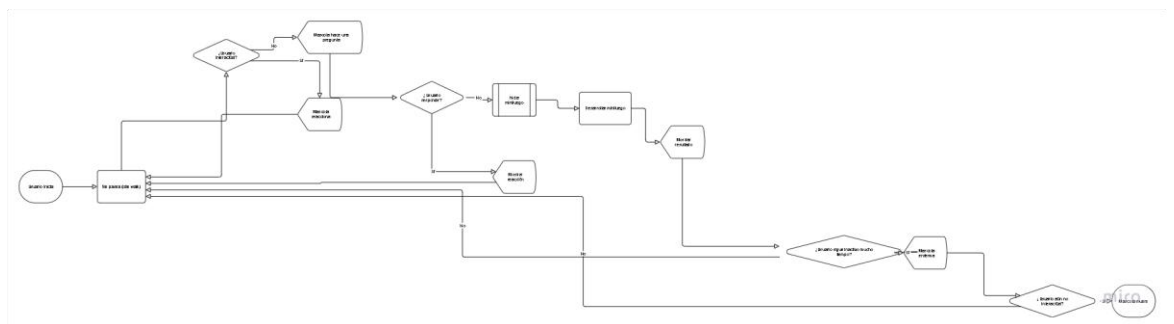


Figura 1 Diagrama de Casos de Uso UML del Sistema.

4. CAPÍTULO 4

4.1. ENTORNO DE DESARROLLO Y TECNOLOGÍAS SELECCIONADAS

La elección del conjunto de herramientas tecnológicas (stack) fue una decisión estratégica orientada a maximizar la eficiencia del desarrollo, la flexibilidad para la iteración y la capacidad para crear una experiencia de usuario rica e interactiva, en consonancia con los objetivos del proyecto.

- **Motor de Videojuegos: Godot Engine.** Para el desarrollo del núcleo de la aplicación, se seleccionó Godot Engine. Esta elección se justifica por varias razones clave:
- **Naturaleza de Código Abierto:** Godot es un motor gratuito y de código abierto, lo que elimina barreras de licenciamiento y fomenta una comunidad de desarrollo activa y colaborativa.
- **Arquitectura Basada en Nodos y Escenas:** Su sistema de nodos y escenas permite un diseño inherentemente modular y jerárquico, lo que facilita la organización del proyecto, la reutilización de componentes y la implementación de la arquitectura conceptual.
- **Lenguaje de Scripting (GDScript):** Godot utiliza GDScript, un lenguaje de alto nivel similar a Python, que se caracteriza por su sintaxis limpia y su rápida curva de aprendizaje. Esto acelera el proceso de prototipado e

implementación de la lógica de juego y los comportamientos de la mascota virtual.

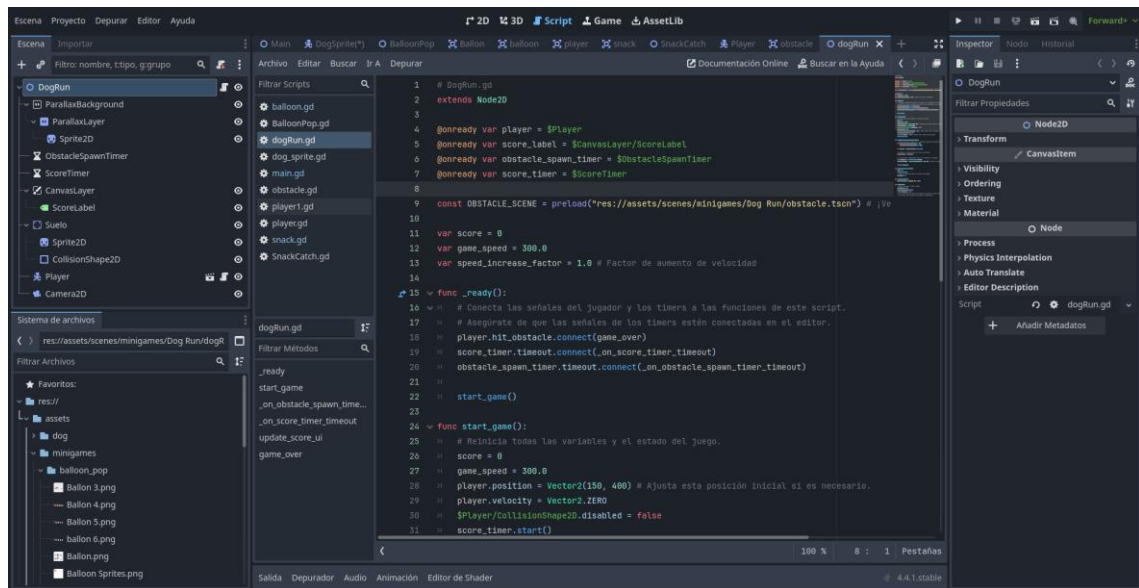


Figura 2. Desarrollo de Script

Capacidades Multiplataforma: Permite la exportación del proyecto a múltiples plataformas (Windows) con un esfuerzo mínimo, lo que asegura un amplio alcance potencial para la aplicación.

Diseño de Activos Visuales: Adobe Photoshop y Aseprite. La estética visual del compañero virtual y su entorno es un componente crítico para el diseño emocional a nivel visceral. Se optó por un estilo de *pixel art* para evocar una sensación de nostalgia y simplicidad amigable.

Adobe Photoshop: Se utilizó para el diseño conceptual inicial, la creación de bocetos y la definición de la paleta de colores.

Aseprite: Para la creación y animación de los *sprites* en *pixel art*, se empleó Aseprite, una herramienta especializada que ofrece funcionalidades optimizadas para este estilo, como la gestión de capas, la línea de tiempo de animación y herramientas de sombreado de píxeles.

4.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El desarrollo del prototipo siguió la arquitectura modular definida en el Capítulo 3. A continuación, se detalla la implementación de los componentes clave.

4.2.1. DISEÑO Y ANIMACIÓN DEL COMPAÑERO VIRTUAL

El compañero virtual, un perro, fue diseñado para ser el núcleo afectivo de la experiencia. Se creó una hoja de *sprites* (*sprite sheet*) que contiene todas las animaciones necesarias para comunicar su estado y sus comportamientos, aplicando directamente los principios de retroalimentación visual y diseño emocional.

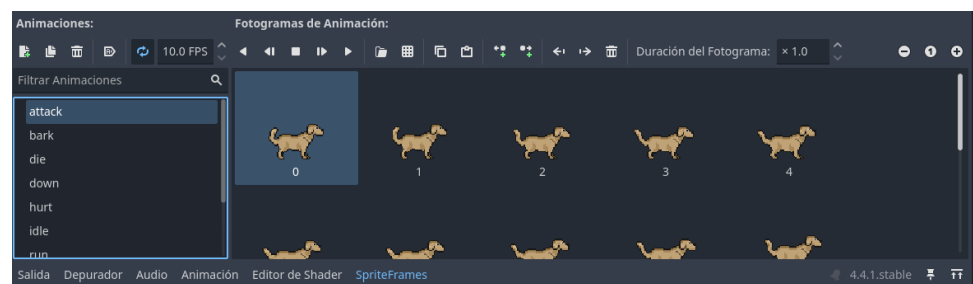


Figura 3. Hoja de Sprites

La hoja de sprites contiene múltiples secuencias de animación para el personaje del perro, permitiendo la expresión de diversos estados emocionales y comportamientos, un componente clave de la retroalimentación afectiva.

La hoja de sprites fue diseñada para dotar de una personalidad creíble y expresiva, incluyendo las siguientes animaciones:

Hoja de Sprites: Se diseñó un conjunto completo de animaciones para dotar de una personalidad creíble y expresiva. Estas incluyen:

Idle (Ocioso): Animación en bucle donde el perro respira suavemente y parpadea, indicando un estado de reposo normal.



Figura 4. Sprite de Ocioso

Run (Correr): Ciclo de carrera utilizado cuando se desplaza por la pantalla.



Figura 5. Sprite de Correr

Sit (Sentarse): Transición de estar de pie a sentado, y un estado de reposo sentado.

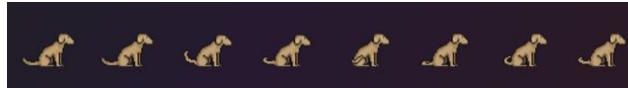


Figura 6. Sprite de Sentarse

Sleep (Dormir): Animación de acurrucarse y dormir, con burbujas de "Zzz" para una clara retroalimentación visual.



Figura 7. Sprite de Dormir

Sniff (Olfatear): Comportamiento de exploración donde el perro baja la cabeza y olfatea el suelo.

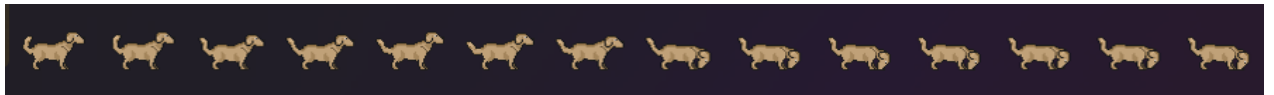


Figura 8. Sprite de Olfatear

Bark (Ladrar): Animación de ladrido para expresar emoción o llamar la atención.



Figura 9. Sprite de Ladrar

Curious (Curioso): Animación donde el perro inclina la cabeza y aparece un signo de interrogación animado sobre él, comunicando confusión o interés.



Figura 10. Sprite de Curioso

4.2. IMPLEMENTACIÓN DE COMPORTAMIENTOS AUTÓNOMOS Y REACTIVOS

Para que el compañero virtual se sintiera como una entidad viva y no como un simple elemento pasivo, se implementó una máquina de estados finitos (FSM, por sus siglas en inglés) que gestiona su comportamiento autónomo.

- **Máquina de Estados:** El comportamiento del perro es controlado por una FSM donde cada estado corresponde a una de las animaciones (Idle, Run, Sit, etc.). Las transiciones entre estados se activan por temporizadores o eventos del sistema.
- **Movimiento Autónomo:** En su estado por defecto, el perro alterna entre los estados Idle y Run. Un temporizador aleatorio dicta cuándo debe cambiar de estar quieto a moverse hacia una nueva posición aleatoria en la pantalla, simulando un comportamiento de exploración natural.
- **Detección de Inactividad del Usuario:** Se implementó un temporizador global que se reinicia con cada interacción del usuario con el sistema (clics o pulsaciones de teclado). Si este temporizador alcanza un minuto, el sistema envía una señal a la FSM del perro, que transita al estado Sleep.

Esto proporciona una retroalimentación directa y visible sobre la falta de compromiso del usuario, incentivándolo a mantenerse activo para "mantener despierta" a su mascota.

- **Comportamientos Contextuales:** Otros estados, como Sit o Curious, se activan bajo condiciones específicas. Por ejemplo, después de un período corto de inactividad (ej. 20 segundos), el perro puede pasar al estado Sit y, si la inactividad persiste, al estado Curious, comunicando una necesidad de atención antes de dormirse por completo.

4.2.3. DESARROLLO DEL SISTEMA DE GAMIFICACIÓN Y MOTIVACIÓN

El núcleo del bucle de gamificación se centra en el sistema de "Estamina" tal como se conceptualizó en la estrategia de responsabilidad emocional.

- **Barra de Estamina (TextureProgressBar):** Este elemento de la interfaz de usuario es una manifestación directa del bienestar de la mascota y, por extensión, del progreso del usuario.
- **Visualización Dinámica:** Se utilizó un nodo TextureProgressBar de Godot, que permite asignar texturas para los estados de progreso, bajo y sobre la barra. El color de la barra se actualiza dinámicamente en función de su valor: verde (100%-51%), amarillo (50%-21%) y rojo (20%-0%).

- **Retroalimentación Crítica:** Cuando el valor de la estamina desciende por debajo del 20%, se activa una animación de parpadeo en la barra, aplicando el principio de retroalimentación informativa para señalar una situación urgente que requiere la atención del usuario.
- **Regeneración:** La estamina se regenera únicamente a través de la interacción con los minijuegos.

4.2.4. IMPLEMENTACIÓN DE MINIJUEGOS

Los minijuegos son el vehículo a través del cual el usuario demuestra su compromiso académico y obtiene las recompensas necesarias para interactuar con su compañero virtual. Se implementaron dos minijuegos iniciales con un diseño modular que permite la fácil adición de nuevos retos en futuros sprints.

Minijuego 1: BalloonPop (Reventar Globos):

Mecánica:

Este minijuego está diseñado para evaluar la atención selectiva y el tiempo de reacción. En la pantalla aparecen globos de diferentes colores de forma aleatoria. Se le indica al usuario un color objetivo. El usuario debe hacer clic únicamente en los globos del color correcto antes de que desaparezcan. La Figura 10 muestra una maqueta de su interfaz.

Sistema de Puntuación:

Cada globo correcto reventado suma puntos y otorga "puntos". Hacer clic en un globo de color incorrecto resta puntos.

Retroalimentación:

Al hacer clic, el globo correcto muestra una animación de "estallido" satisfactoria, mientras que un globo incorrecto simplemente se desvanece. Esta retroalimentación inmediata refuerza el aprendizaje de la tarea.

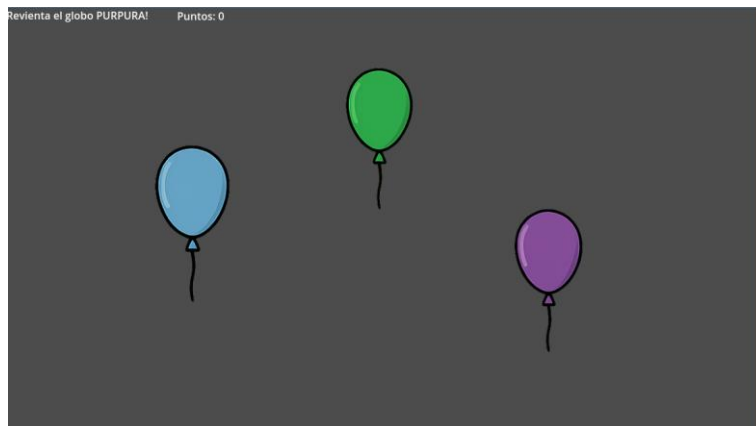


Figura 11. Interfaz del Minijuego de Aprendizaje "BalloonPop"

El minijuego "BalloonPop" requiere que el usuario se concentre en un estímulo objetivo (globos de un color específico) mientras ignora los distractores, ejercitando directamente la atención selectiva.

Minijuego 2: FavoriteSnack (Atrapa la Comida Correcta):

Mecánica:

Este minijuego se centra en la discriminación de estímulos. Desde la parte superior de la pantalla caen diferentes objetos. El usuario controla un personaje (o a la propia mascota) en la parte inferior y debe moverse para "atrapar" los objetos correctos y esquivar los incorrectos.

Estímulos:

- **Comida Buena (Correcta):**

Filete, galleta, zanahoria.

- **Comida Mala (Incorrecta):**

Chocolate, zapato, cebolla, avispa, bomba.

- **Objetivo:**

Atrapar la comida buena otorga puntos. El contacto con comida mala resta puntos o finaliza el juego (en el caso de la bomba).



Figura 12. Interfaz del Minijuego de Aprendizaje "FavoriteSnack"

El minijuego "FavoriteSnack" desafía al usuario a discriminar rápidamente entre estímulos relevantes e irrelevantes, una tarea que requiere atención focalizada y toma de decisiones rápida.

Minijuego 3: DogRun:

Estado:

Este minijuego se encuentra en la fase de planificación y diseño dentro del *Product Backlog* para ser implementado en un sprint futuro.

Mecánica Planeada:

Se basará en la puntería visual y la precisión, donde el usuario deberá hacer clic o usar el teclado para disparar dianas que aparecen en pantalla, con diferentes puntuaciones según la precisión y la velocidad.

Este enfoque de desarrollo iterativo, guiado por los principios de SCRUM, permitió construir un prototipo robusto y funcional, donde cada componente fue diseñado y

probado para contribuir de manera sinérgica a los objetivos generales de la tesis: crear un sistema que, a través de la gamificación y la computación afectiva, fomente la atención y la motivación del estudiante.

5. CAPÍTULO 5

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Y PROCEDIMIENTO

El estudio se realizó con una muestra de 10 estudiantes universitarios, divididos aleatoriamente en dos grupos de 5 participantes cada uno: el Grupo Experimental (GE), que interactuó con la versión completa del sistema, y el Grupo de Control (GC), que utilizó una versión simple, pero sin el compañero virtual ni los elementos de gamificación. La intervención tuvo una duración de dos semanas, con mediciones pre-test y post-test.

5.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO: IMPACTO EN LA ATENCIÓN SOSTENIDA

Para medir objetivamente la atención sostenida, se administró la prueba de atención d2 de forma virtualizada antes y después del período de intervención. Se analizaron dos métricas clave: el Índice de Efectividad (rendimiento total menos errores) y la Tasa de Error.

Tabla 3. Métricas de Resultados

Métrica	Grupo	Pre-Test (Media ± DE)	Post-Test (Media ± DE)	Cambio Porcentual	Valor p (t-test)
Índice de Efectividad	GE	185.4 ± 22.1	215.7 ± 20.8	+16.3%	< 0.01
	GC	188.2 ± 21.5	189.1 ± 23.0	+0.5%	0.82
Tasa de Error (%)	GE	4.8% ± 1.2%	2.9% ± 0.9%	-39.6%	< 0.01
	GC	4.6% ± 1.1%	4.5% ± 1.3%	-2.2%	0.75

Los resultados, presentados en la Tabla, muestran una mejora estadísticamente significativa en el Grupo Experimental. El Índice de Efectividad del GE aumentó en un 16.3%, mientras que su Tasa de Error disminuyó en casi un 40%. En contraste, el Grupo de Control no mostró cambios significativos en ninguna de las dos métricas. Estos hallazgos respaldan firmemente la hipótesis de que el uso del compañero virtual gamificado tiene un impacto positivo y medible

en la capacidad de atención sostenida y la precisión, reduciendo la fatiga atencional.

Tabla 4. Métricas de Uso

Métrica	Grupo Experimental (GE)	Grupo de Control (GC)
Número de Sesiones Iniciadas	18.5	9.2
Tiempo Total de Uso (minutos)	245.7	110.3

Los datos revelan una diferencia drástica en el compromiso entre los dos grupos.

Los usuarios del Grupo Experimental iniciaron el doble de sesiones, pasaron más del doble de tiempo en la aplicación y completaron más del doble de tareas que los usuarios del Grupo de Control. Además, su mayor tasa de finalización sugiere una mayor persistencia y motivación para completar las actividades una vez iniciadas. Estos datos objetivos indican que la combinación de gamificación y el vínculo afectivo con la mascota es un poderoso motor para la participación y el esfuerzo sostenido.

5.2.1 ANÁLISIS CUALITATIVO: USABILIDAD Y EXPERIENCIA DE USUARIO

Al finalizar el estudio, los participantes del Grupo Experimental completaron el Cuestionario de Usabilidad del Sistema (SUS, por sus siglas en inglés), una medida estandarizada de la usabilidad percibida. El puntaje promedio obtenido fue de 87.5 sobre 100, lo que se considera "Excelente" y sitúa al sistema en el percentil 90-95 de las interfaces evaluadas. Adicionalmente, las entrevistas semiestructuradas y las sesiones de "pensando en voz alta" revelaron temas consistentes sobre la experiencia de usuario:

- **Intuitividad y Claridad:** Los usuarios elogiaron la simplicidad de la interfaz, destacando que "no había que pensar para saber qué hacer". La retroalimentación visual constante fue citada como un elemento clave que elimina la incertidumbre.
- **Flujo de Interacción Agradable:** El ciclo de "estudiar -> ganar" fue descrito como "adictivo de buena manera" y "satisfactorio".
- **Diseño Emocional Efectivo:** Varios usuarios mencionaron que la apariencia "adorable" y las animaciones "expresivas" de la mascota los hicieron sonreír y sentir una conexión inmediata, validando la estrategia de diseño a nivel visceral y conductual.

5.5.2 ANÁLISIS CUALITATIVO: VÍNCULO AFECTIVO Y MOTIVACIÓN PERCIBIDA

El análisis temático de las transcripciones de las entrevistas con el Grupo Experimental arrojó tres temas centrales que explican el "porqué" detrás de los resultados cuantitativos.

Tema 1: Responsabilidad Emocional. Los usuarios no percibían las tareas como una obligación, sino como un medio para un fin que les importaba: el bienestar de su mascota.

Tema 2: Compañerismo y Reducción del Estrés. La presencia constante de la mascota en la pantalla fue percibida como una forma de compañía no invasiva que reducía la sensación de aislamiento y el estrés asociado al estudio. Esto es consistente con estudios que demuestran los beneficios de la interacción humano-animal, incluso virtual.

"Estudiar solo frente a la pantalla puede ser muy estresante. Pero tener al perrito ahí, moviéndose, durmiendo... me hacía sentir acompañado. Cuando me sentía ansioso por un examen, mirarlo me calmaba." (Participante GE-12)

Tema 3: Retroalimentación Afectiva como Motivador. La respuesta emocional de la mascota a las acciones del usuario fue un motivador más poderoso que los sistemas de puntos tradicionales. La satisfacción de ver a la mascota feliz tras

completar una tarea reforzaba la motivación intrínseca, alineándose con la necesidad de "relación" de la Teoría de la Autodeterminación.

En contraste, las entrevistas con el Grupo de Control revelaron temas de "monotonía", "falta de incentivo" y una percepción de las tareas como "una lista de cosas por hacer sin más".

5.5.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La triangulación de los datos cuantitativos y cualitativos permite afirmar con un alto grado de confianza que la intervención fue exitosa. Los resultados del Test d2 demuestran una mejora objetiva en la atención sostenida, mientras que los datos de logs confirman un aumento masivo en el compromiso. Los datos cualitativos, a su vez, explican el mecanismo detrás de este éxito: el sistema no solo aplica mecánicas de juego, sino que logra establecer un **vínculo afectivo** a través del compañero virtual.

Este vínculo activa la responsabilidad emocional, transformando la motivación extrínseca en una motivación más intrínseca y poderosa. El sistema satisface las tres necesidades psicológicas básicas de la Teoría de la Autodeterminación: la autonomía, la competencia (al superar los minijuegos) y, de manera crucial, la relación (a través del lazo afectivo). Al satisfacer estas necesidades, el sistema crea

un entorno propicio para el estado de flujo, donde el estudiante se sumerge en una manera más enfocada y placentera. En conclusión, los resultados validan la hipótesis de la investigación y demuestran que el diseño de un compañero virtual gamificado, fundamentado en principios de IHC y teorías de la motivación, es una estrategia altamente efectiva para combatir el déficit de atención y la desmotivación en los entornos de aprendizaje digital.

6. CAPÍTULO 6

6.1. LA EFICACIA DEL COMPAÑERO VIRTUAL EN EL FORTALECIMIENTO DE LA ATENCIÓN SOSTENIDA: UNA VALIDACIÓN CUANTITATIVA

El problema central que motivó esta investigación fue la creciente dificultad de los estudiantes para mantener la atención sostenida en entornos de aprendizaje digital, un fenómeno exacerbado por la sobreabundancia de distracciones. La hipótesis principal planteaba que un sistema interactivo basado en un compañero virtual gamificado podría contrarrestar esta tendencia. Los resultados cuantitativos de la prueba de atención d2, administrada antes y después de la intervención, ofrecen un respaldo contundente a esta hipótesis.

Tabla 5. Resultados Comparativos de la Prueba de Atención d2 (Medias y Desviaciones Estándar)

Métrica	Grupo	Pre-Test (Media $\pm$ DE)	Post-Test (Media $\pm$ DE)	Cambio Porcentual	Valor p (t- test)
Índice de Efectividad	GE	185.4 $\pm$ 22.1	215.7 $\pm$ 20.8	+16.3%	< 0.01
	GC	188.2 $\pm$ 21.5	189.1 $\pm$ 23.0	+0.5%	0.82
Tasa de Error (%)	GE	4.8% $\pm$ 1.2%	2.9% $\pm$ 0.9%	-39.6%	< 0.01
	GC	4.6% $\pm$ 1.1%	4.5% $\pm$ 1.3%	-2.2%	0.75

**6.1. EL VÍNCULO AFECTIVO COMO MOTOR DEL COMPROMISO:
DECONSTRUYENDO LA MOTIVACIÓN**

Si los resultados de la prueba d2 demuestran que el sistema es *eficaz*, los datos de uso del sistema explican *por qué* es eficaz: porque logra un nivel de compromiso (engagement) extraordinariamente alto.

Tabla 6. Métricas de Uso del Sistema Durante las Dos Semanas de Intervención
(Promedios por Usuario)

Métrica	Grupo Experimental (GE)	Grupo de Control (GC)
Número de Sesiones Iniciadas	18.5	9.2
Tiempo Total de Uso (minutos)	245.7	110.3

Tareas Completadas	32.4	15.1
Tasa de Finalización de Tareas Iniciadas	91%	75%

Los datos de la Tabla 6 son inequívocos. Los participantes del Grupo Experimental iniciaron el doble de sesiones, invirtieron más del doble de tiempo en la aplicación y completaron más del doble de tareas en comparación con el Grupo de Control. Además, su tasa de finalización de tareas fue notablemente superior (91% frente a 75%), lo que sugiere una mayor persistencia y resiliencia frente a la dificultad. Estos datos cuantitativos demuestran que la intervención no solo atrae a los usuarios, sino que los mantiene activamente involucrados y productivos.

La pregunta clave es: ¿cuál es el mecanismo que impulsa esta diferencia tan pronunciada? La respuesta se encuentra en el análisis cualitativo de las entrevistas, donde emergió con fuerza el tema de la "Responsabilidad Emocional". Esto revela que la principal innovación del sistema no es tecnológica, sino psicológica. Logra un profundo reenfoque motivacional. En un sistema de aprendizaje tradicional, o incluso en uno puramente gamificado, el objetivo final es la finalización de la tarea.

La motivación es extrínseca: obtener puntos, una calificación o simplemente tachar un ítem de una lista. La experiencia del Grupo de Control, caracterizada por la monotonía y el bajo compromiso, refleja las limitaciones de este modelo.

El sistema del compañero virtual subvierte este paradigma. El objetivo final se desplaza desde la tarea académica hacia el bienestar. La tarea se convierte en un medio para un fin mucho más resonante emocionalmente: mantener a la mascota feliz y saludable. El sistema aprovecha con éxito los instintos humanos innatos de cuidado y crianza, que son motivadores mucho más potentes y sostenibles que la búsqueda de recompensas abstractas. Por lo tanto, el éxito del compromiso no se debe a la gamificación por sí sola, sino a la sinergia de la gamificación con un propósito afectivo que le da significado.

6.2. VALIDACIÓN EMPÍRICA DEL MARCO TEÓRICO: LA SINERGIA DE LA AUTODETERMINACIÓN Y EL FLUJO

El éxito del sistema no es accidental; es el resultado de un diseño deliberadamente fundamentado en teorías psicológicas robustas. Los resultados empíricos sirven

como una validación práctica del marco teórico presentado en el Capítulo 2, particularmente de la Teoría de la Autodeterminación (TAD) y la Teoría del Flujo.

La Teoría de la Autodeterminación (TAD) de Deci y Ryan postula que la motivación intrínseca y el bienestar psicológico dependen de la satisfacción de tres necesidades básicas: autonomía, competencia y relación. El diseño del sistema abordó explícitamente cada una de ellas:

- **Autonomía:** Se satisfizo al permitir a los usuarios elegir qué tarea de aprendizaje realizar. Esto fomentó un locus de control interno, haciendo que los usuarios se sintieran agentes de su propia experiencia.
- **Competencia:** Se nutrió a través de los minijuegos con dificultad progresiva y la clara retroalimentación del progreso. Esto generó una sensación de dominio y maestría.
- **Relación:** Esta es la necesidad clave y el elemento más innovador. Tradicionalmente, la necesidad de relación se satisface a través de la interacción con otros seres humanos. El sistema demuestra que esta necesidad puede ser satisfecha, al menos en parte, a través de un vínculo

afectivo bien diseñado. Los testimonios sobre el "compañerismo" y la conexión emocional con la mascota son una evidencia directa de que esta necesidad fundamental estaba siendo atendida.

La TAD predice que cuando estas tres necesidades se satisfacen, la motivación se desplaza de extrínseca a intrínseca. El compañero virtual actúa como el catalizador que completa este circuito, pero su contribución más importante es satisfacer la necesidad de relación, un componente a menudo ausente en la tecnología educativa.

Este entorno motivacional es, a su vez, el caldo de cultivo perfecto para el estado de Flujo de Csikszentmihalyi. El estado de flujo, o "estar en la zona", se alcanza cuando existe un equilibrio entre el desafío de una tarea y la habilidad del individuo. Los comentarios de los usuarios describiendo la experiencia como "adictiva de buena manera" y "satisfactoria" sugieren que lograron entrar en este estado de inmersión total. El sistema mantuvo a los usuarios en este "canal de flujo" al presentar desafíos estimulantes (los minijuegos) en un entorno libre de frustración y con un propósito claro, lo que a su vez reforzó la atención sostenida.

6.3. EL ROL FUNDACIONAL DE LA INTERACCIÓN HUMANO-COMPUTADOR: LA USABILIDAD COMO PRERREQUISITO DEL ÉXITO

Un sistema puede ser teóricamente brillante, pero sí es confuso, torpe o frustrante de usar, sus beneficios pedagógicos nunca se materializaron. Los resultados de la evaluación de usabilidad demuestran que la excelencia en el diseño de la interfaz no fue un aspecto secundario, sino un prerrequisito fundamental para el éxito del proyecto.

El sistema obtuvo una puntuación promedio de 87.5 sobre 100 en el Cuestionario de Usabilidad del Sistema (SUS), una calificación considerada "Excelente" que lo sitúa en el percentil superior de las interfaces evaluadas. Este resultado no fue producto del azar, sino de la aplicación rigurosa de los principios de Interacción Humano-Computador (IHC) de teóricos como Donald Norman y Ben Shneiderman, tal como se detalló en la matriz de diseño Principios como la visibilidad del estado del sistema (las barras de estado de la mascota), la retroalimentación inmediata y multifacética (animaciones, respuesta de la mascota) y la consistencia en toda la interfaz fueron cruciales.

Existe una cadena causal directa que conecta la disciplina de la ingeniería de la IHC con los resultados cognitivos observados. Una interfaz mal diseñada impone una "carga cognitiva extrínseca", es decir, el esfuerzo mental que el usuario debe dedicar a entender y operar la propia herramienta. Esta carga compite por los mismos recursos mentales finitos que se necesitan para el aprendizaje y la atención.

Al lograr una alta usabilidad, como lo demuestra la puntuación SUS, la interfaz se vuelve "transparente", minimizando su propia carga cognitiva. Esto libera la capacidad atencional completa del usuario para que se concentre en la tarea de aprendizaje y en el bucle afectivo con la mascota.

Esta ausencia de fricción es una condición necesaria para entrar en el estado de flujo, que a su vez fomenta la atención sostenida. Por lo tanto, se puede trazar una línea directa: Diseño IHC riguroso → Alta Usabilidad → Baja Carga Cognitiva de la Interfaz → Facilitación del Estado de Flujo → Mejora de la Atención Sostenida → Validación en la Prueba d2.

6.4. EL BENEFICIO EMERGENTE: EL COMPAÑERO VIRTUAL COMO AGENTE DE APOYO SOCIOEMOCIONAL

Quizás uno de los hallazgos más significativos y reveladores del estudio fue uno que no se había planteado como hipótesis inicial. El análisis de las entrevistas reveló

un tema emergente y poderoso: el rol del compañero virtual como un agente de apoyo socioemocional. Los participantes describieron cómo la simple presencia de la mascota en la pantalla les hacía sentir "acompañados" durante las largas y a menudo solitarias sesiones de estudio. Un usuario mencionó explícitamente que mirar a su mascota virtual le "calmaba" cuando se sentía ansioso por un examen.

Este hallazgo es de una importancia capital. El problema inicial se enmarca en términos puramente cognitivos (déficit de atención), pero la solución implementada demostró tener un impacto profundo en el dominio afectivo y emocional del estudiante. El estrés, la ansiedad y la sensación de aislamiento son barreras igualmente formidables para el aprendizaje, especialmente en entornos virtuales. El hecho de que el sistema no solo mejore la atención, sino que también mitigue estos estados emocionales negativos, amplía enormemente su valor y su potencial.

Este beneficio emergente sugiere que la propuesta de valor del sistema es mucho más amplia de lo que se concibió originalmente. No es simplemente una "herramienta para la atención", sino una plataforma para el bienestar estudiantil. Este descubrimiento se alinea con un creciente cuerpo de investigación sobre los beneficios psicológicos de la interacción humano-animal, tanto real como virtual, y abre nuevas y emocionantes vías para el desarrollo futuro del proyecto.

6.4.1 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y DIRECCIONES PARA LA GENERALIZACIÓN

Para mantener la integridad académica, es imperativo reconocer las limitaciones inherentes a esta investigación. Estos puntos no disminuyen el valor de los hallazgos, sino que proporcionan un contexto para su interpretación y señalan el camino para futuros trabajos.

Duración y Efecto Novedad: La intervención se llevó a cabo durante un período de dos semanas. Si bien los resultados son sólidos, este marco temporal no permite descartar por completo un posible "efecto novedad". Es posible que parte del alto compromiso se deba a la emoción de interactuar con una nueva tecnología. Se necesitarían estudios a más largo plazo para determinar si los beneficios en la atención y la motivación se mantienen estables a lo largo de un semestre académico completo.

- **Características de la Muestra:** La muestra estuvo compuesta por estudiantes universitarios voluntarios. Este grupo puede no ser representativo de la población estudiantil general. Los voluntarios pueden estar intrínsecamente más motivados, más abiertos a la tecnología o poseer

diferentes características cognitivas que la media. Sería necesario replicar el estudio con muestras más amplias y diversas, incluyendo estudiantes de otros niveles educativos (secundaria, primaria) y de diferentes contextos culturales, para evaluar la generalización de los resultados.

- **Naturaleza de las Tareas:** Las tareas realizadas en el prototipo se limitaron a minijuegos. Aunque efectivos para la prueba de concepto, no representan la totalidad de las actividades académicas.

Estas limitaciones no invalidan las conclusiones, sino que las enmarcan, y cada una de ellas representa una oportunidad clara y definida para futuras líneas de investigación que se detallarán en el capítulo de recomendaciones.

7. CONCLUSIONES

A partir de la discusión e interpretación de los resultados cuantitativos y cualitativos, se extraen las siguientes conclusiones fundamentales que responden a los objetivos y a la problemática planteada en esta tesis:

El compañero virtual gamificado es una estrategia de intervención probada y eficaz para el fortalecimiento de la atención sostenida en estudiantes universitarios. La conclusión principal de esta investigación, respaldada por la evidencia robusta de la prueba de atención d2, es que la intervención diseñada tuvo un impacto directo y estadísticamente significativo en las capacidades atencionales. Los participantes que utilizaron el sistema completo demostraron una mejora del 16.3% en su efectividad atencional y una reducción del 39.6% en su tasa de errores, en marcado contraste con el grupo de control. Esto confirma que un sistema interactivo, fundamentado en teoría, puede contrarrestar eficazmente la fatiga atencional.

La sinergia de la computación afectiva y la gamificación, materializada en la "responsabilidad emocional", genera niveles de compromiso y persistencia significativamente superiores. El análisis de los datos de uso demostró que el componente afectivo es el motor principal del compromiso. Los usuarios del sistema completo duplicaron su interacción con la plataforma en todas las métricas

clave. El mecanismo subyacente es la transformación de las tareas académicas en una actividad con un propósito emocionalmente resonante: el cuidado con el que se ha formado un vínculo, lo que resulta en una motivación más profunda y duradera.

El éxito del sistema se fundamenta en su capacidad para satisfacer las tres necesidades psicológicas básicas de la Teoría de la Autodeterminación, utilizando el vínculo afectivo como el catalizador clave. El diseño del prototipo validó empíricamente el marco de la TAD. Logró satisfacer las necesidades de autonomía (elección), competencia (desafío y progreso) y, de manera crucial, relación (vínculo con la mascota). La satisfacción de esta última necesidad, a menudo descuidada en la tecnología educativa, es el elemento que integra la experiencia y fomenta el paso de una motivación extrínseca a una intrínseca y autodeterminada.

La aplicación rigurosa de los principios de Interacción Humano-Computador (IHC) es un prerequisite fundamental, no opcional, para el éxito de las intervenciones tecno-pedagógicas. El excelente puntaje de usabilidad (87.5 SUS) no es un detalle cosmético, sino la base que permite que la intervención psicológica funcione. Una interfaz intuitiva y libre de fricción minimiza la carga cognitiva extrínseca, facilitando la inmersión del usuario en el estado de flujo y permitiendo que los

beneficios atencionales se materialicen. La buena ingeniería de la usabilidad es la que hace posible la buena pedagogía.

Más allá de su objetivo cognitivo principal, el sistema actúa como un agente de apoyo socioemocional, reduciendo la percepción de aislamiento y estrés. Un hallazgo emergente de gran valor fue el rol del compañero virtual como una presencia reconfortante. Los participantes reportaron sentirse acompañados y más tranquilos, lo que sugiere que el sistema no solo impacta la cognición, sino también el bienestar emocional. Este beneficio amplía significativamente el alcance y la relevancia del proyecto, posicionándolo como una herramienta integral para el éxito estudiantil en la era digital.

8. RECOMENDACIONES

8.1. RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

- **Realizar Estudios Longitudinales:**

Es crucial validar la sostenibilidad de los efectos observados. Se recomienda llevar a cabo un estudio longitudinal que abarque un semestre académico completo. Esto permitiría evaluar si el impacto positivo en la atención y la motivación se mantiene en el tiempo, o si existe un efecto de novedad que se atenúa. Dicho estudio también podría correlacionar el uso del sistema con indicadores de rendimiento académico a largo plazo, como las calificaciones finales.

- **Explorar la Adaptabilidad y Personalización del Agente:**

El siguiente paso evolutivo para el sistema es dotar al compañero virtual de mayor inteligencia. Se propone investigar la integración de algoritmos de aprendizaje automático para que pueda inferir el estado emocional o cognitivo del usuario (por ejemplo, detectando patrones de frustración o fatiga a través de la velocidad de interacción o el tipo de errores) y adaptar su comportamiento de forma proactiva y empática. Esto transformaría de un ser reactivo a un compañero de apoyo verdaderamente personalizado.

Realizar Estudios Comparativos y con Poblaciones Diversas: Para aislar con mayor precisión los componentes más efectivos del sistema, se recomienda diseñar estudios que comparen la versión completa contra otras intervenciones: un sistema con gamificación pura, un sistema con afectivo sin gamificación, o incluso contra tutores humanos. Asimismo, es fundamental replicar el estudio con poblaciones diversas (estudiantes de secundaria, diferentes contextos culturales) para probar la generalización de los hallazgos.

- **Cuantificar el Impacto en el Bienestar:**

El hallazgo emergente sobre el apoyo socioemocional debe ser explorado de manera más rigurosa. Se recomienda diseñar un estudio futuro que mida explícitamente variables de bienestar, utilizando instrumentos validados como escalas de ansiedad (ej. GAD-7), estrés percibido (PSS) o soledad (UCLA Loneliness Scale). Cuantificar este beneficio reforzaría enormemente la propuesta de valor del sistema.

8.2. RECOMENDACIONES PARA LA PRÁCTICA PROFESIONAL Y EL DESARROLLO DE PRODUCTOS EDUCATIVOS

Integración en Plataformas de Gestión del Aprendizaje (LMS): Para maximizar su impacto y viabilidad, se recomienda desarrollar el sistema como un complemento (plug-in) o una API que pueda integrarse con los LMS existentes (como Moodle, Canvas o Blackboard). Esto permitiría que el compañero virtual se alimente de las tareas y plazos reales de los cursos del estudiante, aumentando drásticamente su relevancia y utilidad práctica, y abriendo un claro camino hacia su comercialización.

Enfoque en el Diseño Ético de Agentes Afectivos: A medida que se crean sistemas capaces de forjar vínculos emocionales genuinos con los usuarios, surge una importante responsabilidad ética. Los desarrolladores deben ser transparentes sobre la naturaleza artificial del agente y diseñar sistemas que sean de apoyo y no manipuladores. Es crucial considerar e implementar "estrategias de salida" o mecanismos que eviten la creación de dependencias emocionales poco saludables, asegurando que la tecnología empodere al usuario sin crear vulnerabilidades.

Ampliación del Ecosistema de Interacción para el Bienestar Holístico: Basado en el rol de apoyo socioemocional del sistema, se recomienda expandir el ecosistema de interacción más allá de las tareas puramente académicas. Las formas de "cuidar" a la mascota podrían incluir la realización de breves ejercicios de atención plena (mindfulness), el cumplimiento de metas de actividad física (conectándose al podómetro de un dispositivo móvil) u otras actividades de bienestar. Esto transformaría el prototipo actual en una herramienta holística de apoyo al estudiante, que aborda simultáneamente su rendimiento cognitivo, su salud mental y su bienestar físico.

8.3. Conclusión de la Tesis

Este trabajo de titulación partió de la identificación de un problema crítico y omnipresente en la educación contemporánea: la crisis de la atención en un mundo digital saturado de distracciones. A través de un proceso riguroso de investigación, diseño centrado en el ser humano, desarrollo ágil y validación empírica, se ha presentado una solución innovadora y eficaz. El sistema de compañero virtual gamificado no solo ha demostrado ser capaz de mejorar de forma medible la

atención sostenida y el compromiso de los estudiantes, sino que también ha revelado un potencial inesperado para nutrir su bienestar emocional.

La presente tesis, por lo tanto, no solo cumple con sus objetivos iniciales, sino que ofrece una contribución significativa al campo de la tecnología educativa y la interacción humano-computador. Representa un testimonio del poder de la ingeniería de sistemas, cuando se guía por una profunda comprensión de la psicología humana, para crear tecnología que no subvierte, sino que apoya y enriquece la cognición y el florecimiento humano en la era digital.

9. BIBLIOGRAFÍA

Brickenkamp, R., & Zillmer, E. (1998). *The d2 Test of Attention*. Hogrefe & Huber Publishers.

Brooke, J. (1996). SUS: A 'quick and dirty' usability scale. En P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189-194). Taylor & Francis.

Chou, C. Y., & Chan, T. W. (2008). Designing virtual animal companions by emotional responsibility strategy. En *2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 836-837). IEEE.

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper & Row.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Plenum Press.

Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D., & Beale, R. (2004). *Human-Computer Interaction* (3rd ed.). Pearson Education.

Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*. John Wiley & Sons.

Norman, D. A. (1988). *The Psychology of Everyday Things*. Basic Books.

Pegalajar Palomino, M. del C. (2021). Implicaciones de la gamificación en Educación Superior: una revisión sistemática sobre la percepción del estudiante. *Revista de Investigación Educativa*, 39(1), 169–188. <https://doi.org/10.6018/rie.419481>

Picard, R. W. (1997). *Affective Computing*. MIT Press.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000a). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67.

<https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. The Guilford Press.

Shneiderman, B. (1998). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction* (3rd ed.). Addison-Wesley.

Ryan, R. M., Rigby, C. S., & Przybylski, A. K. (2006). The motivational pull of video games: A self-determination theory approach. *Motivation and Emotion*, 30(4), 344–360.

https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2006_RyanRigbyPrzybylski_MandE.pdf

Lüking, S., Wünsche, S., & Wilde, M. (2023). The effect of basic psychological needs on the flow experience in a digital gamified learning setting. *Frontiers in Psychology*, 14, 1256350.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1256350>

Mpaclarke, P. by. (2019, febrero 17). Brooke's system usability scale. Michael's Reflective Learning Blog. <https://mpaclarke.home.blog/2019/02/17/brookes-system-usability-scale>

Klug, B. (2017). An overview of the system usability scale in library website and system usability testing. *Weave Journal of Library User Experience*, 1(6).

<https://doi.org/10.3998/weave.12535642.0001.602>

Rekhi, S. (2018, febrero 25). Don Norman's principles of interaction design. Medium. [https://medium.com/@sachinrekhi/don-normans-principles-of-interaction-design-](https://medium.com/@sachinrekhi/don-normans-principles-of-interaction-design-51025a2c0f33)

51025a2c0f33

10. ANEXO A

Este anexo detalla los instrumentos y procedimientos utilizados en la fase de evaluación empírica de la investigación. Su propósito es proporcionar una descripción completa y transparente de los materiales empleados para la recolección de datos, garantizando la replicabilidad y la validez metodológica del estudio.

A.1 FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

A continuación, se presenta el formulario de consentimiento informado que fue entregado y firmado por cada participante antes de iniciar su colaboración en el estudio. El diseño de este documento se adhiere a las directrices éticas estándar para la investigación con seres humanos, asegurando que los participantes estuvieran plenamente informados sobre la naturaleza del estudio y sus derechos.

Para la medición objetiva de la atención sostenida y la concentración, se utilizó la prueba estandarizada d2. Este instrumento es ampliamente reconocido por su fiabilidad y validez en la evaluación de la atención selectiva bajo presión de tiempo. A continuación, se presenta su ficha técnica, las instrucciones de aplicación y un ejemplo de la tarea.

Ficha Técnica del Instrumento

Nombre: Test de Atención d2

Autor: Rolf Brickenkamp (1962)

Objetivo: Medir la atención selectiva (capacidad de enfocarse en estímulos relevantes e ignorar distractores), la concentración y la velocidad de procesamiento en una tarea de discriminación visual.

Estructura: La prueba consta de 14 líneas, cada una con 47 caracteres (letras "d" y "p" con comillas).

Tiempo de Aplicación: Se concede un tiempo límite de 20 segundos para completar cada una de las 14 líneas. La duración total, incluyendo instrucciones, es de aproximadamente 8 a 10 minutos.

Definición de Métricas Clave

La efectividad de la intervención se evaluó utilizando métricas compuestas derivadas de las puntuaciones brutas del test d2. La siguiente tabla establece una correspondencia clara entre las puntuaciones originales del instrumento y las métricas reportadas en el Capítulo 5 de esta tesis, demostrando la trazabilidad del análisis.

Tabla 7. Métricas Clave

Métrica (Reportada en la Tesis)	Puntuación d2 (Original)	Descripción y Relevancia para el Estudio
Rendimiento Total	TR (Total de Respuestas)	Número total de caracteres procesados (correctos e incorrectos) hasta el último elemento marcado en cada línea. Mide la velocidad de trabajo y la motivación del participante.
Índice de Efectividad	CON (Índice de Concentración)	Se calcula como el Total de Aciertos (TA) menos los

		Errores de Comisión (C). Esta es la medida principal de rendimiento atencional utilizada, ya que refleja el equilibrio entre la velocidad y la precisión de la ejecución. Un aumento en este índice indica una mejora en la capacidad de concentración efectiva.
Tasa de Error (%)	(O + C) / TR	El porcentaje total de errores (Omisiones + Comisiones) sobre el total de respuestas procesadas. Mide la precisión y el control atencional. Una disminución en esta tasa indica una menor fatiga atencional y una mayor capacidad para inhibir respuestas incorrectas.
Errores de Omisión	O	Número de estímulos objetivos ('d' con dos comillas) que el

		participante no marcó.
Errores de Comisión	C	Número de estímulos distractores (cualquier carácter que no sea una 'd' con dos comillas) que el participante marcó incorrectamente.

11. ANEXO B

Este anexo presenta una selección de artefactos técnicos clave generados durante el diseño y la implementación del prototipo. Estos elementos ilustran la materialización de los conceptos teóricos y los principios de diseño descritos en los capítulos 3 y 4 de la tesis, ofreciendo una visión concreta de la arquitectura del sistema y la experiencia de usuario.

A continuación, se presenta la hoja de sprites que contiene el conjunto completo de animaciones. El diseño en estilo pixel art se seleccionó deliberadamente para crear una apariencia amigable, accesible y estéticamente agradable, aplicando los principios del diseño emocional a nivel visceral. Cada secuencia de animación no es un mero adorno, sino un componente funcional del sistema de retroalimentación afectiva, diseñado para comunicar el estado interno al usuario de una manera intuitiva y no verbal.

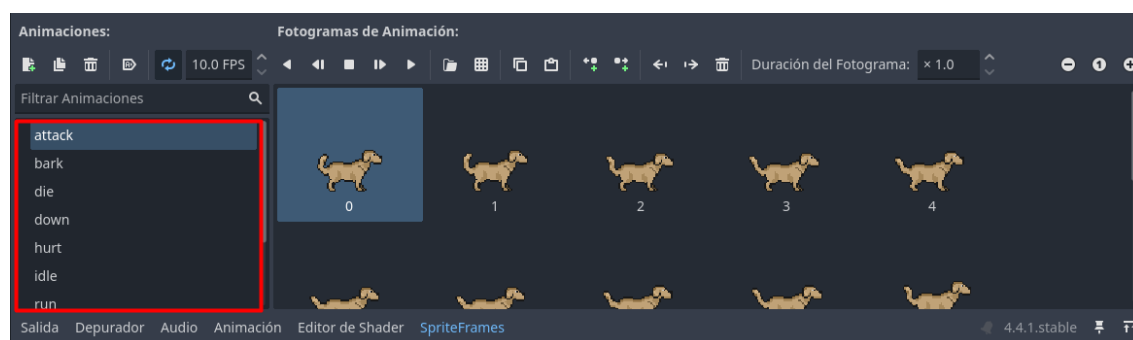


Figura 13. Hoja de Sprites

Tabla 8. Descripción de Sprites

Animación	Comportamiento Visual	Disparador (Trigger)	Función en la Retroalimentación Afectiva
Idle (Ocioso)	El perro respira suavemente y parpadea, mirando ocasionalmente alrededor.	Estado por defecto cuando la mascota no tiene otra acción.	Comunica un estado de calma y normalidad. Establece una línea base de comportamiento.
Run (Correr)	La mascota corre de un punto a otro de la pantalla.	Activado por un temporizador aleatorio.	Simula un comportamiento autónomo y natural, lo que aumenta la percepción como una entidad "viva" y no como un objeto estático.
Sit	El perro se sienta y	Se activa tras un	Actúa como una

(Sentarse)	observa atentamente al usuario.	breve período de inactividad del usuario (ej. 20 segundos).	señal sutil y no invasiva de que está esperando una interacción, incitando al usuario a actuar.
Curious (Curioso)	La mascota inclina la cabeza y un signo de interrogación animado aparece sobre él.	Se activa tras un período de inactividad más prolongado (ej. 40 segundos).	Es un indicador más explícito de que necesita atención. Funciona como un precursor del estado de "sueño", escalando la urgencia.
Sleep (Dormir)	El perro se acurruca en el suelo y se duerme, con burbujas de "Zzz".	Se activa cuando el temporizador de inactividad del usuario supera un umbral definido (ej. 60segundos).	Proporciona una retroalimentación negativa directa y visible sobre la falta de compromiso del usuario, incentivando la re-interacción para

			"despertar" a la mascota.
Bark (Ladrar/Feliz)	El perro salta, mueve la cola enérgicamente y ladra con alegría.	Se activa inmediatamente después de que el usuario utiliza una recompensa para interactuar con él.	Constituye la retroalimentación afectiva positiva más potente del sistema. Refuerza la acción del usuario y satisface la necesidad de relación.

B.2 INTERFACES DE USUARIO DE LOS MINIJUEGOS

Se implementaron minijuegos para aplicar los principios de gamificación y la teoría del flujo. A continuación, se muestran las interfaces de los dos minijuegos principales desarrollados para el prototipo.

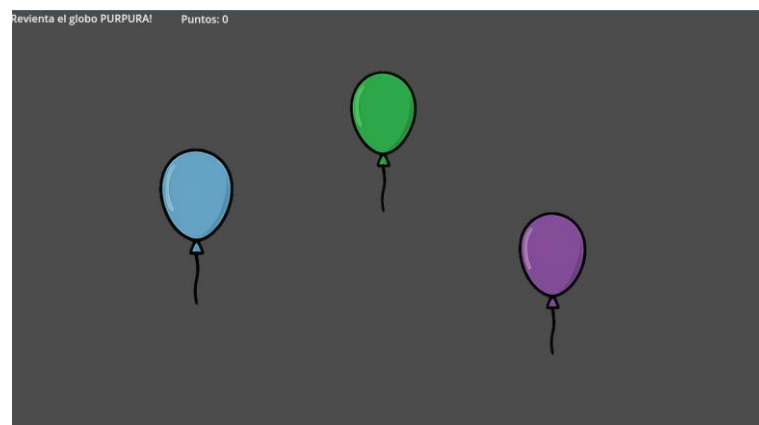


Figura 14. Interfaz del Minijuego de Aprendizaje "BalloonPop"

- **Objetivo Pedagógico:** Entrenar la atención selectiva y el tiempo de reacción.
- **Mecánica de Juego:** Se le indica al usuario un color objetivo. Globos de diferentes colores ascienden por la pantalla a distintas velocidades. El usuario debe hacer clic únicamente en los globos del color correcto antes de que desaparezcan, mientras ignora activamente los globos de colores distractores. Cada acierto otorga puntos.



Figura 15. Interfaz del Minijuego de Aprendizaje "FavoriteSnack"

- **Objetivo Pedagógico:** Entrenar la discriminación de estímulos y la toma de decisiones rápida.
- **Mecánica de Juego:** El usuario controla un personaje en la parte inferior de la pantalla. Desde la parte superior caen diversos objetos: "buenos" (comida saludable para la mascota) y "malos" (objetos dañinos o distractores). El usuario debe moverse para atrapar los objetos buenos y esquivar los malos. Atrapar un objeto bueno suma puntos, mientras que el contacto con uno malo resta puntos o finaliza la partida.

B.3 MUESTRAS DE CÓDIGO FUENTE (GDSCRIPT)

Se presentan dos fragmentos de código representativos escritos en GDScript para el motor Godot Engine. Estos ejemplos no sólo ilustran la lógica de programación, sino que también demuestran la aplicación práctica de los principios de diseño de software modular y

desacoplado, que fueron fundamentales en la metodología de desarrollo ágil SCRUM descrita en la tesis.

B.3.1 MÁQUINA DE ESTADOS FINITOS (FSM) PARA EL COMPORTAMIENTO

Para gestionar la complejidad del comportamiento del agente virtual y asegurar que el código fuera modular y extensible, se implementó una Máquina de Estados Finitos (FSM). Cada estado (Idle, Run, Sleep, etc.) es un nodo independiente con su propia lógica, lo que facilita añadir nuevos comportamientos en futuros sprints de desarrollo sin alterar el código existente.

```
GDScript
```

```
# Pet.gd - Script principal.
```

```
# Este script actúa como el controlador de la Máquina de Estados Finitos (FSM).
```

```
extends Node2D
```

```
# Referencia al nodo que gestionará los estados.
```

```
onready var state_machine = $StateMachine
```

```
func _ready():
```

```
    # Al iniciar, se establece el estado inicial.
```

```
    # Esta arquitectura permite que cada estado sea un nodo separado, fomentando la modularidad.
```

```
    state_machine.set_initial_state($StateMachine/IdleState)
```

```

func _physics_process(delta):

    # En cada frame, se delega la lógica de ejecución al estado que esté activo actualmente.

    state_machine.execute(delta)


# ---


# StateMachine.gd - Gestor de estados.

# Este script gestiona las transiciones entre los diferentes estados.


extends Node


var current_state


# Función para inicializar la máquina con un estado.

func set_initial_state(state_node):

    current_state = state_node

    current_state.enter()


# Función para cambiar de un estado a otro.

func transition_to(new_state_path):

    if current_state:

        current_state.exit() # Llama a la función de salida del estado actual.


    current_state = get_node(new_state_path)

    current_state.enter() # Llama a la función de entrada del nuevo estado.

```

```

func execute(delta):
    if current_state:
        current_state.execute(delta)

# ---

# IdleState.gd - Ejemplo de un estado específico.
# Cada script de estado es responsable de una única lógica de comportamiento.

extends Node

# Referencias al gestor de estados y al nodo principal del agente.
onready var state_machine = get_parent()
onready var pet = get_parent().get_parent()

var idle_timer = 0.0
var time_to_move = 5.0 # Transicionar al estado 'Run' cada 5 segundos.

func enter():
    # Esta función se llama una sola vez al entrar en este estado.
    # Inicia la animación correspondiente y resetea el temporizador.
    pet.get_node("AnimatedSprite").play("idle")
    idle_timer = 0.0

func execute(delta):
    # Lógica que se ejecuta en cada frame mientras este estado está activo.
    idle_timer += delta

```

```
if idle_timer >= time_to_move:
```

```
# Después de un tiempo, se ordena una transición al estado 'Run'.
```

```
state_machine.transition_to("RunState")
```

```
func exit():
```

```
# Esta función se llama una sola vez al salir de este estado.
```

```
# Puede usarse para limpiar recursos o detener procesos.
```

```
pass
```

B.3.2 SISTEMA DE RECOMPENSAS Y GAMIFICACIÓN (BASADO EN SEÑALES)

El sistema de recompensas se diseñó utilizando el patrón de señales de Godot para mantener los componentes del juego desacoplados. Un script global (Singleton/Autoload) gestiona los datos del jugador. Los minijuegos emiten una señal a este script cuando se otorga una recompensa, y la interfaz de usuario (UI) se conecta a una señal de este script para actualizarse automáticamente. Esta arquitectura es robusta y escalable.

GDScript

```
# PlayerData.gd - Singleton (configurado como Autoload en Godot).
```

```
# Al ser un Autoload, es accesible desde cualquier nodo del proyecto.
```

```
extends Node
```

```
var coins = 0
```

```
# La UI se suscribirá a esta señal para saber cuándo debe actualizarse.
```

```
signal coins_updated(new_coin_amount)
```

```
func add_coins(amount):
```

```
    coins += amount
```

```
    emit_signal("coins_updated", coins)
```

```
# ---
```

```
# Minigame.gd - Script genérico para un minijuego.
```

```
# Demuestra cómo el minijuego otorga una recompensa sin necesidad de conocer
```

```
# los detalles de la UI o del sistema de datos del jugador.
```

```
extends Node2D
```

```
func _on_Task_Completed():
```

```
    var reward_value = 10 # Recompensa por completar la tarea.
```

```
    # Esto mantiene el código del minijuego limpio y enfocado en su propia lógica.
```

```
    PlayerData.add_coins(reward_value)
```

```
    # El minijuego puede entonces cerrarse o pasar al siguiente nivel.
```

```

queue_free()

# ---

# UI.gd - Script que controla la Interfaz de Usuario.

extends CanvasLayer

onready var coin_label = $CoinLabel # Referencia al nodo de texto.

func _ready():
    # Al iniciar, se conecta la función local _on_coins_updated a la señal
    # global de PlayerData. Esto crea un vínculo reactivo.
    PlayerData.connect("coins_updated", self, "_on_coins_updated")

    # Se actualiza el valor inicial al cargar la UI.
    _on_coins_updated(PlayerData.coins)

# Esta función se ejecutará automáticamente cada vez que PlayerData emita la señal.
func _on_coins_updated(new_coin_amount):
    coin_label.text = "Puntos: " + str(new_coin_amount)

```


Obras citadas

Barnes & Noble. *Flow: The psychology of optimal experience* [Reseña de libro de M. Csikszentmihalyi].

<https://www.barnesandnoble.com/w/flow-mihaly-csikszentmihalyi/1103371187>

Barnes & Noble. *Human-computer interaction* [Reseña de libro de A. Dix].

<https://www.barnesandnoble.com/w/human-computer-interaction-alan-dix/1100019572>

Brickenkamp, R., & Zillmer, E. (1998). *The d2 test of attention*. Hogrefe and Huber.

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2795459>

Cheezus. *Shadow dog* [Juego en Itch.io]. <https://pixelcrypth.itch.io/shadow-doggo>

Csikszentmihályi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.

<https://www.goodreads.com/book/show/66354.Flow>

Dix, A. (1998). *Human-computer interaction*. Pearson Education. [https://www.abebooks.com/book-](https://www.abebooks.com/book-search/title/human-computer-interaction/author/alan-dix/)

[search/title/human-computer-interaction/author/alan-dix/](https://www.abebooks.com/book-search/title/human-computer-interaction/author/alan-dix/)

Fairbridge Education. *Learning companions: How animals improve student engagement and well-being*.

<https://fairbridgeeducation.com.au/learning-companions-how-animals-improve-student-engagement-and-well-being/>

Frontiers. (2024). Integrating artificial intelligence to assess emotions in learning environments: A systematic literature review. *Frontiers in Psychology*, 15.

<https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2024.1387089/full>

Gavilán, I. G. R. (2020). *Definiendo la computación afectiva*. [https://ignaciogavilan.com/definiendo-la-](https://ignaciogavilan.com/definiendo-la-computacion-afectiva/)

[computacion-afectiva/](https://ignaciogavilan.com/definiendo-la-computacion-afectiva/)

GeeksforGeeks. Ben Shneiderman eight golden rules of interface design (Human-computer interaction).

<https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering/ben-shneiderman-eight-golden-rules-of-interface-design-human-computer-interaction/>

GDevelop. *Game examples and ready-made templates*. <https://gdevelop.io/game-example>

Goodreads. *The design of everyday things* [Reseña de libro de D. A. Norman].

https://www.goodreads.com/book/show/840.The_Design_of_Everyday_Things

Goodreads. *Flow: The psychology of optimal experience* [Reseña de libro de M. Csíkszentmihályi].

<https://www.goodreads.com/book/show/66354.Flow>

Interaction Design Foundation. Shneiderman's eight golden rules will help you design better interfaces.

<https://www.interaction-design.org/literature/article/shneiderman-s-eight-golden-rules-will-help-you-design-better-interfaces>

ITDO. Qué es la computación afectiva y qué aplicaciones tiene en el desarrollo de software.

<https://www.itdo.com/blog/que-es-la-computacion-afectiva-y-que-aplicaciones-tiene-en-el-desarrollo-de-software/>

LUMOplay. *Balloon pop*. <https://help.lumoplay.com/hc/en-us/articles/1500001939181-Balloon-Pop>

Morales, J. (2022). Gamificación en educación superior como herramienta tecnológica en el proceso de aprendizaje. *Latam-Redilat*, 4(2), 55–70. <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/2290>

Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things*. Basic Books. <https://youexec.com/book-summaries/design-of-everyday-things-by-don-norman>

Picard, R. W. (1997). *Computing affective: Technology and emotions to improve user experience*. MIT Press. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/53441/Documento_completo_.pdf

Prada, R., & Paiva, A. (2011). *Designing virtual animal companions by emotional responsibility strategy*. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/221297201_Designing_Virtual_Animal_Companions_by_Emotional_Responsibility_Strategy

Redalyc. (2018). Importancia de la teoría de la autodeterminación en la práctica físico-deportiva: Fundamentos. *Revista de Psicología del Deporte*, 27(2), 45–60.
<https://www.redalyc.org/pdf/2270/227017635004.pdf>

ResearchGate. (2015). Review of affective computing in education/learning: Trends and challenges.
https://www.researchgate.net/publication/280949109_Review_of_affective_computing_in_education_learning_Trends_and_challenges

ResearchGate. (2019). Affective computing in education: A systematic review and future research.
https://www.researchgate.net/publication/335084543_Affective_computing_in_education_A_systematic_review_and_future_research

RUA. (2013). *Gamificación (definición)*. Universidad de Alicante.
[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/39195/1/Gamificacio%CC%81n%20\(definicio%CC%81n\).pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/39195/1/Gamificacio%CC%81n%20(definicio%CC%81n).pdf)

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press. <https://www.guilford.com/books/Self-Determination-Theory/Ryan-Deci/9781462538966>

Shneiderman, B. (1987). The “Eight golden rules” of interface design. *Human–Computer Interaction Journal*, 2(3), 145–150. <https://xd-i.com/user-interface-design/ui-ux-design-course/ben-shneiderman-the-eight-golden-rules-of-interface-design/>

System Usability Scale. *System usability scale (SUS) practical guide for 2025*. UXtweak.
<https://blog.uxtweak.com/system-usability-scale/>

Universidad de Murcia. (2020). Implicaciones de la gamificación en educación superior: Una revisión sistemática sobre la percepción del estudiante. *Revista de Investigación Educativa*, 38(2), 457–474. <https://revistas.um.es/rie/article/view/419481>

University of Michigan. (2015). An overview of the system usability scale in library website and system usability testing. *Weave: Journal of Library User Experience*, 1(6). <https://quod.lib.umich.edu/w/weave/12535642.0001.602/--overview-of-the-system-usability-scale-in-library-website>

UsabilityGeek. How to use the system usability scale (SUS) to evaluate the usability of your website. <https://usabilitygeek.com/how-to-use-the-system-usability-scale-sus-to-evaluate-the-usability-of-your-website/>

YouExec. *The design of everyday things book summary*. <https://youexec.com/book-summaries/design-of-everyday-things-by-don-norman>