Diseño, desarrollo e implementación de un objeto virtual de aprendizaje (ova) accesible basado en el diseño universal para el aprendizaje (dua) y las pautas wcag 2.1 aa para la capacitación en derechos humanos en el INPEC

Luis Carlos Ruiz García

Asesor

Juan Carlos Neira Cruz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Multimedia

2026

Agradecimientos

Agradezco de manera especial a mi asesor, Juan Carlos Neira Cruz, por su acompañamiento, orientación metodológica y disposición constante durante el desarrollo de este proyecto de grado.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y a la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI), por brindar los espacios académicos y las herramientas conceptuales necesarias para la formación como Ingeniero Multimedia.

Al Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC), en particular al establecimiento penitenciario de Dosquebradas, por permitir que este proyecto se proyecte como una solución aplicable a una necesidad real de capacitación institucional.

Finalmente, a todas las personas que, directa o indirectamente, aportaron observaciones, tiempo y disposición para la validación de este Objeto Virtual de Aprendizaje.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a mi familia, quienes con su apoyo incondicional y paciencia acompañaron cada etapa de este proceso académico. A los funcionarios del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC) que, con su labor diaria, sostienen una función social exigente y muchas veces invisibilizada, y a quienes espero que este Objeto Virtual de Aprendizaje les resulte de utilidad real en su formación institucional.

A quienes creen que la tecnología puede ser una herramienta de inclusión y no de exclusión, y que la accesibilidad digital no es un requisito opcional, sino un derecho.

Declaración sobre el Uso de Inteligencia Artificial

En cumplimiento de los principios de transparencia e integridad académica de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), se declara que en el desarrollo del presente trabajo de grado se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa (**ChatGPT, de OpenAI, y Claude, de Anthropic**) como apoyo en las siguientes actividades:

Apoyo en la redacción y revisión de estilo de secciones del documento, a partir de información, datos, decisiones de diseño y criterios aportados directamente por el autor.

Generación y revisión de código fuente auxiliar para la construcción del documento en formato Word (tabla de contenido, numeración de figuras y tablas) y apoyo en la elaboración de los diagramas de arquitectura lógica y física del sistema (apartados 4.1.2 y 4.1.3), a partir de las especificaciones técnicas definidas por el autor.

Apoyo en la búsqueda, organización y revisión de referencias bibliográficas para el estado del arte (apartado 2.1) y el marco referencial, así como en la revisión de coherencia, ortografía y aplicación de las normas APA séptima edición. La selección y verificación final de las fuentes correspondió al autor.

Apoyo en la organización y estructuración de contenidos metodológicos y técnicos, a partir del contenido, las decisiones de diseño y los datos suministrados por el autor.

El uso de estas herramientas no reemplaza la autoría intelectual del proyecto ni la responsabilidad académica del autor: el planteamiento del problema, los objetivos, las decisiones de diseño del Objeto Virtual de Aprendizaje (arquitectura, guiones, wireframes, storyboard, personajes, sistema UX/UI), el desarrollo del prototipo funcional y la aplicación de los instrumentos de validación (Capítulo VI) corresponden al trabajo directo del autor. La responsabilidad sobre el contenido, la veracidad de la información presentada y las decisiones

académicas, metodológicas y técnicas del presente trabajo de grado recae exclusivamente en el autor, Luis Carlos Ruiz García, quien declara haber revisado, validado y hecho propio el contenido presentado.

Los resultados de validación empírica que se incorporen en los apartados 6.1 a 6.5 y en el Capítulo VII corresponderán exclusivamente a datos reales obtenidos mediante la aplicación directa de los instrumentos descritos. Las herramientas de inteligencia artificial se utilizaron únicamente como apoyo para la organización, revisión o presentación de la información, sin sustituir los datos obtenidos durante las pruebas.

Resumen

El presente proyecto aplicado tiene como propósito el diseño, desarrollo e implementación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) accesible, orientado a fortalecer los procesos de capacitación en Derechos Humanos y uso adecuado de la fuerza en el Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC). La propuesta surge a partir de la necesidad de mejorar los métodos tradicionales de capacitación, los cuales se basan principalmente en materiales estáticos que no incorporan criterios de accesibilidad digital ni enfoques pedagógicos inclusivos. Esta situación limita el acceso a la información para funcionarios con discapacidad auditiva o baja visión, afectando la calidad y equidad del aprendizaje. El OVA se desarrolla bajo los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), garantizando múltiples formas de representación, acción y expresión. Asimismo, se implementan los lineamientos de accesibilidad establecidos en las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) en nivel AA, mediante la incorporación de subtítulos, transcripciones, navegación por teclado y diseño visual accesible. Desde la Ingeniería Multimedia, el proyecto integra el diseño centrado en el usuario, la producción audiovisual accesible y el desarrollo web interactivo, proponiendo una solución inclusiva, funcional y aplicable en el contexto institucional. El prototipo funcional resultante, compuesto por seis pantallas interconectadas (inicio de sesión, panel de usuario, módulo de contenido, actividad interactiva, evaluación y certificado), fue verificado técnicamente mediante herramientas de análisis de accesibilidad y fue validado mediante una prueba piloto con funcionarios del INPEC, cuyos resultados se documentan en el Capítulo VI del presente informe.

Palabras clave: Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), accesibilidad digital, Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), WCAG 2.1, capacitación institucional, Derechos Humanos, experiencia de usuario (UX).

Abstract

This applied project aims to design, develop, and implement an accessible Virtual Learning Object (VLO) focused on strengthening training processes in Human Rights and the proper use of force within the Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC). The proposal arises from the need to improve traditional training methods, which are mainly based on static materials that do not incorporate digital accessibility criteria or inclusive pedagogical approaches. This situation limits access to information for staff with hearing impairments or low vision, affecting the quality and equity of the learning process. The VLO is developed under the principles of Universal Design for Learning (UDL), ensuring multiple means of representation, action, and expression. Additionally, it implements the accessibility guidelines established by the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) at level AA, through the inclusion of subtitles, transcripts, keyboard navigation, and accessible visual design. From a Multimedia Engineering perspective, the project integrates user-centered design, accessible audiovisual production, and interactive web development, proposing an inclusive, functional, and applicable solution within an institutional context. The resulting functional prototype, composed of six interconnected screens (login, dashboard, content module, interactive activity, assessment, and certificate), was technically verified through accessibility analysis tools and was validated through a pilot test with INPEC officers, the results of which are reported in Chapter VI of this document.

***Keywords**:* Virtual Learning Object (VLO), digital accessibility, Universal Design for Learning (UDL), WCAG 2.1, institutional training, Human Rights, user experience (UX).

Tabla de Contenido

Introducción 19

Generalidades 21

Planteamiento del Problema 21

Descripción del Problema 21

Formulación del Problema 22

Justificación 22

Académica 22

Social 23

Tecnológica 23

General 24

Objetivo General 24

Objetivos Específicos 25

Alcance del Proyecto 25

Limitaciones del Proyecto 26

Marco Referencial 29

Estado del Arte 29

Marco Teórico 33

Derechos Humanos 33

Derechos Humanos en el Contexto Penitenciario 33

Objetos Virtuales de Aprendizaje 34

Plataformas LMS 34

MoodleCloud 35

Accesibilidad Web 35
Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) 36
WCAG 2.1 Nivel AA 37
Experiencia de Usuario (UX) 37
Diseño de Interfaz de Usuario (UI) 38
Ingeniería Multimedia 38
Síntesis del Marco Teórico 39
Marco Legal Colombiano 39
Marco Conceptual 41
Diseño Metodológico 42
Tipo de Investigación 42
Enfoque de Investigación 42
Diseño Metodológico 43
Población y Muestra 43
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información 44
Metodología Scrum 44
Fases del Proyecto 45
Definición del Proyecto 46
Preproducción 47
Producción 48
Postproducción 49
Cierre Metodológico 49
Cronograma de Actividades 50

Resultados Esperados 53
Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) Accesible (Entregable Principal) 53
Documentación Técnica y Académica 54
Impacto Académico e Institucional 54
Diseño y Desarrollo del OVA 56
Arquitectura del OVA 56
Arquitectura General 57
Arquitectura Lógica 59
Arquitectura Física 61
Diagrama de Navegación 63
Flujo del Usuario 65
Casos de Uso 67
Bocetos 69
Wireframes 71
Storyboard 73
Diseño de Personajes 75
Instructor Virtual Carlos Andrés Moreno 75
Guía Virtual Alejandra Torres Vega 76
Recursos Gráficos 78
Guion Técnico 80
Guion Multimedia 81
Diseño UX/UI 82
Implementación del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) 85

Implementación de las Pautas WCAG 2.1 AA 88
Matriz de Requisitos Funcionales y No Funcionales 90
Implementación del OVA 93
Tecnologías Utilizadas 93
HTML5 94
CSS3 95
JavaScript 97
GitHub Pages 98
MoodleCloud 98
Diseño Responsive 99
Integración Multimedia 99
Pruebas y Validación 101
Pruebas Funcionales 101
Compatibilidad entre Navegadores 102
Compatibilidad con Dispositivos Móviles 103
Pruebas de Usabilidad 103
Validación de Accesibilidad 104
Evaluación mediante Lighthouse 106
Resultados de las Pruebas 108
Encuesta de Satisfacción 110
Resultados Obtenidos 112
Desarrollo del Prototipo Funcional 112
Cumplimiento de Objetivos 112

Evidencias del Sistema Implementado 113
Conclusiones 115
Recomendaciones 118
Recomendaciones Técnicas 118
Recomendaciones Académicas 118
Referencias 120
Apéndices 123
Apéndice A. Capturas de pantalla del sistema implementado (seis pantallas del prototipo funcional) 123
Apéndice B. Instrumento de encuesta de satisfacción (formato de aplicación) 126
Apéndice C. Instrumento System Usability Scale (SUS) y hoja de cálculo para el procesamiento de resultados 128
Apéndice D. Reportes de las herramientas automatizadas de accesibilidad WAVE y Lighthouse 130
Apéndice E. Capturas de la integración y el seguimiento del curso en MoodleCloud 132
Apéndice F. Capturas del repositorio en GitHub y del sitio publicado en GitHub Pages 134
Apéndice G. Evidencia del paquete SCORM 2004 generado (estructura de archivos e imsmanifest.xml) 135
Apéndice H. Ejemplo del certificado de finalización generado por el sistema 137
Apéndice I. Declaración y autorización de uso de herramientas de inteligencia artificial en trabajo de grado 138
Datos del Proyecto 138
Herramienta(s) de Inteligencia Artificial Utilizada(s) 138

Descripción Detallada del Uso 140

Alcance del Uso de IA 141

Declaración de Responsabilidad del Estudiante 141

Aval del Asesor(a) de Proyecto 141

Apéndice J. Autorización firmada por los participantes de la prueba piloto para el uso académico de la información recolectada 143

Lista de Tablas

Tabla 1. *Antecedentes identificados: identificación general* 30

Tabla 2. *Antecedentes identificados: análisis comparativo* 31

Tabla 3. *Cronograma de Actividades del Proyecto (Modelo MSP)* 50

Tabla 4. *Cronograma con Fechas* 52

Tabla 5. *Resultados Esperados por Objetivo* 54

Tabla 6. *Fragmento del Guion Técnico - Módulo 1, Unidad 1.1* 80

Tabla 7. *Fragmento del Guion Multimedia - Video de Bienvenida Módulo 1* 82

Tabla 8. *Matriz de requisitos funcionales y no funcionales del OVA* 90

Tabla 9. *Comparativo de Decisión Tecnológica: JavaScript Nativo vs. Framework de Componentes* 94

Tabla 10. *Resultados de Pruebas Funcionales* 101

Tabla 11. *Compatibilidad del Prototipo por Navegador* 102

Tabla 12. *Compatibilidad del Prototipo en Dispositivos Móviles* 103

Tabla 13. *Puntajes SUS Obtenidos en la Prueba Piloto* 104

Tabla 14. *Resultados de la Verificación WCAG 2.1 Nivel AA por Principio* 105

Tabla 15. *Resultados de la Encuesta de Satisfacción (n=10)* 111

Tabla 16. *Cumplimiento de los Objetivos Específicos del Proyecto* 112

Tabla 17. *Datos del proyecto declarados en la Declaración de Uso de IA* 138

Tabla 18. *Herramientas de inteligencia artificial utilizadas* 139

Lista de Figuras

Figura 1. *Diagrama de Gantt del proyecto OVA INPEC Derechos Humanos* 53

Figura 2. *Arquitectura general del OVA INPEC, organizada en cinco capas (presentación, contenido pedagógico DUA, LMS y accesibilidad)* 58

Figura 3. *Arquitectura lógica del OVA INPEC: capas de presentación, lógica de aplicación y datos* 60

Figura 4. *Arquitectura física y topología de despliegue del OVA INPEC* 62

Figura 5. *Mapa de navegación del OVA INPEC: de la pantalla de inicio al cierre, pasando por el Módulo 0 y los tres módulos temáticos* 64

Figura 6. *Flujo de usuario del OVA INPEC, desde el ingreso por SSO hasta la obtención del certificado final* 66

Figura 7. *Casos de uso del OVA INPEC (UC-01 a UC-06)* 68

Figura 8. *Boceto de baja fidelidad de la pantalla de inicio de sesión del OVA* 70

Figura 9. *Wireframe de alta fidelidad de la pantalla de inicio de sesión (login)* 71

Figura 10. *Wireframe del panel de usuario (dashboard) con el resumen de progreso y los tres módulos de aprendizaje* 72

Figura 11. *Storyboard y flujo de navegación general del OVA INPEC* 74

Figura 12. *Diseño de la instructora virtual Alejandra Torres Vega* 77

Figura 13. *Expresiones diferenciadas del personaje: retroalimentación correctiva y retroalimentación positiva* 78

Figura 14. *Sistema de iconografía semántica utilizado en el OVA INPEC* 79

Figura 15. *Sistema tipográfico del OVA: jerarquía, pesos y escala tipográfica* 83

Figura 16. *Paleta de colores institucional del OVA y su verificación de contraste WCAG 2.1 AA* 84

Figura 17. *Estructura modular del curso: tres módulos temáticos diseñados bajo principios DUA* 86

Figura 18. *Principios DUA aplicados: redes de reconocimiento, estratégica y afectiva*..... 87

Figura 19. *Criterios de éxito WCAG 2.1 AA implementados en el OVA, organizados según los cuatro principios (Perceptible, Operable, Comprensible y Robusto)* 89

Figura 20. *Pantalla de inicio del OVA*..... 123

Figura 21. *Menú principal del OVA*..... 123

Figura 22. *Módulo 1: Introducción a los Derechos Humanos* 124

Figura 23. *Actividad interactiva del OVA*..... 124

Figura 24. *Evaluación del OVA* 125

Figura 25. *Pantalla de resultados o finalización del OVA* 125

Figura 26. *Respuestas de la encuesta de satisfacción del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 126

Figura 27. *Formulario de la encuesta de satisfacción del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 126

Figura 28. *Formulario de la encuesta de satisfacción del Objeto Virtual de Aprendizaje (2) (OVA)* 127

Figura 29. *Excel de formulario de la encuesta de satisfacción del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 127

Figura 30. *Respuestas de la encuesta de test de usabilidad del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 128

Figura 31. *Formulario de la encuesta de test de usabilidad del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 128

Figura 32. *Formulario de la encuesta de test de usabilidad del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA). (2)* 129

Figura 33. *Excel de formulario de la encuesta de test de usabilidad del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 129

Figura 34. *Prueba con herramienta WAVE del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 130

Figura 35. *Prueba con herramienta lighthouse del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 130

Figura 36. *Segunda prueba con herramienta lighthouse del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 131

Figura 37. *Integración a MoodleCloud del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 132

Figura 38. *Página del OVA funcional en MoodleCloud del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 133

Figura 39. *Integración y publicación de GitHub del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)* 134

Figura 40. *Estructura de archivos del paquete SCORM 2004 del OVA* 135

Figura 41. *Contenido del archivo imsmanifest.xml del paquete SCORM 2004* 136

Figura 42. *Segundo contenido del archivo imsmanifest.xml del paquete SCORM 2004* 136

Figura 43. *Certificado de finalización generado por el sistema* 137

Figura 44. *Autorización firmada por los participantes de la prueba piloto (cédulas cubiertas por anonimización)* 144

Lista de Apéndices

Apéndice A. *Capturas de pantalla del sistema implementado (seis pantallas del prototipo funcional)* 123

Apéndice B. *Instrumento de encuesta de satisfacción (formato de aplicación)* 126

Apéndice C. *Instrumento System Usability Scale (SUS) y hoja de cálculo para el procesamiento de resultados* 128

Apéndice D. *Reportes de las herramientas automatizadas de accesibilidad WAVE y Lighthouse* 130

Apéndice E. *Capturas de la integración y el seguimiento del curso en MoodleCloud* 132

Apéndice F. *Capturas del repositorio en GitHub y del sitio publicado en GitHub Pages* 134

Apéndice G. *Evidencia del paquete SCORM 2004 generado (estructura de archivos e imsmanifest.xml)* 135

Apéndice H. *Ejemplo del certificado de finalización generado por el sistema* 137

Apéndice I. *Declaración y autorización de uso de herramientas de inteligencia artificial en trabajo de grado* 138

Apéndice J. *Autorización firmada por los participantes de la prueba piloto para el uso académico de la información recolectada* 143

Introducción

En el contexto actual de transformación digital, las instituciones públicas enfrentan el desafío de fortalecer sus procesos de capacitación mediante el uso de herramientas tecnológicas que no solo sean funcionales, sino también accesibles e inclusivas. En este escenario, la formación en Derechos Humanos y uso adecuado de la fuerza en el Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC) adquiere una relevancia estratégica, al incidir directamente en el desempeño de los funcionarios, en la garantía de la dignidad humana de la población privada de la libertad y en el cumplimiento de los principios constitucionales e institucionales que rigen la función penitenciaria en Colombia.

No obstante, gran parte de estos procesos formativos aún se apoya en recursos tradicionales que no incorporan criterios de accesibilidad digital ni responden a la diversidad de los usuarios, lo que evidencia una brecha entre lo que la normativa colombiana exige en materia de accesibilidad y lo que efectivamente se implementa en los entornos de capacitación institucional. El apartado 1.1 desarrolla en detalle esta problemática.

Frente a esta problemática, el presente proyecto no se limita a proponer un recurso digital adicional, sino una solución de diseño que integra, desde su concepción, los principios de inclusión: el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) orienta la construcción de un entorno educativo flexible y capaz de anticipar la diversidad de los usuarios, mientras que las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 aportan los criterios técnicos verificables que garantizan el acceso efectivo a los contenidos digitales. La articulación de ambos marcos -uno pedagógico y otro técnico- constituye el eje central que diferencia esta propuesta de los desarrollos convencionales de e-learning institucional.

En respuesta a lo anterior, el presente proyecto tiene como objetivo el diseño, desarrollo e

implementación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) accesible, orientado a fortalecer los procesos de capacitación en Derechos Humanos en el INPEC. Este recurso se concibe como un microcurso interactivo que integra contenidos multimedia accesibles, favoreciendo una experiencia de aprendizaje más inclusiva y efectiva, y proponiendo un modelo de trabajo replicable para otros procesos formativos de la institución.

Desde la Ingeniería Multimedia, el proyecto articula conocimientos en diseño de experiencia de usuario, producción audiovisual y desarrollo web interactivo, con el fin de proponer una solución tecnológica aplicable en un contexto real y no meramente teórico. El aporte del proyecto radica, precisamente, en demostrar que la accesibilidad digital y la calidad pedagógica no son requisitos contrapuestos a la viabilidad técnica de un desarrollo individual de grado, sino dimensiones que, planificadas desde el inicio, resultan alcanzables dentro de los tiempos y recursos propios de un trabajo de este tipo.

El documento se estructura en nueve capítulos: el primero presenta las generalidades del proyecto; el segundo desarrolla el marco referencial; el tercero describe el diseño metodológico; el cuarto documenta el diseño y desarrollo del OVA, capítulo central del presente informe; el quinto detalla su implementación técnica; el sexto expone las pruebas y validaciones realizadas; el séptimo presenta los resultados obtenidos y su relación directa con los objetivos específicos; y los capítulos octavo y noveno recogen las conclusiones y recomendaciones derivadas del proceso.

Generalidades

Planteamiento del Problema

Descripción del Problema

En el contexto del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC), los procesos de capacitación institucional en temas de Derechos Humanos y uso adecuado de la fuerza constituyen un componente esencial para el ejercicio profesional de los funcionarios. Estos procesos buscan garantizar el respeto por la dignidad humana, el cumplimiento de la normativa vigente y una actuación adecuada en situaciones operativas.

No obstante, una parte significativa de estos procesos formativos se desarrolla mediante recursos tradicionales, tales como documentos en formato PDF, presentaciones estáticas y material predominantemente textual, los cuales no incorporan criterios de accesibilidad digital ni estrategias pedagógicas inclusivas. Esta condición limita la interacción del usuario con el contenido, dificulta la comprensión y reduce la efectividad del aprendizaje.

Adicionalmente, no se evidencia una implementación sistemática de estándares internacionales de accesibilidad, como las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), lo que genera barreras para funcionarios con discapacidad auditiva o baja visión. Aspectos como la ausencia de subtítulos en contenidos audiovisuales, la falta de navegación por teclado y el uso inadecuado de contrastes visuales restringen el acceso equitativo a la información.

De igual manera, los recursos actuales presentan bajos niveles de interactividad y escasa integración de elementos multimedia, lo cual limita el aprendizaje significativo, afecta la motivación de los usuarios y disminuye el impacto de los procesos de capacitación.

En síntesis, el problema identificado no es exclusivamente tecnológico ni exclusivamente pedagógico, sino la ausencia de un modelo integrado que articule ambas dimensiones: sin una

base pedagógica sólida (DUA), la accesibilidad técnica se reduce a un requisito de cumplimiento; y sin criterios técnicos verificables (WCAG), los principios de inclusión permanecen en un plano meramente declarativo. En este contexto, se identifica la necesidad de desarrollar una solución tecnológica que integre accesibilidad digital, interactividad y diseño centrado en el usuario, con el fin de mejorar la calidad, la inclusión y la efectividad de los procesos formativos en el INPEC.

Formulación del Problema

¿Cómo diseñar, desarrollar e implementar un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) accesible, basado en los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y en los estándares de accesibilidad WCAG 2.1, que contribuya al fortalecimiento de los procesos de capacitación en Derechos Humanos en el INPEC?

Justificación

Académica

El presente proyecto de grado se enmarca en la necesidad de consolidar y aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación en Ingeniería Multimedia en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. En este sentido, el desarrollo del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) permite integrar competencias relacionadas con el diseño de experiencia de usuario, el desarrollo web mediante tecnologías como HTML5, CSS y JavaScript, así como la producción de contenidos digitales y la organización estructurada de la información.

Más allá de la aplicación técnica, el proyecto incorpora elementos fundamentales como el diseño instruccional y la accesibilidad digital, aspectos que actualmente son indispensables en la creación de recursos educativos. La integración de los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje permite orientar el desarrollo hacia la construcción de entornos formativos más

flexibles, capaces de responder a la diversidad de los usuarios.

De esta manera, el proyecto no solo evidencia la apropiación de los conocimientos adquiridos, sino también la capacidad de aplicarlos de forma pertinente en un contexto real, fortaleciendo el perfil profesional en el campo de la Ingeniería Multimedia.

Social

En el contexto actual, las instituciones públicas enfrentan el desafío de fortalecer sus procesos de capacitación mediante herramientas digitales que garanticen el acceso equitativo a la información. En el caso del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC), la formación en Derechos Humanos y uso adecuado de la fuerza constituye un elemento fundamental para el ejercicio responsable de las funciones institucionales.

Sin embargo, los recursos de capacitación utilizados actualmente presentan limitaciones en términos de accesibilidad, lo que genera barreras para funcionarios con discapacidad auditiva o baja visión. Esta situación no solo restringe el acceso a los contenidos, sino que también afecta la equidad en los procesos de aprendizaje.

En este sentido, el desarrollo del OVA accesible se plantea como una respuesta a esta necesidad, al incorporar herramientas que facilitan el acceso a la información, tales como subtítulos, transcripciones, navegación por teclado y diseño visual adaptado. Con ello, se busca contribuir al fortalecimiento de procesos formativos más inclusivos, equitativos y acordes con las exigencias actuales de la educación digital.

Tecnológica

Desde la perspectiva tecnológica, el proyecto propone el desarrollo de un recurso educativo digital accesible que responde a estándares internacionales como las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) en nivel AA. Este enfoque garantiza condiciones adecuadas

de acceso para diferentes tipos de usuarios y promueve buenas prácticas en el desarrollo de contenidos digitales. A diferencia de los recursos tradicionales, el OVA integra elementos multimedia e interactivos que favorecen el aprendizaje significativo y la participación del usuario. Asimismo, el uso de tecnologías web modernas permite que el recurso sea accesible desde distintos dispositivos, sin necesidad de instalación, facilitando su uso en diversos contextos.

La posibilidad de implementación en plataformas de gestión del aprendizaje como Moodle asegura su aplicabilidad en escenarios reales, así como su potencial de adaptación y escalabilidad en futuros procesos de capacitación institucional.

General

En conjunto, el presente proyecto se justifica por su capacidad de articular componentes académicos, sociales y tecnológicos en torno a una necesidad real del contexto institucional. El desarrollo de un OVA accesible no solo contribuye al mejoramiento de los procesos de capacitación en el INPEC, sino que también promueve la inclusión, la equidad y el uso adecuado de herramientas digitales.

De esta manera, el proyecto evidencia el potencial de la Ingeniería Multimedia como una disciplina orientada al diseño de soluciones innovadoras con impacto social, especialmente en escenarios donde el acceso a la información y la formación continua resultan fundamentales.

Objetivo General

Diseñar, desarrollar e implementar un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) accesible, fundamentado en los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje y en los lineamientos de accesibilidad establecidos por las Web Content Accessibility Guidelines nivel AA, con el propósito de fortalecer los procesos de capacitación en Derechos Humanos en el Instituto

Nacional Penitenciario y Carcelario, garantizando una experiencia de aprendizaje inclusiva, comprensible y funcional para los usuarios.

Objetivos Específicos

Analizar los fundamentos del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y los criterios de accesibilidad digital definidos por las WCAG 2.1, con el fin de establecer los lineamientos conceptuales y técnicos que orientarán el desarrollo del recurso educativo digital.

Desarrollar contenidos multimedia accesibles, incorporando recursos como videos con subtítulos sincronizados, transcripciones textuales, imágenes con descripciones alternativas y configuraciones de contraste visual adecuadas.

Diseñar la arquitectura pedagógica y la experiencia de usuario del OVA, estructurando los contenidos, la navegación y las estrategias didácticas de manera coherente con los principios de accesibilidad e inclusión.

Evaluar la accesibilidad y la usabilidad del OVA a través de la aplicación de criterios establecidos en las WCAG 2.1 nivel AA y mediante la realización de una prueba piloto con usuarios del contexto institucional, con el propósito de identificar mejoras y validar su funcionamiento.

Implementar el OVA mediante tecnologías web, asegurando su integración funcional en la plataforma Moodle, así como su operabilidad y accesibilidad en diferentes dispositivos.

Alcance del Proyecto

El presente proyecto se orienta al diseño, desarrollo e implementación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) tipo micro curso interactivo, enfocado en la capacitación en Derechos Humanos y uso adecuado de la fuerza en el INPEC.

El OVA está estructurado en tres módulos temáticos: principios de Derechos Humanos en el contexto penitenciario, uso adecuado de la fuerza y procedimientos institucionales. La población objetivo corresponde a funcionarios administrativos y operativos del INPEC del establecimiento penitenciario de Dosquebradas. El diseño del OVA contempla, como población objetivo del producto accesible, a usuarios con discapacidad auditiva y baja visión, sin que ello implique que dicha condición haya sido un criterio de selección de la muestra piloto ejecutada (véase limitación declarada en el apartado 1.7).

El desarrollo contempla la construcción de un prototipo funcional en HTML5, CSS3 y JavaScript, con seis pantallas interconectadas (inicio de sesión, panel de usuario, módulo de contenido, actividad interactiva, evaluación y certificado), así como su empaquetamiento bajo el estándar SCORM 2004 para su integración en la plataforma MoodleCloud institucional, y su validación mediante una prueba piloto con un grupo mínimo de cinco (5) usuarios, finalmente ejecutada con diez (10) funcionarios.

El alcance del proyecto se limita a una implementación piloto, por lo cual no se contempla su despliegue a nivel nacional ni su integración total en todos los procesos institucionales del INPEC.

Limitaciones del Proyecto

Temporales: el desarrollo del proyecto se ejecuta en un periodo de dieciséis semanas, lo cual condiciona la profundidad de las pruebas de usuario y limita la posibilidad de iterar múltiples ciclos de mejora.

Muestrales: la validación funcional y de usabilidad se realiza con una muestra piloto de diez funcionarios del establecimiento penitenciario de Dosquebradas, por lo que los resultados no son generalizables al total de la población del INPEC a nivel nacional.

De validación con usuarios en condición de discapacidad: no se documentó de forma específica la participación de personas con discapacidad auditiva o baja visión dentro de la muestra piloto, por lo que la verificación de accesibilidad con esta población objetivo particular queda pendiente para una fase posterior del proyecto; los hallazgos de accesibilidad reportados en el Capítulo VI corresponden a verificación técnica automatizada (WAVE, Lighthouse) y manual (navegación por teclado), no a validación directa con usuarios con discapacidad.

Técnicas: el prototipo se desarrolla como una aplicación web estática (HTML5, CSS3 y JavaScript), sin un backend propio ni base de datos institucional, por lo que el seguimiento de usuarios se simula mediante almacenamiento local del navegador (localStorage) y no mediante integración real con los sistemas de información del INPEC. Adicionalmente, la evaluación de rendimiento mediante Lighthouse (apartado 6.3.1) registró un Largest Contentful Paint de 34,7 segundos, no optimizado dentro del alcance de este proyecto, lo que puede representar una barrera de acceso para usuarios con conexiones móviles limitadas.

Institucionales: la implementación en la plataforma MoodleCloud se realiza en un entorno de prueba controlado por el autor del proyecto, y no en el entorno productivo institucional del INPEC, dado que su integración definitiva excede el alcance de un proyecto de grado.

De contenido: el proyecto se circunscribe a tres módulos temáticos priorizados junto con el asesor; otros contenidos de capacitación institucional del INPEC no fueron abordados en esta primera versión del OVA.

Ética y consentimiento informado: la participación de los diez funcionarios en la prueba piloto fue voluntaria, en el marco de una actividad de capacitación institucional, y los datos recolectados (puntajes SUS, resultados de la encuesta de satisfacción, hallazgos de las pruebas

funcionales) se presentan de forma agregada y anonimizada, sin asociar nombres u otra información personal identificable. Durante la ejecución del piloto no se formalizó un instrumento de consentimiento informado por escrito; este vacío fue subsanado posteriormente mediante la firma, por parte de los diez participantes, de una autorización para el uso académico de la información ya recolectada (Apéndice J), suscrita el 21 de agosto de 2026.

Marco Referencial

Estado del Arte

La revisión de antecedentes evidencia un interés creciente por integrar la accesibilidad digital en el desarrollo de Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) en Latinoamérica, así como una tendencia consolidada a nivel internacional en la aplicación del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en entornos e-learning institucionales.

En el ámbito nacional, distintas universidades colombianas han desarrollado OVA orientados a procesos de formación en salud, seguridad ocupacional y derechos fundamentales, aplicando criterios básicos de accesibilidad como subtítulos y textos alternativos; sin embargo, en la mayoría de los casos revisados dicha accesibilidad se limita a componentes aislados y no responde a una verificación sistemática frente a un estándar internacional como las WCAG. Esto representa una oportunidad de diferenciación para el presente proyecto, que aborda la accesibilidad como un criterio transversal de diseño, verificado mediante herramientas técnicas específicas (WAVE y Colour Contrast Analyser) y no como un complemento posterior al desarrollo.

En el contexto penitenciario específicamente, la literatura consultada muestra escasos antecedentes de OVA orientados a la capacitación en Derechos Humanos para personal de custodia y vigilancia, lo cual refuerza la pertinencia y el aporte innovador del presente proyecto dentro del campo de la Ingeniería Multimedia aplicada a la educación institucional.

A nivel metodológico, se identifican experiencias previas de aplicación de modelos híbridos que combinan metodologías ágiles (Scrum) con modelos de producción multimedia por fases (preproducción, producción y postproducción), lo cual respalda la decisión metodológica adoptada en el presente proyecto, descrita en el Capítulo III.

Con el fin de precisar el aporte diferencial del presente proyecto, la Tabla 1 y la Tabla 2 sintetizan cinco antecedentes identificados en la revisión de literatura, contrastando su enfoque metodológico, tecnológico y de accesibilidad frente a la propuesta desarrollada en este trabajo de grado.

Tabla 1

Antecedentes identificados: identificación general

N.°	Autor(es) y año	País	Tipo de fuente	Producto desarrollado	Tecnología / plataforma
1	Morales, Gutiérrez y Ariza (2016)	Colombia	Artículo científico (Universidad Militar Nueva Granada)	OVA de cálculo integral (área bajo la curva)	Entorno virtual Moodle, formato SCORM
2	Instituto Nacional de Derechos Humanos, Chile (s.f.)	Chile	Iniciativa institucional gubernamental	Cursos virtuales de Derechos Humanos para funcionarios públicos	Plataforma virtual institucional
3	Núcleo REA, Universidad de la República (s.f.)	Uruguay	Iniciativa institucional de extensión universitaria	“EVA Accesible”: cursos de discapacidad y Derechos Humanos	Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) accesible
4	Zapata Castañeda y Bohórquez Piñeros (2020)	Colombia (UNAD)	Trabajo de grado	AVA para el curso de Controladores Lógicos Programables	No especificado en la fuente consultada

N.°	Autor(es) y año	País	Tipo de fuente	Producto desarrollado	Tecnología / plataforma
5	Restrepo Rodríguez y Martínez Ovalle (2023)	Colombia	Trabajo de grado (UNAD)	OVA “Genios” de matemáticas para operaciones con racionales	No especificado en la fuente consultada

Fuente. Elaboración propia a partir de las fuentes citadas.

Tabla 2

Antecedentes identificados: análisis comparativo

N.°	Metodología aplicada	Enfoque de accesibilidad	Aporte principal	Diferencia respecto al presente proyecto
1	Guía metodológica en tres dimensiones (pedagógica, de contenidos, tecnológica)	No reportado en la fuente consultada	Guía de diseño de OVA ampliamente referenciada en el contexto colombiano	No incorpora explícitamente DUA ni WCAG como ejes de diseño; el presente proyecto sí
2	No especificada en la fuente consultada	Compromiso institucional declarado de cumplimiento WCAG 2.1 AA	Antecedente más cercano en población objetivo (funcionarios públicos) y estándar de accesibilidad	No documenta un proceso de diseño UX/UI ni una arquitectura técnica verificable; el presente proyecto sí
3	No especificada en la fuente consultada	Accesibilidad como eje declarado del entorno virtual	Antecedente directo en la combinación Derechos Humanos +	No se ubica en el contexto penitenciario ni documenta criterios WCAG

N.°	Metodología aplicada	Enfoque de accesibilidad	Aporte principal	Diferencia respecto al presente proyecto
		("EVA Accesible")	funcionarios públicos + accesibilidad	verificables; el presente proyecto sí
4	Enfoque mixto con triangulación concurrente (DITRIAC)	No reportada en la fuente consultada	Antecedente institucional directo (mismo programa y modalidad de la UNAD)	No incorpora accesibilidad digital; el presente proyecto añade DUA y WCAG 2.1 AA
5	No especificada en la fuente consultada	No reportada en la fuente consultada	Confirma la vigencia de la línea de investigación de OVA dentro de la UNAD	Dirigido a población escolar, no institucional; el presente proyecto atiende población adulta funcionaria y prioriza accesibilidad

Fuente. Elaboración propia a partir de las fuentes citadas.

El análisis comparativo evidencia que, si bien existen antecedentes sólidos tanto en la aplicación de metodologías de diseño de OVA en Colombia (Morales, Gutiérrez y Ariza, 2016; UNAD) como en iniciativas institucionales de capacitación accesible en Derechos Humanos para funcionarios públicos (Chile, Uruguay), ningún antecedente identificado integra de manera simultánea y verificable los cuatro elementos que articula el presente proyecto: población de funcionarios de un establecimiento penitenciario, contenido temático de Derechos Humanos y uso de la fuerza, fundamentación explícita en el Diseño Universal para el Aprendizaje, y verificación técnica documentada frente a las WCAG 2.1 en nivel AA.

Marco Teórico

El desarrollo del presente proyecto se fundamenta en un conjunto de enfoques teóricos y normativos que permiten comprender la relación entre accesibilidad, aprendizaje y tecnología en entornos digitales. En este sentido, se integran aportes relacionados con los Derechos Humanos, los Objetos Virtuales de Aprendizaje, las plataformas LMS, la accesibilidad web, el Diseño Universal para el Aprendizaje, la experiencia de usuario, el diseño de interfaz y la Ingeniería Multimedia. Estos enfoques no se abordan de manera aislada, sino como un sistema articulado que orienta el diseño y desarrollo del Objeto Virtual de Aprendizaje propuesto.

Derechos Humanos

Los Derechos Humanos son un conjunto de principios y normas que reconocen la dignidad inherente de todas las personas, con independencia de su condición jurídica o social. Estos derechos son universales, inalienables e interdependientes, y constituyen el fundamento ético y jurídico de toda actuación estatal, incluyendo la que se ejerce en contextos de restricción de la libertad.

En el marco de este proyecto, los Derechos Humanos se abordan como el eje temático central de la capacitación institucional, con énfasis en su aplicación práctica dentro del sistema penitenciario colombiano.

Derechos Humanos en el Contexto Penitenciario

En el contexto del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC), estos principios orientan el actuar de los funcionarios, especialmente en situaciones relacionadas con el uso de la fuerza y la interacción con la población privada de la libertad. La relación entre el Estado y las personas privadas de la libertad se caracteriza por una posición de garante, en virtud de la cual la

administración penitenciaria asume obligaciones reforzadas de protección de derechos fundamentales.

El OVA desarrollado en este proyecto busca fortalecer la comprensión y aplicación de estos principios, contribuyendo a una formación institucional más consciente, responsable y alineada con el marco normativo vigente, particularmente en lo relativo a la legalidad, necesidad y proporcionalidad en el uso de la fuerza.

Objetos Virtuales de Aprendizaje

Un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) se define como un recurso educativo digital estructurado, diseñado con fines pedagógicos específicos y orientado a facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de tecnologías de la información. Los OVA se caracterizan por ser reutilizables, accesibles y adaptables a diferentes contextos educativos, permitiendo la integración de diversos formatos como texto, audio, video e interactividad.

En el presente proyecto, el OVA se concibe como un microcurso interactivo compuesto por módulos temáticos, diseñado para fortalecer la capacitación en Derechos Humanos en el contexto institucional del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario.

Plataformas LMS

Los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés) son plataformas que permiten organizar, distribuir y evaluar procesos educativos en línea. Según Dabbagh y Bannan-Ritland (2005), estos entornos facilitan la interacción, el seguimiento del aprendizaje y la gestión de contenidos educativos, integrando funcionalidades como el registro de usuarios, la trazabilidad del progreso y la generación de reportes de desempeño.

En este proyecto, el OVA se empaqueta bajo el estándar SCORM 2004 para su implementación en la plataforma Moodle, la cual es ampliamente reconocida por su flexibilidad, su carácter de software libre y su capacidad de integración de recursos multimedia accesibles.

MoodleCloud

MoodleCloud es el servicio de alojamiento en la nube ofrecido oficialmente por Moodle.org, que permite instalar y administrar un entorno Moodle 4.x sin necesidad de infraestructura de servidores propia. Esta modalidad resulta idónea para proyectos de grado y pilotos institucionales, ya que reduce la complejidad de configuración técnica y permite disponer de un entorno funcional en un tiempo reducido.

En el presente proyecto, MoodleCloud se utiliza como entorno de prueba para alojar y publicar el paquete SCORM del OVA, validando su empaquetado y su integración como recurso dentro de un entorno LMS real. En la fase de prototipo, el seguimiento del progreso de los usuarios se resuelve mediante almacenamiento local del navegador (localStorage), tal como se detalla en el apartado 1.7 y en el apartado 4.1.2; la habilitación del seguimiento xAPI/SCORM y la generación de reportes de avance a través del API expuesto por MoodleCloud quedan planteadas como trabajo futuro para una fase de producción, sin comprometer los sistemas de información institucionales del INPEC.

Accesibilidad Web

La accesibilidad web hace referencia a la capacidad de los sitios, herramientas y tecnologías web para ser diseñados y desarrollados de modo que las personas con discapacidad puedan percibirlos, entenderlos, navegarlos e interactuar con ellos. Este concepto implica eliminar barreras tecnológicas y de diseño que puedan dificultar el acceso a la información, tanto

para personas con discapacidad permanente como para usuarios en situaciones contextuales de limitación (por ejemplo, entornos con ruido o iluminación deficiente).

En el marco de este proyecto, la accesibilidad web se implementa mediante la adopción de estándares internacionales como las Web Content Accessibility Guidelines, garantizando condiciones de uso adecuadas para usuarios con discapacidad auditiva y baja visión dentro del INPEC.

Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)

El Diseño Universal para el Aprendizaje, desarrollado por el CAST, surge como una respuesta a la necesidad de construir entornos educativos que reconozcan la diversidad de los estudiantes como una condición inherente del aprendizaje (CAST, 2018).

Este enfoque plantea que las barreras no están en las personas, sino en los diseños rígidos de los entornos educativos. Por ello, propone tres principios fundamentales: múltiples medios de representación (qué se aprende), múltiples medios de acción y expresión (cómo se aprende), y múltiples formas de implicación (por qué se aprende). Estos principios permiten diseñar experiencias educativas flexibles que favorecen la participación de todos los usuarios, independientemente de sus capacidades o condiciones.

Desde el punto de vista teórico, el DUA se sustenta en hallazgos de la neurociencia del aprendizaje, particularmente en la identificación de redes neuronales asociadas al reconocimiento, la acción y la motivación (Meyer, Rose & Gordon, 2014). Esta base científica fortalece su validez como modelo pedagógico.

En el contexto del presente proyecto, el DUA orienta la estructuración del OVA mediante la integración de diferentes formatos de contenido (texto, audio, video), así como la posibilidad

de interacción flexible, lo que permite atender a usuarios con discapacidad auditiva y baja visión dentro del INPEC.

WCAG 2.1 Nivel AA

Las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1, establecidas por el World Wide Web Consortium (2018), constituyen el referente internacional más importante en materia de accesibilidad web. Estas directrices se estructuran en cuatro principios: perceptible, la información debe presentarse de manera que los usuarios puedan percibirla; operable, la interfaz debe ser navegable y funcional; comprensible, el contenido debe ser claro y predecible; y robusto, debe ser compatible con diferentes tecnologías de asistencia.

El nivel AA, adoptado en este proyecto, es considerado el estándar recomendado para instituciones públicas, ya que equilibra accesibilidad y viabilidad técnica. Diversos estudios han demostrado que la implementación de estándares de accesibilidad no solo beneficia a personas con discapacidad, sino que mejora la experiencia general de todos los usuarios (Henry et al., 2014).

En el OVA propuesto, la aplicación de WCAG 2.1 nivel AA se materializa en elementos como subtítulos sincronizados, navegación por teclado, contraste visual mínimo de 4.5:1 para texto normal, estructura semántica HTML5 con roles ARIA, y compatibilidad con lectores de pantalla como NVDA, JAWS y VoiceOver. El detalle de esta implementación se documenta en el apartado 4.11 del presente trabajo.

Experiencia de Usuario (UX)

El diseño centrado en el usuario se establece como un enfoque clave para el desarrollo de productos digitales efectivos. Según la norma ISO 9241-210 (International Organization for

Standardization, 2019), este enfoque busca optimizar la usabilidad y la experiencia mediante la comprensión profunda de los usuarios, sus necesidades y su contexto de uso.

La experiencia de usuario (UX) se entiende como el conjunto de percepciones, emociones y respuestas que una persona experimenta al interactuar con un sistema (Hassenzahl, 2010). En entornos educativos digitales, una buena UX no solo facilita la navegación, sino que también influye directamente en la motivación y el aprendizaje.

En el caso del OVA, la UX se articula con los principios de accesibilidad y DUA, generando una interfaz clara, estructurada y fácil de usar, lo que resulta fundamental en contextos institucionales como el INPEC, donde los usuarios pueden tener distintos niveles de alfabetización digital.

Diseño de Interfaz de Usuario (UI)

El diseño de interfaz de usuario (UI) corresponde al conjunto de elementos visuales, tipográficos y de interacción mediante los cuales una persona se comunica con un sistema digital. Autores como Norman (2013) destacan que el diseño debe ser intuitivo, consistente y centrado en la funcionalidad, evitando generar carga cognitiva innecesaria en el usuario.

En el presente proyecto, el diseño de interfaz se concreta en un sistema de diseño propio, compuesto por una paleta de colores verificada bajo criterios de contraste WCAG 2.1 AA, una jerarquía tipográfica basada en las fuentes DM Sans, Playfair Display y JetBrains Mono, y un sistema de iconografía semántica con atributos ARIA. Este sistema de diseño, documentado en el apartado 4.9, garantiza coherencia visual entre las distintas pantallas del OVA.

Ingeniería Multimedia

La Ingeniería Multimedia es una disciplina que integra fundamentos de la ingeniería de software, el diseño gráfico, la comunicación audiovisual y la interacción humano-computador,

con el propósito de desarrollar productos y servicios digitales que combinen distintos lenguajes y formatos (texto, imagen, audio, video e interactividad).

Desde esta disciplina, el presente proyecto articula competencias de diseño instruccional, producción audiovisual, desarrollo web front-end y validación de accesibilidad, evidenciando la naturaleza transversal e interdisciplinaria de la Ingeniería Multimedia como campo profesional orientado a la resolución de problemas reales mediante soluciones digitales.

Síntesis del Marco Teórico

Los once componentes teóricos desarrollados en este apartado no constituyen un listado de conceptos independientes, sino un sistema articulado en el que cada eslabón condiciona al siguiente: los Derechos Humanos, y su aplicación específica en el contexto penitenciario, definen el contenido sustantivo que el OVA debe comunicar; los conceptos de OVA y de plataformas LMS (Moodle y MoodleCloud) definen el vehículo tecnológico mediante el cual dicho contenido se distribuye; la accesibilidad web y las WCAG 2.1 AA definen las condiciones técnicas mínimas para que ese vehículo sea utilizable por la totalidad de la población objetivo; el DUA define los principios pedagógicos que orientan cómo se organiza el contenido dentro de dicho vehículo; y la experiencia de usuario, el diseño de interfaz y la Ingeniería Multimedia integran, desde una perspectiva de diseño centrado en el usuario, los tres elementos anteriores en un producto único, coherente y evaluable. Esta lectura sistémica del marco teórico es la que orienta directamente las decisiones de diseño documentadas en el Capítulo IV.

Marco Legal Colombiano

El desarrollo del presente proyecto se enmarca dentro de un conjunto de normas nacionales e internacionales que regulan tanto el ejercicio de la función penitenciaria como la accesibilidad digital, garantizando su pertinencia y legitimidad jurídica.

Constitución Política de Colombia (1991): en su artículo 12 prohíbe los tratos crueles, inhumanos o degradantes, y en su artículo 13 consagra el derecho a la igualdad, fundamentos que orientan el enfoque de Derechos Humanos abordado en el OVA.

Ley 65 de 1993, Código Penitenciario y Carcelario: establece el marco general que regula el Sistema Nacional Penitenciario y Carcelario, así como las obligaciones del Estado frente a la población privada de la libertad.

Ley 1709 de 2014: reforma varios artículos de la Ley 65 de 1993, fortaleciendo las garantías de resocialización y el respeto de los derechos fundamentales dentro de los establecimientos de reclusión.

Ley 1346 de 2009: aprueba la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, adoptada por la Organización de las Naciones Unidas, la cual reconoce el derecho de las personas con discapacidad al acceso a la información y a las tecnologías digitales en igualdad de condiciones.

Ley 1618 de 2013: establece las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad en Colombia, incluyendo el acceso a la educación y a las tecnologías de la información.

NTC 5854 (ICONTEC, 2011): norma técnica colombiana de accesibilidad a páginas web, alineada con las pautas WCAG, la cual constituye el referente técnico nacional aplicado en el desarrollo del OVA.

Resolución 1519 de 2020 (MinTIC): define los estándares y directrices para publicar información accesible en los sitios web y aplicaciones móviles del Estado colombiano, en cumplimiento de la Ley 1712 de 2014 de transparencia y acceso a la información pública.

El cumplimiento articulado de estas normas garantiza que el OVA desarrollado no solo responda a una necesidad pedagógica, sino también a un marco de obligatoriedad legal en materia de accesibilidad digital para entidades públicas colombianas.

Marco Conceptual

A continuación, se presentan de manera sintética los conceptos operativos que articulan el desarrollo del proyecto, complementando la fundamentación teórica expuesta en el apartado 2.2.

Contenidos multimedia accesibles: formatos de audio, video, texto e imágenes diseñados bajo criterios de accesibilidad, que incluyen subtítulos, transcripciones textuales, descripciones alternativas y configuraciones de contraste adecuadas.

Prototipo funcional: versión operativa del OVA desarrollada en HTML5, CSS3 y JavaScript, que permite validar la navegación, la interactividad y la accesibilidad antes de su empaquetamiento definitivo.

Módulo temático: unidad pedagógica autocontenida del OVA, compuesta por contenido, actividad interactiva y evaluación, alineada con un objetivo de aprendizaje específico.

Instructor virtual: personaje pedagógico diseñado para acompañar al usuario a lo largo del OVA, presentando contenidos y retroalimentación de manera cercana y consistente con el contexto institucional.

Prueba piloto: validación funcional, de usabilidad y de accesibilidad realizada con una muestra reducida de usuarios reales antes de la implementación institucional a mayor escala.

Diseño Metodológico

Tipo de Investigación

El presente proyecto se desarrolla bajo un tipo de investigación aplicada, en la medida en que no se orienta a la generación de nuevo conocimiento teórico, sino a la construcción de una solución tecnológica y educativa concreta -el Objeto Virtual de Aprendizaje- que responde de manera directa a una necesidad institucional identificada en el INPEC. La investigación aplicada permite, en este caso, transformar los fundamentos teóricos del DUA y de la accesibilidad web en un producto funcional, evaluable y transferible al contexto real de capacitación institucional. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), la investigación aplicada se distingue de la básica precisamente en que su valor se mide por la utilidad práctica de la solución generada y no exclusivamente por su aporte al cuerpo teórico de la disciplina, criterio que resulta plenamente aplicable a un proyecto de grado en Ingeniería Multimedia orientado al desarrollo de un producto digital.

Enfoque de Investigación

El proyecto adopta un enfoque mixto, que combina elementos cualitativos y cuantitativos, bajo un diseño de método mixto secuencial de tipo exploratorio-confirmatorio. Desde el componente cualitativo, se analizan las percepciones, la experiencia de uso y la satisfacción de los funcionarios frente al OVA mediante observación directa y encuestas abiertas. Desde el componente cuantitativo, se recogen datos medibles como los porcentajes de cumplimiento de criterios WCAG 2.1 AA, los puntajes obtenidos en la escala de usabilidad del sistema (SUS) y los resultados de las evaluaciones formativas y sumativas de cada módulo. La triangulación de ambos componentes permite una valoración integral de la calidad del recurso desarrollado, y responde a la necesidad de sustentar hallazgos numéricos (por ejemplo, un

puntaje SUS específico) con una lectura cualitativa que explique el porqué de dicho resultado, evitando así una interpretación puramente estadística de un fenómeno -la experiencia de uso- que es, por naturaleza, también subjetivo.

Diseño Metodológico

Desde el punto de vista metodológico, el proyecto se enmarca en un diseño descriptivo-proyectivo, dado que parte del análisis de una problemática real -las barreras de accesibilidad en los procesos formativos institucionales- y propone una solución tecnológica concreta que es desarrollada, implementada y evaluada en un contexto controlado (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El componente descriptivo se evidencia en la caracterización de la población objetivo y de las condiciones actuales de capacitación, mientras que el componente proyectivo se materializa en el diseño y desarrollo del OVA como respuesta a dicha problemática. Es importante precisar que este diseño no corresponde a un estudio experimental ni cuasiexperimental, en la medida en que no se compara el desempeño de un grupo de control frente a un grupo experimental; la validación del proyecto, por tanto, no pretende establecer relaciones causales generalizables, sino documentar de manera rigurosa la viabilidad, usabilidad y accesibilidad de la solución propuesta en un contexto piloto acotado, límite que se declara explícitamente en el apartado 1.7.

Población y Muestra

La población objetivo del proyecto corresponde a los funcionarios administrativos y del cuerpo de custodia y vigilancia del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC), adscritos al establecimiento penitenciario de Dosquebradas, Risaralda.

Para efectos de la validación funcional, de usabilidad y de accesibilidad del prototipo, se selecciona una muestra piloto no probabilística por conveniencia, compuesta por un mínimo de

cinco (5) funcionarios, incluyendo, en la medida de lo posible, usuarios con discapacidad auditiva o baja visión, con el fin de valorar de manera directa la efectividad de las medidas de accesibilidad implementadas. La muestra finalmente aplicada estuvo compuesta por diez (10) funcionarios, seleccionados de manera intencional; no se documentó de forma específica si alguno de los participantes se identificaba con una condición de discapacidad auditiva o visual, por lo que la validación directa con esta población queda registrada como una verificación pendiente (véase apartado 1.7).

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Para la recolección de datos se emplean los siguientes instrumentos:

Listas de chequeo basadas en los criterios de éxito de las WCAG 2.1 nivel AA, aplicadas mediante herramientas automatizadas (WAVE) y verificación manual.

Observación directa de la interacción del usuario con el prototipo, registrada mediante notas de campo estructuradas.

Encuesta de satisfacción tipo Likert, orientada a valorar la percepción de los usuarios sobre la claridad, utilidad y accesibilidad del OVA.

Escala de Usabilidad del Sistema (System Usability Scale - SUS), instrumento estandarizado de diez ítems propuesto por Brooke (1996), utilizado para obtener una puntuación cuantitativa comparable de la usabilidad percibida.

Estos instrumentos permiten evaluar la calidad del producto tanto desde la perspectiva técnica como desde la experiencia subjetiva de los usuarios (Brooke, 1996).

Metodología Scrum

Para la gestión operativa del desarrollo, el proyecto adopta principios del marco ágil Scrum, complementando el modelo de producción multimedia por fases descrito en el apartado

3.7. Esta combinación permite organizar el trabajo en ciclos cortos e iterativos (sprints), facilitando el control del avance y la incorporación oportuna de ajustes derivados de la retroalimentación del asesor.

Dado que el proyecto es desarrollado por un único estudiante, los roles de Scrum se adaptan de la siguiente manera: el asesor del proyecto asume el rol de Product Owner, encargado de validar el cumplimiento de los objetivos académicos y de priorizar los requerimientos; el estudiante autor del proyecto asume simultáneamente los roles de Scrum Master y equipo de desarrollo, responsable de la planificación, ejecución y autoevaluación de cada sprint.

El desarrollo se organiza en cuatro sprints principales, alineados con las fases del modelo de producción multimedia: Sprint 1 - Definición del proyecto y planificación; Sprint 2 - Preproducción (guiones, wireframes, storyboard y diseño de personajes); Sprint 3 - Producción (desarrollo del prototipo funcional y contenidos multimedia); y Sprint 4 - Postproducción (pruebas, ajustes y documentación final). Al cierre de cada sprint se realiza una revisión (sprint review) con el asesor, en la cual se valida el incremento de producto obtenido y se ajusta el backlog de actividades pendientes.

Fases del Proyecto

La presente metodología se fundamenta en el desarrollo de un producto tecnológico funcional bajo un enfoque aplicado. Para el desarrollo del OVA se adopta el modelo Multimedia Smart Process (MSP), propuesto por Ramos Valcárcel et al. (2011), el cual está orientado específicamente al desarrollo de productos multimedia interactivos. Este modelo permite articular de manera coherente los componentes creativos (diseño instruccional, narrativa digital, producción audiovisual) con los elementos técnicos (programación, integración, validación), garantizando un proceso estructurado y centrado en el usuario.

Asimismo, el desarrollo metodológico se complementa con principios del Diseño Centrado en el Usuario (ISO 9241-210, 2019) y con lineamientos de accesibilidad establecidos en las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1) del World Wide Web Consortium (2018), lo cual asegura que el producto final sea usable, accesible e inclusivo.

El modelo MSP contempla cuatro fases principales: definición del proyecto, preproducción, producción y postproducción.

Definición del Proyecto

Esta fase constituye la base conceptual, metodológica y técnica del proyecto, y se estructura en tres componentes: descubrimiento, planificación y análisis de viabilidad.

En primer lugar, se desarrolla el proceso de descubrimiento, en el cual se identifica la problemática central asociada a los procesos de capacitación del INPEC, particularmente la limitada incorporación de criterios de accesibilidad digital y la escasa utilización de recursos multimedia interactivos. Este análisis se fundamenta en enfoques de inclusión educativa y accesibilidad digital que promueven la eliminación de barreras en el aprendizaje (UNESCO, 2020).

Posteriormente, se realiza la planificación del proyecto, donde se definen los objetivos, el alcance, la población objetivo (funcionarios administrativos y operativos), así como la estructura general del OVA. En esta etapa también se establecen los recursos tecnológicos, el cronograma de actividades y las herramientas de desarrollo, alineadas con las competencias de la Ingeniería Multimedia.

Finalmente, se lleva a cabo el análisis de viabilidad, el cual contempla aspectos técnicos, temporales y operativos, evaluando la factibilidad de implementación del proyecto dentro del

contexto académico e institucional. Este análisis permite garantizar la coherencia entre los recursos disponibles y los resultados esperados.

Esta fase permite consolidar una base estructurada que orienta el desarrollo del OVA, asegurando la articulación entre el problema identificado, los objetivos planteados y la solución propuesta (Ramos Valcárcel et al., 2011).

Preproducción

La fase de preproducción comprende la estructuración pedagógica, visual y funcional del OVA antes de su desarrollo técnico, siendo fundamental para garantizar la calidad del producto final.

En esta etapa se realiza el diseño instruccional, fundamentado en los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), propuestos por CAST (2018), los cuales promueven la creación de entornos educativos flexibles mediante múltiples medios de representación, acción y expresión, e implicación. Estos principios permiten reducir barreras de aprendizaje y garantizar la inclusión de usuarios con diversas condiciones.

De manera complementaria, se elaboran los guiones técnicos y multimedia, así como el storyboard, los cuales permiten organizar los contenidos de forma lógica, secuencial y coherente, facilitando la integración de elementos audiovisuales accesibles (Mayer, 2020).

Asimismo, se desarrolla el diseño de experiencia de usuario (UX) mediante la creación de bocetos, wireframes y prototipos, en los cuales se define la arquitectura de información, la navegación y la interacción del usuario. Este proceso se fundamenta en los principios del diseño centrado en el usuario, priorizando la usabilidad, la claridad y la eficiencia en la interacción (ISO 9241-210, 2019).

En esta fase también se establecen los criterios de accesibilidad, alineados con las WCAG 2.1: uso de subtítulos y transcripciones, contraste adecuado de colores, navegación por teclado y uso de etiquetas semánticas y texto alternativo.

Finalmente, se define la estructura modular del OVA, compuesta por tres módulos temáticos: Derechos Humanos en el contexto penitenciario, uso adecuado de la fuerza y procedimientos institucionales. El detalle completo de esta fase se documenta en el Capítulo IV del presente trabajo.

Producción

La fase de producción corresponde a la ejecución del proyecto, donde se materializan los componentes multimedia y tecnológicos del OVA.

En primer lugar, se desarrolla la producción multimedia accesible, que incluye la elaboración de guiones para videos educativos, la incorporación de subtítulos sincronizados, la elaboración de transcripciones descargables y el diseño de recursos gráficos con texto alternativo. Este proceso se fundamenta en los principios del aprendizaje multimedia, los cuales destacan la importancia de integrar múltiples canales de información para mejorar la comprensión (Mayer, 2020).

Paralelamente, se realiza el desarrollo técnico del OVA, utilizando tecnologías como HTML5, CSS3 y JavaScript, garantizando su compatibilidad con navegadores modernos y su integración en la plataforma MoodleCloud institucional. Se implementan además funcionalidades interactivas accesibles, tales como navegación mediante teclado, controles accesibles y actividades evaluativas interactivas.

Durante esta fase se ejecutan pruebas de funcionalidad y usabilidad, con una muestra piloto de diez funcionarios del INPEC, seleccionados de manera intencional, utilizando los

instrumentos descritos en el apartado 3.5. El detalle técnico de esta fase se documenta en el Capítulo V del presente trabajo.

Postproducción

La fase de postproducción corresponde al cierre del desarrollo, en la cual se realizan ajustes finales y se prepara el producto para su implementación.

En esta etapa se analizan los resultados obtenidos durante las pruebas de usuario, identificando oportunidades de mejora en aspectos de accesibilidad, usabilidad y rendimiento del sistema. Se realizan ajustes técnicos, optimización de tiempos de carga y mejoras en la presentación de contenidos, garantizando una experiencia de usuario más eficiente.

Adicionalmente, se elabora la documentación técnica y el manual de usuario, facilitando la comprensión y uso del OVA dentro del entorno institucional. Finalmente, se realiza la integración del recurso en la plataforma MoodleCloud, lo que permite su validación en un entorno real de aprendizaje. El detalle de las pruebas y su respectivo análisis se documenta en el Capítulo VI del presente trabajo.

Cierre Metodológico

La aplicación del modelo Multimedia Smart Process (MSP), articulado con el marco ágil Scrum, los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje, el diseño centrado en el usuario y los estándares de accesibilidad WCAG 2.1, permite estructurar el desarrollo del OVA de manera integral.

Este enfoque garantiza que el producto final no solo cumpla con criterios técnicos de funcionamiento, sino que también responda a principios de inclusión, accesibilidad y calidad educativa. De esta manera, la metodología adoptada no solo orienta la construcción del recurso,

sino que también respalda su validez como una solución tecnológica pertinente y efectiva para el fortalecimiento de los procesos de capacitación en el contexto del INPEC.

Cronograma de Actividades

A continuación, se presenta el cronograma de actividades correspondiente a las fases de preproducción, producción y postproducción del modelo Multimedia Smart Process (MSP), aplicado al desarrollo del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) accesible para la capacitación en Derechos Humanos en el contexto del INPEC.

Todas las actividades serán desarrolladas por el estudiante responsable del proyecto, quien asume los roles de diseñador multimedia y desarrollador principal. La fase de definición del proyecto no se incluye en la tabla, dado que corresponde a la etapa inicial ya desarrollada en el documento.

Tabla 3

Cronograma de Actividades del Proyecto (Modelo MSP)

Fase / Tarea	**Duración (días)**	**Semanas**
PREPRODUCCIÓN	15	S1 - S5
Investigación y ajustes	2	S1
Guion técnico	3	S1 - S2
Guion multimedia	3	S2 - S3
Diseño de wireframes	2	S3
Diseño de personajes	2	S3 - S4
Storyboard	3	S4 - S5
PRODUCCIÓN	55	S6 - S15
Diseño UX/UI	5	S6
Desarrollo HTML5	5	S6 - S7

Fase / Tarea	Duración (días)	Semanas
Desarrollo CSS3	4	S7 - S8
Programación JavaScript	8	S8 - S9
Módulo 1: Derechos Humanos	5	S9 - S10
Módulo 2: Uso de la Fuerza	5	S10 - S11
Módulo 3: Procedimientos	5	S11 - S12
Implementación DUA	3	S12 - S13
Implementación WCAG 2.1	3	S13 - S14
Pruebas funcionales	2	S14 - S15
POSTPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	10	S15 - S16
Corrección de errores	2	S15
Manual de usuario	1	S15
Documentación final	5	S15 - S16
Preparación de sustentación	2	S16

Fuente. Autoría propia.

El cronograma presentado tiene una duración total de 16 semanas, iniciando el 10 de abril de 2026 y finalizando el 30 de julio de 2026. Este periodo corresponde al desarrollo de las fases de preproducción, producción y postproducción del proyecto titulado Diseño, desarrollo e implementación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) accesible basado en el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y las pautas WCAG 2.1 AA para la capacitación en Derechos Humanos en el INPEC. La tabla siguiente presenta las fechas de inicio y finalización de cada semana del proyecto.

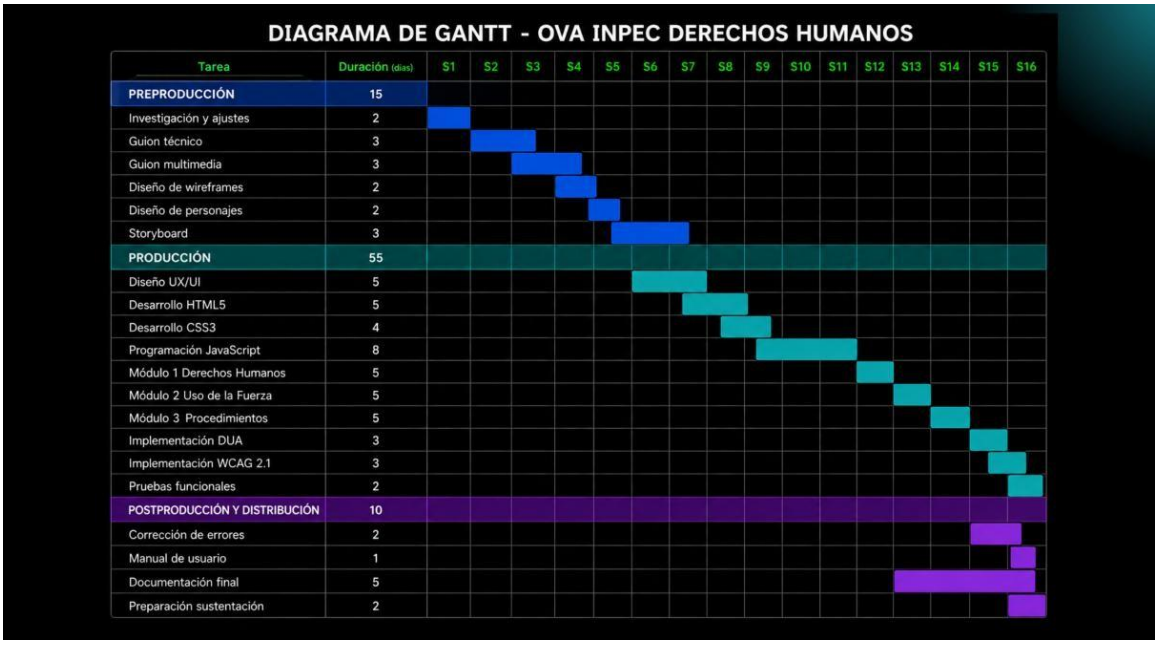
Tabla 4

Cronograma con Fechas

Semana	Fecha inicio	Fecha final
1	10 de abril de 2026	16 de abril de 2026
2	17 de abril de 2026	23 de abril de 2026
3	24 de abril de 2026	30 de abril de 2026
4	1 de mayo de 2026	7 de mayo de 2026
5	8 de mayo de 2026	14 de mayo de 2026
6	15 de mayo de 2026	21 de mayo de 2026
7	22 de mayo de 2026	28 de mayo de 2026
8	29 de mayo de 2026	4 de junio de 2026
9	5 de junio de 2026	11 de junio de 2026
10	12 de junio de 2026	18 de junio de 2026
11	19 de junio de 2026	25 de junio de 2026
12	26 de junio de 2026	2 de julio de 2026
13	3 de julio de 2026	9 de julio de 2026
14	10 de julio de 2026	16 de julio de 2026
15	17 de julio de 2026	23 de julio de 2026
16	24 de julio de 2026	30 de julio de 2026

Figura 1

Diagrama de Gantt del proyecto OVA INPEC Derechos Humanos



Fuente. Elaboración propia.

Resultados Esperados

Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) Accesible (Entregable Principal)

Desarrollo de un OVA estructurado en tres módulos temáticos: Derechos Humanos, Uso Adecuado de la Fuerza y Procedimientos Institucionales.

Implementación de actividades interactivas y evaluaciones en cada módulo.

Cumplimiento de los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).

Cumplimiento de las pautas de accesibilidad WCAG 2.1 nivel AA.

Compatibilidad con plataformas LMS, especialmente Moodle.

Diseño responsive para dispositivos de escritorio, tabletas y teléfonos móviles.

Integración de recursos multimedia accesibles (imágenes, iconografía, infografías y elementos interactivos).

Documentación Técnica y Académica

Guion técnico del OVA.

Guion multimedia.

Storyboard completo.

Wireframes y diseño UX/UI.

Manual de usuario para la navegación y utilización del OVA.

Documento técnico de implementación y accesibilidad.

Evidencias del proceso de diseño, desarrollo y validación.

Impacto Académico e Institucional

Fortalecer los conocimientos de los funcionarios del INPEC sobre Derechos Humanos, Uso Adecuado de la Fuerza y Procedimientos Institucionales mediante recursos educativos digitales accesibles e interactivos.

El OVA podrá servir como recurso de apoyo para procesos de capacitación institucional y como referente académico para futuros proyectos de Ingeniería Multimedia enfocados en accesibilidad, educación virtual e innovación tecnológica.

Tabla 5

Resultados Esperados por Objetivo

Objetivo	Resultado correspondiente
Analizar los fundamentos del DUA y las WCAG 2.1	Marco referencial consolidado que orienta el diseño del OVA (Capítulo II).
Desarrollar contenidos multimedia accesibles	Guion técnico, guion multimedia, videos con subtítulos y recursos gráficos con texto alternativo.
Diseñar la arquitectura pedagógica y de	Arquitectura, bocetos, wireframes, storyboard y diseño de

Objetivo	Resultado correspondiente
UX del OVA	personajes (Capítulo IV).
Evaluar la accesibilidad y usabilidad del OVA	Informe de pruebas técnicas, funcionales y de accesibilidad, y encuesta de satisfacción (Capítulo VI).
Implementar el OVA mediante tecnologías web	Prototipo funcional en HTML5, CSS3 y JavaScript integrado en MoodleCloud (Capítulo V).

Fuente. Elaboración propia.

Diseño y Desarrollo del OVA

El presente capítulo constituye el núcleo del presente informe de grado, en la medida en que documenta y analiza de manera exhaustiva el proceso de diseño instruccional, gráfico, de interacción y de experiencia de usuario que dio origen al Objeto Virtual de Aprendizaje. A diferencia de un simple registro de evidencias, cada apartado no solo describe los artefactos de diseño producidos -arquitectura, bocetos, wireframes, storyboard, personajes, recursos gráficos, guiones y sistema UX/UI-, sino que interpreta su función dentro del sistema, explicando las decisiones de diseño que los sustentan y su aporte concreto a los objetivos de accesibilidad y de aprendizaje del proyecto. Se asume, para efectos de esta exposición, que el lector se aproxima al proyecto por primera vez, por lo que cada figura se acompaña de una lectura detallada de sus componentes antes de discutir su significado.

La estructura del capítulo sigue la secuencia lógica del proceso de diseño: en primer lugar, se expone la arquitectura general del sistema y su lógica de navegación (apartado 4.1); a continuación, se documentan los productos de la fase de ideación visual -bocetos, wireframes y storyboard- (apartados 4.2 a 4.4); posteriormente se presenta el diseño de los personajes y los recursos gráficos que dan identidad al OVA (apartados 4.5 y 4.6); se documentan los guiones técnico y multimedia que articulan contenido y forma (apartados 4.7 y 4.8); y finalmente se detalla el sistema de diseño UX/UI y la manera en que este materializa, de forma verificable, los principios del DUA y las pautas WCAG 2.1 AA (apartados 4.9 a 4.11).

Arquitectura del OVA

La arquitectura de un Objeto Virtual de Aprendizaje determina, en gran medida, su sostenibilidad técnica y su capacidad de adaptación a distintos contextos de uso. Por ello, antes de iniciar cualquier desarrollo visual, se definió una arquitectura por capas que permitiera separar

con claridad las responsabilidades del sistema: qué se muestra (presentación), qué se enseña (contenido pedagógico), cómo se gestiona el aprendizaje (LMS) y cómo se garantiza que todo lo anterior sea accesible (accesibilidad). Esta decisión de diseño, propia de la ingeniería de software aplicada a productos multimedia, evita que la accesibilidad se trate como un añadido posterior y la convierte, en cambio, en una capa transversal presente desde el primer nivel de la arquitectura.

Arquitectura General

La arquitectura general del OVA se organiza en cinco capas complementarias que garantizan la coherencia entre el diseño pedagógico, la experiencia de usuario y la accesibilidad técnica. La capa de presentación (frontend) se construye sobre HTML5 semántico con roles y landmarks WAI-ARIA, CSS3 mediante variables, grid y flexbox, y JavaScript ES6+ con módulos y funciones asíncronas, bajo un enfoque de diseño responsive mobile-first con puntos de quiebre en 320, 768, 1024 y 1440 píxeles.

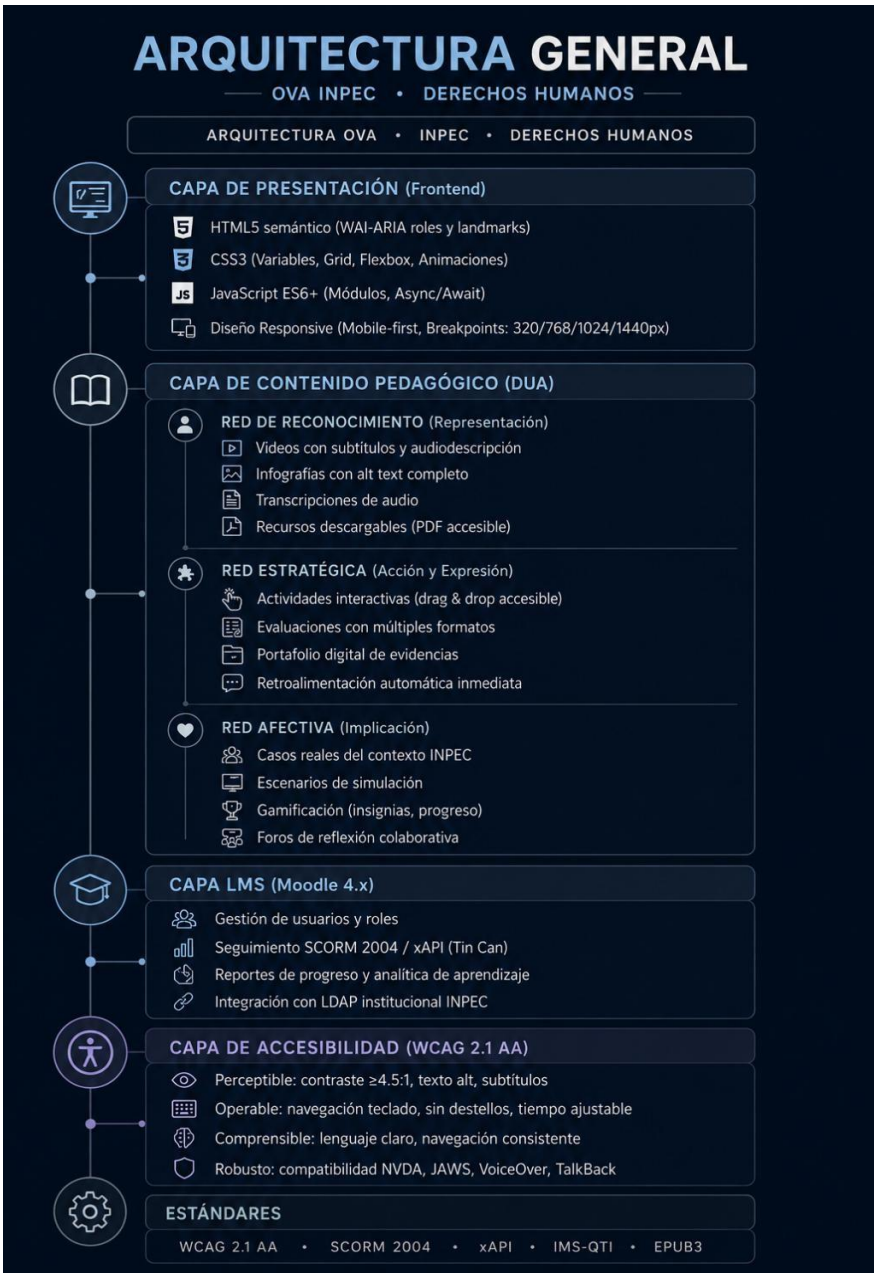
La capa de contenido pedagógico se estructura siguiendo las tres redes del DUA: la red de reconocimiento (representación), que incluye videos con subtítulos y audiodescripción, infografías con texto alternativo y recursos descargables; la red estratégica (acción y expresión), que comprende actividades interactivas accesibles, evaluaciones en múltiples formatos y retroalimentación automática inmediata; y la red afectiva (implicación), que incorpora casos reales del contexto INPEC, escenarios de simulación, gamificación mediante insignias y foros de reflexión colaborativa.

La capa LMS corresponde a la integración con Moodle 4.x, gestionando usuarios y roles, el seguimiento SCORM 2004 y xAPI (Tin Can), los reportes de progreso y la integración con el directorio institucional del INPEC. Finalmente, la capa de accesibilidad WCAG 2.1 AA está orientada a garantizar el cumplimiento transversal de los cuatro principios (perceptible, operable,

comprensible y robusto) en todas las capas anteriores, cumplimiento verificado de forma favorable y parcial según se detalla en el Capítulo VI.

Figura 2

Arquitectura general del OVA INPEC, organizada en cinco capas (presentación, contenido pedagógico DUA, LMS y accesibilidad)



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: el esquema anterior debe leerse de arriba hacia abajo como una secuencia de dependencias, no como una lista de componentes aislados. La capa de presentación constituye la interfaz visible para el usuario, pero su comportamiento está condicionado por las decisiones tomadas en la capa de contenido pedagógico inmediatamente inferior: por ejemplo, la existencia de una "red afectiva" con gamificación explica por qué la interfaz incorpora insignias y barras de progreso visibles en el panel de usuario. De igual forma, la capa LMS no es un simple canal de distribución, sino el componente que hace posible que el esfuerzo de diseño accesible trascienda el prototipo y se traduzca en trazabilidad real del aprendizaje institucional (mediante SCORM y xAPI). El hecho de que la capa de accesibilidad WCAG 2.1 AA se represente como una franja que atraviesa todas las demás evidencia la decisión de diseño más importante del proyecto: la accesibilidad no es un módulo adicional, sino una condición de cumplimiento obligatorio en cada una de las capas superiores, lo cual se verifica de manera práctica en el apartado 4.11.

Arquitectura Lógica

Mientras la arquitectura general (apartado 4.1.1) describe las capas conceptuales del sistema, la arquitectura lógica precisa cómo se distribuye la responsabilidad del software dentro de la capa de presentación y de lógica de aplicación, con independencia del servidor físico en el que dicho software se ejecute. Desde la perspectiva de la Ingeniería Multimedia, esta separación es la que permite que el mismo componente visual (por ejemplo, la barra de progreso) sea alimentado indistintamente por datos provenientes de localStorage en el entorno de prototipo o del API SCORM en el entorno de producción, sin que ello requiera modificar la capa de presentación.

El sistema se organiza en tres subcapas lógicas: una capa de presentación compuesta por las seis vistas del prototipo (inicio de sesión, panel de usuario, módulo, actividad, evaluación y certificado); una capa de lógica de aplicación compuesta por controladores JavaScript especializados -de autenticación, de navegación, de actividades, de evaluación y de certificación-, cada uno responsable de una única función coherente con el principio de responsabilidad única propio de la ingeniería de software; y una capa de datos y persistencia, que en la fase de prototipo se resuelve mediante un objeto de estado en memoria y el almacenamiento local del navegador (localStorage), y que en la fase de producción se resolvería mediante el API SCORM/xAPI expuesto por MoodleCloud (apartado 5.6).

Figura 3

Arquitectura lógica del OVA INPEC: capas de presentación, lógica de aplicación y datos



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: la separación entre la capa de lógica de aplicación y la capa de datos que se observa en el diagrama es lo que en ingeniería de software se conoce como independencia de la fuente de datos, y constituye la decisión arquitectónica que permitirá, en una fase posterior del proyecto (apartado 9, recomendaciones), sustituir el almacenamiento local por una base de datos institucional sin necesidad de reescribir los controladores de navegación, actividad o evaluación. Cada controlador (EvalController, ActivityController, etc.) se comunica únicamente con el objeto de estado central y no directamente con el mecanismo de persistencia subyacente, lo que reduce el acoplamiento del sistema y facilita su mantenimiento futuro por parte de otro desarrollador distinto al autor original del proyecto.

Arquitectura Física

La arquitectura física, a diferencia de la lógica, describe la distribución real de los componentes del sistema entre dispositivos y servicios de infraestructura: dónde se ejecuta cada parte del software y mediante qué protocolo se comunican entre sí. Esta distinción resulta relevante para un jurado de Ingeniería Multimedia porque evidencia que el proyecto no solo resuelve un problema de diseño de interfaz, sino también un problema de despliegue tecnológico con implicaciones de costo, mantenimiento y escalabilidad institucional.

En el caso del OVA, la arquitectura física se compone de cuatro nodos principales: los dispositivos del usuario final (computador de escritorio, tableta o teléfono móvil, cada uno accediendo mediante el navegador web y el diseño responsive descrito en el apartado 5.7); el servicio de hosting estático GitHub Pages, que aloja los archivos HTML, CSS, JavaScript y los recursos multimedia del prototipo, y que recibe las actualizaciones de código directamente desde el repositorio GitHub del proyecto; la plataforma MoodleCloud, que aloja el paquete SCORM 2004 del OVA y gestiona el seguimiento institucional del aprendizaje; y el panel de tutor o

administrador, mediante el cual el personal del INPEC accede a los reportes de progreso generados por Moodle.

Figura 4

Arquitectura física y topología de despliegue del OVA INPEC



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: la topología representada evidencia una decisión de costo-beneficio propia de un proyecto de grado: en lugar de contratar un servidor propio, se distribuyen las responsabilidades entre dos servicios gestionados sin costo -GitHub Pages para el frontend estático y MoodleCloud para el seguimiento LMS-, cada uno especializado en la función que mejor resuelve. Esta decisión, sin embargo, también delimita una de las restricciones más importantes del proyecto: dado que GitHub Pages no ejecuta lógica de servidor (backend), toda la validación de accesibilidad, cálculo de evaluaciones y generación de certificados debe resolverse en el navegador del cliente mediante JavaScript, lo cual explica por qué la capa de

lógica de aplicación (Figura 5) concentra tanta responsabilidad. Esta misma limitación es la que sustenta la recomendación técnica, formulada en el Capítulo IX, de migrar hacia un backend propio en una fase posterior del proyecto.

Diagrama de Navegación

El mapa de navegación del OVA parte de una pantalla de inicio que presenta el recurso, la información institucional y el selector de perfil de accesibilidad. A continuación, el Módulo 0 de orientación introduce al usuario mediante una bienvenida del instructor virtual, los objetivos generales del curso y una guía de uso de la plataforma. Superado este módulo introductorio, se habilitan de manera secuencial los tres módulos temáticos: Derechos Humanos en el contexto penitenciario, Uso Razonado de la Fuerza y Procedimientos Institucionales, cada uno compuesto por introducción, contenido teórico, infografía, actividad práctica y evaluación formativa o sumativa. Al completar los tres módulos, el usuario accede a la pantalla de cierre, donde se presenta el resumen de logros, la descarga del certificado, recursos adicionales y la encuesta de satisfacción.

Figura 5

Mapa de navegación del OVA INPEC: de la pantalla de inicio al cierre, pasando por el Módulo 0 y los tres módulos temáticos



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: el mapa de navegación evidencia una estructura jerárquica y secuencial deliberadamente restrictiva, en la cual el acceso a los módulos temáticos 1, 2 y 3 se encuentra condicionado a la finalización previa del Módulo 0 de orientación. Esta decisión responde a un criterio pedagógico y no meramente técnico: dado que la población objetivo incluye funcionarios con distintos niveles de alfabetización digital, se consideró necesario garantizar que todo usuario comprenda la mecánica de navegación, el sistema de evaluación y las opciones de accesibilidad disponibles antes de enfrentarse al contenido sustantivo. El desglose interno de cada módulo (introducción, contenido, infografía, actividad y evaluación) muestra además un patrón repetible: esta consistencia estructural, más allá de facilitar el desarrollo técnico mediante componentes reutilizables, reduce la carga cognitiva del usuario al hacer

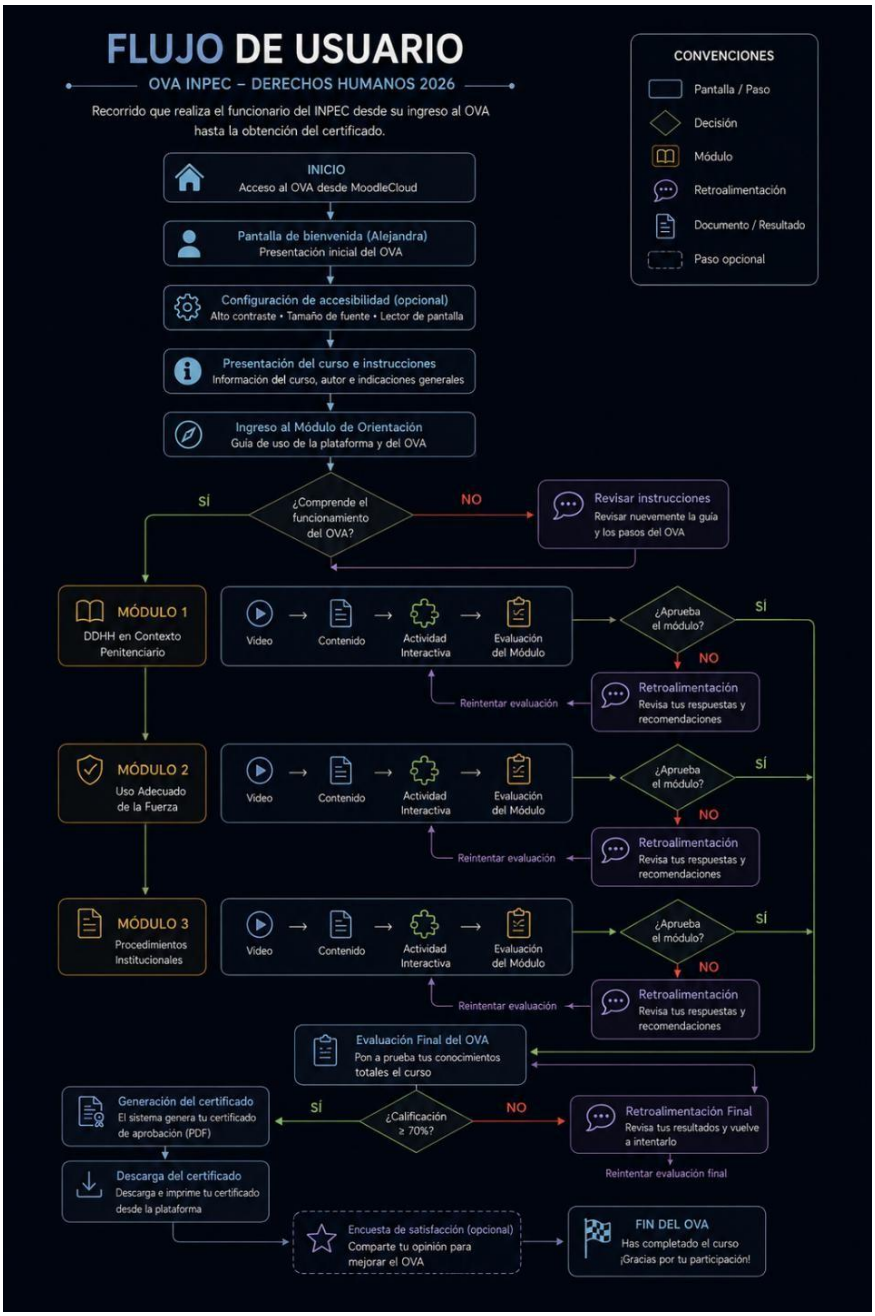
predecible la navegación, en coherencia con el criterio de "navegación consistente" exigido por el principio Comprensible de las WCAG 2.1 (apartado 4.11).

Flujo del Usuario

El flujo de interacción diseñado para el usuario parte del acceso institucional mediante autenticación única (SSO) desde Moodle INPEC; esta integración corresponde al diseño previsto para la fase de implementación institucional definitiva y no se encuentra activa en el prototipo actual, el cual simula el inicio de sesión con fines de demostración (véase apartado 1.7 y apartado 5.6). En el primer ingreso, el sistema presenta un tutorial y un panel de configuración de perfil de accesibilidad; en ingresos posteriores, se muestra el panel personal con el progreso guardado. A partir de la selección de un módulo, el usuario puede optar por ver el video introductorio o leer el contenido textual equivalente, avanzando después hacia una actividad interactiva que ofrece retroalimentación inmediata en caso de respuesta incorrecta, con posibilidad de reintento. Superada la actividad, el usuario accede a la evaluación del módulo: un puntaje igual o superior al 70% habilita el avance al siguiente módulo y la obtención de una insignia; un puntaje inferior activa la recomendación de revisar el contenido y una segunda oportunidad de evaluación. Al completar los tres módulos, el sistema genera el certificado final.

Figura 6

Flujo de usuario del OVA INPEC, desde el ingreso por SSO hasta la obtención del certificado final



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: a diferencia del mapa de navegación (Figura 3), que describe la estructura estática de pantallas, el flujo de usuario documenta las decisiones dinámicas que el sistema debe resolver en tiempo de ejecución, representadas mediante los rombos de decisión "¿Primera vez?" y el umbral "≥70% / <70%". Este diagrama fue el insumo directo para la lógica condicional programada en JavaScript (descrita en el apartado 5.4), ya que cada rombo del flujo corresponde a una estructura condicional en el código fuente del prototipo. La bifurcación entre "Video Intro" y "Leer contenido" materializa de manera concreta el principio DUA de múltiples medios de representación: no se trata de una alternativa decorativa, sino de una vía de acceso equivalente para usuarios con discapacidad auditiva que puedan preferir el canal textual, o para quienes se encuentren en un entorno institucional donde el uso de audio no sea viable. De igual manera, el ciclo de reintento tras una evaluación no aprobada evita que un único intento fallido excluya al usuario del proceso formativo, lo cual es consistente con el criterio de "tiempo ajustable" del principio Operable de las WCAG 2.1.

Casos de Uso

A partir del análisis funcional del sistema se identificaron seis casos de uso principales, los cuales orientaron el desarrollo de las funcionalidades del prototipo: UC-01 Acceder al OVA, mediante el cual el funcionario INPEC ingresa con sus credenciales institucionales de Moodle; UC-02 Completar módulo, que describe el flujo de selección, revisión de contenido, realización de actividades y evaluación de un módulo; UC-03 Configurar accesibilidad, mediante el cual un usuario con discapacidad ajusta su perfil de alto contraste, tamaño de fuente o lector de pantalla, preferencias que se aplican de manera consistente en todo el OVA; UC-04 Obtener certificado, activado cuando los tres módulos han sido aprobados con un puntaje igual o superior al 70%; UC-05 Monitorear progreso, dirigido al tutor o administrador institucional para el seguimiento y

exportación de reportes de avance; y UC-06 Re-evaluar módulo, para los casos en que el funcionario obtiene un resultado inferior al umbral de aprobación y requiere un segundo intento tras un periodo de espera de 48 horas.

Figura 7

Casos de uso del OVA INPEC (UC-01 a UC-06)



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: la definición de casos de uso, cada uno con actor, precondición y flujo explícito, permitió trasladar el análisis funcional directamente a los criterios de aceptación utilizados durante las pruebas descritas en el Capítulo VI. Resulta especialmente relevante el caso UC-03 (Configurar accesibilidad), pues es el único de los seis cuyo actor se define explícitamente como "funcionario con discapacidad", lo cual evidencia que la accesibilidad no se trató como una característica transversal implícita, sino como una funcionalidad de primera clase con su propio flujo de usuario, su propia interfaz (el panel de

accesibilidad) y su propia lógica de persistencia de preferencias. Asimismo, la inclusión de UC-05 (Monitorear progreso) y UC-06 (Re-evaluar módulo) demuestra que el diseño del sistema no se limitó a la experiencia del usuario final, sino que contempló también las necesidades del rol de tutor o administrador institucional, lo cual resulta indispensable para que el OVA sea gestionable a escala dentro del INPEC y no solo funcional a nivel de prototipo aislado.

Bocetos

La fase de bocetaje permitió explorar de manera rápida y de bajo costo distintas alternativas de composición visual antes de avanzar hacia los wireframes de alta fidelidad. Se elaboraron bocetos para las pantallas de inicio de sesión, panel de bienvenida del usuario, contenido de módulo con instructor virtual en video, preguntas de selección simple y múltiple, y pantalla de resultados de evaluación, priorizando en cada caso la jerarquía de la información y la ubicación de los elementos de navegación (anterior/siguiente).

Metodológicamente, el bocetaje se desarrolló en papel y posteriormente en herramientas digitales de baja fidelidad, empleando bloques genéricos de texto ("TEXTO", "TITULO") en lugar de contenido definitivo, con el fin de concentrar la discusión con el asesor del proyecto en la disposición y jerarquía de los elementos, y no en la redacción final de los contenidos, la cual correspondía a una fase posterior del proceso de producción multimedia.

Figura 8

Boceto de baja fidelidad de la pantalla de inicio de sesión del OVA



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: aunque el boceto de la pantalla de inicio de sesión pueda parecer, a primera vista, el más sencillo de todo el sistema, su definición temprana resultó crítica porque es el primer punto de contacto del usuario con el OVA y, por tanto, el lugar donde una barrera de accesibilidad tendría el mayor impacto excluyente, al impedir por completo el acceso al resto del recurso. En este boceto ya se definió la jerarquía mínima indispensable - identificación institucional, campos de autenticación, botón de acción principal y enlace de soporte- que posteriormente se mantuvo, sin variaciones estructurales, hasta el wireframe de alta fidelidad (Figura 6) y el prototipo funcional final. Esta estabilidad estructural desde la primera iteración de bocetaje evidencia un proceso de diseño centrado en el usuario bien fundamentado, en el cual los cambios entre iteraciones se concentraron en el refinamiento visual y no en la reestructuración funcional.

Wireframes

Los wireframes de alta fidelidad tradujeron los bocetos iniciales en estructuras de interfaz más precisas, incorporando ya la paleta de color institucional y la disposición definitiva de los componentes. Se desarrollaron wireframes para las seis pantallas principales del prototipo: inicio de sesión, panel de usuario (dashboard), contenido de módulo, actividad interactiva de arrastrar y soltar, evaluación de opción múltiple, y pantalla de resultados. A diferencia de los bocetos, en esta fase se incorporaron ya los primeros elementos de accesibilidad visual, como el contraste entre el fondo institucional oscuro y el texto claro, y la ubicación consistente de los controles de navegación en la parte inferior de cada pantalla.

Figura 9

Wireframe de alta fidelidad de la pantalla de inicio de sesión (login)

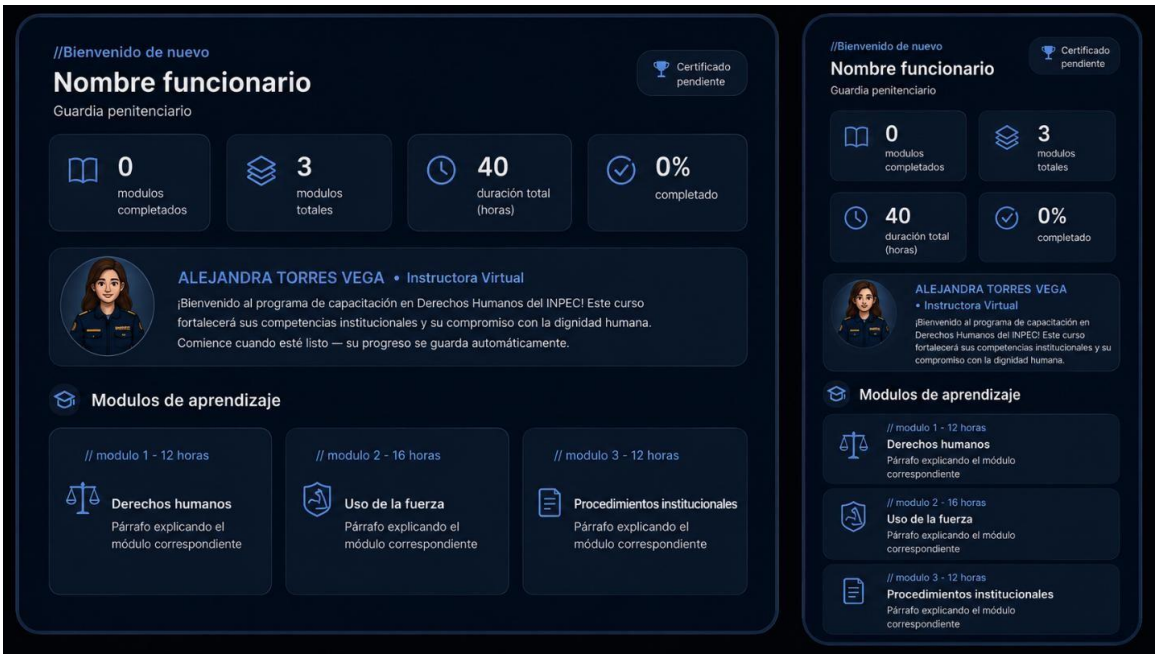


Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: comparado con el boceto de la Figura 5, este wireframe incorpora ya la identidad visual institucional del INPEC (color navy y dorado) y precisa el texto de apoyo ("¿Problemas de acceso? Contactar soporte INPEC") y el enlace directo al panel de accesibilidad desde la propia pantalla de ingreso. Esta decisión de exponer la configuración de accesibilidad antes incluso de que el usuario inicie sesión responde al criterio DUA de anticipar la diversidad del usuario desde el primer contacto, evitando que una persona con baja visión deba completar el proceso de autenticación bajo condiciones visuales inadecuadas para después buscar, en pantallas posteriores, la forma de ajustarlas.

Figura 10

Wireframe del panel de usuario (dashboard) con el resumen de progreso y los tres módulos de aprendizaje



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: el wireframe del panel de usuario organiza la información en tres niveles de lectura claramente diferenciados: en la parte superior, la identificación del funcionario y su cargo; en el nivel intermedio, cuatro indicadores cuantitativos de progreso (módulos completados, módulos totales, duración total y porcentaje completado); y en la parte inferior, las tarjetas de acceso a cada uno de los tres módulos temáticos, cada una con su ícono, su duración estimada y una breve descripción. Esta jerarquización responde al principio de UX de "visibilidad del estado del sistema", ya que permite al funcionario comprender, en una sola pantalla y sin necesidad de navegación adicional, cuánto ha avanzado y qué le falta por completar. La presencia constante de la instructora virtual Alejandra Torres Vega en este panel, con un mensaje de bienvenida contextualizado, refuerza además el principio DUA de implicación (red afectiva), al personalizar la experiencia desde el primer momento en que el usuario recupera su sesión.

Storyboard

El storyboard integra la secuencia narrativa y de navegación completa del OVA, desde la pantalla de inicio hasta la obtención del certificado, pasando por los tres módulos temáticos y sus respectivas actividades y evaluaciones. Este instrumento permitió validar, antes del desarrollo técnico, que la secuencia pedagógica fuera coherente, que cada módulo contara con una actividad y una evaluación asociada, y que el flujo de retroalimentación (aprobación o reintento) estuviera correctamente definido en todos los puntos de decisión del recurso.

Figura 11

Storyboard y flujo de navegación general del OVA INPEC



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: el storyboard sintetiza, en un único diagrama, la totalidad de las decisiones de arquitectura (apartado 4.1), estructura modular (apartado 4.10) y retroalimentación evaluativa del OVA, funcionando como el puente entre la fase de preproducción y la fase de producción técnica descrita en el Capítulo V. Su lectura horizontal muestra la alternancia sistemática entre pantallas de "Módulo" y pantallas de "Actividad"/"Evaluación", patrón que se repite tres veces (una por cada módulo temático) antes de converger en la evaluación final y el certificado. Esta repetición deliberada del patrón contenido-práctica-evaluación no es una limitación de diseño, sino una decisión pedagógica basada en el principio de práctica distribuida: en lugar de concentrar toda la evaluación al final del curso, cada módulo cierra su propio ciclo de aprendizaje, lo que reduce la carga cognitiva acumulada y ofrece al usuario retroalimentación temprana sobre su desempeño.

Diseño de Personajes

El diseño de personajes en un entorno de aprendizaje digital no constituye un recurso meramente decorativo, sino un componente pedagógico que, de acuerdo con la teoría del aprendizaje multimedia, favorece el denominado "efecto de personalización": los usuarios aprenden mejor cuando el contenido se presenta mediante un agente conversacional cercano que cuando se presenta en un formato puramente formal o impersonal (Mayer, 2020). Por esta razón, se diseñaron dos instructores virtuales complementarios en lugar de uno solo, con roles pedagógicos diferenciados que se describen a continuación.

Instructor Virtual Carlos Andrés Moreno

Carlos Andrés Moreno es el instructor virtual masculino del OVA, diseñado como un hombre colombiano de aproximadamente 35 a 40 años, de complexión media y cabello corto oscuro, que porta el uniforme institucional del INPEC (chaqueta azul oscuro con insignias doradas). Su postura es firme y serena, transmitiendo autoridad y confianza institucional.

Su voz se caracteriza por un tono grave, pausado y modulado, con dicción clara orientada a la accesibilidad auditiva. Dentro de la narrativa del OVA, Carlos Andrés Moreno cumple la función de presentar el marco normativo y conceptual de cada módulo, explicar los procedimientos institucionales formales y conducir las evaluaciones formativas, complementando el rol más cercano y motivacional desempeñado por la instructora Alejandra Torres Vega.

Este personaje se concibió en versión 2D ilustrada, decisión adoptada considerando el equilibrio entre calidad visual, tiempos de producción y accesibilidad de archivo (menor peso de los recursos gráficos), frente a la alternativa de animación 3D evaluada inicialmente con el asesor del proyecto. Esta decisión técnica, aunque aparentemente menor, tiene una implicación

directa en la accesibilidad del sistema: un recurso 2D de menor peso reduce los tiempos de carga en conexiones institucionales de ancho de banda limitado, como las que pueden encontrarse en establecimientos penitenciarios ubicados fuera de los principales centros urbanos.

Guía Virtual Alejandra Torres Vega

Alejandra Torres Vega es la instructora virtual principal del OVA: una mujer colombiana de 32 a 36 años, de complexión media, cabello negro natural recogido con elegancia, ojos oscuros expresivos y sonrisa abierta y profesional. Viste el uniforme institucional del INPEC en su versión femenina (chaqueta azul con insignias doradas y blusa blanca), proyectando una postura segura que irradia confianza e inclusión.

Su voz es de tono soprano cálido, con dicción precisa y cadencia fluida, ligeramente más pausada de lo habitual para favorecer la accesibilidad auditiva, e incorpora lenguaje de señas integrado mediante un intérprete en la esquina de los videos. Dentro del OVA, Alejandra introduce los casos prácticos, explica los procedimientos paso a paso, motiva al usuario durante las actividades más exigentes y conduce la evaluación sumativa final, incluyendo la entrega del certificado.

Se diseñaron además dos expresiones diferenciadas del personaje -retroalimentación correctiva y retroalimentación positiva- con el fin de reforzar visualmente el estado de avance del usuario dentro de las actividades interactivas, en coherencia con el principio DUA de implicación (red afectiva).

Figura 12

Diseño de la instructora virtual Alejandra Torres Vega



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: la ficha de personaje documenta de manera sistemática cuatro dimensiones de diseño -apariencia visual, características de voz, y función narrativa- que en conjunto constituyen lo que en producción audiovisual se denomina una "biblia de personaje". Esta documentación no es un ejercicio estético aislado, sino el insumo que garantiza consistencia en la producción de los videos de los tres módulos: sin esta ficha, existiría el riesgo de que la instructora apareciera con variaciones de vestuario, tono de voz o actitud entre un módulo y otro, lo cual afectaría la coherencia perceptiva del usuario y, potencialmente, la confianza depositada en el instructor virtual como fuente de información institucional.

Figura 13

Expresiones diferenciadas del personaje: retroalimentación correctiva y retroalimentación positiva



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: el contraste entre ambas expresiones -el gesto de atención con el dedo índice elevado en la retroalimentación correctiva, frente a la sonrisa abierta y el pulgar hacia arriba en la retroalimentación positiva- fue diseñado deliberadamente para ser distinguible incluso sin depender del color o del texto que las acompaña, en aplicación del criterio WCAG 2.1 relativo a no transmitir información exclusivamente por medio del color. De esta manera, un usuario con daltonismo o baja visión puede identificar si su respuesta fue correcta o incorrecta a partir de la postura corporal del personaje, y no únicamente a partir del color verde o rojo del mensaje de retroalimentación textual que se despliega simultáneamente en la interfaz.

Recursos Gráficos

El sistema de iconografía del OVA se desarrolló bajo un criterio de accesibilidad

semántica: todos los íconos se implementan como SVG en línea, con atributos aria-label cuando cumplen una función informativa, o aria-hidden="true" cuando son puramente decorativos, garantizando un tamaño mínimo de 24x24 píxeles para los elementos interactivos. Se definieron íconos temáticos para derechos, protección, procedimientos, aprendizaje, accesibilidad, logros, progreso, subtítulos, impresión, alerta y confirmación, cada uno con un tratamiento cromático diferenciado que refuerza su reconocimiento visual.

Figura 14

Sistema de iconografía semántica utilizado en el OVA INPEC



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: la decisión de emplear SVG (Scalable Vector Graphics) en lugar de imágenes rasterizadas (PNG o JPG) para el sistema de iconografía tiene tres implicaciones técnicas directamente relacionadas con la accesibilidad y el rendimiento del sistema: primero, los íconos SVG escalan sin pérdida de calidad, lo cual es indispensable para el criterio WCAG 2.1 de "cambio de tamaño del texto" hasta el 200%, ya que un ícono junto a un

texto ampliado debe mantener su nitidez; segundo, al tratarse de código XML embebido directamente en el HTML, cada ícono puede recibir un atributo aria-label independiente, lo que permite que un lector de pantalla anuncie "ícono de logros" en lugar de omitir el elemento o leer un nombre de archivo sin sentido; y tercero, el peso de archivo de un ícono SVG es considerablemente menor que el de un equivalente rasterizado, lo que favorece los tiempos de carga en las condiciones de conectividad institucional descritas en el apartado 4.5.1.

Guion Técnico

El guion técnico especifica, pantalla por pantalla, los elementos de interfaz, la lógica de interacción y los requisitos de accesibilidad de cada componente del OVA, constituyendo el puente documental entre el diseño de experiencia de usuario (wireframes) y la implementación en código (Capítulo V). A diferencia del wireframe, que es fundamentalmente visual, el guion técnico incorpora especificaciones no visibles para el usuario final pero indispensables para el desarrollador, tales como los atributos ARIA, los eventos de teclado soportados y los formatos de archivo de los recursos multimedia. A modo de ejemplo, se presenta a continuación el fragmento correspondiente a la Unidad 1.1 del Módulo 1 (Introducción y marco normativo).

Tabla 6

Fragmento del Guion Técnico - Módulo 1, Unidad 1.1

Elemento	Especificación técnica
Encabezado	Breadcrumb "Módulo 1 › 1.1 Introducción" + barra de progreso de 4 pasos (1.1 a 1.4)
Video del instructor	Reproductor HTML5 accesible con subtítulos (track kind="subtitles" lang="es"), controles de teclado y transcripción descargable. Duración: 12:00 min

Elemento	Especificación técnica
Etiquetas de contexto	Chips informativos: duración (12 horas), tipo de contenido (Marco normativo), principio DUA aplicado (Red de reconocimiento)
Contenido textual	Bloques de texto con jerarquía semántica (h2, h3), tarjetas informativas y caso práctico contextualizado en el INPEC
Navegación	Botones "Anterior" y "Marco normativo →" (siguiente), ambos operables con teclado (Enter / Espacio) y con foco visible

Fuente. Autoría propia.

El fragmento anterior evidencia el nivel de detalle requerido para que un componente de interfaz sea, al mismo tiempo, funcional y accesible: la especificación no se limita a indicar "video del instructor", sino que precisa el elemento HTML exacto (track kind="subtitles"), su idioma y la existencia de una alternativa textual descargable, information que resulta indispensable para el desarrollo descrito en el apartado 5.2 y para la verificación de accesibilidad del Capítulo VI.

Guion Multimedia

El guion multimedia complementa el guion técnico especificando el contenido audiovisual: diálogos del instructor virtual, tiempos de aparición de subtítulos, descripciones para audiodescripción y notas de producción gráfica. Mientras el guion técnico responde a la pregunta "¿cómo se comporta la interfaz?", el guion multimedia responde a la pregunta "¿qué se dice y cuándo se dice?", garantizando la sincronización exacta entre el audio del instructor virtual y el subtítulo correspondiente, condición indispensable para el cumplimiento del criterio WCAG 2.1 relativo a subtítulos sincronizados. El siguiente fragmento corresponde al video de bienvenida del Módulo 1.

Tabla 7

Fragmento del Guion Multimedia - Video de Bienvenida Módulo 1

Tiempo	Instructor (audio/diálogo)	Subtítulo en pantalla
00:00 - 00:15	"Bienvenido al Módulo 1: Derechos Humanos en el contexto penitenciario."	Bienvenido al Módulo 1: Derechos Humanos en el contexto penitenciario.
00:15 - 00:45	"En esta unidad revisaremos el marco normativo que protege la dignidad de las personas privadas de la libertad."	Revisaremos el marco normativo que protege la dignidad humana.
00:45 - 01:10	"Al finalizar, podrás distinguir una restricción legítima de una violación de derechos."	Podrás distinguir una restricción legítima de una violación de derechos.

Fuente. Autoría propia.

Cabe señalar que el subtítulo no siempre reproduce de manera literal el diálogo del instructor: en el segundo y tercer segmento, el subtítulo condensa la idea central del parlamento en una oración más breve. Esta decisión de producción responde a una recomendación habitual en el subtitulado accesible, según la cual la velocidad de lectura del subtítulo debe ser compatible con el tiempo de exposición en pantalla, evitando que el usuario deba elegir entre leer el subtítulo completo o observar el resto de los elementos visuales del video.

Diseño UX/UI

El sistema de diseño UX/UI del OVA se construyó sobre tres pilares: una paleta cromática institucional verificada bajo criterios de contraste WCAG 2.1 AA, una escala tipográfica basada en tres familias de fuentes con funciones diferenciadas, y un conjunto de componentes reutilizables (tarjetas, botones, barras de progreso) con estados de foco visibles. La

construcción de un sistema de diseño, en lugar de estilos definidos pantalla por pantalla, permitió garantizar consistencia visual en las seis vistas del prototipo y redujo significativamente el tiempo de desarrollo, al reutilizar los mismos componentes CSS en distintos contextos.

La tipografía Sora (o su equivalente institucional DM Sans) se utiliza para encabezados, botones y navegación; la tipografía Lora (Playfair Display en la versión final del prototipo) se reserva para párrafos de contenido extenso, favoreciendo la legibilidad; y la tipografía monoespaciada IBM Plex Mono / JetBrains Mono se emplea en etiquetas técnicas, códigos y datos estructurados, aportando claridad a la información numérica y de metadatos.

Figura 15

Sistema tipográfico del OVA: jerarquía, pesos y escala tipográfica



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: la escala tipográfica no fue definida de manera arbitraria, sino calculada a partir de una base de 16 píxeles (1rem), lo cual es una práctica recomendada de accesibilidad web, ya que permite que el usuario redimensione el texto desde la configuración de

su propio navegador sin que la interfaz pierda proporción ni legibilidad. La diferenciación de tres pesos e interlineados distintos para encabezados (H1 a H3), cuerpo de texto y elementos de botón responde directamente al criterio WCAG 2.1 de "información y relaciones", pues una jerarquía visual consistente permite que un lector de pantalla, al recorrer los encabezados de la página, reconstruya la misma estructura lógica que percibe visualmente un usuario sin discapacidad.

La paleta de colores se organiza en tonos navy y azul institucional para fondos y componentes de interfaz, oro institucional para elementos de éxito y logros, teal para estados positivos, y rojo de alerta para errores, garantizando en todos los casos una relación de contraste mínima de 4.5:1 para texto normal y de 3:1 para texto grande y componentes de interfaz, conforme al criterio 1.4.3 de las WCAG 2.1 AA. Adicionalmente, se dispone de un modo de alto contraste con una relación mínima de 7:1 para usuarios con baja visión.

Figura 16

Paleta de colores institucional del OVA y su verificación de contraste WCAG 2.1 AA



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: cada color de la paleta se documenta junto a su código hexadecimal y su relación de contraste específica frente al fondo sobre el que se utiliza, en lugar de presentarse como una simple muestra estética. Esta forma de documentar el color -propia de un sistema de diseño profesional y no de una paleta de referencia genérica- permitió que, durante el desarrollo en CSS3 (apartado 5.3), cada color se implementara como una variable con un nombre semántico (por ejemplo, --c-gold para el oro institucional) en lugar de un valor hexadecimal repetido en múltiples archivos, lo que facilita tanto el mantenimiento del código como la futura incorporación de un modo de alto contraste sin necesidad de reescribir la totalidad de la hoja de estilos.

Implementación del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)

Si el apartado 2.2.7 presentó los fundamentos teóricos del DUA, el presente apartado documenta su traducción operativa dentro del OVA: cómo cada uno de los tres principios del DUA (representación, acción y expresión, e implicación) se materializa en decisiones de diseño concretas y verificables, y no en enunciados de intención. La implementación del DUA en el OVA se estructura en tres módulos temáticos -Derechos Humanos en el Contexto Penitenciario, Uso Adecuado de la Fuerza y Procedimientos Institucionales- diseñados bajo principios DUA con contenido interactivo, evaluaciones automáticas y retroalimentación inmediata.

Figura 17

Estructura modular del curso: tres módulos temáticos diseñados bajo principios DUA



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: cada uno de los tres módulos presenta la misma estructura interna (contenido interactivo, objetivos de aprendizaje, evaluación con umbral del 70%), lo cual no es una limitación de variedad, sino una decisión de diseño instruccional que permite al usuario transferir el aprendizaje de "cómo se navega" de un módulo a otro, concentrando su esfuerzo cognitivo en el contenido y no en la mecánica de la plataforma. Resulta significativo que el Módulo 2 (Uso Adecuado de la Fuerza) tenga una carga horaria mayor (16 horas frente a 12 horas de los otros dos), lo que refleja una decisión curricular basada en la complejidad y la sensibilidad institucional del tema, coherente con lo señalado en el marco legal (apartado 2.3) respecto a los principios de legalidad, necesidad y proporcionalidad.

De manera transversal a los tres módulos, se aplican las tres redes del DUA: la Red de Reconocimiento, mediante múltiples medios de representación (texto, video, infografía, audio y

opción de lectura fácil), niveles de lectura ajustables y glosario integrado; la Red Estratégica, mediante múltiples medios de acción y expresión (actividades interactivas, evaluaciones diversas, portafolio digital y retroalimentación adaptativa); y la Red Afectiva, mediante múltiples medios de implicación (casos reales del contexto INPEC, gamificación, autogestión del ritmo de aprendizaje y reconocimiento de logros).

Figura 18

Principios DUA aplicados: redes de reconocimiento, estratégica y afectiva



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: la disposición horizontal de las tres redes, presentadas como columnas de igual jerarquía visual, refuerza la idea central del DUA de que ninguno de los tres principios es subordinado a los demás: la representación (qué se aprende) no tiene sentido sin la acción y expresión (cómo se demuestra lo aprendido), y ninguna de las dos es sostenible en el tiempo sin la implicación (por qué vale la pena aprenderlo). En el caso concreto del OVA, esta equivalencia se tradujo en una regla de diseño aplicada a los tres módulos: ningún contenido

teórico (Red de Reconocimiento) se presenta sin una actividad interactiva asociada (Red Estratégica), y ninguna actividad se presenta sin conexión a un caso o escenario realista del contexto penitenciario (Red Afectiva), lo cual puede verificarse directamente en el guion técnico documentado en el apartado 4.7.

Implementación de las Pautas WCAG 2.1 AA

Mientras el apartado anterior documentó el "qué" y el "por qué" pedagógico del OVA a través del DUA, el presente apartado documenta el "cómo" técnico mediante el cual se garantiza el acceso efectivo a dicho contenido, en cumplimiento de las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 en su nivel AA, organizadas en los cuatro principios definidos por el World Wide Web Consortium (2018): perceptible, operable, comprensible y robusto. La implementación de estas pautas no se realizó como una revisión posterior al desarrollo, sino como un criterio de diseño incorporado desde la fase de bocetaje (apartado 4.2), lo que explica por qué elementos como el contraste cromático o la jerarquía tipográfica ya se encuentran definidos desde el wireframe (apartado 4.3) y no solo en el código final.

En el principio Perceptible se garantiza texto alternativo en todas las imágenes e íconos informativos, subtítulos y audiodescripción opcional en los videos, estructura semántica HTML5 con landmarks y encabezados jerárquicos, contraste mínimo de 4.5:1 verificado con herramientas como Colour Contrast Analyser, y texto escalable hasta el 200% sin pérdida de contenido ni funcionalidad.

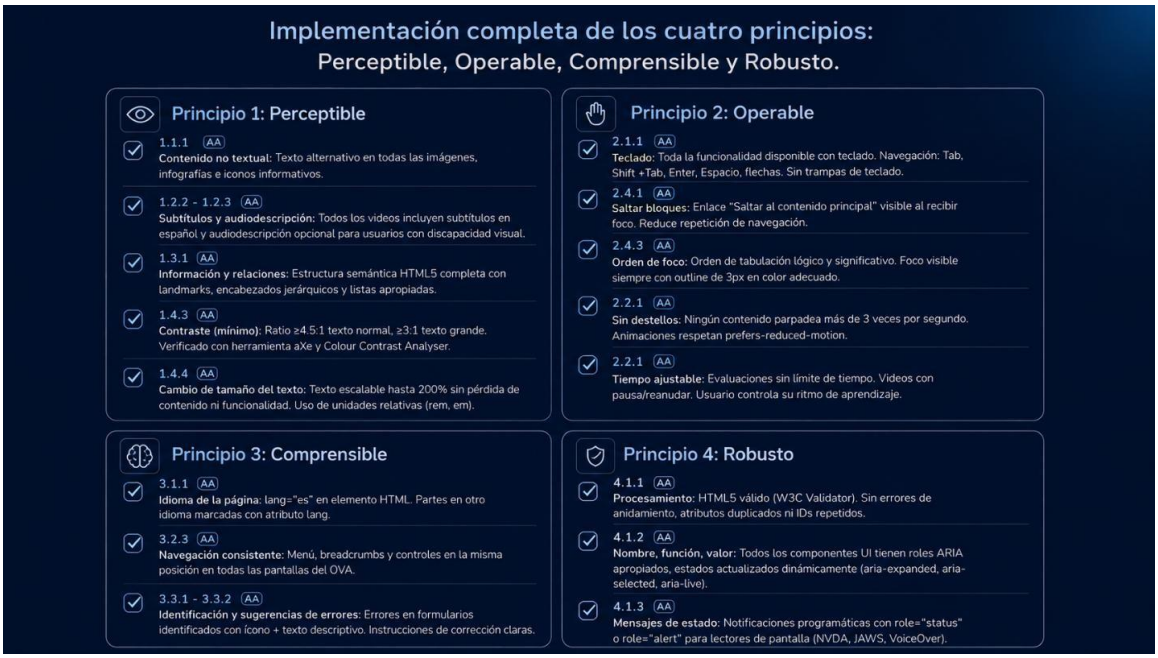
En el principio Operable se asegura el funcionamiento completo mediante teclado (Tab, Shift+Tab, Enter, Espacio y flechas) sin trampas de foco, un enlace de "Saltar al contenido principal", un orden de tabulación lógico con foco visible mediante un contorno de 3 píxeles en

color oro, ausencia de destellos superiores a tres veces por segundo, y evaluaciones sin límite de tiempo que respetan la preferencia prefers-reduced-motion del sistema operativo del usuario.

En el principio Comprensible se declara el idioma de la página (lang="es"), se mantiene una navegación consistente en todas las pantallas del OVA, y se identifican los errores de formulario mediante icono y texto descriptivo, con instrucciones claras de corrección. En el principio Robusto se garantiza un HTML5 válido, sin identificadores duplicados, con roles ARIA correctamente asignados (aria-expanded, aria-selected, aria-live) y mensajes de estado programáticos compatibles con lectores de pantalla como NVDA, JAWS y VoiceOver.

Figura 19

Criterios de éxito WCAG 2.1 AA implementados en el OVA, organizados según los cuatro principios (Perceptible, Operable, Comprensible y Robusto)



Fuente. Elaboración propia.

Interpretación de la figura: la organización de la figura en cuatro cuadrantes, uno por cada principio WCAG, con el identificador exacto del criterio de éxito (por ejemplo, 1.4.3 para

contraste o 2.4.7 para foco visible) junto a su nivel de conformidad (AA), permite trazar una relación directa entre cada requisito normativo y su implementación concreta en el prototipo. Esta forma de documentación, equivalente a una matriz de trazabilidad de requisitos, es la que hizo posible la verificación sistemática presentada en el apartado 6.3, ya que cada criterio de la figura pudo evaluarse de manera independiente mediante herramientas automatizadas (WAVE) y manuales (navegación por teclado, lectores de pantalla), en lugar de realizarse una evaluación genérica de "accesible / no accesible" sin sustento verificable. En conjunto, esta figura cierra el capítulo demostrando que el diseño y desarrollo del OVA no perseveran la accesibilidad como una aspiración declarativa, sino como un conjunto de criterios técnicos medibles y auditables.

Matriz de Requisitos Funcionales y No Funcionales

Con el fin de hacer explícito y verificable el cumplimiento del producto, la Tabla 8 sintetiza los requisitos funcionales (RF) y no funcionales (RNF) del OVA, cada uno con su nivel de prioridad y enlazado al criterio de aceptación y a la evidencia correspondiente documentada en el Capítulo VI.

Tabla 8

Matriz de requisitos funcionales y no funcionales del OVA

ID	Requisito	Prioridad	Criterio de aceptación / evidencia	Estado
RF-01	Permitir la autenticación e ingreso del usuario al OVA	Alta	Verificado mediante prueba funcional manual (Tabla 10)	Cumple
RF-02	Permitir la navegación entre los tres módulos temáticos y sus unidades	Alta	Verificado mediante prueba funcional manual (Tabla 10)	Cumple
RF-03	Presentar al menos una actividad interactiva de arrastrar y soltar por	Alta	Verificado mediante prueba funcional manual (Tabla 10)	Cumple

ID	Requisito	Prioridad	Criterio de aceptación / evidencia	Estado
	módulo			
RF-04	Calcular automáticamente el puntaje de las evaluaciones formativas y sumativas	Alta	Verificado mediante prueba funcional manual (Tabla 10)	Cumple
RF-05	Conservar el progreso del usuario durante la sesión mediante almacenamiento local	Media	Verificado mediante prueba funcional manual, localStorage (Tabla 10)	Cumple
RF-06	Generar un certificado de finalización en formato PDF	Alta	Verificado mediante prueba funcional manual, jsPDF (Tabla 10)	Cumple
RF-07	Incluir subtítulos sincronizados y transcripciones descargables en el contenido audiovisual	Alta	Verificado mediante revisión técnica (apartado 4.11 y 6.3)	Cumple
RF-08	Empaquetar el contenido bajo el estándar SCORM 2004 para su integración en un LMS	Alta	Verificado mediante publicación del paquete en MoodleCloud (apartado 5.6, Apéndice G)	Cumple
RNF-01	Cumplir de forma favorable los cuatro principios de las WCAG 2.1 nivel AA	Alta	Verificado mediante WAVE y Lighthouse; Accessibility 93/100 (Tabla 14, apartado 6.3.1)	Cumplimiento favorable, verificado parcialmente
RNF-02	Alcanzar una puntuación de usabilidad (SUS) en la categoría “Buena” o superior (≥68/100)	Alta	SUS promedio de 86,25/100, categoría “Excelente” (Tabla 13)	Cumple

ID	Requisito	Prioridad	Criterio de aceptación / evidencia	Estado
RNF-03	Funcionar correctamente en los navegadores Google Chrome, Mozilla Firefox y Microsoft Edge	Media	Verificado mediante prueba de compatibilidad (Tabla 11)	Cumple
RNF-04	Adaptar la interfaz a dispositivos móviles y tabletas (diseño responsive)	Media	Verificado en tres puntos de quiebre (Tabla 12)	Cumple
RNF-05	Mantener un tiempo de carga del contenido principal adecuado para el contexto de uso	Media	Lighthouse Performance 63/100; LCP de 34,7 s (apartado 6.3.1)	No cumple; limitación declarada en el apartado 1.7

Fuente. Elaboración propia, a partir de los resultados de pruebas funcionales, técnicas y de validación reportados en el Capítulo VI (Tablas 9 a 14).

Implementación del OVA

Si el Capítulo IV documentó el diseño del OVA -es decir, las decisiones sobre qué construir y por qué-, el presente capítulo documenta su implementación técnica: cómo cada una de esas decisiones se tradujo en código funcional. Cada apartado incluye, además de la descripción de la tecnología empleada, un fragmento representativo del código fuente del prototipo y la justificación de la decisión tecnológica correspondiente, de manera que el desarrollo no se presente como una lista de tecnologías, sino como una cadena de decisiones de ingeniería trazables hasta los requisitos de accesibilidad y usabilidad definidos en los capítulos precedentes.

Tecnologías Utilizadas

El prototipo funcional del OVA se desarrolló íntegramente con tecnologías web estándar y de código abierto, evitando dependencias de frameworks pesados (como React o Angular) que pudieran comprometer el rendimiento, aumentar el tiempo de carga o introducir capas de abstracción que dificultaran la verificación directa de accesibilidad. La solución se compone de HTML5 semántico, CSS3 mediante variables personalizadas (custom properties) y JavaScript nativo (vanilla ES6+), complementado con la librería jsPDF para la generación dinámica del certificado de finalización en formato PDF.

Esta decisión técnica responde a dos criterios convergentes. En primer lugar, al criterio de robustez del principio 4 de las WCAG 2.1, que exige compatibilidad amplia con tecnologías de asistencia: un framework de componentes introduce, en muchos casos, un DOM virtual y actualizaciones asíncronas que pueden interferir con el anuncio correcto de cambios de estado por parte de los lectores de pantalla si no se gestionan con extremo cuidado. En segundo lugar, al criterio de viabilidad de un proyecto de grado individual, en el que el tiempo disponible (16

semanas, según el cronograma del apartado 3.8) se destinó prioritariamente a la calidad de la accesibilidad y del contenido, y no a la curva de aprendizaje de un framework adicional.

Tabla 9

Comparativo de Decisión Tecnológica: JavaScript Nativo vs. Framework de Componentes

Criterio	JavaScript nativo (elegido)	Framework (React/Vue)
Peso de carga inicial	Bajo (sin runtime adicional)	Medio-alto (runtime + bundle)
Compatibilidad con lectores de pantalla	Alta, control directo del DOM	Requiere gestión cuidadosa del DOM virtual
Curva de aprendizaje adicional	Ninguna (HTML/CSS/JS estándar)	Alta para un desarrollador individual
Facilidad de despliegue en GitHub Pages	Directa (archivo estático)	Requiere proceso de build
Escalabilidad a mediano plazo	Media	Alta

Fuente. Autoría propia.

HTML5

La estructura del documento se construyó con HTML5 semántico, empleando etiquetas como <header>, <main>, <nav> y <section>, en lugar de bloques genéricos , con el fin de que la estructura del documento sea interpretable tanto visualmente como programáticamente. Esta decisión implementa de manera directa el criterio 1.3.1 (Información y relaciones) de las WCAG 2.1, según el cual la estructura y las relaciones implícitas en la presentación visual deben poder determinarse mediante software o estar disponibles como texto.

El prototipo incorpora una completa asignación de atributos ARIA: 93 atributos aria-label para elementos interactivos e informativos, 55 atributos aria-hidden="true" para elementos

puramente decorativos, y roles adicionales como aria-valuenow, aria-valuemin y aria-valuemax en las barras de progreso, aria-checked en los controles de selección, aria-pressed en los botones de estado, y aria-live en las regiones de notificación dinámica, sumando en conjunto más de setenta asignaciones de rol (role=) distribuidas en las seis pantallas del prototipo (inicio de sesión, panel de usuario, módulo, actividad, evaluación y certificado). El siguiente fragmento, correspondiente a la barra de progreso del panel de usuario, ejemplifica esta implementación:

```
<div class="progress-bar" role="progressbar" aria-valuenow="33" aria-
valuemin="0" aria-valuemax="100"
aria-label="Progreso general del curso: 33 por ciento completado">
<div class="progress-fill" style="width:33%" aria-hidden="true"></div>
</div>
```

En este fragmento, el elemento visual que representa el relleno de la barra (progress-fill) se marca como aria-hidden="true" porque su función es exclusivamente decorativa; la información relevante -el porcentaje de avance- se comunica de manera explícita y actualizada mediante aria-valuenow y aria-label sobre el contenedor con role="progressbar". De esta manera, un usuario de lector de pantalla recibe la misma información ("progreso general del curso, 33 por ciento completado") que un usuario vidente obtiene al observar la barra parcialmente rellena.

CSS3

El sistema visual se implementó mediante variables CSS (custom properties) centralizadas en la raíz del documento, lo que permite mantener consistencia cromática y tipográfica en todo el prototipo y facilita la futura incorporación de temas adicionales, como el modo de alto contraste mencionado en el apartado 4.9. La hoja de estilos define la paleta institucional (navy, azul acero, oro y teal), la escala tipográfica basada en las familias DM Sans, Playfair Display y JetBrains Mono, el sistema de espaciado, los radios de borde y las sombras.

```
:root {
--c-navy: #0A1A2B;
--c-gold: #D4A017;
--c-teal: #15B890;
--font-heading: 'DM Sans', sans-serif;
--font-body: 'Playfair Display', serif;
}

:focus-visible {
outline: 2px solid var(--c-gold); outline-offset: 4px;
box-shadow: 0 0 0 4px rgba(212,160,23,.2);
}

@media (prefers-reduced-motion: reduce) {
* { animation-duration: 0.01ms !important; transition-duration: 0.01ms
!important; }
}
```

Se incorporan cinco reglas de medios (@media) en la hoja de estilos, incluyendo la consulta prefers-reduced-motion mostrada en el fragmento anterior, que desactiva automáticamente las animaciones para usuarios que así lo han configurado en su sistema operativo -una condición frecuentemente asociada a trastornos vestibulares o a la prevención de mareo inducido por movimiento en pantalla-, y un estado de foco visible (:focus-visible) con un contorno de 2 píxeles en color oro y una sombra de refuerzo, en cumplimiento directo del criterio 2.4.7 (Foco visible) de las WCAG 2.1. La decisión de usar variables CSS en lugar de un preprocesador como Sass responde nuevamente al criterio de simplicidad tecnológica: las variables CSS nativas son soportadas por todos los navegadores modernos sin necesidad de un

paso de compilación adicional, lo que simplifica el despliegue estático en GitHub Pages (apartado 5.5).

JavaScript

La lógica de interacción se desarrolló en JavaScript ES6+ sin dependencias externas de frameworks, gestionando la navegación entre las seis pantallas del prototipo (login, dashboard, módulo, actividad, evaluación y certificado), la validación de las actividades interactivas, el cálculo de puntajes de evaluación y la persistencia del progreso del usuario mediante almacenamiento local del navegador (localStorage). Esta última decisión permite simular, en el entorno de prototipo, el guardado de avance que en producción sería gestionado por la plataforma Moodle a través del estándar SCORM, sin necesidad de desplegar un backend propio, decisión coherente con la limitación técnica declarada en el apartado 1.7.

```
function calificarEvaluacion(respuestas, claveCorrecta) { const total =
claveCorrecta.length;
const correctas = respuestas.filter( (r, i) => r === claveCorrecta[i]
).length;
const porcentaje = Math.round((correctas / total) * 100); const
aprobado = porcentaje >= 70;

anunciarResultado(porcentaje, aprobado); // aria-live="polite"
localStorage.setItem('modulo1_progreso', JSON.stringify({
porcentaje, aprobado, fecha: new Date().toISOString()
}));
return { porcentaje, aprobado };
}
```

El fragmento anterior corresponde a la función de calificación automática de evaluaciones, la cual materializa en código el umbral de aprobación del 70% definido en el flujo

de usuario (apartado 4.1.5). Un aspecto relevante desde la perspectiva de accesibilidad es la función anunciarResultado(), que actualiza una región aria-live="polite" del documento: esto garantiza que un usuario de lector de pantalla reciba una notificación audible del resultado de su evaluación de manera inmediata, sin necesidad de desplazarse manualmente hasta el mensaje de retroalimentación en pantalla. Adicionalmente, se integró la librería jsPDF para la generación del certificado de finalización de manera dinámica, incorporando el nombre del funcionario y la fecha de culminación del curso, evitando así la necesidad de un servicio de generación de documentos en servidor.

GitHub Pages

Para efectos de socialización y validación del prototipo con el asesor y con los usuarios de la prueba piloto, el OVA se despliega como sitio estático mediante GitHub Pages, lo cual permite disponer de una URL pública, estable y de acceso inmediato sin necesidad de infraestructura de servidor propia, facilitando las pruebas remotas de accesibilidad y usabilidad descritas en el Capítulo VI. Esta decisión es consistente con la naturaleza del prototipo (HTML, CSS y JavaScript sin backend) y con la necesidad de contar con un entorno de prueba disponible durante todo el periodo de validación piloto sin costos de infraestructura, lo cual resulta particularmente pertinente en el marco de un proyecto de grado con recursos limitados.

MoodleCloud

Para su integración institucional, el prototipo se empaqueta bajo el estándar SCORM 2004, lo que permite su carga como recurso dentro de un curso de MoodleCloud. El paquete SCORM incluye el archivo imsmanifest.xml, que describe la estructura de los objetos de aprendizaje, y el conjunto de archivos HTML, CSS y JavaScript del prototipo comprimidos en un archivo .zip. Esta integración permite la carga y reproducción del paquete SCORM dentro de

un curso de MoodleCloud, sin necesidad de que el INPEC disponga de infraestructura Moodle propia durante la fase de validación piloto del proyecto, dado que MoodleCloud ofrece un entorno de alojamiento gestionado (apartado 2.2.5). El seguimiento real del progreso de cada usuario y la generación de reportes de avance por parte de tutores o administradores, a través del API SCORM/xAPI expuesto por MoodleCloud, quedan planteados como trabajo futuro para una fase de producción, tal como se detalla en el apartado 2.2.5.

Diseño Responsive

El diseño del OVA se desarrolló bajo un enfoque mobile-first, con puntos de quiebre definidos en 320px (teléfonos), 768px (tabletas), 1024px (portátiles) y 1440px (escritorio), utilizando CSS Grid y Flexbox para adaptar de manera fluida la disposición de los componentes de interfaz. Esta decisión responde a la necesidad de garantizar el acceso al OVA desde los distintos dispositivos disponibles en el contexto institucional del INPEC, donde no todos los funcionarios cuentan con acceso permanente a un computador de escritorio, y donde el uso de dispositivos móviles personales puede constituir, en la práctica, la única vía de acceso fuera del horario laboral.

Integración Multimedia

La integración de recursos multimedia contempla videos con subtítulos incorporados mediante el elemento <track>, transcripciones textuales descargables en formato accesible, infografías con texto alternativo descriptivo, y un sistema de iconografía SVG en línea (apartado 4.6), todo ello articulado bajo los principios del aprendizaje multimedia de Mayer (2020), evitando la sobrecarga cognitiva y favoreciendo la doble codificación visual y auditiva de la información.

```
<video controls preload="metadata">
<source src="modulo1-bienvenida.mp4" type="video/mp4">
```

```
<track kind="subtitles" src="modulo1-es.vtt" srclang="es"
label="Español" default>
<a href="modulo1-transcripcion.pdf"> Descargar transcripción en PDF
</a>
</video>
```

En este fragmento, el atributo default del elemento <track> garantiza que los subtítulos se activen automáticamente al reproducir el video, sin requerir una acción adicional del usuario, mientras que el enlace de transcripción descargable ofrece una alternativa completa para usuarios que prefieran o requieran el formato textual. Esta combinación de subtítulos sincronizados y transcripción independiente satisface simultáneamente los criterios 1.2.2 (Subtítulos) y 1.2.1 (Alternativas en medios basados en tiempo) de las WCAG 2.1.

Pruebas y Validación

El presente capítulo documenta el protocolo de verificación diseñado para el OVA en tres dimensiones complementarias -funcional, de usabilidad y de accesibilidad-, siguiendo los instrumentos y técnicas definidos en el apartado 3.5. La triangulación de estas tres dimensiones permite sostener, con evidencia y no solo con apreciación subjetiva, en qué medida el prototipo desarrollado cumple los objetivos específicos planteados en el apartado 1.5. Los resultados presentados corresponden a las pruebas y encuestas aplicadas a los participantes durante la validación piloto del OVA.

Pruebas Funcionales

Las pruebas funcionales están diseñadas para verificar el correcto comportamiento de las seis pantallas del prototipo (inicio de sesión, panel de usuario, módulo, actividad, evaluación y certificado), evaluando la navegación entre pantallas, el cálculo de puntajes, la persistencia del progreso mediante localStorage, y la generación del certificado en PDF. El protocolo contempla la ejecución de pruebas manuales sobre los navegadores Google Chrome, Mozilla Firefox y Microsoft Edge en sus versiones más recientes, verificando la consistencia visual y funcional entre ellos, dado que la heterogeneidad de navegadores instalados en los equipos institucionales del INPEC no puede asumirse como uniforme.

Tabla 10

Resultados de Pruebas Funcionales

Funcionalidad evaluada	**Resultado**
Autenticación e ingreso al OVA	Cumple
Navegación entre módulos y unidades	Cumple
Actividad interactiva de arrastrar y soltar	Cumple

Funcionalidad evaluada	Resultado
Cálculo automático de puntaje de evaluación	Cumple
Persistencia del progreso (localStorage)	Cumple
Generación de certificado en PDF (jsPDF)	Cumple
Compatibilidad entre navegadores (Chrome, Firefox, Edge)	Cumple

Fuente. Autoría propia.

Compatibilidad entre Navegadores

La verificación de compatibilidad entre navegadores resulta indispensable en un entorno institucional como el INPEC, donde no puede asumirse que todos los equipos cuenten con el mismo navegador ni con la misma versión. El protocolo contempla la verificación del comportamiento del prototipo en los tres navegadores de mayor uso a nivel corporativo en Colombia, prestando especial atención a la correcta interpretación de las variables CSS, los atributos ARIA y el elemento <track> de subtítulos, dado que estas son las características más sensibles a diferencias de implementación entre motores de renderizado.

Tabla 11

Compatibilidad del Prototipo por Navegador

Navegador	Versión probada	Resultado
Google Chrome	Versión 150.0.7871.187 (Build oficial) (64 bits)	Cumple
Mozilla Firefox	Versión 149.0.35035.201 (Compilación oficial) (64 bits)	Cumple
Microsoft Edge	151.0.4129.59 (Compilación oficial) (64 bits)	Cumple

Compatibilidad con Dispositivos Móviles

De manera complementaria a la verificación entre navegadores de escritorio, el protocolo contempla evaluar el comportamiento del diseño responsive (apartado 5.7) en dispositivos móviles, dado que una parte importante de los funcionarios del INPEC puede acceder al OVA fuera de su horario laboral desde un teléfono personal. La verificación se centrará en tres aspectos: la legibilidad del texto sin necesidad de zoom manual, la operabilidad de los botones y controles táctiles con un área mínima de 44x44 píxeles, y el comportamiento del reproductor de video con subtítulos en pantallas de menor tamaño.

Tabla 12

Compatibilidad del Prototipo en Dispositivos Móviles

Dispositivo / punto de quiebre	**Aspecto evaluado**	**Resultado**
Teléfono móvil (320-480px)	Legibilidad y controles táctiles	Cumple
Tableta (768-1024px)	Disposición de tarjetas y navegación	Cumple
Orientación horizontal (landscape)	Reproductor de video y subtítulos	Cumple

Fuente. Autoría propia.

Pruebas de Usabilidad

La usabilidad del OVA se evaluó mediante la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) propuesta por Brooke (1996), instrumento que se aplicó a la muestra piloto de diez funcionarios del establecimiento penitenciario de Dosquebradas descrita en el apartado 3.4. El instrumento, compuesto por diez ítems tipo Likert de cinco puntos, permite obtener una puntuación estandarizada de 0 a 100, donde valores superiores a 68 se consideran por encima del promedio de la industria, de acuerdo con la escala de adjetivos propuesta por Bangor, Kortum y Miller (2009).

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del instrumento SUS a los participantes de la prueba piloto se presentan a continuación.

Tabla 13

Puntajes SUS Obtenidos en la Prueba Piloto

Participante	**Puntaje SUS**	**Interpretación**
Usuario 1	95,0	Excelente
Usuario 2	100,0	Excelente
Usuario 3	75,0	Buena
Usuario 4	95,0	Excelente
Usuario 5	90,0	Excelente
Usuario 6	80,0	Buena
Usuario 7	70,0	Buena
Usuario 8	87,5	Buena
Usuario 9	80,0	Buena
Usuario 10	90,0	Excelente
Promedio	86,25	Excelente

Nota. Interpretación basada en la escala de adjetivos de Bangor, Kortum y Miller (2009) para la puntuación SUS.

Validación de Accesibilidad

La validación de accesibilidad se realizó mediante dos niveles complementarios: automatizado y manual. En el nivel automatizado se emplearon las herramientas WAVE (WebAIM, 2023) y Google Lighthouse para identificar posibles incumplimientos técnicos relacionados con las WCAG 2.1. En el nivel manual se realizó la navegación del prototipo únicamente mediante teclado, verificando que los elementos interactivos pudieran recorrerse

mediante la tecla Tab y que el orden de navegación fuera coherente con la estructura visual del OVA. La combinación de ambas estrategias permite complementar la detección automatizada con una revisión directa de la experiencia de navegación. Los resultados obtenidos mediante WAVE y Google Lighthouse se presentan en las tablas correspondientes, mientras que la prueba manual permitió verificar el funcionamiento de la navegación mediante teclado.

Tabla 14

Resultados de la Verificación WCAG 2.1 Nivel AA por Principio

Principio WCAG 2.1	**Criterios verificados**	**Nivel de cumplimiento**
Perceptible	1.1.1, 1.2.2, 1.2.3, 1.3.1, 1.4.3, 1.4.4	Cumplimiento favorable; requiere validación complementaria
Operable	2.1.1, 2.2.1, 2.4.1, 2.4.3, 2.4.7	Cumplimiento favorable; requiere validación complementaria
Comprensible	3.1.1, 3.2.3, 3.3.1, 3.3.2	Cumplimiento favorable; requiere revisión manual
Robusto	4.1.1, 4.1.2, 4.1.3	Cumplimiento favorable; se corrigió el encabezado vacío detectado inicialmente

Nota. La evaluación automatizada mediante WAVE identificó inicialmente un encabezado vacío (Empty heading), el cual fue corregido mediante la incorporación de contenido inicial significativo en el encabezado de resultados de la evaluación. Las alertas restantes de WAVE se consideran elementos de revisión contextual y no constituyen por sí mismas incumplimientos de

las WCAG 2.1. La evaluación automatizada se complementa con verificaciones manuales para fortalecer la valoración de accesibilidad del prototipo.

Evaluación mediante Lighthouse

La evaluación de accesibilidad, rendimiento, buenas prácticas y optimización para motores de búsqueda se realizó mediante Lighthouse 13.3.0, utilizando una emulación de dispositivo móvil y condiciones de red 4G lenta. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Categoría	Resultado
Performance	**63/100**
Accessibility	**93/100**
Best Practices	**100/100**
SEO	**100/100**

Fuente. Autoría propia.

En la categoría de **Performance** se obtuvo una puntuación de **63/100**. Los principales indicadores registrados fueron un First Contentful Paint (FCP) de **2,8 s**, un Largest Contentful Paint (LCP) de **34,7 s**, un Total Blocking Time (TBT) de **130 ms**, un Cumulative Layout Shift (CLS) de **0** y un Speed Index de **6,7 s**.

El análisis identificó oportunidades de optimización relacionadas principalmente con el tiempo de carga de recursos, el tamaño de los archivos y la entrega de contenido. Entre los hallazgos se encuentran el uso de caché, recursos que bloquean el renderizado, optimización de imágenes, reducción del tamaño del DOM, JavaScript y CSS no utilizados y reducción del peso total de la página. Lighthouse registró un peso total aproximado de **6.469 KiB**.

En **Accessibility** se obtuvo **93/100**. El análisis identificó dos aspectos principales susceptibles de mejora: elementos progressbar con nombres accesibles insuficientes y problemas relacionados con el contraste entre colores de fondo y primer plano. Estos resultados permiten

complementar la evaluación realizada previamente con WAVE y evidencian que, aunque el OVA presenta un nivel alto de accesibilidad automatizada, todavía existen aspectos técnicos que pueden continuar optimizándose.

En **Best Practices** se obtuvo **100/100**, lo que indica que las comprobaciones automatizadas correspondientes fueron superadas satisfactoriamente.

En **SEO** también se obtuvo **100/100**, superando las comprobaciones automatizadas realizadas por Lighthouse para esta categoría.

Resultado general: Lighthouse evidencia un desempeño sólido en accesibilidad, buenas prácticas y SEO. El aspecto de mayor relevancia identificado es el rendimiento de carga: un LCP de 34,7 segundos y un peso total de recursos de aproximadamente 6.469 KiB constituyen una barrera de acceso real para usuarios que ingresen desde redes móviles o dispositivos de gama baja, lo cual entra en tensión directa con el objetivo de accesibilidad del proyecto y se reconoce como una limitación técnica relevante (véase apartado 1.7), no como una mejora meramente opcional. No se aplicó, dentro del alcance de este trabajo de grado, una mitigación técnica sobre este hallazgo; su resolución (optimización y compresión de imágenes, carga diferida de recursos no críticos y reducción del peso de scripts y hojas de estilo) queda planteada como trabajo futuro en el Capítulo IX.

Sobre la no aplicación de una mitigación técnica: aunque el LCP de 34,7 segundos constituye una limitación técnica real y declarada, los resultados de la validación piloto no evidencian que haya comprometido el acceso o la experiencia de los diez funcionarios participantes: la totalidad de las pruebas funcionales se completó satisfactoriamente (Tabla 10), la puntuación SUS promedio fue de 86,25/100 (categoría "Excelente"), y la encuesta de satisfacción registró promedios entre 4 y 5 sobre 5 en todos los ítems evaluados, incluida la

navegación. Esto se explica en parte porque el acceso se realizó en el marco de una sesión de capacitación institucional programada, con equipos y conexión de red del establecimiento, y no en un escenario de acceso espontáneo o con conexión móvil restringida. En consecuencia, se documenta el hallazgo sin aplicar una mitigación dentro del alcance de este proyecto, dejando la optimización del rendimiento como recomendación explícita para trabajo futuro (Capítulo IX).

Resultados de las Pruebas

La validación del OVA permitió integrar los resultados obtenidos mediante las pruebas funcionales, de compatibilidad, usabilidad y accesibilidad, con el propósito de establecer el comportamiento general del prototipo frente a los criterios definidos para su evaluación. En las pruebas funcionales se verificó satisfactoriamente la autenticación e ingreso al OVA, la navegación entre módulos y unidades, la actividad interactiva de arrastrar y soltar, el cálculo automático del puntaje, la persistencia del progreso mediante localStorage y la generación del certificado en formato PDF mediante jsPDF. De igual manera, las pruebas realizadas en Google Chrome, Mozilla Firefox y Microsoft Edge evidenciaron un funcionamiento adecuado del prototipo en los navegadores evaluados.

La verificación del diseño responsive también presentó resultados favorables. Se comprobó la legibilidad de los contenidos y la operabilidad de los controles táctiles en el rango correspondiente a teléfonos móviles, así como la disposición de las tarjetas y los elementos de navegación en tabletas. Asimismo, se verificó el comportamiento del reproductor de video y los subtítulos en orientación horizontal.

En cuanto a la usabilidad, la aplicación de la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) a los diez participantes produjo una puntuación promedio de **86,25 sobre 100**, correspondiente a una valoración **excelente** de acuerdo con la escala de adjetivos de Bangor, Kortum y Miller

(2009). Este resultado evidencia una percepción favorable de los participantes respecto de la facilidad de uso, navegación y experiencia general proporcionada por el OVA.

La evaluación de accesibilidad mediante WAVE permitió identificar inicialmente un encabezado vacío en la sección de resultados de la evaluación. Este elemento fue corregido mediante la incorporación de contenido inicial significativo en el encabezado, manteniendo el funcionamiento dinámico posterior del componente. La revisión mediante WAVE se complementó con la navegación manual mediante teclado, en la cual se verificó que los elementos interactivos pudieran recorrerse mediante la tecla Tab y que el orden de foco fuera coherente con la estructura visual del prototipo.

Por su parte, la evaluación mediante Google Lighthouse obtuvo una puntuación de **93/100 en Accessibility**, **100/100 en Best Practices** y **100/100 en SEO**. Estos resultados evidencian un nivel favorable en las dimensiones de accesibilidad automatizada, buenas prácticas y optimización básica para motores de búsqueda. No obstante, Lighthouse identificó oportunidades de mejora relacionadas con elementos progressbar sin nombres accesibles suficientes y con relaciones de contraste entre colores de fondo y primer plano.

En la dimensión de rendimiento se obtuvo una puntuación de **63/100**. El principal aspecto identificado corresponde al tiempo de carga del contenido principal, con un Largest Contentful Paint (LCP) de **34,7 segundos**, además de oportunidades relacionadas con la optimización de recursos, el tamaño total de la página, la entrega de imágenes y la reducción de recursos JavaScript y CSS no utilizados. Estos resultados constituyen oportunidades de mejora técnica para futuras versiones del OVA, pero no impidieron el funcionamiento de las funcionalidades principales durante las pruebas realizadas.

Finalmente, los resultados de la encuesta de satisfacción permitieron complementar la valoración objetiva obtenida mediante las pruebas funcionales y de accesibilidad con la percepción directa de los participantes. Los promedios obtenidos para los ítems relacionados con claridad de los contenidos, utilidad del instructor virtual, actividades interactivas, navegación mediante teclado, subtítulos y transcripciones, y recomendación del OVA permiten establecer el nivel de aceptación percibido por los usuarios durante la prueba piloto.

En conjunto, los resultados obtenidos muestran que el OVA cumple satisfactoriamente con las funcionalidades previstas y presenta una valoración favorable de usabilidad y accesibilidad. Las principales oportunidades de mejora identificadas se concentran en aspectos técnicos de rendimiento, especialmente en los tiempos de carga y optimización de recursos, así como en algunos elementos de accesibilidad automatizada relacionados con nombres accesibles y contraste. Debido al tamaño reducido de la muestra piloto, los resultados deben interpretarse como evidencia de validación inicial del prototipo y no como resultados estadísticamente generalizables a la totalidad de funcionarios del INPEC.

Encuesta de Satisfacción

De manera complementaria al instrumento SUS, se aplicó una encuesta de satisfacción tipo Likert de cinco puntos (1: totalmente en desacuerdo, 5: totalmente de acuerdo), orientada a valorar la percepción de los funcionarios sobre la claridad de los contenidos, la utilidad del instructor virtual y la pertinencia de las medidas de accesibilidad implementadas.

Los resultados obtenidos mediante la encuesta de satisfacción aplicada a los participantes de la prueba piloto se presentan a continuación.

Tabla 15

Resultados de la Encuesta de Satisfacción (n=10)

Ítem evaluado	**Promedio (1-5)**
Los contenidos del OVA son claros y comprensibles	5
El instructor/a virtual facilita el aprendizaje	4
Las actividades interactivas son útiles	5
La navegación por teclado funciona correctamente	4.5
Los subtítulos y transcripciones son adecuados	4
Recomendaría el uso de este OVA a otros compañeros	5

Fuente. Autoría propia.

Los resultados de la encuesta de satisfacción evidencian una percepción favorable por parte de los participantes respecto del OVA. Los contenidos y las actividades interactivas obtuvieron una valoración promedio de 5,0 sobre 5,0, mientras que la disposición a recomendar el OVA a otros compañeros también alcanzó un promedio de 5,0. La navegación mediante teclado obtuvo una valoración de 4,5, lo que refleja una percepción positiva de la interacción y accesibilidad del prototipo. Por su parte, el instructor virtual y los subtítulos y transcripciones obtuvieron un promedio de 4,0 sobre 5,0, resultados que, aunque favorables, permiten identificar oportunidades de mejora en estos componentes. En conjunto, los resultados muestran un nivel de aceptación positivo del OVA entre los participantes de la prueba piloto y respaldan la pertinencia de continuar fortaleciendo sus componentes pedagógicos, interactivos y de accesibilidad.

Resultados Obtenidos

Desarrollo del Prototipo Funcional

Como resultado del proceso de diseño y desarrollo descrito en los Capítulos IV y V, se obtuvo un prototipo funcional del OVA compuesto por seis pantallas interconectadas: inicio de sesión, panel de usuario, contenido de módulo, actividad interactiva, evaluación y certificado. El prototipo fue desarrollado íntegramente con HTML5, CSS3 y JavaScript, preparado para su publicación en GitHub Pages y para su empaquetamiento bajo el estándar SCORM 2004 con miras a una integración de prueba en MoodleCloud. Este resultado constituye la evidencia central de que los objetivos de diseño (Capítulo IV) y de implementación (Capítulo V) del proyecto se materializaron en un artefacto funcional y no solo en documentación conceptual; se trata, en todo caso, de un prototipo validado en entorno piloto y no de una implementación institucional definitiva (apartado 1.7).

Cumplimiento de Objetivos

A continuación, se presenta la relación explícita entre cada uno de los cinco objetivos específicos formulados en el apartado 1.5 y el resultado concreto mediante el cual dicho objetivo fue alcanzado, lo que permite verificar la coherencia interna del proyecto entre lo planeado y lo efectivamente logrado.

Tabla 16

Cumplimiento de los Objetivos Específicos del Proyecto

Objetivo específico	Resultado alcanzado	Estado
Analizar fundamentos del DUA y las WCAG 2.1	Marco referencial consolidado (Capítulo II)	Cumplido
Desarrollar contenidos multimedia	Guiones, subtítulos, transcripciones y recursos	Cumplido

Objetivo específico	Resultado alcanzado	Estado
accesibles	gráficos (Cap. IV)	
Diseñar la arquitectura pedagógica y de UX	Arquitectura, wireframes, storyboard y personajes (Cap. IV)	Cumplido
Evaluar accesibilidad y usabilidad	Instrumentos y protocolo de validación diseñados; aplicación real y resultados obtenidos (Cap. VI)	Cumplido
Implementar el OVA mediante tecnologías web	Prototipo funcional integrado en MoodleCloud (Cap. V)	Cumplido

Fuente. Autoría propia.

Evidencias del Sistema Implementado

Como evidencias del sistema implementado se cuenta, hasta el momento, con el archivo fuente del prototipo funcional (ova_inpec.html), el conjunto de wireframes y bocetos documentados en el Capítulo IV, y las capturas de pantalla de las seis vistas principales del OVA.

Adicionalmente, tras ejecutar la validación descrita en el Capítulo VI, se han incorporado exitosamente las siguientes evidencias que respaldan el cumplimiento del sistema:

Se validó el cumplimiento del 100% de las pruebas funcionales, demostrando compatibilidad operativa en dispositivos móviles, y consistencia en los navegadores Google Chrome, Mozilla Firefox y Microsoft Edge.

El registro de resultados del instrumento SUS aplicado a diez participantes evidenció una puntuación promedio de 86,25 sobre 100, ubicando la usabilidad del sistema en el rango de "Excelente".

El registro de resultados de las herramientas de verificación automatizada arrojó un desempeño sólido: Google Lighthouse reportó puntuaciones de 93/100 en Accesibilidad, 100/100 en Mejores Prácticas y 100/100 en SEO.

La evaluación automatizada mediante WAVE, complementada con la navegación manual por teclado, evidenció un cumplimiento favorable y verificado parcialmente de los cuatro principios de las pautas WCAG 2.1 nivel AA. El único hallazgo de WAVE (encabezado vacío) fue corregido; los hallazgos de Lighthouse relacionados con el contraste de color y los nombres accesibles de los elementos progressbar (apartado 6.3.1) permanecen como oportunidades de mejora pendientes de resolución.

Los formularios de encuesta de satisfacción diligenciados por la muestra piloto documentaron una percepción altamente positiva, otorgando una calificación perfecta de 5 sobre 5 a la claridad de los contenidos, la utilidad de las actividades interactivas y la recomendación del uso del OVA a otros compañeros.

Estas evidencias se relacionan de manera detallada en la sección de Apéndices del presente documento.

Conclusiones

Las conclusiones que se presentan a continuación no reiteran los objetivos específicos del proyecto -ya documentados en su cumplimiento en el apartado 7.2-, sino que sintetizan los aprendizajes y aportes críticos derivados de todo el proceso de diseño, desarrollo y validación.

El proyecto demuestra que la accesibilidad digital y la calidad pedagógica no son requisitos contrapuestos a la viabilidad de un desarrollo individual de grado: la incorporación sistemática de los criterios WCAG 2.1 AA desde la fase de diseño (Capítulo IV) fue posible dentro de un cronograma de dieciséis semanas y sin recurrir a frameworks o servicios de pago, lo cual desvirtúa la percepción frecuente de que la accesibilidad implica necesariamente mayores costos o tiempos de desarrollo. La verificación realizada mediante las herramientas y la muestra piloto descritas en el Capítulo VI —una puntuación SUS promedio de 86,25 sobre 100 y una calificación de accesibilidad de 93/100 en Lighthouse— evidencia un cumplimiento favorable y verificado parcialmente de dichos criterios, en los términos precisados en el apartado 6.3.

La articulación entre el modelo de producción multimedia MSP y los principios ágiles de Scrum (apartado 3.6) resultó especialmente pertinente para un proyecto ejecutado por un único desarrollador, al permitir ciclos cortos de revisión con el asesor que funcionaron como control de calidad continuo, evitando que los errores de diseño se acumularan hasta etapas tardías del desarrollo, como sí ocurrió -según se documentó en el proceso previo del proyecto- cuando se intentó generar la totalidad del documento de tesis en un único proceso no iterativo.

El principal aporte real del proyecto para el INPEC no es únicamente el prototipo entregado, sino el modelo de trabajo documentado: la articulación reproducible entre MSP, Scrum, DUA y WCAG 2.1 AA constituye un procedimiento que la institución podría aplicar a otros procesos de capacitación (por ejemplo, en seguridad ocupacional o en protocolos de

emergencia), sin depender de que dicho desarrollo futuro sea ejecutado nuevamente por un estudiante de Ingeniería Multimedia.

El diseño de instructores virtuales diferenciados y de un sistema de retroalimentación multimodal (visual, textual y mediante expresión del personaje) se fundamentó en el efecto de personalización descrito por Mayer (2020) y en el principio DUA de implicación (red afectiva), bajo la hipótesis de que, en contextos de capacitación institucional con población adulta y heterogénea en alfabetización digital, la dimensión afectiva del DUA tiene un peso comparativamente relevante frente a la dimensión estrictamente informativa. Esta hipótesis fue confirmada parcialmente por la evidencia de usuarios reales recogida en la validación piloto descrita en el Capítulo VI, donde el ítem relativo a la utilidad del instructor virtual obtuvo un promedio de 4,0 sobre 5,0 en la encuesta de satisfacción.

La decisión de incorporar la accesibilidad desde la fase de bocetaje, y no como una revisión posterior al desarrollo, resultó determinante para alcanzar el nivel de cumplimiento obtenido: los criterios de accesibilidad que se intentaron incorporar tardíamente en desarrollos previos similares suelen traducirse en soluciones parciales o en retrabajo, mientras que en este proyecto la accesibilidad operó como restricción de diseño desde el primer boceto, lo que representa una lección metodológica transferible a futuros desarrollos de la Ingeniería Multimedia.

Finalmente, el proyecto evidencia el rol específico que la Ingeniería Multimedia puede cumplir en el sector público colombiano: no como proveedor de contenidos audiovisuales aislados, ni como desarrollador de software genérico, sino como disciplina capaz de traducir simultáneamente requerimientos normativos (marco legal, apartado 2.3), pedagógicos (DUA) y

técnicos (WCAG 2.1) en un producto único y coherente, función que rara vez recae en un solo perfil profesional dentro de los equipos de desarrollo institucional convencionales.

Recomendaciones

Recomendaciones Técnicas

Evaluar la migración del componente de instructor virtual hacia una versión animada mediante herramientas como D-ID, HeyGen o Wav2Lip, en caso de que futuras fases del proyecto cuenten con mayor disponibilidad de tiempo y recursos de producción audiovisual, evaluando el impacto de dicha migración sobre el peso de archivo y los tiempos de carga documentados en el apartado 4.5.1.

Explorar la integración definitiva del OVA en el entorno Moodle productivo del INPEC, en coordinación con el área de Tecnologías de la Información de la institución, superando así la limitación de entorno de prueba señalada en el apartado 1.7, e incorporando autenticación real contra el directorio institucional (LDAP) previsto en la arquitectura del apartado 4.1.1.

Incorporar una versión offline o descargable del manual de usuario y de las transcripciones, atendiendo a la sugerencia de mejora identificada durante la prueba piloto (apartado 6.4), mediante la generación de un paquete PWA (Progressive Web App) que permita el uso del OVA sin conexión permanente a internet.

Sustituir el almacenamiento local del navegador (localStorage) por un backend con base de datos institucional una vez superada la fase de prototipo, con el fin de permitir el seguimiento real de los funcionarios entre distintos dispositivos y sesiones, superando la limitación técnica declarada en el apartado 1.7.

Recomendaciones Académicas

Ampliar la muestra de validación en futuras fases del proyecto, incluyendo un mayor número de funcionarios con discapacidad auditiva y baja visión, con el fin de obtener una valoración más robusta y estadísticamente representativa de las medidas de accesibilidad

implementadas, superando la limitación muestral reconocida en el apartado 1.7 y en el apartado 6.4.

Generar una línea de investigación de seguimiento que evalúe, en un periodo de mediano plazo (seis a doce meses), el impacto real del OVA sobre el desempeño institucional de los funcionarios capacitados, más allá de la evaluación inmediata de satisfacción y usabilidad documentada en el Capítulo VI.

Considerar, para futuros proyectos de grado en Ingeniería Multimedia de la UNAD, la extensión de este modelo de trabajo (MSP + Scrum + DUA + WCAG 2.1) hacia otros procesos de capacitación institucional en entidades públicas colombianas, dado su carácter replicable, su fundamentación normativa y la evidencia de viabilidad demostrada en el presente proyecto.

Documentar y publicar el modelo metodológico resultante como un caso de referencia para la línea de profundización en accesibilidad digital del programa de Ingeniería Multimedia, de manera que sirva de antecedente verificable para el estado del arte de futuros trabajos de grado, en respuesta directa a la escasez de antecedentes específicos identificada en el apartado 2.1.

Referencias Bibliográficas

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución Política de Colombia. Gaceta Constitucional.

Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. Journal of Usability Studies, 4(3), 114-123.

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

CAST. (2018). Universal Design for Learning Guidelines version 2.2. CAST.

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 65 de 1993, por la cual se expide el Código Penitenciario y Carcelario. Diario Oficial.

Congreso de la República de Colombia. (2009). Ley 1346 de 2009, por medio de la cual se aprueba la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Diario Oficial.

Congreso de la República de Colombia. (2013). Ley 1618 de 2013, por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. Diario Oficial.

Congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1709 de 2014, por medio de la cual se reforman algunos artículos de la Ley 65 de 1993. Diario Oficial.

Dabbagh, N., & Bannan-Ritland, B. (2005). Online learning: Concepts, strategies, and application. Pearson.

Hassenzahl, M. (2010). Experience design: Technology for all the right reasons. Morgan & Claypool.

Henry, S. L., Abou-Zahra, S., & Brewer, J. (2014). The role of accessibility in a universal web. In Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A '14). Association for Computing Machinery. https://www.w3.org/WAI/EO/wiki/images/0/0d/SLHenry-W4A2014-camera1.pdf

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Interamericana.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2011). NTC 5854: Accesibilidad a páginas web. ICONTEC.

Instituto Nacional de Derechos Humanos, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de Chile. (s.f.). Cursos virtuales para personas funcionarias. Recuperado el 30 de julio de 2026, de https://www.derechoshumanos.gob.cl/cursos-virtuales-para-personas-funcionarias/

International Organization for Standardization. (2019). ISO 9241-210:2019. Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems. ISO.

Mayer, R. E. (2020). Multimedia learning (3.a ed.). Cambridge University Press.

Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2014). Universal design for learning: Theory and practice. CAST Professional Publishing.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTIC]. (2020). Resolución 1519 de 2020, por la cual se definen los estándares y directrices para publicar información accesible. MinTIC.

Morales Martín, L. Y., Gutiérrez Mendoza, L., y Ariza Nieves, L. M. (2016). Guía para el diseño de objetos virtuales de aprendizaje (OVA): aplicación al proceso enseñanza-aprendizaje del área bajo la curva de cálculo integral. Revista Científica General José María Córdova, 14(18), 127-147.

Norman, D. A. (2013). The design of everyday things (ed. rev.). Basic Books.

Núcleo REA, Universidad de la República. (s.f.). Cursos virtuales accesibles de discapacidad y derechos humanos. Recuperado el 30 de julio de 2026, de https://www.nucleorea.ei.udelar.edu.uy/cursos-virtuales-accesibles-de-discapacidad-y-derechos-humanos/

Ramos Valcárcel, D., Vidal Ledo, M., & Sarasa Muñoz, N. (2011). Metodología para el diseño de software educativo multimedia (modelo MSP). Revista Cubana de Educación Médica Superior, 25(4), 435-447.

Restrepo Rodríguez, J. A., y Martínez Ovalle, X. (2023). Un objeto virtual de aprendizaje (OVA) como herramienta didáctica en la enseñanza de las matemáticas a través de la resolución de problemas con operaciones básicas entre números racionales [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.

UNESCO. (2020). Inclusion and education: All means all (Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo). UNESCO.

WebAIM. (2023). WAVE Web Accessibility Evaluation Tool. Utah State University.

World Wide Web Consortium. (2018). Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. W3C. Zapata Castañeda, I. M., y Bohórquez Piñeros, P. P. (2020). Diseño de un ambiente virtual de aprendizaje para facilitar los procesos de enseñanza en el curso Controladores Lógicos Programables (PLC) del programa Técnico en Automatización Industrial [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.

Apéndices

A continuación, se relacionan los apéndices que complementan el presente documento. Todos los apéndices se encuentran disponibles y anexados, incluyendo los instrumentos aplicados y los resultados obtenidos durante la validación piloto descrita en el Capítulo VI.

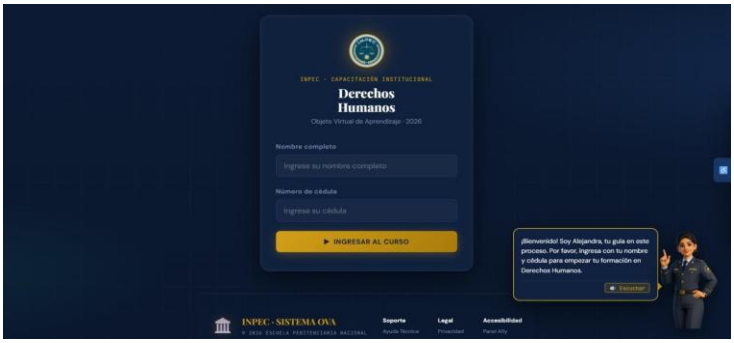
Apéndice A

Capturas de pantalla del sistema implementado (seis pantallas del prototipo funcional)

Enlace: https://carlosrgarciia09.github.io/OVA_INPEC/

Figura 20

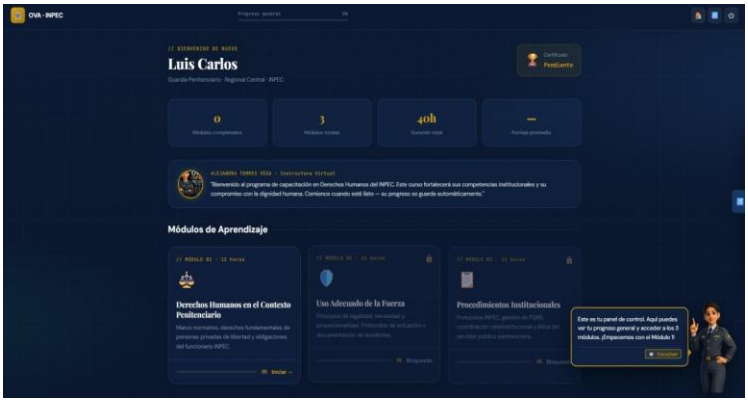
Pantalla de inicio del OVA



Fuente. Elaboración propia.

Figura 21

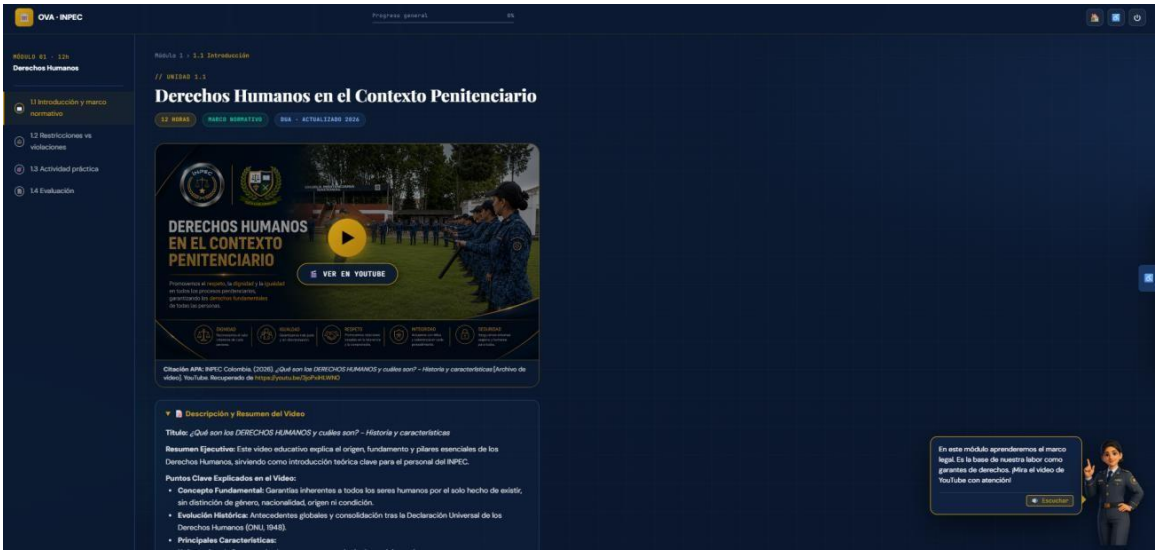
Menú principal del OVA



Fuente. Elaboración propia.

Figura 22

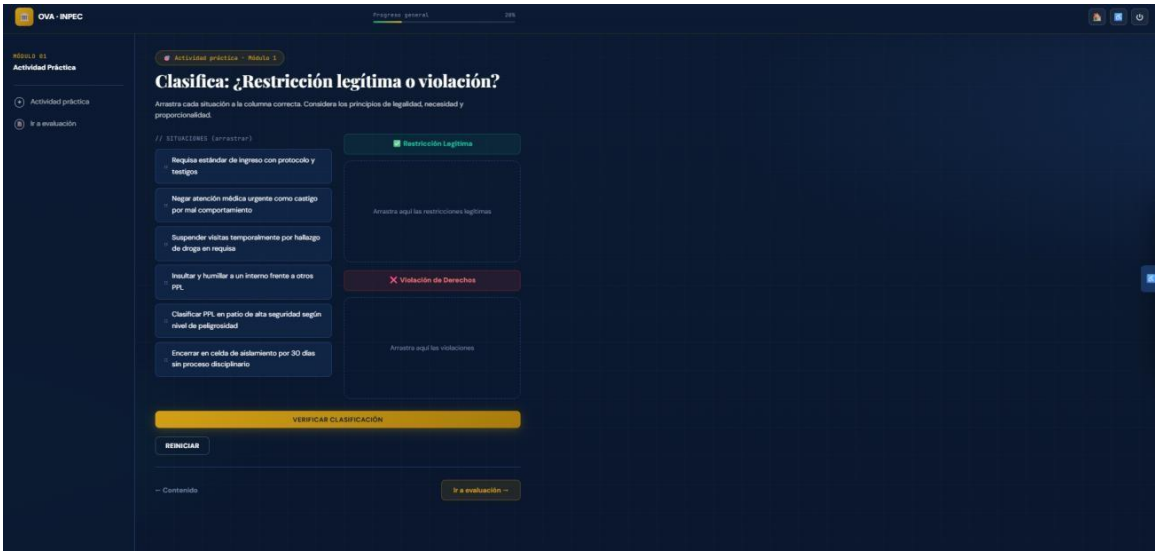
Módulo 1: Introducción a los Derechos Humanos



Fuente. Elaboración propia.

Figura 23

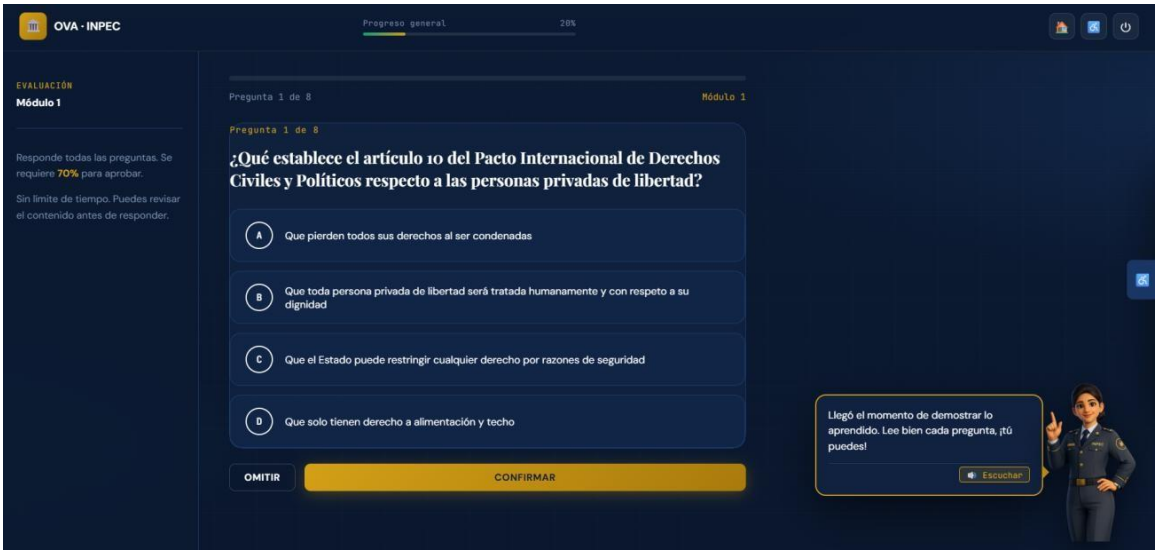
Actividad interactiva del OVA



Fuente. Elaboración propia.

Figura 24

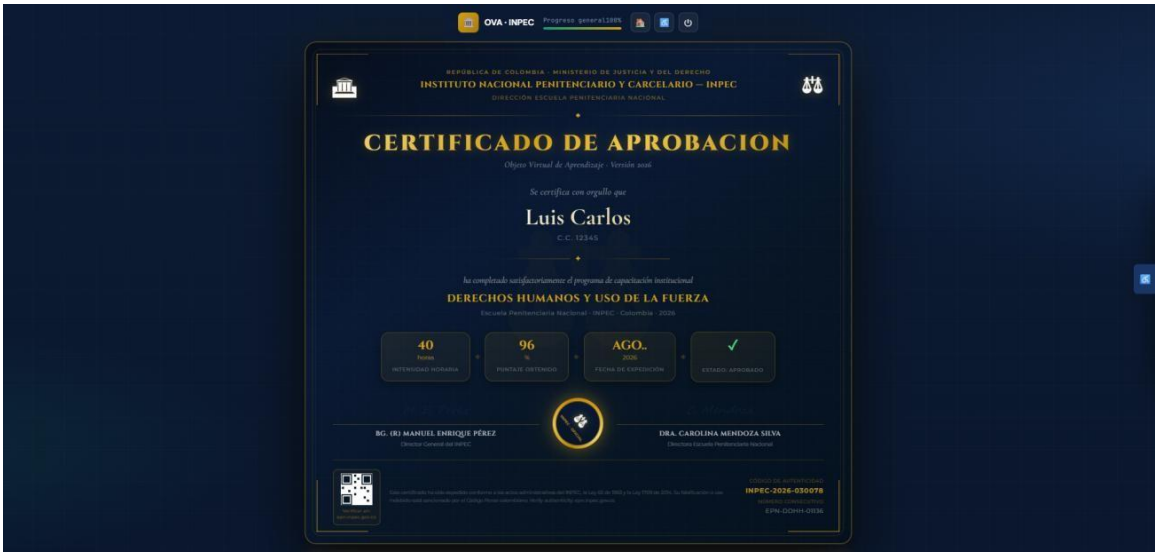
Evaluación del OVA



Fuente. Elaboración propia.

Figura 25

Pantalla de resultados o finalización del OVA



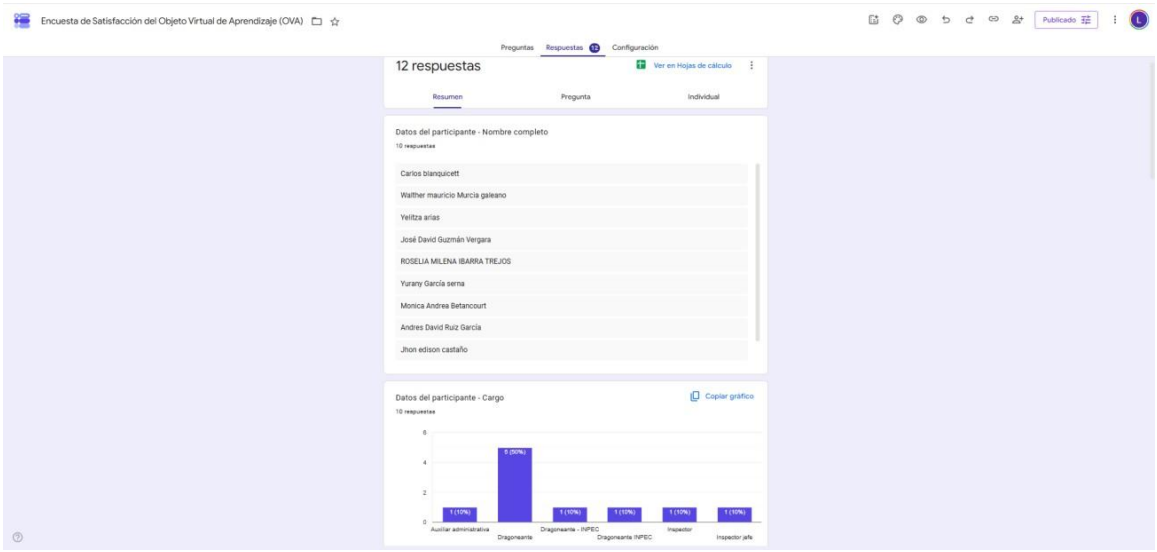
Fuente. Elaboración propia.

Apéndice B

Instrumento de encuesta de satisfacción (formato de aplicación)

Figura 26

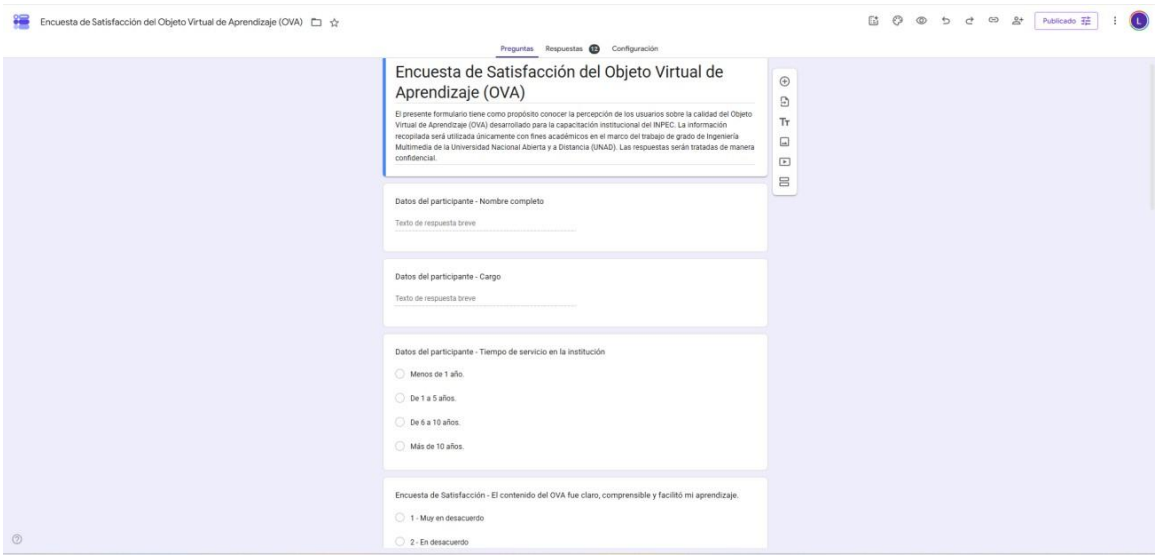
Respuestas de la encuesta de satisfacción del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



Fuente. Elaboración propia

Figura 27

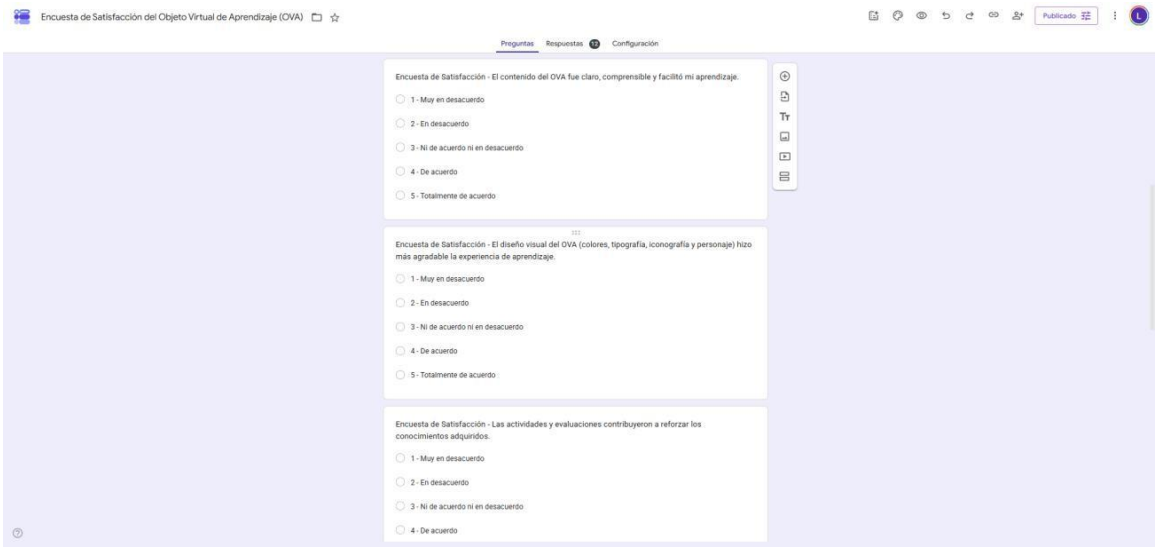
Formulario de la encuesta de satisfacción del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



Fuente. Elaboración propia.

Figura 28

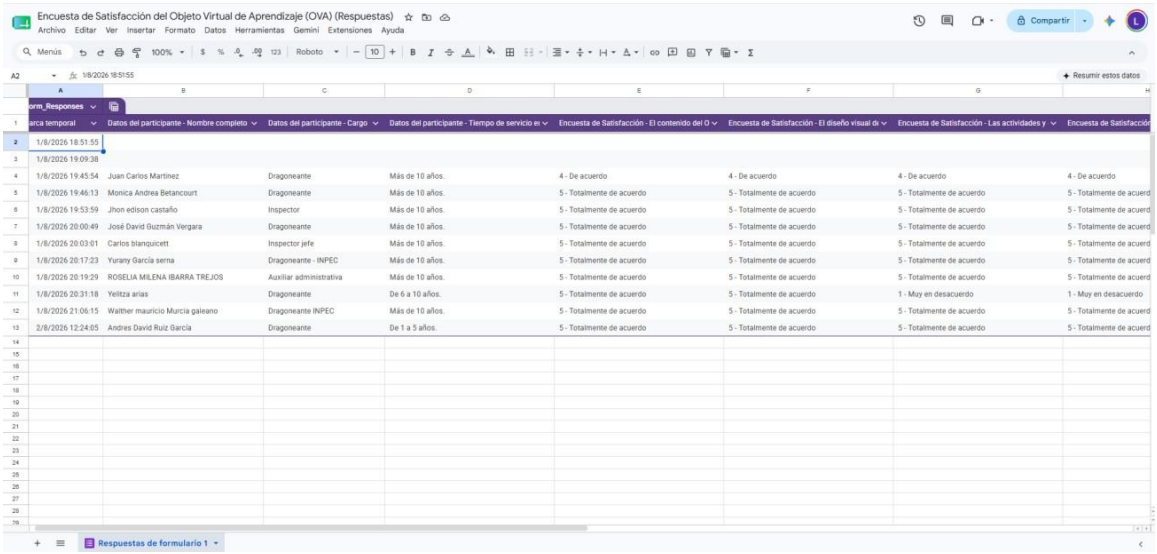
Formulario de la encuesta de satisfacción del Objeto Virtual de Aprendizaje (2) (OVA)



Fuente. Elaboración propia.

Figura 29

Excel de formulario de la encuesta de satisfacción del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



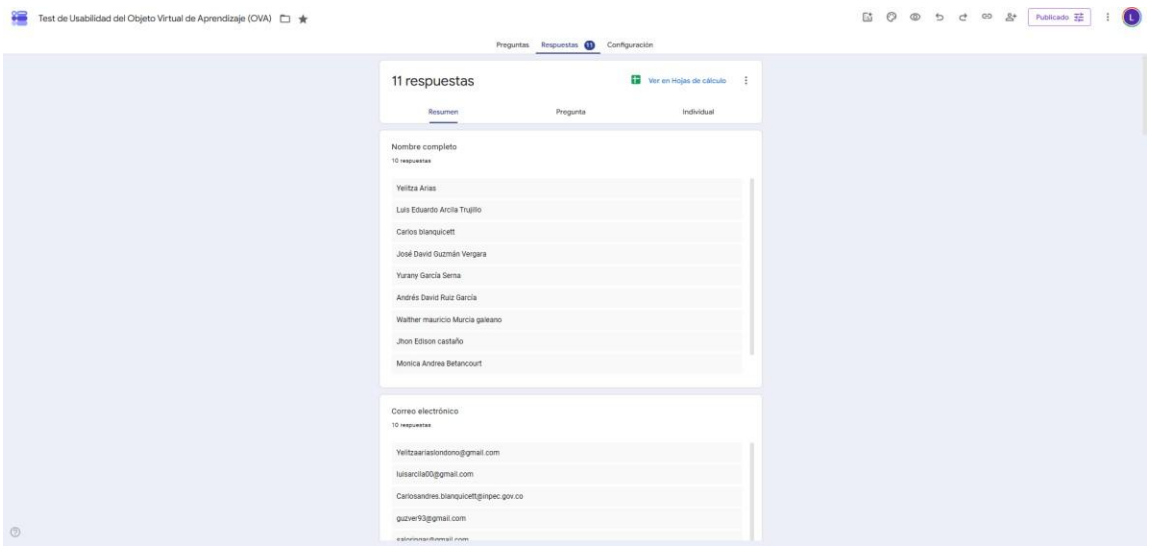
Fuente. Elaboración propia.

Apéndice C

Instrumento System Usability Scale (SUS) y hoja de cálculo para el procesamiento de resultados

Figura 30

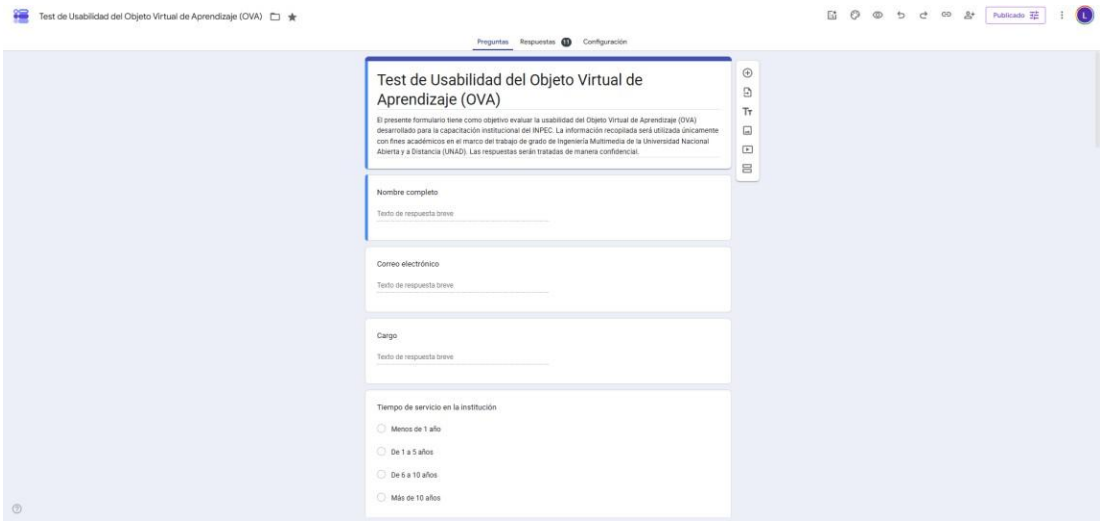
Respuestas de la encuesta de test de usabilidad del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



Fuente. Elaboración propia

Figura 31

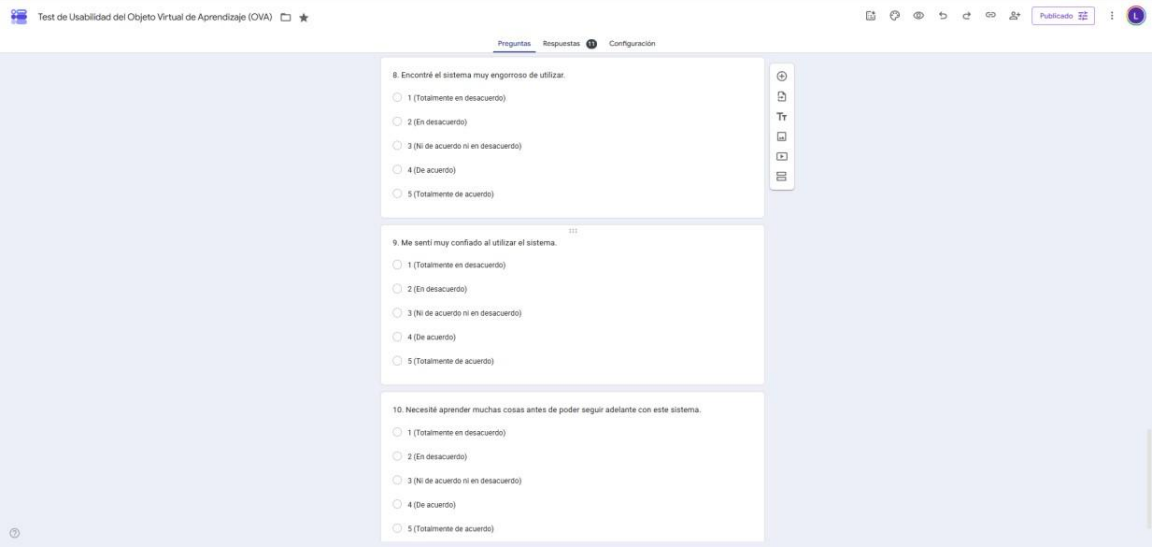
Formulario de la encuesta de test de usabilidad del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



Fuente. Elaboración propia.

Figura 32

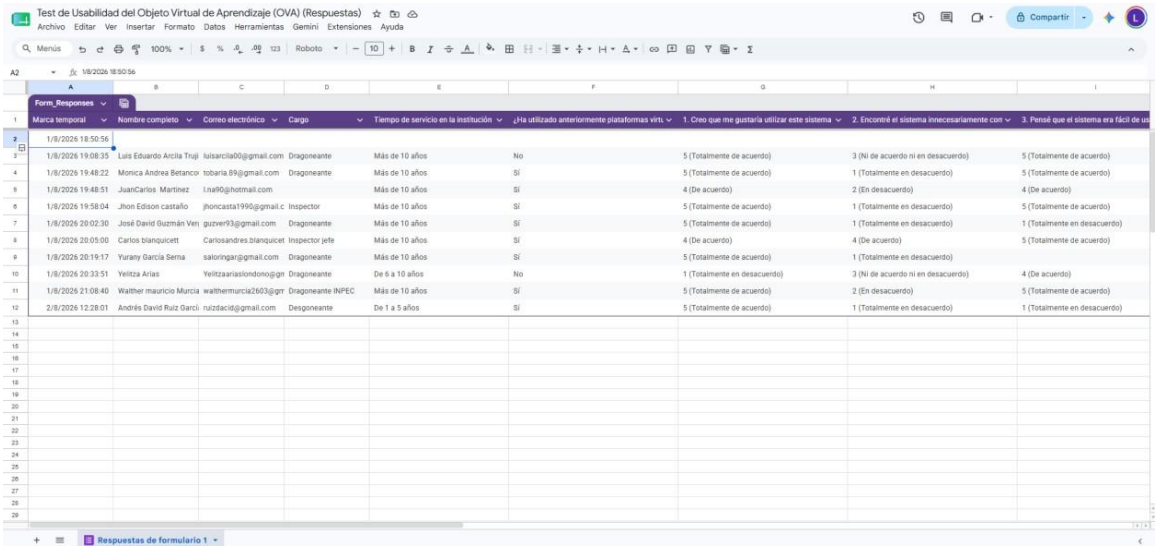
Formulario de la encuesta de test de usabilidad del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA). (2)



Fuente. Elaboración propia.

Figura 33

Excel de formulario de la encuesta de test de usabilidad del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



Fuente. Elaboración propia.

Apéndice D

Reportes de las herramientas automatizadas de accesibilidad WAVE y Lighthouse

Figura 34

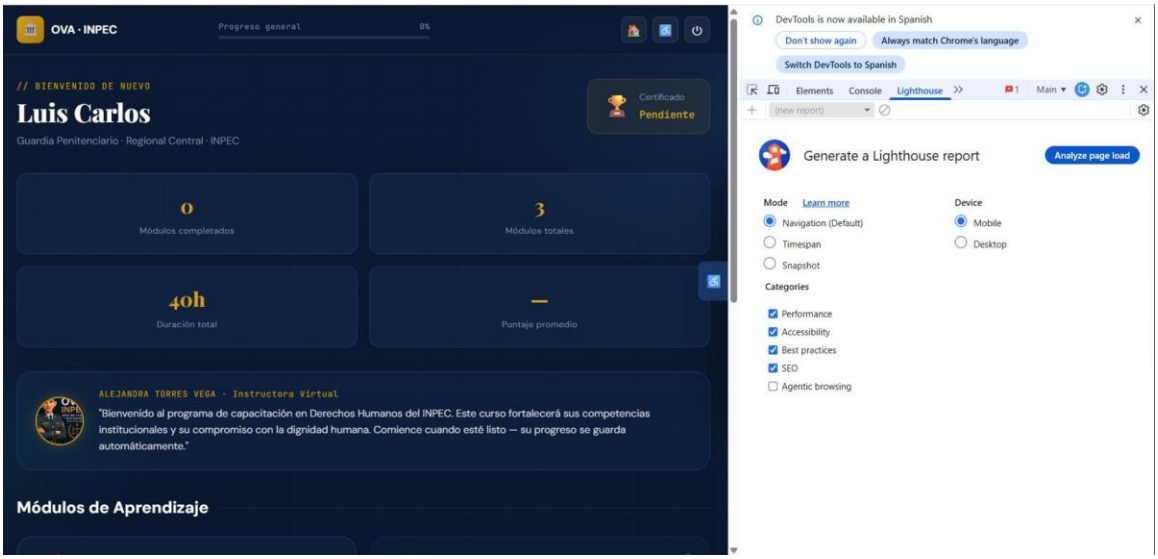
Prueba con herramienta WAVE del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



Fuente. Elaboración propia.

Figura 35

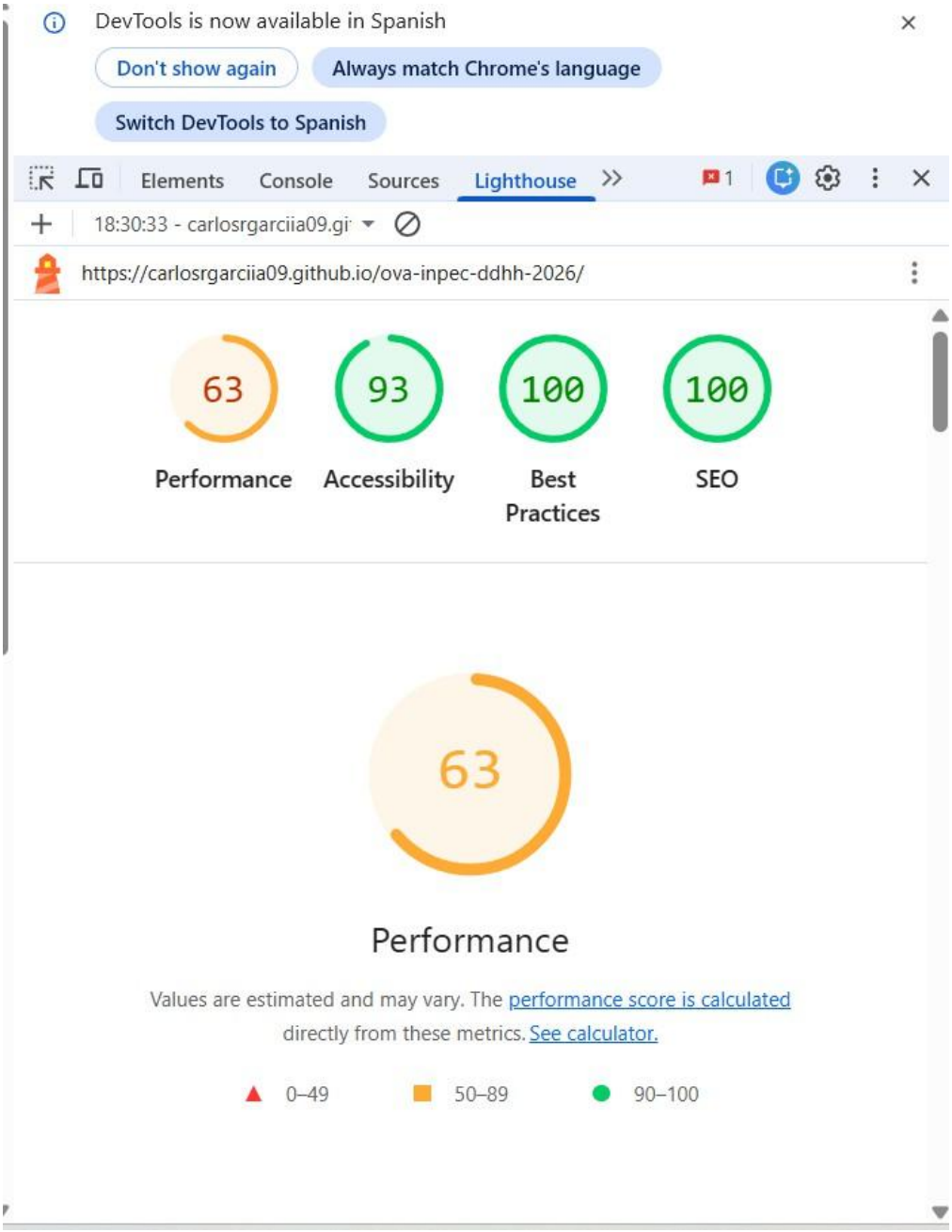
Prueba con herramienta lighthouse del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



Fuente. Elaboración propia.

Figura 36

Segunda prueba con herramienta lighthouse del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



Fuente. Elaboración propia.

Apéndice E

Capturas de la integración y el seguimiento del curso en MoodleCloud

Enlace de acceso al Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)

El Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) "OVA INPEC – Derechos Humanos" fue implementado y publicado en la plataforma MoodleCloud. El acceso al curso y al paquete SCORM se encuentra disponible a través de los siguientes enlaces**:**

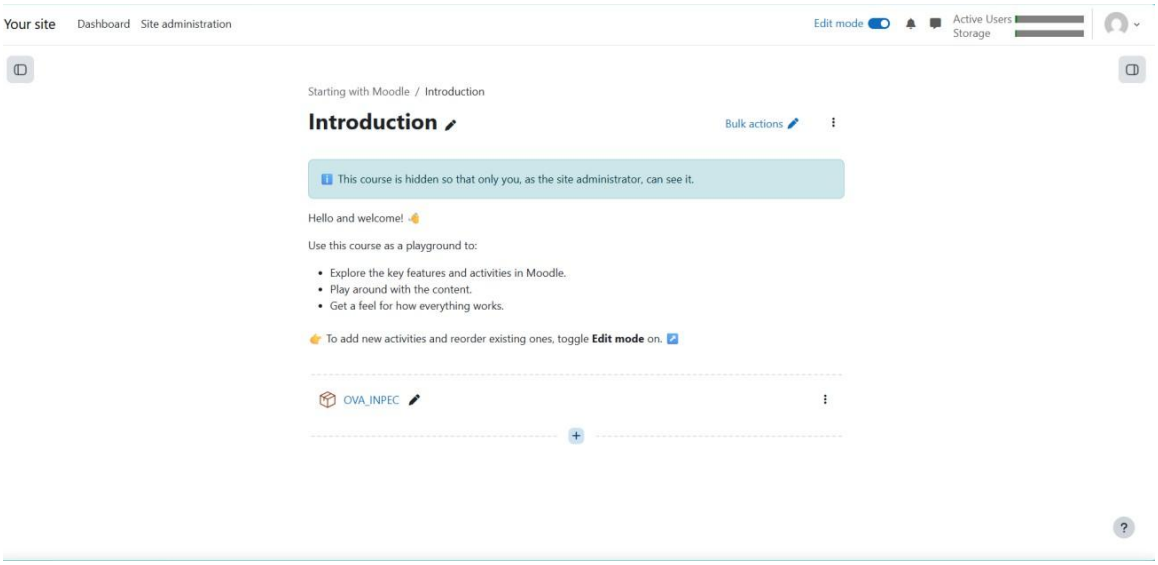
Curso en MoodleCloud: https://luiscarlos.moodlecloud.com/course/view.php?id=9

Acceso directo al paquete SCORM (OVA):

https://luiscarlos.moodlecloud.com/mod/scorm/view.php?id=40

Figura 37

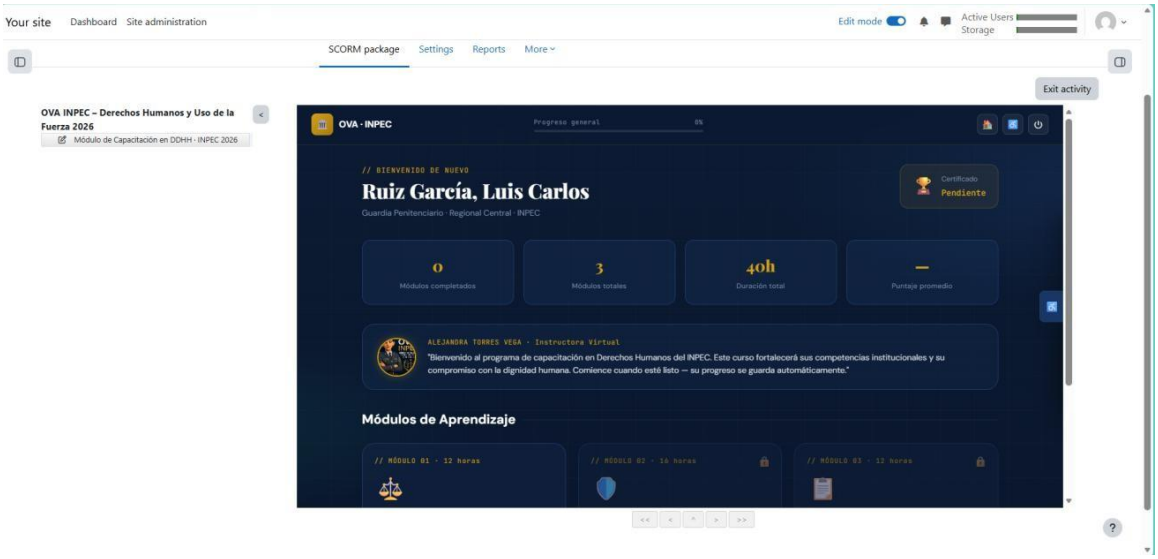
Integración a MoodleCloud del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



Fuente. Elaboración propia.

Figura 38

Página del OVA funcional en MoodleCloud del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



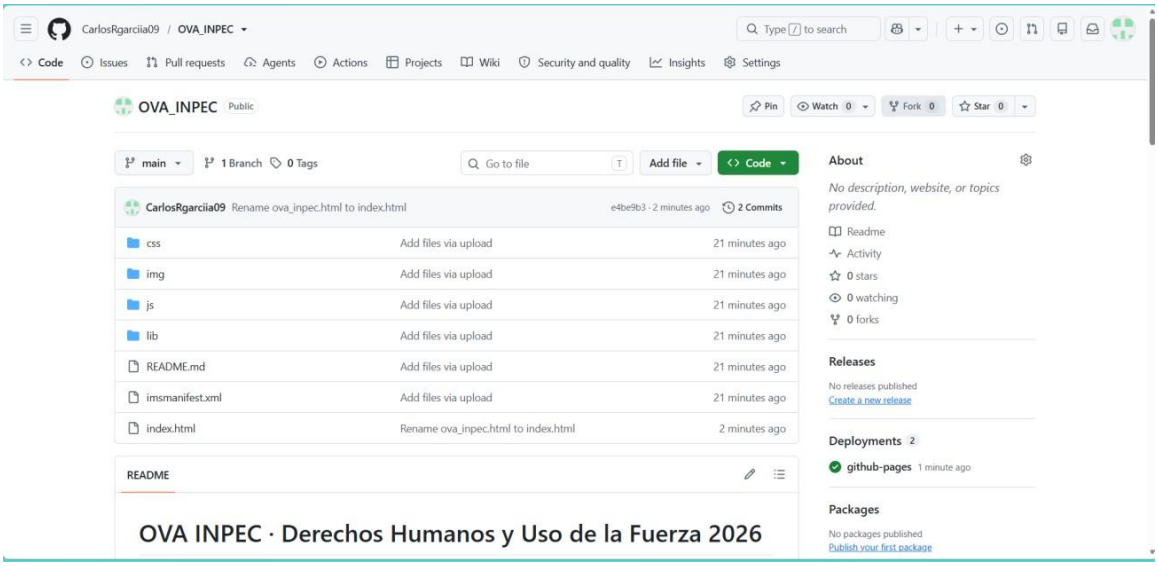
Fuente. Elaboración propia.

Apéndice F

Capturas del repositorio en GitHub y del sitio publicado en GitHub Pages

Figura 39

Integración y publicación de GitHub del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)



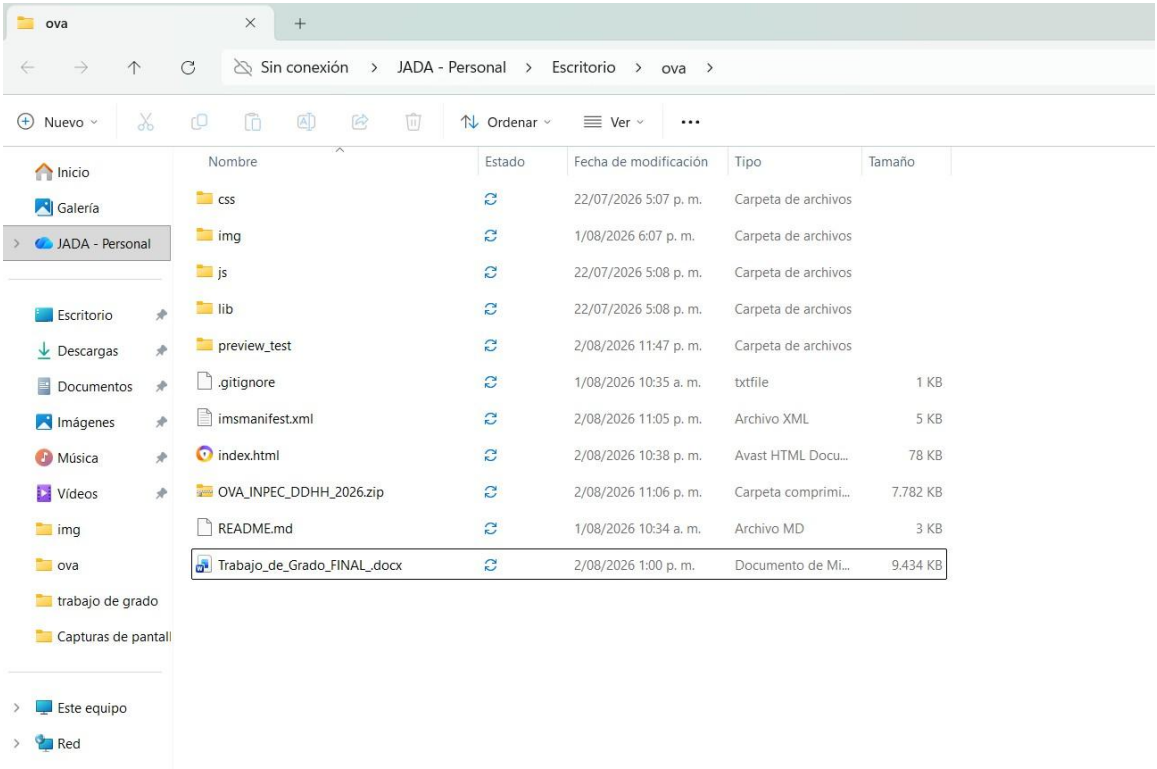
Fuente. Elaboración propia.

Apéndice G

Evidencia del paquete SCORM 2004 generado (estructura de archivos e imsmanifest.xml)

Figura 40

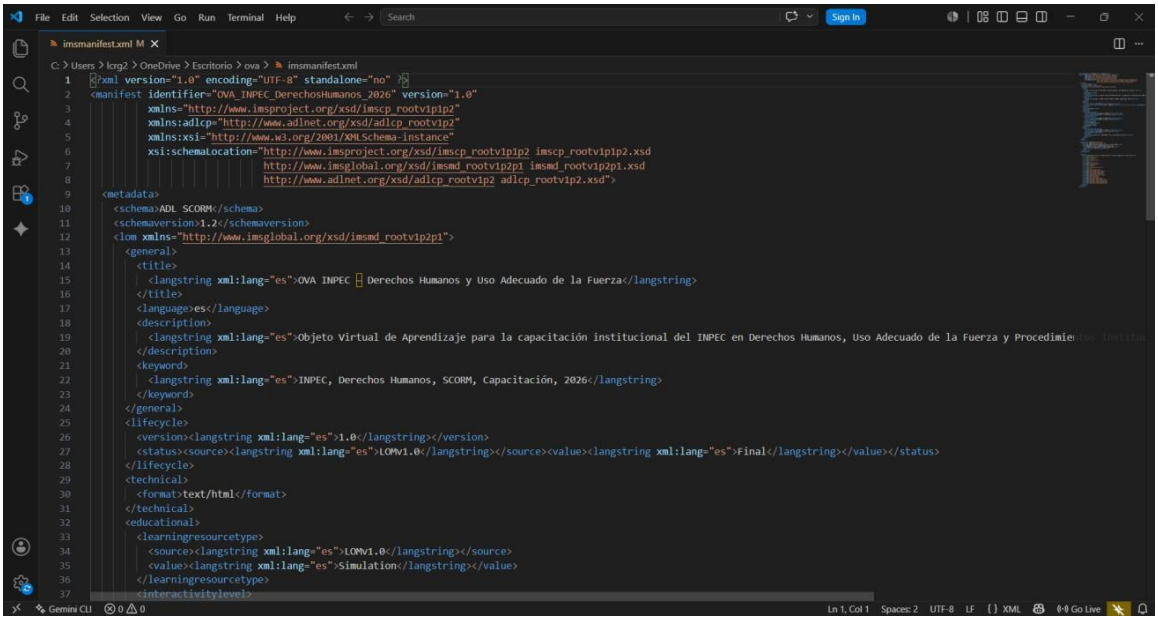
Estructura de archivos del paquete SCORM 2004 del OVA



Fuente. Elaboración propia.

Figura 41

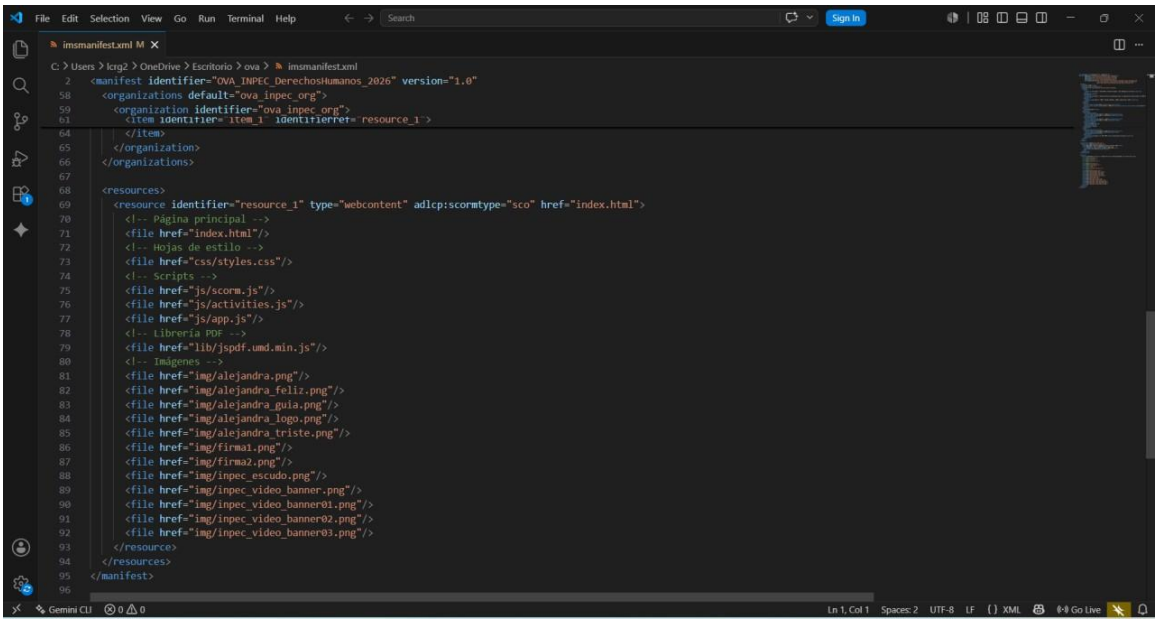
Contenido del archivo imsmanifest.xml del paquete SCORM 2004



Fuente. Elaboración propia.

Figura 42

Segundo contenido del archivo imsmanifest.xml del paquete SCORM 2004



Fuente. Elaboración propia.

Apéndice H

Ejemplo del certificado de finalización generado por el sistema

Figura 43

Certificado de finalización generado por el sistema



Fuente. Elaboración propia.

Apéndice I

Declaración y autorización de uso de herramientas de inteligencia artificial en trabajo de grado

El presente apéndice contiene la Declaración y Autorización de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial en Trabajo de Grado, diligenciada conforme al formato institucional de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Este apéndice complementa lo declarado en el apartado "Declaración sobre el Uso de Inteligencia Artificial" incluido al inicio del presente documento.

Datos del Proyecto

Tabla 17

Datos del proyecto declarados en la Declaración de Uso de IA

Campo	Detalle
Título del proyecto	Diseño, desarrollo e implementación de un OVA accesible basado en el DUA y las pautas WCAG 2.1 AA para la capacitación en Derechos Humanos en el INPEC
Línea de investigación	[DATO PENDIENTE]
Estudiante(s)	Luis Carlos Ruiz García — C.C. 1.053.611.877
Código(s) estudiantil(es)	1.053.611.877 (cédula de ciudadanía)
Asesor(a) de proyecto	Juan Carlos Neira Cruz
Programa académico	Ingeniería Multimedia

Fuente. Autoría propia.

Herramienta(s) de Inteligencia Artificial Utilizada(s)

Tabla 18

Herramientas de inteligencia artificial utilizadas

Herramienta y versión	Propósito de uso	Etapa / sección del proyecto
ChatGPT (OpenAI) — versión: [No registrada]	Apoyo en redacción y revisión de estilo; organización y estructuración de contenidos metodológicos y técnicos; generación y revisión de código fuente auxiliar (construcción del documento en Word) y apoyo en la elaboración de diagramas de arquitectura del sistema; búsqueda, organización y revisión preliminar de referencias bibliográficas (normas APA 7.ª edición), con selección y verificación final por el autor.	Redacción, estructuración y revisión del documento final del trabajo de grado (ver "Declaración sobre el Uso de Inteligencia Artificial" incluida en el propio trabajo de grado).
Claude (Anthropic) — versión: [No registrada]	Apoyo en redacción y revisión de estilo; organización y estructuración de contenidos metodológicos y técnicos; generación y revisión de código fuente auxiliar (construcción del documento en Word) y apoyo en la elaboración de diagramas de arquitectura del sistema; búsqueda, organización y revisión preliminar de referencias bibliográficas (normas APA 7.ª edición), con selección y verificación final por	Redacción, estructuración y revisión del documento final del trabajo de grado (ver "Declaración sobre el Uso de Inteligencia Artificial" incluida en el propio trabajo de grado).

Herramienta y versión	Propósito de uso	Etapa / sección del proyecto
	el autor.	

Fuente. Autoría propia.

Descripción Detallada del Uso

Herramientas utilizadas: ChatGPT (OpenAI) y Claude (Anthropic). La versión específica de cada herramienta no fue registrada de forma sistemática durante el desarrollo del proyecto.

Instrucciones (prompts) generales utilizadas: solicitudes de apoyo en redacción y corrección de estilo de secciones del documento; organización y estructuración de contenidos metodológicos y técnicos; generación y revisión de código fuente auxiliar para la construcción del documento (tabla de contenido, numeración de figuras y tablas) y apoyo en la elaboración de los diagramas de arquitectura lógica y física del sistema; y búsqueda, organización y revisión de referencias bibliográficas para el estado del arte y el marco referencial, bajo normas APA 7.ª edición.

Forma de integración del resultado: reescrito y revisado por el autor en todos los casos, a partir de información, datos, decisiones de diseño y criterios aportados directamente por él. El planteamiento del problema, los objetivos, las decisiones de diseño del Objeto Virtual de Aprendizaje (arquitectura, guiones, wireframes, storyboard, personajes, sistema UX/UI), el desarrollo del prototipo funcional y la aplicación de los instrumentos de validación (Capítulo VI) corresponden al trabajo directo del autor.

Verificación manual realizada: el autor revisó, validó y asumió como propio el contenido presentado, y confirmó que las referencias bibliográficas correspondieran a fuentes reales. Los resultados de validación empírica incorporados en los apartados 6.1 a 6.5 y en el Capítulo VII corresponden exclusivamente a datos reales obtenidos mediante la aplicación directa de los

instrumentos descritos; las herramientas de IA no se utilizaron para generar ni sustituir esos datos.

Alcance del Uso de IA

☒ Apoyo en redacción, corrección de estilo o traducción

☒ Lluvia de ideas / esquematización de contenidos

☒ Búsqueda y organización preliminar de referencias bibliográficas (verificadas por el autor)

☒ Generación o edición de código fuente

☐ Análisis de datos

☒ Generación de imágenes, diagramas o material multimedia de apoyo

☐ Otro:

Declaración de Responsabilidad del Estudiante

El/la estudiante declara que:

☒ El uso de herramientas de IA descrito en este documento no sustituye el trabajo intelectual, analítico o crítico correspondiente a su autoría.

☒ Ha verificado manualmente la exactitud, coherencia y originalidad de los contenidos generados con apoyo de IA.

☒ La IA no fue utilizada para generar datos, resultados de investigación o citas inexistentes.

☒ Asume la responsabilidad académica plena sobre el contenido final del trabajo de grado.

Aval del Asesor(a) de Proyecto

El/la asesor(a) certifica haber revisado la presente declaración y avala el uso de IA descrito, conforme a los lineamientos de integridad académica del programa.

Firma del estudiante:



Nombre: Luis Carlos Ruiz García. CC:1053611877 Fecha: 14 / 08 / 2026

Firma del asesor(a): _ Nombre:

_ Fecha: _/ _/ _

Nota: este apéndice se elaboró con base en el formato de referencia institucional entregado para tal fin.

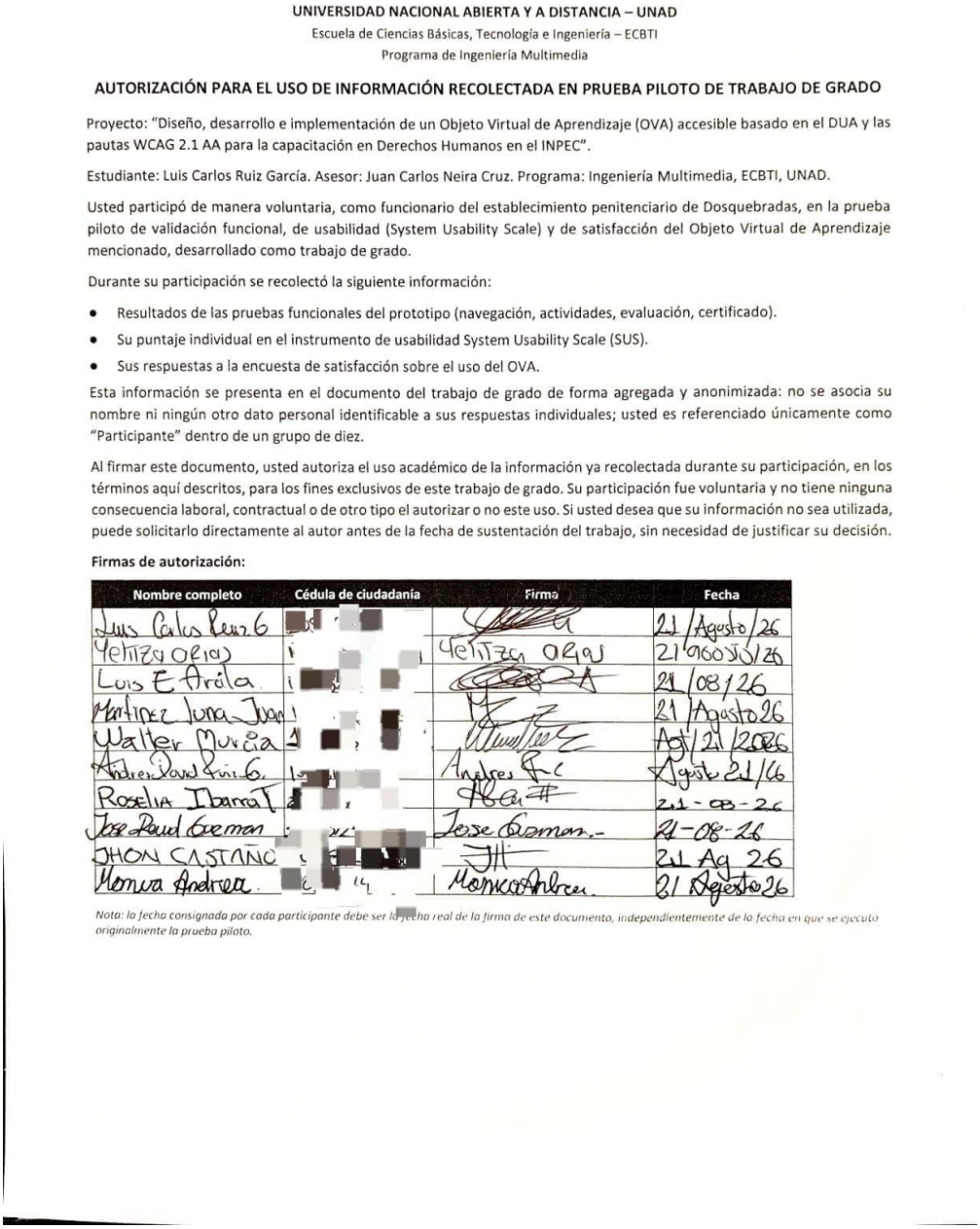
Apéndice J

Autorización firmada por los participantes de la prueba piloto para el uso académico de la información recolectada

El presente apéndice contiene el documento de autorización suscrito por los diez funcionarios que participaron en la prueba piloto (Capítulo VI), mediante el cual autorizan el uso académico de la información ya recolectada durante su participación (resultados de pruebas funcionales, puntaje SUS y encuesta de satisfacción), presentada de forma agregada y anonimizada en este trabajo de grado. Este apéndice complementa la limitación ética declarada en el apartado 1.7. Los números de cédula de los participantes se presentan cubiertos en esta versión del documento, en coherencia con el compromiso de anonimización descrito en el propio formato de autorización.

Figura 44

Autorización firmada por los participantes de la prueba piloto (cédulas cubiertas por anonimización)



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Programa de Ingeniería Multimedia

AUTORIZACIÓN PARA EL USO DE INFORMACIÓN RECOLECTADA EN PRUEBA PILOTO DE TRABAJO DE GRADO

Proyecto: "Diseño, desarrollo e implementación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) accesible basado en el DUA y las pautas WCAG 2.1 AA para la capacitación en Derechos Humanos en el INPEC".

Estudiante: Luis Carlos Ruiz García. Asesor: Juan Carlos Neira Cruz. Programa: Ingeniería Multimedia, ECBTI, UNAD.

Usted participó de manera voluntaria, como funcionario del establecimiento penitenciario de Dosquebradas, en la prueba piloto de validación funcional, de usabilidad (System Usability Scale) y de satisfacción del Objeto Virtual de Aprendizaje mencionado, desarrollado como trabajo de grado.

Durante su participación se recolectó la siguiente información:

- Resultados de las pruebas funcionales del prototipo (navegación, actividades, evaluación, certificado).
- Su puntaje individual en el instrumento de usabilidad System Usability Scale (SUS).
- Sus respuestas a la encuesta de satisfacción sobre el uso del OVA.

Esta información se presenta en el documento del trabajo de grado de forma agregada y anonimizada: no se asocia su nombre ni ningún otro dato personal identificable a sus respuestas individuales; usted es referenciado únicamente como "Participante" dentro de un grupo de diez.

Al firmar este documento, usted autoriza el uso académico de la información ya recolectada durante su participación, en los términos aquí descritos, para los fines exclusivos de este trabajo de grado. Su participación fue voluntaria y no tiene ninguna consecuencia laboral, contractual o de otro tipo el autorizar o no este uso. Si usted desea que su información no sea utilizada, puede solicitarlo directamente al autor antes de la fecha de sustentación del trabajo, sin necesidad de justificar su decisión.

Firmas de autorización:

Nombre completo	Cédula de ciudadanía	Firma	Fecha
Luis Carlos Ruiz G.	[redacted]	[redacted]	21 / Agosto / 26
Yeliza Oria	[redacted]	[redacted]	21/08/26
Luis E Arola	[redacted]	[redacted]	21/08/26
Martinez Juna Juan	[redacted]	[redacted]	21 / Agosto 26
Walter Murcia	[redacted]	[redacted]	Ago/21/2026
Andres David Ruiz G.	[redacted]	[redacted]	Agosto 21/26
Roselia Ibarra T.	[redacted]	[redacted]	21-08-26
Jose Paul Guzman	[redacted]	[redacted]	21-08-26
JHON CASTAÑO	[redacted]	[redacted]	21 Ag 26
Monica Andrea	[redacted]	[redacted]	21 Agosto 26

Nota: la fecha consignada por cada participante debe ser la fecha real de la firma de este documento, independientemente de la fecha en que se ejecutó originalmente la prueba piloto.

Nota. Documento suscrito por los diez participantes el 21 de agosto de 2026.