

Paula Clua Sicilia

**AACLearn: Desarrollo de una aplicación web de comunicación aumentativa para
personas con autismo no verbal**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**dirigido por Esteban Herreros
Suarez**

Grado de Ingeniería Informática



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2025

Resum.

Aquest Treball de Fi de Grau aborda el disseny, desenvolupament i implementació d'AACLearn, una aplicació web gratuïta de comunicació augmentativa i alternativa (CAA) adreçada a infants amb Trastorn de l'Espectre Autista (TEA) no verbal. El projecte parteix de la necessitat urgent d'oferir eines accessibles i personalitzables que facilitin l'expressió de necessitats, emocions i pensaments en un col·lectiu que afronta barreres significatives en la comunicació oral.

Mitjançant un sistema d'icones interactius, síntesi de veu, dibuix lliure i gestió de continguts per part del tutor, AACLearn permet crear missatges visuals comprensibles i adaptats al nivell de cada usuari. La solució ha estat dissenyada amb criteris d'usabilitat, accessibilitat i simplicitat, i està optimitzada per a contextos educatius, terapèutics i familiars.

Resumen.

El presente Trabajo de Fin de Grado aborda el diseño, desarrollo e implementación de AACLearn, una aplicación web gratuita de comunicación aumentativa y alternativa (CAA) dirigida a niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) no verbal. El proyecto parte de la necesidad urgente de ofrecer herramientas accesibles y personalizables que faciliten la expresión de necesidades, emociones y pensamientos en un colectivo que enfrenta barreras significativas en la comunicación oral.

A través de un sistema de iconos interactivos, síntesis de voz, dibujo libre y gestión de contenidos por parte del tutor, AACLearn permite crear mensajes visuales comprensibles y adaptados al nivel de cada usuario. La solución ha sido diseñada con criterios de usabilidad, accesibilidad y simplicidad, optimizada para contextos educativos, terapéuticos y familiares.

Abstract.

This Final Degree Project presents the design, development, and implementation of AACLearn, a free web application for augmentative and alternative communication (AAC) aimed at nonverbal children with Autism Spectrum Disorder (ASD). The project stems from the urgent need to provide accessible and customizable tools that support the expression of needs, emotions, and thoughts in a group that faces significant barriers to oral communication.

Through an interactive system of icons, speech synthesis, free drawing, and content management by a caregiver, AACLearn enables the creation of visual messages tailored to each user's abilities. The solution has been designed with usability, accessibility, and simplicity in mind, and is optimized for educational, therapeutic, and family contexts.

Índice

1	INTRODUCCIÓN	9
1.1	¿QUÉ ES EL AUTISMO Y CÓMO AFECTA A LA COMUNICACIÓN?.....	9
1.1.1	POSIBLES CAUSAS DEL AUTISMO NO VERBAL.....	9
1.1.2	SÍNTOMAS DEL TEA.....	10
1.1.3	¿POR QUÉ NO APRENDEN A HABLAR?	10
1.1.4	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AUTISMO NO VERBAL.....	11
1.2	IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA COMO APOYO A LA COMUNICACIÓN	12
1.3	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	12
1.4	OBJETIVOS DEL TFG.....	13
1.5	CONTEXTUALIZACIÓN Y PREVISIÓN DE USO DEL SISTEMA	14
2	AUTISMO NO VERBAL	16
2.1	TECNOLOGÍA Y COMUNICACIÓN.....	16
3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	20
3.1	PROBLEMAS	20
3.2	PROPUESTA DE VALOR I MODELO DE NEGOCIO	20
3.3	PÚBLICO OBJETIVO Y CONTEXTO SOCIOCULTURAL	21
3.4	ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA	22
3.5	LÍNEA TEMPORAL DEL PROYECTO O GANTT	23
4	RECOPIACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS REQUISITOS	28
4.1	METODOLOGÍA DE RECOPIACIÓN.....	28
4.2	ANÁLISIS DE ACTIVIDADES Y PERFILES DE USUARIO.....	28
4.3	REQUISITOS FUNCIONALES	30
4.4	REQUISITOS NO FUNCIONALES	33
4.5	REGLAS DE NEGOCIO.....	34
4.6	DIAGRAMA DE CASOS DE USO	36
4.7	DIAGRAMA DE CLASES.....	37
4.8	DIAGRAMA DE SECUENCIAS DE LOS CASOS DE USO	38
4.9	DIAGRAMA DE ACTIVIDADES	41
4.10	DIAGRAMA DE ESTADOS	42
5	DISEÑO	43
5.1	ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN.....	43
5.1.1	FRONTEND (CAPA DE PRESENTACIÓN).....	43
5.1.2	BACKEND (CAPA DE LÓGICA DE NEGOCIO)	45
5.1.3	BASE DE DATOS (CAPA DE PERSISTENCIA DE DATOS)	46
5.1.4	COMUNICACIÓN ENTRE CAPAS	47
5.2	DISEÑO DE LA INTERFAZ GRÁFICA.....	48
5.3	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	51
6	IMPLEMENTACIÓN	52
6.1	ARQUITECTURA GENERAL DEL PROYECTO.....	52
6.2	BACKEND (NODE.JS + EXPRESS + MONGODB).....	54
6.2.1	CONTROL DE AUTENTICACIÓN	55
6.2.2	VALIDACIONES Y MIDDLEWARE.....	56
6.3	FRONTEND (CSS, JS, PUG)	58
6.4	DESPLIEGUE.....	58
6.5	FUNCIONALIDADES DESTACADAS.....	59
6.6	PRUEBAS MANUALES Y TEST DE FUNCIONALIDADES	65
7	SEGURIDAD	75
7.1	AUTENTICACIÓN Y AUTORIZACIÓN.....	75
7.2	PROTECCIÓN DE DATOS Y COLUMNAS SENSIBLES	76

	Índice
8 EVALUACIÓN.....	78
8.1 DISEÑO DE LOS CASOS DE PRUEBA	79
8.1.1 EVALUACIÓN SIN USUARIOS: RECORRIDO COGNITIVO.....	79
8.1.2 EVALUACIÓN SIN USUARIOS: EVALUACIÓN HEURÍSTICA.....	86
8.1.3 EVALUACIÓN CON USUARIOS: PRUEBAS DE USABILIDAD.....	93
8.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.....	96
8.3 VALORACIÓN Y GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS	97
9 EVALUACIÓN DE COSTES.....	98
9.1 COSTE PERSONAL Y HORAS DEDICADAS	98
9.2 RECURSOS MATERIALES Y TECNOLÓGICOS	98
10 LEGISLACIÓN Y PROTECCIÓN DE DATOS.....	100
10.1 NORMATIVA APLICABLE	100
10.2 APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA PROTECCIÓN DE DATOS	100
11 IMPLICACIONES ÉTICAS, DE IGUALDAD Y MEDIOMBIENTALES.....	102
11.1 INCLUSIÓN E IGUALDAD DE OPORTUNIDADES	102
11.2 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	102
11.3 REFLEXIÓN ÉTICA DEL PROYECTO	103
12 CONCLUSIONES.....	104
13 RECURSOS UTILIZADOS.....	105
14 ANEXOS.....	107
14.1 CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LAS PRUEBAS DE USABILIDAD.....	107
14.2 GUIÓN DE LAS PRUEBAS DE USABILIDAD	109
14.3 TABLA CON LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE USABILIDAD.....	111
14.4 CUESTIONARIO DE FEED-BACK POST SESIÓN.....	113
14.5 MANUAL DE USO PARA PADRES O USUARIOS FINALES.....	115

Índice de tablas

TABLA 1. TÉRMINOS CLAVE RELACIONADOS CON LA COMUNICACIÓN AUMENTATIVA Y LA TECNOLOGÍA.....	18
TABLA 2. VERIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS FUNCIONALES IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA	66
TABLA 3. VERIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS NO FUNCIONALES IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA	69
TABLA 4. VERIFICACIÓN DE LAS REGLAS DE NEGOCIO IMPLEMENTADAS EN EL SISTEMA	71
TABLA 5. RESULTADOS DE PRUEBAS ESPECÍFICAS DETALLADAS DEL SISTEMA.....	72
TABLA 6. EVALUACIÓN HEURÍSTICA DE LA INTERFAZ SEGÚN NIELSEN	91
TABLA 7. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DEDICADO POR FASE DEL PROYECTO	98
TABLA 8. RECURSOS MATERIALES Y COSTE ESTIMADO DEL PROYECTO	99
TABLA 9. RESULTADOS DETALLADOS DE LAS PRUEBAS DE USABILIDAD CON USUARIOS	111

Índice de figuras

FIGURA 1. LOGOTIPO DE AACLEARN.....	15
FIGURA 2. INTERFAZ DE LETMETALK	22
FIGURA 3. INTERFAZ DE VISUALS2Go	22
FIGURA 4. DIAGRAMA DE GANTT DE LA FASE DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO	24
FIGURA 5. DIAGRAMA DE GANTT DE LA FASE DE DEFINICIÓN DE REQUISITOS Y DISEÑO, PRIMERA PARTE.....	24
FIGURA 6. DIAGRAMA DE GANTT DE LA FASE DE DEFINICIÓN DE REQUISITOS Y DISEÑO, SEGUNDA PARTE	24
FIGURA 7. DIAGRAMA DE GANTT DE LA FASE DE CONFIGURACIÓN Y DESARROLLO, PRIMERA PARTE	25
FIGURA 8. DIAGRAMA DE GANTT DE LA FASE DE CONFIGURACIÓN Y DESARROLLO, SEGUNDA PARTE.....	25
FIGURA 9. DIAGRAMA DE GANTT DE LA FASE DE CONFIGURACIÓN Y DESARROLLO, TERCERA PARTE	25
FIGURA 10. DIAGRAMA DE GANTT DE LA FASE DE FUNCIONALIDADES AVANZADAS Y PRUEBAS, PRIMERA PARTE	26
FIGURA 11. DIAGRAMA DE GANTT DE LA FASE DE FUNCIONALIDADES AVANZADAS Y PRUEBAS, SEGUNDA PARTE.....	26
FIGURA 12. DIAGRAMA DE GANTT DE LA FASE DE DOCUMENTACIÓN, ENTREGA Y DEFENSA	26
FIGURA 13. VERSIÓN SIMPLIFICADA DEL DIAGRAMA DE GANTT	27
FIGURA 14. DIAGRAMA DE CASOS DE USO	36
FIGURA 15. DIAGRAMA DE CLASES UML DEL SISTEMA	37
FIGURA 16. DIAGRAMA DE SECUENCIA PARA EL PROCESO DE INICIO DE SESIÓN EN AACLEARN	38
FIGURA 17. DIAGRAMA DE SECUENCIA PARA LA REPRODUCCIÓN DE UN ICONA CON SÍNTESIS DE VOZ	39
FIGURA 18. DIAGRAMA DE SECUENCIA PARA EL GUARDADO DE UN DIBUJO EN LA BASE DE DATOS	40
FIGURA 19. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL FLUJO GENERAL DE NAVEGACIÓN Y USO DEL SISTEMA AACLEARN.	41
FIGURA 20. DIAGRAMA DE ESTADOS QUE REPRESENTA LOS ESTADOS Y TRANSICIONES DE SESIÓN DEL USUARIO.....	42
FIGURA 21. DIAGRAMA DE LA ARQUITECTURA GENERAL DE LA APLICACIÓN AACLEARN.....	43
FIGURA 22. FLUJO DE AUTENTICACIÓN Y GESTIÓN CON PASSPORT.JS	45
FIGURA 23. VISUALIZACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE LA COLECCIÓN DIBUJOS EN MONGODB COMPASS.....	46
FIGURA 24. FLUJO GENERAL DE COMUNICACIÓN ENTRE NAVEGADOR, SERVIDOR Y BASE DE DATOS	47
FIGURA 25. BOCETO DE LA PANTALLA PRINCIPAL DE ICONOS EN AACLEARN	48
FIGURA 26. BOCETO DE LA PANTALLA DE PIZARRA DIGITAL EN AACLEARN	49
FIGURA 27. BOCETO DE LA PANTALLA DE AJUSTES DE USUARIO EN AACLEARN	49
FIGURA 28. BOCETO DE LA PANTALLA DE INICIO DE SESIÓN EN AACLEARN	50
FIGURA 29. BOCETO DE LA PANTALLA DE EDICIÓN DE ICONOS PERSONALIZADOS EN AACLEARN.....	50
FIGURA 30. ESTRUCTURA DE CARPETAS Y ARCHIVOS PRINCIPALES DEL PROYECTO AACLEARN EN VS CODE.....	52
FIGURA 31. REGISTRO DE USUARIO EN LA APLICACIÓN.....	56
FIGURA 32. VISUALIZACIÓN DEL BUZÓN DE MAILTRAP.IO.....	57
FIGURA 33. PLANTILLA DE CORREO DE RESTABLECIMIENTO DE CONTRASEÑA	57
FIGURA 35. VISUALIZACIÓN DE LA VISTA INICIAL HOME.....	59
FIGURA 36. VISTA DE ICONOS.....	60
FIGURA 37. VISTA DEL BUSCADOR DE ICONOS.....	60
FIGURA 38. VISTA DE LA PIZARRA DIGITAL	61
FIGURA 39. VISTA DE LA LIBRERÍA DE DIBUJOS.....	61
FIGURA 40. VISTA DEL ABECEDARIO INTERACTIVO	62
FIGURA 41. VISTA DE LA PESTAÑA DE AJUSTES.....	62
FIGURA 42. VISTA DE LOS ICONOS PERSONALIZADOS	63
FIGURA 43. VISTA DEL FORMULARIO DE AÑADIR ICONOS	63
FIGURA 44. VISTA DE LA CUENTA.....	64
FIGURA 45. VISTA DE EDICIÓN DE CUENTA	64
FIGURA 46. VISTA DEL FORMULARIO DE REGISTRO	65
FIGURA 47. VISTA DE PANTALLA PRINCIPAL “ICONOS” EN LA APLICACIÓN	87
FIGURA 48. VISTA DE LA PANTALLA “REGISTRO” EN LA APLICACIÓN	90
FIGURA 49. GRÁFICO DE GRAVEDAD DE LOS PROBLEMAS DE NIELSEN	92
FIGURA 50. GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE TIEMPO INVERTIDO DE LAS PRUEBAS DE USABILIDAD.....	96
FIGURA 51. GRÁFICO DE COMPARACIÓN DEL NÚMERO DE CLICS POR TAREA Y USUARIO	97
FIGURA 52. FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO [27], PRIMERA PARTE.....	107
FIGURA 53. FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO, SEGUNDA PARTE.....	108
FIGURA 54. FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO, TERCERA PARTE	108
FIGURA 55. INFORMACIÓN DE PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES [28].....	109

Introducción

1 Introducción

1.1 ¿Qué es el autismo y cómo afecta a la comunicación?

El trastorno del espectro autista o TEA [1] es una afección neurobiológica que altera el desarrollo del cerebro, afectando principalmente la comunicación, la interacción social y el comportamiento. Se trata de una condición que varía ampliamente en cuanto a sus manifestaciones y niveles de gravedad, por lo que se dice que es un espectro.

Algunas personas con TEA pueden comunicarse verbalmente con facilidad, mientras que otras pueden ser completamente no verbales o tener dificultades significativas para expresarse a través del habla. Esta diversidad en la comunicación hace que cada caso sea único y que las estrategias de apoyo deban adaptarse a las necesidades individuales.

El término “autismo no verbal” [2] no es un diagnóstico oficial, pero se utiliza para describir a aquellas personas dentro del espectro autista que no desarrollan el habla o que tienen una capacidad verbal extremadamente limitada. Se estima que alrededor del 25-30% de las personas con TEA son no verbales o tienen un lenguaje muy restringido, aunque algunas pueden usar palabras sueltas sin llegar a formar frases funcionales.

1.1.1 Posibles causas del autismo no verbal

Identificar a una persona con autismo no verbal puede parecer sencillo, pero en realidad es un proceso complejo. A simple vista, podría parecer que basta con observar si la persona se expresa verbalmente o no. Sin embargo, el diagnóstico va más allá de la ausencia de habla, ya que las personas con TEA pueden presentar distintos grados de dificultades en la comunicación. Mientras que algunas tienen un habla limitada o con interferencias, aquellas con autismo no verbal no desarrollan el lenguaje hablado de manera funcional.

Las dificultades en la comunicación en personas con autismo no verbal pueden estar relacionadas con diversas razones, entre ellas [3]:

- Apraxia del habla: se trata de un trastorno neurológico que dificulta la coordinación de los movimientos necesarios para hablar, impidiendo que la persona articule palabras de manera efectiva.
- Déficit en el desarrollo del lenguaje: algunas personas con TEA no logran adquirir el lenguaje verbal desde la infancia o pueden perder habilidades lingüísticas con el tiempo.
- Ecolalia: repetición involuntaria de palabras o frases escuchadas previamente, sin que necesariamente se comprendan o utilicen de manera funcional dentro de una conversación.
- Procesamiento sensorial alterado: en algunos casos, las personas con TEA pueden experimentar una sobrecarga sensorial que dificulta la expresión verbal, ya que su sistema nervioso puede estar más enfocado en regular estímulos externos que en coordinar el habla.

Introducción

1.1.2 Síntomas del TEA

Los síntomas del Trastorno del Espectro Autista (TEA) pueden agruparse en tres grandes categorías: interacción social, comportamiento y desarrollo [4].

- **Interacción social:** Ocurre cuando la persona TEA tiene dificultades con la interacción social, ya sea por timidez o porque son retraídos, evitan el contacto visual y no responden cuando se les llama por su nombre. En este caso, hay algunos pacientes que simplemente no saben respetar el espacio personal y otros que se resisten por completo a todo contacto físico.
- **Comportamiento:** La rutina es un aspecto fundamental para muchas personas con TEA, y cualquier interrupción en sus hábitos diarios puede generar malestar o agravar su condición. En este grupo, se pueden identificar dos patrones comunes: algunos individuos desarrollan intereses intensos y obsesivos en temas específicos, dedicando largas horas a estudiar o trabajar en proyectos concretos, mientras que otros presentan periodos de atención muy cortos y tienden a cambiar de una actividad a otra con frecuencia.
- **Desarrollo:** El desarrollo en personas con TEA puede seguir ritmos atípicos, manifestándose en un progreso acelerado en ciertas áreas o, por el contrario, en dificultades que pueden representar un retroceso en habilidades previamente adquiridas.

1.1.3 ¿Por qué no aprenden a hablar?

Y entonces, por qué no aprenden a hablar, pues es que a pesar de los avances en la investigación, aun no se comprende completamente por qué algunas personas con TEA no pueden desarrollar el lenguaje hablado. Lo que resulta particularmente interesante es que, aunque no utilicen el habla, muchas de ellas encuentran formas alternativas de comunicación, ya sea a través de lenguaje gestual, pictogramas, herramientas digitales o dispositivos de comunicación aumentativa y alternativa (CAA) [5].

Estudios neurocientíficos han empleado algunas técnicas como electroencefalogramas (EEG) y resonancias magnéticas funcionales (fMRI) para analizar la actividad cerebral de personas con autismo no verbal. Estos estudios han permitido concluir que, en muchos casos, su capacidad de comprensión es significativamente mayor de lo que pueden expresar verbalmente. Sin embargo, todavía no se ha determinado con exactitud hasta qué punto comprenden el lenguaje ni cuáles son los mecanismos específicos que les impiden convertir ese conocimiento en habla funcional.

Aun así, no es de más acabar este apartado haciendo saber que en algunos casos, aunque sean pocos, se ha conseguido que estas personas lleguen a aprender a hablar, de alguna forma mínima o no tan mínima, gracias a algunos procedimientos. En algunos casos, logran una fluidez considerable en el lenguaje hablado, mientras que en otros casos solo consiguen pronunciar algunas palabras o frases simples, lo cual, pese a ser limitado, representa un avance significativo en su comunicación.

Este potencial de aprendizaje ha llevado a muchos terapeutas a evitar el término “no verbal” y, en su lugar, utilizar el concepto de “preverbal”. Esta perspectiva parte de la idea de que estas personas podrían estar en una etapa previa al desarrollo del habla, manteniendo la posibilidad de adquirir habilidades verbales en el futuro [6].

Introducción

Algunas estrategias para fomentar el desarrollo del habla son:

- Logopedia: se trata de una serie de terapias especializadas para mejorar la articulación, el uso del lenguaje y la comunicación funcional.
- Intervenciones conductuales: métodos como el Análisis Conductual Aplicado (ABA), que es una terapia basada en principios de psicología del comportamiento usada para mejorar habilidades sociales y comunicativas con personas con TEA, mediante técnicas como el refuerzo positivo y la repetición estructurada de actividades.
- Terapia de juego: utiliza actividades lúdicas para fomentar la interacción y la comunicación espontánea.
- Musicoterapia y técnicas alternativas: estrategias basadas en la música, el ritmo y otros estímulos sensoriales que pueden facilitar la expresión y la conexión con el lenguaje.

Hay que tener en cuenta que cada persona con TEA es completamente única, por lo que el enfoque debe adaptarse a sus necesidades y capacidades individuales.

1.1.4 Características generales del autismo no verbal

El autismo no verbal se manifiesta en la ausencia total o parcial del lenguaje oral funcional, afectando también otras dimensiones de la comunicación, como los gestos, la expresión facial y la interacción social. Estos niños y niñas pueden mostrar señales como la falta de sonrisa social, escaso contacto visual, ausencia de gestos para compartir o señalar, o dificultades para integrar la mirada con otras formas de expresión.

Los síntomas suelen aparecer antes de los tres años, y en el caso de los no verbales, se observa una carencia del lenguaje expresivo, aunque a menudo mantienen capacidad de comprensión. Otros signos frecuentes son la hipersensibilidad sensorial, comportamientos repetitivos, rigidez en las rutinas o intereses muy focalizados. En cuanto a las causas [17], no están del todo claras, pero se relacionan con factores genéticos y ambientales. Las investigaciones actuales sugieren que las diferencias neurológicas y ciertas mutaciones podrían influir en la aparición de esta condición.

Ante estas dificultades, se han desarrollado métodos de comunicación aumentativa y alternativa (CAA), como el sistema PECS con pictogramas, el lenguaje de signos adaptado, el uso de gestos naturales o los tableros físicos y libros de comunicación. Estas herramientas permiten que los niños expresen deseos, necesidades y emociones sin necesidad del habla.

Además, el grado de apoyo necesario varía en función de la severidad del TEA [18] [19]. Según el DSM-5, existen tres niveles que van desde el nivel 1 (requiere apoyo) al nivel 3 (requiere apoyo muy sustancial), lo que condiciona tanto la intervención como la vida cotidiana de la persona.

Introducción

1.2 Importancia de la tecnología como apoyo a la comunicación

La tecnología ha transformado profundamente la forma en que las personas se comunican, y su papel resulta especialmente relevante en contextos donde la comunicación verbal está limitada o ausente, como en el caso de niños con trastorno del espectro autista (TEA) no verbal. En estos casos, el acceso a herramientas digitales puede marcar una diferencia significativa en su capacidad para expresar emociones, deseos y necesidades, permitiendo una mayor integración social, autonomía y bienestar emocional.

Los sistemas de comunicación aumentativa y alternativa [7] [8] han evolucionado desde soportes físicos como pizarras y libros de pictogramas hasta soluciones digitales más interactivas, versátiles y personalizables. Las tecnologías actuales permiten incorporar síntesis de voz, interfaces táctiles, organización visual por categorías, funciones de dibujo libre y otras herramientas que facilitan el aprendizaje y la interacción para personas con dificultades cognitivas o del lenguaje.

En este sentido, la tecnología no solo actúa como un medio técnico, sino como un puente entre el mundo interno del usuario y su entorno, promoviendo la participación activa en la vida familiar, educativa y terapéutica. Permite a los cuidadores, educadores y terapeutas adaptar las herramientas a las necesidades concretas de cada usuario, ofreciendo flexibilidad, inmediatez y seguimiento personalizado.

Además, en un contexto donde muchas familias no pueden permitirse dispositivos o software especializado, el desarrollo de plataformas web accesibles y gratuitas como AACLearn permite democratizar el acceso a estos apoyos comunicativos.

Por último, el uso de tecnología en este ámbito no pretende sustituir la interacción humana, sino reforzarla y facilitarla. A través de una herramienta diseñada con criterios de usabilidad y accesibilidad, la tecnología se convierte en una aliada para el desarrollo del niño, promoviendo una comunicación más rica, comprensible y significativa.

1.3 Justificación del estudio

Uno de los grandes retos a los que se enfrenta actualmente la sociedad es garantizar la inclusión comunicativa de las personas con discapacidades del desarrollo, en particular de aquellas con Trastorno del Espectro Autista (TEA) y dificultades severas en el lenguaje. Este colectivo suele encontrarse con barreras que dificultan su autonomía, la expresión emocional y su participación social, especialmente en el caso de los niños con autismo no verbal.

Uno de los aspectos clave para favorecer el desarrollo de estas personas es la implementación de herramientas tecnológicas que faciliten la comunicación aumentativa y alternativa (CAA). Estas herramientas permiten a los usuarios expresar necesidades, emociones o pensamientos mediante imágenes, símbolos o interfaces táctiles, convirtiéndose así en un apoyo fundamental en entornos educativos, terapéuticos y familiares.

Sin embargo, muchas de las soluciones actuales presentan problemas de accesibilidad, falta de personalización o escasa adaptación al contexto real de uso. Por ello, se justifica el desarrollo de un sistema como AACLearn, una aplicación web diseñada para ayudar a niños con TEA no verbal a comunicarse a través de una interfaz sencilla, visual y accesible, pensada para responder a las necesidades tanto del menor como de sus tutores o cuidadores.

Introducción

1.4 Objetivos del TFG

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es el diseño, desarrollo e implementación de una aplicación web denominada AACLearn, cuyo propósito es servir como herramienta de comunicación aumentativa y alternativa (CAA) para niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) no verbal. Esta aplicación busca proporcionar un medio accesible, intuitivo y visualmente adaptado para facilitar la expresión de necesidades, emociones y pensamientos mediante iconos interactivos y funcionalidades personalizables.

La motivación que impulsa este proyecto parte de la necesidad real de muchas familias y profesionales de la educación y la terapia que trabajan con menores que presentan dificultades significativas en el desarrollo del lenguaje oral. AACLearn pretende ser una solución útil, centrada en el usuario y basada en los principios del diseño universal, que se adapte tanto a las capacidades del niño como a los requerimientos de tutores, terapeutas y educadores.

Los objetivos específicos que se persiguen con este TFG son los siguientes:

- Analizar el problema de la comunicación en niños con autismo no verbal, identificando las principales barreras y dificultades que enfrentan en su día a día, así como los métodos y herramientas de comunicación más utilizados actualmente.
- Diseñar una solución tecnológica que incorpore los principios de accesibilidad y usabilidad, con especial atención a la simplicidad visual, la navegación táctil y la personalización por parte del adulto acompañante.
- Desarrollar una aplicación web funcional que incluya un sistema de iconos personalizables, favoritos, pizarra de dibujo libre y síntesis de voz, permitiendo al usuario construir mensajes de manera sencilla e intuitiva.
- Permitir la gestión de contenido por parte de los adultos responsables, de forma que puedan añadir, editar o eliminar iconos y dibujos, así como configurar opciones de voz, tamaño de texto o idioma.
- Probar la solución con casos reales y evaluar su eficacia, recogiendo retroalimentación para detectar posibles mejoras en la experiencia de usuario y en el diseño general del sistema.

En definitiva, AACLearn se presenta como una propuesta tecnológica que busca reducir la brecha comunicativa de un colectivo especialmente vulnerable, poniendo la informática al servicio de la inclusión y la mejora de la calidad de vida.

Introducción

1.5 Contextualización y previsión de uso del sistema

En la actualidad, la mayoría de los sistemas de comunicación aumentativa y alternativa (CAA) disponibles en el mercado presentan diversas limitaciones: algunos requieren dispositivos especializados, otros son poco personalizables, costosos o difíciles de utilizar para el público infantil y sus cuidadores. AACLearn nace como una solución digital gratuita, accesible y multiplataforma, diseñada para funcionar directamente en navegadores web modernos, tanto en ordenadores como en dispositivos móviles o tabletas.

Contexto de uso

La aplicación ha sido pensada para implementarse principalmente en tres tipos de contextos:

- Entorno doméstico: donde el niño o niña interactúa con la plataforma acompañado de un tutor, madre o padre. Se usa para expresar deseos o emociones cotidianas como hambre, sed, juego, cansancio o dolor.
- Entorno escolar: especialmente en aulas TEA o centros de educación especial, donde el profesorado puede utilizar la herramienta como medio de refuerzo comunicativo en el día a día académico o durante actividades grupales.
- Contexto terapéutico: AACLearn puede servir como apoyo en sesiones con logopedas o terapeutas del lenguaje que necesiten observar la evolución comunicativa del infante, diseñar tareas o adaptar contenidos específicos a sus necesidades.

Estos contextos comparten un factor común: la supervisión de un adulto o profesional que acompaña al usuario principal (el infante con TEA no verbal), facilitando su interacción con la aplicación y gestionando aspectos como la configuración de voz, la organización de iconos, o la revisión de dibujos guardados.

Previsión de uso

El uso previsto de AACLearn se fundamenta en los siguientes aspectos:

- Alta frecuencia de uso diario: se espera que el infante utilice la aplicación varias veces al día para expresar necesidades básicas o emociones, ya que su interfaz está optimizada para interacciones rápidas y repetitivas.
- Aprendizaje progresivo: la herramienta está diseñada para que el usuario gane autonomía comunicativa con el tiempo. Al principio, el tutor puede guiar las acciones, pero gradualmente el niño podría recordar la localización de sus iconos favoritos o incluso utilizar el modo de dibujo libre sin ayuda.
- Adaptación individualizada: dado que cada usuario presenta características diferentes, se prevé que los tutores personalicen la experiencia modificando el contenido, los ajustes de voz o la organización de carpetas según las preferencias del niño.
- Uso intensivo en entornos táctiles: aunque la aplicación funciona también en ordenador, se ha optimizado para dispositivos táctiles como tabletas, que permiten una experiencia más natural, accesible y cómoda para los infantes. Pese a ser un requisito de previsión de uso, más adelante se verá que ha sido todo lo contrario, ha acabado siendo óptimo para ordenador, y mediocre para tabletas.

Introducción

- Acceso sin conexión: AACLearn está preparada para funcionar sin necesidad de conexión a internet una vez cargada, lo cual es clave para garantizar la accesibilidad en todos los entornos, incluso en zonas con cobertura limitada.

Nombre e identidad del sistema



Figura 1. Logotipo de AACLearn

El nombre AACLearn surge de la unión de los términos AAC, que se refieren a las siglas en inglés de Comunicación Aumentativa y Alternativa, y Learn, que es aprender, reflejando así el doble objetivo de la herramienta: facilitar la comunicación y fomentar el aprendizaje progresivo del niño con TEA no verbal.

Descripción general del proyecto

2 Autismo no verbal

2.1 Tecnología y comunicación alternativa para el autismo no verbal

El TEA se caracteriza por dificultades en la comunicación social y la interacción, siendo especialmente pronunciadas en personas no verbales. Para abordar estas barreras comunicativas, se han desarrollado los Sistemas Aumentativos y Alternativos para la Comunicación o SAAC, que incluyen métodos y herramientas diseñados para complementar o sustituir el lenguaje oral, facilitando así la expresión y comprensión del lenguaje en personas con dificultades del habla.

Los SAAC [9] abarcan una variedad de sistemas que van desde técnicas de baja tecnología, como el uso de gestos, señas o pictogramas, hasta soluciones de alta tecnología, como dispositivos electrónicos y aplicaciones móviles. Un ejemplo destacado es el Sistema de Comunicación por Intercambio de Imágenes o PECS, que enseña a las personas a comunicarse mediante el intercambio de imágenes para expresar deseos o necesidades. Los PECS empiezan por enseñar a la persona a intercambiar una imagen por un objeto, y poco a poco, se le enseña a distinguir entre imágenes y símbolos y a utilizarlos para formar oraciones.

Un dato interesante sobre el PECS [10] es que, aunque se desarrolló originalmente para niños y niñas con TEA, su uso se ha generalizado a otros perfiles y edades, como por ejemplo en personas con diagnósticos como el síndrome de Angelman, Alzheimer o síndrome de Asperger, entre otros muchos.

En este apartado no solo vamos a hablar de PECS [11], sino de muchos otros ejemplos, y a continuación empezaremos a analizarlos, teniendo en cuenta que muchos de ellos se han usado para encontrar ideas y mejoras en la aplicación web AACLearn.

Empezando por los CAA, estos sistemas están especialmente diseñados para ofrecer a las personas con dificultades del habla herramientas eficaces para comunicarse. Entre los más destacados encontramos:

- Proloquo2Go [12]: es una de las aplicaciones más reconocidas a nivel internacional, ofrece un sistema de pictogramas personalizable con voz sintética que permite construir oraciones mediante selección táctil. Su interfaz intuitiva y adaptabilidad la convierten en una herramienta potente para usuarios de todas las edades. Ha sido un referente clave en la inspiración de la funcionalidad de reproducción de voz de iconos en AACLearn.
- TouchChat HD [13]: aplicación con pictogramas y generación de voz que permite a los usuarios comunicarse usando un sistema de carpetas personalizable. Incluye la posibilidad de programar frases y vincularlas a imágenes, ayudando a estructurar mensajes de manera visual.
- Niki Talk: ofrece un entorno visual basado en símbolos para que personas con TEA puedan crear frases mediante la selección de pictogramas. Puede sincronizarse entre dispositivos, lo cual resulta útil para la continuidad en distintos entornos.
- FreeSpeechAAC: esta aplicación va más allá de la construcción de frases, permitiendo a los usuarios reorganizar bloques lingüísticos en una especie de pizarra semántica, fomentando así la comprensión gramatical y la creación autónoma de mensajes. Su enfoque de aprendizaje lingüístico ha servido de

Descripción general del proyecto

inspiración para funciones más pedagógicas en AACLearn.

Otro gran grupo son las aplicaciones educativas adaptativas, estas herramientas no están centradas exclusivamente en la comunicación, pero sí ofrecen materiales adaptados que fomentan el desarrollo cognitivo, emocional y del lenguaje en niños con TEA:

- Autism Apps: es una recopilación categorizada de apps relacionadas con el autismo.
- ABA FlashCards & Games – Emotions: basada en el enfoque de análisis aplicado de conducta ABA, esta aplicación enseña emociones y expresiones mediante tarjetas y juegos visuales.
- Smarty Symbols: plataforma que proporciona una base de más de 20000 símbolos visuales. Se usa en educación especial y como complemento a sistemas CAA, facilitando la personalización de materiales para el aula o en terapias.
- LetMeTalk [14]: aplicación gratuita de CAA muy valorada, que funciona sin conexión a internet y que permite crear frases mediante pictogramas y asociarlas a reproducción de voz. Su uso práctico, accesibilidad y similitud con el enfoque visual de AACLearn lo han convertido en uno de los referentes claves.
- PictogramAgenda: diseñada para organizar tareas diarias mediante pictogramas, ayuda a niños con TEA a anticipar rutinas y disminuir la ansiedad asociada a los cambios. Está basada en pictogramas de ARASAAC.
- Día a Día: aplicación desarrollada por la Fundación Orange que permite organizar la jornada del niño mediante pictogramas, incluyendo opciones para registrar emociones, actividades y horarios.

Descripción general del proyecto

Finalmente, después de ver todos estos grupos, la diferencia entre los más importantes se encuentra a continuación:

Término	¿Qué permite?
PECS o Picture Exchange Communication System [16]	Comunicación por intercambio de imágenes, usado en autismo no verbal y necesidades educativas.
SAAC o Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación	Permite sustituir o complementar el lenguaje oral.
AAC o Augmentative and Alternative Communication (SAAC en inglés)	Equivalente en inglés al término SAAC.
VR o Realidad Virtual	Alta tecnología que permite la simulación de entornos para entrenamiento y estimulación sensorial.
TIC o Tecnologías de la Información y la Comunicación	Alta tecnología. Herramientas tecnológicas aplicadas a la comunicación y el aprendizaje, usadas en educación, inclusión y accesibilidad.
PODD o Pragmatic Organisation Dynamic Display [15]	Sistema de organización visual para facilitar elecciones y frases completas.
CAA o Comunicación Aumentativa y Alternativa	Término genérico para cualquier forma no oral de comunicación.

Tabla 1. Términos clave relacionados con la comunicación aumentativa y la tecnología

Otros sistemas varios de comunicación aumentativa:

- #Soyvisual: es un sistema de comunicación visual gratuito cuyo objetivo es facilitar la comunicación a personas con dificultades, combina recursos gráficos con materiales imprimibles, permitiendo crear tableros de comunicación o secuencias visuales personalizadas.
- Virtual Speech: es una herramienta educativa basada en realidad virtual que se enfoca en mejorar habilidades comunicativas en contextos simulados, como entrevistas, presentaciones o interacciones sociales.
- Choiceworks y First Then Visual Schedule son aplicaciones centradas en mejorar la autonomía del niño mediante el uso de horarios visuales y sistemas estructurados de anticipación. El primero permite al niño visualizar sus rutinas diarias y organizar tareas, mientras que el segundo se basa en la metodología del “Primero... luego...”, que divide tareas en dos partes para facilitar la

Descripción general del proyecto

comprensión de las secuencias.

- ARASAAC: este último es una plataforma de referencia en el mundo hispanohablante, que ofrece gratuitamente recursos gráficos como pictogramas, videos en lengua de signos, materiales adaptados... En AACLearn se han usado pictogramas de ARASAAC como base para representar categorías, emociones, objetos y rutinas, permitiendo una comprensión visual rápida por parte del usuario.

Descripción general del proyecto

3 Descripción general del proyecto

3.1 Problemas

Uno de los principales problemas detectados es la escasa adaptabilidad contextual de las soluciones existentes. Aunque técnicamente completas, muchas aplicaciones no contemplan la necesidad de una interfaz emocionalmente segura, ni una configuración guiada para tutores sin experiencia previa en sistemas digitales. Otras, por su parte, imponen estructuras rígidas que no permiten adaptar los contenidos a las rutinas personales o los intereses del usuario.

También se ha identificado una sobrecarga cognitiva en algunos sistemas actuales: exceso de estímulos visuales, estructuras de navegación complejas o respuestas poco intuitivas, que acaban generando rechazo por parte de los niños o fatiga por parte de sus acompañantes.

En paralelo, se ha constatado que muchas herramientas digitales se centran en la funcionalidad, pero no priorizan el vínculo afectivo que puede generarse a través de la interacción con la tecnología. La falta de elementos personalizables, de espacios expresivos como el dibujo libre, o de funcionalidades que refuercen la autonomía comunicativa a través del juego simbólico, limitan el potencial de conexión del menor con la herramienta.

Por último, no se puede ignorar el problema de la accesibilidad económica, técnica y pedagógica, ya que muchas aplicaciones requieren de dispositivos de gama alta, suscripciones o conocimientos técnicos avanzados para su configuración, excluyendo de facto a un sector importante de las familias o centros educativos.

AACLearn nace como respuesta a todos estos retos, no solo desde una perspectiva funcional, sino emocional, contextual y adaptativa. No pretende ser solo una aplicación que funciona, sino una herramienta que entiende con quienes la usan.

3.2 Propuesta de valor y modelo de negocio

AACLearn ofrece una propuesta de valor centrada en la accesibilidad, la personalización y el acompañamiento afectivo en el proceso comunicativo de menores con TEA no verbal. Su objetivo no es solo suplir la carencia de lenguaje oral, sino proporcionar una herramienta emocionalmente segura, adaptable al entorno y fácil de usar por familias, docentes o terapeutas sin conocimientos técnicos avanzados.

La propuesta diferencial de AACLearn se construye sobre los siguientes pilares:

1. Simplicidad y usabilidad: interfaz intuitiva, iconos grandes, modo de dibujo libre, navegación guiada y accesibilidad desde cualquier navegador o dispositivo sin necesidad de instalaciones complejas.
2. Alta personalización: posibilidad de crear y gestionar iconos personalizados, seleccionar la voz de lectura, configurar el tamaño del texto o establecer favoritos según las preferencias del usuario.
3. Integración emocional: se prioriza el vínculo entre el menor y la herramienta, con elementos visuales agradables, animaciones de retroalimentación y modos de interacción que fomentan el juego simbólico y la expresión libre.
4. Accesibilidad económica y técnica: la aplicación se ha desarrollado como una

Descripción general del proyecto

plataforma web gratuita, con código abierto y sin dependencia de suscripciones ni dispositivos específicos, eliminando barreras económicas o tecnológicas para su uso en entornos educativos y familiares.

En cuanto al modelo de negocio, la plataforma se plantea como una herramienta sin ánimo de lucro orientada al impacto social, especialmente pensada para contextos educativos, terapéuticos y domésticos. Aunque no se prevé monetización directa en esta etapa inicial, su desarrollo abierto y extensible abre la puerta a colaboraciones futuras con instituciones, ONGs o centros especializados.

3.3 Público objetivo y contexto sociocultural

El público objetivo que tiene esta plataforma estaría enfocado en niños y niñas con Trastorno del Espectro Autista o TEA no verbal, o que tengan dificultades en el desarrollo del lenguaje verbal y necesiten de una ayuda para superar la barrera de expresarse de forma autónoma.

En este contexto, la aplicación está especialmente diseñada para ser usada por estos menores en compañía de un adulto responsable o tutor, como puede ser un padre, madre, docente, terapeuta del lenguaje o educador especializado. Este segundo perfil de usuario actúa como guía y personalizador del entorno, siendo quien configura los contenidos, gestiona los iconos y adapta la experiencia a las capacidades individuales del niño o niña.

Sobre el contexto sociocultural, AACLearn se ha desarrollado teniendo en cuenta los principales entornos cotidianos en los que se desenvuelven los usuarios principales, garantizando así que el sistema pueda integrarse fácilmente en su vida diaria. Los principales contextos de uso contemplados son:

1. Entorno doméstico: el hogar representa uno de los espacios de mayor interacción para los infantes con TEA, donde la comunicación con la familia es fundamental para el desarrollo personal. En este entorno, la aplicación permite expresar necesidades básicas como el hambre, sueño, o emociones o peticiones específicas, contribuyendo a una convivencia más comprensiva y empática.
2. Entorno escolar: en aulas inclusivas o específicas para alumnado con necesidades educativas especiales, AACLearn puede ser una herramienta de apoyo para la expresión durante actividades académicas o recreativas, facilitando la participación del alumno en el día a día del aula y permitiendo que el profesorado tenga un recurso accesible y personalizado.
3. Sesiones terapéuticas o clínicas: en contextos terapéuticos, la plataforma puede utilizarse como medio de apoyo para profesionales del habla y la comunicación, como logopedas o terapeutas ocupacionales, quienes pueden adaptar el sistema a los objetivos terapéuticos del menor y realizar un seguimiento del progreso comunicativo a través del uso de la aplicación.

Descripción general del proyecto

3.4 Análisis de la competencia

Si queremos realizar un análisis de la competencia el primer paso ha sido informarnos de cualquier dispositivo, plataforma u objeto que ya sea existente en el mercado que nos pueda servir como competencia, es decir, que realice funciones similares a las que realiza la plataforma que se ha desarrollado. Entre toda la competencia, se ha encontrado la siguiente:

- LetMeTalk: es una aplicación de software gratuita desarrollada para IOS y Android para facilitar la comunicación de personas con dificultad en el habla aportando multitud de imágenes para relacionar con lo que desean, y después una voz del dispositivo las lee. Esta aplicación es muy similar a la que estamos desarrollando, aunque una de las diferencias es que la que se está desarrollando es una aplicación web con otras más funcionalidades. En cuanto a LetMeTalk, algunos puntos fuertes son que es gratuita y no necesita conexión, es multiplataforma y comprende un uso sencillo de los pictogramas, mientras que la interfaz puede ser un poco desactualizada y no está optimizada para web.

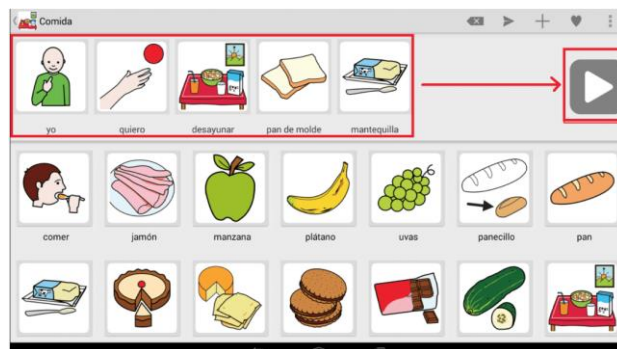


Figura 2. Interfaz de LetMeTalk. Fuente: Autismo Huelva

- Visuals2Go: esta también es una aplicación gratuita con funcionalidades similares a las anteriores, nos encontramos con una serie de ventanas con pictogramas dentro que le permitirán al usuario comunicarse. Algún punto fuerte que encontramos en esta aplicación son los grandes bancos de iconos y el hecho de que esté disponible de forma gratuita, mientras que algunos puntos débiles son la dificultad de acceso a algunos iconos, que no soporta el multilinguaje y que los colores usados no son del todo amigables.

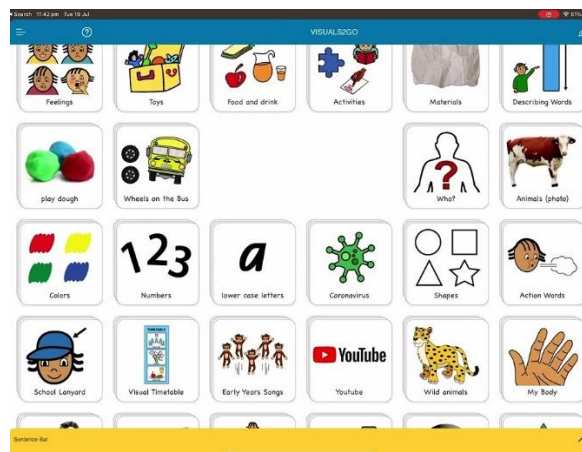


Figura 3. Interfaz de Visuals2Go. Fuente: Visuals2Go

Otras aplicaciones similares a las comentadas justo arriba y encontradas para IOS son Pictalk AAC, Card Talk, Niki Talk, Proloquo... y en todas esas nos hemos basado para

Descripción general del proyecto

desarrollar una mejor versión de la aplicación web, aunque algunas de las opciones, como Proloquo, se usan más para formar frases que para informar de un deseo o lo que el usuario quiere comunicar.

En cuanto a aplicaciones web diseñadas para facilitar la comunicación en personas con dificultades del habla, encontramos otras como:

- CBoard.io, que es una aplicación web con el mismo objetivo que todas las aplicaciones anteriores y con un diseño muy amigable, además, cuenta con una funcionalidad que no se suele ver en las aplicaciones para móvil, y es que contamos con un historial rápido de los últimos iconos usados, que es uno de los objetivos a cumplir en el proyecto de AACLearn.
- SymboTalk: es otra aplicación pensada para usuarios que sufren con TEA, con el mismo objetivo de ayudarlos a comunicarse. Uno de sus puntos fuertes es que cuenta con la versión web y la versión de aplicación móvil. Sin embargo, pese a hacer una serie de pruebas e intentar jugar con la aplicación web, encuentro que es un poco complicada para un usuario normal, ya que la distribución de los iconos o pictogramas está un poco perdida, y muestra colores en estos pictogramas que hacen que el usuario se despiste en ocasiones.

Por último, veo interesante considerar un último grupo como competencia, y es el grupo de los objetos físicos que se han creado para ayudar a estos usuarios y que juegan un rol muy importante, ya que con ellos es que se han basado todos los creadores en desarrollar aplicaciones web, plataformas, dispositivos de ayuda al habla... algunos recursos físicos ampliamente usados en contextos escolares, familiares, terapéuticos... son las pizarras de comunicación, las mantas o libros de pictogramas y los pictogramas adhesivos o tarjetas para relacionar, pero en comparación a estas opciones, las plataformas digitales permiten una mayor adaptabilidad, además de retroacción sonora.

3.5 Línea temporal del proyecto o Gantt

La planificación temporal del proyecto se ha estructurado mediante un diagrama de Gantt hecho con MS Project, que permite visualizar de forma clara y organizada la secuencia de tareas, sus duraciones, relaciones de dependencias y fases principales. Esta herramienta ha sido fundamental para distribuir el trabajo a lo largo del semestre, establecer hitos relevantes y asegurar el cumplimiento de los objetivos en los plazos previstos.

Cada fase del proyecto ha estado temporizada teniendo en cuenta su complejidad, volumen de trabajo e interdependencia con otras tareas, por ejemplo, la fase 1 se comenzó en el inicio del proyecto y tuvo una duración corta pero intensiva, mientras que fases como la configuración y desarrollo de la aplicación web o la fase 4 de funcionalidades avanzadas y pruebas tuvieron una duración mucho más larga porque suponen la construcción técnica real de la herramienta.

Dado el volumen y detalle de las tareas del proyecto, la planificación se ha dividido en los siguientes bloques lógicos:

Fase 1. Investigación y análisis previo

Esta fase inicial comprende todas las tareas de documentación, estudio del Trastorno del Espectro Autista (TEA), análisis de barreras de comunicación en personas no verbales, exploración de soluciones existentes, como PECS o dispositivos AAC, así como la

Descripción general del proyecto

investigación de la competencia y revisión de métodos alternativos.

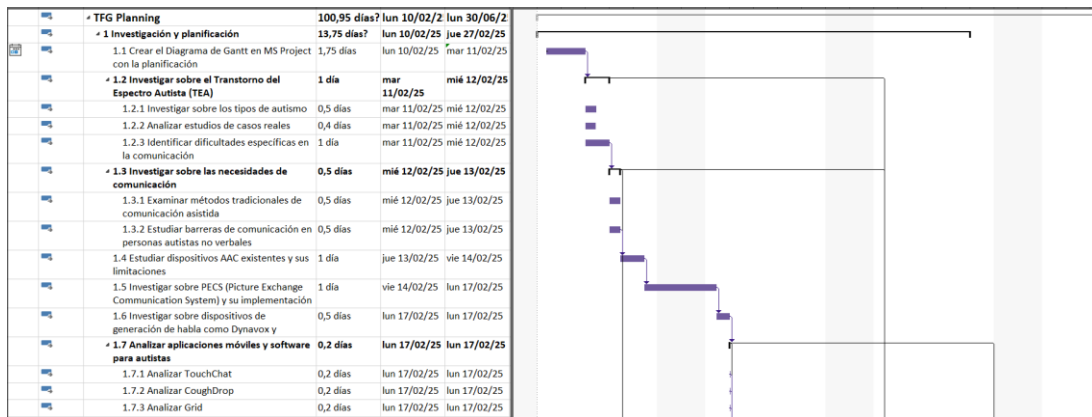


Figura 4. Diagrama de Gantt de la fase de investigación y análisis del proyecto

Fase 2. Definición de requisitos y diseño conceptual

Una vez comprendido el contexto y las necesidades del público objetivo, se procedió a definir los requisitos funcionales y no funcionales, establecer las reglas de negocio y diseñar el flujo de navegación, los wireframes, bocetos de interfaz e iconos. También se incluyen aquí los primeros diagramas UML de análisis, como el diagrama de casos de uso y el de clases:

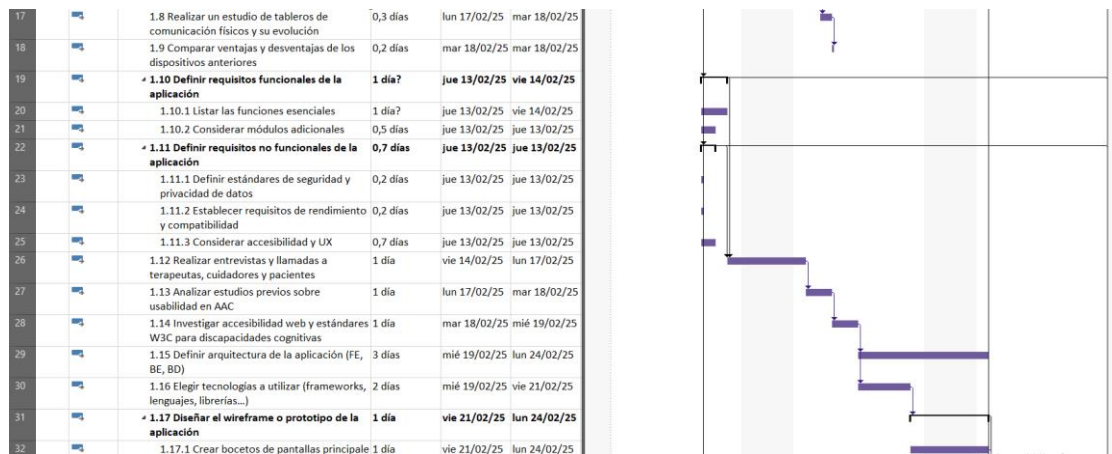


Figura 5. Diagrama de Gantt de la fase de definición de requisitos y diseño conceptual del proyecto, primera parte



Figura 6. Diagrama de Gantt de la fase de definición de requisitos y diseño conceptual del proyecto, segunda parte

Descripción general del proyecto

Fase 3. Configuración y desarrollo de la aplicación web

Esta etapa abarca la configuración del entorno de trabajo, ya sea frontend, backend, base de datos..., la estructuración del repositorio, y la implementación de funcionalidades básicas como el sistema de autenticación, gestión de usuarios, visualización e interacción con iconos, y la integración de la API de voz. Se desarrollan también los módulos de dibujo libre, abecedario y personalización de iconos.

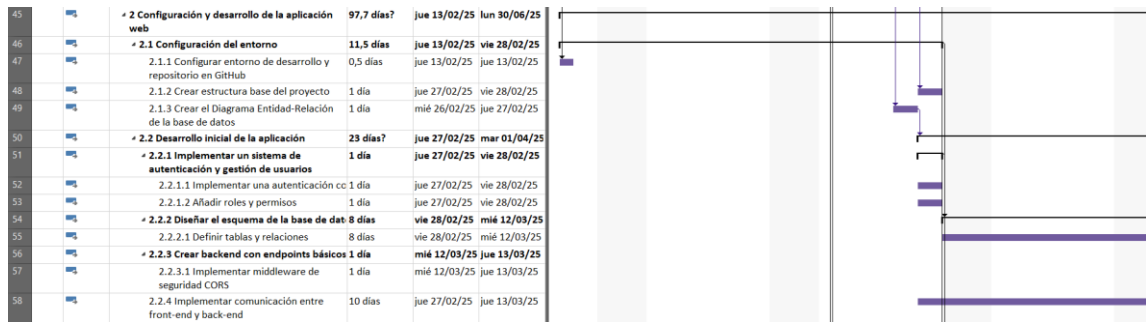


Figura 7. Diagrama de Gantt de la fase de configuración y desarrollo de la aplicación web, primera parte

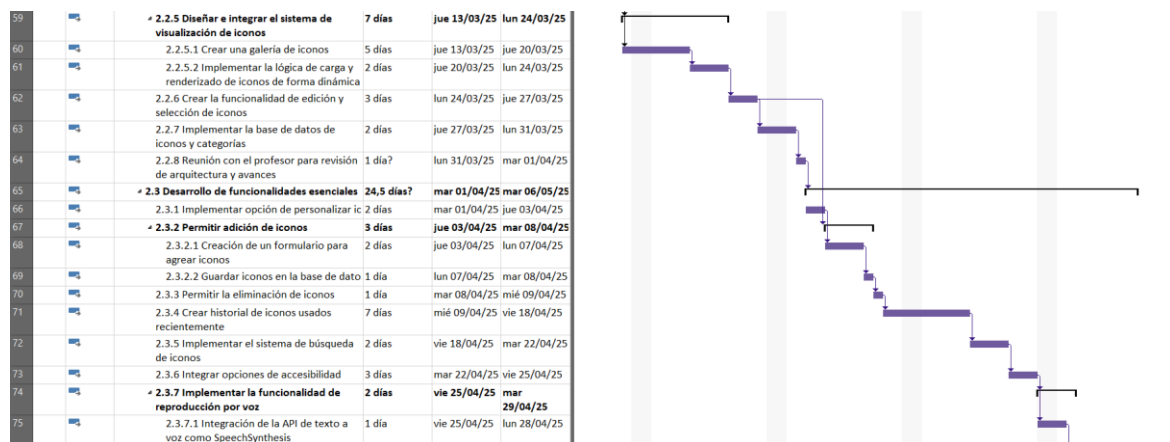


Figura 8. Diagrama de Gantt de la fase de configuración y desarrollo de la aplicación web, segunda parte

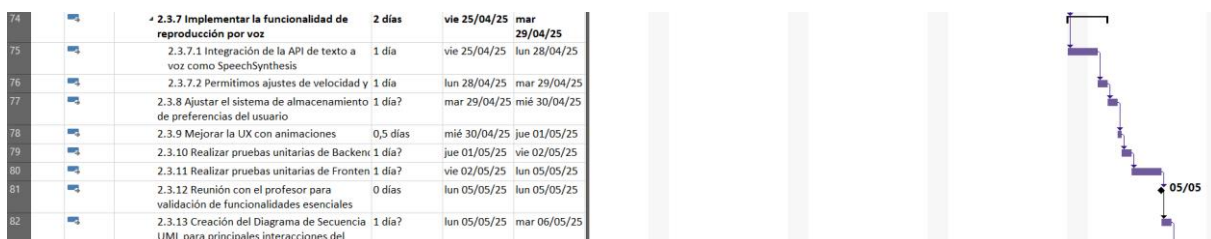


Figura 9. Diagrama de Gantt de la fase de configuración y desarrollo de la aplicación web, tercera parte

Descripción general del proyecto

Fase 4. Funcionalidades avanzadas y pruebas

Durante esta fase se implementan mejoras en accesibilidad, almacenamiento de preferencias, optimización de rendimiento y pruebas unitarias. También se contemplan desarrollos futuros como la integración de aprendizaje automático para sugerencias de iconos o predicciones de texto. Se planifican y ejecutan las pruebas con usuarios reales y se recopilan los resultados.

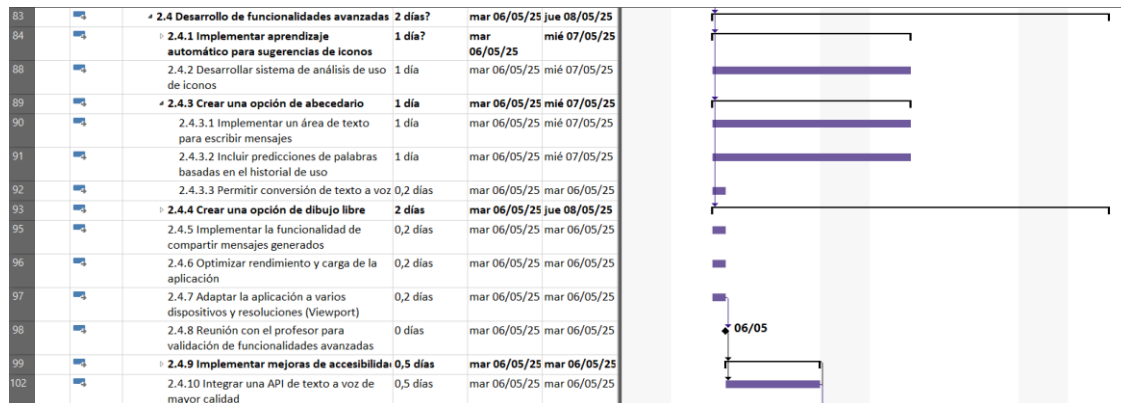


Figura 10. Diagrama de Gantt de la fase de funcionalidades avanzadas y pruebas, primera parte

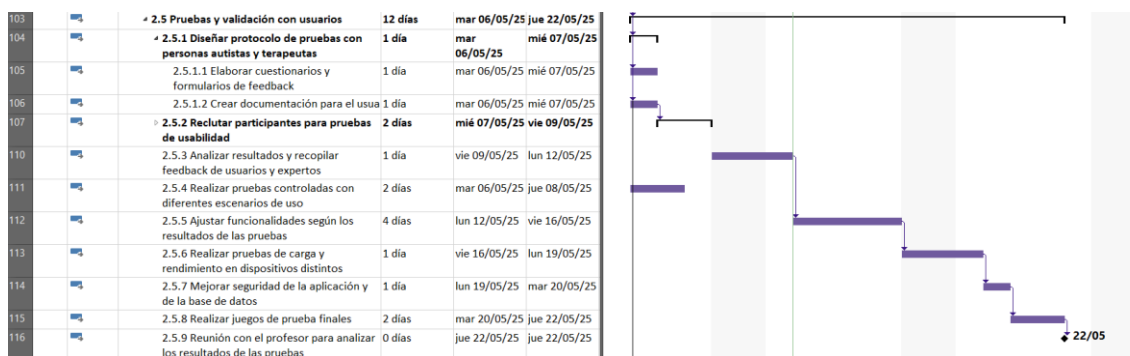
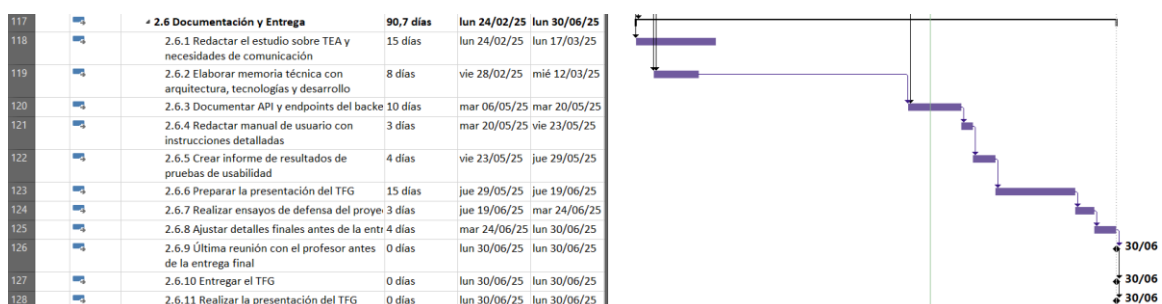


Figura 11. Diagrama de Gantt de la fase de funcionalidades avanzadas y pruebas, segunda parte

Fase 5. Documentación, entrega y defensa

Finalmente, se procede a la redacción de la memoria del TFG, la elaboración del manual de usuario, la documentación técnica del sistema y la preparación de la defensa del proyecto ante el tribunal. Se incluyen aquí los ensayos de presentación y la entrega final del trabajo.



Descripción general del proyecto

Figura 12. Diagrama de Gantt de la fase de documentación, entrega y defensa

A continuación se muestra una versión simplificada del diagrama de Gantt, donde se agrupan las tareas en bloques principales. Esta planificación temporal cubre desde el inicio del proyecto el 10 de febrero de 2025 hasta su finalización prevista el 30 de junio de 2025. Organizándose el cronograma en las cinco grandes fases que anteriormente vimos:

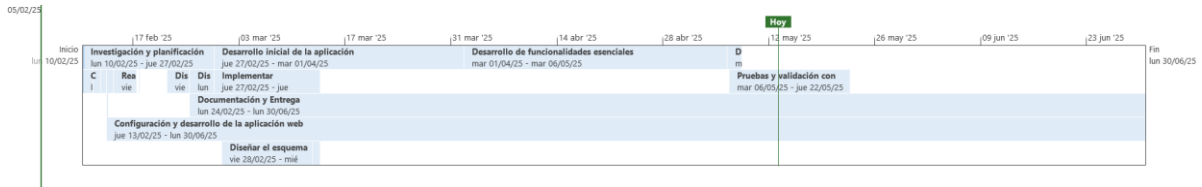


Figura 13. Versión simplificada del diagrama de Gantt

Recopilación y documentación de los requisitos

4 Recopilación y documentación de los requisitos

4.1 Metodología de recopilación

Para garantizar que el diseño de la aplicación AACLearn se ajustara a las necesidades reales de sus usuarios, se ha llevado a cabo un proceso sistemático de recopilación de información, cuyo objetivo principal ha sido el de identificar con precisión las dificultades comunicativas de los niños con autismo no verbal, así como las expectativas y necesidades de los tutores y cuidadores, con el fin de orientar el diseño hacia una solución accesible, intuitiva y personalizable.

Se emplearon tres técnicas complementarias:

- **Búsqueda documental en línea:** se ha llevado a cabo un análisis de aplicaciones ya existentes mediante páginas oficiales, foros de usuario y artículos especializados. Esta técnica ha permitido identificar las funcionalidades actuales del mercado, así como los puntos fuertes y débiles de las soluciones existentes.
- **Observación directa:** se ha observado como personas con dificultades de comunicación interactúan con herramientas de comunicación aumentativa y alternativa (CAA), tanto digitales como físicas, en contextos reales y con personas conocidas. La observación directa nos aporta información valiosa sobre el uso práctico, las dificultades de acceso y las reacciones delante de diferentes tipos de interfaces y pictogramas.

Los resultados de este proceso formaron la base para la identificación de los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación, así como para la construcción de perfiles de usuario, tareas clave y contextos de uso. La información recopilada también sirvió para validar decisiones posteriores en el diseño de la interfaz y la selección de las funcionalidades esenciales del sistema.

4.2 Análisis de actividades y perfiles de usuario

En el desarrollo de la aplicación web AACLearn, el análisis de perfiles y de las actividades que realizan los distintos tipos de usuarios ha sido un aspecto clave para garantizar que el diseño del sistema se ajusta a las necesidades comunicativas reales de sus destinatarios. Dado que AACLearn está dirigida principalmente a infantes con TEA no verbal, la aplicación ha sido concebida para permitir una interacción sencilla, intuitiva y significativa con elementos visuales y auditivos, reforzada por la figura de un tutor o adulto supervisor.

En cuanto a los usuarios, encontramos distintos tipos de usuarios nombrados a continuación según su uso de la plataforma:

- **Usuario principal:** el usuario principal de la plataforma y por el que está diseñado el proyecto sería el niño o niña con autismo no verbal o dificultades en el habla que usa la aplicación para expresar necesidades, emociones o ideas a través de los pictogramas o dibujos.
- **Usuario secundario:** otro usuario importante que hará que la experiencia con el usuario principal sea mucho más agradable es el tutor, padre o madre o

Recopilación y documentación de los requisitos

responsable del menor, que tiene acceso a funcionalidades avanzadas como añadir o editar iconos, personalizar ajustes, consultar el historial de uso, marcar favoritos...

Además, encontramos algunos stakeholders (partes interesadas) adicionales como educadores, que pueden usar la aplicación como soporte educativo, los terapeutas del lenguaje que pueden supervisar la evolución comunicativa de los infantes, o los profesionales de la salud, que pueden usar los datos de la aplicación para entender mejor el comportamiento comunicativo del menor.

Por otro lado, a continuación se detallan las actividades que podrán realizar los usuarios cuando utilizan la plataforma AACLearn. El usuario principal o infante con TEA no verbal, interactuando con el sistema de forma visual y táctil, normalmente con una asistencia supervisada, donde sus actividades se centran en la expresión básica y la comunicación funcional a través de elementos gráficos como iconos y pictogramas.

Actividades principales:

- Navegar por las categorías y subcategorías de iconos: el usuario vea carpetas visuales como por ejemplo acciones, emociones, trabajos, comidas, representadas por imágenes, las cuales podrá ir pulsando para desplegar subcategorías y acceder a los iconos relacionados.
- Seleccionar un icono para comunicarse: el usuario hace clic sobre los iconos representados por una imagen y una palabra, como por ejemplo “Hambre”, y esta acción genera una respuesta sonora con la voz ya configurada.
- Escuchar la voz asociada a un icono: la voz se reproduce automáticamente al hacer clic y nos sirve de soporte de comunicación verbal sustitutiva. El usuario puede hacer clic en más de una ocasión seguida en ese mismo icono para reforzar su interés en el pictograma.
- Acceder a la lista de favoritos: teniendo en cuenta que la cantidad de pictogramas que hay en la plataforma es gigante, el usuario con ayuda del supervisor puede ir creando una lista de iconos favoritos o más usados, para tener a mano una lista de iconos considerados como más importantes para el infante.
- Utilizar el modo de dibujo libre: uno de los apartados de la aplicación es una pizarra donde se puede dibujar libremente para expresar alguna sensación o motivo por parte del usuario principal, y en esta sección se puede borrar, deshacer o guardar el dibujo para más adelante mostrarlo o volver a accederse.
- Visualizar dibujos guardados: encontramos una librería para ver las creaciones de la pizarra libre anteriores, así recuperamos expresiones pasadas o para jugar.
- Interactuar con el abecedario: la aplicación cuenta con un nuevo apartado dedicado al abecedario, donde el usuario puede pulsar letras de la A a la Z para escucharlas en voz alta y ver su pictograma asociado. Además, permite ir formando palabras de manera visual y auditiva, con la opción de borrar. Esta funcionalidad estimula la asociación fonética, el reconocimiento de letras y puede servir como base para el aprendizaje temprano de lectoescritura.

Recopilación y documentación de los requisitos

En el caso del tutor, además de poder realizar cualquier funcionalidad anterior, este usuario tiene acceso completo al sistema y gestiona la configuración, contenido y actividad del infante, como:

- Añadir nuevos iconos: este usuario podrá añadir nuevos iconos rellenando un sencillo formulario donde se pide una imagen, un nombre y una categoría a asignar. El sistema generará automáticamente el archivo dentro de la carpeta adecuada.
- Editar iconos existentes: se podrán modificar el texto, imagen o categoría de iconos creados previamente por el usuario, y a continuación el mismo sistema se encarga de actualizar la base de datos del usuario para incorporar los cambios en cada uno de los iconos modificados.
- Eliminar iconos personalizados: como anteriormente, se accede a la lista de iconos personales y se permite eliminar iconos propios.
- Configurar la voz y el texto: si se accede al apartado de ajustes del usuario, este puede configurar tanto la voz que se escucha y modificarla por una voz de mujer o de hombre o con otra tonalidad, o ajustar la velocidad de la voz y tamaño del texto visible.
- Visualizar el historial de uso de iconos: consulta una lista de los anteriores 30 iconos seleccionados por el infante para mantener un control de los más usados o ver cómo ha ido el día del infante, nos sirve como una herramienta de seguimiento de comunicación y preferencias.
- Gestionar dibujos: podemos acceder a la galería de dibujos guardados, además de ver cada uno de los dibujos en detalle con solo pulsarlos, eliminarlos o marcarlos como favoritos.
- Gestionar la información de la cuenta: si accedemos al apartado del perfil accedemos a la información de cuenta, donde podemos modificar información como el nombre, el correo electrónico o el avatar, además de cambiar credenciales o incluso cerrar sesión.

Con este análisis de perfiles y actividades se han identificado las principales interacciones necesarias en AACLearn, sirviendo de base para la definición de requisitos funcionales y no funcionales posteriores.

4.3 Requisitos funcionales

A partir del análisis de usuarios, los escenarios de uso propuesto y las necesidades detectadas, se definen los siguientes requisitos funcionales que debe cumplir la aplicación AACLearn:

RF01 – Navegación por categorías de iconos

La aplicación debe permitir al usuario navegar por carpetas temáticas que agrupan diferentes iconos, representando conceptos como acciones, emociones, objetos o necesidades básicas.

Recopilación y documentación de los requisitos

RF02 – Selección de pictogramas

El usuario debe poder seleccionar un icono (pictograma) de manera sencilla y recibir una respuesta inmediata en forma de lectura en voz alta del texto asociado.

RF03 – Reproducción de voz

Cada vez que el usuario seleccione un icono, el sistema debe utilizar la API de síntesis de voz para pronunciar el contenido textual asociado, ofreciendo retroalimentación sonora inmediata.

RF04 – Creación de nuevos iconos personalizados

Los usuarios autenticados deben tener la opción de añadir nuevos iconos subiendo imágenes personalizadas, asignándoles un texto descriptivo y categorizándolos en una carpeta existente o nueva.

RF05 – Edición de iconos existentes

El usuario debe poder editar los iconos creados previamente, modificando su nombre, imagen asociada y carpeta de clasificación.

RF06 – Eliminación de iconos personalizados

El sistema debe permitir la eliminación segura de iconos personalizados, garantizando que la eliminación afecte solo al usuario correspondiente.

RF07 – Creación de nuevas carpetas de iconos

Durante la creación o edición de iconos, el usuario debe poder crear nuevas categorías o subcategorías personalizadas para una mejor organización de los pictogramas.

RF08 – Historial de iconos usados

El sistema debe almacenar localmente un historial de los últimos iconos utilizados por el usuario, mostrándolos de forma visual accesible para facilitar su reutilización.

RF09 – Personalización de configuración

El usuario debe poder ajustar parámetros de experiencia como la voz preferida para la síntesis, la velocidad de lectura, el tamaño de los iconos, y el tamaño del texto.

RF10 – Sistema de autenticación y gestión de cuentas

La aplicación debe ofrecer un sistema de registro, login y logout de usuarios utilizando autenticación segura, permitiendo también la recuperación de contraseña en caso de olvido.

RF11 – Modo de dibujo libre

El usuario debe disponer de una pizarra digital donde pueda dibujar de manera libre utilizando diferentes colores y tamaños de pincel.

RF12 – Guardado de dibujos libres

Los usuarios deben poder guardar sus dibujos realizados en la pizarra en una librería personal, almacenándolos en la base de datos.

RF13 – Librería de dibujos guardados

Recopilación y documentación de los requisitos

El sistema debe permitir ver un listado de todos los dibujos guardados, ordenados por fecha, y acceder a ellos posteriormente.

RF14 – Marcado de dibujos como favoritos

Dentro de la librería de dibujos, el usuario debe poder marcar determinados dibujos como favoritos para un acceso más rápido y destacado.

RF15 – Edición del perfil de usuario

El usuario debe tener acceso a un apartado de perfil personal donde pueda modificar su nombre, correo electrónico y avatar asociado.

RF16 – Recuperación de contraseña

En caso de olvido de contraseña, el usuario debe poder solicitar el envío de un enlace de recuperación al correo registrado, gestionando mediante un token de recuperación con expiración segura. Un token es una cadena única y temporal generada por el sistema, utilizada para identificar de forma única una operación o sesión específica.

RF17 – Creación de frases a partir de iconos

El usuario debe poder construir frases seleccionando varios iconos en secuencia, reproduciendo sus audios concatenadamente.

RF18 – Gestión de iconos favoritos

El usuario debe poder marcar iconos como favoritos para acceder fácilmente a los más usados o importantes.

RF19 – Búsqueda en tiempo real de iconos y carpetas

El sistema debe permitir la búsqueda rápida de iconos o carpetas mediante la escritura de texto en un campo de búsqueda o buscador.

RF20 – Sistema de logout manual

El usuario debe poder cerrar sesión manualmente desde cualquier sección de la aplicación.

RF21 – Acceso restringido a funcionalidades avanzadas sin autenticar

Los usuarios no autenticados podrán visualizar iconos, pero no podrán guardar ajustes ni acceder a la pizarra ni a la librería de dibujos.

RF22 – Selección de idioma

La aplicación debe ser capaz de adaptar la voz de lectura al idioma seleccionado, utilizando las voces disponibles en el navegador, además de cambiar el texto de cada idioma traduciéndolo al adecuado.

RF23 – Sección de abecedario interactivo

El usuario debe poder acceder a una sección donde puede pulsar letras para escucharlas en voz alta y formar palabras.

Recopilación y documentación de los requisitos

RF24 – Selección de avatar personal

Con la gamificación, el usuario durante el registro o edición del perfil debe poder escoger un avatar visual entre varias opciones disponibles, que será la foto de perfil que tenga.

4.4 Requisitos no funcionales

A parte de las funcionalidades específicas que debe ofrecer el sistema, se establecen requisitos no funcionales que aseguran su calidad, rendimiento, compatibilidad y accesibilidad.

RNF1 – Compatibilidad multiplataforma

La aplicación debe ser compatible con navegadores web modernos como Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge o Safari, tanto en escritorio como en dispositivos móviles y tabletas.

RNF2 – Diseño responsivo

La interfaz debe adaptarse automáticamente a diferentes tamaños de pantalla para ofrecer una experiencia de usuario óptima en móviles, tabletas y ordenadores.

RNF3 – Interfaz accesible y adaptada

La tipografía debe ser clara y legible. Los botones e iconos deben ser de tamaño adecuado para facilitar su uso en pantallas táctiles y usuarios con dificultades motoras.

RNF4 – Reducción del número de interacciones

El sistema debe minimizar el número de clics o acciones necesarias para que el usuario pueda comunicarse de forma eficiente.

RNF5 – Retroalimentación instantánea

La respuesta a las acciones del usuario, ya sean clics en un icono, guardar dibujos o iniciar sesión, deben ser prácticamente inmediatas, sin tiempos de espera perceptibles.

RNF6 – Licencias de uso de pictogramas

Todos los pictogramas utilizados deben ser de origen libre y estar sujetos a licencias abiertas, como Creative Commons BY-NC-SA, como los de ARASAAC, que son los usados en mi proyecto.

RNF7 – Seguridad de datos personales

La información sensible de los usuarios, como contraseñas y correos electrónicos, debe almacenarse de forma segura, utilizando técnicas como el hash de contraseñas.

RNF8 – Soporte de personalización del sistema

La aplicación debe manejar correctamente errores comunes como fallos de autenticación, pérdida de conexión o entradas no válidas, ofreciendo mensajes de error claros.

Recopilación y documentación de los requisitos

RNF9 – Robustez ante errores

La aplicación debe manejar correctamente errores comunes como fallos de autenticación, pérdida de conexión o entradas no validas, ofreciendo mensajes de error claros.

RNF10 – Bajo consumo de recursos

El sistema debe permitir guardar configuraciones personalizadas de cada usuario, como la selección de voz, velocidad de locución, tamaño de texto e iconos.

RNF11 – Código mantenible y modular

El código del proyecto debe estar estructurado de forma modular, separando los controladores, los modelos, las rutas y las vistas, facilitando su mantenimiento y ampliaciones futuras.

RNF12 – Persistencia de información de usuario

Las preferencias y datos del usuario deben mantenerse de sesión en sesión, utilizando la base de datos para su almacenamiento y recuperación segura.

RNF13 – Optimización de imágenes

Las imágenes utilizadas en iconos y avatares deben estar comprimidas o dimensionadas para garantizar tiempos de carga rápidos.

RNF14 – Soporte para tecnologías asistidas

La aplicación debe ser navegable mediante teclado, y compatible con lectores de pantalla para usuarios con discapacidad visual.

RNF15 – Acceso seguro mediante HTTPS

Cuando se despliegue en producción, el acceso a la aplicación deberá realizarse bajo protocolos seguros como HTTPS para proteger la integridad y confidencialidad de los datos transmitidos.

4.5 Reglas de negocio

Las reglas de negocio definen las normas internas que rigen el comportamiento del sistema AACLearn, asegurando que los procesos principales sigan una lógica consistente y orientada al cumplimiento de los objetivos de comunicación accesible.

RB1 – Gestión de usuarios

Cada usuario registrado debe estar vinculado a un único perfil que incluye nombre, correo electrónico, contraseña encriptada, avatar y rol de acceso (padre/tutor, usuario principal, administrador).

RB2 – Roles de usuario

El sistema reconocerá distintos roles para controlar el acceso a funcionalidades específicas:

- El usuario principal puede seleccionar iconos, formar palabras, dibujar...

Recopilación y documentación de los requisitos

- El padre o tutor puede gestionar iconos, editar ajustes y visualizar el historial.
- El administrador tendrá permisos sobre la gestión de usuarios.

RB3 – Iconos predeterminados y personalizados

Existen iconos de sistema (predeterminados) e iconos personalizados creados por el usuario. Los iconos predeterminados no pueden ser eliminados ni modificados, mientras que los personalizados sí.

RB4 – Agrupación de iconos en categorías

Todos los iconos deben pertenecer a una categoría principal (como "Comida", "Emociones" o "Acciones"). Los usuarios pueden crear nuevas categorías personalizadas.

RB5 – Historial de iconos utilizados

Cada pulsación de icono por parte de un usuario autenticado se registrará en el historial, almacenando el icono y la fecha de uso. El historial muestra los últimos 15 iconos utilizados, en orden de uso reciente.

RB6 – Configuración personalizada

Las opciones de voz, velocidad de lectura, tamaño de texto y tamaño de iconos son configurables por usuario, guardándose en su perfil para mantener la experiencia personalizada.

RB7 – Sistema de favoritos

Los usuarios pueden marcar iconos como favoritos creando un acceso rápido a los pictogramas más utilizados.

RB8 – Guardado y gestión de dibujos libres

Los dibujos creados en la pizarra digital pueden ser guardados en la librería personal del usuario. Los usuarios pueden marcar dibujos como favoritos o eliminar los que no deseen conservar.

RB9 – Reglas de autenticación

El acceso a las funcionalidades de personalización, historial, gestión de iconos y guardado de dibujos está restringido a usuarios autenticados. El sistema no permitirá acciones sensibles sin inicio de sesión.

RB10 – Recuperación de cuenta

Se debe ofrecer la posibilidad de recuperación de contraseña a través de un sistema de generación de tokens temporales enviados por correo electrónico.

RB11 – Gestión de imágenes

Las imágenes subidas para iconos personalizados o avatares deben estar en formato PNG o JPG y cumplir requisitos de tamaño y peso máximo para garantizar el rendimiento.

RB12 – Integridad de los datos

Toda operación de edición, creación o eliminación de datos debe validar la autenticidad del usuario y garantizar que no se corrompan los datos existentes en la base de

Recopilación y documentación de los requisitos

datos.

RB13 – Restricciones sobre categorías especiales

Categorías especiales como favoritos o esenciales están protegidas, es decir, no pueden ser eliminadas ni modificadas por los usuarios, ya que forman parte del núcleo funcional del sistema.

RB14 – Interacción segura con la voz

Toda reproducción de voz mediante la API SpeechSynthesis debe respetar las configuraciones de idioma (español) y velocidad establecidas en los ajustes de usuario.

4.6 Diagrama de casos de uso

El diagrama de casos de uso [22] de AACLearn representa de manera visual las funcionalidades principales que ofrece la aplicación a los distintos tipos de usuarios. Se ha dividido en dos grandes perfiles de usuario: usuario autenticado y administrador, cada uno con diferentes privilegios de acceso según las reglas de negocio definidas en el sistema.

El usuario autenticado es el rol general que engloba tanto al usuario principal como al tutor o padre que gestiona la cuenta, y el perfil de administrador tiene funcionalidades exclusivas para la gestión del sistema, no accesibles por usuarios normales.

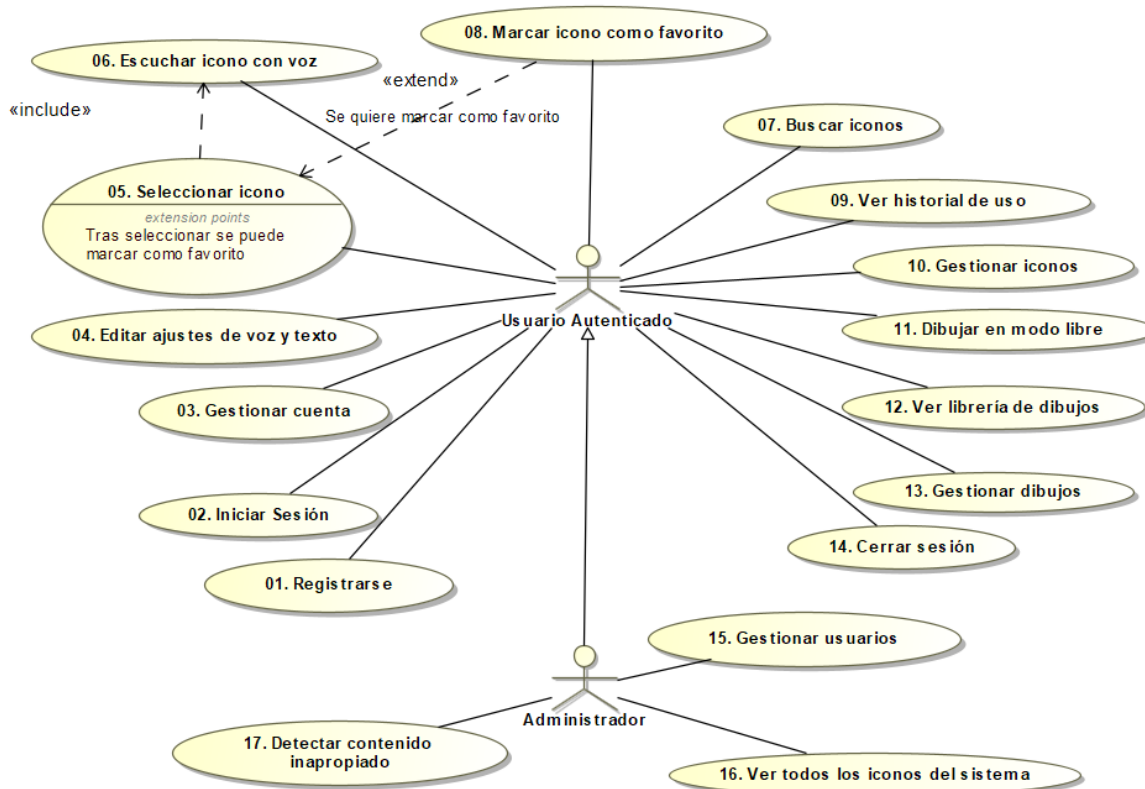


Figura 14. Diagrama de casos de uso

Recopilación y documentación de los requisitos

4.7 Diagrama de clases

El diagrama de clases [23] de AACLearn representa de forma estructurada las entidades principales del sistema y las relaciones existentes entre ellas. Este modelo conceptual ha sido desarrollado siguiendo la notación UML y refleja tanto los atributos como los métodos clave de cada clase, así como la cardinalidad entre asociaciones.

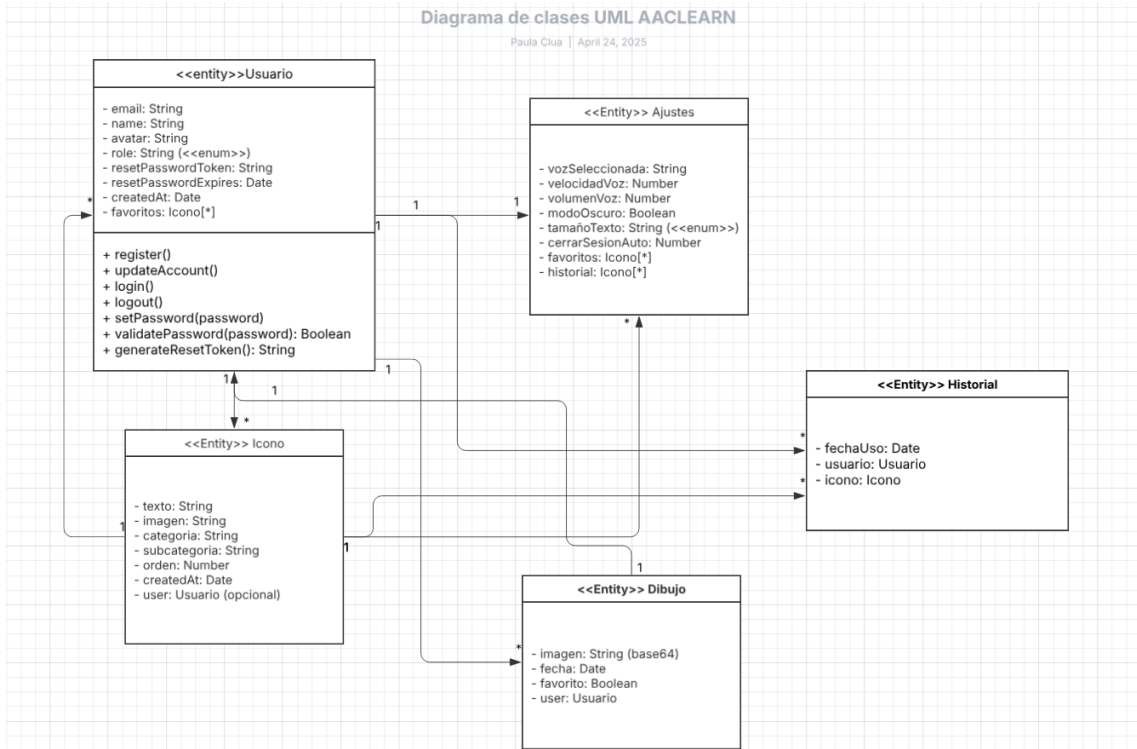


Figura 15. Diagrama de clases UML del sistema

Recopilación y documentación de los requisitos

4.8 Diagrama de secuencias de los casos de uso

Los diagramas de secuencia muestran cómo interactúan los componentes del sistema durante un caso de uso, destacando el orden de los mensajes. Incluyen líneas de vida para representar a cada entidad activa en la interacción.

A continuación, se muestra el diagrama del inicio de sesión, que permite al usuario acceder a su perfil y cargar su configuración.

Inicio de sesión

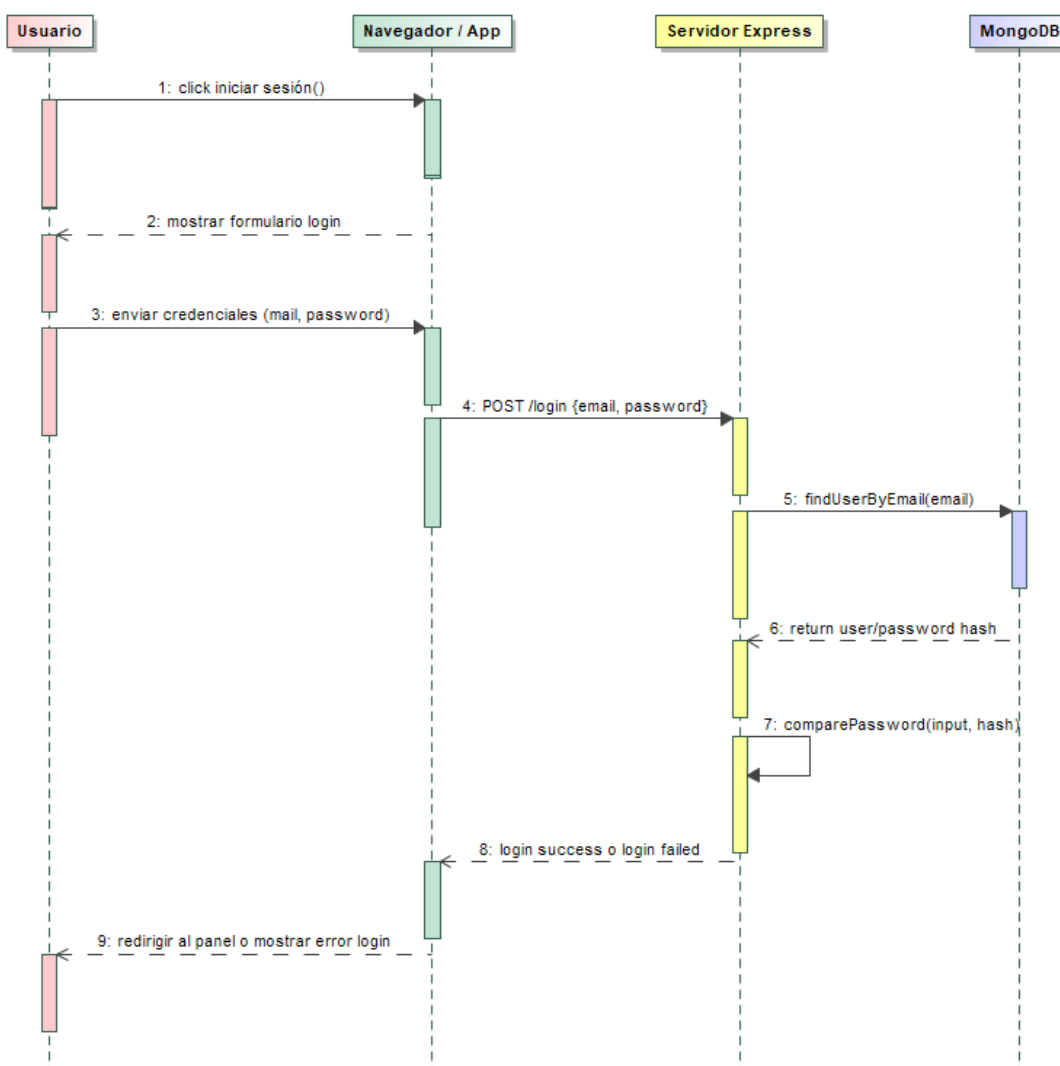


Figura 16. Diagrama de secuencia para el proceso de inicio de sesión en AACLearn.

El proceso de autenticación comienza cuando el usuario pulsa el botón “Iniciar sesión”, lo que muestra un formulario de login en el navegador. Al introducir las credenciales, estos datos se envían al servidor mediante una petición HTTP POST. El servidor consulta la base de datos para verificar si el correo existe, y de ser así, compara internamente la contraseña con el hash almacenado. Según el resultado, responde al navegador confirmando el acceso o notificando el fallo. En caso de éxito, se crea la sesión y se redirige al panel principal.

Recopilación y documentación de los requisitos

Pulsar icono y escuchar voz

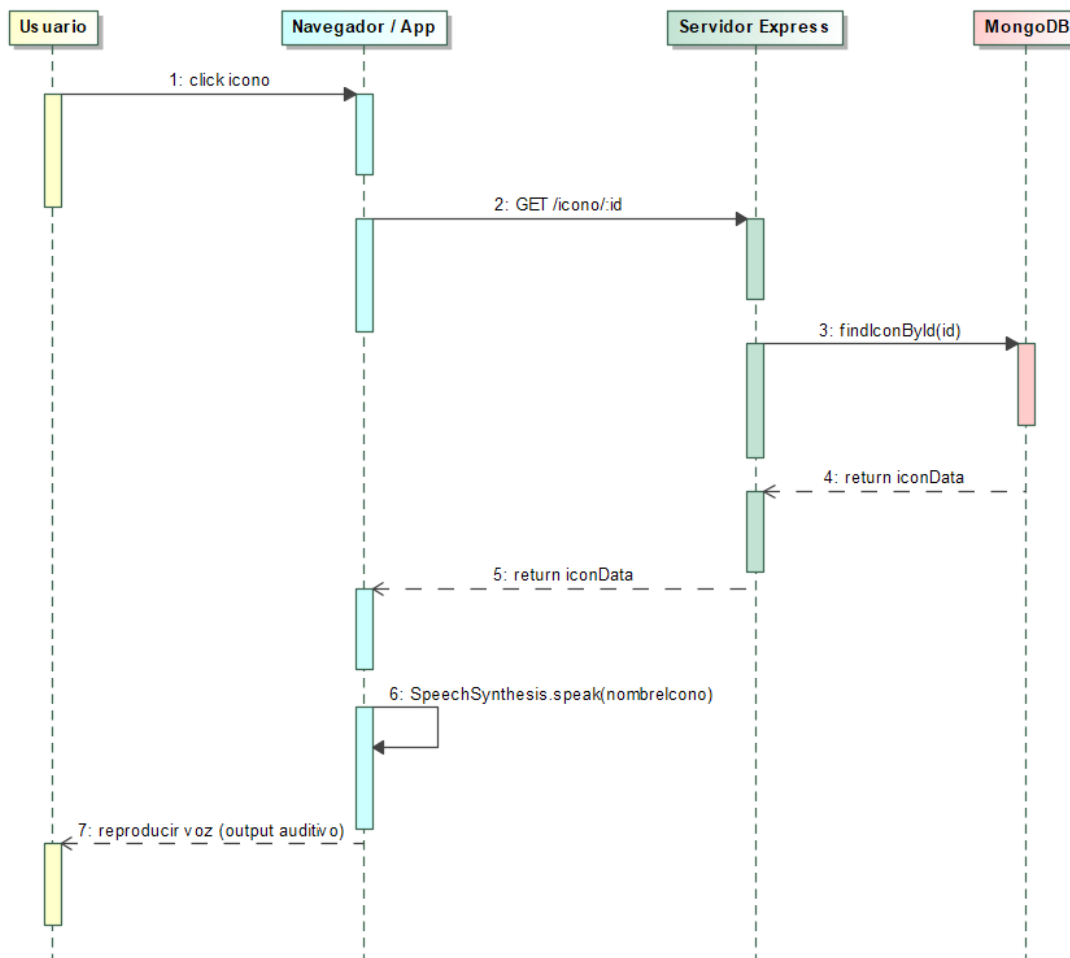


Figura 17. Diagrama de secuencia para la reproducción de un icono con síntesis de voz.

Este caso de uso representa la funcionalidad central de AACLearn: al pulsar un pictograma, el sistema recupera su información y reproduce su nombre en voz alta mediante la API SpeechSynthesis, facilitando así la comunicación accesible para personas con TEA.

Recopilación y documentación de los requisitos

Guardar dibujo en la librería

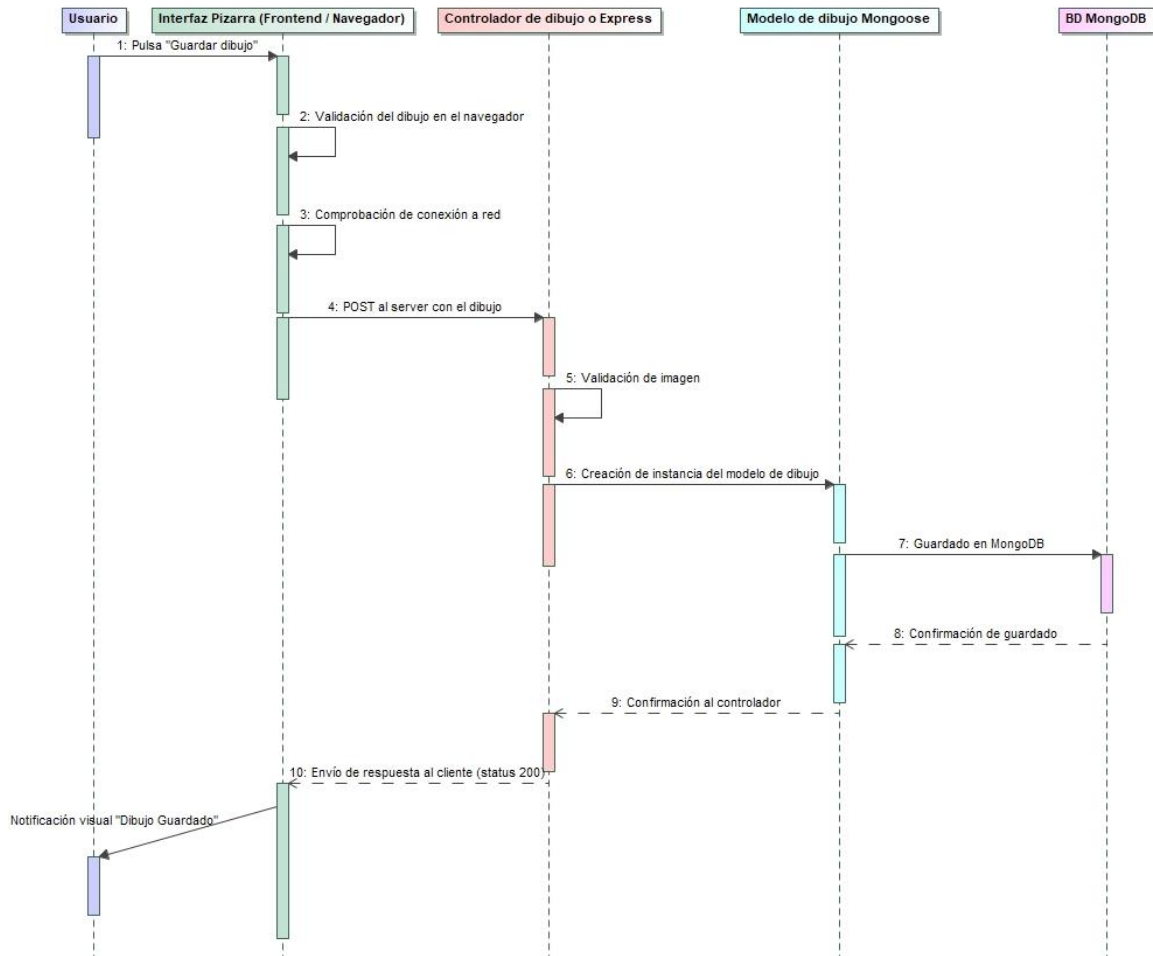


Figura 18. Diagrama de secuencia para el guardado de un dibujo en la base de datos.

Este caso de uso describe cómo el usuario guarda un dibujo realizado en la pizarra digital de AACLearn. Al pulsar “guardar”, el navegador valida el contenido y envía la imagen al servidor mediante una petición POST. El servidor crea una nueva instancia del modelo de dibujo y la guarda en la base de datos. Si todo es correcto, responde con un estado 200 OK, confirmando el guardado exitoso.

Recopilación y documentación de los requisitos

4.9 Diagrama de actividades

En un diagrama de actividades, después de seleccionar sección encontramos un fork horizontal, representado con una línea gruesa encima de las 4 ramas, este nodo indica que, una vez el usuario accede al panel principal o página de inicio y ha seleccionado una sección, puede realizar cualquiera de las cuatro actividades que se observan, como explorar iconos, usar la pizarra, formar palabras o modificar preferencias. Aunque el usuario no lo hará todo a la vez, se presenta como un flujo concurrente posible, así indicamos las alternativas disponibles desde un punto común.

También encontramos un join horizontal, que se representa con la línea negra gruesa debajo de las ramas, sirve para reunir los flujos de vuelta antes de pasar a una actividad común, que es cerrar sesión. Indica que cualquier camino seguido finalmente lleva al cierre de sesión, lo cual es coherente y útil para representar el final unificado del proceso.

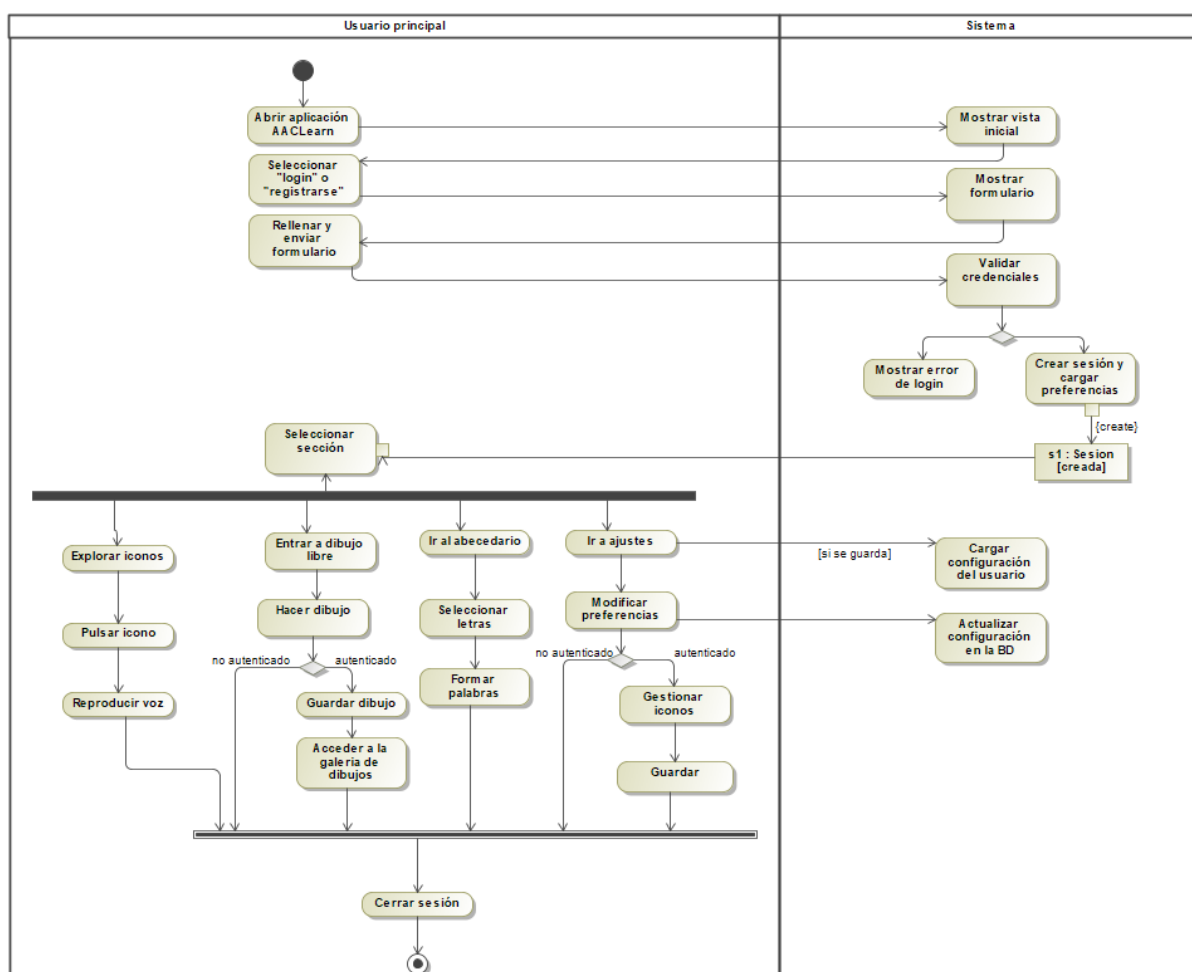


Figura 19. Diagrama de actividades para el flujo general de navegación y uso del sistema AACLearn.

Recopilación y documentación de los requisitos

4.10 Diagramas de estados

Un diagrama de estados es un tipo de diagrama UML que muestra los diferentes estados que puede tener un objeto o sistema, y cómo cambia de un estado a otro según lo que hace el usuario o el sistema. En nuestro caso, podemos representar como cambia el estado de un usuario al interactuar con el sistema AACLearn, a continuación se representan como cambian sus estados desde que accede a la aplicación sin autenticarse hasta que usa sus funcionalidades.

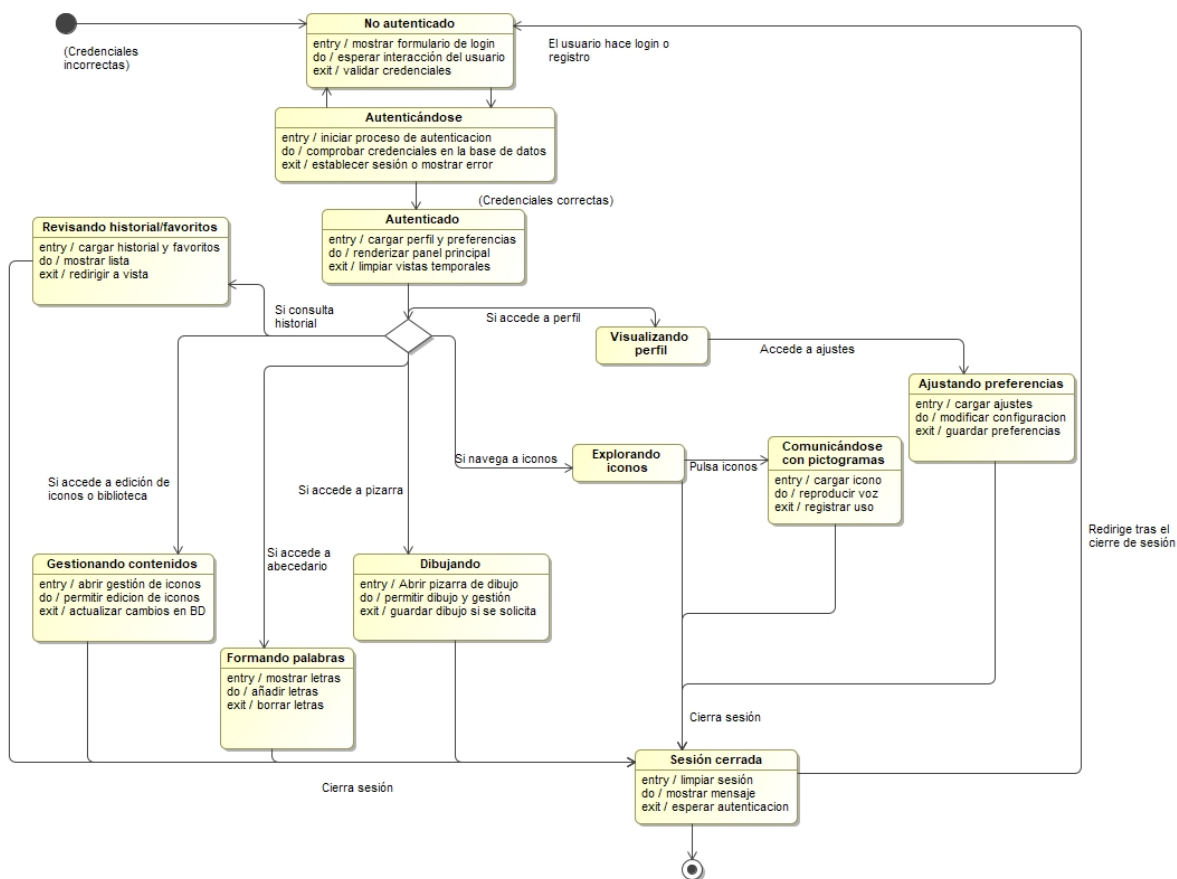


Figura 20. Diagrama de estados que representa los estados y transiciones de sesión del usuario.

El diagrama de estados representa las vistas activas y acciones del usuario en AACLearn. Comienza en el estado no autenticado, pasa por autenticándose y, si las credenciales son correctas, llega a autenticado. Desde ahí, el usuario puede navegar por distintas funcionalidades (perfil, iconos, pictogramas, etc.). En cualquier momento, puede cerrar sesión y alcanzar el estado final.

Implementación

5 Diseño

5.1 Arquitectura de la aplicación

La arquitectura de AACLearn está diseñada siguiendo un modelo de tres capas (presentación, lógica de negocio y persistencia de datos), organizado bajo el patrón Modelo-Vista-Controlador o MVC en el servidor, un patrón de diseño de software que divide la aplicación en tres componentes independientes:

- Modelo: gestiona los datos y la lógica de negocio.
- Vista: se encarga de la presentación de la información del usuario.
- Controlador: actúa como intermediario entre la vista y el modelo, gestionando la entrada del usuario y actualizando ambos según sea necesario.

Esto permite mantener una separación clara entre la interfaz de usuario, la lógica de la aplicación y el almacenamiento de datos, favoreciendo así la escalabilidad, mantenibilidad y modularidad del sistema.

A continuación se detallan los principales componentes que conforman la arquitectura de AACLearn.

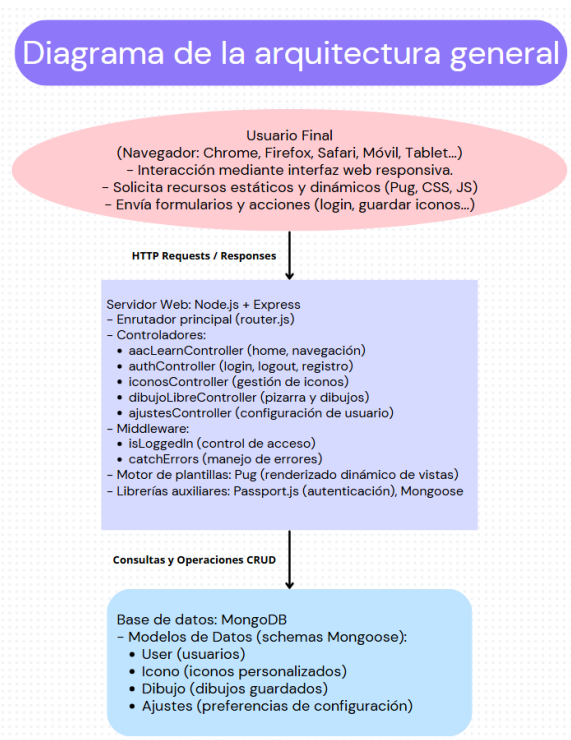


Figura 21. Diagrama de la arquitectura general de la aplicación AACLearn

5.1.1 Frontend (Capa de Presentación)

La capa de presentación en AACLearn se encarga de gestionar la interfaz gráfica y la interacción directa con el usuario. Este Frontend ha sido desarrollado usando tecnologías web tradicionales y ligeras, enfocadas en lograr una alta accesibilidad, rapidez de carga y compatibilidad multiplataforma.

Implementación

Las tecnologías empleadas son:

- HTML5 (a través de Pug), para generar la estructura de las páginas.
- CSS3, que define los estilos, con un diseño adaptativo y accesibilidad visual.
- Bootstrap 5: framework de desarrollo web o conjunto estructurado de herramientas y librerías que facilita un diseño responsivo y el uso de componentes interactivos estándar.
- JavaScript (Vanilla JS), usado en programación de comportamientos dinámicos en la interfaz, como los buscadores, la gestión de los eventos de clics, el guardado de dibujos, la reproducción de voz, etcétera.
- SpeechSynthesis API, es una API del navegador que permite convertir el texto, en nuestro caso de los iconos, en voz para facilitar la comunicación accesible.
- Pug, es nuestro motor de plantillas, usado en el servidor para renderizar vistas dinámicas, enviando al navegador HTML ya adaptado a cada usuario.

Sobre la organización del Frontend, hay que decir que se basa en un sistema de plantillas dinámicas usando el motor de plantillas Pug, donde cada sección funcional de la aplicación, como los iconos, ajustes, pizarra digital, y otras funcionalidades, cuentan con su propia vista .pug, que extienden de un layout.pug común.

Layout.pug es la vista que proporciona una estructura base compartida que incluye tanto la cabecera de navegación principal, el cuerpo de contenido, como la carga de recursos estáticos como hojas de estilo CSS y scripts JavaScript.

Para mejorar la mantenibilidad y la reutilización de código, se emplean mixins en Pug. Un ejemplo usado en este proyecto sería el uso de mixins para gestionar los formularios de inicio de sesión y recuperación de contraseña, evitando así duplicaciones innecesarias.

En cuanto al diseño visual, se combina un estilo personalizado definido en el archivo común /css/style.css con la potencia de Bootstrap 5, lo que permite asegurar que la aplicación sea totalmente adaptable a diferentes dispositivos como móviles, tabletas o pantallas de escritorio. El enfoque de diseño prioriza la simplicidad, la limpieza visual y la accesibilidad, usando iconos claros, botones de gran tamaño y estructuras de navegación intuitivas.

Respecto a la interacción del usuario, se han desarrollado diversas funcionalidades dinámicas que enriquecen su experiencia, como el sistema de búsqueda de iconos y carpetas, que se implementa en el archivo buscador-iconos.js, permitiendo filtrar resultados en tiempo real a medida que el usuario escribe. A su vez, la sección de dibujo libre se controla desde dibujo-libre.js, ofreciendo herramientas para dibujar, cambiar colores, modificar el tamaño del pincel y guardar las creaciones gráficas.

En la parte de personalización auditiva, se proporciona una interfaz de configuración que permite al usuario elegir la voz deseada, ajustar su velocidad de lectura y realizar una prueba auditiva directamente desde los ajustes. Además, para mejorar la retroalimentación visual y lúdica, se han implementado animaciones con el clic del dibujo tras la acción de guardar en la pizarra.

Por otro lado, la accesibilidad es uno de los puntos clave en este proyecto, por lo que se integra, como se dijo antes, SpeechSynthesis API del navegador, que convierte el texto de los iconos y letras en voz sintetizada cuando son pulsados, ofreciendo una alternativa

Implementación

auditiva al lenguaje escrito. También se ha trabajado para garantizar que los recursos gráficos incluyan textos alternativos descriptivos (alt) y que la navegación sea compatible con lectores de pantalla y teclados.

Para acabar, es interesante considerar la gestión de recursos estáticos como las hojas de estilo, imágenes de iconos y avatares o scripts JavaScript, que se organizan todos en la carpeta /public y es servida al cliente a través del middleware `express.static` de Node.js, asegurando una entrega eficiente de los recursos necesarios para la presentación de la aplicación.

Y sobre las funcionalidades principales implementadas en el Frontend, destacan la visualización y la navegación de iconos organizados por categorías y subcategorías, ofreciendo al usuario una exploración intuitiva de los conceptos visuales disponibles. Además, se integra un potente buscador en tiempo real que facilita la localización de iconos o carpetas a medida que el usuario introduce texto en el campo de búsqueda.

Otra de las funciones clave es el sistema de favoritos, que pese a ser sencillo por ser una carpeta extra, es una funcionalidad realmente necesaria para que el usuario marque sus iconos preferidos o más usados en una única carpeta para poder acceder a ellos de la forma más rápida posible.

Además, la aplicación permite la personalización de ajustes de usuario, tales como su información básica, ya sea su nombre, correo electrónico, avatar, voz seleccionada, velocidad de locución... para adaptar la experiencia a las necesidades individuales.

Por último, se incluye una sección de abecedario interactivo para seleccionar las letras y formar palabras visualmente.

5.1.2 Backend (Capa de lógica de negocio)

El sistema cuenta con un servidor web encargado de gestionar la lógica de negocio, las operaciones de autenticación, el acceso a los datos y la interacción con el cliente. Esta capa organiza sus funcionalidades siguiendo un modelo estructurado, separando claramente las rutas, la lógica de procesamiento y la conexión con la base de datos.

Para almacenar y gestionar información como usuarios, iconos, dibujos y configuraciones, se utiliza una base de datos NoSQL escalable, adecuada para estructuras de datos flexibles y en constante evolución. Esta tecnología permite realizar operaciones CRUD (crear, leer, actualizar y eliminar) de forma eficiente y segura.

El sistema incorpora mecanismos seguros de autenticación y gestión de sesiones, permitiendo registrar usuarios, iniciar/cerrar sesión y recuperar contraseñas de forma cifrada. Además, se aplican validaciones, protección de rutas, tratamiento de errores y gestión de archivos subidos por los usuarios, como imágenes de iconos personalizados.

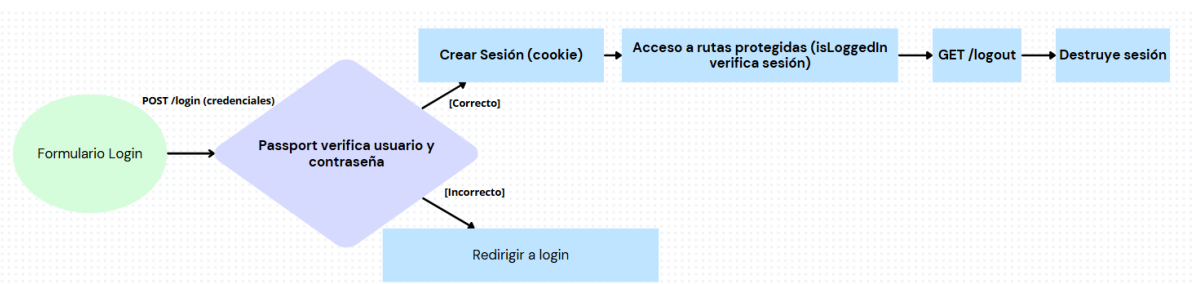


Figura 22. Flujo de autenticación y gestión de sesión con Passport.js

Implementación

Por último, el servidor también se encarga de entregar recursos estáticos (estilos, imágenes, scripts) y de renderizar páginas dinámicas con contenido personalizado para cada usuario, garantizando una experiencia adaptada y funcional.

5.1.3 Base de datos (Capa de persistencia de datos)

Para esta plataforma se ha optado por una base de datos NoSQL escalable y flexible, que permita almacenar estructuras dinámicas adaptadas a los distintos elementos de la aplicación, como usuarios, dibujos o pictogramas personalizados. Esta necesidad de flexibilidad y crecimiento progresivo se ajusta perfectamente a las características de MongoDB, un sistema que permite trabajar con documentos semiestructurados y relaciones entre colecciones mediante referencias.

La elección de MongoDB responde a su capacidad para adaptarse a datos variables sin esquemas rígidos, su buen rendimiento en lecturas y escrituras frecuentes, y sus opciones de escalabilidad horizontal, lo cual resulta clave para proyectos orientados al crecimiento y a la personalización intensiva por parte de los usuarios.

Además, el sistema de datos está diseñado para garantizar la integridad, la persistencia y la organización lógica de la información, utilizando identificadores únicos para vincular usuarios con sus iconos y dibujos, y permitiendo futuras extensiones del modelo sin necesidad de rediseñar toda la estructura.

Este enfoque facilita un almacenamiento eficiente y preparado para una posible evolución hacia funcionalidades más complejas, como analíticas de uso o personalización basada en comportamiento.

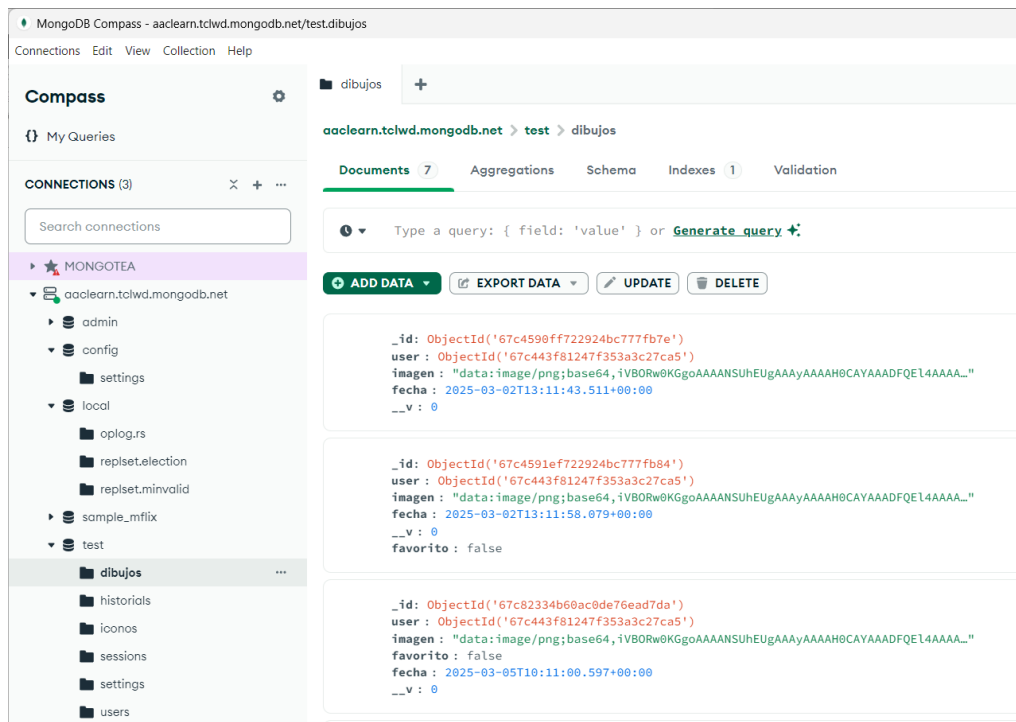


Figura 23. Visualización de los documentos de la colección dibujos en MongoDB Compass

La imagen muestra una captura de pantalla de MongoDB Compass, la herramienta usada durante el desarrollo del proyecto para gestionar y visualizar la base de datos de AACLearn.

Implementación

5.1.4 Comunicación entre capas

La arquitectura de AACLearn sigue un modelo cliente-servidor, donde la interfaz web (cliente) se comunica con un servidor central que gestiona la lógica de negocio y el acceso a la base de datos. Esta estructura permite separar claramente las responsabilidades y facilita la escalabilidad y el mantenimiento del sistema.

La capa de cliente envía solicitudes al servidor mediante peticiones HTTP, activadas por acciones del usuario como acceder a páginas, enviar formularios o interactuar con pictogramas y dibujos. El servidor recibe estas solicitudes, las procesa y, cuando es necesario, accede a la base de datos para recuperar o modificar información.

La base de datos se utiliza para realizar operaciones de lectura, escritura, actualización y eliminación (CRUD) sobre entidades como usuarios, iconos o dibujos. Estas operaciones permiten mantener la persistencia de los datos y garantizar una experiencia personalizada y coherente para cada usuario.

Finalmente, el servidor responde al cliente con los datos procesados o con vistas actualizadas, completando así el ciclo de interacción. Este flujo de comunicación garantiza una experiencia fluida y coherente entre todas las capas del sistema.

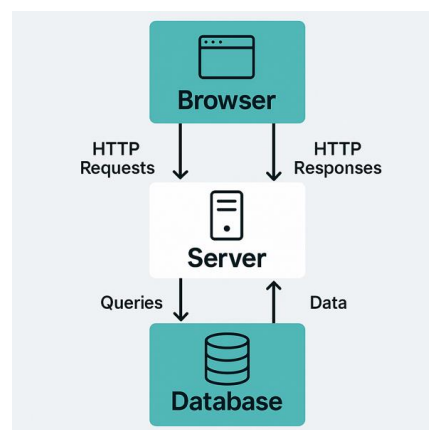


Figura 24. Flujo general de comunicación entre navegador, servidor y base de datos

Implementación

5.2 Diseño de la interfaz gráfica

La interfaz gráfica de AACLearn ha sido diseñada para ser clara, accesible e intuitiva, adaptándose a las necesidades de niños con TEA no verbal. Se han priorizado los elementos visuales grandes, bien diferenciados y fácilmente reconocibles, garantizando una navegación sencilla tanto en ordenadores como en dispositivos móviles y tabletas.

La estructura visual se apoya en una paleta de colores neutros con acentos distintivos para cada categoría, y una barra de navegación fija que da acceso directo a las principales funcionalidades. Se han utilizado metáforas visuales familiares para facilitar la comprensión y fomentar la autonomía del usuario.

Antes de la implementación, se desarrollaron bocetos que guiaron el diseño final, muchos de los cuales se han mantenido en la versión definitiva de la plataforma.

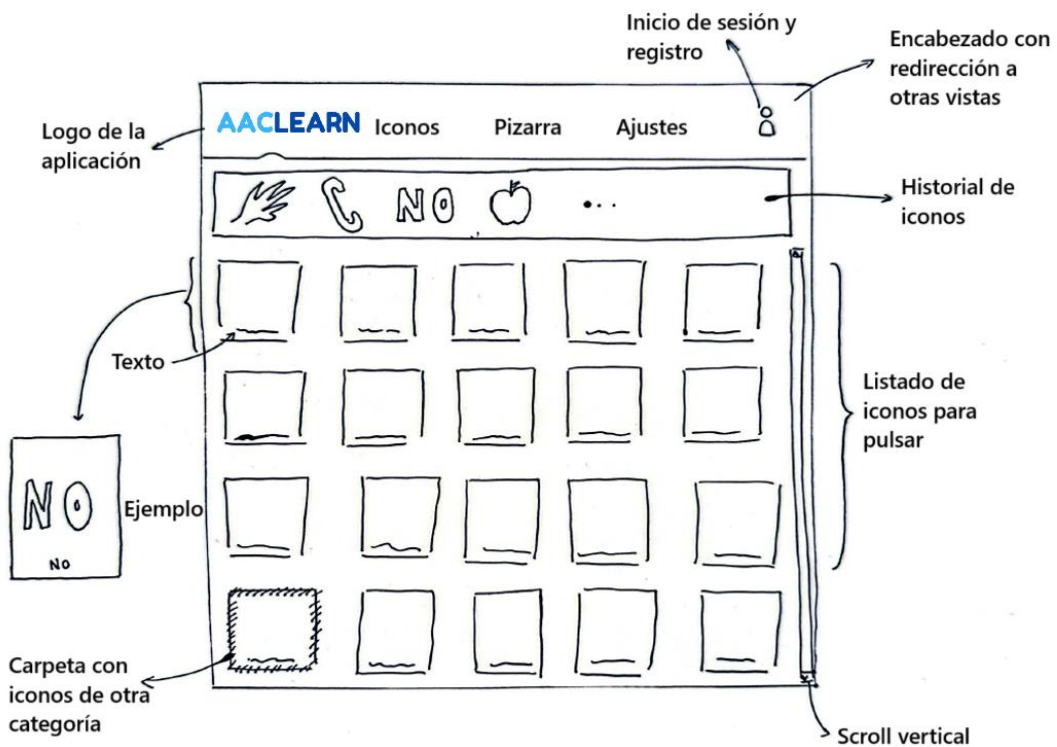


Figura 25. Boceto de la pantalla principal de iconos en AACLearn

AACLearn utiliza metáforas visuales sencillas y familiares para facilitar la comprensión. La vista principal se basa en una metáfora de estantería o tablero con carpetas, donde cada una representa una categoría de pictogramas (como comida, acciones o lugares). Al hacer clic, se accede a los iconos de esa categoría, que se organizan de forma clara y permiten construir frases en una franja superior, simulando una pizarra magnética.

La interfaz incluye un encabezado con accesos rápidos a las secciones clave, y navegación sencilla mediante scroll vertical. Otra metáfora destacada es la del dibujo libre, representado como una pizarra o libreta, donde el usuario puede expresarse libremente mediante trazos, favoreciendo la comunicación no verbal y la creatividad.

Implementación

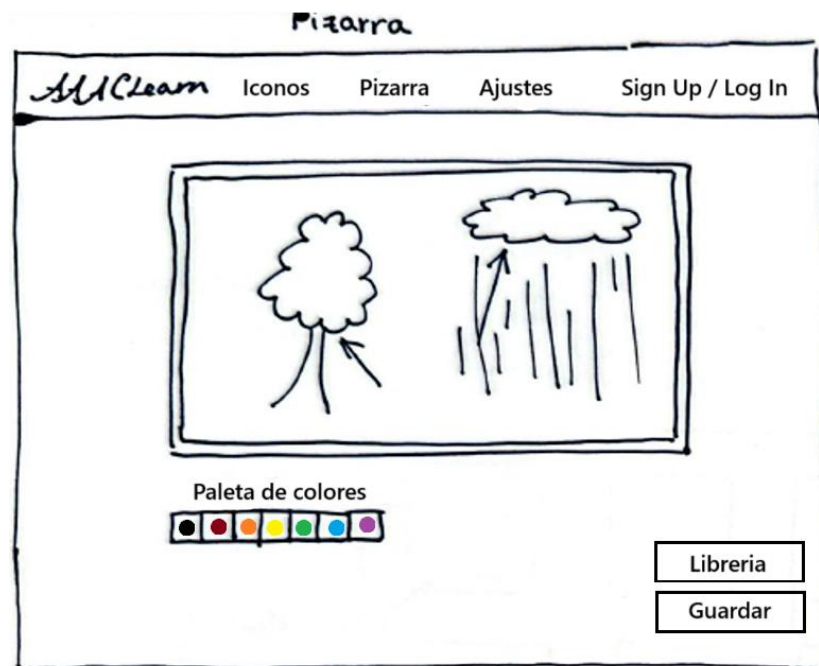


Figura 26. Boceto de la pantalla de pizarra digital en AACLearn

Además, el sistema permite guardar dibujos, añadirlos a una biblioteca personal y marcarlos como favoritos, reforzando la metáfora de un álbum que el usuario puede revisar y reutilizar cuando quiera.

Por otro lado, la pantalla de ajustes de AACLearn se ha diseñado usando la metáfora de un panel de control personal, similar al que podemos encontrar en un dispositivo móvil u ordenador. La metáfora se reconoce por la mayoría de tutores o profesionales que gestionan el sistema, y simboliza un espacio donde el usuario puede configurar su entorno de forma segura y guiada.

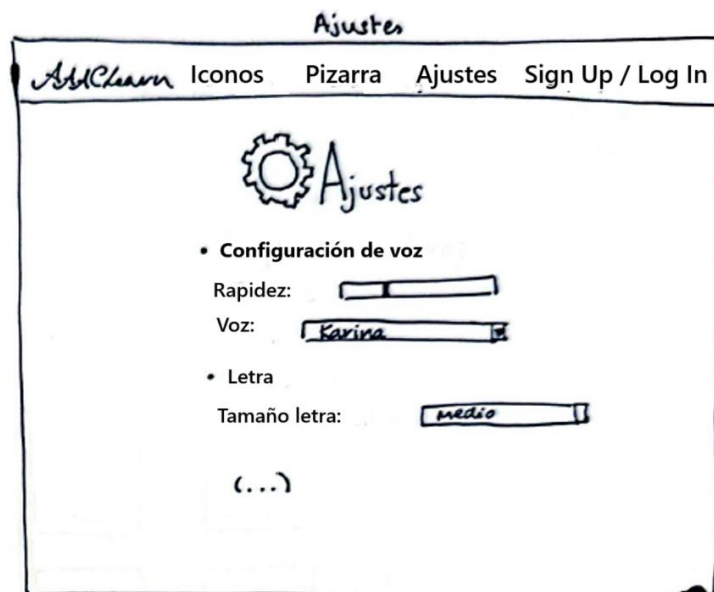


Figura 27. Boceto de la pantalla de ajustes de usuario en AACLearn

Se utilizan iconos intuitivos y universales como la rueda dentada (ajustes), el perfil (usuario) o la estrella (favoritos), siguiendo el lenguaje visual estándar de las interfaces modernas. La pantalla de inicio de sesión emplea la metáfora clásica de una "puerta de

Implementación

entrada” al sistema, representando el acceso seguro y personalizado al entorno del usuario.

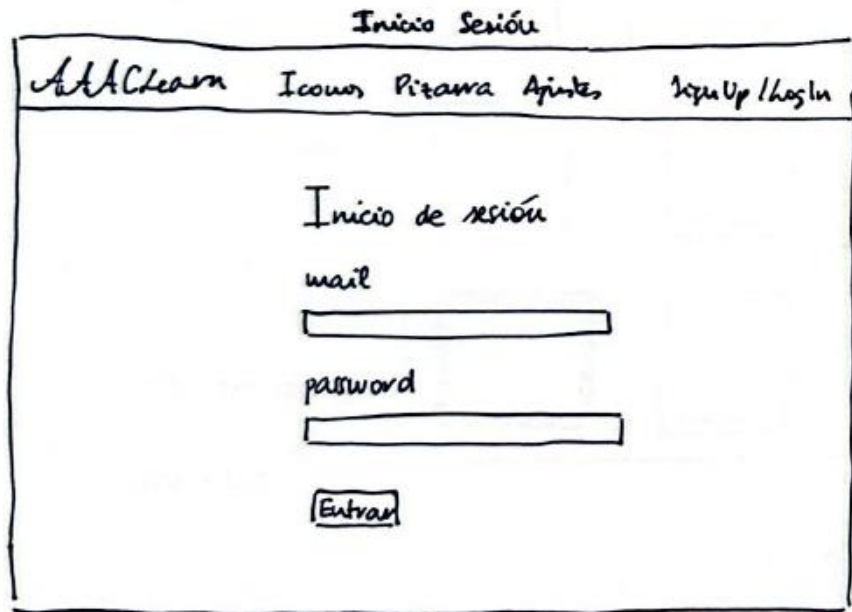


Figura 28. Boceto de la pantalla de inicio de sesión en AACLearn

Como se ve en la imagen, se sigue la misma convención de siempre, con un formulario sencillo y claro, con los campos esenciales para identificarse, con correo y contraseña, y opciones de soporte como la recuperación de contraseña, aunque no esté explícitamente visto.

Finalmente, podemos comentar la metáfora de edición de iconos, que parece un taller de creación o ventana de personalización, es un espacio visual y funcional donde el usuario puede modificar los iconos existentes de forma sencilla y clara. Además, en la versión final incluso se muestra una vista previa de como el icono queda.

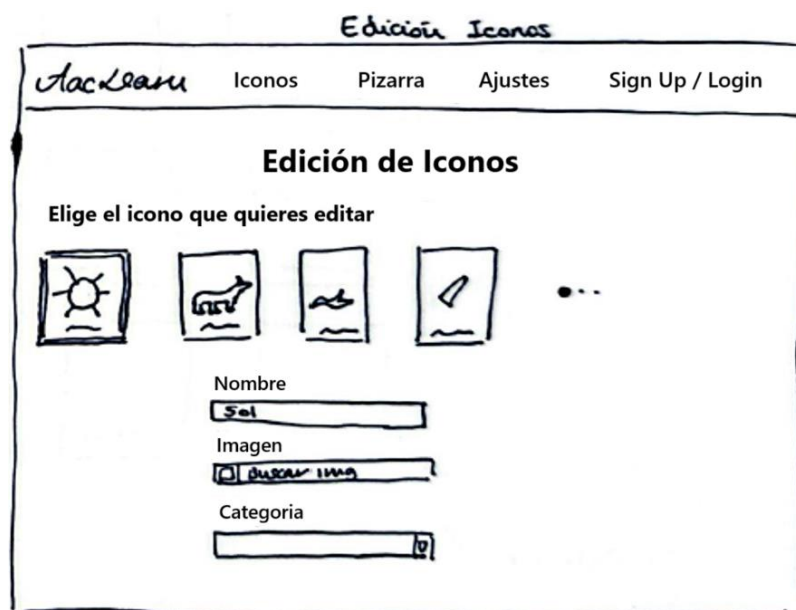


Figura 29. Boceto de la pantalla de edición de iconos personalizados en AACLearn

En la parte superior se muestra la galería de iconos ya creados, simulando una librería visual de elementos disponibles, y justo debajo, una vez seleccionado el icono a editar, se abre la opción de rellenar un formulario para editarlos.

Implementación

5.3 Diseño de la base de datos

AACLearn usa la base de datos MongoDB, una base de datos NoSQL basada en documentos, estructurada para ofrecer flexibilidad y escalabilidad. Se ha optado por una organización en colecciones independientes que representan las entidades clave del sistema, permitiendo almacenar datos semi-estructurados adaptados a las necesidades de personalización y crecimiento del proyecto.

Las principales colecciones del sistema son:

- Usuarios: almacena la información básica de cada usuario, incluyendo correo, nombre, avatar y datos para autenticación segura. Está diseñada para permitir futuras extensiones como roles o preferencias personalizadas.
- Iconos: recoge los pictogramas utilizados en la aplicación, organizados por categoría y subcategoría. Incluye metadatos como el autor (en caso de iconos personalizados), el orden de aparición y la fecha de creación.
- Dibujos: guarda las creaciones realizadas en la pizarra digital, vinculadas al usuario y almacenadas en formato Base64, junto con la fecha y un marcador de favorito para destacar las más relevantes.
- Historial: pensada para registrar las últimas interacciones del usuario con los iconos, funcionando como una memoria corta para mejorar la experiencia personalizada. Aunque está diseñada, no ha llegado a implementarse completamente.
- Ajustes: contiene las preferencias del usuario, como la voz seleccionada, velocidad y volumen de lectura, tamaño de texto e iconos, modo oscuro y control de sesión. Permite adaptar la interfaz a las necesidades individuales de cada persona usuaria.

Este modelo flexible permite representar relaciones entre entidades mediante referencias, manteniendo una estructura coherente y preparada para ampliaciones futuras. La elección de una base de datos documental facilita el desarrollo ágil y el almacenamiento eficiente de información personalizada.

Implementación

6 Implementación

6.1 Arquitectura general del proyecto

La implementación del proyecto AACLearn se ha estructurado siguiendo el patrón de organización basado en Modelo-Vista-Controlador (MVC), utilizando Node.js y Express como base para el backend, junto a MongoDB como sistema de persistencia. A continuación se describe como está organizada la arquitectura en el proyecto:

Sobre la estructura de las carpetas, el proyecto está dividido en las siguientes carpetas principales:

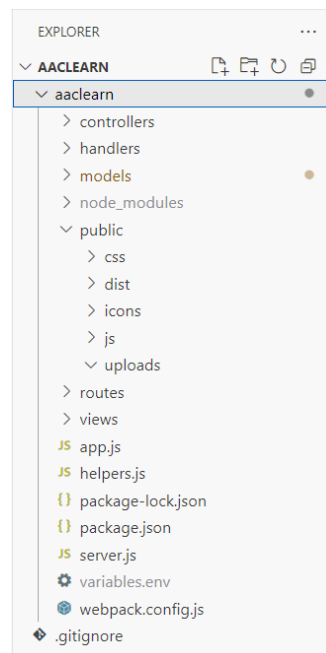


Figura 30. Estructura de carpetas y archivos principales del proyecto AACLearn en VS Code.

- /public/ contiene todos los recursos estáticos servidos al cliente desde el servidor Node.js, gracias al middleware `express.static()`, como:
 - /css/, subcarpeta que contiene las hojas de estilos personalizadas. Incluye `style.css`, que es una hoja de estilos personalizada para el proyecto y algunos archivos de Bootstrap, que se usan para asegurar la presentación responsiva y estéticamente uniforme en todos los dispositivos.
 - /dist/: aquí se agrupan los scripts JavaScript de bibliotecas externas y empaquetados.
 - /js/, que contiene JavaScript de interacción dinámica, como los buscadores, dibujo libre, ajustes...
 - /icons/, que son imágenes de los pictogramas agrupados en carpetas por categorías.
 - /uploads/: carpeta destinada al almacenamiento de archivos subidos por los usuarios, como imágenes de iconos personalizados. Aunque los dibujos se guardan en base64 en la base de datos, esta carpeta se emplea

Implementación

para otros archivos temporales.

- /views/: carpeta que incluye las plantillas dinámicas de la aplicación, escritas en Pug. En su interior se encuentran tanto la estructura base de todas las páginas en layout.pug, como otras vistas específicas de cada funcionalidad como iconos.pug, ajustes.pug, perfil.pug...
- /controllers/: contiene los controladores del servidor Express, cada uno de los cuales gestiona la lógica de una parte concreta de la aplicación. Estos archivos representan la C del patrón MVC. Los controladores definidos son los siguientes:
 - aacLearnController.js: controlador principal para rutas generales de la aplicación, como la raíz, errores o redirecciones base.
 - abecedarioController.js: maneja la funcionalidad del abecedario interactivo, incluyendo la reproducción de letras, generación de palabras y gestión de la vista correspondiente.
 - ajustesController.js: gestiona las operaciones de configuración del usuario, como el cambio de voz, tamaño de texto, activación del modo oscuro o cierre automático de sesión.
 - authController.js: contiene la lógica de autenticación mediante Passport.js, incluyendo registro, login, logout, y recuperación de contraseña.
 - dibujoLibreController.js: se encarga de todas las operaciones relacionadas con los pictogramas.
 - userController.js: maneja las operaciones sobre el perfil del usuario, como la actualización de sus datos personales, avatar y preferencias.
- /models/: define los esquemas de la base de datos mediante Mongoose, como Usuario.js, Icono.js, Dibujo.js, Historial.js y Ajustes.js.
- /routes/router.s: define las rutas principales de la aplicación, redirigiendo cada solicitud al controlador correspondiente.
- App.js: archivo principal del servidor, que configura Express, Mongoose, Passport.js para la autenticación, express-session, y otros middleware necesarios.

Sobre el funcionamiento interno de AACLearn, debemos saber que está diseñada como una aplicación web dinámica, donde el flujo de trabajo se articula de manera clara entre el navegador del usuario (cliente), el servidor Express (backend) y la base de datos MongoDB (persistencia). A continuación se explica cómo actúan los componentes:

1. Interacción del usuario o cliente web

El usuario, a través de su navegador, interactúa con la interfaz gráfica generada mediante plantillas Pug. Las acciones del usuario, como pulsar iconos o enviar formularios, generan peticiones HTTP (GET o POST), que se envían al servidor.

2. Procesamiento de la petición de Express

El servidor Express, al recibir la solicitud, consulta el archivo de rutas correspondiente en

Implementación

router.js, y determina qué controlador debe gestionar la operación. Gracias a esta organización modular, cada funcionalidad tiene su propio controlador separado, lo que mejora la claridad y mantenibilidad.

3. Ejecución de la lógica de negocio (controlador)

El controlador correspondiente, puede consultar, modificar o eliminar datos en la base de datos a través de modelos Mongoose, que representan entidades como User, Icono, Dibujo o Ajustes. Esta capa también incluye validaciones, tratamientos específicos según el rol, y preparación de la respuesta que se devolverá.

4. Generación de la respuesta

Una vez finalizada la operación, el backend genera una respuesta HTTP que puede ser:

- El renderizado dinámico de una nueva vista Pug adaptada al contenido actualizado.
- Una redirección a otra sección de la app.
- En algunos casos, una respuesta en formato JSON.

6.2 Backend (Node.js + Express + MongoDB)

El backend de AACLearn se ha implementado usando el entorno de ejecución Node.js junto con el framework Express.js, siguiendo el paradigma MVC. Esta elección ha permitido estructurar el código de manera modular, facilitando su mantenimiento y escalabilidad futura.

Node.js

Node.js [24] proporciona un entorno de ejecución para JavaScript en el servidor, utilizando un bucle de eventos de un solo hilo y llamadas I/O no bloqueantes. Esto lo hace especialmente eficiente para aplicaciones con muchas conexiones simultáneas, como AACLearn, donde múltiples usuarios pueden acceder al mismo tiempo para comunicarse, guardar iconos o interactuar con la pizarra.

Express.js

Express.js [25] es el framework que se ejecuta sobre Node.js y permite manejar rutas, peticiones HTTP y middleware de forma sencilla y potente. En AACLearn, se han definido múltiples rutas organizadas en controladores separados para gestionar la autenticación, los iconos, los dibujos, el abecedario o los ajustes del sistema, entre otros. Cada uno de estos controladores responde a peticiones concretas del cliente, devolviendo respuestas con las vistas necesarias y manipulando datos en la base de datos.

Ciclo HTTP y middleware

Toda petición enviada por el cliente, como pulsar un icono o guardar un dibujo, se procesa en el servidor mediante una cadena de funciones middleware. Estas funciones permiten autenticar al usuario, validar entradas, registrar al usuario o redirigir según la lógica del sistema. La arquitectura Express facilita esta estructura en forma de pipeline, donde cada paso puede modificar la solicitud o la respuesta.

Implementación

MongoDB + Mongoose

Como base de datos se ha utilizado MongoDB, una base de datos NoSQL orientada a documentos. Se ha gestionado mediante la librería Mongoose, que permite definir modelos como Usuario, Icono..., reflejados también en el diagrama de clases UML. La base de datos almacena toda la información persistente del sistema: usuarios, configuraciones personalizadas, favoritos, dibujos y uso de pictogramas.

6.2.1 Control de autenticación

El control de autenticación es un aspecto crítico en cualquier aplicación web que gestione usuarios, ya que garantiza la seguridad, privacidad y personalización de contenido. En AACLearn, este control se implementa mediante la biblioteca passport, específicamente con la estrategia local passport-local-mongoose, que añade toda la lógica necesaria para realizar la autenticación y mantener al usuario con su sesión iniciada. La librería passport nos ayuda en el proceso de autenticación sirviendo como middleware en Node.js, o que permite autenticar a los usuarios mediante correo electrónico y contraseña. A continuación se describe como se estructura y funciona el sistema de autenticación en el proyecto:

Registro e inicio de sesión

El proceso de registro se inicia en la ruta /register, donde el usuario completa un formulario que recoge su nombre, correo electrónico, contraseña y avatar.

Registro

El registro en aacLearn permite a padres, tutores y usuarios acceder a herramientas personalizadas que facilitan la comunicación para niños con TEA.

Nombre

Correo electrónico

Contraseña

Confirmar contraseña

Selecciona tu avatar:

Figura 31. Registro de usuario en la aplicación

El sistema incluye funcionalidades para el registro, inicio y cierre de sesión de los usuarios. Una vez registrado, el usuario puede acceder automáticamente a su perfil, evitando pasos innecesarios que dificulten la experiencia. Además, se garantiza una navegación segura, protegiendo las rutas más sensibles y permitiendo el acceso solo si el usuario está autenticado correctamente.

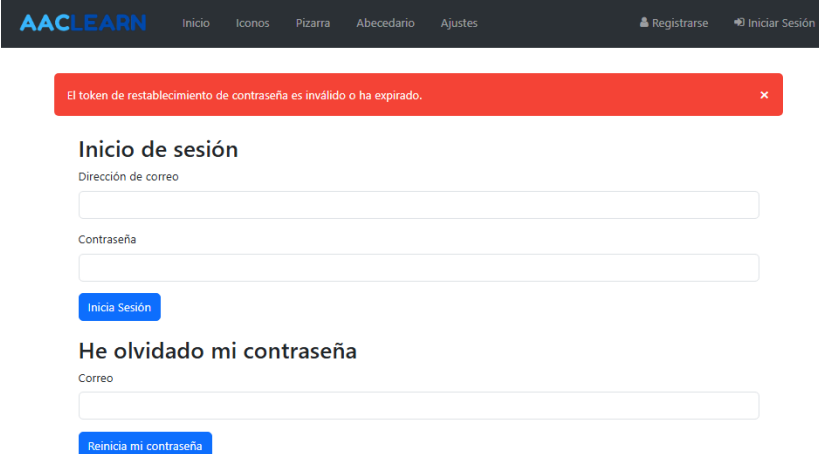
Implementación

Recuperación de contraseña

AACLearn incorpora un sistema de recuperación de contraseña diseñado para ser seguro y fácil de usar. Cuando un usuario olvida su contraseña, puede solicitar un restablecimiento mediante un formulario en el que introduce su correo electrónico. El sistema comprueba que la cuenta existe, genera un enlace de recuperación temporal y se lo envía por correo electrónico.

El usuario recibe un mensaje con un enlace personalizado y seguro que le permite restablecer su contraseña antes de que expire. Todo este proceso está pensado para proteger la cuenta y facilitar la recuperación sin comprometer la seguridad del sistema.

- 1- Formulario de solicitud: en la interfaz de inicio de sesión login.pug, que se muestra en la figura 33, se incluye un segundo formulario gestionado por el componente _forgotForm.pug, en el cual el usuario introduce su dirección de correo electrónico. El formulario envía una petición POST a la ruta /account/forgot.



The screenshot shows the AACLearn login interface. At the top, there is a navigation bar with the AACLearn logo and links for Inicio, Iconos, Pizarra, Abecedario, and Ajustes. On the right side of the navigation bar, there are links for Registrarse and Iniciar Sesión. Below the navigation bar, a red error message box displays the text: "El token de restablecimiento de contraseña es inválido o ha expirado." Below the error message, there is a login form with the title "Inicio de sesión". The form contains two input fields: "Dirección de correo" and "Contraseña". Below these fields is a blue button labeled "Inicia Sesión". Underneath the login form, there is a section titled "He olvidado mi contraseña" with a "Correo" input field and a blue button labeled "Reinicia mi contraseña".

Figura 32. Mensaje de error por token de restablecimiento invalido o expirado

- 2- Verificación de correo: en el método forgot() del authController, el sistema busca si existe un usuario con dicho correo en la base de datos de MongoDB.
- 3- Generación de token seguro y caducidad: si el usuario existe, se genera un resetPasswordToken mediante el módulo crypto, el cual produce un valor aleatorio único. Además, se asigna una caducidad de una hora (resetPasswordExpires). Ambos se guardan en el documento del usuario.
- 4- Envío del correo electrónico con enlace: para comunicar al usuario el enlace de restablecimiento, se usa el módulo nodemailer, una librería de Node.js que permite enviar correos electrónicos desde el servidor. En este caso, se configura con credenciales temporales de prueba gracias a Mailtrap.io, una herramienta gratuita para testear el envío de correos sin usar direcciones reales.

El contenido del correo se genera mediante una plantilla Pug, y el enlace enviado incluye el token generado.

- 5- Validación del token: cuando el usuario hace clic en el enlace del correo, accede a la ruta /account/reset/:token, que valida si el token aún existe y no ha expirado. Si el token no es válido, se redirige a la vista de login mostrando un mensaje de error. En caso contrario, se muestra el formulario de restablecimiento.

Implementación

Es interesante ver cómo funciona mailtrap.io visualmente, y es que cuando un usuario, por ejemplo lucas@gmail.com rellena el formulario de restablecimiento de contraseña con su correo, automáticamente en su correo llegaría una notificación exactamente igual que la que se ve en el buzón de este programa web:

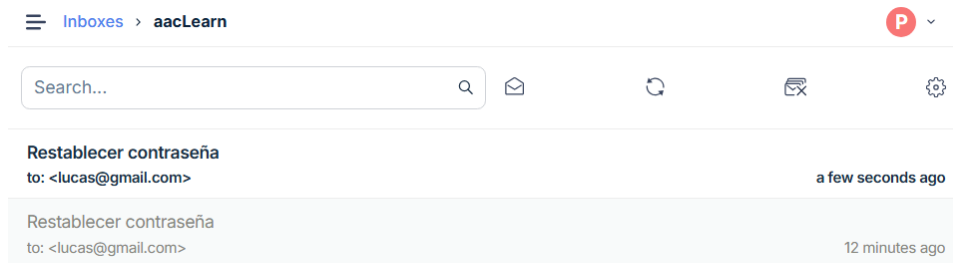


Figura 33. Visualización del buzón de Mailtrap.io

Si entramos en el correo, cualquier usuario vería una plantilla clara y estructurada como la siguiente:

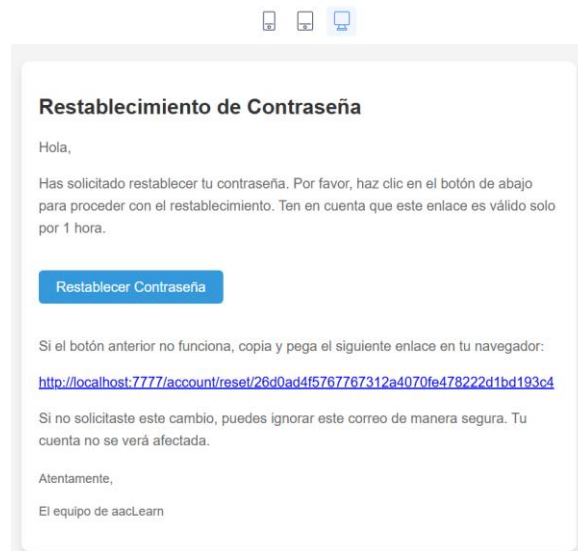


Figura 34. Plantilla de correo de restablecimiento de contraseña

En ella se incluye un botón principal que redirige al enlace seguro de recuperación, así como el mismo enlace en texto plano por si se necesita copiar manualmente en el navegador.

6.2.2 Validaciones y middleware

En AACLearn, se han incorporado mecanismos de validación de datos y control de acceso con el objetivo de garantizar la seguridad del sistema y la integridad de la información proporcionada por los usuarios.

Validaciones

Antes de procesar cualquier dato introducido por los usuarios, como correos, contraseñas o nombres de iconos, el sistema verifica que la información sea válida y esté completa. Se comprueba el formato, los requisitos y que los campos obligatorios no estén vacíos, así se pueden prevenir errores, mejorar la experiencia del usuario y reforzar la protección del sistema frente a entradas maliciosas o mal formateadas.

Implementación

Además, para evitar que usuarios no autorizados accedan a secciones sensibles de la aplicación, como ajustes o edición de contenido, se han definido mecanismos de verificación del estado de sesión. De esta manera, solo los usuarios autenticados pueden modificar datos personales o guardar contenido, protegiendo así la privacidad y la coherencia de cada cuenta.

6.3 Frontend (CSS, JS, PUG)

El frontend de AACLearn está diseñado para ofrecer una experiencia visual clara, accesible y adaptable a las necesidades comunicativas de niños con autismo no verbal. Para ello, se ha desarrollado utilizando tecnologías web ligeras y accesibles, priorizando la usabilidad, la interacción táctil y la personalización visual y auditiva.

Tecnologías utilizadas

- HTML5 (a través de Pug): se utiliza el motor de plantillas Pug para generar dinámicamente las vistas del sistema. Esto permite adaptar los contenidos en función del usuario autenticado y sus preferencias.
- CSS3 y Bootstrap 5: se combinan estilos personalizados definidos en style.css con componentes responsivos y accesibles de Bootstrap. Esto facilita el diseño adaptativo para distintos tamaños de pantalla.
- JavaScript: se ha utilizado JavaScript puro para crear funcionalidades interactivas como la reproducción de voz, la edición de iconos, la vista previa de dibujos, la búsqueda en tiempo real, entre otras.
- SpeechSynthesis API: Permite convertir texto en voz directamente desde el navegador, lo que facilita la comunicación verbal alternativa al pulsar iconos o letras.
- Pug: la organización de Persistencia y bases de datos (MongoDB)

AACLearn utiliza MongoDB como motor de base de datos, y se conecta a él mediante Mongoose, una librería ODM u Object Document Mapper para Node.js. Esta combinación permite definir esquemas estructurados sobre documentos dinámicos, aplicar validaciones automáticas, establecer relaciones entre colecciones mediante referencias ref y controlar con precisión el ciclo de vida de los datos.

6.4 Despliegue

El despliegue de AACLearn se ha realizado en una plataforma en la nube que permite garantizar disponibilidad continua, acceso desde cualquier dispositivo y escalabilidad futura. Para ello, se ha optado por un proveedor que ofrece servicios completos de alojamiento web con dominio seguro HTTPS y certificados SSL automáticos, lo que asegura una comunicación cifrada y protegida.

Una vez desplegada, Render proporciona automáticamente un dominio bajo HTTPS, garantizando así una comunicación segura mediante la emisión automática de certificados SSL con Let's Encrypt. Esto permite que los datos del usuario y las funcionalidades sensibles del sistema, como autenticación, configuración o historial, se transmitan de forma cifrada y protegida.

Por último, se han realizado pruebas finales en un entorno de producción

Implementación

proporcionado por render, asegurando que todas las rutas, recursos estáticos (como imágenes, iconos, archivos CSS y JavaScript), y funcionalidades de la aplicación se cargan y funcionan correctamente, sin errores de compatibilidad o seguridad.

Si se quiere acceder a la aplicación, basta con acceder al siguiente enlace y esperar a que la aplicación web cargue de manera satisfactoria: <https://aaclearn.onrender.com/>

6.5 Funcionalidades destacadas

AACLearn ha sido diseñada con un enfoque centrado en la accesibilidad, la personalización y la usabilidad para personas con dificultades en la comunicación verbal. En este apartado se detallan las funcionalidades más representativas e innovadoras de la plataforma, acompañadas de capturas reales que ilustran su implementación.

Pantalla de inicio y navegación rápida

Desde el primer acceso, AACLearn muestra una interfaz clara con botones grandes que permiten acceder directamente a las funcionalidades principales: iconos, pizarra, abecedario y perfil. Esta organización facilita el uso autónomo, incluso por parte de usuarios con necesidades especiales.

Además, se incluye texto justo después de los cuatro iconos principales, que le explicará detalladamente a aquel que lo quiera leer todo tipo de información relacionada con la aplicación web, así como el funcionamiento de esta.

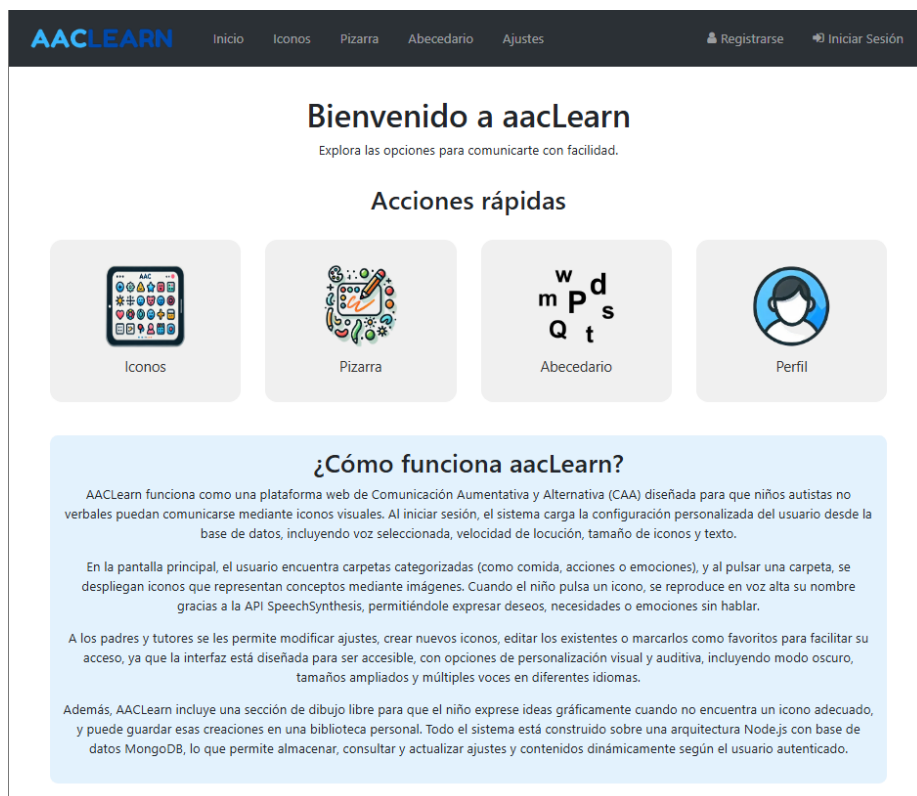


Figura 35. Visualización de la vista inicial Home

Implementación

Gestión y exploración de iconos

El módulo de iconos permite buscar, seleccionar y pulsar pictogramas que representan conceptos. Estos están organizados por categorías y subcategorías, y se incluye una barra de búsqueda inteligente. Además, los usuarios pueden personalizar su biblioteca.

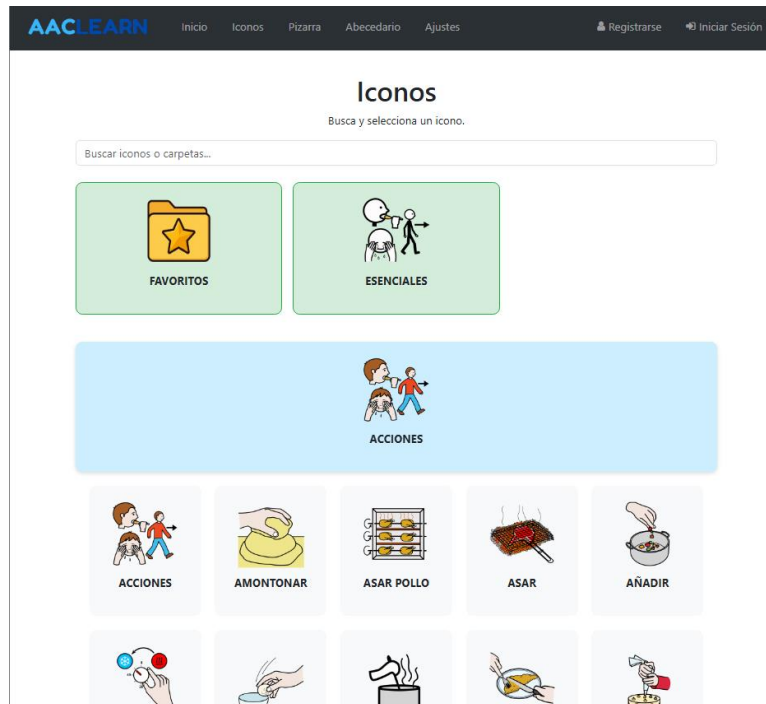


Figura 36. Vista de iconos

Búsqueda contextualizada por nombre

AACLearn ofrece una funcionalidad de búsqueda que permite localizar iconos específicos escribiendo su nombre, ideal para usuarios que buscan términos concretos como profesiones o acciones. En la fotografía siguiente se observa la búsqueda del término “médic”, que hace referencia a resultados relacionados con la palabra médico:

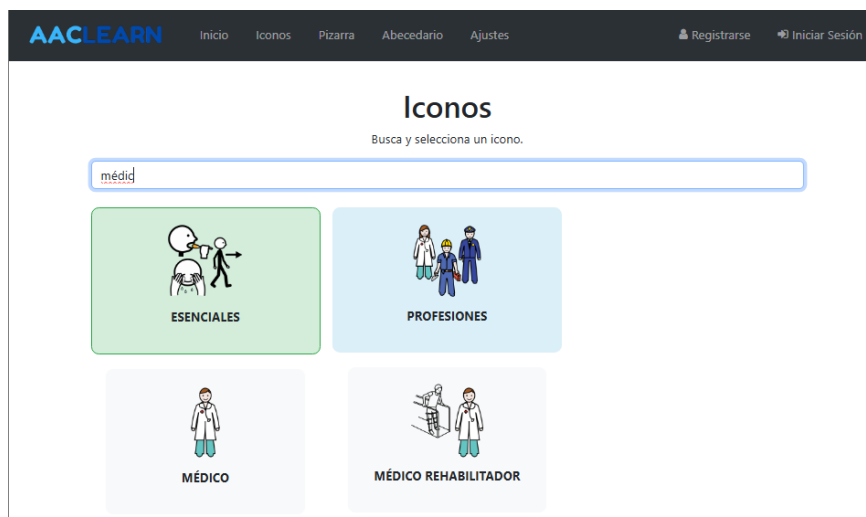


Figura 37. Vista del buscador de iconos

Implementación

Pizarra digital interactiva

La herramienta de dibujo libre permite a los usuarios expresarse gráficamente. Incluye selección de color, grosor de pincel, limpieza del lienzo y posibilidad de guardar el dibujo en caso de que el usuario haya iniciado sesión con anterioridad, de no haberlo hecho se muestra un enlace a hacerlo si se desea, como se ve en la figura 49:

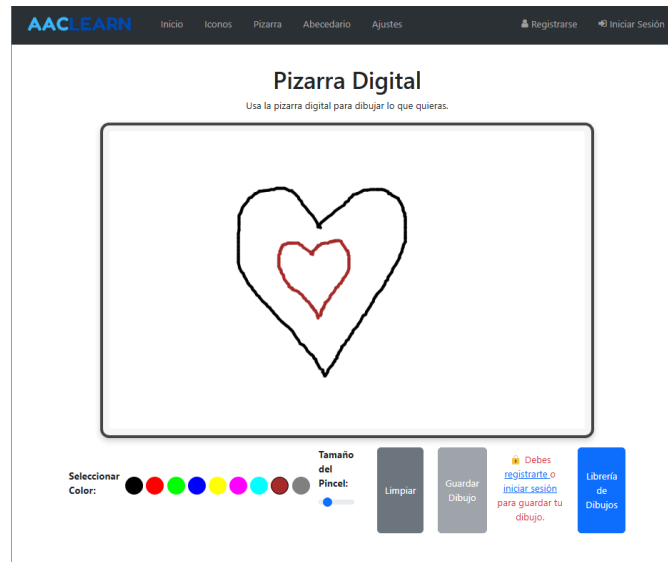


Figura 38. Vista de la pizarra digital

Librería personal de dibujos

Los dibujos guardados se almacenan en la base de datos del usuario y se muestran en una galería ordenada cronológicamente. Esta funcionalidad ofrece al usuario una memoria visual de sus creaciones, reforzando el sentido de pertenencia y continuidad.

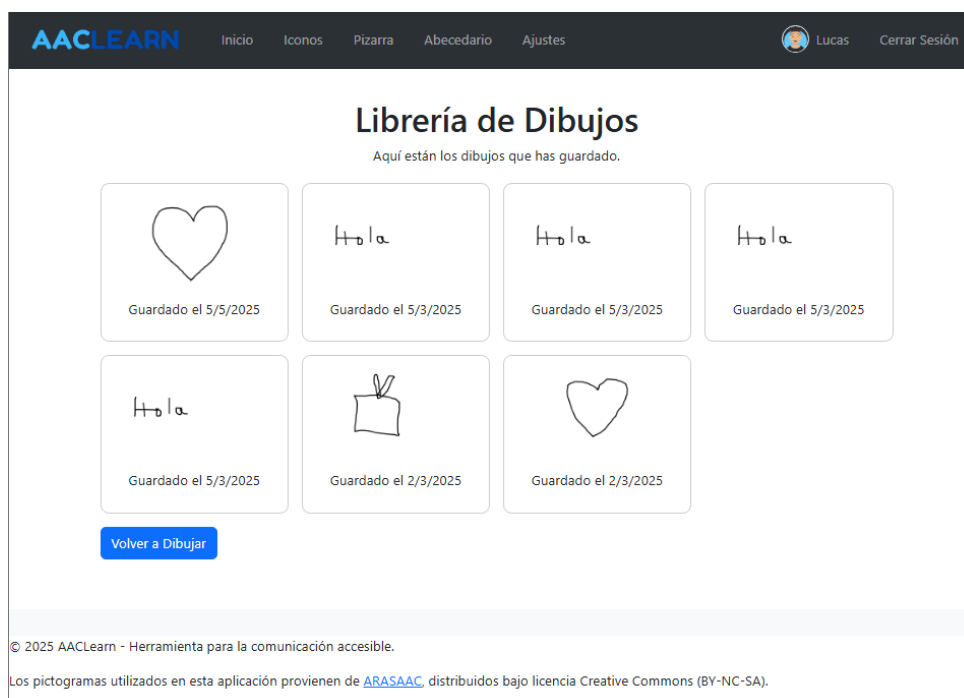


Figura 39. Vista de la librería de dibujos

Implementación

Abecedario interactivo

La sección de abecedario permite formar palabras letra por letra, escuchándolas en voz alta gracias a la API SpeechSynthesis. Esto refuerza el aprendizaje fonológico y la construcción de palabras.

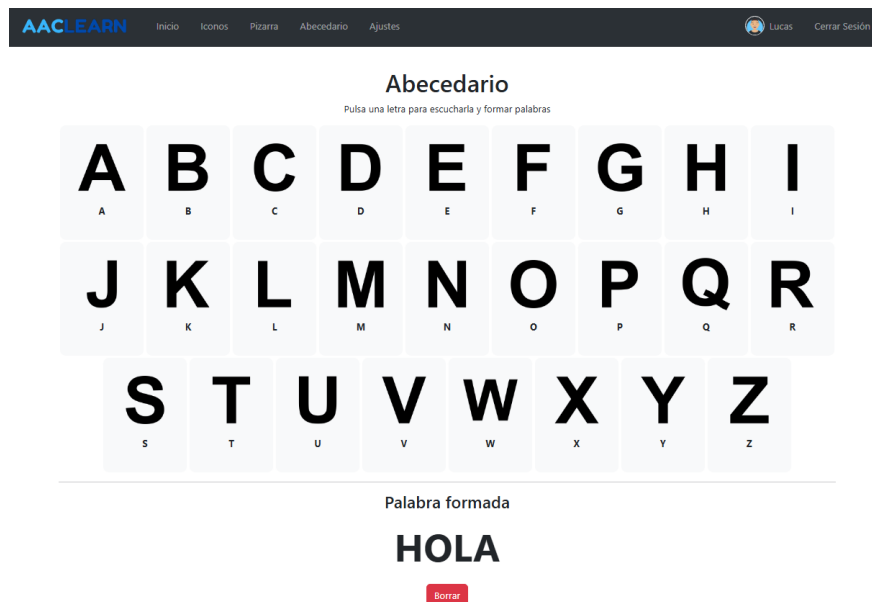


Figura 40. Vista del abecedario interactivo

Ajustes personalizados por usuario

Cada usuario puede configurar su experiencia: voz seleccionada, velocidad, tamaño del texto e iconos, y tiempo de cierre automático. Además, se incluye una prueba de voz en tiempo real para facilitar la elección adecuada.

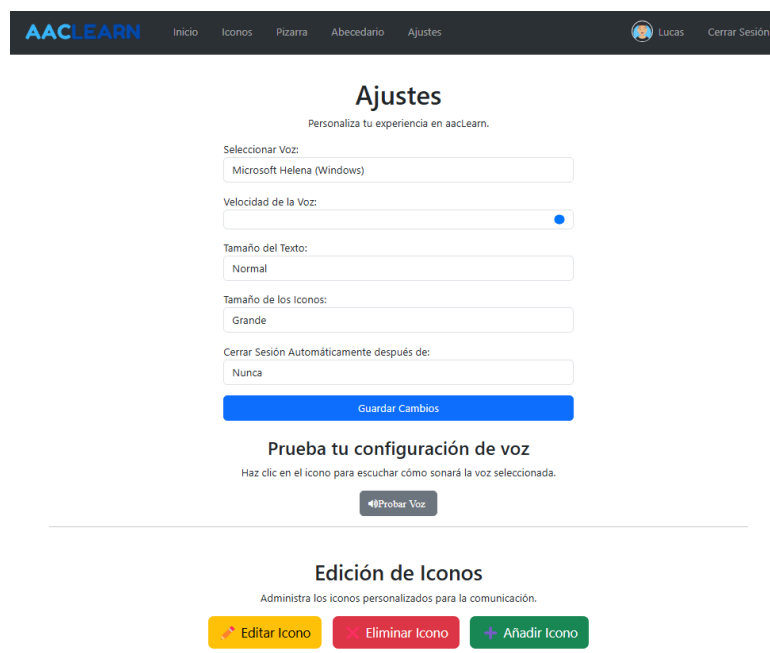


Figura 41. Vista de la pestaña de ajustes

Implementación

Gestión de iconos personalizados

Desde la sección de ajustes, los usuarios pueden añadir, editar o eliminar sus propios iconos personalizados, cargando imágenes y clasificándolas en categorías. Esto permite adaptar la herramienta a contextos personales, escolares o terapéuticos.

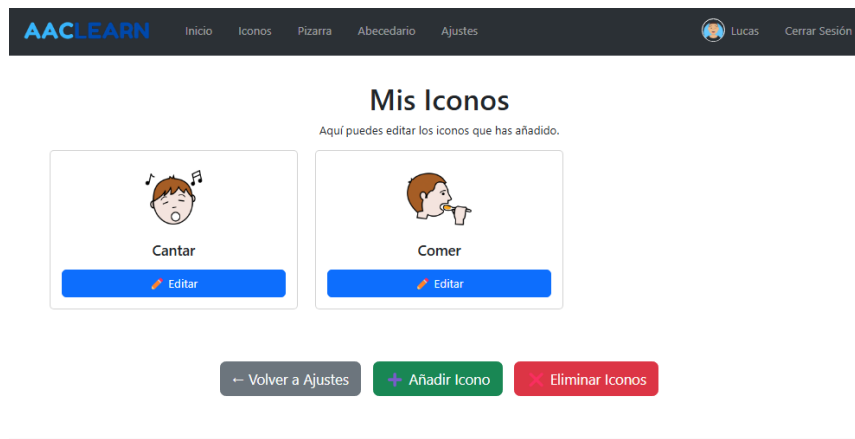


Figura 42. Vista de los iconos personalizados

Formulario para añadir iconos personalizados

El formulario para crear iconos propios permite seleccionar categorías existentes o definir nuevas, subir imágenes, ver la vista previa de cómo va quedando el icono y guardarlo de forma inmediata. Es una funcionalidad clave para adaptar AACLearn a distintos entornos.

Formulario para añadir iconos

Completa el formulario a continuación para crear un nuevo icono personalizado.

Nombre del Icono:
TFG

Categorías existentes:

<input type="checkbox"/> abecedario	<input type="checkbox"/> acciones
<input type="checkbox"/> alimentos	<input type="checkbox"/> animales
<input type="checkbox"/> avatares	<input type="checkbox"/> deportes
<input type="checkbox"/> educación	<input type="checkbox"/> emociones
<input checked="" type="checkbox"/> esenciales	<input type="checkbox"/> eventos
<input type="checkbox"/> favoritos	<input type="checkbox"/> font-awesome
<input type="checkbox"/> lugares	<input type="checkbox"/> necesidades
<input type="checkbox"/> numeros	<input type="checkbox"/> objetos
<input type="checkbox"/> personas	<input type="checkbox"/> plantas
<input type="checkbox"/> profesiones	<input type="checkbox"/> religión
<input type="checkbox"/> transporte	<input type="checkbox"/> utensilios

Nueva categoría (opcional):
Ej. Animales

Imagen del Icono (PNG o JPG):
Seleccionar archivo | Imagen prueba TFG.png

Guardar Icono

Vista Previa

Figura 43. Vista del formulario de añadir iconos

Implementación

Gestión del perfil y acceso a funciones exclusivas

Desde la sección ‘Mi Cuenta’, los usuarios pueden gestionar su perfil, acceder al historial (no integrado) o a futuras funciones como el análisis de uso. El diseño es limpio y adaptado para navegación accesible.

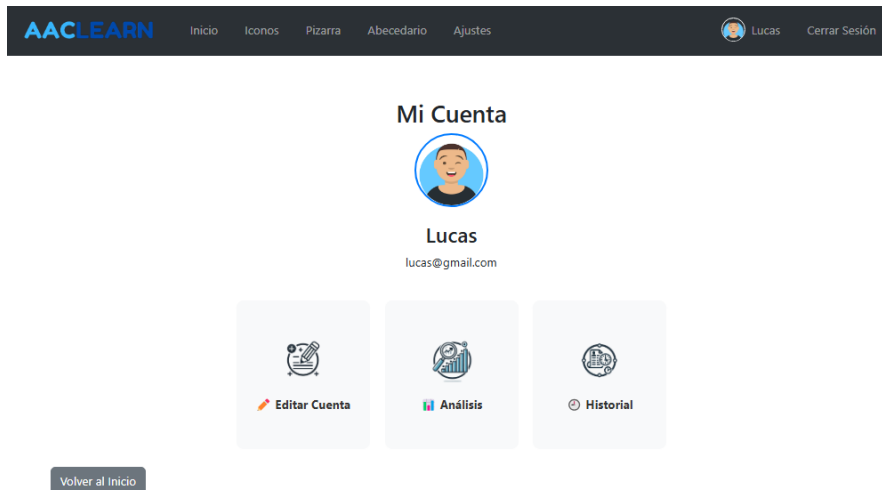


Figura 44. Vista de la cuenta

Edición de cuenta

Una vez registrado, el usuario puede modificar su nombre, correo electrónico, y su avatar en el apartado de edición de cuenta. Estos cambios se reflejan inmediatamente en su perfil y se guardan en la base de datos.

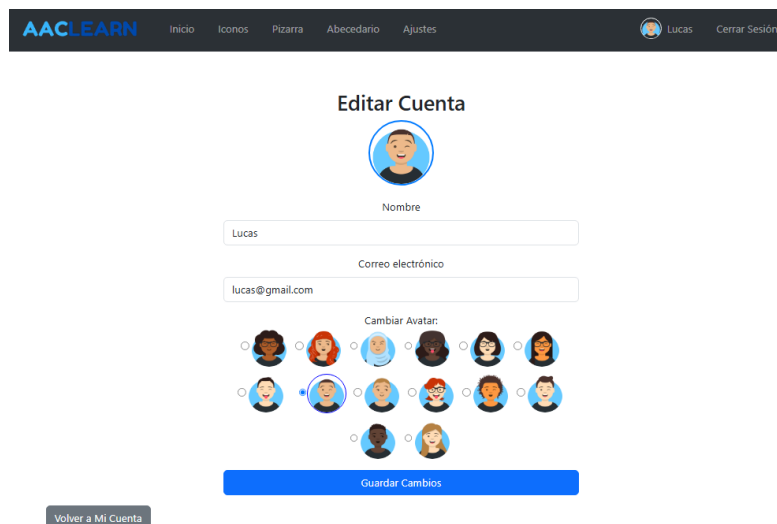


Figura 45. Vista de edición de cuenta

Implementación

Edición de cuenta

El registro inicial solicita un nombre, correo y contraseña, y permite seleccionar un avatar. Este pequeño detalle potencia el vínculo del usuario con la aplicación, favoreciendo la identificación y la motivación.

Registro

El registro en aacLearn permite a padres, tutores y usuarios acceder a herramientas personalizadas que facilitan la comunicación para niños con TEA.

Nombre
Ingresar tu nombre

Correo electrónico
Ingresar tu email

Contraseña
Ingresar tu contraseña

Confirmar contraseña
Confirma tu contraseña

Selecciona tu avatar:

Avatar 1 Avatar 2 Avatar 3 Avatar 4 Avatar 5

Avatar 6 Avatar 7 Avatar 8 Avatar 9 Avatar 10

Avatar 11 Avatar 12 Avatar 13 Avatar 14

Registrarse

Figura 46. Vista del formulario de registro

6.6 Pruebas manuales y test de funcionalidades

En esta sección se recoge la validación de los requisitos funcionales y no funcionales establecidos en las fases iniciales del proyecto. La evaluación se ha llevado a cabo mediante pruebas manuales, ejecutadas sobre la aplicación funcional AACLearn, con el objetivo de comprobar si cada funcionalidad cumple lo especificado. Estas pruebas se realizaron de forma continuada durante y después del desarrollo, utilizando distintos navegadores y dispositivos, en condiciones de uso reales simuladas.

No ha sido posible probar la plataforma directamente con un paciente con TEA no verbal, ya que este tipo de evaluación no solo implica la realización de una prueba puntual, sino también de un periodo de adaptación al entorno digital, acompañado por terapeutas, tutores o personas del entorno del usuario. Este proceso requiere una planificación cuidadosa, supervisión profesional y autorización ética, elementos que exceden el alcance del presente Trabajo de Fin de Grado.

En lugar de una evaluación con usuarios finales, se ha optado por una estrategia de **verificación técnica** basada en el cumplimiento de los requisitos definidos, mediante el uso del sistema por parte de la autora y personas adultas colaboradoras, para detectar errores, validar funcionalidades y simular interacciones clave. Los resultados de estas pruebas se recogen en las tablas siguientes, organizadas por requisitos funcionales, no funcionales, reglas de negocio y pruebas específicas.

Implementación

Pruebas de requisitos funcionales:

A continuación se presenta una tabla resumen con el resultado de la verificación de los requisitos funcionales definidos en el apartado 4.3:

Código	Requisito funcional	Superado	Observaciones
RF01	Navegación por categorías de iconos	✓	Las categorías y subcategorías se muestran correctamente desde “Iconos”
RF02	Selección de pictogramas	✓	El usuario puede seleccionar pictogramas y a su vez escuchar la voz.
RF03	Reproducción de voz	✓	Se usa correctamente la API SpeechSynthesis con voz clara.
RF04	Creación de nuevos iconos personalizados	✓	Desde la opción de añadir icono, los usuarios pueden subir imágenes personalizadas.
RF05	Edición de iconos existentes	✓	Los iconos privados del usuario se pueden editar.
RF06	Eliminación de iconos personalizados	✓	La funcionalidad eliminar icono permite borrar iconos únicamente creados por el usuario.
RF07	Creación de nuevas carpetas de iconos	✓	Si el usuario introduce un nuevo nombre de categoría al crear un icono, se genera una nueva.
RF08	Historial de iconos usados	X	No se ha podido implementar el historial de iconos usados.
RF09	Personalización de configuración	✓ X	Desde la página de ajustes, el usuario puede modificar

Implementación

			opciones como la voz, la velocidad de reproducción, el tamaño de texto y de los iconos. El tiempo de cierre automatico de sesión no funciona, asi como el modo oscuro.
RF10	Sistema de autenticación y gestión de cuentas	✓	El sistema cuenta con formularios de registro, login y edición de cuenta. Los datos se almacenan en la base de datos.
RF11	Modo de dibujo libre	✓	El usuario puede acceder a una pizarra digital interactiva donde puede dibujar libremente con colores.
RF12	Guardado de dibujos libres	✓	Los dibujos pueden guardarse en la base de datos si el usuario esta autenticado.
RF13	Librería de dibujos guardados	✓	El usuario puede consultar una galería con todos sus dibujos guardados y ordenados por fecha.
RF14	Marcado de dibujos como favoritos	✓	Se puede marcar como favorito, pero en la librería sin detalle no se muestra el dibujo como favorito.
RF15	Edición del perfil de usuario	✓	Desde la cuenta, el usuario puede modificar sus datos personales.
RF16	Recuperación de contraseña	✓	Se permite a los usuarios solicitar un enlace de recuperación de contraseña en caso de olvido, el cual se

Implementación

			envía al correo registrado.
RF17	Creación de frases a partir de iconos	X/✓	Aunque no se especifica su implementación actual, ahora solo se pueden formar palabras.
RF18	Gestión de iconos favoritos	✓	El usuario puede marcar cualquier icono como favorito añadiéndolo a esa carpeta y acceder a ellos fácilmente desde la carpeta favoritos.
RF19	Búsqueda en tiempo real de iconos y carpetas	✓	Desde la vista de iconos se pueden buscar dinámicamente los nombres de los iconos o carpetas.
RF20	Sistema de logout manual	✓	Desde el header, el usuario puede cerrar sesión manualmente de forma inmediata con un boton visible.
RF21	Acceso restringido a funcionalidades avanzadas sin autenticar	✓	Funciones como guardar dibujos, acceder al historial o editar iconos están protegidas por autenticación.
RF22	Selección de idioma	X	En ajustes se puede seleccionar la voz utilizada para la lectura de iconos, pero no el idioma.
RF23	Sección de abecedario interactivo	✓	Se ha implementado una sección donde se puede interactuar con las letras del abecedario.
RF24	Selección de avatar personal	✓	Aunque no se detalla, se permite a cada usuario elegir

Implementación

			un avatar visible en su cuenta.
--	--	--	---------------------------------

Tabla 2. Verificación de los requisitos funcionales implementados en el sistema

Pruebas de requisitos no funcionales

Además de las funcionalidades visibles para el usuario, se han evaluado los requisitos no funcionales definidos en el apartado 4.4., estos requisitos garantizan aspectos como la seguridad, el rendimiento, la accesibilidad y la mantenibilidad del sistema.

Código	Requisito no funcional	Aprobado	Observaciones
RNF1	Compatibilidad multiplataforma	X	La aplicación no presenta compatibilidad plena entre plataformas. Esta optimizada para su uso en navegador de ordenador portátil o de escritorio. Aunque puede abrirse en tabletas o móviles, no se encuentra bien renderizada.
RNF2	Diseño responsivo	✓	Las vistas de iconos y dibujo se ajustan a móvil y escritorio.
RNF3	Interfaz accesible y adaptada	✓	La interfaz es intuitiva para usuarios con dificultades motoras.
RNF4	Reducción del número de interacciones	✓	Se puede emitir una frase con solo 2-3 toques.
RNF5	Retroalimentación instantánea	✓	No se perciben retardos al pulsar o guardar.
RNF6	Licencias de uso de pictogramas	✓	Cumple los criterios de uso no comercial.
RNF7	Seguridad de datos personales	✓	Se usa hash de contraseñas con autenticación segura.
RNF8	Soporte de	✓	Voz, tamaño de

Implementación

	personalización del sistema		texto e iconos se mantienen entre sesiones.
RNF9	Robustez ante errores	✓	Redirecciones y flashes informativos claros.
RNF10	Bajo consumo de recursos	✓	Buen rendimiento y sin recarga necesaria.
RNF11	Código mantenible y modular	✓	Facilita la ampliación y mantenimiento del sistema.
RNF12	Persistencia de información de usuario	✓	Datos personales y configuraciones permanecen en BD.
RNF13	Optimización de imágenes	✓/X	Algunas imágenes subidas por el usuario pueden no respetar las dimensiones, se adaptan pero a veces varían en tamaño.
RNF14	Soporte para tecnologías asistidas	✓	Se detecta compatibilidad básica, aunque podría mejorarse.
RNF15	Acceso seguro mediante HTTPS	✓	Requiere de configuración al desplegar en producción. Render ofrece automáticamente HTTPS a todas las aplicaciones desplegadas en su plataforma.

Tabla 3. Verificación de los requisitos no funcionales implementados en el sistema

Implementación

Pruebas de reglas de negocio

Los procesos internos del sistema AACLearn están guiados por un conjunto de reglas de negocio que establecen como deben comportarse los datos, qué permisos tiene cada tipo de usuario, y como se estructuran los contenidos.

Código	Regla de negocio	Aprobado	Observaciones
RB1	Gestión de usuarios	✓	Cada usuario tiene perfil único y acceso a sus recursos.
RB2	Roles de usuario	X	No se han implementado roles funcionales diferenciados aun, aunque el sistema los contempla pero no se restringe funciones aun.
RB3	Iconos predeterminados y personalizados	✓	Los predeterminados no se pueden modificar, los de usuario si.
RB4	Agrupación de iconos en categorías	✓	Todos los iconos están asignados a una categoría.
RB5	Historial de iconos utilizados	X	No se guarda ni se muestra el historial, aunque se ha intentado implementar.
RB6	Configuración personalizada	✓	El usuario puede guardar voz, velocidad y tamaño de iconos.
RB7	Sistema de favoritos	✓	Se pueden marcar dibujos como favoritos o añadir un icono a la categoría de favoritos manualmente.
RB8	Guardado y gestión de dibujos libres	✓	Los dibujos se pueden guardar, eliminar o marcar como favoritos.

Implementación

RB9	Reglas de autenticación	✓	Acciones sensibles solo disponibles si el usuario está logueado, redirige al login si se intenta acceder sin sesión.
RB10	Reglas de autenticación	✓	El sistema permite resetear la contraseña via token, verificado mediante envío de correo temporal.
RB11	Gestión de imágenes	✓	Solo se permite subir PNG o JPG con validación de tamaño, controlado por multer.
RB12	Integridad de los datos	✓	Solo se puede editar o eliminar lo propio, con validaciones activas.
RB13	Restricciones sobre categorías especiales	✓	Favoritos y esenciales protegidos.
RB14	Interacción segura con la voz	✓	La voz respeta configuración del usuario, se adapta a tiempo real.

Tabla 4. Verificación de las reglas de negocio implementadas en el sistema

Pruebas especializadas o individuales

En esta última tabla se recogen pruebas puntuales realizadas sobre funcionalidades específicas del sistema que no están directamente incluidas como requisitos funcionales o reglas generales, pero que son necesarias para garantizar una experiencia completa, fluida y sin errores.

Funcionalidad	Test	Comentarios
Añadir una nueva categoría al añadir un icono	✓	Cuando el usuario introduce un nombre en el campo de nueva categoría, se crea una carpeta con ese nombre también.
Observar la vista previa al añadir un icono	✓	Mientras se completa el formulario para crear un nuevo icono, el sistema genera una vista previa en tiempo real.

Implementación

Añadir un icono con una categoría existente	✓	El formulario permite seleccionar una o varias categorías existentes. Si se elige una de ellas, el icono se guarda en la carpeta correspondiente.
Al eliminar un icono de una categoría que solo tiene un icono se borra la categoría	X	Si una carpeta de categoría contiene un solo icono y este se borra, no se borra la categoría. Error de usabilidad menor.
Al crear una categoría nueva, se añade como icono de categoría el primer icono añadido	✓	Cuando se crea una nueva categoría, el primer icono añadido se guarda dos veces, como icono normal y como el nombre de la carpeta, actuando como vista previa de esta.
Al estar en una sección del header, este la muestra en negrita	✓	El sistema detecta la ruta activa y aplica una clase específica en el menú de navegación.
Al crear una nueva categoría, esta sale en el listado de categorías	✓	Una vez creada la categoría, esta aparece automáticamente listada en la vista principal de iconos.
Al añadir un icono nuevo, solo se debe añadir un icono	X	No se ha conseguido, solo debe añadirse un icono pero por la forma de implementarse se añade el icono y el icono con el nombre de la categoría para hacer preview de esta.
Si una categoría no tiene iconos, se debe borrar automáticamente	X	No se ha conseguido, se considera error de usabilidad porque no se encuentra la opción de borrar una categoría.
Los iconos privados se guardan en otra subcarpeta	✓	Los iconos privados no se guardan directamente en la subcarpeta separada en el sistema de archivos, pero si en la base de datos distinguidos por usuario.
Los iconos privados de un usuario no los puede ver otro usuario	✓	En la función getIcons, se filtran los iconos de cada categoría para ocultar aquellos que no están en la base de datos y pertenecen a otros usuarios.
Las carpetas privadas de un usuario no las puede ver otro usuario	✓	Las carpetas se construyen a partir del sistema de archivos y no distinguen entre usuarios.
Todos los botones tienen redirección adecuada	✓	Las acciones principales redirigen correctamente al finalizar.
Al añadir un icono nuevo, se redirige a iconos.	✓	La redirección tras añadir un icono se hace con <code>res.redirect('/iconos')</code> ; permitiendo al usuario ver el nuevo

Implementación

		icono en su categoría.
Al añadir un icono no se puede mostrar la categoría abecedario, porque supuestamente no existe en iconos	✓	No aparece esta categoría, porque supuestamente no existe en iconos.
Al filtrar por favoritos, se muestran los dibujos marcados como favorito.	✓	Se ha implementado un switch visual en la librería que permite alternar entre mostrar todos los dibujos o los favoritos.
Si pulso a marcar como favorito un dibujo, se marca.	✓	Desde el detalle del dibujo, al pulsar el icono de estrella, el sistema alterna el estado de favorito de este dibujo.
Si quiero acceder al detalle de un dibujo puedo.	✓	Al pulsar sobre un dibujo libre, se muestra el detalle de este, permitiendo marcarlo como favorito.
Si quiero editar un dibujo libre hecho anteriormente, puedo.	X	Al pulsar a editar un dibujo libre, te vuelve a mostrar el dibujo pero en un lienzo en blanco, no permite continuarlo.
Se ha incluido información de ARASAAC para asegurar el cumplimiento de su licencia	✓	En el pie de página se incluye el nombramiento de ARASAAC.
En el abecedario, si se le da a borrar, se borra la palabra correctamente.	✓	Al pulsar el botón de borrar, se borra la palabra.
El cambio de voz funciona	X	<p>El cambio de voz funciona sobretodo en un navegador de un portátil, en un teléfono móvil o tableta no funciona correctamente, ya que SpeechSynthesis depende del navegador y del sistema operativo.</p> <p>El backend guarda vozSeleccionada en MongoDB, pero el frontend no puede forzar a que se use esa voz si no existe en el dispositivo.</p>

Tabla 5. Resultados de pruebas específicas detalladas del sistema

Seguridad

7 Seguridad

7.1 Autenticación y autorización

La aplicación AACLearn incorpora un sistema de seguridad robusto centrado en la autenticación de usuarios y la autorización de acceso, asegurando que los datos personales, configuraciones y recursos de cada usuario estén protegidos durante toda la experiencia de uso.

Autenticación segura con Passport.js

Para añadir la autenticación en nuestra plataforma hemos creado un modelo Usuario para dar persistencia al objeto que representa al usuario autenticado, además, hemos creado dos controladores, `UserController` para manipular los datos del objeto Usuario, y `authController` para manipular las operaciones relacionadas con el proceso de autenticación, es decir, los procesos de inicio de sesión, cierre de sesión, registro...

Para realizar el proceso de autenticación, haremos uso de la librería Passport, que es un middleware de autenticación para Node.js que es extremadamente flexible y modular, solución muy extendida para autenticar mediante correo electrónico y contraseña. Para usar Passport también necesitaremos un plugin `passportLocalMongoose`, que añadirá todo lo que necesita la librería Passport para realizar la autenticación y mantener al usuario con su sesión iniciada durante toda la sesión.

Además, nuestra plataforma restringe el acceso a muchas funcionalidades solo a usuarios autenticados, implementado con un middleware de protección `isLoggedIn`, que se aplica en rutas como `/ajustes`, `/mis-icónos`, `/historial` o cualquier funcionalidad donde se modifiquen o visualicen datos personalizados, garantizando que únicamente el usuario propietario pueda acceder a su configuración.

Por último, como ya se dijo, también incorporamos un sistema seguro de recuperación basado en tokens únicos con caducidad, generados mediante la librería `crypto`. El token se envía al usuario por correo usando `nodemailer`. Este token tiene una duración limitada y se almacena junto a la cuenta del usuario.

En el lado del servidor, toda la información sensible enviada desde formularios es validada en el servidor usando la librería `express-validator`. Por ejemplo, en el registro, se valida que las contraseñas coincidan con una regla personalizada `validationCustomRules`.

¿Pero porqué Passport es seguro? Y es que Passport.js no es por sí solo un sistema completo de seguridad, pero funciona como una capa de autenticación modular en aplicaciones Node.js. Su seguridad real depende de como se use junto con otras herramientas, como sesiones, hash,...

En nuestro proyecto usamos la estrategia local, que implica que el usuario introduce sus credenciales, y Passport compara la contraseña introducida con la almacenada en la base de datos. La librería que lo compara, que es `passport-local-mongoose`, ya incluye por defecto el hash de la contraseña con `bcrypt`, el salt aleatorio por usuario, que se usa para que dos usuarios con la misma contraseña no tengan el mismo hash, y la validación segura para evitar ataques de fuerza bruta directa.

Sobre la gestión de sesiones, después del login, Passport serializa al usuario normalmente guardando solo el ID en la sesión, y cada vez que el usuario accede a una ruta protegida, Passport deserializa el ID, carga el usuario desde MongoDB, y permite que

Seguridad

Express sepa quien está logueado mediante req.user. Todo esto se realiza usando express-session, y los datos se guardan en una cookie segura si está configurado correctamente con HTTPS.

7.2 Protección de datos y columnas sensibles

La protección de datos personales de los usuarios ha sido una prioridad durante todo el proceso de desarrollo. La aplicación gestiona información sensible como direcciones de correo electrónico, contraseñas, configuraciones personalizadas o registros de uso. Por tanto, se han aplicado diversas medidas para garantizar su confidencialidad, integridad y disponibilidad.

Cifrado de contraseñas

Como ya se dijo en el anterior apartado, las contraseñas de los usuarios no se almacenan en texto plano. Gracias a la integración con la librería Passport-local-mongoose, cada contraseña es:

- Hasheada automáticamente con bcrypt, un algoritmo robusto y lento, que impide ataques por fuerza bruta.
- Salteada de forma única por cada usuario, de modo que incluso si dos personas usan la misma contraseña, sus hashes serán diferentes en la base de datos.

Esto garantiza que, incluso en caso de acceso no autorizado a la base de datos, las contraseñas no puedan ser revertidas a su forma original.

Control de acceso a campos sensibles

Se definen modelos para entidades como usuario, icono, dibujo... pero solo se exponen los campos estrictamente necesarios para cada operación, limitando el riesgo de filtración accidental de datos sensibles.

Por ejemplo, en las vistas de frontend, nunca mostramos la contraseña ni tokens de sesión, además, los métodos de autenticación están cuidadosamente configurados para sanitizar y validar los datos recibidos. Por último, campos como resetPasswordToken y resetPasswordExpires, usados para la recuperación de contraseña, nunca se exponen al cliente ni se envían por error en respuestas JSON.

Protección en tránsito

La aplicación ha sido desplegada en Render, plataforma que incluye por defecto un certificado SSL válido, lo que significa que todas las comunicaciones entre el navegador y el servidor ocurren bajo protocolo HTTPS cifrado. Esto evita la interceptación de datos por parte de terceros durante el uso de la plataforma.

Gestión de archivos subidos

Las imágenes de iconos personalizados se suben a través de formularios protegidos por middleware, como isLoggedIn, que verifica que el usuario está autenticado. Además:

- Se valida el tipo de archivo admitido.
- No se permite sobrescribir archivos existentes sin control.

Seguridad

- Las imágenes se almacenan en rutas seguras fuera del acceso público directo, o bien referenciadas por nombre a través de la base de datos.

Tokens temporales para recuperación

El sistema de recuperación de contraseñas implementa un flujo seguro basado en:

- Generación de un token aleatorio y no predecible, mediante `crypto.randomBytes`.
- Caducidad automática del token al cabo de una hora (`resetPasswordExpires`), evitando su reutilización.
- Envío del enlace únicamente al correo registrado, usando el entorno seguro de Mailtrap en fase de pruebas.

Evaluación de costes

8 Evaluación

La evaluación es una fase fundamental en el desarrollo de sistemas interactivos, ya que permite verificar si el diseño propuesto satisface las necesidades de los usuarios finales y si resulta adecuado para el contexto de uso previsto. En el caso de AACLearn, esta etapa se centró en comprobar la usabilidad de la aplicación como sistema de comunicación aumentativa para niños con autismo no verbal, así como su facilidad de uso por parte de padres o tutores.

La evaluación llevada a cabo se enmarca dentro de lo que se considera una evaluación formativa, ya que se realizó durante el desarrollo del prototipo funcional, con el fin de identificar posibles problemas y mejorar su diseño. Según los principios de la Interacción Persona-Ordenador, este tipo de evaluación resulta especialmente útil para validar hipótesis de diseño y comprobar la eficacia de las funcionalidades propuestas.

Se han aplicado dos enfoques complementarios de evaluación, tanto con usuarios, que serían las pruebas de usabilidad, como sin usuarios, con recorridos cognitivos y evaluación heurística, siguiendo las metodologías aconsejadas.

Evaluación sin usuarios

Se ha llevado a cabo una evaluación experta del sistema a través de:

- Un recorrido cognitivo que permitió simular paso a paso las acciones que un usuario realizaría al interactuar con la aplicación. Se analizaron posibles puntos de confusión o errores, centrándose especialmente en la facilidad de aprendizaje y comprensión.
- Una evaluación heurística, basada en los principios de Nielsen, que sirvió para detectar problemas de usabilidad relacionados con la visibilidad del estado del sistema, el control del usuario, la consistencia del diseño y la prevención de errores.

Este análisis ayudó a detectar mejoras necesarias antes de involucrar a usuarios reales.

Evaluación con usuarios

En una segunda fase, se realizaron pruebas de usabilidad con usuarios en entornos controlados. Estas pruebas se centraron en observar cómo interactúan adultos con el sistema al ejecutar tareas clave, midiendo tiempos, errores y niveles de satisfacción. Este enfoque permitió comprobar directamente si el sistema es usable por el perfil de usuarios previsto y si cumple los objetivos funcionales y de accesibilidad establecidos.

Ambos métodos han sido claves para validar el diseño de la aplicación, detectar problemas y realizar mejoras iterativas antes de la versión final.

Evaluación de costes

8.1 Diseño de los casos de prueba

8.1.1 Evaluación sin usuarios: recorrido cognitivo

Una de las técnicas de evaluación sin usuarios es el recorrido cognitivo, esta técnica consiste en simular como los usuarios resuelven sus problemas en cada paso de la secuencia de interacción del sistema. Estos métodos solo evalúan la facilidad de aprendizaje y se fundamentan en el hecho de que los usuarios suelen aprender por exploración. Las tareas simuladas incluyeron iniciar sesión, seleccionar pictogramas, utilizar el sistema de voz, acceder al modo de dibujo libre y guardar una imagen.

El primer paso es definir y recopilar los datos para realizar el recorrido, y el segundo paso es realizar el recorrido detallado de las tareas.

Para desarrollar un recorrido cognitivo necesitamos saber cuatro aspectos:

- Especificación o prototipo detallado del sistema, no se puede realizar con prototipos de baja fidelidad o detalle para analizar qué realmente harían los usuarios.
- En segundo lugar, es necesario una descripción de las tareas o listado de tareas a analizar, es decir, cuanto queremos abarcar de todas las tareas que tiene el sistema.
- El tercer elemento que hace falta sería la secuencia correcta de acciones para completar con éxito cada tarea y su orden, o bien llamado “happy path”. Debemos considerar la granularidad en la que definimos los pasos.
- Por último, debemos saber quiénes serán los usuarios, es importante definir cuáles van a ser sus conocimientos o experiencia acumulada en relación al tipo de sistema que vamos a analizar, ya que eso influye mucho a la hora de hacer el recorrido.

Una vez definida toda la información, pasamos al recorrido de las tareas, la idea es que por cada paso de cada una de las tareas, el evaluador debe hacerse las cuatro preguntas y tratar de responder a las preguntas de una manera creíble en forma de historia que justifique que el usuario va o no va a tener éxito realizando el paso:

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?
2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?
3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?
4. ¿El feedback es apropiado?

Ahora que ya lo sabemos, vamos a empezar poniéndonos en contexto respondiendo los cuatro aspectos para desarrollar el recorrido cognitivo:

Sobre la especificación del sistema, estaremos trabajando con AACLearn, una aplicación web de comunicación aumentativa y alternativa diseñada para niños con Trastorno del Espectro Autista no verbal, con acompañamiento de tutores o adultos. La plataforma es completamente funcional, con navegación mediante botones, pictogramas, síntesis de voz, buscador dinámico y módulos como dibujo libre o abecedario.

Sobre la descripción de las tareas a realizar, vamos a estar haciendo el recorrido cognitivo de varias de ellas, en concreto:

Evaluación de costes

- Inicio de sesión.
- Selección de uno o varios pictogramas desde la vista principal.
- Escribir una palabra en el abecedario y reproducirla.
- Acceder al modo de dibujo libre desde el inicio y guardar un dibujo previamente hecho.

Ahora, para cada una de las tareas, debemos realizar una serie de pasos, y para cada uno de los pasos, hacernos las preguntas para comprobar si el usuario tiene o no éxito realizando el paso.

Tenemos dos perfiles de usuario, el usuario principal o niño con TEA, que interactúa con pictogramas e interfaz táctil, y el usuario acompañante, que pueden ser padres, madres o educadores que configuran y supervisan el uso. Son los principales responsables de iniciar sesión, editar contenido, guardar dibujos, etc.

En el recorrido cognitivo, el perfil de usuario que tendremos en cuenta a la hora de realizar las acciones será el del usuario acompañante, ya que pese a que el usuario con TEA es el principal, una persona convencional no tiene la mentalidad que un usuario del estilo tiene, por lo que se esperará a más adelante poder probar el prototipo con usuarios pacientes para comprobar su validez con ellos.

A continuación empezaremos con el recorrido cognitivo de cada una de las acciones anteriormente mencionadas:

#1 Inicio de sesión

Teniendo en cuenta que el usuario se encuentra dentro de la aplicación, y es un usuario acompañante del usuario principal, además de ser un usuario que anteriormente ya se ha registrado en la aplicación:

Primer paso: Localizar el botón “Iniciar sesión” en la barra de navegación

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

El usuario hará clic en el botón “Iniciar Sesión” porque el sistema lo indica en el encabezado de la aplicación claramente.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

El usuario se dará cuenta porque ve un dispositivo físico, es decir, un botón que indica el inicio de sesión, presentado visualmente en la parte superior derecha como un enlace en el menú de navegación. Esta acompañado de un icono y sigue el estándar de posicionamiento de accesos.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Si hay vínculo por etiqueta, la acción está claramente vinculada al texto “Iniciar sesión”, una convención ampliamente reconocida por los usuarios por experiencia previa en múltiples sistemas.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, el usuario lo sabe por experiencia, al pulsar el botón, el sistema redirige inmediatamente a la vista de formulario de inicio de sesión, lo cual es una respuesta esperada.

Evaluación de costes

Segundo paso: Introducir el correo electrónico en el campo correspondiente

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque es parte de la tarea original, en cualquier parte de proceso de login, el primer dato que se suele pedir es el correo electrónico, y el usuario espera introducirlo como parte del flujo natural.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, porque ve un dispositivo físico: el campo de texto está visible, tiene una etiqueta que dice “correo electrónico” y es el primer elemento interactivo del formulario.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Si, por etiqueta, la etiqueta del campo y el tipo de input permiten identificar sin ambigüedad lo que se debe introducir.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, porque el usuario lo asocia con el resultado esperado, al escribir el correo, el campo acepta el input, si el formato es incorrecto o está vacío, se muestra un mensaje de error.

Tercer paso: Introducir la contraseña en el campo correspondiente

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque es parte de la tarea original, tras introducir el correo el siguiente paso lógico es escribir la contraseña como parte del proceso de autenticación.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, porque ve un dispositivo físico, el campo de contraseña está claramente etiquetado como contraseña y se encuentra justo debajo del de correo.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Si, por etiqueta, el texto que acompaña al campo y el hecho de que el input oculte el contenido refuerza que este campo está destinado a introducir la contraseña.

4. ¿El feedback es apropiado?

Si, el usuario lo identifica por experiencia, al escribir, el campo muestra los típicos asteriscos o puntos, lo que indica que se ha introducido correctamente el dato.

Cuarto paso: Pulsar el botón de “Entrar” para enviar el formulario

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque es parte de la tarea original, tras completar los campos del formulario, el usuario espera confirmar el proceso con un botón que indique acceso o validación.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, porque ve un dispositivo físico, el botón “entrar” está claramente visible bajo los campos

Evaluación de costes

y tiene un tamaño destacado, además de estar estilizado como botón de acción principal.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por etiqueta, el texto del botón entrar indica claramente el propósito de la acción.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, el usuario lo asocia con el resultado esperado: si los datos son correctos, se redirige al inicio de la aplicación y aparece el nombre del usuario en la cabecera; si hay error, se muestra un mensaje flash indicando qué ha fallado.

#2 Selección de uno o varios pictogramas desde la vista principal

Primer paso: Localizar la vista de iconos

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque es parte de la tarea original y el acompañante espera acceder a los pictogramas para ayudar al menor a comunicarse.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, porque está accesible desde el menú superior mediante el botón claramente etiquetado como “Iconos”, una representación textual directa.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por etiqueta clara y convención: “Iconos” es una palabra fácilmente asociada a pictogramas y aparece junto a un icono visual.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, el sistema redirige a la vista de iconos con un título claro y carga los pictogramas, confirmando que se está en la vista correcta.

Segundo paso: Identificar un pictograma relevante, como comer o jugar

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque está buscando ayudar al niño a expresar una necesidad básica, lo cual es parte funcional del objetivo de la aplicación.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, porque los pictogramas se presentan en formato visual atractivo y accesible, con textos y categorías claramente visibles

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por representación icónica + texto: cada pictograma tiene una imagen reconocible más una etiqueta textual (por ejemplo, “comer”).

4. ¿El feedback es apropiado?

Evaluación de costes

Sí, al pasar el ratón por encima se aplica un efecto visual (resalte), y al hacer clic el pictograma se agranda brevemente y se reproduce su voz, lo que confirma la acción.

Tercer paso: Pulsar sobre el pictograma deseado

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque ya ha identificado el pictograma y el paso lógico es seleccionarlo para comunicar el mensaje.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, porque el cursor cambia al pasar por encima y el diseño sugiere que se puede interactuar, además del comportamiento visual.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por experiencia directa y diseño interactivo: el clic sobre el pictograma genera un efecto visual + auditivo.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, se emite la voz sintética correspondiente al pictograma, indicando de forma clara que la acción ha sido procesada.

#3 Escribir una palabra en el abecedario y reproducirla

Primer paso: Localizar la opción “Abecedario” en el menú principal

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque forma parte del objetivo comunicativo del sistema, y es una funcionalidad claramente visible en la navegación principal.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, al ver la pestaña “Abecedario” en el menú superior, una representación textual directa fácilmente identificable.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por etiqueta clara y familiar: el término “Abecedario” es comprensible y se asocia naturalmente a la acción de escribir o formar palabras.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, al hacer clic en la pestaña, se accede a una vista específica con letras y pictogramas, lo cual confirma que se ha activado la funcionalidad.

Segundo paso: Pulsar sobre las letras una a una para formar una palabra

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Evaluación de costes

Sí, porque es parte directa del objetivo de la tarea: ayudar al niño a construir una palabra mediante letras.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, las letras están dispuestas en pantalla como botones grandes y visibles, con pictogramas y diseño táctil, lo que indica que pueden pulsarse.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por representación visual y respuesta inmediata: al pulsar cada letra se visualiza en la parte superior, reforzando la conexión entre acción y resultado.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, el sistema muestra en pantalla la letra seleccionada y la reproduce en voz alta, lo cual confirma que el input ha sido reconocido.

Tercer paso: Pulsar el botón de reproducción de voz para oír la palabra entera

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque quiere comprobar el resultado final y usar el sistema para comunicarse verbalmente.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, el botón de reproducción es visible como un icono de altavoz, una representación comúnmente asociada a “leer en voz alta”.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por iconografía estándar y por la posición cercana a la palabra escrita, lo que refuerza su función.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, el sistema reproduce la palabra completa en voz alta, lo que ofrece una confirmación clara y útil del resultado.

#4 Acceder al modo de dibujo libre desde el inicio y guardar un dibujo previamente hecho.

Primer paso: Localizar la opción “Pizarra” en la barra de navegación

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque forma parte de las funcionalidades principales del sistema, y es probable que el tutor quiera acceder al modo de dibujo para usarlo con el niño.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, porque la acción está representada como una opción visible del menú, claramente etiquetada como “Pizarra”.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por etiqueta descriptiva (“Pizarra”) y por eliminación, ya que ninguna otra opción sugiere dibujo

Evaluación de costes

libre.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, al hacer clic, el usuario es redirigido a una vista con un lienzo de dibujo, confirmando que la acción ha tenido efecto.

Segundo paso: Realizar un dibujo en el lienzo táctil

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque es parte de la tarea original y, por experiencia, el usuario espera poder dibujar directamente al ver un espacio en blanco.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, porque al ver el dispositivo físico (pantalla táctil o ratón) sobre un lienzo vacío, se deduce fácilmente que se puede dibujar.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por experiencia, ya que la interacción directa (trazar con dedo o ratón) genera un resultado inmediato.

4. ¿El feedback es apropiado?

Sí, porque el usuario ve en tiempo real que sus trazos se reflejan en el lienzo, y lo asocia con lo que quiere conseguir.

Tercer paso: Pulsar el botón de “Guardar dibujo”

1. ¿El usuario tratará de realizar esta acción de forma realista?

Sí, porque es parte de la tarea original y, por experiencia, después de dibujar se suele buscar una forma de guardar.

2. ¿El usuario se dará cuenta de que la acción está disponible?

Sí, porque la acción está visible como un botón identificado claramente con el texto “Guardar dibujo”.

3. ¿Existe un vínculo fuerte entre el control y la acción?

Sí, por etiqueta, ya que el texto del botón indica exactamente la acción esperada.

4. ¿El feedback es apropiado?

Parcialmente. El usuario lo sabe por experiencia (porque al pulsar el botón no ocurre un error), pero falta un mensaje de confirmación, lo que podría generar incertidumbre.

8.1.2 Evaluación sin usuarios: evaluación heurística

En la evaluación heurística es una técnica donde un grupo de evaluadores examina y analiza la interfaz del sistema y comprueba que esta sea conforme a una serie de reglas previamente definidas, o heurísticas, con el objetivo de detectar posibles problemas de diseño. Existen ciertos conjuntos de reglas heurísticas, pero las más famosas son las reglas

Evaluación de costes

de Nielsen.

Una de las cuestiones clave en este tipo de evaluación es determinar cuántos evaluadores son necesarios para obtener resultados representativos. Y es que según el propio Nielsen, la curva de detección de problemas representa un crecimiento rápido con los primeros evaluadores, pero tiende a estabilizarse a medida que se añaden más expertos, generando un beneficio marginal decreciente. En base a su estudio, se considera que entre 3 y 5 evaluadores constituyen un número razonable y eficaz para identificar la mayoría de los problemas de usabilidad.

En el caso de este proyecto, la evaluación heurística de AACLearn se ha realizado con tres evaluadores, lo que se sitúa en el umbral mínimo recomendado. Dado que no se trata de un sistema de misión crítica donde se vea comprometida la seguridad de las personas, se ha considerado que este número es adecuado para obtener resultados válidos sin comprometer los recursos del proyecto.

Para asegurar la independencia del criterio y evitar sesgos grupales, cada evaluador realizó el análisis de forma individual. Esta revisión se estructuró en dos fases, una primera exploración general del sistema para familiarizarse con la estructura, navegación y flujo de interacción, y una segunda inspección más detallada centrada en la identificación concreta de violaciones de las heurísticas.

Y además, a la hora de recopilar los datos hay dos posibilidades, la primera es sin observador externo, donde cada evaluador analiza el sistema y toma notas en un informe de los elementos con problemas que van hallando. Se generan informes que luego hay que integrar, es un esfuerzo adicional, pero la ventaja es que es más formal, porque desde el principio queda documentado todo el proceso, aun requiriendo de más esfuerzo. Por otro lado, la otra forma es con ayuda del observador externo, los evaluadores evalúan, y no en paralelo porque el observador está presente, el evaluador va comunicando al observador los problemas, y es el observador el que se encarga de anotar los problemas y los heurísticos que se violan, este es el método que se ha usado en el proyecto AACLearn, para acelerar el proceso, y además, el observador puede asistir a los expertos.

Una vez finalizada la evaluación, se genera una lista consolidada de problemas de usabilidad, que deben ser posteriormente clasificados y priorizados en función de su impacto sobre la experiencia de usuario. La categorización utilizada para dicha priorización es la siguiente:

- Problemas cosméticos: se arreglan si sobra tiempo.
- Problemas menores: de baja prioridad.
- Problemas mayores: de alta prioridad.
- Catástrofes: hay que resolver de cualquier manera.

Las 10 reglas de Nielsen

#1 Visibilidad del sistema

El sistema tiene que siempre mantener informados a los usuarios de lo que está sucediendo a través de un feedback adecuado y de un tiempo adecuado. Cuando hablamos de visibilidad, incluye los elementos que nos ayudan a saber que está pasando, lo que le ocurre al sistema.

En la aplicación web, la visibilidad del sistema debe ser especialmente clara, simple y

Evaluación de costes

directa, ya que muchos de estos usuarios tienen dificultades para anticipar lo que ocurre si no hay una respuesta visual o auditiva inmediata.

Algunos de los fallos o posibles mejoras en esta heurística, relacionados con la aplicación web, son los siguientes:

- Falta de feedback tras tocar un icono: si un niño pulsa un icono y no hay respuesta rápida, es decir, la reproducción de la voz, puede que no entienda si la acción fue registrada, puede provocar frustración. Nosotros contamos con un aumento del tamaño del icono al hacer clic, además de la reproducción del texto del icono con voz sintética.
- Carga silenciosa o sin indicador: si al cargar la aplicación o una de sus funcionalidades no se muestra una animación de carga o un icono de espera, el usuario piensa que la aplicación no funciona. No se ha implementado este fallo, ya que la mayor parte del tiempo la aplicación funciona en línea y no ha surgido este fallo nunca, por lo que se considera un problema menor.
- Navegación sin indicador de ubicación: en algunas vistas puede no quedar del todo claro en que sección de la aplicación se encuentra el usuario. Para ello, se ha resaltado en negrita el apartado donde se encuentra en ese momento, además de mostrar un título del apartado. Este es uno de los problemas menores que se han podido arreglar incorporando una clase active al <a> correspondiente según la ruta actual.

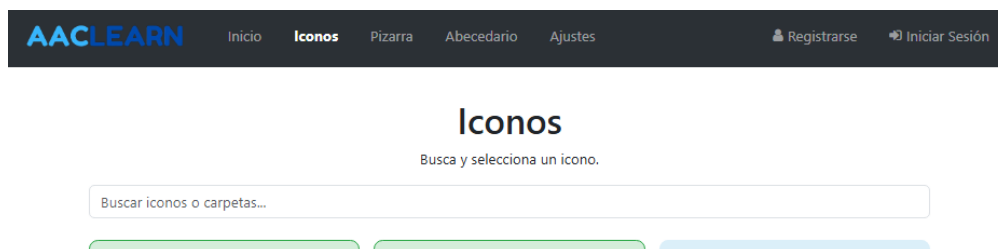


Figura 47. Vista de pantalla principal “Iconos” en la aplicación

- Visualización del estado de sesión: al iniciar sesión, el sistema muestra el nombre del usuario en la parte superior derecha de la pantalla, acompañado de su avatar. Esto proporciona un indicio claro de que el inicio de sesión se ha realizado correctamente y de que la sesión está activa.
- URLs significativas: las rutas de navegación están estructuradas de forma clara, como /iconos, /dibujo-libre, /abecedario, lo que ayuda a que tanto el usuario como su tutor o cuidador comprendan en qué parte de la aplicación se encuentran en cada momento.
- Feedback al pasar el ratón sobre botones: se ha implementado un cambio de color y un efecto de sobresalto al pasar el cursor sobre los botones, mejorando la visibilidad y la respuesta del sistema a interacciones potenciales.
- Búsqueda dinámica sin necesidad de pulsar “Enter”: el sistema muestra automáticamente los resultados del buscador de iconos a medida que el usuario escribe.
- Mensajes flashes informativos ante errores: cuando un usuario intenta acceder a una funcionalidad restringida sin haber iniciado sesión, se muestra

Evaluación de costes

el mensaje flash que explica el motivo del error.

- Validación de formularios: si el usuario intenta enviar un formulario sin rellenar todos los campos obligatorios, el sistema muestra mensajes flash que indican qué campos faltan por completar.

#2 Relación entre el sistema y el mundo real

El sistema debe encajar con el usuario, debe haber una correspondencia entre el sistema y el mundo real, deben comunicarse con palabras que el usuario entienda y no con una jerga de carácter más técnico, usando convenciones del mundo real. Esto aplica a los formularios, como el orden de los campos de este, con un orden de lo más natural.

En el caso de AACLearn, esta relación se ha cuidado especialmente, teniendo en cuenta tanto a los usuarios principales como a los adultos que los acompañan.

- Lenguaje simple y comprensible: en todo momento se mantiene informado al usuario con conceptos usuales, se han evitado los términos técnicos o jerga informática en los menús, botones y formularios.
- Uso de pictogramas representativos: en las vistas principales, los iconos utilizados para la comunicación son imágenes claras y asociadas a los conceptos del mundo real, como comida, emociones o acciones. Todos ellos provienen de ARASAAC, un sistema ampliamente reconocido en entornos educativos y terapéuticos.
- Orden lógico de los formularios: los formularios de registro, ajustes o subida de iconos siguen un orden lógico y natural, facilitando la comprensión y la acción.

#3 Control del usuario y libertad

Los usuarios muchas veces escogen por error funciones, si se han equivocado deben tener salidas de emergencia claramente indicadas para volver al estado anterior con el mínimo esfuerzo posible. Debemos soportar la acción de deshacer y rehacer. Si queremos facilitar el control al usuario y una facilidad en la exploración, este no debe temer en romper nada, hacemos que pueda deshacer las acciones de forma sencilla.

- Creación y eliminación de iconos personalizados: los usuarios pueden eliminar fácilmente iconos añadidos si han cometido un error o si desean reorganizar la biblioteca.
- Corrección de errores en el abecedario: al escribir una palabra con el abecedario, el usuario puede borrar letras usando el botón de borrar, lo que facilita la construcción progresiva y corregible del mensaje. Un problema menor sería que no se pueden borrar letras individualmente.
- Botón de inicio siempre accesible: en todo momento, el usuario puede regresar al inicio desde cualquier sección mediante la opción del menú de navegación superior.
- Cierre de carpetas de iconos: al abrir una subcategoría de iconos, el usuario puede volver a cerrarla fácilmente repitiendo la acción sobre el mismo botón.

Evaluación de costes

- Botón “Atrás” en vistas sin header: en aquellas páginas donde no se muestra la barra de navegación se ha incorporado un botón claro de “volver” que guía al usuario a la vista anterior sin confusión.

#4 Consistencia y estándares

Esta heurística nos sirve para probar que el comportamiento del sistema es predecible y fácil de entender. Podríamos hablar de que frente a una misma situación, que se use la misma terminología. Hablando de consistencia hay dos tipos: la externa, que sigue las convenciones generales comunes en la gran parte de la población, como el carrito de la compra, que tenga la funcionalidad de siempre. Otro tipo de consistencia es la interna, se tiene que procurar que la misma acción se llame de la misma manera y con resultados parecidos.

- Terminología coherente: en todas las vistas y botones se usa un vocabulario sencillo, adaptado a la realidad del usuario. Con palabras como ‘Inicio’ y ‘Ajustes’, se mantienen constantes en todo el sistema.
- Estilo visual homogéneo: los botones, enlaces y tarjetas de iconos siguen una línea visual coherente, lo que da una apariencia uniforme y clara.
- Ubicación de elementos estándar: el menú de navegación superior es constante en todas las vistas principales, permitiendo al usuario orientarse fácilmente.
- Nombre del botón “Entrar” confuso: en algunas versiones anteriores, el botón de acceso a la aplicación se llamaba “Entrar”, lo cual se puede interpretar como iniciar sesión, en lugar de acceder a la zona de iconos, por lo tanto se ha cambiado por “Iconos” para clarificar el propósito.
- Iconografía clara y consistente: los iconos usados se extraen mayoritariamente de ARASAAC, lo cual aporta un estándar visual comprensible para el público objetivo.

#5 Prevención de errores

Viene a decir que mejor que aplicar mensajes de error, es mucho mejor tratar de prevenir los errores, como condiciones proclives a error o haciendo que el usuario se asegure y confirme antes de continuar con una opción. Hay dos tipos, los errores slip, que es cuando el usuario quiere hacer una cosa pero acaba haciendo otra, es decir, sabe lo que quiere hacer pero comete un error de ejecución, generalmente no es grave, pero mistake, es cuando el usuario no entiende bien cómo funciona el sistema y por lo tanto se equivoca por ello, son errores más serios, implica una revisión del sistema.

- Validación de formularios: en el registro, creación de iconos o inicio de sesión, el sistema exige campos obligatorios y muestra mensajes flash si hay errores. Esto previene errores tipo mistake por omisión o formato incorrecto.
- Botón de borrado con confirmación implícita: si bien se puede borrar un icono o dibujo, estas acciones están restringidas a usuarios con permisos y requieren una acción intencionada, no se ejecutan automáticamente.
- Inputs simplificados y controlados: los formularios están diseñados con controles de tipo adecuado, como “email”, lo que evita errores de formato desde el dispositivo.

Evaluación de costes

- Acciones irreversibles sin opción de deshacer: en algunas acciones, como borrar un icono, no existe opción de deshacer. Sería ideal incluir alguna opción durante unos segundos, este es un problema menor.

#6 Reconocimiento antes que tener que recordar

Se basa en cómo funciona nuestra parte cognitiva, resulta mucho más fácil reconocer que recordar. Aquí debemos minimizar la carga de la memoria del usuario haciendo que las acciones y objetos sean visibles. El usuario no debe tener que recordar información y las instrucciones de uso deben ser visibles o fácilmente recuperables cuando sea adecuado.

- Contamos con un buscador, podríamos incorporar las búsquedas anteriores para no tener que recordar cuáles fueron las búsquedas anteriores, sería un problema estético o menor.
- Autocompletado visual al escribir en el abecedario: al ir seleccionando letras, se forman palabras visibles que el usuario puede leer. El resultado es inmediato, y no requiere recordar combinaciones ni tener que confirmar manualmente con un botón.
- Falta de historial visual o reciente: no existe una zona donde el usuario pueda ver los últimos iconos usados o seleccionados, lo que obligaría a recordarlos si desea reutilizarlos. Una sección de iconos recientes facilitaría el reconocimiento inmediato, este es un problema mediano.

#7 Flexibilidad y eficiencia en el uso

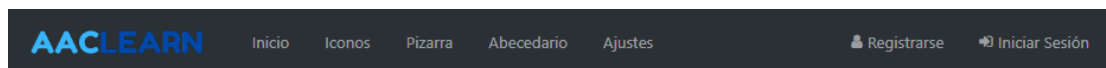
Habla de aceleradores que son invisibles al usuario, para que los expertos realicen acciones frecuentes de una forma más ágil. Ayuda al experimentado a acelerar la interacción.

En la aplicación web contaríamos con “copiar y pegar” para utilizarlo en el buscador, por ejemplo.

- Se quería implementar un doble toque en un icono para hacerlo favorito, pero no se ha implementado, por lo que queda como un problema leve.

#8 Estética y diseño minimalista

Las pantallas no deben contener información irrelevante, que cada pieza de información dentro de una pantalla compite con el resto y reduce la visibilidad de los elementos más importantes. Queremos minimizar el ruido y priorizar aquello que es más relevante o usado por más gente.



Registro

El registro en aacLearn permite a padres, tutores y usuarios acceder a herramientas personalizadas que facilitan la comunicación para niños con TEA.

Nombre

Figura 48. Vista de la pantalla “Registro” en la aplicación

En el apartado del registro, al inicio, contábamos con un texto largo de explicación de funcionamiento de este mismo, que es totalmente irrelevante, por lo que después de la

Evaluación de costes

evaluación heurística, se ha podido obviar.

#9 Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores

Aquí ya lo dijimos, es mejor prevenir errores, pero si no es posible, informar claramente del error en el idioma del usuario, sin códigos, indicando de manera precisa cual es el problema y a ser posible tratar de sugerir una solución.

En la aplicación web, se muestra el error en la medida de lo posible, con texto en rojo y con mensajes flash, además de en muchos casos redirigir a la página donde se podría solucionar el error, como es en el caso de haber pulsado un botón de edición de iconos sin haberse registrado en la aplicación web.

Otra medida que se controla está en los formularios y ya se ha hablado de ella, y es que siempre hay que rellenar los campos de un formulario obligatorios, sino, salta un mensaje de error en la posición o campo a rellenar.

#10 Ayuda y documentación

La ayuda y documentación en general es mejor si no hace falta, pero a veces es necesario. Hoy en día la documentación se debe proporcionar de múltiples y variadas maneras, desde el primer inicio de sesión hasta el uso de recorridos o chats. En nuestra aplicación web contamos con un manual de usuario que informa a los padres o tutores del funcionamiento normal de la aplicación.

A continuación se muestra una tabla con los problemas que se encontraron en la aplicación web y su gravedad:

Heurística de Nielsen	Descripción del problema	Gravedad estimada
Visibilidad del sistema	Carga sin indicador de progreso	Menor
	Navegación sin marcador de ubicación	Menor
	Falta de feedback si no se reproduce el icono	Mayor
	Falta de animación visual al hacer clic	Menor
	No hay retroalimentación visual en todas las interacciones	Menor
Reconocimiento antes que recuerdo	No hay historial de iconos recientes	Mayor
	No se almacenan búsquedas anteriores	Menor
	No hay opción de reutilizar resultados anteriores fácilmente	Menor
Control y libertad del usuario	No se puede deshacer el borrado de un icono	Mayor
	No se pueden borrar letras individualmente en el abecedario	Menor
	Botón atrás no disponible en todas las	Menor

Evaluación de costes

	vistas	
Prevención de errores	Borrado irreversible sin opción de deshacer	Mayor
	Inputs sin validación en algunos formularios	Menor
	Falta confirmación explícita en algunas acciones	Menor
Consistencia y estándares	Terminología confusa en versiones anteriores ('Entrar')	Menor
	Botones y vistas no siempre siguen el mismo estilo	Menor
Flexibilidad y eficiencia	No se ha implementado doble clic para marcar favoritos	Menor
Estética y diseño minimalista	Texto largo innecesario en el registro	Cosmético
Ayuda a recuperación de errores	Errores no siempre con sugerencia clara	Menor
	Falta claridad en algunos mensajes flash	Menor
Ayuda y documentación	Falta recorrido guiado o ayuda visual contextual	Menor

Tabla 6. Evaluación heurística de la interfaz según Nielsen

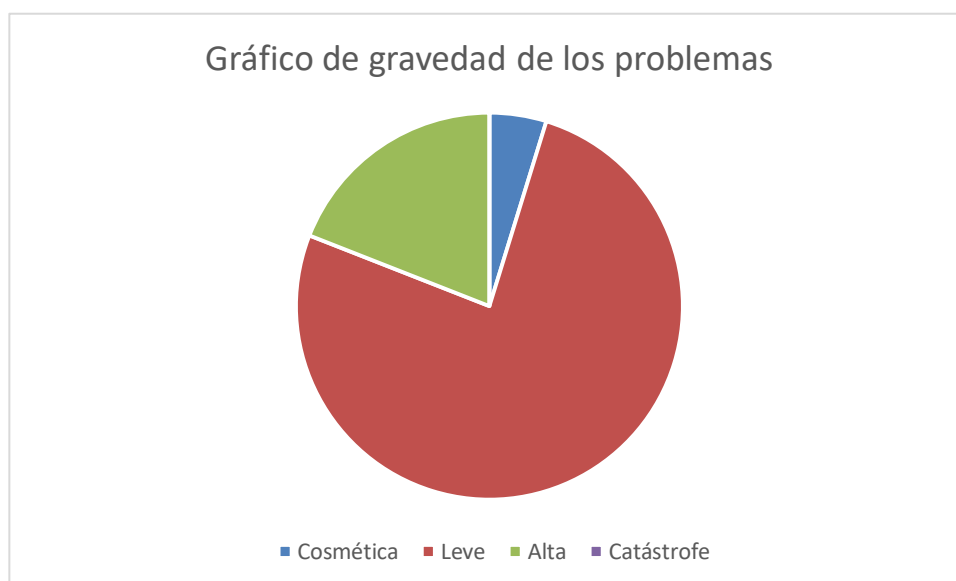


Figura 49. Gráfico de gravedad de los problemas de Nielsen

A partir del análisis heurístico realizado y representado gráficamente, se puede observar que la mayoría de los problemas detectados en la aplicación se sitúan en los niveles de gravedad menor, lo que indica una buena madurez del sistema en cuanto a usabilidad

Evaluación de costes

general.

Después de los cambios, únicamente se ha identificado un problema como grave, concretamente la falta de un historial de iconos utilizados recientemente, lo cual puede dificultar la experiencia de usuarios que necesitan reutilizar iconos sin depender de la memoria.

8.1.3 Evaluación con usuarios: pruebas de usabilidad

En esta sección se describe el plan de pruebas de usabilidad realizado con usuarios reales para evaluar la experiencia de uso del prototipo de AACLearn. Esta evaluación tiene como objetivo validar empíricamente si la aplicación responde de forma efectiva a las necesidades comunicativas del usuario principal y si resulta accesible, comprensible y funcional para sus acompañantes. La prueba se ha diseñado siguiendo la técnica de pensar en voz alta, en un contexto presencial.

Una prueba de usabilidad consiste en evaluar la funcionalidad de un sitio web observando las acciones y el comportamiento de los visitantes mientras realizan tareas específicas en él. Estas pruebas nos permiten ponernos en la piel de los visitantes para identificar oportunidades para mejorar la experiencia de usuario. Con estas pruebas los usuarios pueden identificar problemas que los desarrolladores pasan por alto, como bugs en el sitio web, elementos que faltan o que no funcionan, o llamadas a acciones que no están siendo lo suficientemente persuasivas.

Plan de evaluación

En estas pruebas de usabilidad [26] participarán 3 usuarios en la evaluación, todos ellos personas que han sido informadas previamente del contexto de la prueba y actuarán simulando el rol del usuario tutor o acompañante adulto. Estos usuarios han sido seleccionados por su familiaridad con el entorno web y su capacidad para pensar en voz alta durante la interacción, lo que facilita la obtención de datos cualitativos valiosos. De entre los participantes, encontramos personas con alta familiaridad con el entorno web y con mucha menos, para poder observar las diferencias de facilidad y acceso que hay.

- Perfil 1: persona con experiencia previa en proyectos y aplicaciones web.
- Perfil 2: usuario sin contacto previo con AACLearn para detectar barreras de entrada.
- Perfil 3: usuario sin experiencia en dispositivos móviles ni interfaces web.

Los participantes han sido contactados previamente por mensajes directos y se ha programado la prueba con cada uno de ellos de forma individual, para asegurar una atención personalizada y grabación sin interferencias.

Es interesante considerar que las evaluaciones que se realizan son:

- Pruebas de pensamiento en voz alta: además, durante la sesión se le pide al usuario que hable en voz alta y se exprese según va probando las funcionalidades.
- Observación directa: habrá observadores que tratarán el comportamiento sin intervenir, cogiendo notas sobre dificultades y problemáticas.

Evaluación de costes

- Cuestionario post-sesión: después de la prueba, los participantes responderán un breve cuestionario y así nosotros podremos valorar la experiencia y mejorar el sistema si es necesario.

Tareas a realizar y escenarios

A cada usuario se le pedirá que realice una serie de tareas representativas que reflejan objetivos reales del usuario final. No se les dará instrucciones técnicas sobre cómo hacerlo, sino que describirán escenarios relacionados con necesidades funcionales:

- Tarea 1: personalizar ajustes del sistema
 - Escenario: acabas de iniciar sesión como tutor de un menor con TEA y deseas configurar la velocidad de la voz y aumentar el tamaño del texto para facilitarle la comprensión.
- Tarea 2: añadir un nuevo icono personalizado
 - Escenario: tu hijo te ha pedido incluir un nuevo icono que represente su comida favorita. Accede a la sección correspondiente y añade una imagen personalizada, asignándole una nueva categoría.
- Tarea 3: probar la funcionalidad del abecedario y escribir una palabra
 - Escenario: estás trabajando la pronunciación de letras. Entra en la sección del abecedario y selecciona al menos tres letras diferentes para que el niño las escuche.
- Tarea 4: recuperar la contraseña
 - Escenario: has olvidado tu contraseña y necesitas recuperar el acceso a tu cuenta. Solicita un restablecimiento desde la pantalla de login.
- Tarea 5: probar la funcionalidad de iconos y buscar un icono concreto
 - Escenario: estas en la pantalla de iconos y quieres buscar un icono concreto para mostrárselo a tu hijo.

Consideraciones

La técnica de evaluación es una prueba presencial de usabilidad con la técnica think aloud o pensar en voz alta en un entorno presencial controlado. Habrá un observador principal, que registrará comportamientos, tiempos y comentarios espontáneos. No se ofrecerá ayuda directa salvo en caso de bloqueo total.

Sobre la ayuda permitida, se permite repetir la consigna, pero no se orienta sobre como cumplir la tarea.

Finalmente, sobre el hardware o software necesarios, haremos uso de una tableta con acceso a navegador web, una herramienta con opción de grabación, y de la aplicación web desplegada online en Render para pruebas reales.

Checklist de preparativos

Preparación material:

- Tableta u ordenador con acceso a navegador web.

Evaluación de costes

- Cámara y micrófono.
- Pruebas de maquinaria previas.
- Aplicación web desplegada.

Revisión del lugar:

- Configuración de la sala con sillas, espacio y observador.
- Ambiente tranquilo.
- Comprobación de la iluminación.

Documentación:

- Impresión de los formularios.
 - o Formulario de consentimiento informado.
 - o Formulario de consentimiento para grabación.
 - o Cuestionario de feed-back post sesión.
 - o Certificado de confidencialidad.
- Guiones de tareas.
- Material de escritura o herramientas digitales.

Participantes:

- Confirmación previa.
- Envío de instrucciones básicas.
- Preparación de sustituto.

Otros:

- Agua o refrigerios para participantes.
- Equipo presente.
- Verificar que la aplicación esté operativa en el entorno de pruebas.
- Crear cuentas de usuario para los participantes.
- Preparar las instrucciones para cada tarea.

Guión de sesión

La sesión de evaluación con cada usuario se divide en tres fases:

1. Introducción y presentación del estudio

Se explica al participante el propósito del proyecto y de la prueba, aclarando que se evaluará la aplicación AACLearn desde la perspectiva de un tutor adulto. Se pide que piense en voz alta durante la interacción, y se aclara que no será juzgado por sus respuestas.

Evaluación de costes

2. Desarrollo de tareas

El evaluador presenta las tareas, una por una, en forma de escenarios. No se da ayuda directa, salvo que el usuario se bloquee por completo. Se toman notas de su comportamiento, dudas, tiempos y errores.

3. Cierre de la sesión

Se agradece la participación y se realiza una pequeña entrevista post-sesión.

El guión completo con todos los fragmentos leídos al usuario se encuentra disponible en el Anexo 15.2.

8.2 Resultados de las pruebas de usabilidad

Las pruebas de usabilidad realizadas permitieron evaluar la experiencia de uso de la aplicación desde la perspectiva de tres perfiles de usuario con diferentes niveles de familiaridad con la tecnología. A lo largo de cinco tareas representativas del uso real de la plataforma, se recogieron datos cuantitativos como el tiempo de ejecución y el número de clics, así como observaciones sobre bloqueos, repeticiones de acciones y peticiones de ayuda. Los resultados explícitos de esta prueba se encuentran en el Anexo 15.3, y a continuación, a partir de ellos, vamos a comentar algunas de las tendencias de los usuarios:

En este gráfico se muestra la comparación del tiempo invertido en segundos por cada usuario en cada tarea. Donde el eje x contiene las tareas, de la 1 a la 5, y en el eje y observamos los segundos:

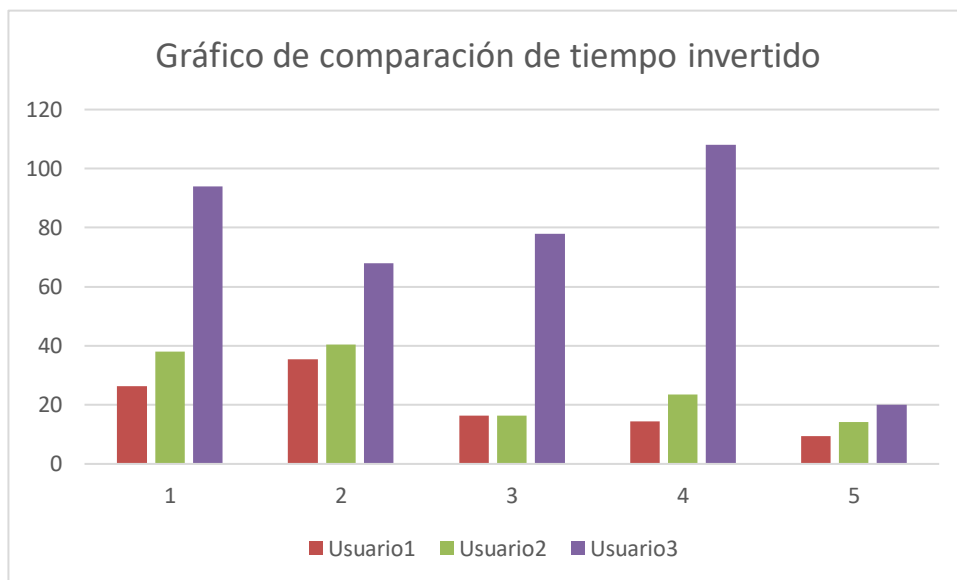


Figura 50. Gráfico de comparación de tiempo invertido de las pruebas de usabilidad

El gráfico de comparación de tiempo invertido muestra visualmente cuánto tiempo dedicó cada uno de los tres usuarios a completar cada una de las cinco tareas planteadas en la sesión de evaluación de usabilidad.

Se puede observar claramente que el usuario 3 destaca por invertir mucho más tiempo que los demás, eso se puede atribuir a su falta de experiencia en el ámbito tecnológico y de aplicaciones web. Por otro lado, los usuarios 1 y 2 muestran un rendimiento más homogéneo y ágil.

Evaluación de costes

Finalmente, se puede decir que las tareas más costosas en tiempo, para todos, serían la tarea 1 y 4, siendo personalizar los ajustes y restablecer la contraseña respectivamente. Y la tarea 5, siendo la de buscar un icono, la más rápida y sin dificultades aparentes.

En este segundo gráfico se muestra el número de clics necesarios por tarea, comparando los usuarios. El objetivo es detectar posibles problemas de eficiencia o usabilidad, es decir, cuando una tarea tenga más clics de lo esperado:

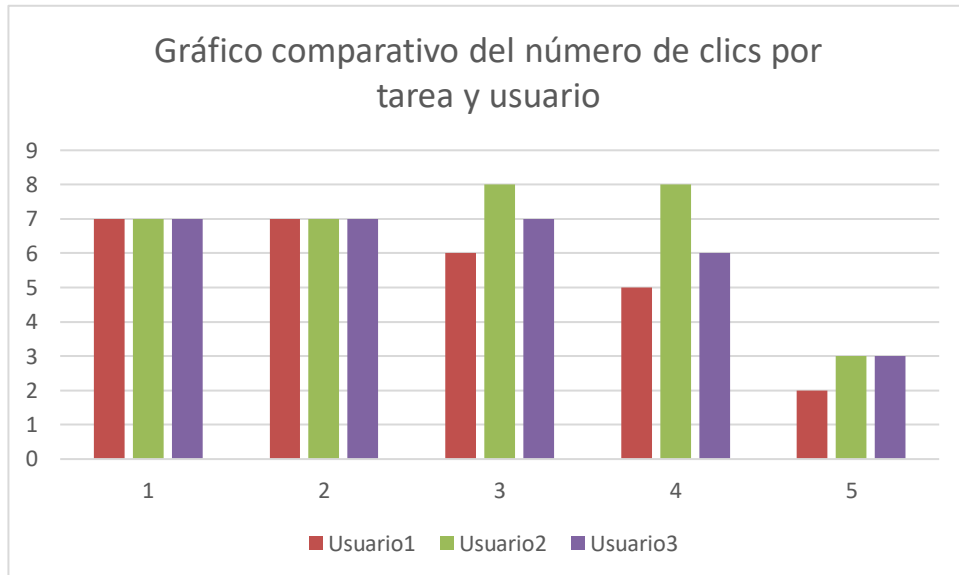


Figura 51. Gráfico de comparación del número de clics por tarea y usuario

Analizando el gráfico vemos que, a diferencia del anterior, aquí, pese a tener distintas experiencias en el ámbito de aplicaciones web, los tres usuarios están bastante igualados en cuanto a número de clics.

Podríamos deducir que el usuario 2 muestra un patrón ligeramente de mayor esfuerzo general, porque en 2 de las 5 tareas, hace más clics que los demás. Por otro lado, los usuarios 1 y 3 tienen un patrón más uniforme. Y una vez más, la tarea de buscar un icono es la más eficiente para todos, lo que quiere decir es que el buscador está bien implementado y es fácilmente utilizable, o que se han familiarizado con él al haber realizado otras tareas anteriormente.

8.3 Valoración y grado de cumplimiento de los objetivos

Tras la prueba de usabilidad y el análisis de los resultados obtenidos, se puede concluir que los objetivos principales del sistema se han podido cumplir en gran medida, especialmente lo referente a la accesibilidad, funcionalidad básica y adecuación del sistema a usuarios con diferentes niveles de experiencia tecnológica.

Como se ve en los resultados, la mayor parte de participantes logró completar las tareas sin necesidad de ayuda externa, eso quiere decir que la interfaz demostró ser comprensible y funcional, especialmente para usuarios con experiencia previa.

Evaluación de costes

9 Evaluación de costes

9.1 Coste personal y horas dedicadas

El desarrollo del presente TFG ha supuesto una inversión significativa de tiempo personal en cada una de las fases del proyecto. A lo largo de los meses de trabajo, se han distribuido las tareas en distintos bloques que comprenden el análisis de requisitos, diseño de interfaz, programación del backend y Frontend, redacción de documentación y preparación de la presentación.

A continuación, se presenta una estimación aproximada del tiempo invertido por fases:

Fase del proyecto	Horas estimadas
Investigación previa y análisis	25 h
Diseño del sistema e interfaz	35 h
Desarrollo del backend	40 h
Desarrollo del Frontend	40 h
Integración y pruebas	30 h
Evaluación heurística y recorrido cognitivo	15 h
Pruebas de usabilidad	15 h
Redacción de la memoria	40 h
Total estimado	240 h

Tabla 7. Estimación del tiempo dedicado por fase del proyecto

Estas horas corresponden exclusivamente al trabajo autónomo de la autora del proyecto. No se ha contado con personal externo ni con apoyo remunerado.

9.2 Recursos materiales y tecnológicos

El desarrollo de AACLearn se ha realizado con herramientas tecnológicas de uso libre y entornos de desarrollo accesibles. A continuación se detalla el equipamiento y los recursos tecnológicos empleados:

Recurso	Descripción	Coste estimado
Ordenador personal	Portátil propio utilizado durante todo el desarrollo del proyecto. Lenovo IdeaPad Gaming 3	680 €
Paquete Microsoft	Uso de Word, Excel y PowerPoint para la documentación y presentación final	99 €

Evaluación de costes

365		
Plataforma de iconos	ARASAAC – repositorio de pictogramas en licencia libre	Gratuito
Tablet para pruebas	Dispositivo Android para testeo en entorno real con pantalla táctil	39 €
Hosting local y pruebas	Servidor local (localhost) para desarrollo, render y pruebas	Gratuito
Entorno de desarrollo	VS Code, Node.js, MongoDB, Express, navegador web, etc.	Gratuito
ChatGPT 4	Asistencia técnica y redacción de partes del TFG	20 €/mes × 4 meses = 80 €
Herramienta de control de versiones	Git + GitHub para el control de cambios y respaldo del proyecto	Gratuito
Navegador web	Google Chrome / Firefox para pruebas de visualización	Gratuito
Herramienta para gráficos	Canva	12 €

Tabla 8. Recursos materiales y coste estimado del proyecto

Legislación y protección de datos

10 Legislación y protección de datos

10.1 Normativa aplicable

El desarrollo de AACLearn implica la gestión de datos personales, especialmente en el contexto de menores de edad y usuarios con diversidad funcional. Por ello, es imprescindible cumplir con la legislación vigente en materia de protección de datos, tanto a nivel nacional como europeo. Las normativas más relevantes son:

- Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, conocido como Reglamento General de Protección de Datos (RGPD).
- Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales (LOPDGDD) en el ámbito español.
- Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico (LSSI-CE), por su relación con servicios digitales.
- En el caso de usuarios menores de edad, se deben respetar las disposiciones específicas del artículo 7 de la LOPDGDD, que establece la necesidad de consentimiento de los padres o tutores legales cuando el menor es menor de 14 años.

10.2 Aplicación práctica de la protección de datos

Para garantizar que el desarrollo de AACLearn respeta la normativa, se han aplicado las siguientes medidas prácticas:

- Minimización de datos: la aplicación no solicita información sensible ni personal del usuario con TEA. El sistema únicamente requiere correo electrónico y nombre del tutor o persona responsable para la creación de cuenta. No se almacenan datos del menor, salvo de forma indirecta y no identificativa (ej. selección de pictogramas).
- Consentimiento explícito: en el proceso de registro, se informa al usuario sobre el tratamiento de datos mediante un aviso legal visible, con aceptación expresa de la política de privacidad antes de completar el registro.
- Finalidad del tratamiento: los datos recogidos se utilizan exclusivamente para permitir el acceso y uso de la plataforma, sin cesión a terceros ni fines comerciales.
- Acceso restringido: cada usuario registrado solo puede visualizar y gestionar sus propios contenidos (como dibujos o iconos personalizados), evitando el acceso a datos ajenos.
- Medidas de seguridad: se ha utilizado cifrado de contraseñas (hashing con bcrypt) y se controla el acceso mediante autenticación para evitar accesos no autorizados.

Legislación y protección de datos

- Derechos del usuario: se contempla la posibilidad de solicitar la eliminación de la cuenta y todos los datos asociados en cualquier momento, conforme al derecho de supresión del RGPD.
- Entorno de pruebas local: durante el desarrollo, el sistema se ha ejecutado en un entorno local, sin exposición pública, para evitar cualquier riesgo real durante la fase de pruebas.

Anexos

11 Implicaciones éticas, de igualdad y medioambientales

11.1 Inclusión e igualdad de oportunidades

El desarrollo de AACLearn parte de un compromiso firme con la inclusión, la accesibilidad y la igualdad de oportunidades para todas las personas, en especial aquellas con discapacidad. En particular, el proyecto se centra en niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) no verbal, un colectivo que históricamente ha enfrentado barreras significativas en su derecho a la comunicación, la autonomía y la participación social.

La aplicación está diseñada para eliminar barreras de acceso a la comunicación mediante el uso de pictogramas, voz sintetizada y herramientas visuales que permiten al usuario expresarse sin necesidad de lenguaje oral.

Este enfoque promueve la equidad comunicativa, alineándose con los principios de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad de las Naciones Unidas, que reconoce la comunicación como derecho fundamental.

Además, se contempla la personalización de la experiencia según las necesidades del usuario, lo cual favorece la igualdad de uso independientemente del nivel cognitivo, sensorial o motor del usuario.

Por último, en cuanto a la inclusión cultural y la neutralidad, se ha prestado especial atención al diseño visual del sistema. Por ejemplo, la selección de avatares, que los usuarios pueden personalizar para representar su perfil, se ha realizado sin hacer referencia explícita a rasgos raciales, étnicos o culturales, evitando cualquier sesgo y permitiendo que cualquier niño se identifique libremente con ellos. Esta elección fomenta la igualdad simbólica y evita reforzar estereotipos.

11.2 Impacto medioambiental

El desarrollo del presente proyecto, basado en la implementación de una aplicación web, no genera un impacto ambiental directo significativo, ya que no implica la fabricación de dispositivos físicos, consumo de materiales contaminantes ni actividades industriales asociadas.

Desde una perspectiva digital, se han tenido en cuenta algunos principios de sostenibilidad tecnológica para minimizar el consumo innecesario de recursos, como:

- El uso de infraestructura en la nube con Render para el despliegue de la aplicación, lo que evita la necesidad de servidores locales y permite aprovechar servicios que optimizan el uso energético mediante centros de datos eficientes.
- La posibilidad de acceso multiplataforma que permite que la aplicación se ejecute en dispositivos existentes (ordenadores, tabletas y móviles), sin necesidad de hardware adicional, promoviendo así la reutilización tecnológica.

Aunque el impacto medioambiental en este tipo de soluciones es muy reducido, se reconoce la importancia de seguir buenas prácticas en el desarrollo digital para minimizar la huella ecológica asociada al mantenimiento, transmisión y procesamiento de datos.

Anexos

11.3 Reflexión ética del proyecto

AACLearn nace con un claro compromiso ético: mejorar la comunicación de niños con Trastorno del Espectro Autista no verbal, respetando su dignidad, autonomía y derecho a expresarse. Desde el planteamiento inicial se han respetado los principios fundamentales de la ética en tecnología: beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. Se ha buscado crear una herramienta que no solo sea útil, sino también respetuosa con las capacidades y los tiempos de cada usuario, sin forzar procesos ni imponer modelos de comportamiento.

Anexos

12 Conclusiones

El desarrollo de la plataforma web ha supuesto una experiencia profundamente enriquecedora a nivel técnico y personal, ya que he crecido con compañeros pacientes de Trastorno del Espectro Autista y he visto desde pequeña las formas tan distintas de comunicarse que tenían, así como los gestos, y las emociones tan intensas que viven, es por ello que poder realizar una aplicación que ayude en la medida de lo posible y haga más amena su vida es muy emocionante.

A lo largo del proyecto, no solo se ha trabajado en una solución funcional para facilitar la comunicación de estos niños, sino que también se ha cultivado una mirada más humana y empática hacia el diseño de tecnologías inclusivas.

AACLearn demuestra que, con los recursos adecuados y una motivación firme, es posible construir un prototipo y herramienta accesible, clara y personalizada, pensada para responder necesidades que son reales.

Sin embargo, también han surgido algunas limitaciones que merecen ser señaladas. Una de las más relevantes ha sido la falta de optimización para tabletas y dispositivos móviles, lo cual ha impedido alcanzar una verdadera compatibilidad multiplataforma. Considero que este fallo podría solucionarse con algo más de tiempo y conocimientos en el mundo de los dispositivos táctiles, pero al realizarse desde un primer momento para navegador en ordenador portátil o sobremesa, en el momento del despliegue no podía imaginar la cantidad de diferencias que se venían encima. Aun así, la aplicación es completamente funcional desde un navegador de ordenador, su visualización en pantallas pequeñas no está adaptada a nivel de diseño responsivo ni interacción táctil avanzada.

Otra carencia significativa ha sido la no implementación de la funcionalidad del historial de iconos utilizados, una característica clave que iba a servir como base para el posterior análisis de uso por parte de los tutores. Al no estar disponible, también se ha visto afectada la funcionalidad de análisis del sistema, dejando esa parte del proyecto como una posible mejora para futuras iteraciones.

A pesar de las limitaciones, la experiencia de realizar este Trabajo de Fin de Grado ha sido profundamente gratificante. No solo ha permitido aplicar conocimientos adquiridos durante la carrera, ya que la mayor parte de apartados, tanto de la memoria, como del desarrollo son partes o módulos dados en clase, sino que ha aportado un sentido de propósito más allá de lo académico: el de contribuir, aunque sea de forma modesta, a mejorar la calidad de vida de personas con necesidades comunicativas especiales.

Queda abierta la posibilidad de continuar desarrollando la plataforma, mejorando sus aspectos técnicos y ampliando sus funcionalidades. El trabajo realizado hasta ahora sienta una base sólida para futuras versiones más completas, accesibles y adaptadas a una mayor diversidad de dispositivos y contextos de uso.

Anexos

13 Recursos utilizados

- [1] Wikipedia contributors (2024, 15 de mayo). *Trastornos del espectro autista*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Trastornos_del_espectro_autista (consultado March 12, 2025)
- [2] LeafWing Center. (2023, 2 de octubre). *Autismo no verbal*. Leafwingcenter.org. <https://leafwingcenter.org/es/nonverbal-autism/> (consultado March 12, 2025)
- [3] Mayo Clinic. (2025, 19 abril). *Trastorno del espectro autista: Síntomas y causas*. <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/autism-spectrum-disorder/symptoms-causes/syc-20352928> (consultado March 12, 2025)
- [4] National Institute on Deafness and Other Communication Disorders. (2020, 24 abril). *Problemas de comunicación en los niños con trastornos del espectro autista*. <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/problemas-de-comunicacion-en-los-ninos-con-trastornos-del-espectro-autista> (consultado el 14 de Marzo, 2025)
- [5] linguisticshead. (2023, 3 abril). *¿Qué es la comunicación no verbal y por qué no puedes “dejar de comunicarte”?* [Publicación en un foro en línea]. Reddit. https://www.reddit.com/r/autism/comments/124tkis/what_is_nonverbal_and_why_you_cant_go_nonverbal/?tl=es-es (consultado el 19 de Marzo, 2025)
- [6] Delahooke, M. (2015, 3 noviembre). *Ser no verbal <<no significa que no pueda pensar>>* [Entrada de blog traducida]. Uutchi. <https://www.uutchi.com/ser-no-verbal-no-significa-que-no-pueda-pensar/> (consultado el 19 de Marzo, 2025)
- [7] Plena inclusión. (2025, 15 mayo). *Sistemas alternativos y aumentativos de comunicación (SAAC)*. <https://www.plenainclusion.org/discapacidad-intelectual/recurso/sistemas-alternativos-y-aumentativos-de-comunicacion/> (consultado el 121 de Marzo, 2025)
- [8] Hartmann, A. (s.f.) *¿Qué es CAA?* AssistiveWare. <https://www.assistiveware.com/es/aprende-caa/que-es-caa> (consultado el 29 de Marzo, 2025)
- [9] Fundación ConectTEA. (2020, 17 junio). *Sistemas alternativos y aumentativos de comunicación (S.A.A.C)*. <https://www.fundacionconectea.org/2020/06/17/sistemas-alternativos-y-aumentativos-de-comunicacion-s-a-a-c/> (consultado el 29 de Marzo, 2025)
- [10] National Autism Resources. (s.f.). *The Picture Exchange Communication System (PECS®)*. <https://nationalautismresources.com/the-picture-exchange-communication-system-pecs/> (consultado el 2 de Abril, 2025)
- [11] (2025, 21 febrero). *¿Sabes qué es el PECS?* <https://www.mundoazulpalencia.es/sabes-que-es-el-pecs/#:~:text=El%20Picture%20Exchange%20Communication%20System,trav%C3%A9s%20del%20intercambio%20de%20pictogramas.> (consultado el 2 de Abril, 2025)
- [12] AssistiveWare. (s.f.). Proloquo2Go. <https://www.assistiveware.com/products/proloquo2go> (consultado el 10 de Abril, 2025)
- [13] PRC-Saltillo. (s.f.). TouchChat® HD – AAC. <https://touchchatapp.com/apps/touchchat-hd-aac> (consultado el 10 de Abril, 2025)
- [14] Asociación Autismo Huelva Ánsares. (2021, 16 de junio). *Aplicación Let Me Talk*. <https://www.autismohuelva.org/aplicacion-let-me-talk/> (consultado el 10 de Abril, 2025)

Anexos

- [15] Porter, G. (2017). *Pragmatic Organisation Dynamic Display (PODD) communication books: Printable book*. Cerebral Palsy Education Centre.
https://www.jabblasoft.com/files/podd/Printable_book_Pragmatic_Organisation_Dynamic_Display_Communication_books.pdf (consultado el 20 de Abril, 2025)
- [16] Wikipedia contributors. (2024, Julio 5). *Sistema de comunicación por intercambio de imágenes*. Wikipedia, La enciclopedia libre.
https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_comunicaci%C3%B3n_por_intercambio_de_im%C3%A1genes (consultado el 21 de Abril, 2025)
- [17] Sanitas. (2023, 21 de noviembre). *Causas, síntomas y tratamiento del autismo*. Sanitas Biblioteca de Salud.
<https://www.sanitas.es/biblioteca-de-salud/psicologia-psiquiatria/inteligencia-y-aprendizaje/causas-sintomas-y-tratamiento-del-autismo> (consultado el 21 de Abril, 2025)
- [18] Autism Speaks. (s.f.). *Niveles de autismo*. <https://www.autismspeaks.org/niveles-de-autismo> (consultado el 21 de Abril, 2025)
- [19] Neurocavis. (2024, 29 de octubre). *Grados de autismo*. <https://www.neurocavis.es/es/grados-de-autismo> (consultado el 21 de Abril, 2025)
- [20] Fundación ConecTEA. (2022, 21 de abril). *El autismo en la edad adulta*. Fundación ConecTEA.
<https://www.fundacionconectea.org/2022/04/21/el-autismo-en-la-edad-adulta/> (consultado el 21 de Abril, 2025)
- [21] Mitchell, C. (2014, 8 de abril). *Adults with autism a TEACCH focus*. University of North Carolina at Chapel Hill.
<https://www.unc.edu/posts/2014/04/08/teacch-increases-focus-on-needs-of-adults-with-autism/> (consultado el 21 de Abril, 2025)
- [22] Wikipedia. (2025, 16 de abril). *Diagrama de casos de uso*. Wikipedia.
https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_casos_de_uso (consultado el 29 de Abril, 2025)
- [23] Wikipedia. (2025, 5 de marzo). *Class diagram*. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Class_diagram (consultado el 2 de Abril, 2025)
- [24] Wikipedia. (2025, 16 de mayo). *Node.js*. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Node.js> (consultado el 20 de Mayo, 2025)
- [25] Wikipedia. (2025, 31 de marzo). *Express.js*. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Express.js> (consultado el 4 de Abril, 2025)
- [26] Hotjar. (2023, 9 de octubre). *Guía de test de usabilidad: Introducción*. Hotjar. <https://www.hotjar.com/es/test-de-usabilidad/> (consultado el 9 de Abril, 2025)
- [27] Universitat Rovira i Virgili. (2025). *Formulario de consentimiento informado* [Documento PDF]. Plataforma Moodle. Recuperado el 27 de mayo de 2025, acceso restringido
- [28] Universitat Rovira i Virgili. (2025). *Documento de protección de datos* [Documento PDF]. Plataforma Moodle. Recuperado el 27 de mayo de 2025, de URL o enlace interno.

Anexos

14 Anexos

14.1 Consentimiento informado para las pruebas de usabilidad

A continuaci3n, se presenta el modelo de consentimiento informado que se entreg3 a los participantes antes de realizar las pruebas de usabilidad. Este documento garantiza que fueron informados adecuadamente sobre el prop3sito del estudio, el uso de sus datos y sus derechos como participantes.



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI

Full de consentiment informat

T3tol de l'estudi: Desenvolupament de la aplicaci3n AACLearn com a sistema de comunicaci3n augmentativa per a nens amb autisme no verbal (TFG – Enginyeria Inform3tica)

Dades de contacte de l'investigador principal:

Nombre: Paula Cl3a Sic3lia

Correu electr3nic: paula.clua@estudiants.urv.cat

Ubicaci3n: Universitat Rovira i Virgili – Escola T3cnica Superior d'Enginyeria

Grup de recerca, si escau: No aplica

Jo³ amb DNI.....:

- He llegit el full d'informaci3n al participant sobre l'estudi del qual se m'ha entregat una c3pia.
- He pogut fer preguntes i resoldre els meus dubtes sobre l'estudi i la meva participaci3n.
- Comprenc la meva participaci3n a l'estudi d'acord amb all3 expressat al full d'informaci3n al participant sobre l'estudi i de les respostes a les meves preguntes, aix3 com els riscos i beneficis que comporta.
- Accepto que la meva participaci3n 3s volunt3ria i dono lliurement la meva conformitat per participar a l'estudi.
- Conec que em puc retirar en qualsevol moment de la participaci3n a l'estudi sense que aix3 em pugui causar cap perjudici.
- Estic informat sobre el tractament que es realitzar3 de les meves dades personals.
- Dono el meu consentiment per a l'acc3s i utilitzaci3n de les meves dades en les condicions detallades al full d'informaci3n al participant sobre l'estudi.
 S3 No
- ⁴Dono el meu consentiment per a la difusi3n de les meves dades personals junt amb la publicaci3n dels resultats de l'estudi.
 S3 No
- Un cop finalitzada la investigaci3n, 3s possible que les dades obtingudes siguin d'inter3s per a altres estudis relacionats. En relaci3 amb aix3, s'ofereixen les seg3ents opcions:
 NO autoritzar l'3s de les seves dades en altres projectes d'investigaci3n relacionats.
 S3 autoritzar l'3s de les seves dades en altres projectes d'investigaci3n relacionats.
- ⁵Un cop finalitzada la investigaci3n, 3s possible que hi hagi mostra sobrant. En relaci3 a aquestes, s'ofereixen les seg3ents opcions:
 La **destrucci3n** de la mostra sobrant.

³ Indicar el nom i cognoms del participant.

⁴ Nom3s si en els resultats de l'estudi que es publicaran apareix el nom de les persones o dades que permetin identificar la persona, aix3 com la seva imatge o la seva veu sense t3cniques d'anonimitzaci3n.

⁵ Si no hi ha tractament de mostres biol3giques es pot eliminar.

Figura 52. Formulario de Consentimiento Informado [27], primera parte.

Anexos



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI

- La seva utilització en futurs projectes d'investigació biomèdica relacionats amb el mateix tema
- Autoritzo la gravació d'àudio/vídeo durant la sessió de prova d'usabilitat, únicament amb fins d'anàlisi del comportament d'ús, garantint que les gravacions seran tractades de forma confidencial i no s'utilitzaran amb fins comercials ni seran difoses públicament.
- NO autoritzar.
- Sí autoritzar.

⁶ I per expressar aquest consentiment, el participant signa en data i lloc aquest full de consentiment:

Signatura del participant

⁷ I per expressar aquest consentiment, el representant legal del participant signa en data i lloc aquest full de consentiment:

Nom del representant legal.....

Relació del representant legal amb el participant

Signatura del representant legal

Figura 53. Formulario de Consentimiento Informado, segunda parte.



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI

⁶ Si el participant pot prestar lliurement el consentiment utilitzar aquest redactat fins a la següent nota el redactat del qual es pot eliminar.

⁷ Si el participant no pot llegir o escriure, és menor de 14 anys o per qualsevol altre motiu no pot prestar lliurement el consentiment és necessari que el seu consentiment el presti el tutor o representant legal. En aquest cas utilitzarem aquest redactat i eliminarem el corresponent a la nota anterior.

Figura 54. Formulario de Consentimiento Informado, tercera parte.

Anexos



INFORMACIÓ DE PROTECCIÓ DE DADES PERSONALS	
Responsable	El responsable del tractament de les seves dades personals és la Universitat Rovira i Virgili amb CIF Q9350003A i amb domicili fiscal al carrer de l'Escorxador, s/n, 43003 de Tarragona.
Finalitat	Participar en l'estudi del Treball Final de Grau en els termes que es descriuen al full d'informació al participant. En el cas que l'estudi prevegi la publicació, difusió i reutilització dels resultats obtinguts incloent dades personals, les dades personals seran utilitzades per a aquesta finalitat sempre que l'interessat hagi atorgat el seu consentiment.
Drets	Pot exercir els drets d'accés, rectificació, supressió, portabilitat, limitació o oposició al tractament, mitjançant un escrit adreçat al Registre General de la URV a la mateixa adreça del domicili fiscal o mitjançant la seva presentació al Registre General de la Universitat, presencialment o telemàtica, segons s'indica a https://seuelectronica.urv.cat/registre.html .
Informació addicional	Pot consultar informació addicional sobre aquest tractament de dades personals denominat <i>Treballs de Fi de Grau o de Màster de la URV</i> i els seus drets al Registre d'Activitats del Tractament de la URV publicat a https://seuelectronica.urv.cat/rqpd on també s'hi pot consultar la Política de Privacitat de la URV. Així mateix, pot consultar aquesta informació al Full d'informació al participant sobre l'estudi. Addicionalment, pot adreçar als nostres delegats de protecció de dades qualsevol consulta sobre protecció de dades personals a la direcció de correu electrònic del dpd@urv.cat .

Figura 55. Información de protección de datos personales [28].

14.2 Guión de las pruebas de usabilidad

El guió para llevar a cabo la prueba de usabilidad lucirá de la siguiente manera:

Primera fase: Presentación e Introducción

Buenos días [participante], agradezco mucho tu participación y tu asistencia en esta prueba de usabilidad. Mi nombre es [nombre] y me encargaré de guiarte durante esta sesión de prueba.

Antes de empezar con la evaluación, tengo cierta información para usted, y la voy a leer para asegurarme de que no me olvido de nada.

Es probable que tenga ya una idea de por qué le hemos pedido que venga aquí, pero déjeme que lo repase brevemente. Le estamos pidiendo a la gente que intente usar una aplicación web llamada AACLearn, diseñada para ayudar a niños y niñas con autismo no verbal a comunicarse a través de pictogramas, dibujos, letras y voz sintetizada. Tú asumirás el rol de tutor o acompañante del menor, que es quien configura y adapta el sistema. La sesión durará aproximadamente 30 minutos.

Durante la prueba te pediremos que realices algunas tareas cotidianas que haría un adulto usando AACLearn. No es una prueba sobre ti ni sobre tus conocimientos, sino sobre la aplicación. Por eso, si en algún momento te parece confuso, difícil o incómodo, dílo sin problema. Tus comentarios nos ayudarán a mejorar la herramienta.

Te pedimos que durante toda la sesión pienses en voz alta: dínos qué estás mirando, qué intentas hacer, si algo te sorprende o si algo no funciona como esperabas.

Vamos a grabar la pantalla para analizar después el uso, pero no se grabará tu rostro ni tu voz si no lo autorizas. Toda la información recogida será confidencial y anónima, y puedes parar la sesión en cualquier momento.

Si estás de acuerdo, te voy a entregar los siguientes documentos:

Anexos

- Formulario de consentimiento informado.
- Autorización de grabación.

Te dejo unos minutos para que los leas y firmes.

(Momento de espera)

Perfecto, gracias. Para terminar esta fase, te haré unas preguntas rápidas sobre tu experiencia previa con tecnología que puedes responder de forma breve.

Segunda fase: Desarrollo de tareas

Ahora vamos a empezar con las tareas. Yo te leeré un pequeño escenario y te pediré que intentes completarlo en la aplicación como si fueras el tutor del niño.

Tarea 1: Personalizar ajustes del sistema

Escenario: acabas de iniciar sesión como tutor de un menor con TEA y deseas configurar la velocidad y voz y aumentar el tamaño del texto para facilitarle la comprensión.

(Observamos si encuentra los ajustes, si entiende las opciones y si las modifica correctamente)

Preguntas:

- ¿Te ha resultado difícil encontrar esta opción?
- ¿Has entendido todas las configuraciones disponibles?

Tarea 2: Añadir un nuevo icono personalizado

Escenario: Tu hijo te ha pedido incluir un nuevo icono que represente su comida favorita. Accede a la sección correspondiente y añade una imagen personalizada, asignándole una nueva categoría.

(Evaluamos si puede subir una imagen, crear una categoría y rellenar los campos necesarios)

Preguntas:

- ¿Cómo ha sido el proceso de añadir un icono?
- ¿Cambiarías algo en el formulario?

Tarea 3: Probar el abecedario y escribir una palabra

Escenario: Estás trabajando la pronunciación de letras. Entra en la sección del abecedario y selecciona al menos tres letras diferentes para que el niño las escuche.

(Observamos si comprende cómo se forman las palabras y si detecta los botones de reproducción y borrado)

Preguntas:

- ¿Te parece útil esta funcionalidad?

Anexos

- ¿La interfaz es clara y entendible?

Tarea 4: Recuperar la contraseña

Escenario: Has olvidado tu contraseña y necesitas recuperar el acceso a tu cuenta. Solicita un restablecimiento desde la pantalla de login.

(Comprobamos si encuentra el formulario y entiende el proceso)

Preguntas:

- ¿Te resultó intuitivo recuperar el acceso?
- ¿Faltaría alguna información?

Tarea 5: Buscar un icono concreto

Escenario: Estás en la pantalla de iconos y quieres buscar un pictograma concreto para mostrárselo a tu hijo.

(Observamos si utiliza el buscador y si interpreta los resultados)

Preguntas:

- ¿El buscador te ha resultado útil?
- ¿Esperabas otro tipo de resultado o presentación?

Una vez realizadas las tareas, te dejo unos minutos para que explores libremente cualquier sección que te interesa, y si te apetece, puedes comentar en voz alta lo que vayas viendo.

Tercera fase: Cierre de la sesión

Muchas gracias por tu participación, tu opinión siempre es de gran ayuda para las mejoras, si tienes algún comentario adicional, háznoslo saber, ahora es el momento ideal para compartirlo.

(Se recogen los comentarios)

Finalmente, te entregaremos la hoja de valoración final. De nuevo, muchas gracias por tu tiempo.

14.3 Tabla con los resultados de las pruebas de usabilidad

A continuación, se presenta una tabla con los resultados de las pruebas de usabilidad, realizadas en tres usuarios con características distintas, dependiendo de su experiencia en entornos de aplicativos web y con proyectos del estilo de la plataforma AACLearn. Gracias a estos resultados, se podrán implementar mejoras en la aplicación, además de observar las partes que resultan más o menos complicadas de la aplicación, analizarlas y meditar mejoras.

Tarea	Acción	Resultado
Usuario 1 – Persona con experiencia previa en proyectos y aplicaciones web		
Tarea 1	#Clics	7
	#Tiempo	26,3

Anexos

	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Tarea 2	#Clics	7
	#Tiempo	35,4
	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Tarea 3	#Clics	6
	#Tiempo	16,3
	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Tarea 4	#Clics	5
	#Tiempo	14,5
	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Tarea 5	#Clics	2
	#Tiempo	9,5
	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Usuario 2 - Usuario sin contacto previo con AACLearn para detectar barreras de entrada.		
Tarea 1	#Clics	7
	#Tiempo	38
	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Tarea 2	#Clics	7
	#Tiempo	40,4
	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Tarea 3	#Clics	8
	#Tiempo	16,3
	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Tarea 4	#Clics	8
	#Tiempo	23,6
	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Tarea 5	#Clics	3
	#Tiempo	14,2
	¿Ha repetido alguna accion?	No
	¿Se ha quedado bloqueado?	No
	¿Ha pedido ayuda?	No
Usuario 3 - Usuario sin experiencia en dispositivos móviles ni interfaces web.		
Tarea 1	#Clics	7
	#Tiempo	94
	¿Ha repetido alguna accion?	NO
	¿Se ha quedado bloqueado?	NO
	¿Ha pedido ayuda?	NO

Anexos

Tarea 2	#Clics	7
	#Tiempo	68
	¿Ha repetido alguna accion?	NO
	¿Se ha quedado bloqueado?	SI
	¿Ha pedido ayuda?	NO
Tarea 3	#Clics	7
	#Tiempo	78
	¿Ha repetido alguna accion?	NO
	¿Se ha quedado bloqueado?	SI
	¿Ha pedido ayuda?	SI
Tarea 4	#Clics	6
	#Tiempo	108
	¿Ha repetido alguna accion?	SI
	¿Se ha quedado bloqueado?	SI
	¿Ha pedido ayuda?	SI
Tarea 5	#Clics	3
	#Tiempo	20
	¿Ha repetido alguna accion?	NO
	¿Se ha quedado bloqueado?	NO
	¿Ha pedido ayuda?	NO

Tabla 9. Resultados detallados de las pruebas de usabilidad con usuarios

14.4 Cuestionario de feed-back post sesión de la prueba de usabilidad

Cuestionario de feed-back post session de la prueba de usabilidad de AACLearn

Datos del participante

Nombre o iniciales: _____

Perfil:

- Con experiencia en aplicaciones web.
- Sin experiencia en aplicaciones web.

Valoración general

1. ¿Te ha resultado fácil usar la aplicación AACLearn?

- Muy fácil
- Fácil
- Neutral
- Difícil
- Muy difícil

2. ¿Has comprendido para qué sirve cada funcionalidad sin necesidad de ayuda?

Anexos

- Siempre
- En la mayoría de los casos
- Algunas veces
- Muy pocas veces
- Nunca

3. ¿Qué funcionalidades te han parecido más útiles?

- Personalización de ajustes
- Iconos personalizados
- Abecedario
- Dibujo libre
- Historial / Librería
- Otro: _____

4. ¿Te ha resultado la navegación clara y lógica?

- Totalmente
- En general sí
- Algo confusa
- Bastante confusa
- Muy confusa

Accesibilidad y comprensión

5. ¿El tamaño de los textos, botones e iconos te ha parecido adecuado?

- Sí
- No, eran demasiado pequeños
- No, eran demasiado grandes

6. ¿Te ha resultado clara la retroalimentación que da la aplicación (mensajes, avisos, sonidos...)?

- Sí
- No
- No siempre

Anexos

Satisfacción general

7. ¿Cómo valorarías tu experiencia general con AACLearn?

- Muy satisfactoria
- Satisfactoria
- Neutral
- Poco satisfactoria
- Muy insatisfactoria

8. ¿Recomendarías esta herramienta a otros tutores o acompañantes con TEA?

- Sí
- No
- No estoy seguro/a

Comentarios adicionales

9. ¿Qué mejorarías o cambiarías de la aplicación?

10. ¿Hay algo que te haya resultado especialmente molesto o incómodo?

11. ¿Hay alguna funcionalidad que hayas echado de menos?

14.5 Manual de uso para padres y tutores

AACLearn es una aplicación web diseñada para facilitar la comunicación aumentativa y alternativa a niños con trastorno del espectro autista no verbal. Este manual tiene como objetivo guiar a padres, madres, tutores legales y otros acompañantes adultos en el uso básico de la plataforma para que puedan configurarla, adaptarla y utilizarla junto al menor de forma efectiva.

Requisitos mínimos:

- Dispositivo: ordenador, tableta o móvil con navegador actualizado.
- Conexión a internet.
- Altavoces o auriculares (para la reproducción de voz).

Anexos

Registro e inicio de sesión

Accede a la web de AACLearn: <https://aaclearn.onrender.com/> , pulsa en “Registrarse” e introduce el nombre, la dirección de correo electrónico, la contraseña y el avatar en el formulario que aparece. Una vez registrado, podrás iniciar sesión desde la misma página con tus credenciales.

Personalización de la experiencia

Si se quiere acceder a la personalización de experiencia, una vez dentro de la aplicación web, desde el apartado “Ajustes”, se puede elegir la voz que se usará para leer los iconos, en diferentes idiomas y timbres y se puede ajustar la velocidad de reproducción de la voz, cambiar el tamaño del texto y los iconos.

Uso de iconos

Para acceder a la funcionalidad de iconos, pulsamos “Iconos” en el encabezado de la página, y veremos carpetas categorizadas. Al pulsar un icono o categoría, se reproducirá la voz de su contenido. Además, podemos marcar iconos como favoritos añadiéndolos a su carpeta respectiva, o editar y eliminar iconos personalizados.

Funcionalidad de abecedario

Accedemos a la sección “Abecedario”, cada letra reproduce su sonido al ser pulsada, y las letras seleccionadas se combinan para formar una palabra. Esta función es ideal para trabajar la conciencia fonológica y el inicio del lenguaje.

Dibujo libre y librería

Pulsamos “Pizarra” para acceder al espacio de dibujo libre. El usuario principal puede dibujar libremente y, si estas autenticado, puedes guardar sus creaciones. Accedemos a “Librería” para revisar, editar o eliminar los dibujos guardados.

Recuperación de contraseña

Si olvidas la contraseña, solo hace falta que pulses a “Has olvidado tu contraseña” en la pantalla de inicio de sesión, esta te permitirá escribir tu correo para recibir un enlace de restablecimiento de contraseña.

Perfil del usuario

Desde “Mi Cuenta”, podemos modificar el nombre, correo y cambiar el avatar. Es importante tener los datos actualizados para garantizar una experiencia personalizada.

Consejos para padres y tutores

- Acompaña siempre al menor en las primeras sesiones para guiarle.
- Usa la personalización de iconos para incluir elementos del día a día del niño.
- Refuerza verbalmente lo que se reproduce por voz para favorecer la comprensión.
- Observa qué elementos despiertan más interés y adapta la experiencia en consecuencia.