Diseño de interfaz de usuario inclusiva para comunidades indígenas enmarcado en un Sistema de Información de ciencia y tecnología

Laura Alejandra Bravo Rivera

Trabajo de Grado para Optar el Título de Magister en Ingeniería Industrial

Director

Luis Eduardo Becerra Ardila

Magister en Administración

Codirector

Efren Romero Riaño

Doctor en ingeniería

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Maestría en Ingeniería Industrial
Bucaramanga
2026

Dedicatoria

A Dios por darme la destreza y perseverancia para alcanzar este logro académico.

A mi hija Luna Guadalupe que es mi mayor fuente de inspiración.

A mi familia por apoyarme en todas mis decisiones y animarme en los tiempos difíciles.

Agradecimientos

A mi director de trabajo de grado, Luis Eduardo Becerra Ardila, por acogerme en el grupo de investigación INNOTEC y por guiarme en el desarrollo del proyecto.

Al director del OCyT, Efren Romero Riaño, quien fue el precursor de este trabajo de investigación.

A todas las personas que me apoyaron en las entrevistas y validaciones del prototipo, siendo clave para el desarrollo de este proyecto.

Tabla de Contenidos

Introducción 15

1. Planteamiento y Justificación del Problema 18

2. Objetivos 22

2.1. Objetivo General 22

2.2. Objetivos Específicos 22

3. Metodología 23

3.1. Fase 1: Investigación 24

3.2. Fase 2: Ideación 24

3.3. Fase 3: Prototipado 25

3.4. Fase 4: Evaluación 26

4. Consideraciones éticas 28

4.1. Riesgo de la investigación 29

4.2. Regulación ética en Colombia 29

4.3. Tratamiento de datos 30

4.4. Procedimiento para abordar a la muestra objetivo 30

5. Resultados 32

5.1. Investigación 32

5.1.1. Estado actual de HCI 32

5.1.1.1. Tendencias emergentes de HCI 37

5.1.1.2. Desarrollos recientes de HCI 38

5.1.2. Accesibilidad y diversidad digital 40

5.1.2.1. Estrategias de diseño digital 42

5.1.2.2. Estudios relacionados con accesibilidad e inclusión digital 45
5.1.3. Sistemas de información 48
5.1.3.1. Tipos de sistemas de información 49
5.1.3.2. Trazabilidad de la información 51
5.1.4. Discusión de la revisión e identificación de la brecha en la literatura 53
5.2. Ideación 55
5.2.1. Contextualización de pueblos indígenas 55
5.2.1.1. Marco legal aplicable 55
5.2.1.2. Análisis de comunidades indígenas en Colombia 61
5.2.1.3. Lenguas indígenas en Colombia 68
5.2.1.4. Conocimiento indígena 72
5.2.1.5. Simbología indígena 81
5.2.2. Sistemas existentes para pueblos indígenas 85
5.2.3. Entrevistas 89
5.2.4. Acerca del Observatorio de Ciencia y Tecnología 96
5.2.5. Modelo de ciencia abierta 98
5.2.6. Análisis PESTEL 107
5.2.7. Partes interesadas 111
5.2.8. Barreras de la investigación 117
5.2.9. Síntesis de la etapa de ideación 118
5.3. Prototipado 121
5.3.1. Acercamiento al proceso de prototipado 122
5.3.2. Antecedentes de sistemas inclusivos 126

5.3.3. Consideraciones de las interfaces de usuario 133
5.3.4. Diseño del prototipo 140
5.3.4.1. Especificaciones de diseño 140
5.3.4.2. Diseño de la interfaz 152
5.3.4.3. Funcionalidades contempladas 157
5.3.4.4. Disposiciones de elementos gráficos 159
5.3.5. Discusión de la etapa de prototipado 161
5.4. Evaluación 163
5.4.1. Contextualización del modelo heurístico 163
5.4.2. Resultados de evaluaciones heurísticas 170
5.4.3. Metodología inclusiva derivada 172
5.4.4. Conexiones entre actores 174
5.4.5. Consideraciones para la implementación del SI 176
6. Conclusiones 180
7. Recomendaciones 184
8. Lista de referencias 186
9. Apéndice A. Análisis bibliométrico 202
10. Apéndice B. Instrumento de entrevista 206
11. Apéndice C. Heurísticas de evaluación 207

Lista de tablas

Tabla 1. Principios de HCI. 34

Tabla 2. Tipos de interfaces y transferencia de información 35

Tabla 3. Pilares del modelo adaptativo. 44

Tabla 4. Investigaciones relacionadas con inclusión digital 45

Tabla 5. Aplicación de Sistemas de Información en la literature 52

Tabla 6. Normatividad aplicable según la constitución política de Colombia de 1991 56

Tabla 7. Normatividad aplicable a la investigación 60

Tabla 8. Rango poblacional de las comunidades indígenas colombianas 63

Tabla 9. Análisis de comunidades indígenas por region. 64

Tabla 10. Lenguas indígenas por region 69

Tabla 11. Familias lingüísticas según su relación estructural. 70

Tabla 12. Lenguas independientes o aisladas. 71

Tabla 13. Temáticas de investigación con pueblos indígenas. 76

Tabla 14. Competencias de la alfabetización digital. 80

Tabla 15. Interpretación de la espiral 82

Tabla 16. Interpretación del rombo. 84

Tabla 17. Sistemas de información nacional. 85

Tabla 18. Sistemas de información internacional. 86

Tabla 19. Datos de los participantes. 92

Tabla 20. Identificación del origen del conocimiento indígena 92

Tabla 21. Indagación de procesos de exploración y mejora indígena. 93

Tabla 22. Propuestas de sistema de información 94

Tabla 23. Idioma y ayuda visual del sistema de información. 96

Tabla 24. Áreas de acción del OCyT. 97

Tabla 25. Definición de los principios CARE para la gobernanza de datos indígenas. 102

Tabla 26. Aplicación de principios CARE para el sistema de información. 104

Tabla 27. Análisis PESTEL de la investigación. 108

Tabla 28. Relación entre actores, recursos y actividades 116

Tabla 29. Lineamientos que guían el diseño de un sistema para indígenas. 119

Tabla 30. Tipos de prototipo según su fidelidad 123

Tabla 31. Resumen de estudios que integran estrategias de inclusión 127

Tabla 32. Consideraciones para el diseño de sitios web. Tomado de Krug (2014) 135

Tabla 33. Criterios inclusivos de la interfaz de usuario. 142

Tabla 34. Necesidades del sistema 146

Tabla 35. Especificaciones de diseño del SI 148

Tabla 36. Decisiones de diseño según las necesidades del sistema 150

Tabla 37. Consideraciones para el diseño de sitios web. 153

Tabla 38. Plataformas de prototipado interactivo. 155

Tabla 39. Características del diseño del sistema de información. 160

Tabla 40. Lista de chequeo para la interfaz de usuario. 161

Tabla 41. Principios de diseño de interfaces. 165

Tabla 42. Resultante de la fusión de principios Nielsen y Tognazzini. 166

Tabla 43. Heurísticas y lista de evaluación. 167

Tabla 44. Resultados de la evaluación heurística 171

Tabla 45. Recomendaciones por etapas según el ciclo de vida del software..... 177

Lista de figuras

Figura 1. Metodología según el ciclo de vida del UCD. 24

Figura 2. Prinicipios de la evaluación heurística. 27

Figura 3. Estructura de HCI contemplando IA. 40

Figura 4. Tipos de Sistemas de Información. 50

Figura 5. Segmentación de comunidades indígenas de Colombia por región 63

Figura 6. Lenguas en peligro de extinción. 72

Figura 7. Elementos del proceso de conocimiento indígena. 73

Figura 8. Variaciones de la cruz. 83

Figura 9. Represetanción de la Estrella. 83

Figura 10. Representación del símbolo escalonado. 84

Figura 11. Análisis de las entrevistas 91

Figura 12. Categorización del sistema de información. 95

Figura 13. Pilares de ciencia abierta según la UNESCO. 99

Figura 14. Análisis PESTEL sistémico. 111

Figura 15. Modelo conceptual de ecosistema de interacción basado en valor compartido. 113

Figura 16. Mapa de actores según cuádruple hélice. 115

Figura 17. Síntesis de estudios inclusivos 132

Figura 18. Convenciones de navegación web 138

Figura 19. Matriz de necesidades y métricas 147

Figura 20. Mockup del prototipo. 154

Figura 21. Diseño del prototipo en Figma 156

Figura 22. Metodología para el desarrollo de sistemas de información inclusivos 174

Figura 23. Mapa de relaciones entre actores y el sistema 175

Lista de Apéndices

Apéndice A. Análisis bibliométrico 202

Apéndice B. Instrumento de entrevista 206

Apéndice C. Heurísticas de evaluación 207

Resumen

Título: Diseño de interfaz de usuario inclusiva para comunidades indígenas enmarcado en un Sistema de Información de ciencia y tecnología[*]

Autor: Laura Alejandra Bravo Rivera[**]

Palabras clave: Interacción hombre computador, inclusión digital, accesibilidad digital.

Descripción: El desarrollo de las tecnologías de la información ha incentivado la exploración de disciplinas como la interacción hombre computador (HCI) y los sistemas de información (SI) desde diversos sectores y aplicaciones. Por tal motivo, en la literatura se reflejan avances significativos hacia la inclusión digital, especialmente en el sector salud y educación; sin embargo, aún persisten desigualdades en dimensiones como el género, edad, discapacidad, cultura y raza. Bajo esta perspectiva, no se evidencian estudios significativos que consideren la participación de pueblos indígenas en cuando al uso de los SI. Considerando la metodología del ciclo del diseño centrado en el usuario, se aplicaron las etapas de investigación, ideación, prototipado y evaluación para definir un prototipo conceptual de una interfaz de usuario coherente con las necesidades de las comunidades indígenas de Colombia. Los resultados permitieron identificar y estructurar lineamientos de diseño inclusivo, ofreciendo una visión clara de las necesidades digitales de algunos pueblos indígenas. Este trabajo contribuye a cerrar la brecha inclusión digital y diversidad cultural, proporcionando lineamientos y métodos para el diseño de interfaces inclusivas, abriendo la posibilidad de replicar la metodología en otros contextos y comunidades.

---

[*] Tesis de Maestría

[**] Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industrial y Empresariales. Programa de Maestría en Ingeniería Industrial. Director: Luis Eduardo Becerra Ardila. Codirector: Efrén Romero Riaño.

Abstract

Title: Inclusive user interface design for indigenous communities framed an information system of science and technology[*]

Author: Laura Alejandra Bravo Rivera[**]

Keywords: Human computer interaction, digital inclusion, digital accesibility

Description: The development of information technologies has promoted the exploration of disciplines such as Human-Computer Interaction (HCI) and Information Systems (IS) across various sectors and applications. Consequently, the literature reflects significant advances toward digital inclusion, particularly in the health and education sectors; however, inequalities still persist in dimensions such as gender, age, disability, culture, and race. From this perspective, there isn't significant studies addressing the participation of Indigenous peoples in the use of IS. Considering the methodology of the User-Centered Design cycle, the stages of research were ideation, prototyping, and evaluation to define a conceptual prototype of a user interface aligned with the needs of Indigenous communities in Colombia. The results made it possible to identify and structure inclusive design requirements, providing a clear understanding of the digital needs of certain Indigenous peoples. This work contributes to bridging the gap between digital inclusion and cultural diversity by providing guidelines and methods for the design of inclusive interfaces, opening the possibility of replicating the methodology in other contexts and communities.

[*] Degree work

[**] Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies. Master's degree in Industrial Engineering. Director: Luis Eduardo Becerra Ardila. Co-director: Efren Romero Riaño.

Introducción

La Interacción Hombre- Computador (HCI, por sus siglas en ingles) y los Sistemas de Información (SI) han sido disciplinas en constante desarrollo durante los últimos años gracias a los avances tecnológicos (Karpov y Yusupov, 2018 y Teixeira et al., 2024). En un mundo marcado por la globalización y automatización e incentivado por la cuarta revolución industrial, se reconoce el valor de estas diciplinas para facilitar la transición hacia procesos que se centren en el ser humano y la integración de tecnologías emergentes (Nguyen Ngoc et al., 2022). Además, se destaca que los enfoques de HCI y SI no se limitan a abordar la eficiencia técnica, sino también a comprender la experiencia del usuario y las necesidades humanas en entornos digitales (Meers, 2024).

Pese a las importantes aplicaciones y contribuciones al capital científico, se ha identificado una brecha digital que excluye a ciertos grupos poblaciones debido a las disparidades en destrezas digitales, las capacidades físicas y cognitivas, accesibilidad de dispositivos tecnológicos y la disponibilidad de la información (de Almeida Neris et al., 2021; Kim y Han, 2017; Kirklies et al., 2024). En ese sentido, tanto HCI como los SI, han abordado estudios con enfoques inclusivos, asegurando el acceso universal a la tecnología y la información, independientemente de las habilidades o limitaciones de las personas (Goggin et al., 2019; Lei et al., 2022; Miraz et al., 2017).

Dentro de los estudios abordados por los investigadores, se evidencian factores de inclusión en torno al género, generación, habilidades educativas, lenguaje y aspectos visuales. Adicionalmente, se destaca que la mayor parte de las aplicaciones de SI han sido dirigidas hacia el sector educativo y salud (Lei et al., 2022 y Teixeira et al., 2024). Esto resalta la importancia de

explorar nuevas áreas de aplicación con enfoque inclusivo que sobrepasen el ámbito educativo e impacten las diversidades culturales.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación consiste en desarrollar un prototipo conceptual de interfaz de usuario inclusiva con comunidades indígenas de Colombia aplicado al SI científico y tecnológico del Observatorio de Ciencia y Tecnología (OCyT). Esta entidad siendo un aliado estratégico del gobierno y de la Universidad Industrial de Santander (UIS), ha generado importantes contribuciones al aumento de la capacidad científica y tecnología del país, por ende, buscan abarcar la mayor población y diversidad posible en el ámbito colombiano.

Con base en esto, se ha implementado una metodología cualitativa basada en el Diseño Centrado en el Usuario (UCD, por sus siglas en inglés) que contempla cuatro fases: investigación, ideación, prototipado y evaluación. La primera etapa se centró en una revisión de literatura que consideró las áreas de HCI y SI en contextos inclusivos, considerando aspectos conceptuales, emergentes y estudios representativos; la segunda etapa pretendió analizar el contexto de las comunidades indígenas del país, sus particularidades culturales y necesidades digitales a través del estudio de datos secundarios y aplicaciones de entrevistas; la tercera etapa consistió en la elaboración del prototipo de interfaz de usuario tomando como referencia criterios inclusivos de la literaria y características de los SI; finalmente para la evaluación de la interfaz se tuvieron en cuenta heurísticas de usabilidad basas en la integración del modelo Nilsen y Tognazzini propuesto en el estudio de Granollers (2018).

A partir de los resultados obtenidos, se logra contribuir a la literatura en el campo de estudio de HCI y SI, específicamente en el escenario de inclusión digital hacia poblaciones diversas. Puesto que las proposiciones y caracterizaciones del sistema de información representan una ruta

para la generación de nuevas iniciativas con diversas aplicaciones y enfoques específicas para pueblos indígenas.

El presente documento se estructura de la siguiente manera: la sección 1, 2 y 3 abordan el planteamiento del problema con la pregunta de investigación, los objetivos y la metodología basada en el UCD. La sección 4 describe las consideraciones éticas para la gestión de las entrevistas con miembros de comunidades indígenas considerando los principios de justicia, beneficencia, no maleficencia y autonomía. La sección 5 detalla los resultados de la investigación según las cuatro etapas metodologías del UCD: ideación, prototipado y evaluación. En la sección 6 y 7 se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio. Finalmente se incluyen las referencias y apéndices.

1. Planteamiento y Justificación del Problema

El constante desarrollo de la tecnología y los sistemas de información han provocado un impacto significativo en el ser humano y la sociedad, debido principalmente a la necesidad de mejorar la calidad de vida y difundir el conocimiento. Por esta razón, el rol de la Interacción Hombre – Computador es fundamental, ya que contribuye en los procesos de usabilidad, diseño y evaluación en diversos dominios y plataformas tecnológicas (Hvannberg, 2015).

Pese a las contribuciones de HCI, se ha identificado la presencia de una desigualdad digital que limita el acceso a la tecnología y discrimina a ciertos segmentos poblacionales. Para Kim y Han (2017) y Kirklies et al. (2024) esta barrera está asociada a características y diferencias basadas en el género, clase, posición socioeconómica, así como hacia comunidades étnicamente diversas. Además, (Kirklies et al., 2024 y Meers, 2024) mencionan como posible causa de estos sucesos que los diseños y procesos de desarrollo de los sistemas están influenciados por los criterios personales y experiencias de los desarrolladores de software.

Como se ha mencionado, HCI ha sido clave para el desarrollo de los Sistemas de Información. No obstante, Leiva et al. (2023) argumentan que frecuentemente algunas personas quedan excluidas de ciertas actividades debido a la accesibilidad de la información. En ese contexto, los Sistemas de Información desempeñan un papel fundamental, que promueve la inclusividad al proporcionar información accesible y facilitando el uso de espacios, instalaciones y productos de diversas áreas.

Teniendo en cuenta que dentro del campo de HCI no se han evidenciado estudios significativos que abarquen temas de inclusión digital para comunidades indígenas y las aplicaciones de SI se han enfocado en el sector educativo y de la salud, se identifica la oportunidad

de una investigación que integre a población indígenas en un sistema con un contexto diferente al educativo.

En particular, en Colombia las comunidades indígenas representan numerosos desafíos que limitan su acceso y participación a la ciencia y tecnología. A pesar de que representan una parte significativa de la diversidad cultural y social del país, estas civilizaciones se encuentran marginadas en términos de acceso a la tecnología y sistemas de información. No siendo poco, dentro el ámbito digital se fortalecen dichas desigualdades dado que las interfaces no consideran las particularidades culturales, lingüísticas y ergonómicas de estas poblaciones, lo que resalta la brecha digital y tecnológica (Bernal Camargo & Murillo Paredes, 2012; FILAC, 2023).

Dentro de este contexto, el Plan Nacional de Desarrollo 2022- 2026 de Colombia, promueve la inclusión y erradicación de estereotipos para superar la discriminación económica, social, regional, cultural y política. Además, se enfoca en eliminar la discriminación de género, étnico-racial, generacional, de identidad, orientación sexual y de capacidades físicas, poniendo a estos grupos como centro del desarrollo sostenible y la transformación del país. La estrategia del gobierno nacional destaca iniciativas para fomentar la equidad social, la justicia social, la cultura de participación ciudadana, la construcción de la paz y la dignidad humana (Función Pública, 2023).

De acuerdo con la clasificación de grupos étnicos de Colombia, se identifican las poblaciones: Indígena, Afrocolombina, Raizal, Palenquera y Gitana. Según el censo del 2018 efectuado por el DANE, la población indígena de Colombia representa el 4.4% del total nacional, de los cuales el 49.9% son hombres y 50.1% mujeres. Así mismo, se estima que el 17.5% ha alcanzado un nivel educativo medio y el 6.7% un nivel superior (Dane, 2019).

Las investigaciones existentes sobre HCI y los SI han progresado hacia el desarrollo de soluciones más inclusivas y accesibles. Sin embargo, hay una escasez notable de estudios que aborden específicamente las necesidades de comunidades indígenas en Colombia. La falta de interfaces de usuario adaptativas y culturalmente sensibles limita la participación efectiva de estas comunidades en la sociedad de la información, restringiendo su acceso a recursos esenciales para el desarrollo socioeconómico y la autogestión de su patrimonio cultural y ambiental (Bernal Camargo & Murillo Paredes, 2012; FILAC, 2023).

Este problema se extiende al ámbito científico y tecnológico, donde la inadecuada representación y accesibilidad en los SI puede perpetuar desigualdades y obstaculizar la implementación de políticas públicas efectivas que promuevan la inclusión (Bernal Camargo & Murillo Paredes, 2012). Por tanto, es crucial investigar y desarrollar un prototipo de sistema de información con una interfaz de usuario que no solo sea funcional y ergonómica, sino que también incorpore las características culturales y lingüísticas de las comunidades indígenas, asegurando su plena participación y beneficio en la era digital.

Tomando como base los anteriores argumentos, el OCyT busca fortalecer la investigación y el desarrollo científico y tecnológico de Colombia a partir de la producción, interpretación y difusión de estadísticas e indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación. Dicha información está consolidada públicamente en la web a través de los sistemas dispuestos por el OCyT.

Lo anterior indica que el OCyT cuenta con un Sistema de Información científico y tecnológico apto para la recolección, publicación y difusión de conocimiento e información científica. El sistema está compuesto por una base de datos sólida donde se encuentra información acerca de investigaciones, patentes, formación, bibliometría y otros componentes que permiten

analizar tendencias. No obstante, la trazabilidad de la información allí dispuesta no ha impactado a gran parte de la población colombiana, identificándose problemas de accesibilidad y usabilidad.

En ese orden de ideas, ya que el OCyT es un aliado estratégico del gobierno y colabora con la promoción de proyectos nacionales y la formulación de políticas, el objeto de la presente investigación es brindar un enfoque de inclusión e igualdad social para el Sistema de Información científico y tecnológico del OCyT. Buscando la accesibilidad de la información hacia comunidades indígenas, siendo coherente con los principios de interfaz de usuario y de usabilidad que caracterizan a dicha población.

De manera que la presente investigación se orienta al diseño y elaboración de un prototipo conceptual visto desde la interfaz de usuario. Por lo cual el desarrollo se ubica en el proceso de diseño y la estructuración conceptual de la interfaz a partir de la consideración de HCI, SI y diseño inclusivo que sirvan como guía para oriental el posterior desarrollo e implementación en un entorno real. Por consiguiente, el desarrollo, integración e implementación del SI corresponderían a otros proyectos o fases posteriores.

En consecuencia, la presenta investigación propone la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo podría estructurarse una interfaz de usuario inclusiva con población indígena aplicada al Sistema de Información de ciencia y tecnología del OCyT?

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo conceptual de interfaz de usuario inclusiva con comunidades indígenas de Colombia en el sistema de información científico y tecnológico del OCyT.

2.2. Objetivos Específicos

- Analizar el desarrollo y evolución del conocimiento en HCI y Sistemas de Información a partir de una revisión de literatura.
- Analizar las necesidades y preferencias de interacción tecnológica específicas de comunidades indígenas, a través de métodos cualitativos.
- Desarrollar el diseño del prototipo de interfaz de usuario, sintetizando las teorías y prácticas actuales de HCI que consideran diversidades culturales, para ser integrado con el sistema de información del OCyT.
- Elaborar recomendaciones fundamentadas en los resultados de la investigación y evaluaciones heurísticas, para la futura implementación y escalabilidad del sistema, asegurando la adaptabilidad de las interfaces a otras comunidades indígenas y contextos similares.

3. Metodología

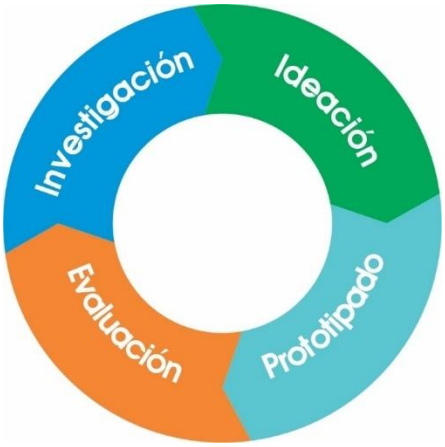
La presente investigación es de tipo cualitativo y adopta un enfoque epistemológico constructivista basado en la interpretación de la información, permitiendo una inmersión en el campo de estudio, más específicamente en la disciplina de HCI y Sistemas de Información. Dicho enfoque propone que la realidad es construida por individuos a través de la observación, interacciones y experiencias, lo cual es relevante para entender las necesidades de las poblaciones indígenas de Colombia. En ese contexto, la investigación se caracteriza como descriptiva y exploratoria, ya que busca describir y analizar las prácticas de HCI y su aplicación en Sistemas de información, explorando nuevas áreas de conocimiento para identificar patrones claves que puedan constituir la interfaz.

La metodología planteada sigue una estructura basada en el ciclo del diseño centrado en el usuario (UCD), comúnmente utilizada para el desarrollo de productos interactivos ya que permite situar al usuario en el centro del proceso de desarrollo. La UCD surgió como una metodología integral del sector software, para promover la interacción entre desarrolladores y diseñadores, en pro de garantizar la satisfacción de los usuarios. Por lo tanto, este enfoque considera las características y necesidades de las personas, facilitando la inclusión de las necesidades del usuario en los procesos de diseño para garantizar que estos se adapten a sus requerimientos, incorporando principios de usabilidad (Zaina & Álvaro, 2015). La Figura 1 muestra cada una de las etapas que contempla el modelo.

Del modo definido de UCD, se estructuran las cuatro fases claves para el desarrollo de la investigación.

Figura 1

Metodología según el ciclo de vida del UCD



Nota: Adaptado de Zaina y Álvaro (2015)

3.1.Fase 1: Investigación

En la primera fase se realizó una revisión de literatura para conocer acerca de HCI y SI. Dicha revisión buscaba documentar los antecedentes de estudios inclusivos y los autores más relevantes en las temáticas abordadas de la investigación. Cabe señalar que el proceso se apoyó de un análisis bibliométrico en donde se construyó una ecuación de búsquedas y se delimitó con criterios de inclusión, exclusión, revisión de títulos y resúmenes.

3.2.Fase 2: Ideación

En esta etapa se estudiaron las necesidades de las comunidades indígenas, sus tareas, el entorno de interacción y problemas potenciales, a través técnicas de análisis cualitativas y descriptivas que implicaron la recolección y análisis de datos etnográficos, encuestas, segmentaciones e informes provenientes de diversas fuentes secundarias.

Dentro de la información identificada, se encontró la base de datos de la Organización Nacional de Indígenas de Colombia (ONIC), que contiene información segmentada de 104

comunidades indígenas del país en cuanto a sus ubicaciones geográficas, población, lenguaje y economía. También se revisaron datos censales del DANE e informes del Ministerio del Interior en donde se promueven iniciativas para el desarrollo y bienestar de los territorios indígenas.

Como respaldo a los hallazgos, en esta etapa se generó un acercamiento con personas pertenecientes a comunidades indígenas a través de entrevistas presenciales y virtuales, a fin de conocer de primera mano las necesidades digitales y requerimientos para un SI. Dichas entrevistas fueron procesadas y analizadas de manera que se lograron extraer las perspectivas de cada pregunta.

Con base en la información primaria y secundaria, se delimitaron las bases de las necesidades y requerimientos del usuario final para el diseño de la interfaz. Asimismo, el análisis facilitó la segmentación de las comunidades, permitiendo identificar particulares culturales en torno a sus procesos de conocimiento, aprendizaje y lenguaje. Todos estos resultados se conectaron con las áreas de acción del OCyT y se complementaron con análisis de partes interesadas y PESTEL.

3.3. Fase 3: Prototipado

Dando continuidad al ciclo del UCD, la fase de prototipado contempló el diseño y visualización concreta de la interfaz de usuario y los escenarios de interacción. El proceso de diseño consideró de manera inicial una revisión de literatura para identificar estratégicas, métodos y consideraciones de las interfaces de usuario inclusivas abordadas por otros autores, asimismo dicho análisis se complementó con una inspección de las características para el diseño de sistemas web.

El diseño de la interfaz de usuario valoró los elementos y características existentes que surgieron de la revisión de literatura y parámetros del diseño web, para la generación de principios

de diseño responsablemente inclusivos que facilitaran la generación de las propuestas de diseño y por ende del prototipo funcional.

Lo anterior indica que, el diseño del prototipo responde a estándares y directrices de interfaz de usuario que se alinean con la norma ISO 9241-210 Diseño centrado en el usuario para sistemas interactivos, asegurando la pertinencia del SI.

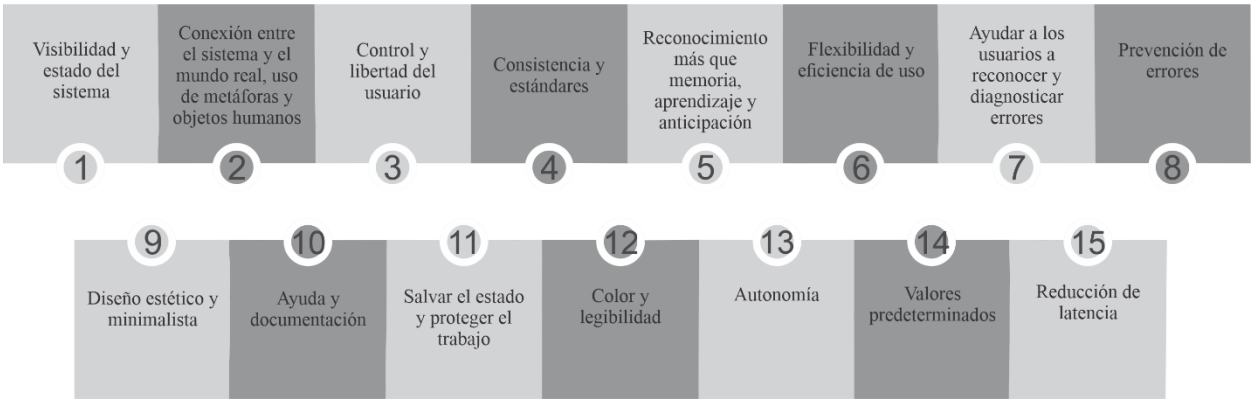
3.4. Fase 4: Evaluación

La evaluación contempló técnicas de inspección heurística que permiten realizar una evaluación predictiva de la interfaz sin involucrar al usuario final, pues las pruebas que involucran a los usuarios son comúnmente utilizadas en las etapas finales del desarrollo del producto (Zaina & Álvaro, 2015). Por lo tanto, la evaluación heurística es la más abordada en métodos de validación de usabilidad, ya que permite realizar una inspección sistemática del diseño de la interfaz para determinar su usabilidad. Según la ISO 9241 el diseño puede evaluarse mediante simulaciones o métodos heurísticos, siempre y cuando estás sean realizadas por evaluadores experimentados.

Uno de los modelos más conocidos y estudiados es la evaluación de Nielsen & Molich (1990) la cual comprende diez heurísticas de usabilidad que corresponden a principios comunes de las interfaces de usuario. Por tal motivo este modelo resulta útil para guiar los procesos de evaluación hacia la identificación y resolución de problemas de usabilidad. No obstante, el estudio de (Granollers, 2018) fusiona los principios de Nielsen y los de Tognazzini con el propósito de obtener un método más estandarizado que permitiera evaluar cualquier tipo de interfaz de usuario. Como resultado en la figura 2 se detallan los 15 principios generales o heurísticas resultantes de dicha fusión.

Figura 2

Principios de la evaluación heurística



Nota: Adaptado de Granollers (2018)

La técnica de evaluación suele realizarse con tres o cinco evaluadores, quienes deben tener experiencia en HCI e interfaces de usuario. Algunas recomendaciones sugieren que el evaluador debe familiarizarse con la interfaz, seguir un conjunto de heurísticas para encontrar deficiencias o utilidades a partir de una calificación que variará según el grado de importancia, y finalmente se analiza el diagnostico de los resultados para concluir con el nivel de efectividad de la interfaz y plantear mejoras (González et al., 2009).

Partiendo del trabajo de Granollers (2018), quien desarrolló un cuestionario de 60 preguntas que responden a cada uno de los principios heurísticos, se logró consolidar el instrumento de evaluación para que fuera utilizado por cada uno de los evaluadores y de esta forma lograr validar la pertinencia de la interfaz.

4. Consideraciones éticas

Esta investigación involucra directa e indirectamente a personas que tienen algún vínculo con comunidades indígenas de Colombia, por lo cual se deben garantizar los principios de justicia, beneficencia, no maleficencia y autonomía, que orinarán las acciones e interacciones con los participantes involucrados.

Justicia: Este principio implica reconocer y valorar la identidad, la cultura y los principios de las comunidades indígenas y de cada una de las personas involucradas en la investigación. Es decir que cualquier intervención e interacción debe garantizar la protección de los valores y las costumbres de los participantes, asegurando el trato justo y digno, siendo coherente con las tradiciones y creencias propias de cada comunidad.

Beneficencia: Este principio se refiere a la protección física, psicológica, emocional y social de los involucrados, tomando las medidas necesarias para no comprometer su salud, seguridad o integridad. Así mimo, provee que los resultados de la investigación serán utilizados para mejorar el bienestar de las comunidades, respetando sus necesidades, creencias y costumbres.

No maleficencia: Se refiere a la reducción del riesgo en los participantes, por lo cual la investigación será diseñada de forma que prevenga cualquier riesgo físico, emocional o cultural. Tomándose las medidas necesarias para que ninguna intervención comprometa la dignidad o la integridad de los participantes.

Autonomía: Indica que la participación en la investigación debe ser libre y voluntaria, sin ningún tipo de presión o coerción. Los participantes serán informados sobre la naturaleza, propósito y posibles consecuencias de la investigación antes de decidir participar en ella. Esto incluye proporcionar información clara y comprensible sobre los objetivos del estudio, los

procedimientos y los posibles riesgos asociados. Además, los participantes tendrán la plena libertar de retirarse de la investigación cuando así lo indiquen.

4.1. Riesgo de la investigación

Bajo la resolución 8430 de 1993, se considera como riesgo la probabilidad de que un individuo participante en la investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio. Por lo cual, esta investigación se clasifica de riesgo mínimo, dado que se realizarán entrevistas que no abordarán aspectos que puedan perjudicar la salud física, mental o emocional de las personas involucradas.

Además, se tomarán las medidas pertinentes para salvaguardar la información y confidencialidad de los participantes. Los datos recopilados serán codificados y almacenados de manera segura, garantizando que no se asocie con ningún participante.

4.2. Regulación ética en Colombia

Según la constitución política de Colombia de 1991, la investigación es promovida como un proceso permanente que contribuye al desarrollo y la identidad nacional, y está intrínsecamente ligada a principios fundamentales como la dignidad humana, la solidaridad y el interés general. Por lo cual se deben acatar las regulaciones de derechos humanos internacionales según lo dispone la Asamblea General de las Naciones Unidas en la resolución 217 A, del 10 de diciembre de 1948. Esta declaración destaca la importancia de respeta lo derechos y libertades fundamentales de todas las personas, independientemente de su origen, para establecer un marco ético y legal que proteja los derechos en todas las actividades de la investigación.

4.3.Tratamiento de datos

El tratamiento de la información suministrada por cada participante se encuentra sujeto a la ley estatutaria 1581 de 2012 que regula la protección de datos personales en Colombia, y la resolución 1227 de 2013 que aprueba el manual de procedimientos para el tratamiento de datos personales en la universidad. Estas normativas garantizan la adecuada protección y manejo de la información abarcando aspectos como la confidencial de los datos, el tratamiento y uso autorizado de la información, consentimiento informado para el tratamiento de datos personales y el derecho de los participantes a acceder a la información suministrada.

En concreto, la información recopilada durante la investigación será codificada de tal forma que se conserve el anonimato y la confidencialidad. Además, se adoptarán las medidas necesarias para asegurar la preservación y no divulgación de la información fuera de un contexto diferente a la investigación. Toda la información sensible será excluida del análisis y se aplicaran criterios de codificación para asegurar el anonimato de los participantes, de modo que su identidad no pueda ser revelada a través de la información consolidada.

4.4.Procedimiento para abordar a la muestra objetivo

Considerando el principio de autonomía, la participación es voluntaria, razón por la cual las personas tendrán la libertar y el criterio de decisión para participar en la investigación. Garantizando dicha decisión, se proporcionará a cada participante el respectivo consentimiento informado de la investigación, tanto de manera verbal como escrita. Este consentimiento detallará el objetivo de la investigación, el propósito del estudio, los posibles riesgos y beneficios, así como los derechos de los participantes, incluyendo el derecho a retirarse en cualquier momento.

En lo que respecta a la identificación y selección de la muestra, se realizará previamente una investigación exhaustiva sobre el contexto cultural, territorial, económico y poblacional de los pueblos indígenas de Colombia, que será indispensable para establecer un diálogo respetuoso y culturalmente apropiado. En concordancia, se seleccionarán a los participantes considerando su vínculo directo con comunidades indígenas, su conocimiento sobre temas culturales y lingüísticos y su disposición para participar voluntariamente.

Una vez identificados los participantes, se procederá a dar una explicación clara sobre el propósito de la investigación y el alcance de la participación, que puede incluir la participación activa durante una etapa inicial de empatía a través de entrevistas, y posteriormente, en una etapa de validación que consistirá en la evaluación de la interfaz de usuario.

Las entrevistas serán llevadas a cabo de manera respetuosa, permitiendo que los participantes expresen su opinión, conocimientos y experiencias libremente. En esta etapa será vital comprender las perspectivas de los participantes y los criterios que sean útiles para adaptarlos al diseño de la interfaz de usuario.

En la etapa de evaluación, los participantes interactuarán con la herramienta y ofrecerán retroalimentación sobre la usabilidad, relevancia y adecuación cultural. Dicha evaluación considerará el diligenciamiento de un cuestionario que responderá a heurísticas de usabilidad. Los instrumentos de evaluación serán adaptados para ser culturalmente apropiados, asegurando que los participantes comprendan las preguntas y puedan expresar su retroalimentación en función de sus propios marcos de referencia.

5. Resultados

5.1. Investigación

Dando lugar a la revisión de la literatura para comprender el nivel científico y conceptual de la temática abordada, se ha organizado la información de la siguiente forma: 1. Estado actual de HCI, 2. Accesibilidad y diversidad digital, 3. Sistemas de información y 4. Discusión de la revisión e identificación de la brecha en la literatura.

En la primera sección se abordarán aspectos conceptuales y emergentes de HCI, el diseño de interfaces y experiencia de usuario que son claves para centralizar el objeto de estudio.

La segunda sección plasmará la brecha encontrada en la literatura respecto a los enfoques de HCI e interfaces de usuario que no mantienen una visión integral del diseño centrado en el usuario. Dichos argumentos se fundamentan haciendo alusión a las investigaciones recientes que abordan contextos aplicados desde varias perspectivas científicas.

En la tercera sección se abordan aspectos significativos de los Sistemas de Información, los tipos de Sistemas de Información y estudios que promueven la accesibilidad y transparencia de la información desde un enfoque más social y cultural.

Finalmente, se presenta la discusión de los hallazgos encontrados en la literatura haciendo una contextualización de las oportunidades futuras en el ámbito de HCI y los sistemas de información que permiten demarcar la justificación de la investigación.

5.1.1. Estado actual de HCI

Algunos autores han coincidido en que HCI, se considera un área multidisciplinar que se encarga de estudiar aspectos como el análisis, diseño, evaluación e implementación de sistemas interactivos para que puedan ser usados por el hombre (Alkatheiri, 2022; Costa et al., 2022; Miraz,

Ali, et al., 2021). Es por ello que las investigaciones relacionadas con HCI se han tratado de abarcar enfoques, métodos, técnicas y herramientas para el diseño centrado en el usuario, el uso de los sistemas y la evaluación de la usabilidad (Vermeeren et al., 2016).

El área de conocimiento HCI no se considera una disciplina emergente, pues esta ha venido desarrollándose desde el siglo XX como consecuencia de la aparición de las computadoras. Por ejemplo, Karpov y Yusupov (2018) y Nguyen Ngoc et al. (2022) mencionan que la aplicación de HCI ha evolucionado con la tecnología, pues inicialmente las interfaces eran controladas por comandos de texto o digitales. Luego se introdujeron las interfaces de usuario manipulables como la interfaz gráfica (GUI, por sus siglas en ingles) y la ventana-imagen-menú-puntero (WIMP, también por sus siglas en ingles). Además, los autores destacan que hoy en día se han estado desarrollando interfaces más inteligentes y multimodales basadas en el reconocimiento automático y la síntesis de información procedente del habla, textos, gestos, táctiles, e información paralingüística.

Como se ha mencionado, en la actualidad las interfaces son multimodales o polimodales, es decir que permiten articular varias tecnologías para el procesamiento de la información que transmiten los usuarios. Esto indica que permite analizar simultáneamente modos de interacción naturales para la comunicación interhumana (habla, movimientos, posturas, gestos, expresiones, escritura, comportamientos, etc). La ventaja de estas interfaces es que, al proporcionar varias formas de interacción, el usuario puede elegir la que más le convenga sin que se llegue afectar la funcionalidad del sistema (Karpov & Yusupov, 2018). Estos avances, abren la puerta hacia comunicaciones universales que empoderan a todo tipo de poblaciones, potenciando sus capacidades.

Por consiguiente, las tendencias del lenguaje han ido desarrollándose e implementándose en diversos sistemas y dispositivos. Al proporcionar configuraciones de idiomas internacionales, se facilita el acceso de la mayor cantidad de personas alrededor de todo el mundo, de allí que importantes compañías como Google, Amazon y Microsoft estén implementando esta tecnología (Lei et al., 2022).

En este mismo ámbito, las interfaces de voz han facilitado el diálogo verbal entre las personas y las computadoras, contemplando aspectos de síntesis y reconocimiento automático de habla. De esta forma, es posible dar instrucciones, dictar o reconocer el habla. Así mismo estas aplicaciones han trascendido hacia soluciones que facilitan la lectura e interpretación de signos y lenguajes de señas, siendo clave parala inclusión de personas sordas y con discapacidad auditiva (Karpov & Yusupov, 2018).

Dada su evolución, HCI debe cumplir con ciertos criterios indispensables para garantizar la satisfacción y el cumplimiento de los requisitos de los usuarios, la Tabla 1 permite observar cómo están clasificados estos principios y en que consiste cada uno de ellos.

Tabla 1

Principios de HCI.

Principio	***Definición***
Natural e intuitiva	El usuario interactúa con la interfaz sin recibir instrucción alguna del funcionamiento.
Ergonómica	Comodidad para utilizar la interfaz por varios usuarios.
Amable	Seguimiento directo evitando las acciones incorrectas.
Fiable	Funcionamiento sin errores, garantizando la máxima precisión.
Eficaz	Ejecutar el mínimo de operaciones en un tiempo mínimo en una tarea.
Universal	Aplicabilidad a diversidad de usuarios.
Multimodal	Proporcionar simultáneamente varios medios de comunicación.

Nota: Adaptado de Karpoy & Yusupoy (2018)

Varios estudios coinciden en que HCI es una disciplina que integra áreas de investigación como la psicología, estudios de comunicación, ciencia cognitiva, ciencias de la información, ergonomía y el diseño de experiencia de usuario e interfaz de usuario, conocido como UX/UI por sus en inglés (Costa et al., 2022).

En ese orden de ideas, el diseño de interfaz de usuario (UI) se considera el proceso mediante el cual se interactúa con el sistema para obtener una interpretación y percepción de sus acciones (Alkatheiri, 2022; Costa et al., 2022). En otras palabras, la interfaz de usuario se relaciona con todos aquellos aspectos que pueden ser percibidos y que están en contacto con el usuario como: el color, la simetría, elementos compositivos, geometría de la estructura, equilibrio, armonía, novedad y tipografía (Leiva et al., 2023).

Los estudios acerca de interfaces de usuario coinciden en que el proceso de diseño es esencial para mejorar la experiencia, eficiencia y satisfacción de los usuarios, no obstante, Miraz, Excell, et al., (2021) argumentan que la usabilidad es dependiente de la forma como se ejerce la interacción, la motivación, la curva de aprendizaje, los antecedentes culturales y las tecnologías utilizadas.

Por consiguiente, el progreso de las interfaces de usuario ha venido trascendiendo con el desarrollo de las tecnologías y los teléfonos inteligentes, de allí que se hayan derivado una serie de interfaces que se explican en la Tabla 2 según el tipo de interfaz y la forma como se transfiere la información a los usuarios.

Tabla 2

Tipos de interfaces y transferencia de información.

Tipo de interacción	*Formas de transferir la información*
Interacción de contacto	Teclados y barras de botones, manipuladores como el mouse, joystick, trackball, pantallas táctiles y guantes de realidad virtual.
Interfaz de voz	Habla espontánea (coloquial) incluida información paralingüística y extralingüística.
Interfaces de gestos y análisis de comportamiento	Señalar con el dedo y gestos con la mano como el lenguaje de señas. Gestos y movimientos de la cabeza como asentir y comportamiento del usuario como movimientos y posturas.
Interfaz de expresión facial	Expresiones faciales incluidas las que reflejan emociones, articulación de los labios, dirección de la mirada y parpadeo.
Entradas textuales y manuscritas	Texto continúo escrito a mano, texto y caracteres escritos, imágenes, emojis, imágenes y figuras.
Interfaces táctiles y miopotenciales	Guantes con sensor o exoesqueleto, dispositivos de vibración como relojes, potenciales mioeléctricos de los músculos (manos, dedos, cuello)
Interfaz neuronal de la computadora	Señales de actividad cerebral y potenciales evocados.

Nota: Adaptado de Karpoy & Yusupoy (2018)

Por otro lado, la experiencia de usuario (UX) se enfoca en comprender y generar empatía con el usuario, valiéndose de procesos como la recopilación, análisis e interpretación de la información que son indispensable para la concepción de productos o servicios (Martinelli et al., 2024; Virvou, 2023). De allí que las experiencias de usuario infundan en el comportamiento humano y la forma como el usuario se desenvuelve usando el sistema.

Según Virvou (2023), las técnicas para abordar las experiencias de usuario incluyen la creación de prototipos o wireframing y pruebas de usuario. Los prototipos por su parte, son las representaciones básicas de los diseños que dan una noción preliminar del producto, sus funcionalidades e interacciones. Las pruebas de usuario implican el seguimiento y monitoreo de los usuarios durante el proceso de interacción siendo clave para la determinación de supuestos y mejoras.

Con base en los principios de la experiencia de usuario y la interfaz de usuario abordados anteriormente, se encuentra que estas deben relacionarse para coexistir, por ejemplo, Odushegun (2023) explica que la experiencia de usuario representa una conceptualización de los resultados, efectos, deseos y necesidades del usuario, mientras que la interfaz de usuario es lo que permite sea accesible, tangible y visual.

5.1.1.1. Tendencias emergentes de HCI.

La cuarta revolución industrial o también denominada Industria 4.0, está estrechamente vinculada con a la digitalización y el uso de sistemas inteligentes para mejorar la productividad, calidad, seguridad y economía. Dado su notable impacto en diversas industrias, es indispensable incentivar dicha transición hacia procesos sostenibles que estén centrados en el ser humano (Nguyen Ngoc et al., 2022). Específicamente la aplicación de la Industria 4.0 ha aportado beneficios representativos en HCI, facilitando el diseño centrado en el usuario a través de tecnologías emergentes como el internet de las cosas (IoT), la Inteligencia Artificial y la realidad virtual.

Por su parte, los autores Alkatheiri, (2022) e Inkarbekov et al. (2023) consideran que la Inteligencia Artificial es un conjunto de algoritmos utilizados para aproximar la inteligencia de los sistemas a la mente humana. Esta tecnología fomenta procesos transparentes y comprensibles que facilitan la detección de errores y la implementación de mejoras. Según Virvou (2023), estos avances han sido precursores de la mejora en la percepción de las computadoras, ya que los sistemas están calificados para la toma de decisiones y ofrecen retroalimentación gracias a técnicas de aprendizaje automático, aprendizaje profundo, lógica difusa y el razonamiento cognitivo.

Otra de las tecnologías que evoca la ola de la cuarta revolución industrial es la realidad virtual, esta tecnología ofrece nuevos métodos de hacer que las redes neuronales convencionales

sean más comprensibles por el hombre a partir de representaciones en entornos 3D (Inkarbekov et al., 2023). En ese orden de ideas, los usuarios están completamente inmersos en entornos virtuales que no siguen los principios físicos del mundo real (Ryokai et al., 2022).

Estos avances tecnológicos han planteado nuevos desafíos en términos de HCI, resaltando la necesidad de estudiar aspectos del procesamiento de lenguaje, robótica social, Inteligencia Artificial, sistemas cibernéticos, realidad virtual y realidad aumentada (Nguyen Ngoc et al., 2022).

5.1.1.2. Desarrollos recientes de HCI

La literatura demuestra las ventajas de HCI y sus diversas aplicaciones en ámbitos como la robótica, vehículos y máquinas inteligentes, entretenimiento, seguridad, salud, medicamentos y videojuegos. Por ejemplo, el estudio de Ryokai et al. (2022) expone un contexto en el que HCI integra técnicas de realidad virtual para la construcción de aprendizaje profundo a través de las visualizaciones 3D interactivas que facilitan el reconocimiento de imágenes y movimientos. Por otro lado, Wald (2021) implementó Inteligencia Artificial y Big Data para abordar métodos de asistencia con enfoque inclusivo hacia personas con discapacidades a través de la personalización, simbolismos y el lenguaje.

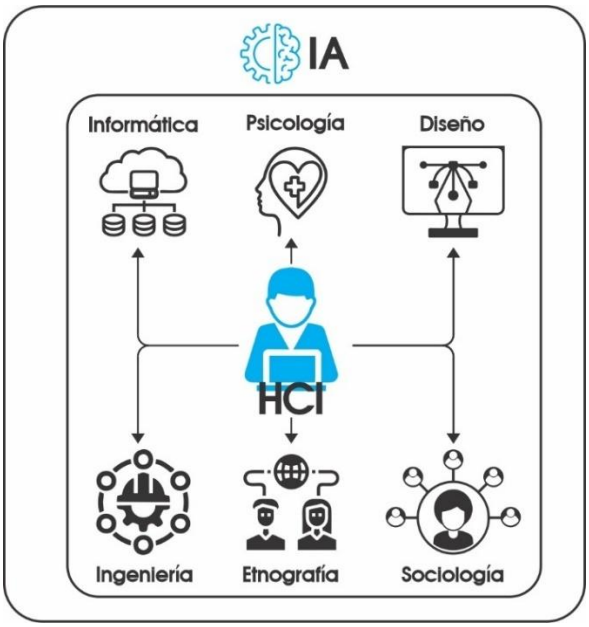
Lo que se percibe en la literatura reciente respecto a la temática de HCI, son las fuertes influencias de las tecnologías emergentes, en especial de la Inteligencia Artificial, por ejemplo Belfield (2020) recalca que la Inteligencia Artificial es precursora de inclusión y trabajo social ya que ha apoyado los derechos humanos, aborda crímenes de la guerra, permite la accesibilidad, ayudar a las personas con discapacidad o incluso permite manipular objetos a través de expresiones faciales.

En consecuencia, las tecnologías emergentes han permitido mejorar y generar conocimiento hacia las prácticas de HCI en diversos contextos. Desde el punto de vista de la experiencia de usuario, la Inteligencia Artificial ha contribuido a la automatización de procesos y funciones permitiendo mejorar los métodos de empatía, la comprensión profunda, la asistencia personalizada y las comunicaciones entre usuarios a partir del uso de la computadora (Virvou, 2023). Otros estudios han explorado la Realidad Virtual y la Inteligencia Artificial para mejorar la visualización de datos, lo que ha aumentado la efectividad en la recopilación, análisis e interpretación de la información. Estas tecnologías han sido especialmente útiles en sectores como la atención sanitaria, las finanzas y el transporte, reducido el riesgo de juicios erróneos y potenciando una toma de decisiones más precisa y confiable (Inkarbekov et al., 2023).

Otros estudio relacionado con Inteligencia Artifical, como el de Alkatheiri (2022) menciona que la Inteligencia Artificial se involucra en los procesos facilitando entornos colaborativos entre usuarios – computadores y para ello se hace alusión a seis factores: 1) la psicología brinda a las personas una visión de las habilidades físicas y mentales; 2) la informática ofrece la tecnología para que los entornos se conviertan en interactivos; 3) el diseño permite desarrollar interfaces agradables, personalizadas, prácticas y acordes a las necesidades y requerimientos del usuario; 4) la sociología aborda teorías para analizar la sociedad; 5) las técnicas etnografías que se fundamentan desde principios antropológicos, para efectos de interpretación de grupos o comunidades culturales y 6) la ingeniería como elemento integrador y de transferencia. En la Figura 3 se puede observar el esquema de los 6 componentes mencionados entre HCI e IA.

Figura 3

Estructura de HCI contemplando IA



Nota: Adaptado de Alkatheiri M (2022)

Los estudios mencionados anteriormente, revelan las oportunidades que ofrece HCI, especialmente a través del uso de tecnologías como la Inteligencia Artificial. Estas oportunidades incluyen factores de como aumentar la satisfacción de los usuarios, la mejora de los procesos de desarrollo, la optimización de procesos y la mejora de la calidad de vida. Estos hallazgos resaltan la importancia de mantener a HCI a la vanguardia tecnológica para promover un impacto positivo en el usuario y en la sociedad en general.

5.1.2. Accesibilidad y diversidad digital

Las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) han desempeñado un papel crucial en la calidad de vida de las personas, al facilitar conexiones, mejorar la independencia y fomentar la inclusión social (Guner & Acarturk, 2020). Según Kim y Han (2017) la calidad de vida dentro de un contexto digital o tecnológico comprende cinco aspectos principales:

1. Bienestar físico: Implica la capacidad de adquirir información y servicios del sector salud a través de las TIC.

2. Bienestar emocional: Ofrece elementos de entretenimiento a través de internet, contribuyendo al bienestar emocional.

3. Bienestar social: Facilitan las comunicaciones interpersonales promoviendo la interacción social

4. Bienestar material: Representado por funciones financieras, de comunicación y habilidades para desenvolverse en entornos laborales como archivado digital, videoconferencias, correos electrónicos y otros.

5. Desarrollo y actividad: Las TIC permiten la adaptación a espacios digitalizados, lo que posibilita el acceso a información en cualquier lugar y momento, fomentando el desarrollo personal y profesional.

Sin embargo, existe una brecha digital marcada por desigualdades económicas y sociales que llegan a limitar el acceso a la tecnología y, por tanto, promover las disparidades entre distintos grupos de personas. Autores como Kim y Han (2017) y Kirklies et al. (2024) coinciden en que tales diferencias se deben a las destrezas digitales, la accesibilidad con los dispositivos tecnológicos y hacia varios grupos de usuarios, incluyendo diferencias basadas en género, raza, clase, posición socioeconómica e incluso hacia comunidades étnicas.

Los hallazgos abordados en la literatura resaltan la importancia de desarrollar herramientas y estratégicas que incluyan a diversos grupos poblacionales, como adultos mayores, niños y jóvenes, a fin de garantizar el acceso universal a la tecnología (Goggin et al., 2019). Tal accesibilidad, según Yesilada et al. (2015) no solo es inherente a personas con discapacidad, al contrario, debe beneficiar a todo tipo de personas independientemente de sus capacidades y

situaciones. Lo cual indica que un diseño inclusivo debe ser utilizado por todas las personas, en la mayor medida posible, sin necesidad de adaptar nuevo desarrollos o diseños especializados (de Almeida Neris et al., 2021).

Por otro lado, también se evidencian ciertos sesgos en los procesos de diseño de los sistemas. Por ejemplo (Kirklies et al., 2024) mencionan que la industria TI está dominada y liderara por el sexo masculino, por ende, ha existido una tendencia de marginación hacia las mujeres. Dicho argumento recalca la importancia del diseño centrado en el usuario y de incluir procesos de empatía que permitan comprender las necesidades del usuario final, pues el conocimiento social es indispensable para construir interfaces de usuario. Estas interfaces pueden contemplar las preferencias de los usuarios, la forma como interactúan, capacidades y necesidades (de Almeida Neris et al., 2021).

5.1.2.1. Estrategias de diseño digital

Se han abordado estudios en diversas áreas de investigación para disminuir la brecha digital mundial abordando términos de equidad, modelos de negocio, accesibilidad y mercados de extensión. Con base en esto, la literatura converge en enfoques como el diseño participativo, diseño accesible, diseño universal y la plasticidad en el diseño (de Almeida Neris et al., 2021; Kim & Han, 2017; Miraz, Ali, et al., 2021).

El diseño participativo mencionado por de Almeida Neris et al. (2021) es un enfoque para diseñar aplicaciones adaptativas que incentivan la participación de los usuarios en cuanto a la toma de decisiones relacionadas con el desarrollo de tecnologías para obtener un panorama integral que abarque los requisitos de interacción de diversas poblaciones.

Por otra parte, el diseño accesible para (Kim & Han, 2017) explora el diseño para que sea accesible a la gran mayoría de usuarios, sugiriendo el “diseño basado en capacidades” el cual

indica que un sistema debe centrarse en las capacidades del usuario, independiente de si tiene alguna discapacidad, proporcionando una interfaz acorde con dichas capacidades. Es decir que el sistema estándar se adapta a las personas con discapacidad en lugar que las personas se adapten al sistema. A este concepto Miraz, Ali, et al. (2021) agrega que el diseño accesible puede adaptarse a las capacidades físicas y mentales del usuario, a las situaciones de uso y las capacidades de la plataforma.

El diseño universal o también conocido como diseño inclusivo, diseño para todos o usabilidad universal, se considera el enfoque que permite que se creen objetos o servicios por la mayor cantidad de personas posibles comprendiendo aspectos ergonómicos, factores humanos y culturales. Miraz, Ali, et al. (2021) dice que este enfoque ha aportado diversidad de contribuciones abordando aspectos de discapacidades, tecnologías de asistencia, aplicaciones para usuarios jóvenes y adultos mayores y tecnologías limitadas.

Por último, la plasticidad en el diseño se conoce como todos aquellos atributos y características inherentes de los usuarios que inciden en que las interfaces se adapten y amolden según las necesidades del usuario final, al mismo tiempo que muestran resiliencia a las necesidades cambiantes. Por lo tanto, la plasticidad es un proceso iterativo que se adapta a las capacidades físicas y mentales del usuario, al uso y capacitación del sistema (Miraz, Ali, et al., 2021).

De este modo, la investigación de Wald (2021) define aspectos importantes para diseñar interfaces inclusivas, que comprende la personalización, la cual facilita cambios en la configuración de la interfaz y la accesibilidad del sistema; la autonomía de los sistemas, que promueve la toma decisiones de manera ética; el reconocimiento de voz, que ayuda a personas con dificultades para escribir o con problemas auditivos a partir del procesamiento de subtítulos y transcripciones; la localización, contempla procesos para adaptar el sistema a un país, ciudad, área

o cultura específicos, a través de símbolos y configuraciones; y la IA neurosimbólica, integra el aprendizaje automático probabilístico con IA simbólica para abordar problemas y crear estructuras de base lógica que permitan establecer características o reglas del sistema.

Como se indicó en el párrafo anterior, el diseño de interfaces contempla implicaciones éticas fundamentales para el diseño, desarrollo e identificación de tecnologías digitales, con el propósito de asegurar la equidad. Esto incluye aspectos de inclusión, accesibilidad, protección de la privacidad, seguridad de la información, y la transparencia y responsabilidad en el uso de la tecnología (Inkarbekov et al., 2023; Virvou, 2023).

Por otra parte, en la investigación de Almeida Neris et al. (2021) se hace referencia al marco conceptual PLuRaL que permite el diseño de sistemas adaptables, este se sustenta en tres pilares: 1. Las señales de interés en el dominio de usuarios, dispositivos o el entorno. 2. Adopta el método de análisis semántico (SAM) y el método de análisis de normas (NAM) para permitir una visión consistente de los requisitos funcionales y 3. Permite consolidar el diseño adaptable del sistema. La Tabla 3 relaciona las actividades de cada uno de los pilares mencionados.

Tabla 3

Pilares del modelo adaptativo.

Pilar	***Actividades***
Descripción de las necesidades	- Proporciona una visión integral de las diferencias entre los usuarios potenciales, los dispositivos y los entornos que podría utilizar el sistema para definir los límites de la solución. Adopción de un análisis de partes interesadas para identificar aspectos del diseño del sistema. - Características físicas y del contexto de uso con los dispositivos considerando diferencias semánticas (términos del dominio), pragmatismo (interacciones de uso) e impacto social. - Definir escaleras semióticas, clasificando la información según (físicos, empírica, sintáctica, semántica, pragmática y social).

Definición de funcionalidades	La adopción de SAM especifica las condiciones y limitaciones de los comportamientos basados en normas, de allí que NAM actúe como base de los resultados de SAM. - Conocimiento profundo sobre el sistema - Definición de casos de uso: describiendo la interacción del usuario y el sistema.
Definición del comportamiento adaptable	- Desarrollo del prototipo de la interfaz - Consideración del dispositivo, entorno y características del usuario

Nota: Adaptado de Almeida Neris et al. (2021)

5.1.2.2. Estudios relacionados con accesibilidad e inclusión digital

Es crucial que los sistemas digitales permitan el uso equitativo en términos de utilidad y accesibilidad para personas con diferentes capacidades, y se adapten a una variedad de preferencias y habilidades, facilitando así los procesos de comunicación a través de procesos intuitivos (de Almeida Neris et al., 2021). Varios estudios identificados en la literatura gracias a la revisión sistemática (Apéndice A), abordaron temas de equidad o inclusión, los cuales se presentan en la Tabla 4. Esta tabla proporciona una comprensión y comparación de las investigaciones aplicadas que abarcaron temas de inclusión según criterios como el género, la generación, vinculación de varios tipos de usuarios, aspectos educativos, lenguaje e inclusión visual.

La literatura presenta estudios enfocados en diversas áreas de conocimiento, lo cual respalda los aspectos muldisciplinares de HCI. Se observa que dichas investigaciones abordan aspectos de inclusión y equidad en torno al diseño y desarrollo de sistemas digitales, destacando la importancia de considerar las necesidades y características de diversos grupos de usuarios para garantizar la usabilidad universal. Es así como los estudios responden a los hallazgos de la brecha digital mundial a fin de promover la inclusión digital y social haciendo uso de las tecnologías informáticas (de Almeida Neris et al., 2021).

Tabla 4

Investigaciones relacionadas con inclusión digital

Tipo inclusión	***Autor***	***Involucrados***	***Aplicación***
Género	Kirklies et al. (2024)	Hombres y mujeres.	Coproducción ciudadana en plataformas de servicios públicos.
Generacional	Guner y Acarturk (2020)	Adultos mayores y jóvenes	Construcción de un modelo de aceptación de tecnología a partir de ecuaciones estructurales.
Educativo	Rupprecht et al. (2014)	Personas con dislexia y deterioro cognitivo.	Identificación de experiencias de procesos de diseño inclusivo en un proyecto web para personas con dislexia.
	Pellas (2018)	Estudiantes.	Modelo instruccional invertido basado en Web aplicado a un curso de seis semanas.
	(Wuttke et al., 2019)	Diversidad de estudiantes.	Desarrollo de laboratorios remotos enfocados en áreas especializadas.
	Herrera Nieves et al. (2019)	Comunidad universitaria y personas con diversidad funcional	Creación de moodle de aprendizaje en línea basado en el diseño universal
	Tan y Cheah (2021)	Estudiantes con diversos orígenes.	Aplicación de aprendizaje en línea basada en Web y gamificada con IA.
	Hong (2021)	Estudiantes y profesores	Sistema de información educativo para un campus grande.
	Miraz, Excell, et al. (2021)	Usuarios culturalmente diversos.	Aplicación móvil de aprendizaje en línea.
Lenguaje	Alahmadi et al. (2020).	Usuario Rusos.	Plataforma de crowdsourcing sensible al idioma.
	Lei et al. (2022)	Estudiantes	Sistema multilenguaje basado en web para laboratorios remotos y virtuales.
Visual	Kim & Han (2017)	Personas con discapacidad visual.	Estudios con dispositivos móviles en casos particulares.
	Alcaraz Martínez et al. (2022)	Personas con discapacidad visual: visión, deficiencia de contraste y color.	Evaluación de la accesibilidad de gráficos estadísticos en la Web.
Interacción	Chen et al. (2024)	Usuarios culturalmente diversos.	Evaluación de interacción con un sistema conversacional de inteligencia artifical.

Tipo inclusión	*Autor*	*Involucrados*	*Aplicación*
	de Almeida Neris et al. (2021)	Diversidad de participantes: género, nivel educativo y edad.	Diseño de sistema de red social.

Uno de los estudios aborda consideraciones respecto al género en el diseño de plataformas. Kirklies et al., (2024) resaltan que los medios digitales no son utilizados por igual por todos los grupos de personas que se involucran en los mismo, para ello realizaron un estudio de coproducción ciudadana en plataformas de servicios públicos, encontrando que el diseño de interfaz es un predictor significativo de la participación en línea. El estudio resalta los bajos niveles de participación e interacción de las mujeres con respecto a los hombres, haciendo alusión a sesgos de género en cuanto al diseñados pensando para hombres, dado que la industria de TI está dominada por el sexo masculino, como resultado plantean cambios sustanciales en el diseño y se plantean aspectos visuales y verbales que fueron claves para aumentan la interacción de las mujeres en la plataforma.

Por otro lado, los estudios generacionales abordan la problemática social del envejecimiento de la población y la resistencia al uso de tecnologías. El estudio de Guner & Acarturk (2020) menciona que para el año 2050 las personas mayores representarán el 22% de la población mundial, lo que incrementará su dependencia física, social y económica. En ese sentido, el acceso a las TI es indispensable para reducir las dependencias, aumentar la autonomía y mejorar la calidad de vida de la población mayor. El estudio involucró el modelo de aceptación de tecnologías (TAM) y el modelo de ecuaciones estructurales (SEM) para anticipar los efectos de la aceptación de la tecnología. Los resultados indicaron una utilidad percibida del 42%, una facilidad de uso del 49%, una actitud positiva hacia el uso 60% y una intención de comportamiento de 24%,

lo cual sugiere una aceptación relativamente alta, no obstante, se demuestra que existen limitaciones en el uso de TIC y la necesidad de mejorar la comunicación.

En cuanto al criterio educativo, es el que mayor contribución tiene pues cuenta con varios estudios que exploran la inclusión en espacios destinados a mejorar los medios educativos, incentivar el aprendizaje y el desarrollo de capacidades, así como romper con las deficiencias cognitivas. El estudio de Rupprecht et al., (2014) se basa en el proceso del diseño centrado en el usuario para desarrollar una aplicación para personas disléxicas y con deterioro cognitivo. Los estudios de Herrera Nieves et al. (2019); Pellas (2018); Tan y Cheah, (2021) y Wuttke et al. (2019) buscan satisfacer y mejorar el aprendizaje de los estudiantes, independientemente del origen, nivel académico o discapacidades, con el fin de garantizar la calidad y accesibilidad de los sistemas educativos para fomentar la formación y el proceso práctico de los estudiantes.

Dentro del contexto del lenguaje y la inclusión visual, se discuten aspectos de sistemas que garanticen la accesibilidad y equidad de uso. Por ejemplo (Alahmadi et al. (2020) desarrollaron una plataforma crowdsourcing a través del procesamiento del lenguaje natural que garantiza la inclusión y diversidad, considerando las diferencias del idioma, especialmente con el lenguaje árabe. Por otro lado, los estudios de Alcaraz Martínez et al. (2022) y Kim & Han (2017) llevaron a cabo estudios centrados en personas con algún tipo de discapacidad visual, lo que permite comprender las dificultades de los usuarios cuando interactúa con los sistemas.

5.1.3. Sistemas de información

El término de Sistemas de Información ha venido transformándose a lo largo del tiempo con el desarrollo tecnológico y las plataformas digitales. Teixeira et al. (2024) definen los SI como el conjunto de procedimientos, información, personas y tecnologías destinados a promover los

objetivos de una organización, asegurando que la información y el conocimiento se difundan y comuniquen de manera efectiva. Además, los SI permiten la optimización de procesos impulsando la toma de decisiones.

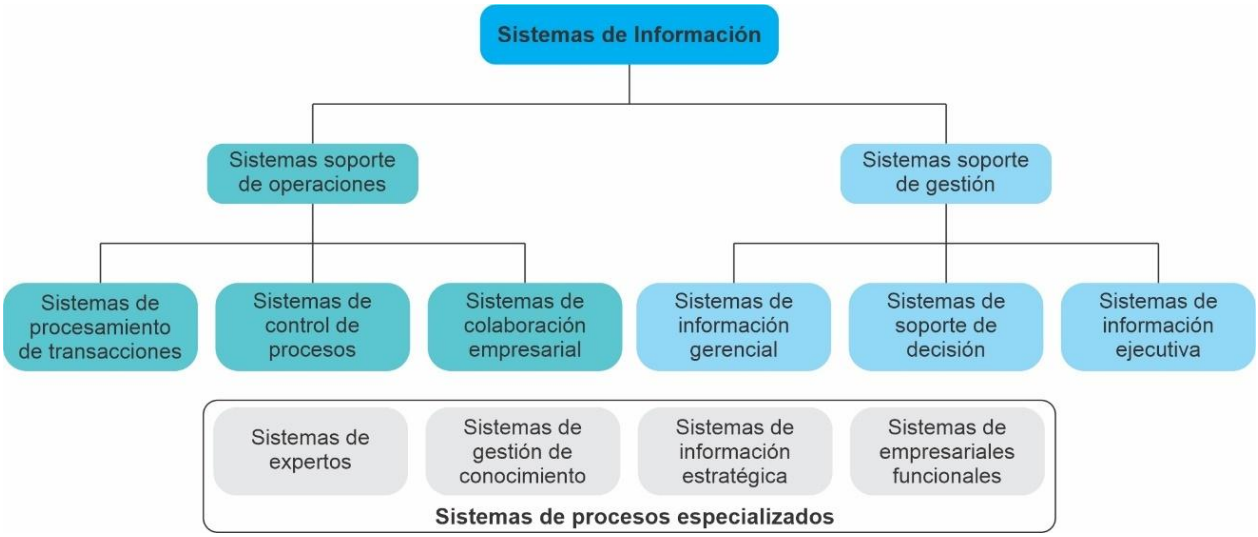
Dados los potenciales beneficios de los SI en las empresas, se han desarrollado diversos sistemas que brindan diferentes servicios e información a los usuarios, independientemente del sistema operativo, navegador web y el tipo de dispositivo utilizado. De allí que se considere que los sistemas deben permitir la accesibilidad, disponibilidad, universalidad y escalabilidad. Por su parte la accesibilidad se refiere a la compatibilidad del sistema con los diferentes navegadores, dispositivos y sistemas operativos; la disponibilidad indica que el sistema está operativo en todo momento y lugar; la universalidad refiere a la integración de diferentes usuarios; y la escalabilidad indica que el sistema soporta la integración de nuevos controladores y funcionalidades (Lei et al., 2022).

5.1.3.1. Tipos de sistemas de información

Dentro de las organizaciones, existen diferentes intereses y especialidades que requieren ser gestionados mediante sistemas de procesamiento de información. Es por esto que existen varios tipos de Sistemas de Información que inciden en las diferentes dependencias de las empresas. La Figura 4 permite visualizar los tipos de Sistemas de Información según su clasificación operacional que apoya las tareas comerciales, o los sistemas de soporte de gestión que facilitan las decisiones gerenciales (Al-Mamary et al., 2014).

Figura 4

Tipos de Sistemas de Información



Nota: Adaptado de Al-Mamary et al. (2014)

Basados en la clasificación anterior, dentro del grupo de Sistemas de Soporte de Operaciones se encuentran los Sistemas de Procesamiento de Transacciones, que son esenciales para las operaciones comerciales ya que realizan y registran las transacciones rutinarias diarias de la empresa; los Sistemas de Control de Procesos, controlan y monitorean procesos industriales o físicos, asegurando la eficiencia y seguridad de estos; y los Sistemas de Colaboración Empresarial, incluyen herramientas que facilitan el flujo de información y del trabajo empresarial, tales como sistemas ofimáticos, correos electrónicos y sistemas de archivo (Al-Mamary et al., 2014).

En cuanto a los Sistemas de Soporte de Gestión, los Sistemas de Información Gerencial recopilan y procesan información de diferentes fuentes para la toma de decisiones; los Sistemas de Soporte de Decisión, fomentan la toma de decisiones de manera estructurada; y los Sistemas de Información Ejecutiva brindan acceso rápido a información interna y externa proporcionando datos clave (Al-Mamary et al., 2014).

La Figura 4 también muestra una clasificación de sistemas especializados, como los Sistemas de Expertos, que son aquellos que brindan asesoramiento y consultoría; los Sistemas de Gestión de Conocimiento, apoyan la creación, organización y difusión de conocimiento empresarial; los Sistemas de Información Estratégica, ayudan a obtener ventajas competitivas sobre los competidores y finalmente, los Sistemas Empresariales Funcionales se centran la gestión y apoyo de funciones básicas empresariales(Al-Mamary et al., 2014).

Otros Sistemas de Información que no están conceptualizados en la Figura 4, se relacionan con Sistemas de Información de Ventas y Marketing, Sistemas de Fabricación y producción, Sistemas de Información Financiera y Contable y Sistemas de Recursos Humanos (Al-Mamary et al., 2014).

5.1.3.2. Trazabilidad de la información

Se ha identificado que el conocimiento, la información y la tecnología no llega a todo tipo de personas, lo que genera exclusiones en ciertos grupos de poblaciones, especialmente en personas que presentan algún tipo de discapacidad (física, auditiva, visual o cognitiva), adultos mayores, personas con limitaciones temporales y de lengua diversa (Teixeira et al., 2024) y (de Almeida Neris et al., 2021). Así mismo, se evidencian problemas en los SI relacionados con las diversidades culturales (Miraz et al., 2017), resaltando la oportunidad de sistemas más inclusivas que consideren las formas de acceso y la comprensión de la información.

En consecuencia, los estudios que contrarrestan la brecha de la literatura se han centrado principalmente en sectores como la educación, el turismo y la salud (Lei et al., 2022 y Teixeira et al., 2024). Estos estudios han incentivado la comunicación de manera más inclusiva al proporcionar información accesible sobre espacios, instalaciones y productos (Teixeira et al., 2024).

Con base en los estudios analizados a partir de la revisión sistemática (Apéndice A) y los hallazgos de inclusión mencionados en la Tabla 3 de la sección 1.2, se realiza una caracterización de los tipos de SI abordados en la literatura. La Tabla 5 muestra dicha caracterización.

Tabla 5

Aplicación de Sistemas de Información en la literatura

Categoría	***Autores***	***Tipo de sistema***
Sistemas de contenido educativo	Herrera Nieves et al. (2019)	Plataforma de aprendizaje en línea (MOOC)
	Pellas (2018)	Sistema de aprendizaje basado en videoconferencias
	Wuttke et al. (2019)	Laboratorio remoto en áreas especializadas
	Lei et al. (2022)	Laboratorio remoto multilenguaje
	Tan y Cheah (2021)	Aplicación de aprendizaje en línea gamificada con IA
	Miraz, Excell, et al. (2021)	Aplicación móvil de aprendizaje en línea.
	Rupprecht et al. (2014)	Aplicación Web interactiva para disléxicos
	Hong (2021)	SI educativo para un campus grande
Participación ciudadana	Kirklies et al. (2024)	Plataformas de coproducción ciudadana
	de Almeida Neris et al. (2021)	Sistema de red social
	Chen et al. (2024)	Sistema conversacional de chatbot
	Alcaraz Martínez et al. (2022)	Plataforma de crowdsourcing

Como se observa en la tabla anterior, la mayoría de las investigaciones adoptan enfoques dentro del ámbito educativo en sistemas de aprendizaje, cursos masivos en línea (MOOC) y laboratorios virtuales que mejoran la accesibilidad y calidad del aprendizaje en estudiantes y comunidades universitarias. Algunos de dichos estudios abordan aspectos inclusivos hacia personas con limitaciones cognitivas como el estudio de Rupprecht et al. (2014) y otros hacia personas con diversos orígenes. Dentro de este contexto Lei et al. (2022) resaltaron la importancia de la inclusión lingüística, de tal forma que los sistemas responsan a una población más amplia que habla diferentes idiomas.

En cuanto a la participación ciudadana, se evidencia que estos sistemas promueven la transparencia, la colaboración y la participación ciudadana en la sociedad. Estos estudios abordan varias aplicaciones por ejemplo (Kirklies et al., 2024) desarrollaron un SI de coproducción ciudadana enfocado en plataformas de servicios públicos. (de Almeida Neris et al., 2021) diseñaron una red social incluyendo métodos de diseño participativo y semiótica.

Como consecuencia se evidencia que los SI han ido transformándose en modelos más inclusivos para una variedad de contextos y aplicaciones, reflejando tanto la inclusión digital y social, y representando desafíos culturales. Estos hallazgos resaltan la versatilidad de los SI, destacando la importancia de adaptar e implementar la tecnología para satisfacer las necesidades de diferentes grupos y sectores.

5.1.4. Discusión de la revisión e identificación de la brecha en la literatura

La interacción hombre-computador ha sido esencial para el desarrollo de las TIC (Karpov & Yusupov, 2018) y para facilitar la comprensión de los sistemas gracias a la seguridad, utilidad, eficiencia y usabilidad de estos (Alkatheiri, 2022). Es por ello que los estudios que comprende la disciplina de HCI abarcan varias ramas de la ciencia y con ello nuevas terminologías y significados.

No cabe duda de que las contribuciones de HCI a la ciencia han sido significativas, no obstante, aún existen potenciales por desarrollar, especialmente en la incursión e implementación de nuevas tecnologías como resultado del desarrollo tecnológico y la llegada de la cuarta revolución industrial. Esta industrialización promete una era de digitalización y diseños centrados en el hombre que transformarán la manera como el hombre interactúa con la tecnología. Según lo abordado en la literatura, las áreas a investigar incluyen la integración de la Inteligencia Artificial,

el desarrollo de soluciones para una accesibilidad total, la incorporación de interfaces multimodales y la implementación de aspectos sostenibles para minimizar el impacto ambiental.

Así mismo la literatura sugiere que aún no se han abordado de manera integral las interfaces de usuario, dando cabida a desigualdades digitales con respecto al género, raza, discapacidades, entornos socioeconómicos o comunidades étnicamente diversas (Kim & Han, 2017; y Kirklies et al., 2024). Además, se encuentra que las deficiencias en la concepción del diseño de interfaces tienen relación con los intereses y experiencias personales de los desarrolladores (Meers, 2024), omitiendo los factores humanos, los requisitos y necesidades del usuario final.

Como resultado de las investigaciones analizadas en la revisión de literatura, utilizando las bases de datos Scopus y Web of Science (Apéndice A), se evidencian estudios que cubren incidencias de desigualdad digital abarcando diversas áreas y grupos de usuarios. No obstante, no se encontró ninguna investigación específica sobre comunidades étnicas o poblaciones indígenas.

Dentro del campo de los Sistemas de Información, la literatura recalca la brecha del acceso de la información que ha provocado le exclusión de personas discapacitadas, adultos mayores, personas con limitaciones temporales, de lengua y culturas diversas (Miraz et al., 2017; Teixeira et al., 2024). Por lo tanto, la literatura resalta la necesidad de incorporar los principios de HCI en el desarrollo de Sistemas de Información para garantizar la calidad, satisfacción de los usuarios y mejorar la accesibilidad.

Adicionalmente, dentro de los estudios que abordaron SI, se evidencia la alta tendencia hacia los sistemas educativos. Sin embargo, no se encuentra ninguno que aborde aspectos de accesibilidad e inclusión en sistemas destinados a promover la innovación en sectores dedicados a la gestión del conocimiento en ciencia y tecnología.

En ese orden de ideas, se enmarca la ruta hacia una investigación que integre las ventajas de HCI para garantizar la satisfacción de los usuarios dentro de un ámbito inclusivo que abarque las civilizaciones indígenas, enmarcado dentro del contexto del Sistemas de Información del Observatorio de Ciencia y Tecnología (OCyT).

5.2. Ideación

Esta etapa consideró el análisis de información secundaria para entender al usuario final, por lo tanto, se hizo un análisis de contexto que consideró la revisión de normatividad vigente, la identificación de las diferentes comunidades indígenas que habitan en el país y su relación con el entorno, la diversidad de lenguas indígenas y los procesos de educación y transferencia de conocimiento. Todos estos aspectos permitieron tener una noción de las diferentes formas de vida e interacción con la sociedad que resultaron ser el punto de referencia para la gestión de entrevistas semiestructuradas con miembros de las comunidades.

En concreto, la elaboración de las entrevistas permitió sintetizar las necesidades de las comunidades en un entorno digital y algunos elementos a considerar para el uso inclusivo de SI. Estos resultados se conectaron con los intereses y acciones del OCyT en un entorno que está respaldado por principios de ciencia abierta, análisis de partes interesadas y del macroentorno.

5.2.1. Contextualización de pueblos indígenas

5.2.1.1. Marco legal aplicable

Los grupos étnicos han enfrentado situaciones desfavorables debido a la colonización, el desplazamiento forzado de territorios, la explotación de recursos naturales y las imposiciones

ejercidas por la región (Ramírez-Cruz & Rojas, 2021). Estos factores han desencadenado la vulneración de los derechos, el abandono de la cultura y las tradiciones indígenas.

La historia de la colonización relata innumerables violaciones de derechos humanos y derechos fundamentales de los pueblos indígenas, evidenciado en las incipientes limitaciones de normas y leyes para la defensa de sus derechos. Mas bien, las normas de la época recaían en la preservación del orden público, la adquisición de riquezas y la imposición social del régimen español, lo que se tradujo en violaciones, maltratos, muertes, explotación infantil y trabajos forzados hacia las civilizaciones nativas (Téllez-Navarro et al., 2024).

Frente a las precarias iniciativas para la protección de los derechos indígenas, surge el convenio 169 de 1989 de la Organización Nacional del Trabajo (OIT) y las Naciones Unidas, ratificado por 22 países, entre ellos Colombia, que incentiva el reconocimiento y protección de los derechos fundamentales de las comunidades indígenas (Téllez-Navarro et al., 2024). Sin embargo, fue hasta la constitución política de Colombia de 1991 que se consolidó y se legitimó los derechos de los pueblos indígenas, otorgándoles el poder de hacer valer sus derechos fundamentales, que además abarcan cuestiones territoriales, culturales y sociales (Mingorance et al., 2008). En la tabla 6 se consolidaron los principios constitucionales aplicables a las comunidades indígenas.

Tabla 6

Normatividad aplicable según la constitución política de Colombia de 1991

Artículo	***Descripción***
Artículo 1	Se establece a Colombia como un estado social de derecho, descentralizado, con autonomía, democrático, participativo y pluralista, fundado en el respeto de la dignidad humana, el trabajo y la solidaridad y en la prevalencia de interés general.
Artículo 2	Define los fines esenciales del estado: servir a la comunidad, promover la prosperidad y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes; facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación.
Artículo 7	El estado reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la nación colombiana.

Artículo 10	Establece que el castellano es el idioma oficial, pero las lenguas y dialectos étnicos también son oficiales en sus territorios y deben recibir una educación bilingüe en sus lenguas.
Artículo 58	Garantiza el derecho a la propiedad privada, ordena que el interés privado debe ceder ante el interés general, asignando a la propiedad una función ecológica y le ordena al Estado proteger y promover las formas solidarias y asociativas de propiedad.
Artículo 63	Los territorios indígenas son inalienables, imprescriptibles e inembargables.
Artículo 68	Establece que los grupos étnicos tendrán derecho a la educación, manteniendo su identidad cultural.
Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.
Artículo 246	Reconoce la jurisdicción especial indígena, permitiendo a los pueblos indígenas administrar justicia en sus territorios conforme a sus normas y costumbres.
Artículo 330	Establece la autonomía de los territorios indígenas, dándoles el derecho de gobernarse a través de sus propias instituciones y ejercer funciones de administración interna.

De igual forma, en el artículo 241 de la constitución se establece a la Corte Constitucional como el organismo que vela por la integridad y supremacía de la constitución política. Este organismo ha promovido el alcance de la interpretación de la constitución para que tenga sentido en culturas diferentes y así garantizar la preservación de la diversidad cultural. Adicionalmente, determinó que los tratados y convenios internacionales de derechos humanos prevalecen en la jerarquía legal nacional, aprobando así el convenio 169 de la OIT, destinado a la protección de los pueblos indígenas (Mingorance et al., 2008).

En lo que respecta al convenio OIT número 169, es uno de los lineamientos más importantes internacionalmente, reconoce que los pueblos indígenas no gozan de derechos fundamentales de manera equitativa, por lo cual establece una serie de derechos para proteger la integridad económica, social y cultural (Mingorance et al., 2008). Este convenio garantiza que los pueblos indígenas puedan ejercer sus derechos colectivos e individuales de manera efectiva. Cubre aspectos como el derecho a las tierras, el acceso a recursos naturales, salud, educación, formación profesional, las condiciones de empleo, consultas previas e informadas y el contacto a través de fronteras (Oficina Internacional del trabajo, 2014).

Por otro lado, la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas expresa que todas las comunidades indígenas del mundo son iguales a los demás, reconociendo sus derechos y negando toda forma de discriminación. Esta declaración enfatiza y refuerza las propias instituciones políticas, jurídicas, económicas, sociales y culturales (Oficina Internacional del trabajo, 2014).

Por causa del marco jurídico establecido en la constitución política en cuanto a la jurisdicción indígena, las comunidades cuentan con la potestad para ejercer poder sobre los integrantes que la conforman, permitiéndoles adoptar su propia modalidad de gobierno y control social, así como la conformación de organizaciones políticas, incluidas las autoridades indígenas (USAID Colombia, n.d.). Por consiguiente, la Corte Constitucional delimitó los elementos para el ejercicio de la Jurisdicción Especial Indígena:

- Existencia de autoridades indígenas: Las autoridades indígenas como cabildos, consejos y otras figuras son reconocidas y facultadas para el cumplimiento de las funciones de mando, orientación, conocimiento y guía dentro de la cosmovisión y costumbres de cada pueblo.
- Potestad de establecer normas y procedimientos propios: Cada pueblo tiene su propio sistema normativo, que se alinea con su cosmovisión, tradición y entorno geográfico. Estas normas incluyen resolución de conflictos, manejo del territorio, y responsabilidades comunitarias.
- Sujeción de la jurisdicción y las normas constitucionales: En las comunidades deben prevalece los derechos fundamentales. Es decir que no se deben vulnerar el derecho a la vida, a la integridad del cuerpo, a no ser esclavizado y a un debido proceso.

- Competencia del legislador indígena con el sistema judicial nacional: El legislador tiene la facultad de legislar en su territorio y sobre su población. De allí que la Corte Constitucional haya establecido canales de diálogo para resolver disputas y crear estrategias de cooperación para la resolución de conflictos.

Por lo anterior, la ONIC se establece como una instancia de gobierno de todos los pueblos indígenas de Colombia, con la autoridad para establecer políticas nacionales que promuevan la autonomía y jurisdicción indígena, para que sean reconocidas por el gobierno colombiano. A grandes rasgos, la estructura de gobierno de la ONIC se define de la siguiente manera: el Congreso Nacional de Pueblos Indígenas es la máxima autoridad y la conforman representantes de comunidades indígenas; la Asamblea General de Autoridades Indígenas reúne a representantes de las comunidades y los cabildos para discutir temas relevantes; y los Consejos de Gobierno se encargan de asuntos administrativos, ejecutivos y las operaciones diarias de la organización (Organización Nacional Indígena de Colombia, n.d.).

Como se mencionó anteriormente, la Corte Constitucional ha incentivado el respeto y protección de derechos de los pueblos indígenas, por lo que ha emitido importantes decisiones entre ellas la sentencia T-380/93 establece que una comunidad indígena es propietaria de derechos fundamentales, la sentencia T-188/93 establece el derecho de la propiedad colectiva de los territorios como fuente cultural y espiritual de los pueblos indígenas, la sentencia SU-039 de 1997 declara que la extracción de recursos naturales en territorios indígenas supone un conflicto de intereses entre el desarrollo económico y la protección de la integridad, la sentencia T-025 de 2004 declara el “estado de cosas inconstitucional” frente al desplazamiento forzado y la sentencia T-466 de 2016 reconoce el derecho al consentimiento previo, libre e informado de los pueblos indígenas (Mingorance et al., 2008).

En el contexto de la presente investigación, es importante destacar que en Colombia existen otras disposiciones legales que respaldan los derechos culturales, territoriales y políticos de las comunidades indígenas, garantizando su preservación y bienestar. La Tabla 7 consolida las normas vigentes aplicables bajo el enfoque de la presente investigación.

Tabla 7

Normatividad aplicable a la investigación

Norma	***Descripción***
Ley 1381 de 2010	Promueve la protección, preservación y fortalecimiento de las lenguas indígenas, asegurando que las lenguas de los grupos étnicos sean reconocidas y valoradas como parte del patrimonio cultural de la nación.
Ley 21 de 1991 en convenio 169 de la OIT	Ratifica el Convenio 169 de la OIT. En donde se consideran los derechos a la consulta previa, la protección de la identidad cultural, derechos de propiedad y uso de la tierra, derechos laborales y sociales, derecho a decidir sobre el propio desarrollo y protección especial para grupos vulnerables.
Ley 1978 de 2019	Es la ley de Tecnologías de la Información y las comunicaciones, que se deriva de la Ley 1341 de 2009, que establece el marco legal para la promoción, regulación y aprovechamiento de las TIC, con el fin de fomentar el acceso equitativo de las tecnologías, mejorar la competitividad y cerrar la brecha digital del país.
Resolución Mintic 1519 de 2020	Establece las directrices de accesibilidad web para los procesos de actualización, estructuración, reestructuración, diseño y rediseño de portales web y medios electrónicos públicos.
Decreto 1320 de 1998	Reglamenta el derecho a la consulta previa para proyectos de desarrollo en territorios indígenas, y aunque se centra en actividades extractivas y de desarrollo, establece principios de diálogo que deben considerarse en investigaciones que involucren a las comunidades.
Decreto 1953 de 2014	Establece el Sistema Indígena Propio de Salud (SIPI) y el Sistema Educativo Indígena Propio (SEIP), con el fin de desarrollar el marco normativo para el ejercicio de la autonomía de los pueblos indígenas en Colombia.
Resolución 8430 de 1993	Regula la investigación en seres humanos. Establece la obligatoriedad de respetar los derechos de los participantes, garantizar el consentimiento informado y priorizar el bienestar de los individuos y las comunidades.

El marco legal muestra los repentinos y transitorios cambios gubernamentales para fomentar el interés y la equidad de los indígenas. De esta manera la constitución política de 1991 prevé la base legal para el desarrollo de los derechos de pueblos indígenas en Colombia, articulándose con el convenio 169 de la OIT. Asimismo, la Corte Constitucional ha intercedido por el cumplimiento de tales normativas escalándolas a todos los grupos étnicos y culturales que

coexisten en el país a fin de promover espacios de diálogo e igualdad. Todos estos esfuerzos se han inspirado en la comprensión de la cosmología ancestral y de los territorios para la protección de la integridad económica, social y cultural de los pueblos indígenas (Mingorance et al., 2008).

Bajo ese panorama, se observan elementos regulatorios que sustentan la presente investigación. Particularmente la ley 1381 de 2010 que busca promover las lenguas nativas en medios y servicios públicos, respalda la idea de crear espacios digitales donde se promueva el contenido en lengua indígena como parte de la conservación del patrimonio cultural del país. A su vez, la ley 1978 de 2019 que se enfoca en reducir la brecha digital y facilitar el despliegue de infraestructura, también apoya el financiamiento de proyectos que inciten el acceso a las tecnologías de la información por parte de comunidades indígenas. Por último, la resolución 1519 de 2020 que define pautas para el desarrollo de sistemas públicos inclusivos, respaldan la idea de facilitar el acceso a un mayor número de personas en el país.

A causa de garantizar la revitalización de las comunidades indígenas y garantizar el uso de las tecnologías por parte del gobierno nacional, la presente investigación se acerca a una solución adaptativa que considera los intereses culturales de las comunidades indígenas. En vista de ello se impacta directamente en la reducción de la brecha digital, llegando a personas que hablan una lengua nativa y que no son expertas en el uso de los medios digitales.

5.2.1.2. Análisis de comunidades indígenas en Colombia

Se considera que las comunidades indígenas de Colombia son numerosas, esto se debe en gran medida a la geografía del país, pues Colombia se encuentra ubicada geográficamente sobre la línea del ecuador y cuenta con una notable diversidad de nichos ecológicos incluyendo costas, tres cordilleras andinas, llanos, selva amazónica, desiertos, mesetas y una amplia variedad de

climas. Estos elementos han sido fundamentales para la movilidad y el asentamiento de diferentes civilizaciones, contribuyendo así a la rica diversidad lingüística del país (Landaburu, 2005).

Según el censo realizado por el DANE en el año 2018, existen 115 pueblos indígenas en Colombia, con una población total de 1’905.617 personas, lo que representa el 4.4% del total nacional, de los cuales los más numerosos son los Wayuu, Zenú, Nasa y Pastos. La mayoría de esta población se encuentra en una edad de madurez entre los 15 y 64 años, constituyendo el 60.4% de la población. Además, se considera que el 79% de estas comunidades habitan principalmente en centros poblados y áreas rúales, donde han tenido limitaciones en el acceso a servicios públicos fundamentales como el agua, luz y gas (Dane, 2019; Minsalud, 2020).

Con base en los registros de la ONIC, se clasificaron por región 104 comunidades de las 115 existentes. La figura 5 muestra la clasificación de estas comunidades, pudiéndose observar que la mayor concentración habita en la región amazónica, no obstante, los datos poblaciones indican que la región andina es la que alberga el mayor número de individuos, seguida de la región caribe. En ese orden de idas, en la tabla 8 se clasificaron por rangos poblacionales las comunidades indígenas según los registros del censo del DANE del 2005.

Figura 5

Segmentación de comunidades indígenas de Colombia por región

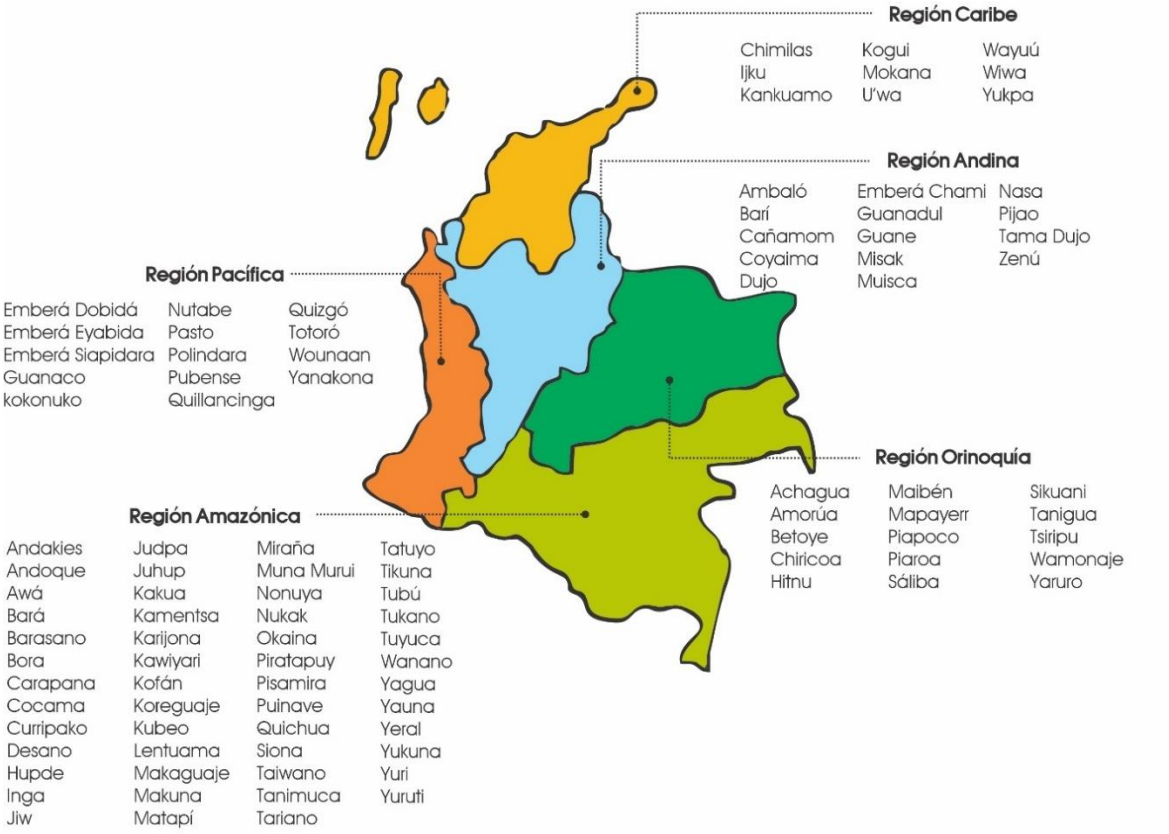


Tabla 8

Rango poblacional de las comunidades indígenas colombianas

Rango	***Tamaño poblacional***	***Comunidades indígenas***
1	Más de 100.000 habitantes	Wayú, Zenú, Nasa, Pasto
	50.000 a 100.000 habitantes	Pijao
2	20.00 a 50.000 habitantes	Emberá Katio, Emberá Dobida, Yanakona, Emberá Chami, Awá, Mokana, Coyaima, Misak
3	8.000 a 20.000 habitantes	Sikuani, Polindara, Inga, Ijku, Muisca, Kankuamo, Wiwa, Kogui, Quillancinga, Salibá, Wounaan
4	1.000 a 8.000 habitantes	Tikuna, U'wa, Muina Murui, Totoró, Kokonuko, Barí, Kamentsa, Yukpa, Curripako, Puinave, Kubeo, Emberá Siapidara, Quizgó, Ambaló, Guanadulé, Cocaima, Desano, Tukano, Pubensé, Piapoco,

		Tariano, Siona, Korenguaje, Kofán, Chimilas, Hupde, Wanano, Juhup, Nukak
5	100 a 1.000 habitantes	Bora, Yuruti, Piratapuyo, Guane, Achagua, Piraroa, Wamonae, Guanaco, Hitnu, Jiw, Makuna, Andoque, Yukuna, Tubú, Carapana, Tuyuca, Karijona, Quichua, Betoye, Tatuyo, Taiwano, Barasano, Taimuca, Yagua, Okaina, Miraña, Kawiyari, Yuri, Bará, Amorúa, Makaguaje, Wipijiwi, Yauna
6	Menos de 100 habitantes	Dujo, Matapí, Tsiripu, Yaruro, Pisamira, Tama Dujo, Chiricoa, Tanagua

Adicionalmente la información consolidada en la base de datos de la ONIC, permitió identificar particularidades de los pueblos indígenas en términos de su lengua, cultura, hábitat y economía. Por ejemplo, mientras que las comunidades de la región amazónica son conocidas por su relación estrecha con el ecosistema selvático y su economía basada en la caza, pesca y recolección; las comunidades andinas tienden a depender más de la agricultura, con fuertes tradiciones artesanales y estructuras sociales centradas en la familia nuclear y extendida. En contraste las comunidades del caribe han sido más afectadas por procesos de aculturación, aunque muchas han logrado preservar aspectos significativos de sus identidades culturales. Este análisis se detalló basado en los comportamientos y características de los pueblos indígenas, según la región en la que habitan, para comprender como el entorno geográfico ha moldeado sus modos de vida, como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9

Análisis de comunidades indígenas por región

Región	***Descripción***
Caribe	**Resistencia cultural:** Resistencia a la invasión española y la colonización. Han resistido la invasión y expropiación de sus territorios ancestrales. **Cosmovisión:** Establece una estrecha relación entre los seres humanos, la naturaleza y lo espiritual. La Sierra Nevada de Santa Marta es vista como el "corazón del mundo" y mantiene el equilibrio en la tierra. Los sitios sagrados y los rituales se asocian con ciclos naturales, agrícolas y de vida. Plantas como la coca tienen un uso ceremonial y espiritual. **Religión:** Existe una adaptación de las practicas católicas con las indígenas **Estructura social:** Presencia de una figura de autoridad quienes lideran los rituales, guían la organización social y la transmisión del conocimiento ancestral.

Región	*Descripción*
	Economía: La agricultura es la base de la subsistencia, cultivándose maíz, yuca, café, y plátano. La caza, la pesca y la recolección de frutos silvestres son prácticas comunes, pero los Wayúu, han adaptado la cría de ganado y el tejido textil como una parte importante de su economía. **Transferencia de conocimiento:** La tradición oral es la principal forma de transmitir el conocimiento y normas culturales. A través de cantos, mitos y relatos, los ancianos educan a las nuevas generaciones.
Andina	**Resistencia cultural:** Se han adaptado a la colonización, el contacto con otros grupos, cambios socioeconómicos y la pérdida de territorios. Han luchado por la preservación de sus territorios contra invasores españoles y la explotación petrolera. **Cosmovisión:** Conexión con la naturaleza y el universo, reflejando una comprensión holística del mundo, donde la naturaleza es vista como un ente vivo y sagrado. Se practican rituales relacionados con la agricultura, la fertilidad y la abundancia. **Religión:** Presenta una fusión entre las creencias ancestrales y el cristianismo. **Estructura social:** La organización social tiende a ser comunitaria, con el cabildo como la máxima autoridad. Este sistema permite gestionar asuntos internos y defender los derechos colectivos con las instituciones gubernamentales. Además, muchas comunidades comparten una estructura social basada en unidades familiares nucleares o extensas. **Economía:** Basan su subsistencia en la agricultura sembrando maíz, yuca y plátano. Las artesanías son una parte integral de la identidad cultural y también una fuente de ingresos económicos. Por ejemplo, los Zenú son conocidos por la elaboración del sombrero vueltiao. **Transferencia de conocimiento:** Transmiten su conocimiento y cultura de manera oral, a través de historias, mitos, canciones, y rituales. La oralidad es el principal medio para educar a las nuevas generaciones. Los ancianos son vistos como las fuentes más valiosas de conocimiento. Por su parte los chamanes enseñan a sobre el manejo de las plantas medicinales, los rituales y la conexión con los espíritus.
Pacífico	**Resistencia cultural:** Resistencia frente a los procesos de colonización y la expansión de actores externos. Desde la llegada de los conquistadores han luchado por mantener sus tierras y modos de vida a pesar de los desplazamientos y la fragmentación territorial. **Cosmovisión:** Centrada en la interconexión entre el mundo natural, espiritual y humano. Estas refleja no solo su comprensión del mundo, sino también sus prácticas agrícolas, rituales y organización social. **Religión:** Se ha fusionado entre las tradiciones indígenas y la religión católica. Las prácticas religiosas combinan elementos católicos con creencias y rituales indígenas. **Estructura social:** Suele estar basada en la familia extensa y la comunidad, con un fuerte énfasis en la cooperación y el trabajo colectivo. Las decisiones se toman en asambleas comunitarias, donde hay participación de toda la comunidad. **Economía:** Está basada en la agricultura de subsistencia que se adaptan a los pisos térmicos de la región. Además, el trabajo fuera del territorio en fincas y otras labores agrícolas se ha convertido en una fuente importante de ingresos. **Transferencia de conocimiento:** Se realiza principalmente de manera oral, de generación en generación.
Orinoquía	**Resistencia cultural:** Han resistido la colonización y las explotaciones externas. Han desarrollado estrategias de resistencia que incluyen la movilización hacia nuevas áreas y la adaptación de sus prácticas culturales para sobrevivir y mantener su cohesión social. **Cosmovisión:** Está ligada al entorno natural y los ríos. Las prácticas religiosas y rituales, como el uso de plantas psicotrópicas, el rezo del pescado y la ejecución de ritos funerarios,

Región	*Descripción*
	son fundamentales para la comprensión del mundo y la comunicación con las fuerzas sobrenaturales. **Religión:** Las creencias indígenas se fusionaron con el cristianismo. Esto se observa en la adaptación de algunas prácticas tradicionales y la incorporación de elementos religiosos. **Estructura social:** Se basa en sistemas de parentesco complejo y jerarquías. Los roles sociales están bien definidos, con un liderazgo que ha sido ejercido por capitanes y shamánes o médicos tradicionales. Las estructuras actuales, aún conservan el liderazgo comunitario y la toma de decisiones en base a la consulta con ancianos y representantes de diferentes sectores. **Economía:** Se basa en actividades de subsistencia como la caza, la pesca, la horticultura y la agricultura. También se realizan prácticas económicas externas como el trabajo asalariado y la artesanía para el comercio. **Transferencia de conocimiento:** Se realiza a través de la enseñanza oral y la práctica directa. Las mujeres juegan un papel crucial en la transmisión de saberes incluyendo la fabricación de artesanías y otros oficios.
Amazonía	**Resistencia cultural:** han resistido la colonización, explotación económica, explotación cauchera y la influencia de la civilización occidental. Esto se evidencia en su persistencia en mantener prácticas tradicionales y lenguas indígenas. **Cosmovisión:** Conectada con la naturaleza y el mundo espiritual, muchas culturas creen en la existencia de mundos paralelos y en la influencia de los espíritus sobre la vida diaria. Rituales, como el Yuruparí ayudan a conectar con lo sagrado y recordar los orígenes del mundo. La espiritualidad a menudo incluye la utilización de plantas sagradas para la comunicación con los espíritus y la curación. **Religión:** La religión y la espiritualidad juegan un papel central en la vida de estas comunidades, influyendo en sus prácticas cotidianas y en su relación con el entorno natural. **Estructura social**: Organización basada en clanes y patrilineales. Los líderes son los chamanes y caciques, tienen roles importantes en la toma de decisiones y en la administración de la justicia y en la medicina espiritual. **Economía:** Se basa en un sistema de subsistencia que incluye la agricultura, la caza, la pesca y la recolección. La caza y la pesca complementan la dieta, mientras que la recolección de frutos y otros recursos naturales son vitales para la alimentación y la economía. **Transferencia de conocimiento:** Se realiza a través de la enseñanza oral y la práctica. Los conocimientos sobre la lengua, los mitos, las técnicas agrícolas y la medicina tradicional se transmiten de generación en generación. Las malokas sirven como centros de reunión y enseñanza para la preservación de conocimientos y la formación de jóvenes.

Los hallazgos del anterior análisis permiten observar temas comunes y tendencias entre regiones. Se evidencia una lucha constante contra la colonización y la explotación de los territorios, que ha obligado a las comunidades a refugiarse y adaptarse a las costumbres impuestas. Las cosmovisiones están profundamente conectadas con la naturaleza y el equilibrio espiritual, lo que se refleja en rituales, ceremonias, prácticas agrícolas y el uso de plantas medicinales y

ceremoniales. La influencia de la religión católica y la evangelización llevó a una adaptación de las prácticas religiosas con las creencias indígenas. La estructura social es comunitaria, con figuras de autoridad como chamanes, líderes espirituales o cabildos. La economía suele basarse de la agricultura de subsistencia, complementada por la caza, pesca y la elaboración de artesanías. Finalmente, la transferencia de conocimiento se realiza de manera oral, impartida principalmente por mayores y líderes espirituales, quienes enseñan prácticas culturales, mitos, leyendas e historias, que son clave para la preservación de su cultura.

Aunque se observan diversidades culturales entre regiones y comunidades, en el ámbito digital no se logran distinguir referentes, de hecho Mager & Meza, (2021) argumentan que el desarrollo de herramientas digitales indígenas es casi nulo, por lo cual persiste una devaluación de las lenguas nativas. Asimismo, señalan que tecnologías como la traducción automática aún no han sido ampliamente exploradas con las lenguas indígenas. Por lo anterior, es indispensable avanzar hacia sistemas personalizados que no solo reconozcan elementos visuales como el diseño, color, tipografía y gráficos, sino que también involucren la lengua indígena para facilitar el acceso y uso de las tecnologías de la información en las comunidades.

Con respecto al análisis y de estudiar a las comunidades indígenas de forma grupal e independiente se deben derivar los requerimientos funcionales y no funcionales del SI. Entre estos requerimientos debe prevalecer que el sistema tenga reproducción de audio, que se adapte a las condiciones del entorno, que permita seleccionar el tipo de lengua indígena y que permita validar la identidad del usuario, así como la protección de datos personales.

En concordancia, la creación de sistemas de información para comunidades indígenas debe responder a entornos dinámicos donde la connotación de la información y las necesidades tecnológicas varían de una civilización a otra. Como resultado se abre la posibilidad crear

diferentes entornos digitales que podrían ser replicables según las características y similitudes de las comunidades indígenas.

5.2.1.3. Lenguas indígenas en Colombia

La lengua es considerada un sistema simbólico y socialmente construido, que no tiene vida propia biológica, es decir, no nace, no muere y tampoco se reproduce por si sola, sino que depende de la tradición, la transmisión, modificación y aceptación por parte de los hablantes. Esto indica que todo acto de comunicación pertenece a una tradición lingüística que puede interrelacionarse con otras dialectos y sistemas culturales derivando actos de comunicación mixtos. De allí que exista familiaridad entre lenguas, lenguas madres y lenguas hermanas (Landaburu, 1999). Esta perspectiva permite comprender el lenguaje como un sistema dinámico y evolucionado que es dependiente de aspectos sociales, tecnológicos y territoriales.

Se estima que Colombia es el segundo país suramericano con mayor variedad lingüística (Landaburu, 2016). Actualmente se reconocen 70 lenguas, de las cuales 65 son indígenas, 2 criollas afrodescendientes, la romaní, el lenguaje de señas y el castellano. Las lenguas nativas de los grupos étnicos son consideradas patrimonio nacional de la nación, por lo cual la ley 1381 del 2010 busca fomentar su protección, uso y preservación, así como la de sus hablantes (Ministerio de Cultura de Colombia, 2022). Esto se debe a que estas lenguas son un elemento clave para la comunicación que estructura el pensamiento y trasmite la esencia, tradición y sabiduría de generación en generación (Organización Nacional Indígena de Colombia, 2015).

No obstante, se estima que más de 500.000 personas no hablan ninguna lengua aborigen, aunque se identifiquen étnicamente como indígenas (Landaburu, 2016). Lo anterior refleja que muchas de estas lenguas enfrentan desafíos de extinción debido a la reducción de sus hablantes, la

influencia del castellano en el ámbito educativo y cotidiano y el desplazamiento forzado. En la Tabla 10 se clasificaron las lenguas nativas según su región y población aproximada.

Tabla 10

Lenguas indígenas por región

Región	***Departamentos***	***Cant***	***Lenguas***	***Población aprox***
Caribe	Guajira, Magdalena, Cesar, Sucre y Córdoba	5	Arhuaco, Damana, Ette, kogui, Nasa, Uwa, Wayuu, Yukpa.	589.163
Andina	Norte Santander, Bolívar, Antioquia, Santander, Risaralda, Caldas, Cundinamarca, Boyacá, Quindío, Tolima y Huila	3	Barí Ara, Cuna, Yuwe	343.153
Pacífico	Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño	5	Embera, Guambiano, Namtrikí, Wampi, wounmeo	300.389
Orinoquía	Arauca, Casanare, Vichada y Meta	9	Achagua, Guahíbo, Hitnu, Piapoco, Piaroa, Sáliba, Sikuani, Tinigua, Wamonae	34.812
Amazonía	Guaviare, Guainía, Caquetá, Vaupés, Putumayo, Amazonas	43	Andoque, Awapit, Bará, Barasano, Bora, Carapana, Carijona, Cocama, Cofán, Coreguaje, Cubeo, Curripaco, Desano, Guayabero, Hupda, Inga, Kakua, Kamsá, Macuna, Matapí, Miraña, Muinane, Nonuya, Nukak, Ocaina, Piratapuyo, Pisamira, Puinave, Quichwa, Tanimuca, Taiwano, Tariano, Tatuyo, Tikuna, Tucano, Tuyuca, Siona, Siriano, Wanano, Yagua, Yauna, Yukuna, Yuruti	102.230

Desde el punto de vista estructural, las lenguas indígenas del país se pueden agrupar con base en su relación estructural, es decir, por la semejanza gramatical. Existen 13 familias lingüísticas y 8 lenguas aisladas, que no muestran parentesco con otras lenguas (Ministerio de Cultura de Colombia, 2022). la Tabla 11 presenta la clasificación de las 13 familias lingüísticas según su relación estructural, mientras que en la Tabla 12 se muestran las lenguas independientes.

Tabla 11

Familias lingüísticas según su relación estructural

Familia	***Lenguas***	***Dispersión geográfica***	***Hablantes***	***Tipos de lengua***
Tucano	17	Mayor dispersión geográfica en Colombia. Dividida en dos (occidental y oriental), se encuentra en Colombia, Brasil, Ecuador y Perú	22.838	Coraguaje, Siona, Cubeo, Tanimuca, Tucano, Desano, Macuna, Tatuyo, Barasana, Carapana, Tuyuca, Yurutí, Tubú, Piratapuyo, Bará, Wanano, Pisamira
Chibcha	7	Procedencia centroamericana, está presente en Colombia, Panamá, Costa rica y Nicaragua.	47.306	Cuna, Kogui, Arhuaco, Damana, Chimila, Barí, Uwa
Arakaw	7	Procedencia centro-amazónica, es una de las lenguas más extendidas en América del sur.	355.150	Wayú, Achagua, Piapoco, Curripaco, Baniva del Guainía, Yucuna, Cabiyarí
Macú Puinave	5	Agrupación de pequeñas comunidades nómadas	6.897	Yujup, Hupda, Nukak, Kakua, Puinave
Guahibo	4	Genero lingüístico de la región Orinoco, se encuentra en Colombia y Venezuela	46.558	Hitnu, Jiw, Guahibo, Wamonae
Bora	3	Ubicada en la zona del Amazonas, Caquetá y Putumayo.	439	Muinane, Bora, Miraña
Quechua	3	Afines con los dialectos quichuas ecuatorianos, está presente desde Colombia hasta el sur de Argentina	7.779	Proto-quechua, Quechua ll, Quinchua
Caribe	2	De las familias con mayor extensión en América del sur, existente en Colombia y Venezuela	2.815	Yuko, Carijona
Chocó	2	Presente en Colombia, Panamá y el Ecuador	106.288	Embera Katio, Embera Dovida, Embera Chami
Uitoto	2	Originaria del rio Caquetá y Putumayo, se encuentra en Colombia y Perú.	4.466	Muinane, Ocaina
Piaroa	2	Presente en Colombia, Brasil, Bolivia, Paraguay y Argentina	1.867	Sáliba, Piraroa
Tupí	2	Presente en Colombia, Brasil, Bolivia, Paraguay y Argentina	667	Cocama, Nheengatú
Yagua	1	Fronteriza con Perú, al borde del rio Amazonas	241	Yagua

Tabla 12

Lenguas independientes o aisladas

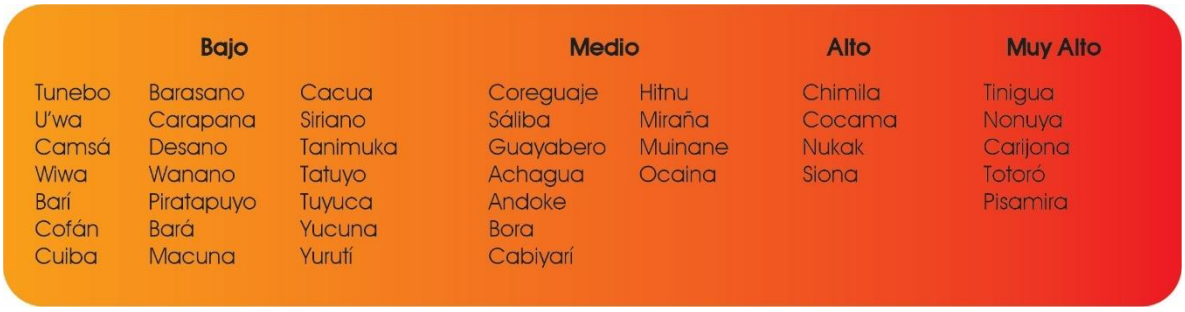
Lengua	***Dispersión geográfica***	***Hablantes***
Andoke	Proveniente del Araracuara (Amazonas)	371
Cofán	Proveniente del Putumayo y extendida hasta la frontera con Ecuador	583
Kamentsá	Proveniente del valle de Sibundoy (Putumayo)	2.840
Nasa	Proveniente del suroccidente andino, en el cauca	80.805
Tinigua	Proveniente de la sierra de la macarena	1
Awapit	Proveniente de la cordillera occidental, en el Nariño	8.646
Tikuna	Proveniente del rio amazonas y extendida hasta Brasil y Perú	6.580
Guambiano	Proveniente de la cordillera central, en el cauca	21.000

Con base en las clasificaciones de las lenguas indígenas en cuanto a su localización y las familias lingüísticas, se observa que la mayor diversidad proviene de la región amazónica, representando el 78% de la diversidad nacional. Además, muchas de estas lenguas se extienden en países vecinos, alrededor de 15 en Brasil, 11 en Venezuela, 3 en Panamá, 6 en Ecuador y 7 en Perú (Landaburu, 2016). Esta condición fronteriza refuerza la necesidad de desarrollar enfoques multilenguaje flexibles y contextualizados.

Estudios recientes indican que alrededor 45 lenguas han desaparecido, aunque se cree que existieron el doble de las actuales, por lo que han desaparecido más de 70. Entre ellas se encuentran dos de las más representativas del país, la Chibcha o Muisca y la Zenú. No siendo poco, muchas de las lenguas actuales se encuentran en peligro de extensión, ver figura 6, debido a factores demográficos, conflicto armado, la explotación, actitudes de los hablantes, erradicación de prácticas y rituales debido a la imposición del cristianismo, restricciones de uso, grado de transculturación y limitaciones del sistema de educación (Landaburu, 1999; Ramírez-Cruz & Rojas, 2021). Por tanto, se evidencia la necesidad de generar estrategias que contribuyan a la documentación, revitalización y visibilización de los dialectos nativos en entornos digitales.

Figura 6

Lenguas en peligro de extinción



Bajo ese panorama, el diseño de un sistema de información inclusivo adquiere un papel estratégico, impactando la amenaza de extinción de las lenguas indígenas y la apertura a la sociedad. Dicho planteamiento que considera aspectos del diseño y usabilidad debe soportar múltiples lenguas y considerar aspectos de alfabetización que se ajusten al contexto cultural de los usuarios. De esta forma la lengua se convierte en un requerimiento estructural del diseño, orientando decisiones técnicas y comunicativas que garanticen el acceso equitativo a los medios digitales y el respeto por la diversidad cultural.

5.2.1.4. Conocimiento indígena

El aprendizaje de las comunidades indígenas es un proceso dinámico que suele derivarse de sistemas amplios y milenarios. Estos sistemas son semejantes entre varios pueblos nativos y se fundamentan en la observación, la escucha y la participación comunitaria, manteniendo siempre un fuerte arraigo con el lugar de origen, las personas y la naturaleza (Urrieta, 2015). Aunque este aprendizaje no se estructura como un proceso formal escolarizado, se ha mantenido vivo de generación en generación gracias al compromiso adquirido por toda la comunidad a través de sus relaciones cotidianas y experiencias (Guido Guevara et al., 2013).

Se conoce que el conocimiento indígena se basa en la transmisión oral por parte de familiares mayores, líderes espirituales y ancianos sabedores, quienes son depositarios de la tradición y garantes de la identidad y de la continuidad de la vida comunitaria (Jamioy Muchavisoy, 1997). Los saberes trasmitidos representan el surgimiento de las comunidades, las tareas de supervivencia y el fortalecimiento cultural, que es crucial para la conservación del legado ancestral (Guido Guevara et al., 2013). En la figura 7 se muestran algunos de los factores que hacen parte del proceso de transferencia de conocimiento, incluyendo el entorno de aprendizaje, el medio para generar conocimiento y las enseñanzas ancestrales, que son vitales para la cohesión y la permanencia cultural.

Figura 7

Elementos del proceso de conocimiento indígena



Nota: Adaptado de Guido Guevara et al. (2013)

La comprensión de los conocimientos indígenas no obedece a los estándares de la civilización moderna. Por ejemplo, en el ámbito de la Ciencias Naturales, la naturaleza se clasifica en cinco reinos: vegetal, animal, mineral, mónera, fungí y los seres inertes. Sin embargo, para los pueblos indígenas, todo en la naturaleza tiene vida, espíritu y propósito. Ahora bien, mientras que

la ciencia clasifica a los animales en vertebrados e invertebrados, los pueblos indígenas los clasifican según su función y relación con el entorno, por ejemplo, comestibles, no comestibles, feroces, aves o acuáticos. Del mismo modo, las plantas son vista de manera integral como seres vivos y sagrados que transmiten energías positivas o negativas (Llorente et al., 2010).

El conocimiento de las matemáticas también hace parte de su cosmovisión, ya que no se limita únicamente a los números, sino que está profundamente integrado en la cotidianidad, la relación con la naturaleza y las prácticas culturales. De este modo, los sistemas de numeración, los calendarios, la etnoastronomía y la ornamentación forman parte de las matemáticas. La ornamentación de objetos y utensilios desempeña un papel clave en el desarrollo cognitivo, pues es la base de la enseñanza desde una perspectiva humanista. En este proceso se combina el arte, la geometría, ritos y juegos matemáticos, fomentando habilidades de observación, simetría y proporción (Ballestas Rincón, 2010).

Según Jamioy Muchavisoy (1997), el proceso de aprendizaje puede entenderse como una cadena. Primero, los sabedores de la tradición evocan a los creadores del mundo según su cosmología, quienes son los originarios del conocimiento. Luego, mencionan a los antepasados y familiares de quienes recibieron tal conocimiento. De esta forma se destaca que los saberes no son producidos individualmente, sino que son el resultado de un proceso colectivo que se alimenta y perdura con el paso de las generaciones.

Así mismo, Jamioy Muchavisoy (1997) destaca que el aprendizaje no solo se limita a la espiritualidad, sino que también está ligado a las habilidades o cualidades de las personas, específicamente de niños y adolescentes, orientándolos hacia la vocación más adecuada o de mayor interés. Estas vocaciones están relacionadas con los oficios comunitarios como la cacería, las artes, los ritos, la medicina, la siembra, la cosecha, los juegos, entre otros. Cada vocación

implica el desarrollo de un don y conlleva a un proceso de formación específico, que tiene unos ciclos amplios para el dominio y perfección.

Los conocimientos indígenas y sus tradiciones han cobrado valor en la sociedad y en diferentes campos de acción, especialmente en la ciencia, la política y la gestión ambiental (Fabiano et al., 2021). Se ha reconocido que estos saberes ancestrales contribuyen a restablecer la armonía de los recursos naturales, la producción de alimentos y la preservación cultural (Salas & Tillmann, 2004).

En el ámbito científico, las plantas han sido fuente esencial para la medicina, las cuales han servido para mantener la salud física, mental y espiritual de las personas. Por lo anterior, se estima que alrededor del 50% de los medicamentos actuales tiene origen o inspiración en compuestos naturales, principalmente derivados de plantas. Las tradiciones indígenas han sido la base para el desarrollo de muchos medicamentos, especialmente aquellos obtenidos de plantas y hongos, resaltándose el proceso ancestral para el cultivo, cosecha y preparación de los mismos (Davis & Choisy, 2024). Estos métodos tradicionales han permitido conservar practicas medicinales durante siglos, fusionando la medicina moderna para tratar enfermedades de manera integral.

Considerando la velocidad de la degradación ambiental, existe la necesidad creciente de comprender los conocimientos indígenas en cuanto a las estrategias de conservación sostenible y las prácticas de gestión de la tierra (Fabiano et al., 2021). De este modo las comunidades indígenas han mostrado una notable capacidad de adaptarse a entornos de constante cambio como sequías, lluvias intensas, inundaciones, ciclones, aumentos de temperaturas y cambios en el calendario. La combinación de conocimientos tradicionales con nuevas técnicas ha permitido aumentar la capacidad de adaptación ante el cambio climático (Mardero et al., 2023).

En la investigación de (Cuesta Moreno, 2018), se identifican algunas temáticas que han sido abordadas en estudios de investigación indígena, las cuales reflejan las lucha por el territorio, las nociones existentes sobre los pueblos, los marcos legales y las consecuencias del conflicto armado en la apropiación del conocimiento, en la tabla 13 se resumen los aspectos que fueron identificados de las investigaciones existentes.

Tabla 13

Temáticas de investigación con pueblos indígenas

Temática	***Descripción***
Noción del territorio	Estudios que analizan la conceptualización de los territorios. Por ejemplo, la construcción de políticas, o el análisis de la identidad cultural.
Recursos naturales y conflictos ambientales	Análisis de las tensiones en los territorios indígenas debido a la explotación de recursos naturales. Por ejemplo, problemas ambientales que afectan la seguridad y el habitas de los pueblos indígenas.
Mujeres indígenas	Estudios sobre la participación y rol de las mujeres en la preservación y gestión en los territorios.
Territorio y conflicto armado	Investigan las consecuencias del conflicto armado en los territorios y las comunidades.
Territorio y población	Estudian de factores poblacionales vinculados al territorio. Por ejemplo, la situación de las comunidades o el impacto de las políticas en sus estilos de vida.
Lenguaje	Estudian la densidad y diversidad de la lengua en los territorios. Por ejemplo, como identificar el número de hablantes o la clasificación de la lengua por familias lingüísticas.
Saberes	Documentación del conocimiento tradicional según el territorio. Por ejemplo, el uso de plantas, alimentos autóctonos, la identificación de plantas, frutas y animales.

Los hallazgos reflejan la riqueza del conocimiento ancestral en múltiples áreas, que no solo se aplica en los territorios indígenas sino también contribuyen al conocimiento global. Sin embargo, algunos estudios resaltan la injustica frente al reconocimiento del valor del conocimiento ancestral y la frecuente violación a los derechos de propiedad intelectual (Gebara et al., 2023; King et al., 1996).

En el caso del ámbito tecnológico y más específicamente de los SI, muchas de las iniciativas no han tenido en cuenta la cultura tradicional por lo cual no han sido tan efectivas

(Banco Interamericano de Desarrollo, 2021). En efecto, la sabiduría indígena refleja una cultura y una identidad que ha perdurado en el tiempo (Jamioy Muchavisoy, 1997), lo que ha permitido destacar roles en el proceso de aprendizaje y métodos dinámicos e interactivos para fomentar la interiorización del conocimiento. Estos hallazgos representan características fundamentales para un sistema, que además debe reconocer la identidad indígena, los procesos y practicas cosmológicos como un eje central para convertirse en una herramienta de apoyo en la vida cotidiana.

A pesar de los instintos tradicionales de cada comunidad, en los últimos años se ha venido desarrollando el concepto de etnoeducación. Según (Téllez-Navarro et al., 2024) la etnoeducación es considerada el proceso comunitario que fortalece las dinámicas de cada etnia en pro de la conservación de los valores culturales y la autonomía para garantizar la supervivencia de cada pueblo. Visto desde otra perspectiva, es el proceso educativo específico para comunidades étnicas de acuerdo al ambiente, el proceso productivo, social y cultural.

Por consiguiente, los principios de la etnoeducación responden a la integridad, diversidad lingüística, autonomía, participación comunitaria, interculturalidad, progresividad y flexibilidad. Este enfoque combina modelos de educación flexibles, donde prima la enseñanza de las lenguas nativas, fomentando así el aprendizaje bilingüe (lengua indígena materna- castellano). En ese orden de ideas, el enfoque pedagógico está orientado en la tierra, el territorio, la cosmovisión, sabiduría ancestral, identidad cultural, la construcción colectiva del conocimiento, investigación cultural y educativa, autonomía, interculturalidad y reciprocidad (Guido Guevara et al., 2013).

Según el Decreto 804, la etnoeducación puede ser impartida por Instituciones de Educación Superior, lo cual ha impulsado el desarrollo de estrategias de formación docente. La formación docente incluye elementos para fortalecer los planes de vida comunitarios y el conocimiento de

las lenguas propias. De esta forma, los docentes de los entes educativos pueden ser egresados de programas de etnoeducación o maestros propias de las comunidades (Muñoz Pabón & Majerowicz Nieto, 2021).

Por lo anterior se empezó a impartir una educación propia, vista desde cada comunidad, donde se tiene autonomía política, pedagógica y administrativa. Existen tres grupos de experiencias etnoeducativas en el país, la primera se relaciona con las instituciones que abordan estudios afrocolombianos o de educación indígena para integrarlas en un currículo; la segunda comprende las instituciones de grupos étnicos orientadas bajo sus propias organizaciones y autoridades, y finalmente los sistemas educativos indígenas (Muñoz Pabón & Majerowicz Nieto, 2021). No obstante, estos modelos pedagógicos aún carecen de adhesión cultural y madurez en la medición. (Guido Guevara et al., 2013; Muñoz Pabón & Majerowicz Nieto, 2021).

Desde el enfoque de la alfabetización digital, que busca incluir a la sociedad en el uso de las TICs, se ha considerado que el proceso debe responder a tres niveles: el primero el acceso, el segundo la adopción y el tercero la apropiación. El acceso responde a las herramientas tecnológicas y la conexión a internet. La adopción se requiere al proceso de entrenamiento en el uso de las nuevas tecnológicas y la apropiación es el uso avanzado de la tecnología (Bermúdez Tocora & Ochoa Urrego, 2013)

En contraste, el proceso de alfabetización digital en Colombia comprende iniciativas para formar a los jóvenes en competencias digitales y de pensamiento crítico, abarcando temas como el uso de internet, el mundo digital y transacciones en línea (MinTIC, 2024). Algunas de estas estrategias comprenden el programa de juntas de internet por medio del cual se adelanta la construcción de redes en zonas rurales para prestar un servicio de internet a un precio accesible (MinTIC, n.d.). La convocatoria Crea Digital que apoya proyectos que utilicen tecnología para la

protección del patrimonio y la apropiación tecnológica. El programa Inicia con TIC y CiberPaz que comprende 13 cursos para promover la alfabetización digital en entornos rurales (MinTIC, 2024).

No obstante, la cobertura a internet en las comunidades indígenas es del 1.2% y solo 6.4% de estos hogares tienen acceso a internet. Estos datos muestran que el uso de las TICS se encuentra influenciada por la falta de acceso a la infraestructura tecnológica y además se complementa con riesgos de ciberseguridad como la exposición al fraude, robo de identidad, integridad de la información cultural y desinformación, lo que al final repercuten en la poca confianza y uso de las mismas (Núñez Álvarez et al., 2025).

De manera complementaria, el trabajo de (Sibaja Cuello, 2025) en el cabildo indígena Martín Roqueme de Córdoba permite comprender el uso de las competencias digitales, si bien la mayoría de las familias tienen algunas competencias básicas en el uso del celular, el 45% presenta dificultades para navegar en internet, el 62% no sabe instalar y usar aplicaciones móviles y solo 5% sabe producir contenido digital. Como bien lo argumenta Sibaja, estos resultados confirman que la brecha digital no se relaciona solo con la ausencia de dispositivos y acceso a internet, sino también con la limitada capacidad para utilizarlos en la cotidianidad.

Entre tanto, se ha demostrado que a la mayoría de los esfuerzos de alfabetización digital hacia pueblos indígenas se han centrado en mejorar la infraestructura tecnológica, la regulación de los costos de servicio y el acceso a equipos de cómputo (Martínez Dominguez & Gómez Navarro, 2023), dejando de lado la elaboración de políticas públicas que refuercen la equidad. Estos hallazgos han sido propicios para fomentar violencia, explotación en línea, desinformación y la apropiación indebida de datos culturales y territoriales (Núñez Álvarez et al., 2025).

Es por ello que se han establecido algunas competencias que fortalecen los procesos de alfabetización digital, en la tabla 14 se pueden visualizar dichas habilidades con su respectiva descripción. Estas competencias buscan no solo hacer que las personas manejen los dispositivos, sino que también reflexionen sobre su uso y el contenido al que acceden (Bermúdez Tocora & Ochoa Urrego, 2013).

Tabla 14

Competencias de la alfabetización digital

Competencia	***Descripción***
Tecnológica	• Utilizar herramientas de productividad • Utilizar herramientas propias de Internet • Manejar la información necesaria para seleccionar y adquirir recursos tecnológicos • Utilizar la tecnología para comunicarse y colaborar entre grupos de trabajo
Cognitiva	• Utilizar las TICs para preparar materiales • Comprender el impacto de las TICs en la sociedad • Habilidad para solucionar situaciones problemáticas • Comportamiento colaborativo • Habilidad para trabajar en redes cooperativas • Desarrollo de pensamiento crítico • Capacidad de innovación, actitud para producir conocimiento y renovarlo continuamente • Capacidad de reinventar y articular nuevos conocimientos en contextos desconocidos • Actualizar los conocimientos en desarrollo de las TICs y las aplicaciones nacientes
Informacional	• Capacidad para identificar y comprender aspectos éticos y legales asociados con la información digital • Uso de la información de manera significativa • Integración y recombinación de datos • Manejar los conceptos y funciones básicas de las TICs • Uso de computadores personales

Nota: Tomado de Bermúdez Tocora & Ochoa Urrego (2013)

Por consiguiente, es importante crear estrategias integrales de alfabetización digital que promuevan una educación basada en elementos culturales, lingüísticos y de capacidades. Por consiguiente, la presente investigación busca articularse desde el enfoque cultural y lingüístico

ofreciendo una interfaz intuitiva que respeta la diversidad y considera la lengua como un elemento de información y expresión.

5.2.1.5. Simbología indígena

La iconografía y simbología son elementos importantes para comprender los diferentes procesos culturas de las sociedades prehispánicas (Montaño Ruiz, 2023). Todos los diseños iconográficos de los indígenas, como grabados, pinturas o dibujos, contienen significados profundos que permiten a las comunidades indígenas plasmar su visión del mundo, el espacio, la representación de fauna y flora, y relatar los acontecimientos que los rodean (Suárez Higuera, 2020). Esta representación simbólica se refleja en sus representaciones, pues las comunidades indígenas han armonizado sus vidas y creencias en torno a los cuatro elementos: tierra, agua, fuego y aire, lo que refleja su respeto y conexión con el entorno natural (Artesanías de Colombia, 2020).

Desde la perspectiva semiótica, el diseño permite estudiar la estética y las proporciones de los símbolos, asociándolos con el contexto cultual para revelar un sistema iconológico que conjuga arte, ciencia y filosofía (Milla Euribe, 2008). Dentro de este análisis semiótico, los símbolos y figuras indígenas se dividen en dos tipos de representaciones gráficas: el primero es el figurativo, donde se representan esquemáticamente elementos de la naturaleza, especialmente de animales; y el segundo es el geométrico, que abarca la representación de figuras geométricas abstractas (Ballestas Rincón, 2010).

Con respecto a la iconografía geométrica, son elementos abstractos que permiten identificar hechos conceptuales, aspectos cosmológicos y fenómenos naturales, aunque estos no se consideran narrativos (Suárez Higuera, 2020). Entre los signos más comunes se encuentran la espiral o circulo, el escalón, la cruz, la estrella y el diamante o rombo, a partir de los cuales se

derivan estructuras más complejas y composiciones dobles (Artesanías de Colombia, 2020; Ballestas Rincón, 2010).

Cada figura tiene una connotación específica. El circulo está relacionado con el sol y representa elementos circundantes, con un centro visual claro. En algunos casos, el circulo también suele representar el ojo de los animales, la cabeza de figuras zoomorfas o deidades solares. La espiral, por su parte, simboliza expansión y cambio, con variantes que incluyen la espiral cuadrada, triangular y simétrica (Artesanías de Colombia, 2020). La investigación de Suárez Higuera (2020) explora detalladamente el significado de la espiral y sus diversas formas, cuyas interpretaciones se presentan en la tabla 15.

Tabla 15

Interpretación de la espiral

Símbolo	***Significado***	***Descripción***
	Espiral progresiva: representan las fuerzas generativas de la vida del pueblo, la fertilidad, la luz, el sol, la curación y los ciclos biológicos de la vida (nacer, crecer, reproducir y morir).	Línea curva que da vuelta hacia afuera en torno a un punto de origen con giros hacia la derecha.
	Espiral doble: puede representar el órgano genital masculino, fertilización o crecimiento biológico.	Espirales dobles progresivas, derecha e izquierda, con las volutas extendidas hacia abajo
	Espiral regresiva: asociada a la involución, a las nociones cosmológicas buenas y malas.	Línea curva que da vueltas hacia adentro, virando hacia la izquierda y hacia abajo
	Espiral progresiva dextrógira: está asociada con el movimiento del agua, nubes, lluvias, ríos, mares, inundaciones y huracanes.	Línea curva girando hacia la lateral derecha
	Espiral regresiva levógira: asociada a la sexualidad, fertilidad, caracol y maldad del hombre.	Línea curva girando hacia la lateral izquierda
	Espiral regresiva levógira hacia adentro: simboliza el caracol.	Línea curva con giros hacia dentro de la izquierda
	Espiral progresiva levógira hacia fuera: representa la serpiente y los movimientos que produce las transformaciones cósmicas.	Línea curva con giros hacia fuera de la izquierda

Nota: Tomado de Suárez Higuera (2020).

En cuanto al significado de la cruz, esta se fundamenta en el concepto de radialidad, al estar formada por la intersección entre la línea horizontal y vertical, representando principios activos y pasivos. En muchas culturas, este este símbolo actúa como un eje central de algún hecho o representación, pero también como elemento divisor del espacio simbolizando los cuatro puntos cardinales (Ballestas Rincón, 2010). En la figura 8 se pueden apreciar algunos ejemplos de cruces.

Figura 8

Variaciones de la cruz



Nota: Tomado de Ballestas Rincón (2010)

Otro símbolo radiado es la estrella, caracterizada por tener líneas o triángulos que convergen en el centro. Las representaciones de este símbolo varían, aunque generalmente incluyen puntas, siendo la versión más simple la de tres puntas (Ballestas Rincón, 2010). Según Muñoz Burbano (2020), este símbolo puede representar las estrellas, las constelaciones o el astro solar. La figura 9 ofrece algunos ejemplos de este símbolo.

Figura 9

Representación de la estrella



En cuento a los signos escalonados, estos se basan en un esquema de líneas diagonales, dentro de una estructura cuadriculada, expresando conceptos de ascensión, movimiento y hace

asocian con los andenes y las pirámides (Milla Euribe, 2008). Algunos ejemplos de símbolos escalonados se pueden ver en la figura 10. Por su parte, el rombo o diamante, también un símbolo diagonal, generado por la superposición de dos líneas invertidas. Varias interpretaciones sobre su significado han sido propuestas por Suárez Higuera (2020), la tabla 16 resume estas aproximaciones.

Figura 10

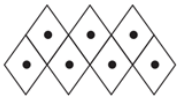
Representación del símbolo escalonado



Nota: Tomado de Ballestas Rincón (2010)

Tabla 16

Interpretación del rombo

Símbolo	***Significado***	***Descripción***
	Elemento romboidal: asociado a la representación del órgano femenino, a las ranas u otros anfibios.	Figura de rombo
	Elemento romboidal: representa la idea de la fecundación o de un grupo exogámico.	Figura de rombo con un punto en la mitad-
	Elemento romboidal: representan un grupo de unidades exogámicas, objetos o animales.	Combinación grupal de rombos

Nota: Tomado de Ballestas Rincón (2010)

Por otro lado, el diseño de símbolos figurativos representa una analogía de la realidad, en la cual se relaciona la similitud de lo existente y el sentido develado por otro plano, otorgando un significado interpretado mediante claves semióticas (Milla Euribe, 2008). Gran parte de estos

diseños representan la fauna, como serpientes, ranas, murciélagos, felinos, aves, monos y otras especies, lo que refleja la variedad de las representaciones, el poder de síntesis y la habilidad técnica y artística de estas culturas (Ballestas Rincón, 2010).

En definitiva, el uso de los símbolos tiene una connotación simbólica para muchas civilizaciones, las cuales pueden variar dependiendo de la cultura, región y la comunidad. Dada la pertinencia del uso de las imágenes y símbolos para transmitir información, es recomendable abordar estudios semióticos más profundos que se acomoden al entorno tecnológico y digital, facilitando la priorización de símbolos y elementos conceptuales con alto potencial de interpretación. Dichos resultados permitirían crear entornos más amigables e inclusivos que potencien composiciones visuales y refuercen el contenido de los medios digitales.

5.2.2. Sistemas existentes para pueblos indígenas

La identificación del estado del arte relacionado con sistemas indígenas, brinda un panorama de los elementos existentes y la finalidad de los sistemas que indica la relevancia de su uso y funcionalidad. Por consiguiente, se hizo una revisión de los sistemas de información a nivel nacional que tenían algún vínculo con comunidades indígenas, ver tabla 17.

Tabla 17

Sistemas de información nacional

Nombre	***Finalidad***	***Funcionalidades***
SIG- indígena de la (CNTI)	Permite tener acceso a un visor geográfico que contiene datos especiales de los territorios y resguardos indígenas.	Procesamiento de datos, cruce de capas, visualización de imágenes satelitales, generación de mapas temáticos, dibujar polígonos y registro de solicitudes para la protección de territorios.
En mi idioma	Permite a las comunidades indígenas aprender lenguas nativas para evitar su extinción.	Inscripción de comunidades, registro a la plataforma, registro a un curso de idioma (Nasa yuwe, emberá, bantú, bariara, namtrik, wayuunaiki y runas shimi).

Nombre	*Finalidad*	*Funcionalidades*
Sistema de información para la gestión documental (SIGETI)	Promueve la toma de decisiones de los gobiernos indígenas para la toma de decisiones en los territorios	Información geográfica de la Amazonía que comprende variables físico-bióticas relacionadas con la deforestación, incendios, almacenamiento de carbono, planificación de actividades extractivas y prácticas ilegales.
Muysc cubun	Fomentar la revitalización de la lengua muisca.	Transcripción de documentos lingüísticos, diccionario con 3712 palabras y registros de muisquismos.

Para efectos de complementar la revisión del estado del arte, se hizo una segunda revisión para identificar sistemas a nivel internacional, de esta forma se logró identificar los tipos de aplicaciones existentes. En la tabla 18 se relacionaron algunos de los sistemas identificados y su país de origen.

Tabla 18

Sistemas de información internacional

Categoría	*Nombre*	*País*	*Funcionalidades*
Interactividad	Virtual Warrane	Australia	Juego de supervivencia cultural que permite sumergirse en los paisajes de los pueblos originarios, aprender de vegetación, fauna y las costumbres de pueblo Gadigal.
	Milpamérica	México	Red social de código abierto diseñada para conectar a defensores del territorio y activistas comprometidos con la justicia climática. • Creación de cuentas personas o de organizaciones. • Permite compartir historias, videos e imágenes sobre las tierras y la justicia. • Facilita la conexión entre usuarios. • Facilita la interacción por mensajes privados.
Repositorio cultural	Mukurtu CMS	Estados Unidos	Plataforma de código abierto que permite a las comunidades indígenas gestionar, narrar y compartir su patrimonio cultural de manera segura. • Control de la información a partir de la gestión de los accesos. • Permite crear categorías (imágenes, videos, documentos) que funcionan como archivadores. • Puede ser adaptado según las necesidades de cada comunidad.

Categoría	*Nombre*	*País*	*Funcionalidades*
			Ha sido utilizado especialmente por bibliotecas, archivos y museos que colaboran con comunidades indígenas. https://mukurtu.org/
	Plateau Peoples	Estados Unidos	Permite compartir y preservar el conocimiento cultural e histórico de la región del Plateau en América del Norte (Spokan, Nez Perce, Umatilla, Yakama y Colville). • Contiene documentos, imágenes, audios y videos relacionados con la cultura, historia de los pueblos indígenas. • Controla el acceso y visibilidad de la información. • Algunas secciones solo pueden ser accedidas por miembros de las comunidades. • Cada comunidad puede administrar su propia información. * Derivado del software Mukurtu CMS. https://plateauportal.libraries.wsu.edu/
Geoespacial	Open Tenure	Estados Unidos	Ayuda a pequeños agricultores, poblaciones rurales y comunidades indígenas a registrar sus territorios y derechos de tenencia de forma segura, especialmente donde no hay sistemas de propiedad establecidos.
	Terrastories	Estados Unidos	Aplicación de código abierto que permite a las comunidades mapear sus tierras y compartir historias sobre su territorio. • Permite documentar historias que se conectan con un lugar específico en el mapa. • Funciona sin conexión • Restringe el acceso a la información. https://terrastories.app/
	Native land digital	Canadá	Herramienta de mapeo para identificar territorios de pueblos indígenas. La información se enlaza con sitios web de los pueblos indígenas, información sobre idiomas y tratados. https://native-land.ca/
	Sistema de Monitoreo de la Amazonía Andina (MAAP)	Perú	Iniciativa que utiliza tecnología satelital avanzada para monitorear en tiempo casi real la deforestación en la megadiversa región de la Amazonía Andina, abarcando las cuencas amazónicas de Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia. • Emplea imágenes satelitales • Publicación de informes sobre deforestación y actividades ilegales https://www.maapprogram.org/es/
	Plataforma de gobernanza territorial del	Bolivia	Brinda acceso a herramientas para la toma de decisiones en el territorio, el acceso a información territorial y el control y vigilancia de procesos territoriales.

Categoría	*Nombre*	*País*	*Funcionalidades*
	Territorio Indígena Multiétnico TIM		• Representación del territorio a través de información geoespacial. • Proporciona información de áreas protegidas. • Biblioteca de normativas y leyes nacionales. • Gestión y vigilancia de los territorios ante actividades ilegales o invasivas. https://timgobernanzaterritorial.com/
	Planos de Gestão Territorial e Ambiental	Brasil	Permite planificar y organizar acciones relacionadas con la protección, conservación y uso sostenible de los territorios indígenas y recursos naturales. • Ofrece indicadores sociodemográficos • Procesamiento de datos censales para ofrecer estadísticas. • Mapa geoespacial. https://pgtas.foirn.org.br/
Estadístico	Sistema de Información y Estadística sobre los Pueblos y Comunidades Indígenas (SIEPI)	México	Elaborado por el Instituto Poblano de los Pueblos Indígenas (IPPI), reúne 128 indicadores en áreas como economía, migración, gobernabilidad, medio ambiente, salud, cultura, justicia y seguridad, tecnología, lengua y educación. Los datos provienen de fuentes institucionales de 76 municipios con presencia indígena en Puebla. https://siepi.puebla.gob.mx/
	Banco de Datos de Pueblos Indígenas y Afrodescendientes (PIAALC)	Chile	Iniciativa que busca democratizar el acceso a información estadística sobre las poblaciones étnicas en América Latina. Ofreciendo indicadores sociodemográficos de pueblos étnicos, según datos censales. https://celade.cepal.org/bdcelade/piaalc/
Informativo	Local and indigenous knowledge system (LINKS) de la UNESCO	África, Asica y América	Protege, preserva e integrar los sistemas de conocimiento indígena en los procesos de toma de decisiones, políticas públicas y educación, en temas como medio ambiente, biodiversidad, cambio climático y desarrollo sostenible. https://www.unesco.org/en/links
	Ogiek peoples' development program	Kenia	Promueve el reconocimiento y la identidad de pueblos indígenas, la defensa de los territorios, la preservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible https://ogiekpeoples.org/
	Servindi	Perú	Proporciona servicios de información y comunicación intercultural acerca de la realidad, necesidades y metas de los pueblos indígenas del Perú. Ofrece elementos informativos como informes, entrevistas y producciones audiovisuales. https://www.servindi.org/

El análisis del estado del arte permite evidenciar las orientaciones que tienen los sistemas de información en torno a pueblos indígenas, los resultados arrojan importantes aplicaciones como los repositorios culturales que permiten almacenar información de comunidades indígenas; aplicaciones de integración geoespacial que facilitan la ubicación de pueblos y capas ambientales en el mapa; y otras aplicaciones de carácter estadístico e informativo que brindan información acerca del estado actual indígena.

Tal como se mencionó, los sistemas existentes brindan una referencia de los ámbitos donde se desarrollan las iniciativas digitales, esto indica que existe un avance significativo hacia la revitalización cultural de pueblos indígenas. Así pues, estas referencias son un punto de partida para la definición de un sistema de información que considere desde una fase inicial los requerimientos, necesidades y capacidades de interacción de comunidades indígenas propias de Colombia.

5.2.3. Entrevistas

Como parte del enfoque centrado en el usuario propuesto en la investigación, las entrevistas semiestructuradas han sido ampliamente utilizadas para entender a los usuarios, el entorno y las necesidades de comunicación (Wilson & Turner, 2024). Por consiguiente, se realizaron entrevistas a miembros de comunidades indígenas, a fin de conocer sus intereses y requerimientos respecto a un sistema de información.

De manera inicial se elaboró el instrumento de la entrevista (Apéndice B), el cual buscaba recolectara información personal de los participantes y las necesidades latentes de las comunidades en cuanto a las tecnologías de la información. El cuestionario contempló un total de 15 preguntas distribuidas entre datos básicos, generalidades, exploración de necesidades, características del

sistema y cierre. Con respecto a la ejecución de las entrevistas, se tuvieron en cuenta las consideraciones éticas descritas en la sección 5, por tanto, todos los participantes debían dar su consentimiento y aprobación para la aplicación de la misma.

Si bien en Bucaramanga hay presencia de comunidades indígenas, la accesibilidad a estos grupos es limitada. Como resultado se contempló la aplicación de entrevistas presenciales y en línea, conservándose el mismo instrumento y consideraciones éticas para ambas modalidades. En total se lograron realizar 4 entrevistas de las cuales 2 fueron virtuales y 2 presenciales.

Partiendo de que la muestra fue de 4 personas, no se puede considerar como un elemento representativo y concluyente comparado con el número de comunidades indígenas y la población en general. Pero sí representa un valor agregado para contextualizar las dinámicas actuales en torno al uso de la tecnología y profundizar en temas culturales.

Para el desarrollo de las entrevistas, de manera inicial se hizo la socialización del consentimiento informado con los participantes, posteriormente se les solicitó la autorización de proceder con la entrevista, la cual era de carácter voluntaria y podrían abstenerse a su participación. También se solicitó la aprobación para grabar la sesión lo cual era necesario para poder analizar las respuestas de cada uno de los participantes.

La transcripción procuró conservar las expresiones utilizadas por los participantes y organizar la información de acuerdo con las preguntas. Para efectos del análisis, se asignó un código a las entrevistas que buscaba proteger la identidad de los participantes y evitar la asociación directa con las respuestas. Estas transcripciones fueron revisadas para corregir errores derivados del proceso de transcripción y garantizar la correspondencia entre el contenido registrado y las respuestas proporcionadas.

En cuanto al análisis de las entrevistas, se comenzaron a revisar las respuestas según el orden de las preguntas, para ello se utilizó el software gratuito y de código abierto TAGETTE. Pudiéndose crear etiquetas de las preguntas y temas para así poder relacionar todas las respuestas dentro de segmentos. En la Figura 11 se evidencia un ejemplo de todas las respuestas obtenidas en cuanto al criterio de donde proviene el conocimiento indígena.

Figura 11

Análisis de las entrevistas



Con base en las respuestas obtenidas en cada etiqueta, primero se logró definir características de los participantes y luego se planteó el resumen consolidado de la información. En la tabla 19 se detalla información relacionada con el tipo de comunidad, edad, si habla una lengua indígena, nivel de escolaridad, experiencia tecnológica y el uso de dispositivos. Se puede observar que el rango de edad de los entrevistados oscila entre los 20 a 30 años, en su mayoría son bachilleres con conocimientos en la lengua nativa y el dominio en el uso de las tecnologías es relativamente moderado.

Tabla 19

Datos de los participantes

Participante	***Comunidad***	***Hablante***	***Edad***	***Escolaridad***	***Experiencia digital***	***Dispositivos***
E01	Wayú	Sí	30	Bachiller	Baja	Celular
E02	Wayú	Poco	22	Estudiante universitario	Media	Celular y computador
E03	Yagua	Poco	28	Bachiller	Media	Celular
E04	Wayú	Sí	33	Bachiller	Media	Celular y tablet

En cuanto al origen del conocimiento se logra validar que es generacional, es decir, trasmitido por los adultos, líderes y sabedores de forma verbal, por ende, no se evidencian documentos o memorias que almacenen contenido tradicional, lingüístico e histórico. En la tabla 20 se relacionan todas las respuestas obtenidas, corroborando que el conocimiento es de tipo verbal por parte de familiares y ancestros.

Tabla 20

Identificación del origen del conocimiento indígena

Participante	***Respuesta***
E01	• De nuestros ancestros, pues son unas costumbres que quedaron de lo que es el tejer y nuestra mamá nos enseña desde los 15 años cuando uno se desarrolla. • La nona o alguien que sepa le enseñan las tareas del hogar, de la cultura.
E02	• La espiritualidad proviene en parte de la familia. La espiritualidad está entretenida con el conocimiento, con la cultura, la idiosincrasia, con la cosmovisión y la cosmogonía • El principal origen es la familia
E03	• Se basa en reinos que vienen de generación en generación • El que tiene liderazgo, pues se muere, sigue el papá, el hijo, después del hijo viene el nieto y así sucesivamente.
E04	• De los ancestros • Viene por medio de mi abuela, de mi mamá, de mis tíos, de mis tías, y por papá

En cuanto a repositorio de contenido indígena donde existan memorias de sus antepasados, no se lograron identificar iniciativas relevantes. Por ejemplo, los participantes E02 y E04

manifiestan que existen cartillas de evangelización y versículos bíblicos escritos en lengua wayunaiki. Así mismo E02 indica que en el año 2016 RTVC realizó un proyecto para recopilar cantos indígenas en diferentes lenguas nativas. Y E03 indicó que se está proponiendo el primer proyecto de revitalización de lengua Yagua con el Ministerio del Interior.

Con respecto a los procesos de exploración y mejora, los participantes indican cambios significativos que han repercutido en la subsistencia de sus territorios. La tabla 21 resume la respuesta de los participantes, evidenciándose el apoyo del gobierno nacional para apoyar proyectos comunitarios, no obstante, el acceso a los recursos del estado no suele ser una tarea fácil, ya sea por falta de experiencia en la formulación de los proyectos o por la desinformación de las convocatorias disponibles.

Tabla 21

Indagación de procesos de exploración y mejora indígena

Participante	***Respuesta***
E01	Se ha ido civilizando en prácticas más humanitarias y amigables con los niños.
E02	Los resguardos indígenas tienen autonomía y respaldo del gobierno para la ejecución de proyectos comunitarios.
E03	Se está realizando el primer proyecto con el Ministerio del Interior para la preservación cultural y el conocimiento indígena de la comunidad indígena.
E04	Existe transculturación que ha permitido la evolución de la cultura y el conocimiento, habiendo apertura a la ciencia y la tecnología, siempre y cuando no se pierda la esencia de la cultura indígena.

A su vez, se realizó una lluvia de ideas de las posibles alternativas para un sistema de información, de forma que fuera útil y respondiera a las necesidades de las comunidades. Aunque varios participantes coincidían en crear repositorios de información, otras ideas intentaban abordar problemáticas de educación, acceso a recursos, generación de empleo y la aplicación de ciencia y tecnología a sus entornos. En la tabla 22 se consolidaron las propuestas para el sistema.

Tabla 22

Propuestas de sistemas de información

Participante	***Respuesta***
E01	• Aplicación de conocimientos occidentales a sus contextos. Ej: métodos de purificación del agua. • Inculcar las costumbres tradicionales a los niños y jóvenes. • Colegio virtual que enseñe cultura indígena y occidental. • Identificar estrategias de supervivencia según el entorno. Ej: cómo sobrevivir en el campo. • Repositorio artístico, artesanal y cultural de los procesos de manufactura. • Dar a conocer a la sociedad que es ser Wayú.
E02	• Capacitación a las comunidades en el acceso y formulación de proyectos, integrando cómo acceder a las instituciones y montar una solicitud. • Repositorio de medicina tradicional • Mejorar los procesos de medicina tradicional inculcando practicas occidentales. Ej: las parteras no son malas, lo malo son los procesos asépticos.
E03	• Repositorio cultural de la cultura indígena para darse a conocer nacional e internacional mente. • Sistema que permita la generación de ingresos y de empleo a través de la articulación con la sociedad por medio de proyectos. • Aprovechamiento del conocimiento, ciencia y tecnología para la exploración de recursos naturales, dando a conocer las potencialidades de las plantas.
E04	• Modernizar y digitalizar la cultura indígena para eliminar la ignorancia y darse a conocer. • Sistema de enseñanza indígena en línea. • Prácticas de conservación de costumbres como la vestimenta, salud y alimentación sana.

Partiendo de las ideas de cada uno de los participantes, se identificaron cuatro categorías que engloban las propuestas de la tabla 22. Por lo tanto, se identificó la necesidad de generar un sistema que actuara como repositorio cultural de las comunidades indígenas, integrando allí sus saberes, tradiciones y practicas artesanales. La segunda categoría busca indagar sobre el conocimiento, ciencia y tecnología de la sociedad para transformar dichos saberes y aplicarlo a su entorno, habitad, costumbres y la exploración de los recursos naturales. La tercera categoría invita a generar proyectos comunitarios que faciliten la generación de ingresos y de empleo en los pueblos indígenas. Finalmente se identifica la necesidad de crear sistemas de educación virtual

que promuevan la enseñanza de las tradiciones tanto a los niños y jóvenes como a la civilización en general. A modo de resumen, la figura 12 muestra las cuatro categorías mencionadas.

Figura 12

Categorización del sistema de información



Con respecto a las características del sistema de información, los participantes reconocen que se deben vincular las lenguas indígenas. Aunque estas lenguas son especialmente de tipo verbal es importante generar estrategias para la traducción y reproducción de audios en lenguas nativas abarcando diferentes dialectos. Por ende, las ayudas visuales van más allá de incorporar imágenes y videos, sino también considerar la reproducción de audios. En la tabla 23 se muestran las respuestas de los participantes con respecto al criterio del lenguaje y ayudas visuales.

Tabla 23

Idioma y ayuda visual del sistema de información

Participante	***Idioma***	***Ayuda visual***
E01	Español e indígena	Imágenes y videos
E02	Español e indígena	Audios y videos
E03	Español e indígena	Audio
E04	Español e indígena	Imágenes y audio

Los resultados obtenidos según las encuestas permiten evidenciar una serie de necesidades y oportunidades en torno a las tecnologías de la información. Pese a que la tecnología es relativamente reciente para las comunidades indígenas y aún persisten zonas sin conexión a internet, las propuestas plantean diversas perspectivas que promueven la conservación de los pueblos y los territorios. Estos hallazgos evidencias la apertura a la tecnología y el objetivo de generar sistemas que incentiven la participación indígena.

Como se mencionó anteriormente, este análisis es de tipo exploratorio y no representativo, por lo cual no se pretenden generalizar los resultados con todas las comunidades indígenas del país. Pero sí representa el punto de partida para futuros trabajos de tecnología que involucren a las comunidades.

5.2.4. Acerca del Observatorio de Ciencia y Tecnología

El observatorio de Ciencia y tecnología (OCyT) como organización privada que apoya el desarrollo científico y tecnológico del país, tiene como objetivo lograr el fortalecimiento de la capacidad nacional para generar y usar indicadores que orienten y evalúen las políticas nacionales, regionales e internacionales, así como la acción de diversos actores en las vertientes científicas y tecnológicas (OcyT, n.d.).

Con una trayectoria de 25 años de servicio, el OCyT ha generado estadísticas e indicadores sobre ciencia, tecnología e innovación para favorecer de manera estratégica al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT) de Colombia. De esta manera, el Observatorio apoya el diseño y seguimiento de políticas públicas y privadas de CyT (Universidad Industrial de Santander, 2024), posicionándose como un aliado estratégico del gobierno.

Por consiguiente, las áreas de acción del OCyT son bibliometría, inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación, innovación, estadística, capacidades, apropiación social de la ciencia y tecnología y políticas para la ciencia, tecnología e innovación. Las características de cada uno de las líneas de acción se describen en la tabla 24.

Tabla 24

Áreas de acción del OCyT

Área	***Definición***	***Aplicación***
Bibliometría	Identifican las principales tendencias dentro de la producción en ciencia de Colombia	- Estudios de colaboración y productividad científica. - Análisis de tendencias del impacto científico.
Inversión en ACTel	Actualizan la información sobre inversión nacional en actividades de ciencia tecnología e innovación	- Estudios sobre cálculo de inversión nacional en todo tipo de actividad. - Análisis de metodologías que permitan incrementar la calidad de la información.
Innovación	Desarrollan indicadores que permiten analizar y caracterizar la innovación y su relación con la productividad	- Estudios de caracterización de la innovación y su relación con la productividad y competitividad. - Análisis de procesos y acciones de innovación en diferentes sectores económicos.
Estadística	Desarrollan indicadores que permitan analizar y caracterizar la innovación y su relación con la productividad.	- Estudios de caracterización de innovación y su relación con la productividad y competitividad. - Análisis de procesos y acciones de innovación en diferentes sectores económicos y productivos.

Área	*Definición*	*Aplicación*
Capacidades	Producción y análisis de información que permite identificar capacidades individuales o colectivas de investigadores, grupos o centros de investigación vinculados a actividades de CTeI	- Estudio de las dinámicas que se generan entre actores del SNCTeI para el fortalecimiento del potencial humano. - Análisis de información para poblaciones específicas sobre el capital humano y su trayectoria.
Apropiación social de CyT	Favorecen la comprensión y análisis de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, teniendo en cuenta que el conocimiento científico es una construcción social	- Estudios de procesos, productos, espacios e indicadores en los que se promueven la ACTeI. - Análisis de actividades que propicien el relacionamiento entre diversos actores que producen conocimiento científico y tecnológico.
Política para la ciencia, tecnología e innovación	Hacer análisis de coyuntura relacionados con la implementación de políticas para la ciencia, tecnología e innovación.	- Estudios sobre política pública para la ciencia, tecnología e innovación. - Análisis de instrumentos para el desarrollo.

En vista de la propuesta de valor ofrecida por el OCyT, la presente investigación plantea impactar la línea de acción de apropiación social, partiendo de que la gestión del conocimiento es construida de manera conjunta entre varios actores. Por consiguiente, la integración entre el conocimiento, el desarrollo científico y tecnológico proveniente de la sociedad, en conexión con los saberes y la cultura de los pueblos indígenas originarios de Colombia, favorecen el desarrollo de las comunidades y la apertura a la interculturalidad.

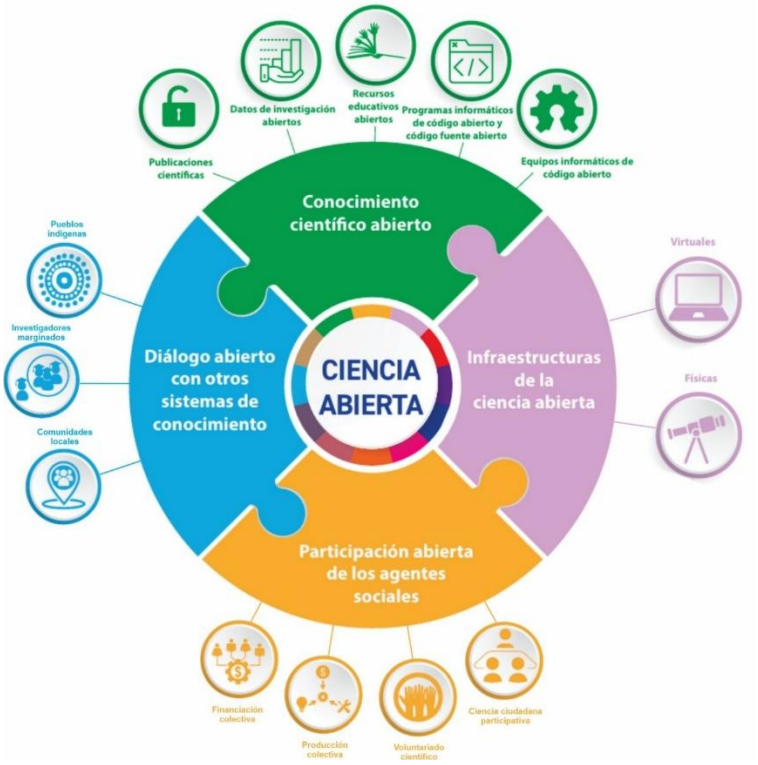
5.2.5. Modelo de ciencia abierta

En vista de los resultados obtenidos en las entrevistas y de la dinámica que precede al OCyT, la conexión entre el conocimiento indígena y el conocimiento occidental brinda una oportunidad para definir un sistema de información basado en ciencia abierta.

En ese orden de ideas, la ciencia abierta busca que la ciencia se convierta en un bien público accesible, eficiente y confiable que conecta con la saciedad y sus necesidades (Peršić & Straza, 2023). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación (2021) la ciencia abierta facilita la transformación de las practicas científicas para que se adapten a los cambios, desafíos, oportunidades y riesgos del mundo digital, fomentando la apertura, la transparencia e inclusión a través del acceso libre. Por consiguiente, la UNESCO dispuso una serie de recomendaciones sobre la aplicación de la ciencia abierta de manera global, destacando cuatro pilares clave (Figura 13) que son el conocimiento científico abierto, las infraestructuras de la ciencia abierta, la participación abierta de los agentes sociales y el diálogo abierto con otros sistemas de conocimiento. A continuación, se define cada uno de los pilares:

Figura 13

Pilares de ciencia abierta según la UNESCO



Nota: Tomado de Organización de las Naciones Unidas para la Educación (2021)

La ciencia abierta busca que la ciencia se convierta en un bien público accesible, eficiente y confiable que conecta con la saciedad y sus necesidades (Peršić & Straza, 2023). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación (2021) la ciencia abierta facilita la transformación de las practicas científicas para que se adapten a los cambios, desafíos, oportunidades y riesgos del mundo digital, fomentando la apertura, la transparencia e inclusión a través del acceso libre. Por consiguiente, la UNESCO dispuso una serie de recomendaciones sobre la aplicación de la ciencia abierta de manera global, destacando cuatro pilares clave (Figura 13) que son el conocimiento científico abierto, las infraestructuras de la ciencia abierta, la participación abierta de los agentes sociales y el diálogo abierto con otros sistemas de conocimiento. A continuación, se define cada uno de los pilares:

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación (2021) el *conocimiento científico abierto* hace referencia a la accesibilidad de la información independientemente de la ubicación, nacionalidad, raza, edad, género, nivel socioeconómico, lengua, región, etnia, o discapacidad. Este pilar deriva los siguientes elementos:

- Publicaciones científicas: incluye el acceso abierto y sin restricciones a libros, artículos, informes de investigación, resultados científicos y documentos de conferencias.
- Datos de investigaciones abiertos: se refiere a datos digitales y analógicos, metadatos, índices numéricos, registros textuales, imágenes, sonidos, códigos de análisis y flujos de trabajo.
- Recursos educativos abiertos: relaciona aquellos materiales de enseñanza y aprendizaje e investigación.

- Programas informáticos de código abierto y código fuente abierto: abarca los programas informáticos con código fuente público, teniendo la característica de ser legible, fácil de utilizar y modificar.
- Equipos informáticos de código abierto: incluye las especificaciones de diseño de un objeto como licencia para que el objeto sea estudiado, modificado, creado y distribuido.

El segundo pilar es la *infraestructura de la ciencia abierta* comprende las infraestructuras de investigaciones compartidas del tipo virtual o físico como por ejemplo los equipos científicos, los instrumentos, las plataformas de publicaciones, los sistemas de investigación, bibliométricos y cienciométricos, las infraestructuras de manipulación de datos y los servicios digitales. Por otro lado, la participación abierta de los agentes sociales integra la colaboración entre científicos y agentes sociales, para permitir el acceso a prácticas y herramientas que hacen parte de la investigación, sentando la base de nuevas formas de colaboración y trabajo como lo es la financiación colectiva, producción colectiva, el voluntariado científico y la ciencia ciudadana y la participación de la ciudadanía (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, 2021).

Finalmente, el *diálogo abierto con otros sistemas de conocimiento* busca fomentar el diálogo entre diferentes agentes de conocimiento según las diversidades culturales, para promover la inclusión de conocimientos marginados y mejorar las interrelaciones entre diversas epistemologías. Reconociendo los derechos de los pueblos indígenas y las comunidades locales sobre sus conocimientos tradicionales, las tierras y los recursos. En particular los vínculos con sistemas de conocimiento indígena deben realizarse según la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los pueblos indígenas y principios de gobernanza de datos indígenas como los principios CARE (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, 2021).

Por consiguiente, los principios CARE que representa (beneficio colectivo, autoridad para controlar, responsabilidad y ética, por sus siglas en inglés) fueron creados como una estrategia para abordar la ciencia abierta de forma que se incluyeran a las comunidades indígenas en la gobernanza de los datos para poder potencializar su acceso, uso y beneficios (Jennings et al., 2023). A su vez, los principios CARE relacionan unos subprincipios (Tabla 25) que surgieron como complemento del estándar FAIR (Fiabilidad, accesibilidad interoperabilidad y reutilizable) como medida para garantizar la ciencia abierta, centrándose en la equidad y la ética como principios rectores (Carroll et al., 2022).

Tabla 25

Definición de los principios CARE para la gobernanza de datos indígenas

Principio	***Subprincipio***	***Expectativa***
Beneficio colectivo	Para el desarrollo inclusivo y la innovación	Apoyar el uso y reutilización de datos, para impulsar la innovación indígena y la promoción de procesos de desarrollo local autodeterminado. Siempre que los resultados se alineen con las necesidades y aportes de la comunidad.
	Para obtener resultados equitativos	Los datos indígenas se basan en valores comunitarios que se extienden a la sociedad. Cualquier valor generado a partir de estos datos debería beneficiar a las comunidades de manera equitativa y contribuir a sus aspiraciones de bienestar.
	Para mejorar la gobernanza y participación ciudadana	Los datos respaldan las necesidades de servicios y políticas de las comunidades indígenas. Facilitan una mayor interacción entre la ciudadanía, las instituciones y los gobiernos para optimizar la toma de decisiones.
Autoridad para controlar	Reconocimiento de derechos e intereses	Los pueblos indígenas tienen derechos e intereses tanto en el conocimiento como en los datos. Tienen derecho al consentimiento libre, previo e informado para la recopilación y el uso de datos, incluido el desarrollo de políticas y protocolos para la recopilación
	Datos para la gobernanza	Los pueblos indígenas tienen derecho a acceder a datos relevantes que fortalezcan su autodeterminación y autogobierno. Los datos deben estar disponibles y accesibles para las naciones y comunidades indígenas a fin de apoyar su gobernanza.

Principio	***Subprincipio***	***Expectativa***
	Gobernanza de datos	Los pueblos indígenas tienen derecho a desarrollar protocolos de gobernanza cultural para los datos y a ser líderes activos en la gestión y el acceso de los mismos, especialmente en el contexto del conocimiento indígena.
Responsabilidad	Para relaciones positivas	El uso de datos indígenas debe considerar respeto, reciprocidad, confianza y entendimiento mutuo. Garantizar que la creación, interpretación y uso de los datos respeten la dignidad de las naciones y comunidades, especialmente aquellos considerados sagrados o culturalmente significativos.
	Para ampliar la capacidad	El uso de datos indígenas implica la responsabilidad de mejorar la alfabetización en las comunidades para apoyar el desarrollo de la fuerza laboral y una infraestructura digital permitiendo la creación, recopilación, gestión, seguridad, gobernanza y aplicación de datos.
	Para las lenguas y cosmovisiones indígenas	Se deben proporcionar recursos para generar datos basados en los idiomas, las visiones del mundo y las experiencias vividas (incluidos los valores y principios) de los pueblos indígenas.
Ética	Minimizar el daño y maximizar el beneficio	Los datos éticos no estigmatizan ni representan a las comunidades como deficientes. Los datos se recopilan y utilizan de manera acorde con los marcos éticos y se evalúan desde la perspectiva de las comunidades a los que se refieren.
	Por la justicia	Los procesos éticos abordan desequilibrios de poder, recursos y las afectaciones de derechos indígenas y derechos humanos. Los procesos éticos deben incluir la representación de las comunidades indígenas pertinentes.
	Para uso futuro	La gobernanza de datos debe considerar el posible uso futuro y los posibles daños, basándose en marcos éticos fundamentados en los valores y principios de la comunidad indígena. Los metadatos deben reconocer la procedencia y la finalidad, así como cualquier limitación u obligación en el uso secundario, incluyendo cuestiones de consentimiento.

Nota: Tomado de Carroll et al. (2022)

Se evidencia que la implementación de los principios CARE es muy reciente, por lo cual las primeras iniciativas buscan poner en práctica los principios en repositorios, marcos éticos nacionales y directrices de ciencia abierta de las Naciones Unidas (Carroll et al., 2022). Por ejemplo, los principios CARE han sido puestos en práctica en repositorios para almacenar datos

ecológicos, en convocatorias de subvenciones como en la Sociedad Geológica de Estados Unidos y se ha reconocido su importancia para abordar practicas forestales (Jennings et al., 2023).

Tomando como referencia las definiciones anteriormente mencionadas sobre los subprincipios CARE, se catalogó el sistema de información, atendiendo las recomendaciones del modelo de ciencia abierta mencionados por la UNESCO. Por consiguiente, la Tabla 26 asocia la aplicación de los principios CARE para el sistema de información inclusivo con comunidades indígenas.

Tabla 26

Aplicación de principios CARE para el sistema de información

Principio	***Subprincipio***	***Expectativa***
Beneficio colectivo	Para el desarrollo inclusivo y la innovación	Basados en los resultados de las entrevistas se identificó la necesidad de generar iniciativas digitales que faciliten la integración del conocimiento indígena y el conocimiento occidental para abordar aspectos como: la adaptación a sus contextos y territorios, medicina ancestral, educación y exploración de los recursos naturales.
	Para obtener resultados equitativos	Considerando que un diseño accesible es aquel que puede ser usado por un amplio grupo de usuarios (Kim & Han, 2017), pudiendo adaptarse a las capacidades del usuario y a la situación de uso (Miraz, Excell, et al., 2021). Diseñar un sistema que pueda ser utilizado por las comunidades indígenas considera su lengua, guías digitales y audiovisuales para mayor comprensión. Considera la limitación a información sensible según los intereses de las comunidades indígenas.
	Para mejorar la gobernanza y participación ciudadana	Las partes involucradas como las comunidades indígenas, la sociedad, la comunidad científica y el estado podrán acceder al sistema y participar activamente haciendo uso de la información.
Autoridad para controlar	Reconocimiento de derechos e intereses	Se reconoce que los pueblos indígenas y la sociedad tienen derechos según lo establecido en la constitución política de 1991 y la declaración de las Naciones Unidas. Se reconocen los intereses de los pueblos indígenas en cuanto a la conexión con la naturaleza, el territorio y la cosmovisión.

Principio	*Subprincipio*	*Expectativa*
		Se reconocen los derechos de propiedad intelectual y los derechos sobre los recursos e instrumentos tradicionales.
		La información suministrada por los participantes en la investigación fue puesta en conocimiento a través de consentimientos e informados y políticas de tratamiento de datos.
	Datos para la gobernanza	Informar a los involucrados e interesados sobre el progreso de la investigación.
		Involucrar a las comunidades indígenas para apoyar las fases posteriores del proyecto.
	Gobernanza de datos	Cualquier sujeto en la investigación tiene derecho de mantenerse confidencial, incluyendo información personal y sensible.
		La información podrá ser supervisaba por los pueblos indígenas.
Responsabilidad	Para relaciones positivas	Los involucrados en la investigación respetarán la integridad, moralidad, cultura y tradiciones indígenas.
		Se evitará la imposición de concepciones y estándares que vayan en contra de la investigación y los principios de los pueblos indígenas.
	Para ampliar la capacidad	Se reconoce la necesidad de empoderamiento digital por lo cual se deben articular estrategias de capacitación y entrenamiento en el uso del sistema de información.
		La investigación permitirá generar proyectos de forma que se incentive la participación de las comunidades indígenas.
	Para las lenguas y cosmovisiones indígenas	Según la ley 1381 del 2010 que busca fomentar el uso y preservación de las lenguas nativas se contempla la transcripción de información en lenguajes indígenas, así como ayudas visuales para fomentar la comprensión.
		Se considera que las interpretaciones de los datos respeten la forma en que las comunidades conciben su entorno y realidad.
Ética	Minimizar el daño y maximizar el beneficio	Responsabilidad de proteger y preservar las culturas indígenas de manera que las actividades e información no las perjudique o vulnere.
		Garantizar la accesibilidad de la información permitiendo su aplicación y dominio.
	Por la justicia	Los involucrados en la investigación deben garantizar la equidad en todas las disposiciones, actividades y fases de la investigación.
		Se deben generar acuerdos entre las comunidades involucradas en términos del conocimiento, recursos, aspectos políticos y sociales.

Principio	*Subprincipio*	*Expectativa*
	Para uso futuro	Dar claridad de los beneficios y limitaciones del sistema de información propuesto, evitando crear falsas expectativas. Definir el rol y participación de las comunidades en el uso actual y futuro del sistema. Definir posibles iniciativas de escalabilidad del sistema.

Retomando el modelo de ciencia abierta propuesto por la UNESCO, la presente investigación considera la implementación de los siguientes factores:

- En cuanto al conocimiento científico abierto: Los datos deben ser de acceso libre mediante el uso de repositorios institucionales o plataformas de acceso libre. Los documentos informativos y de alfabetización son comprensibles y accesibles a las comunidades indígenas. La accesibilidad de los datos y/o la información se mantienen disponibles y sin restricción como los datos digitales, imágenes, audios, códigos y flujos de trabajo. No obstante, se abstiene de la publicación de información sensible, confidencial o de propiedad intelectual de los saberes ancestrales.
- Participación abierta: permite la integración de equipos multidisciplinarios que aportan en la materialización del sistema de información, así como en el enriquecimiento del contenido y las redes entre la sociedad y las comunidades indígenas.
- Diálogo con otros sistemas de conocimiento: Se mantienen canales de comunicación activos para promover el diálogo respecto a la información y los datos que se publican en el sistema. Se reconocen los derechos de las comunidades

indígenas en materia de la gestión de la información y propiedad intelectual que se deriven.

5.2.6. Análisis PESTEL

Las organizaciones dependen del comportamiento y dinámicas del entorno para sobrevivir, por ende, un buen análisis del entorno permite anticipar los posibles cambios que pueden llegar a presentarse. Algunos de los factores clave a considerar se encuentran delimitados por la política, economía, sociedad, tecnología, ambiente y regulaciones legales, lo que se conoce como PESTEL (Whittington et al., 2021). El análisis PESTEL consiste en examinar amenazas y oportunidades que surgen a partir de dichos factores, arrojando una visión lo más acertada a la realidad que sirve como referencia para mejorar la toma de decisiones en las organizaciones (Amador-Mercado, 2022).

El componente político de PESTEL destaca la intervención del gobierno y cualquier otro factor político, por tanto, se deben considerar leyes, políticas fiscales y monetarias, subsidios, tratados comerciales, políticas internacionales, grupos de presión política, grupos de campaña, redes sociales o medios tradicionales. Por otro lado, las variables macroeconómicas relacionan tipos de cambio e interés, fluctuaciones en las tasas de crecimiento económico, el nivel de precio, la tasa de desempeño y la balanza comercial (Whittington et al., 2021).

En cuanto al factor social, se incluyen elementos demográficos y culturales como el envejecimiento poblacional, la religión, creencias, cultura, hábitos, intereses y preferencias de las personas. En cuanto al factor tecnológico, se enlazan con la innovación y generación de valor, pues la tecnología puede traer grandes beneficios a las empresas, dentro de los elementos a considerar

se encuentra la identificación de tecnologías alternativas, la implementación de nuevos programas informáticos y tecnologías emergentes. (Amador-Mercado, 2022).

Con respecto a la variable ambiental, esta hace referencia a la contaminación, residuos y el cambio climático, por lo cual se han derivado una serie de regulaciones que podrían imponer costos adicionales a las empresas. Finalmente, el componente legal, puede cubrir diversos temas, por lo que es indispensable analizar la normatividad vigente aplicable a cada contexto (Whittington et al., 2021). Con base en los criterios a analizar, la tabla 27 sintetiza los elementos aplicables al proyecto enmarcado en SI para el OCyT.

Tabla 27

Análisis PESTEL de la investigación

Factor	***Descripción***
Político	• Tipo de gobierno y estabilidad: si bien Colombia es un país democrático, persiste inestabilidad gubernamental que podrían limitar el desarrollo de políticas e iniciativas territoriales. • Posibilidad de cambios en el entorno político: las políticas están sujetas a cambios por conflictos sociales, intereses o prioridades gubernamentales, por lo cual las políticas de inclusión podrían variar con el cambio de gobierno. • Seguimiento a las iniciativas del ministerio de la igualdad y equidad: habiéndose creado recientemente, representa una oportunidad para integrar proyectos tecnológicos inclusivos con enfoque étnico. • Políticas gubernamentales: actualmente existen políticas de inclusión digital y acceso a tecnologías respaldadas por el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (Función Pública, 2023). • Consideración de legislación internacional: existe el convenio 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales y la Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas. • Consideración de gobierno propio indígena y grupos de presión locales: existen estructuras de gobierno propio como la ONIC, CRIC, OPIAC, cabildos, resguardos y autoridades territoriales.
Económico	• PIB: Aunque ha existido un crecimiento moderado del PIB este crecimiento no se distribuye de manera equitativa entre las distintas regiones o grupos poblacionales (DANE, 2025). • Desempleo indígena: de acuerdo con el Dane (2023) la tasa de desempleo de la población indígena es del 51.1%, no obstante, la informalidad alcanza el 51%, lo cual limita la capacidad de acceder a recursos estables.

Factor	*Descripción*
Social	• Tasa de alfabetismo: según el Dane (2019) el 82.8% de lo población indígena tiene conocimientos de lectura y escritura. Este indicador condiciona los formatos de acceso a la información por lo cual una interfaz de usuario debe ofrecer opciones de multimedia como audios, iconos e imágenes. • Economías de subsistencia: Las comunidades indígenas suelen tener economías de subsistencia basadas en la agricultura, pesca, caza y la artesanía. • Estereotipos: las comunidades indígenas han enfrentado estigmatización y perjuicios históricos que han repercutido en su disponibilidad, participación y colaboración en iniciativas o proyectos. • Respecto por la tradición y espiritualidad: Todas las iniciativas deben alinearse con los principios indígenas, reconociéndose los saberes, cosmovisiones, tradiciones y lenguas nativas. • Estructura social indígena: La mayoría de los pueblos cuentan con organizaciones basadas en clanes, familias extensas y autoridades territoriales. Por lo cual, los roles de género y edad podrían definir la participación de la población. • Movilidad geográfica: Muchas comunidades son víctimas del conflicto armado y el desplazamiento forzado, viéndose obligadas a abandonar sus territorios. • Apertura intercultural: El acercamiento entre las comunidades indígenas y la sociedad occidental ha incentivado la apertura a la ciencia y la tecnología. Por tanto, un sistema no debe incitar al abandono de la cultura y la identidad indígena. • Influencia de cambios socioculturales: Las comunidades han estado en constante transformación producto de la migración, urbanización, escolarización y la tecnología por lo cual un sistema inclusivo puede articular la tradición ancestral con la contemporaneidad.
Tecnológico	• Integración de tecnologías multimodales: el sistema debe considerar diversas formas de expresión como audio, imágenes y videos. Interacciones simples e intuitivas. • Implementación de tecnologías offline: muchas comunidades se encuentran en zonas rurales con limitado acceso a internet. Por lo cual el sistema debe permitir la sincronización cuando haya conectividad. • Uso de IA para la revitalización de las lenguas indígenas: la IA podría contribuir a la traducción automática de lenguas indígenas, al reconocimiento de voz y a la generación de contenido con enfoque multilenguaje. • Cobertura de internet en áreas rurales: Según (González Rendón & Castañeda Arango, 2023), solo el 23,3% de las zonas rurales cuentan con conectividad estable a internet. • Acceso de dispositivos digitales: el acceso a dispositivos digitales es bajo y muchos de ellos son de gama baja, por lo tanto, el sistema debe operar en dispositivos básicos, poca RAM, procesadores lento y tener interfaz responsiva.
Ecológico/Ambiental	• Garantizar la preservación del entorno natural: las tecnologías implementadas deben evitar impactos negativos en los ecosistemas locales.

Factor	*Descripción*
Legal	• Preservación de los territorios ancestrales: Se reconoce que el territorio es parte de la identidad cultural de los pueblos indígenas. • Consideraciones de la constitución política: se reconocen los derechos colectivos y territoriales de los pueblos indígenas, según lo dispuesto en la constitución de 1991. • Asegurar el consentimiento libre e informado: se da información sobre las iniciativas y proyectos vigentes, así como la participación voluntaria en los mismos. • Protección de datos personales e información sensible: dando cumplimiento a la ley 1581 de 2012 se respeta información culturalmente sensible, datos personales y cualquier información no autorizada.

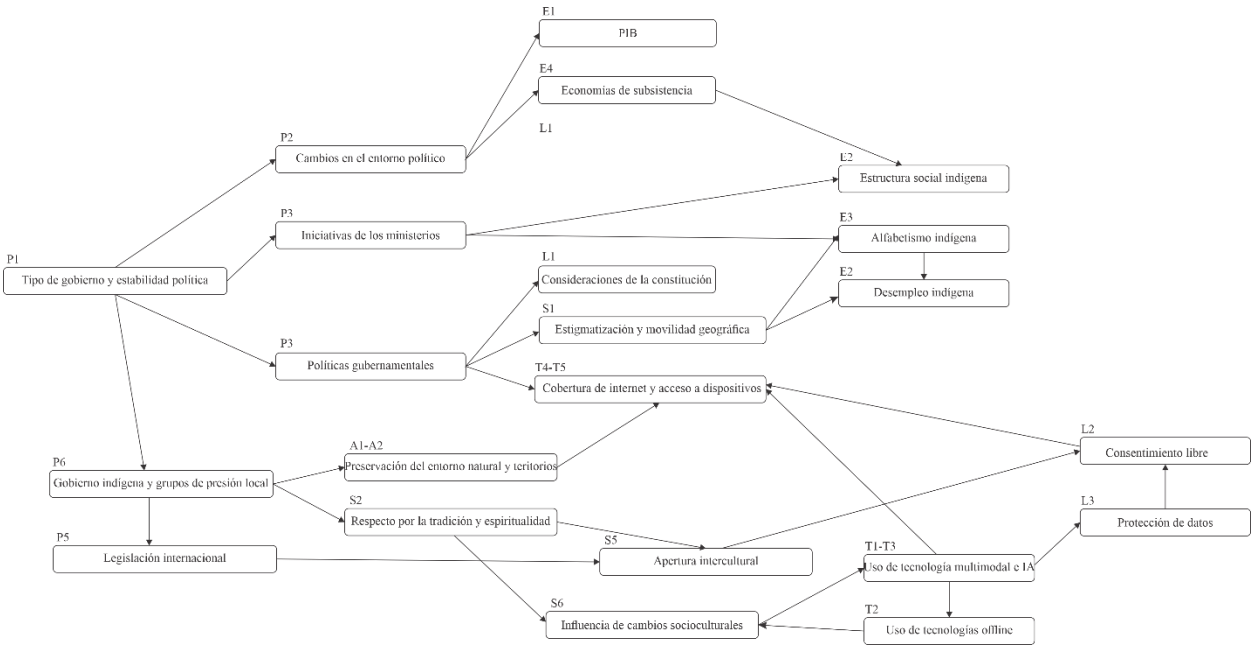
Como resultado del análisis PESTEL aplicado a la investigación, se propone un diagrama sistémico teniendo como referencia el trabajo de (Kim-keung, 2014), el cual invita a representar gráficamente las relaciones dinámicas entre los factores del entorno. En este análisis, se identifican y conectan los factores PESTEL que influyen en el SI inclusivo para comunidades indígenas, proporcionando una visión general del entorno empresarial. El propósito de este análisis complementario es profundizar en cómo interactúan entre sí los factores para identificar influencias cruzadas y elementos estratégicos que sirven como referencia para el diseño de estrategias culturalmente pertinentes. La figura 14 condensa la dinámica de relacionamiento entre cada una de las variables PESTEL a través de la conexión entre nodos y flechas direccionales.

Como resultado del gráfico realizado, el plano superior relaciona el entorno general en donde se ha considerado la relevancia del gobierno actual y la legislación vigente, respecto a la influencia de políticas inclusivas que involucren tanto a la sociedad como a las civilizaciones indígenas, así como las problemáticas latentes inherentes a los pueblos indígenas. En la parte posterior se ubica el marco específico operativo, manteniendo una estrecha relación con el contexto digital, resaltándose la apertura intercultural a través de la implementación de tecnologías

digitales que permitan la revitalización de los pueblos y las lenguas nativas, siendo respetuosos de la tradición, el habitad, los derechos indígenas y el consentimiento libre.

<Figura 14

Análisis PESTEL sistémico



En resumen, el análisis PESTEL sistémico permitió visualizar las relaciones estratégicas clave que deben ser consideradas al diseñar una solución tecnológica inclusiva, reconociendo que muchas variables no actúan de manera aislada sino de forma interdependiente. Entonces, se proporciona una herramienta de planificación y toma de decisiones para orientar las acciones de la investigación en un entorno culturalmente inclusivo.

5.2.7. Partes interesadas

Considerando la disposición del sistema de información y todos los posibles actores que podrían inferir para la materialización del mismo, se hace pertinente delimitar los posibles interesados y su relación con el proyecto. La colaboración continua entre diversos actores sirve

para promover e impulsar iniciativas innovadoras e inclusivas que impactan en problemáticas existentes (Marchesani & Ceci, 2025) facilitando la generación de valor compartido entre todos los involucrados (Bittencourt & Figueiró, 2019).

A causa de delimitar una red de actores, algunos estudios han abordado marcos para la gestión de la innovación basados en la triple, cuádruple y quíntuple hélice, formándose relaciones estratégicas entre agentes como la universidad, industria, gobierno y la sociedad a fin de cruzar diferentes modos de conocimiento y experiencias. Carayannis & Campbell (2009) y Carayannis & Campbell (2010) definen cada uno de estos modelos según la coevolución y codesarrollo del conocimiento en las sociedades y las economías. Por ejemplo, el modelo inicial de conocimiento se consideró de tipo lineal, reflejando una investigación universitaria experimental básica; el segundo modelo vincula la resolución de problemas donde se ejerce participación real y transdisciplinar entre diferentes disciplinas; el modelo de triple hélice se centra en la interacción del estado, la academia y la industria para lo cual el estado representa el sector gubernamental, la academia el sector de educación superior y la industria el sector empresarial; la cuádruple hélice considera el gobierno, la academia, la industria y la sociedad en donde se considera la población, estilos de vida y la cultura; finalmente la quíntuple hélice asocia todos los elementos anteriores más el segmento ambiental y el entorno natural.

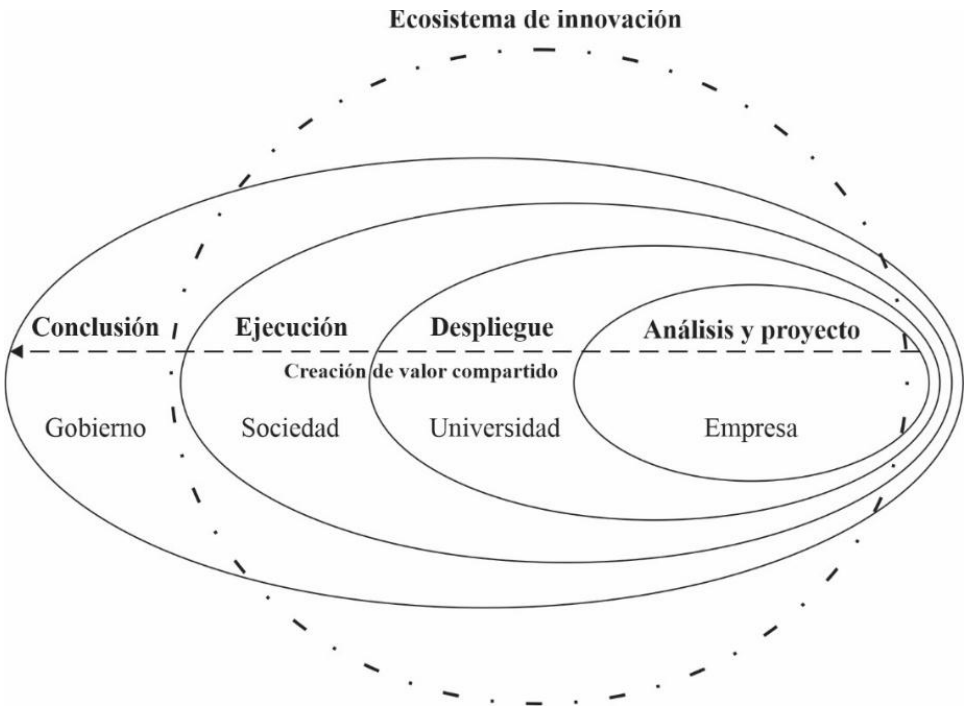
Partiendo de que el modelo de cuádruple hélice involucra a la sociedad, es necesario considerar a las personas para comprender problemas sociales, sus habilidades, conocimientos y necesidades (Bittencourt & Figueiró, 2019). Por eso, este modelo resulta útil en procesos centrados en el usuario como una condición para abordar comunidades y usuarios finales desde diversas perspectivas y experiencias. De allí que la interconexión entre el gobierno, la empresa, la universidad y la sociedad civil se convirtieran en un elemento fundamental para la innovación,

influyendo en la generación de conocimiento y el desarrollo tecnológico según la demanda y destrezas del usuario (Marchesani & Ceci, 2025).

Los autores Bittencourt & Figueiró (2019) definen un modelo conceptual que demuestra la relación e interacción entre diferentes actores como la empresa, universidad, sociedad y el gobierno para facilitar la generación de valor compartida. Desde esta perspectiva la empresa actúa como un impulsor de iniciativas, evidenciándose su capacidad para generar resultados sociales, en concordancia, los demás actores se conectan, cooperan y permiten la generación de conocimiento e innovación. La figura 15 bosqueja dicha relación a fin de generar mayor competitividad y nuevas oportunidades con valor social.

Figura 15

Modelo conceptual de ecosistema de integración basado en valor compartido

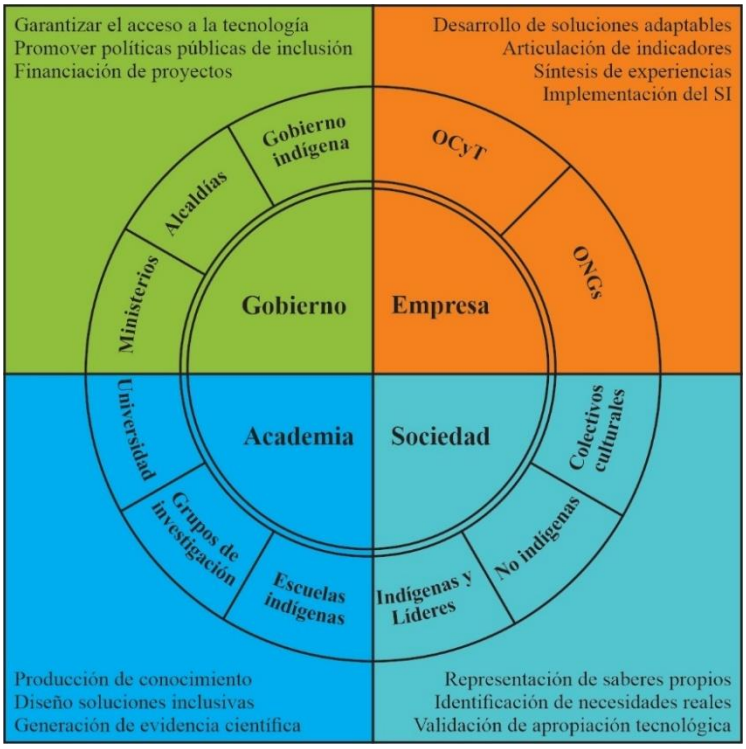


Nota: Tomado de Bittencourt & Figueiró (2019).

Desde la perspectiva de la cuádruple hélice, se identificaron los actores que tenían relación con la investigación para establecer sus roles e intereses con respecto a la implementación del proyecto a corto o largo plazo. La figura 16 muestra la relación de las cuatro hélices según los actores que la conforman y su aporte integral para la sincronía de proyecto. En ese orden de ideas, el gobierno relaciona los ministerios, alcaldías y las instituciones indígenas a fin de garantizar el acceso equitativo a la infraestructura tecnológica, diseñar y ejecutar políticas públicas de inclusión digital que protejan los derechos culturales y lingüísticos y financiar iniciativas de impacto social. La empresa conformada por el OCyT y ONGs debe desarrollar soluciones adaptables a las comunidades indígenas asegurando la interoperabilidad del sistema con bases de datos científicas y gubernamentales, articular los resultados con indicadores, sintetizar las necesidades y experiencias de las comunidades indígenas y sostener técnica y funcionalmente el sistema. La academia comprende universidades, grupos de investigación y establecimientos educativos indígenas, las cuales deben generar conocimiento con base en las necesidades de las comunidades, desarrollar soluciones inclusivas que vinculen metodologías de investigación participativa y centradas en el usuario y generar evidencia científica. Finalmente, la sociedad conformada por comunidades indígenas, líderes indígenas, personas no indígenas y colectivos culturales deben contribuir con conocimientos propios y lingüísticos siempre y cuando se preserven los sabes y tradiciones, facilitar el diálogo expresando sus necesidades y expectativas y acompañar los procesos de formación, adaptación y apropiación que validen la efectividad de las iniciativas digitales.

Figura 16

Mapa de actores según cuádruple hélice



Complementando el análisis anterior, es importante identificar los recursos y actividades para cado uno de los actores identificados, pues este análisis profundiza las relaciones de colaboración y co-creación de valor. El estudio de Hasche et al. (2020) examina la interdependencia de actores, recursos y actividades desde el enfoque de la cuádruple hélice con una perspectiva microeconómica que comprende relaciones dinámicas, sinergias, colaboraciones, entornos coordinados y actividades de creación de valor. La tabla 28 resume los aportes de cada tipo de actor en torno a la implementación del sistema de información.

Tabla 28

Relación entre actores, recursos y actividades

	Actor	*Recursos y actividades*	*Valor con SI*	*Valor personal*
G	Ministerios	Formulación de políticas públicas y normativas de inclusión y digitalización, articulación intersectorial y financiación de iniciativas.	• Fortalecimiento de políticas inclusivas y de diversidad. • Recibir recursos financieros.	• Cumplimiento del plan nacional de desarrollo. • Fortalecimiento institucional.
	Alcaldías	Coordinación territorial, contacto directo con comunidades y promoción de iniciativas TIC.	• Apoyo en la implementación del SI.	• Articulación con actores sociales e indígenas. • Visibilidad política.
	Gobierno indígena	Validación cultural y política, defensor de derechos colectivos y acompañamiento en el proceso de implementación.	• Aseguramiento de la pertenencia cultural del SI • Participación legitima y representativa.	• Visibilidad organizativa. • Capacidad de autogestionar proyectos.
E	OCyT	Infraestructura tecnológica, desarrollo e integración del sistema, acceso libre a datos nacionales.	• Integración del SI. • Escalabilidad y sostenibilidad del SI.	• Reconocimiento como actor inclusivo y transformador. • Fomentar la innovación.
	ONGs	Asesoría en inclusión, facilitador de procesos comunitarios y apoyo técnico y financiero.	• Promover el uso responsable de la información cultural. • Proveedor de recursos.	• Fortalecimiento de planes misionales. • Alianzas estratégicas. • Promoción de derechos colectivos.
A	Universidad	Colaboración interdisciplinaria, infraestructura investigativa, formación académica y gestión de conocimiento.	• Respaldo metodológico al diseño de SI. • Producción de conocimiento riguroso.	• Publicaciones • Reconocimiento académico • Vínculos interinstitucionales.
	Grupos de investigación	Diseño metodológico, recolección y análisis de datos, generación de conocimiento.	• Co-creación de marcos metodológicos. • Aporte de conocimiento e información.	• Generación de conocimiento. • Impacto social de sus proyectos. • Avance en líneas de investigación.
	Escuelas indígenas	Formación indígena y desarrollo de capacidades.	• Aporte de contenido.	• Formación integral de niños y jóvenes.
S	Comunidades indígenas	Conocimientos y tradiciones culturales, validación del SI	• Fundamenta el diseño del SI. • Aportan contenido	• Revitalización de su cultura.

Actor	*Recursos y actividades*	*Valor con SI*	*Valor personal*
Líderes indígenas	Mediación comunitaria, articulación con el gobierno indígena y liderazgo de participación.	• Validación de accesibilidad. • Representación política y cultural. • Supervisión del enfoque cultural. • Mediador con las comunidades.	• Empoderamiento digital. • Fortalecimiento de liderazgo. • Legitimidad en procesos tecnológicos. • Influencia en el diseño de políticas.
No indígenas	Conocimiento técnico, articulación intercultural, uso de contextos mixtos.	• Aporte técnico y metodológico. • Validación de accesibilidad.	• Formación intercultural. • Contribución social.
Colectivos culturales	Producción artística, difusión de saberes y promoción de conocimiento.	• Incorporación simbólica y estética. • Difusión intercultural.	• Fortalecimiento identidad cultural. • Difusión de sus experiencias culturales.

Como resultado, el análisis de partes interesadas refleja la complejidad y potencialidad de la investigación en torno a la materialización de un sistema de información inclusivo para comunidades indígenas. La articulación entre actores gubernamentales, académicos, sociales y empresariales permite identificar sinergias estratégicas para la sostenibilidad, pertinencia cultural y escalabilidad del sistema. El reconocimiento del valor que cada actor aporta fortalece procesos de co-creación y promueve una gobernanza participativa del conocimiento, en donde las comunidades indígenas son altamente valoradas y escuchadas para la generación de soluciones digitales.

5.2.8. Barreras de la investigación

Partiendo de que este estudio se encuentra orientado a pueblos indígenas, la principal limitación identificada durante la ejecución de la investigación estuvo relacionada con el acceso directo a la población, no solo por la ubicación geográfica de las comunidades y sus diferencias culturales, sino por las conexiones de contacto y relacionamiento. Aunque se evidenció que existen

personas viviendo en las ciudades no fue posible crear un enlace que perpetuara su compromiso o participación voluntaria.

Según Vanguardia (2026) en el área metropolitana de Bucaramanga habitan al menos 600 indígenas pertenecientes a las comunidades Embera Dóbida, Embera Chamí, Yukpa y Wayuú. Adicionalmente la UIS cuenta con un cabildo indígena que acoge a todos los estudiantes indígenas, organiza eventos culturales y promueve la identidad de las comunidades. Aún con este panorama, no se pudo entablar una relación estrecha con representantes de las comunidades.

En consecuencia, la investigación se apoya de fuentes documentales e información secundaria. No obstante, se reconoce que la ausencia de un acercamiento directo y sistemático con representantes de las comunidades constituye una limitación para la comprensión de sus experiencias y la validación de la propuesta de la investigación. Por ende, los resultados se presentan como una aproximación conceptual, cuya pertinencia y adecuación deberán ser profundizadas mediante procesos posteriores con las comunidades.

5.2.9. Síntesis de la etapa de ideación

Analizando cada uno de los apartados correspondientes a esta sección, se logran identificar componentes de base que constituyen algunos lineamientos de un sistema para comunidades indígenas. Con base en el análisis sobre el marco legal, las comunidades, la lengua, el conocimiento, la simbología y las entrevistas, se construyeron unas apreciaciones para el SI de tipo exploratorio y contextual que no pretende representar todas las prácticas, creencias y conocimientos de los diferentes pueblos indígenas de Colombia.

En consecuencia, dichos lineamientos corresponden a una aproximación inicial construida a partir de revisiones de literatura y de los aportes obtenidos durante las entrevistas, los cuales

deberían ser profundizados en trabajos posteriores con las comunidades. Es por esto que en la tabla 29 se relacionan los lineamientos para un SI inclusivo de comunidades indígenas.

Tabla 29

Lineamientos que guían el diseño de un sistema para indígenas

Componente	***Consideración***	***Lineamientos del SI***
Marco legal	Protección de datos personales	Se debe informar al usuario sobre la finalidad de datos personales y solicitar autorización cuando corresponda.
	Protección del conocimiento indígena	El contenido de comunidades debe considerar mecanismos de autorización, validación o restricción.
	Reconocimiento de derechos colectivos	Los contenidos deben permitir identificar su procedencia para evitar atribuir a individuos conocimientos de carácter colectivo.
	Derecho a la información	La información debe ser comprensible y presentarse mediante diferentes modalidades.
	Directrices inclusivas	El sistema debe considerar los lineamientos de accesibilidad web
Análisis de comunidades	Relacionar el conocimiento con el territorio de origen.	Registrar comunidades y lugar de procedencia.
	Respeto por las prácticas culturales	La interfaz y contenido no deben imponer representaciones que contradigan las prácticas y valores de las comunidades.
	Diversidad entre regiones y comunidades	El sistema debe ser flexible para incorporar diferencias lingüísticas y culturales.
	Identificación del uso de sistemas por parte de indígenas	El sistema puede incluir validación de identidad de usuario.
Lengua indígena	Diversidad lingüística	El sistema debe permitir incorporar diferentes lenguas indígenas.
	Comprensión del contenido	La interfaz debe utilizar textos sencillos, iconos y señales visuales complementarias.
	Variación lingüística	Evitar asumir que una misma traducción es aplicable a varias comunidades.
	Validación lingüística	Los contenidos traducidos deben poder ser revisados por hablantes.
	Selección del idioma	El usuario debe poder seleccionar el idioma disponible.
Simbología	Interpretación de simbología	Los símbolos deben ser comprensibles y culturalmente pertinentes para los usuarios.
	Iconos universales	Implementar iconos ampliamente reconocidos para funciones convencionales.
	Coherencia visual	Los símbolos relacionados con una misma función deben conservar su significado y comportamiento en toda la interfaz

Conocimiento	El conocimiento se transmite de forma oral.	Incorporar reproducción de audio y formatos audiovisuales.
	La transmisión puede realizarse mediante diferentes medios pedagógicos.	Incorporar texto, audio, imágenes y reproducción de video.
	La transmisión del conocimiento se realiza generacionalmente.	Definición de roles, quienes se responsabilicen de la información
	La información puede requerir validación de líderes	Incorporar mecanismos de aprobación comunitaria
	La comunidad puede requerir participación antes de divulgar información	Establecer mecanismos de revisión y aprobación.
	El contenido puede requerir modificaciones o retiro	Permitir solicitudes de modificación o retiro de información.

Como se mencionó anteriormente, la definición de los lineamientos para el SI no pretende abarcar la totalidad de las formas de expresión y transmisión de los pueblos indígenas. Pues el alcance de la investigación y la limitación de interacciones con comunidades restringen la posibilidad de validar de manera exhaustiva cada una de las dimensiones planteadas. Por ende, estos lineamientos se presentan como una aproximación exploratoria que orientó el diseño del prototipo, pero debería ser profundizado posteriormente en otros trabajos académicos.

De forma complementaria y para cumplir con el modelo de ciencia abierta, el sistema y su contenido deben ser de acceso libre, así como la participación de cualquier tipo de usuario. Además, se debe garantizar la protección de los derechos indígenas y de propiedad intelectual, permitiendo la confidencialidad y omisión de información sensible. Finalmente, el sistema debe promover un diálogo continuo entre diversos actores.

Por último, se identificaron los actores que sustentan el desarrollo de propuestas innovadoras, visto desde una cuádruple hélice, entre ellos se encuentran las alcaldías, ministerios, el gobierno indígena, el OCyT, ONGs, universidades, escuelas, líderes indígenas, sabedores, indígenas y no indígenas. Para el desarrollo sostenido del sistema se requiere la comunicación

activa entre dichos actores, integrando principalmente a los líderes de las comunidades para que fomenten la creación de alianzas estratégicas que garanticen la trazabilidad e impacto de SI.

En resumen, todos estos aspectos constituyen el punto de partida para considerar en el diseño del SI. Entonces, en la etapa prototipado se complementará el análisis y se hará un acercamiento al diseño de un prototipo, el cual se plantea como una propuesta inicial de la interfaz.

5.3.Prototipado

Dando continuidad al tercer ciclo de la metodología propuesta, la fase de prototipado suele ser especialmente utilizada porque que proporciona un entorno óptimo para explorar el diseño de las interfaces de usuario (Coyette et al., 2007). Como consecuencia, en esta etapa se definieron los elementos conceptuales de la interfaz, articulando los antecedentes identificados en las etapas anteriores con revisiones de principios y características de interfaces inclusivas.

Por consiguiente, se consideraron las necesidades identificadas en las entrevistas y los intereses del OCyT que marcaron el alcance del SI. También se profundizó en el método del prototipado y se realizó una revisión de literatura sobre aquellas técnicas de sistemas inclusivos para tener un marco de referencia de buenas prácticas en cuanto al diseño de interfaces de usuario inclusivas, dicha revisión se complementó con estudios de casos que soportaron la importancia de abordar métodos centrados en el usuario. Asimismo, se hizo una inspección de los lineamientos inherentes a un SI web y de accesibilidad internacional, con el objetivo de identificar características y requerimientos indispensables de los SI.

Más allá de efectuar un diseño bidimensional, en esta etapa se pretendió generar un prototipo interactivo por tanto se analizaron las ventajas de diferentes sistemas de prototipado para seleccionar la herramienta más apropiada para la generación de la interfaz. Como resultado se

logró diseñar un prototipo no programable que refleja elementos estructurales, compositivos y funcionales de la interfaz acordes con las necesidades del usuario final y del OCyT.

5.3.1. Acercamiento al proceso de prototipado

En los procesos de diseño se reconoce la importancia de promover la participación de diversos usuarios, priorizando el acceso y uso efectivo de herramientas tecnológicas (Kvikne & Berget, 2024). Por ello, en los procesos de diseño se pretende generar una aproximación lo más cercana al usuario que llegue a potenciar el beneficio de las aplicaciones o artefactos desarrollados, a partir de la definición y construcción de prototipos (Wass et al., 2023).

Por su parte, el prototipo desde el punto de vista de las interfaces de usuario, ha sido considerado un método para diseñar, probar y perfeccionar los sistemas. Su aplicación data de los años 1990 como una técnica marginal y poco utilizada, sin embargo, sus primeros usos responden a empresas como IBM, Honeywell y Microsoft. Aunque solo fue hasta el 2002 que el prototipo empieza a adquirir mayor fuerza y se convierte en una parte del proceso de desarrollo de producto (Snyder, 2003).

El mayor beneficio de los prototipos es que fomenta el desarrollo de productos más útiles, intuitivos, eficientes y agradables (Snyder, 2003). Conceptualmente en la ISO 9241-210 (2010) se define un prototipo como la representación limitada de un sistema interactivo para efectos del análisis, diseño o evaluación del mismo, haciéndose alusión que un prototipo puede llegar a hacer de manera material un boceto, maqueta estática o incluso un dispositivo interactivo. De allí que sean considerado especialmente útiles en las primeras etapas del ciclo de vida del desarrollo de un sistema, en donde no necesariamente se llega a la materialización del software sino a una aproximación del mismo (Abbasi et al., 2024).

Como parte del desarrollo ágil y la generación de nuevos productos en la industria del software, la generación de prototipos ha facilitado la validación de las suposiciones del mercado y comentarios del cliente. Es por ello que las empresas gestionan rápidamente la creación de un producto mínimo viable que resulta ser una visión funcional del nuevo producto, por medio del cual se comprueban hipótesis que guían el nuevo producto en el mercado y con ello reducir la tasa de fracaso (Zaina & Álvaro, 2015). Aunque más allá de crear una visión aproximada del producto, el prototipo permite generar procesos de experimentación y error en donde se buscan identificar impresiones del usuario y acciones de mejora (Teixeira et al., 2024).

Como resultado, se ha evidenciado que los prototipos son una forma de plasmar las necesidades de los usuarios, convirtiéndose en un elemento fundamental para representar sus requisitos (Teixeira et al., 2024), por tanto, ha sido ampliamente implementado. Sin embargo, cada necesidad de creación varía según el proyecto y los recursos disponibles, lo cual repercute directamente en su grado de fidelidad. Dicha fidelidad expresa la similitud entre la interfaz de usuario final y la interfaz de usuario prototipada, es decir que a una alta fidelidad la representación del prototipo es lo más parecida posible a la interfaz final; mientras que a baja fidelidad la representación del prototipo solo evoca parcialmente la interfaz final (Coyette et al., 2007). En la tabla 30 se ejemplifican las características de cada tipo de fidelidad de prototipo.

Tabla 30

Tipos de prototipo según su fidelidad

Tipo	***Característica***	***Herramientas***
Baja fidelidad	Centrado en funcionalidades básicas	Técnica de papel y lápiz, bocetos y post-its.
Media fidelidad	Se da importancia al contenido sin considerar estilos	Diseño de maquetas o mockups.
Alta fidelidad	Considera el diseño, estilos, navegación, diálogo e interactividad.	Medios informáticos.

Por otro lado, se considera que la mayoría de las aplicaciones responden a prototipos funcionales (Teixeira et al., 2024), aunque estos no son los únicos existentes. Para Baumer et al., (1996) existen cuatro tipos de prototipos, los de presentación, funcionales, de prueba y los piloto, a continuación, se definen cada uno de ellos:

- Prototipos de presentación: ilustran cómo una aplicación puede resolver requisitos determinados centrándose principalmente en la interfaz de usuario. Suelen ser implementados en las propuestas de proyectos.
- Prototipos funcionales: implementan partes de la interfaz de usuario y de la funcionalidad del artefacto planificado.
- Prototipos de prueba: sirven para validar aspectos técnicos como la arquitectura del sistema o la funcionalidad de la aplicación. Suelen ser usados para identificar factores de riesgo, pero no para ser evaluados por usuarios finales.
- Prueba piloto: suelen ser aplicados en la práctica y por ende son los más maduros y parecidos al producto final.

Como bien se ha mencionado existen diversas aplicaciones en cuanto a la implementación de prototipos. Por ejemplo Aslanoğlu et al. (2024) proporciona una experiencia de co-creación con adultos mayores en donde se realizan maquetas y wireframes que son el punto de partida para crear un prototipo interactivo en Figma que resulta ser una aproximación al producto final con esquemas de colores, elementos gráficos, estilos, menús, tipografías, jerarquías y flujos del geoportal. De manera semejante Sitbon & Farhin (2017) presentan lecciones aprendidas de un ejercicio de co-diseño con personas que tienen discapacidad intelectual usando la herramienta de prototipado MIT App Inventor para diseñar la interfaz con funciones específicas que conectaban eventos.

Incluso, herramientas de prototipado interactivo como Pidoco y Justinmind han sido utilizadas para facilitar la simulación de aplicaciones y observar la experiencia de usuario. (Rupprecht et al., 2014) implementaron Pidoco para realizar alternativas rápidas de baja fidelidad con las cuales lograron obtener retroalimentaciones de las partes involucradas. Del mismo modo, (Andersson et al., 2021) usaron Justinmind como estrategia de prototipado adicionando funcionalidades básicas como desplazarse de una pantalla a otra, para identificar el uso real de la aplicación móvil al momento de interactuar con la misma.

Otros estudios como el de Andersson et al. (2021) han implementado Excel como herramienta para la validación de formularios, siendo clave para reducir errores en el prototipo interactivo y por ende en el producto final. Por otro lado, los prototipos en papel permiten recoger las anécdotas, experiencias y perspectivas del usuario con respecto a pruebas de conceptos, estructuración de contenido, diseño y experiencia de usuario (Wass et al., 2023). Por ejemplo (Rupprecht et al., 2014) aplicaron esta técnica para generar varias alternativas de diseño que se transformaron en páginas HTML simples en donde se incluían solo partes del sistema con el fin de verificar jerarquías y estructuras de navegación.

En síntesis, el prototipado representa una herramienta viable para potencializar la visión del sistema de información en miras de conectar los estándares y reglamentaciones existentes con las necesidades del usuario final y el OCyT. Si bien dicha representación es un acercamiento a la realidad visto desde un prototipo funcional de alta fidelidad, no responde a un producto final y terminado para ser implementado. Mas bien, dicho acercamiento intenta plasmar los elementos característicos y estructurales de un sistema de información inclusivo específicamente para comunidades indígenas, a fin de promover iniciativas y propuestas que lleguen impactar a corto y largo plazo en los pueblos indígenas del país.

Resumiendo, el prototipo en la presenta investigación representa un elemento conceptual y gráfico, en donde se consideran principios de diseño, principios de interfaz de usuario, antecedentes de la literatura y elementos compositivos que al integrarse definen las características inclusivas de un sistema de información.

5.3.2. Antecedentes de sistemas inclusivos

Partiendo de la premisa de que uno de los objetivos de HCI es que los sistemas sean utilizados por la mayor cantidad posible de usuarios sin importar su condición, edad o capacidad (Li et al., 2024), en la literatura existen varias aplicaciones y dimensiones con respecto a la inclusión digital. En general, la inclusión busca apoyar los procesos de digitalización y alfabetización para reducir desigualdades sociales (Priyadharma, 2024).

Como muestra, Hadasik & Mach-Król (2024) identificaron tres niveles en la brecha digital de los sistemas de información: el primero se relaciona con la accesibilidad a herramientas digitales y equipos digitalizados; el segundo abarca el uso efectivo de los sistemas; y el tercer nivel se enfoca en gestionar los recursos digitales para alcanzar objetivos específicos. Así mismo los autores identificaron algunos factores que impactan la exclusión digital, tales como el acceso a internet de banda ancha, las condiciones sociológicas y culturales, el nivel de educación, posición socioeconómica y el ajuste de las herramientas tecnológicas a las capacidades del usuario.

En vista de lo anterior, la inclusión requiere una transformación profunda y personalizada de los sistemas actuales, permitiendo responder a las características personales, sociales, emocionales, cognitivas y académicas del entorno (Bustamante-León et al., 2022). Con todo esto se busca avanzar hacia una sociedad inclusiva con conciencia digital, capaz de implementar el acceso a internet y la tecnología como impulsores clave de la alfabetización de la sociedad digital

(Hadasik & Mach-Król, 2024). En ese orden de ideas, en la Tabla 31, se pueden visualizar algunos de los estudios referentes en la literatura que se enmarcaron dentro de estrategias inclusivas.

Tabla 31

Resumen de estudios que integran estrategias de inclusión

Método	***Autor(s)***	***Estrategias***
Entrevistas semi-estructuradas	Sarku et al. (2025)	Criterios de evaluación de la usabilidad: • Relevancia del contenido: información relevante y aplicable al contexto, cultura y otras características socioeconómicas. • Éxito de la ubicación: considera si se puede encontrar la información. • Tiempo de localización: tiempo en que se encuentra la información. • Comprensión: Cantidad de palabras transmitidas en formato texto o audiovisual y el uso de palabras clave. • Tipografía, símbolos y gráficos: estilos, apariencia de las palabras, simbología apropiada. • Lenguaje claro: lenguaje coloquial y traducido a idiomas locales. • Retroalimentación e interactividad: mecanismos para proporcionar comentarios, sugerencias o informar problemas y elementos interactivos donde se pueda hacer clic. • Capacidad para utilizar nuevas TIC: identificar herramientas que se alineen con las necesidades y competencias del usuario.
Inclusión basada en valores	(Sulastri et al., 2024)	Principios de diseño inclusivo: • Formulación de métricas inclusivas: proporcionar métricas en todos los dominios del sistema para evaluar el acceso. • Datos alternativos: incorporar datos alternativos para reducir la asimetría de información. • Información transparente: aumentar la confianza con información personalizada y resolución de conflictos. • Sostenibilidad a largo plazo: evitar priorizar la inclusión a corto plazo contemplando cambios regulatorios, gestión del riesgo y toma de decisiones basas en datos. Métricas de inclusión: dominio de los datos, personalización, dominio de participación y auditoría.
Diseño de servicios + Design Thinking	(Park et al., 2024)	Técnicas implementadas: • Lluvia de ideas • Análisis “Qué pasaría si” • Mapa de identidades • Mapa de partes interesadas • Definición de roles • Plan de servicio y prototipo
Entrevistas semi estructuradas	(Zhang & Liu, 2024)	Técnica de inspección: • Encuesta de antecedentes para registrar datos básicos • Mapeo cognitivo a través de dibujos para conocer el modelo mental y conceptual de las personas

Método	*Autor(s)*	*Estrategias*
		• Entrevista con preguntas relacionadas con los dibujos. Se dividió el protocolo de la entrevista con base en el funcionamiento del sistema
Diseño participativo	(Aslanoğlu et al., 2024)	Trabajo de co-creación que vincula a los adultos mayores en la recolección de datos y el diseño de la interfaz de usuario, realizándose etapas iterativas del diseño a través de sistemas on-line (Figma) que permitían la colaboración en tiempo real. • Diseño responsivo • Funcionamiento sin conexión • Capacidad de personalización para recibir datos: texto, números, geolocalización e imágenes.
Investigación - acción - participativa	(Meza et al., 2024)	Involucra a las personas en la toma de decisiones promoviendo la apropiación social. El alcance comprende método de investigación, colaboración en la investigación, conocimiento de ingeniería informática y fuentes de conocimiento.
Teoría de las transiciones de la conducta	(Kvikne & Berget, 2024)	Implementa el flujo de la teoría de la conducta (Comprender, Negociar y Resolver) sumando cuatro procesos (Evento, Atractivo, Representativo y Establecido) para generar herramientas adaptativas a usuarios con Afasia, que incorporan inteligencia artificial e imágenes. • Sistema con apoyo de movilización de palabras y tolerancia a errores ortográficos. • Sistema de búsqueda con imágenes. • Recuperación de consultas de información. • Identificación de deficiencias en el sistema con base en el uso.
Entrevista cualitativa	(Wilson & Turner, 2024)	El enfoque comprendió tres técnicas de entrevista: virtuales, por correo electrónico y presencial, las cuales se apoyaron de estrategias de comunicación como gestos, relatos o representaciones. Los consentimientos informados fueron adaptados al contexto sin omitir información de base.
Enfoque centrado en la periferia	(Priyadharma, 2024)	Definición de los cinco pilares para abordar la inclusión digital: • Acceso igualitario • Mejora de la capacidad y habilidad • Aspecto local • Sentido de pertenencia • Participación de agentes claves
Teoría de esquema de imagen	(Li et al., 2024)	Interpretación de metáforas inclusivas que hacen que la tecnología sea fácil de aprender y usar: • Un movimiento hacia arriba dentro del área de respuesta de un botón resulta en un aumento en el tamaño de elementos específicos del sistema. • Los usuarios aprenden haciendo coincidir sus acciones con lo que indican las instrucciones. • La información importante debe estar ubicada en el centro. • El video tutorial debe estar ubicado en la periferia. • El manual de instrucciones debe estar ubicado en el centro. • Los usuarios obligan a un sistema a ejecutar determinadas funciones presionando un botón.

Método	*Autor(s)*	*Estrategias*
		• La forma de una barrera es una fuerza de bloqueo que detiene una acción intentada por un usuario. • Un sistema se estructura como una colección que consta de varios objetos que son similares, autónomos y vecinos entre sí en el espacio. • La forma de la lógica es un camino que consta de un punto de inicio, un punto final y una secuencia de ubicaciones contiguas que conectan el punto de inicio con el punto final.
Teoría de la identidad social	(Kirklies et al., 2024)	Elementos de sitios web inclusivos: • Contenido visual: fotos y animaciones. • Contenido verbal: escrito y audio • Diseño visual: colores, organización de la información y tipografía. • Diseño de interacción: la forma en que los usuarios toman decisiones y navegan en el entorno.
Posibilidades tecnológicas	(Raheem et al., 2024)	El proceso contempló: • Segmentación de cliente • Obtención de retroalimentación de los usuarios • Características demográficas, socioeconómicas y otras características del entorno • Definición de posibilidades tecnológicas • Generación de ideas para el SI con base en las problemáticas identificadas
Revisión sistemática y metaanálisis	(Weichbroth, 2024)	Desarrollaron el modelo PACMAD+3 que comprende 10 principios de usabilidad: • Eficacia: Capacidad de un usuario para completar una tarea con éxito. • Eficiencia Capacidad de un usuario para completar tareas de forma rápida y precisa. • Satisfacción: nivel percibido de comodidad y placer al interactuar con el sistema. • Capacidad de aprendizaje: capacidad de uso conociendo el sistema sin instrucción alguna, y/o la capacidad de dominar el sistema en un periodo de tiempo. • Memorización: capacidad de un usuario para recordar cómo usar el sistema eficazmente. • Errores: Abarcan tanto la cantidad como el tipo de error que se produce durante la ejecución de tareas. • Carga cognitiva: nivel de esfuerzo mental que se requiere para utilizar el sistema. • Comprensibilidad: capacidad del sistema para ser comprendido y permitir realizar tareas fácilmente. • Facilidad de uso: diseño fácil de usar, intuitivo, de mínimo esfuerzo. • Operabilidad: capacidad del sistema para permitir al usuario operarlo y controlarlo. Atributos del diseño de la interfaz de usuario: • Estética: se identifica con la belleza y expresividad.

Método	*Autor(s)*	*Estrategias*
		• Consistencia: mantener características del diseño de manera consistente. • Atractivo: capacidad de ser atractivo para el usuario. • Sencillez: grado de facilidad comprensión y ser sencillo en cuanto al diseño.
Sistema GRW	(Göttgens et al., 2023)	Generación de encuesta con 29 ítems para evaluar el sistema de información, partiendo de tres aspectos: • Aplicabilidad es decir la relevancia para su propósito • Usabilidad como la facilidad de uso • Deseabilidad como el valor agregado e innovador.
Método ICRI	(Cañizares et al., 2023)	El método ICRI consta de 4 fases: • Ideación: definición, investigación e identificación de hallazgos. • Categorización: generación, y definición de ideas. • Reagrupamiento: revisión de las ideas para generar grupos de ideas. • Ideación: Generación de nuevas ideas con base en los resultados obtenidos en las etapas anteriores.
Elicitación participativa	(McDonald et al., 2023)	Inspección interactiva con prototipos (digital y físico) para abordar información acerca de herramientas de asistencia tecnológica (AAT): 1 Qué datos debe recopilar AAT? 2 Quien debe acceder a mis/sus datos? 3 Qué estándares deberían proteger mis datos? 4 Generar reflexiones interseccionales con varios tipos de prototipos.
Marco GESI	(Mapedza et al., 2023)	Marcos para la incorporación del género en los sistemas de información: • Focalización del género desde el diseño: ¿a quién va dirigido?, ¿Quién se beneficia?, ¿Quiénes son excluidos sistemáticamente?, ¿cómo se tuvo en cuenta la consideración del género?, ¿cuáles son las preferencias diferenciales de las mujeres, jóvenes y hombres?, ¿cuáles con las necesidades de formación para mujeres y hombres?, ¿los indicadores están diseñados teniendo en cuenta los intereses de mujeres y hombres? • Recopilación de datos desagregado por sexo: se deben recolectar datos desglosados por sexo. • Análisis de datos desagregados: el análisis fundamenta las actividades del sistema y la toma de decisiones, ¿se analizaron los datos?, ¿cómo se visualizaron los datos?, ¿cómo son las decisiones automatizadas? • Difusión de la tecnología, ¿cómo será accesible para los diferentes usuarios?, ¿cuál es la accesibilidad para mujeres y hombres? • Monitoreo continuo de género y empoderamiento: evalúa el desempeño de género para poder hacer ajustes en el proceso, ¿hay uso y acceso de hombres y mujeres?, ¿Qué se está haciendo para alentar a hombres y mujeres en el uso del sistema?, ¿Cuáles son las vías para aumentar la participación?

Método	*Autor(s)*	*Estrategias*
	(Wass et al., 2023)	Cómo se puede lograr la inclusión social: • Autodeterminación: ejercer autonomía sin influencia injustificada. • Pertenencia: sentimiento de aceptación colectivo. • Capital social: Reconocimiento del intercambio mutuo. Principios de inclusión en la investigación: • Generar principios de diseño: proporcionar pautas de diseño amplias. • Principios para el proceso de diseño: proporcionar orientación a los desarrolladores para garantizar que las prácticas de ingeniería y diseño se sigan adecuadamente. • Principios de diseño para una clase de artefactos: orientar a los diseñadores sobre las características o estructura de los artefactos que pertenecen a una clase (funciones y categorías de ideas) • Principios para aclarar un género de investigación: proporcionar orientación a los investigadores sobre el género de investigación. • Principios para lograr objetivos: proporcionar orientación a los investigadores para alcanzar determinados objetivos.
Diseño centrado en el usuario	(Andersson et al., 2021)	Se realizaron entrevistas para obtener respuestas genuinas, observaciones inmersivas para validar hallazgos y herramientas de mapeo de "un día en la vida" para entender las rutinas de los participantes. También se realizaron pruebas de usabilidad con prototipos de alta fidelidad y se utilizó la técnica de co-creación para involucrar a las partes interesadas en el diseño de soluciones.

En resumen, los estudios anteriores abordan aspectos inclusivos desde diferentes perspectivas, por ejemplo Sarku et al. (2025) y Mapedza et al. (2023) analizaron medios de información climática, Kvikne & Berget (2024) estudiaron estrategias de búsqueda para personas con trastorno neurológico, Sulastri et al. (2024) y Raheem et al. (2024) abordaron la inclusión hacia sistemas financieros, Zhang & Liu (2024), Aslanoğlu et al. (2024) y Wilson & Turner (2024) trabajaron con adultos mayores para evaluar la alfabetización algorítmica y plantear un sistema geográfico, Andersson et al. (2021) adaptó un sistema de cadena de suministro para comunidades nómadas, y por último, Priyadharma (2024) examinó la percepción tecnológica de población rural.

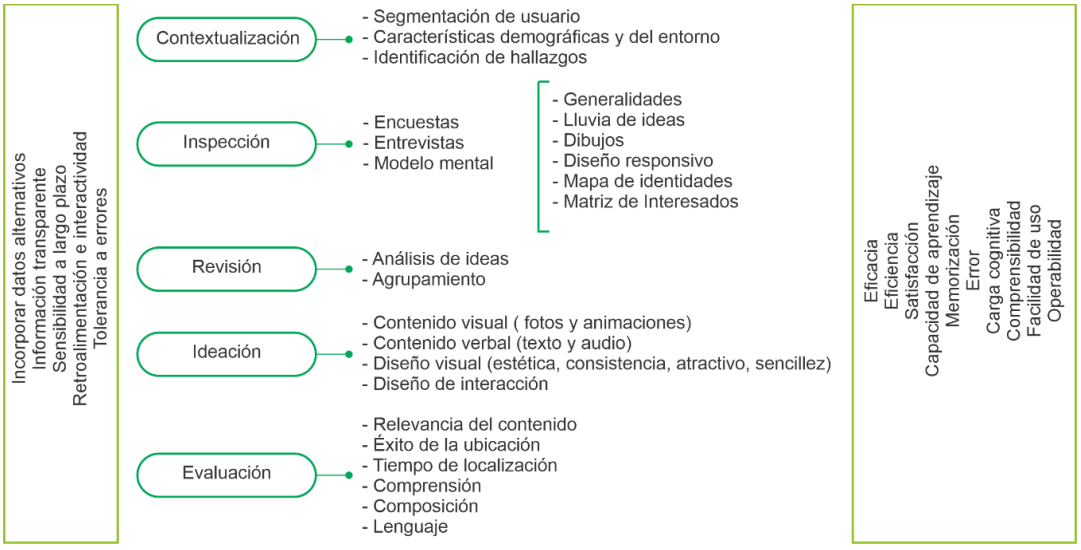
A grandes rasgos, los estudios anteriores tienen en común que intentan impactar la brecha de desigualdad digital (Aslanoğlu et al., 2024; Hadasik & Mach-Król, 2024; Li et al., 2024; Mapedza et al., 2023; Priyadharma, 2024; Raheem et al., 2024; Sulastri et al., 2024; Wass et al.,

2023; Zhang & Liu, 2024), lo que ha contribuido a la definición de prácticas y métodos para mejorar los procesos de desarrollo tecnológico hacia poblaciones específicas. Estos hallazgos abren la posibilidad para efectuar investigaciones en contextos diversificados como el de las comunidades indígenas, para el cual no se evidencian estudios directos ni practicas adaptativas a dicho escenario.

Con base en los estudios identificados y las estrategias abordadas por los investigadores, se realizó una síntesis de la información para obtener un modelo mental de los métodos inclusivos. La figura 17 permite identificar tres segmentos, el primero comprende elementos clave para fomentar la inclusión tales como la incorporación de datos alternativos, la transparencia de la información, la sensibilidad a largo plazo, retroalimentación y la tolerancia al error. El segundo segmento muestra las diferentes fases del proceso de diseño empezando por la contextualización e identificación del usuario, seguido de la etapa de inspección, revisión, ideación y la evaluación de la usabilidad. Finalmente, el tercer segmento recalca los principios de usabilidad en interfaces de usuario.

Figura 17

Síntesis de estudios inclusivos



En vista de la síntesis efectuada anteriormente, un sistema pertinente para comunidades indígenas debería considerar los siguientes aspectos:

- Garantizar la transparencia de información: se debe facilitar la comunicación clara y abierta entre todas las partes involucradas, sin omitir detalles relevantes sobre el uso del sistema, los objetivos o los fines de la información recolectada. Toda la información será de acceso libre y se mantendrá disponible.
- Sensibilidad a largo plazo: el sistema debe responder a necesidades presentes, pero también proyectarse a futuro, reconociendo los procesos culturales, sociales y tecnológicos de transformación. Esto incluye adaptarse a cambios regulatorios e implementación de toma de decisiones basada en datos.
- Retroalimentación: el sistema debe ofrecer mensajes que confirmen las acciones del usuario, alertar errores o confirmar que una solicitud ha sido recibida correctamente.
- Tolerancia al error: La interfaz debe permitir que los errores cometidos por los usuarios sean fácilmente corregibles sin consecuencias graves o bloqueos. Esto incluye correctores ortográficos o sistemas de búsqueda sensibles al error.
- Considerar metodologías centradas en el usuario: El diseño debe partir del conocimiento profundo de los usuarios: sus contextos, lenguas, formas de interacción, preferencias visuales, simbólicas y cognitivas.

5.3.3. Consideraciones de las interfaces de usuario

Como parte del diseño de interfaces de usuario, la norma ISO 9241-210 establece algunas recomendaciones para gestionar las actividades de diseño centrado en el usuario para los sistemas

interactivos. El propósito de esta norma es promover la mejora de la usabilidad, accesibilidad, satisfacción de usuario y la efectividad del sistema desde las primeras etapas del desarrollo del producto o servicio (ISO 9241-210, 2010). Por consiguiente, se dictan los siguientes principios:

- El diseño se basa en una comprensión explícita de los usuarios, tareas y entornos: se diseña basado en el usuario final y el contexto de uso.
- Los usuarios participan durante el diseño y desarrollo: el usuario de mantiene activo en el desarrollo del proyecto ofreciendo información de interacción y uso.
- El diseño es impulsado y perfeccionado por una evaluación centrada en el usuario: es esencial hacer pruebas con usuarios para detectar problemas.
- El proceso es iterativo: el diseño evoluciona a partir de la repetición de pasos hasta lograr el resultado deseado.
- El diseño aborda todas las experiencias de usuario: ir más allá de la interfaz de usuario, incluyendo la interacción completa con el sistema, el hardware y software.
- El equipo de diseño incluye habilidades y perspectivas multidisciplinarias: colaboración de expertos en diferentes áreas.

Con respecto al diseño de las interfaces, en el libro de Krug (2014) se hace mención de tres factores relacionados con el uso de los sistemas de información. El primer factor hace alusión a que las personas no suelen leer, sino que tienden a hojear las páginas web, buscando términos clave o palabras que capten la atención rápidamente. El segundo factor indica que los usuarios no toman decisiones optimas, pues analizan las opciones disponibles en el sitio y eligen la mejor o que más se adapta a su necesidad con base en criterios personales y esquemas mentales, no obstante, en caso de errar en la selección siempre se podrá ir atrás para volver a intentarlo. Finalmente, el tercer

factor indica que no se averigua por el funcionamiento de las cosas, esto indica que el usuario no busca el manual de uso, sino que se aventura en el sistema.

Por consiguiente Krug (2014) determina algunos componentes que deben ser considerados para el desarrollo de los sitios web. La tabla 32 resume tales consideraciones con base en la intención de uso o las recomendaciones a tener en cuenta para el diseño de las interfaces de usuario.

Tabla 32

Consideraciones para el diseño de sitios web

Consideración	***Especificación***	***Intención de uso***
Uso de convenciones	Las convenciones permiten que la información sea fácil de comprender. Hacer uso de patrones estandarizados es clave.	Ubicación de elementos en una página: El logotipo se ubica en la esquina superior izquierda. La navegación principal se ubica en la parte superior o inferior izquierda. Funcionamiento del sistema: los sitios que venden productos utilizan el carrito de compras y formularios similares para los métodos de pago y dirección de envío. Visualización de elementos: algunos elementos tienen apariencia estandarizada como el icono de vídeo, búsqueda y las opciones de redes sociales. La claridad supera la consistencia: hacer las cosas significativamente más claras para que sea ligeramente inconsistente.
Jerarquía visual clara	El aspecto de las cosas representa claramente la relación entre todas, es decir lo que se relaciona y lo que es parte de otra cosa. Las páginas deben tener jerarquía visual.	Lo más importante es lo más prominente: por ejemplo, los encabezados son más grandes, aparecerán en negrita, en un color distintivo y rodeado de espacio en la parte superior de la página. Lo que está relacionado lógicamente también lo está visualmente: se pueden agrupar las cosas similares bajo un mismo título, visualizándolas en un es estilo similar o poniéndolas en una zona claramente definida. Englobamiento visual para que puedan delimitarse las partes que pertenecen a cada bloque: por ejemplo, el titular de una sección aparece encima de un título, englobando visualmente toda la zona de contenido de la página.
División de las páginas en zonas claramente definidas	Permite al usuario decidir rápidamente en que partes quiere centrarse y cuales ignorar.	Lo seguro ante los banner: la capacidad de los usuarios para ignorar por completo las áreas que creen que contendrán anuncios.
Dejar claro donde se puede hacer clic	Determinar los elementos sobre los	Señales visuales de forma: botones, pestañas, etc. Señales de ubicación: barra de menú

Consideración	*Especificación*	*Intención de uso*
	que el usuario puede hacer clic o no	Señales de formato: color y subrayado, recomendable mantener siempre el mismo color para todos los enlaces.
Minimizar el ruido	Los usuarios tienen tolerancia a la complejidad y la distracción por ende las páginas con demasiado ruido pueden resultar molestas.	Evitar gritos: todo en la página reclama atención, lo correcto es decidir qué elementos son realmente necesarios y crear jerarquías visuales que lleven a los usuarios hacia ellos. Ejemplo de ruidos: invitaciones de comprar, exceso de signos de exclamación, diferentes tipografías, colores brillantes, animaciones, ventanas emergentes, presentaciones automatizadas y anuncios. Evitar desorganización: el poco orden y coherencia en la página abruma, por ende, es importante utilizar cuadrículas para alinear los elementos en una página. Evitar desorden: las paginas tienen demasiada información, especialmente la de inicio, lo recomendable es eliminar todo lo que no aporta una contribución real.
Formatear el texto para facilitar su escaneo	El formato de texto facilita la lectura de los usuarios	Usar encabezados: Los encabezados funcionan como un índice de una página que indican de que trata cada sección y despiertan la curiosidad. Párrafos cortos: Los párrafos largos son abrumadores y más difíciles de leer que una serie de párrafos más cortos. Lo correcto sería dividir el párrafo en dos. Usar listas con viñetas: analizar qué elementos separados por comas o punto y coma podría convertirse en una lista. Para una lectura optima lo recomendable es mantener un espacio entre cada item. Resaltar términos clave: poner lo más importante en negrita para facilitar su localización, sin embargo, no se deben resaltar demasiados elementos.

Con base en los elementos considerados en la tabla 32, se presenta un ejemplo de algunas convenciones de navegación que constituyen la base de una página web. Dichas convenciones deberán mantenerse en la misma posición de las diferentes páginas del sistema y conservar coherencia formal, especialmente el nombre del sitio, las utilidades y subsecciones (Krug, 2014). La figura 18 indica los elementos básicos a tener en cuenta para el diseño de una interfaz de usuario.

A continuación, se explicarán cada uno de las convenciones indicadas en la figura 18. La identificación del sitio corresponde al nombre de la página web; las secciones o navegación

principal son los vínculos que llevan a las secciones principales del sitio, en algunos casos podrán tener un espacio para visualizar navegación secundaria; las utilidades son vínculos del sitio que no forman parte de la jerarquía de contenido pero funcionan como herramientas para usar el sitio, sin embargo, no deben superar cinco utilidades, algunos ejemplos son mapa de estilo, ayuda, contáctanos, búsqueda, entre otros; los nombres de las páginas representan el encabezado de la misma y por ende deben ser prominentes; el indicador de ubicación debe resaltarse sobre los demás elementos de la barra de navegación ya sea con un puntero, cambiando el color del texto, invirtiendo el color o usando negrilla (Krug, 2014).

Después de analizar los elementos constituyentes de un sistema web, es pertinente mencionar que la página de inicio es uno de los componentes más importantes de una página web pues es la zona más deseable y expectante que hace captar la atención del usuario. Por ende una página principal debería considerar: una identidad que indica de que es y para qué es el sitio; una jerarquía que ofrece una visión del sitio tanto en el contenido como en sus características; cuadro de búsqueda visible; sugerencias que captan la atención con pistas de las cosas buenas que tiene el sitio; contenido temporal que muestra las novedades del sitio; registro e inicio de sesión; transacciones que muestran anuncios, promociones y otras transacciones; finalmente accesos directos para aspectos como actualizaciones (Krug, 2014).

Por otro lado, el World Wide Web Consortium o también conocido como (W3C) establecieron algunas recomendaciones y estándares internacionales como el Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) para facilitar la accesibilidad del contenido web a personas con discapacidad. Cabe aclarar que dichos lineamientos fueron adoptados en la resolución de MinTIC 1519 del 2020 por lo cual los portales web y medios electrónicos deberían considerar dichas directrices.

Figura 18

Convenciones de navegación web



Nota: Tomado de Krug (2014)

Por consiguiente, dentro de los elementos establecidos por el WCAG y la resolución del 1519 del MinTIC se encuentran lineamiento para el uso de subtítulos en videos, contraste de color, la adaptabilidad del contenido sin que se pierda información, evitar el contenido que parpadee,

proporcionar suficiente tiempo para leer, el uso de encabezados y estructuras claras, lenguaje claro y sencillo, instrucciones comprensibles, comportamiento predecible y la compatibilidad con tecnologías de asistencia (MinTic, 2020; W3C, 2024). Algunas disposiciones más específicas se describen a continuación:

- Color y contraste: exige un contraste mínimo de 4.5:1 para texto normal y 3:1 para texto grande.
- Tipografía: uso de fuentes legibles, evitando el uso excesivo de mayúsculas o cursivas. El interlineado sugiere 1.5 del tamaño de la fuente y 0.12 a 0.16 para el espaciado entre palabras. Además, el texto debe poder ser redimensionado hasta un 200% sin perder legibilidad.
- Tamaño de texto: el texto debe considerar un tamaño de 16 px o más. El diseño no debe impedir el aumento del tamaño por lo cual se sugiere el uso de unidades como em o rem en lugar del px.
- Distribución del contenido: establecer encabezados jerárquicos, listas, separaciones y zonas bien definidas. Hacer uso de espacio en blanco entre bloques de texto e imágenes y garantizar que el diseño sea responsive.
- Imágenes: uso de texto alternativo (alt) para todas las imágenes informativas. Para el uso de gráficos o diagramas se debe ofrecer explicación alternativa.
- Contenido de audio: los videos deben tener subtítulos sincronizados aún en transmisiones en vivo. Los audios sin video deben tener una transcripción escrita del contenido. Todo audio debe poder ser detenido fácilmente o permitir bajar el volumen.

- Navegación: las paginas tienen títulos que describen su propósito y permiten la navegación de manera secuencial. Se sugiere el uso de migas de pan u otros indicadores para dar contexto.

Como resultado, todos los elementos mencionados en esta sección se consideran precisas para gestionar el diseño de interfaces de usuario. Los elementos constituyen los lineamientos para el diseño que serán adaptados según la disposición y finalidad del sistema de información.

5.3.4. Diseño del prototipo

Con el propósito de diseñar la interfaz de usuario que fortalezca la visibilidad, participación y apropiación del conocimiento por parte de comunidades indígenas, en esta sección se fundamentan los principios de diseño inclusivo, incorporando los hallazgos del análisis contextual, normativo, participativo y las revisiones de literatura previamente realizadas.

Un prototipo según la definición de la norma ISO 9241-210 es una representación de un sistema interactivo, que presenta ciertas limitaciones, pero resulta útil para el análisis y evaluación del mismo. Por tal motivo el prototipo busca representar visualmente la interfaz del SI, permitiendo conceptualizar su usabilidad y adaptabilidad a contextos culturalmente diversos.

Entre los elementos considerados se incluyen las especificaciones del diseño, el diseño de la interfaz, las funcionalidades claves y los elementos gráficos implementados, con el fin de ofrecer una experiencia significativa, accesible y equitativa para los distintos usuarios.

5.3.4.1. Especificaciones de diseño

El diseño de la interfaz se desarrolló bajo un enfoque centrado en el usuario que consideró aspectos estéticos, funcionales, metodológicos y los principios de ciencia abierta definidos por la UNESCO. La interfaz desde su concepción debe responder a la necesidad de conectar los saberes

culturales, por lo cual el diseño buscaba promover una experiencia intuitiva y visualmente coherente que considerara aspectos multimodales.

En consecuencia, se delimitaron los principios de diseño para la materialización de la interfaz de usuario, estos principios mantienen una estrecha relación con los resultados de las revisiones de literatura y las necesidades del usuario. Por tanto, los principios se derivaron de las características de un sistema de información, los principios definidos en la norma ISO 9241-110, y los principios de sistemas inclusivos:

- Accesibilidad: la interfaz debe ser usable por cualquier usuario sin importar sus capacidades físicas, lingüísticas o tecnológicas, incorporando opciones de texto, audios, símbolos e imágenes para hacer comprensible la navegación.
- Operabilidad: el sistema debe ser operable en diversas condiciones técnicas y entornos, esto incluye la compatibilidad con dispositivos de gama baja, conexión intermitente y diversidad de navegadores.
- Escalabilidad: el sistema debe poder crecer y adaptarse en el tiempo, permitiendo la incorporación de nuevas funcionalidades, idiomas, comunidades o contenidos sin perder su eficiencia.
- Idoneidad para la tarea: la interfaz debe permitir que los usuarios realicen sus tareas de manera eficiente, sin crear pasos innecesarios o confusos que entorpezcan la conclusión de las actividades a ejecutar.
- Autodescripción: la interfaz debe comunicar claramente la información, haciendo uso de iconografías y textos comprensibles para personas con diferentes niveles educativos y contextos culturales.

- Conformidad con las expectativas del usuario: el sistema debe responder coherentemente con la lógica y el comportamiento esperado por los usuarios, basándose en sus experiencias y costumbres.
- Tolerancia a errores: La interfaz debe permitir corregir errores fácilmente, sin causar pérdida de datos o bloqueos. Deben incluirse mensajes de confirmación, ediciones y campos inteligentes de búsqueda.
- Idoneidad para la individualización: el sistema debe permitir personalizar ciertos elementos como el idioma.
- Transparencia de información: se debe garantizar la comunicación clara y abierta entre el sistema y usuario, sin ocultar detalles del funcionamiento o el uso de los datos recolectados.
- Retroalimentación: el sistema debe informar sobre el estado de las acciones del usuario, como el envío de un formulario o el resultado de una búsqueda.

Sin embargo, desde una vista más inclusiva se adoptó el marco de referencia de Gomez & Wakes (2022) el cual ofrece un instrumento para desarrollar propuestas de diseño pensadas en el usuario bajo una perspectiva más inclusiva e integral, el cual consta de cinco criterios de evaluación. Por consiguiente, en la tabla 33 se realiza el diagnostico para abordar el diseño de la interfaz de usuario.

Tabla 33

Criterios inclusivos de la interfaz de usuario

Item	***Criterio***	***Valor***	***Comentario***
Calidad de vida	Recupera la identidad social	Sí	El SI fortalece el sentido de pertenencia al visibilizar a los pueblos indígenas de Colombia, promoviendo su reconocimiento dentro del ecosistema digital

Item	*Criterio*	*Valor*	*Comentario*
	Restablece las relaciones sociales	Sí	Favorece la interacción e interrelación entre la sociedad, instituciones y actores clave fomentando redes de colaboración y el desarrollo comunitario
	Recupera la capacidad funcional	Sí	Permite que se promuevan estrategias de alfabetización digital, proponiendo la equidad en el uso de las TIC
	Recupera la capacidad de cuidarse a sí mismo	No	
	Previene implicaciones psicológicas como la depresión	Sí	Al promover la inclusión se mitiga la marginación digital, contribuyendo a una mayor autoestima
Necesidad de diseño identificada por el usuario	Conexión de conocimientos occidentales y nativos	Sí	Se promueve la conexión entre conocimientos científicos, aplicados y de investigación, así como ancestrales y naturales de la civilización occidental e indígena facilitando un diálogo respetuoso y bidireccional
	Fomentar la preservación de las lenguas nativas	Sí	Se promueve la lengua indígena para fomentar procesos de revitalización lingüística y del acceso inclusivo a la información
	Revitalización de cultura indígena	Sí	Incentiva la participación y uso de los SI para visibilizar la información cultural, saberes y lenguas nativas
	Alfabetización digital	Sí	Incentiva el aprendizaje digital considerando el limitado acceso a internet y los bajos recursos tecnológicos de las áreas rurales
	Contenido coherente con la identidad de las civilizaciones	Sí	La información va acorde con los valores y cosmovisiones indígenas
	Diseño amigable con ayudas visuales	Sí	El SI incluye íconos, ilustraciones y elementos gráficos para favorecer la comprensión de la información
	Adaptable a cualquier tipo de dispositivo	Sí	El sistema responde a múltiples formatos (móvil, tableta, PC), garantizando acceso desde diferentes entornos tecnológicos
	Rutinas de función fáciles y seguras	Sí	La estructura de navegación minimiza errores priorizando la seguridad de los datos y simplificando los procesos de interacción
Beneficio de adaptaciones menores y mayores	Se consultó cuidadosamente a los usuarios	Sí	Aplicación de consentimiento informado y procesos éticos, asegurando la confidencialidad y tratamiento de la información
	Las necesidades de todos los participantes fueron consideradas con atención	Sí	La participación de miembros de comunidades definir el SI, sus necesidades y requerimientos
	Se ha respetado la integridad del usuario	Sí	La interfaz de usuario respeta los valores culturales y ancestrales evitando la

Item	*Criterio*	*Valor*	*Comentario*
			vulneración de los derechos y saberes indígenas
	Reduce la presión o tensión del usuario	Sí	La interfaz reduce la carga cognitiva mediante el uso de imágenes, iconos universales, lenguaje accesible y flujos de interacción intuitivos
	Promueve la inclusión social	Sí	El SI fomenta la interculturalidad entre comunidades indígenas y urbanas, así como entre universidades y empresas
	Un uso altamente efectivo de los recursos	Sí	Optimización de los recursos tecnológicos para asegurar el acceso en contextos de baja conectividad
	Justifica inversión en recursos (e.j. desarrollo de producto)	Sí	El impacto social y cultural en la sociedad y en los más de 100 pueblos indígenas son el punto de partida para avanzar en espacios digitales inclusivos y la preservación del patrimonio cultural del país
Evitando tecnologías excluyentes	Diseño sin complicaciones	Sí	Diseño minimalista e interacción debe ser simple
	Simple e intuitivo de usar	Sí	La interfaz sigue diseños universales, garantizando la comprensión inmediata
	El entrenamiento requerido es fácil, sin esfuerzo	Sí	No requiere una capacitación especializada pues el diseño debe guiar al usuario y debería ofrecer retroalimentación
	Usado equitativamente por personas con capacidades diversas	Sí	Incorpora accesibilidad lingüística y elementos de personalización para incluir a la mayor población posible
	Flexibilidad en el uso	Sí	Considera funciones de personalización como idioma, tamaño de texto y contraste según las preferencias o limitaciones del usuario
	Información perceptible	Sí	El contenido combina texto, imágenes, audio y color para facilitar la percepción de la información
	Tolerancia al error	Sí	Incluye formatos de búsquedas que toleran errores, así como mecanismos de confirmación
	Requiere bajo esfuerzo físico	Sí	La interacción debe ser mínima con pocos pasos para generar una acción
	Complejidad de la tecnología: tamaño del botón en la pantalla	Sí	La interfaz de usuario es coherente con los estándares de accesibilidad web
Conceptos de diseño inclusivo	Accesibilidad a dispositivos de baja gama	Sí	El SI debe funcionar en equipos diversos y de bajos recursos para garantizar la inclusión en áreas rurales
	Accesibilidad a varias lenguas nativas	Sí	El SI ofrece contenido en español con la opción de traducir a lenguas indígenas mediante audio

Item	*Criterio*	*Valor*	*Comentario*
	Adaptaciones en la configuración	Sí	La interfaz ofrece la opción de personalización considerando aspectos de tamaño de texto, idioma y contraste
	Compatibilidad offline o baja conectividad	Sí	El sistema deberá poder sincronizar datos cuando haya conexión disponible
	Diseño intuitivo	Sí	La interfaz prioriza la simplicidad, reduciendo la curva de aprendizaje
	Tolerancia al error	Sí	Se incluyen mensajes de confirmación, opciones de corrección y búsquedas que toleran el error para mejorar la experiencia de usuario
	Asistido por cuidador	No	
	Diseño con propósito especial	Sí	El sistema visibiliza a las comunidades indígenas y fomentar el diálogo intercultural
	Diseño personalizable / modular	Sí	Debe contar con funciones de personalización y la posibilidad de ampliar las funcionalidades asegurando la escalabilidad del sistema
	Se ve bien	Sí	Se emplea un diseño minimalista y modular que contempla colores y tipografías sobrias
	La persona puede confiar en el producto	Sí	Se garantiza la transparencia de la información y el manejo de los datos
	El producto estigmatiza de alguna manera a la persona	No	
	La persona quiere el producto	Sí	Responde a las necesidades de comunidades indígenas favoreciendo la apropiación tecnológica
	Costo accesible	Sí	El sistema es de libre acceso y de código abierto de acuerdo con los principios de ciencia abierta
	Compatibilidad	Sí	Compatibilidad con diferentes navegadores, sistemas operativos y dispositivos
	Confiabilidad	Sí	La estructura del sistema y la información priorizan la seguridad y la veracidad de los datos
	Usabilidad, utilidad, accesibilidad	Sí	Responde a principios de usabilidad y de accesibilidad web para favorecer la interacción del usuario

Nota: Tomado de Gomez & Wakes (2022)

Como resultado del proceso anterior, se logran sintetizar las necesidades del sistema de información con respecto a cuatro categorías: sociocultural, accesibilidad, técnico y emocional. En la tabla 34 se detalla cada uno de estas necesidades las cuales representan una intención para el uso del sistema.

Tabla 34

Necesidades del sistema

Categoría	***Item***	***Necesidad***
Socioculturales	1	Respeto la identidad social de los pueblos indígenas
	2	Fortalecer las relaciones entre pueblos indígenas y la sociedad
	3	Fomentar la preservación de lenguas nativas
	4	Apoyar la revitalización cultural
	5	Promover la articulación de conocimientos y saberes
	6	La información debe ser coherente con la identidad de las comunidades
	7	Respeto por la integridad de los usuarios
Accesibilidad	8	Diseño simple y sin complicaciones
	9	Tolerancia al error del usuario
	10	Uso de apoyos visuales
	11	Rutas de uso fáciles y seguras
	12	Uso por personas con capacidades diversas
	13	Posibilidad de personalización
	14	Información perceptible
	15	Interfaz intuitiva para personas con baja experiencia tecnológica
	16	Favorece la alfabetización digital
	17	Facilita aprendizaje rápido
Técnico	18	Adaptabilidad a diferentes tipos de dispositivos
	19	Adaptabilidad a diferentes navegadores
	20	Compatibilidad fuera de línea o baja conectividad
Emocionales	21	Reduce la presión y estrés en cuanto al uso de las TI
	22	Uso voluntario del sistema
	23	Contribuir al aumento de la autoestima digital
	24	Requiere bajo esfuerzo físico y cognitivo

Partiendo del modelo de Ulrich & Eppinger (2013), las especificaciones del diseño representan de manera detallada y medible la funcionalidad del producto. Por lo cual, sugieren la elaboración de métricas que permitan reflejar el grado en el que se pretende satisfacer al usuario final con respecto a las necesidades identificadas. Esto indica que debe existir una relación entre las necesidades y las métricas, por tanto, se debe genera una traducción de las necesidades en especificaciones precisas y medibles.

Asimismo Ulrich & Eppinger (2013) plantean que una buena técnica para generar la lista de métricas es valorar cada necesidad en orden, planteando las características precisas y medibles

que reflejen cada aspecto en el producto. Adicionalmente puede existir una métrica que impacte varias necesidades, y pueden ser variables dependientes o subjetivas.

Considerando el método de Ulrich & Eppinger (2013), se plasma una matriz de necesidades-métricas la cual representa la relación entre las necesidades y las métricas. En la figura 19 se consolida dicha matriz de necesidades-métricas, en donde las filas representan las necesidades del cliente, las columnas las métricas y las marca en una celda significa que existe una asociación entre la necesidad y la métrica.

Figura 19

Matriz de necesidades y métricas

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		100% del contenido debe ser revisado antes de publicarse	Colaboraciones entre actores	Número de lenguas nativas incluidas en el sistema	Porcentaje de información perteneciente a saberes culturales	Porcentaje de consentimientos informados realizados	Porcentaje de tareas completadas con éxito	Porcentaje de búsquedas corregidas	El contenido ofrece 2 vías de acceso (visual y auditiva)	Tiempo medio para aprender el uso del sistema	Número de asistencias	Visualizaciones de instrucciones	Cumplimiento mínimo de ley de accesibilidad web	Relación de contraste	Opción de configuración de tamaño de texto	Funcionamiento en dispositivos de baja memoria	Adaptabilidad a diversos tamaños de pantallas	Compatibilidad con más de 3 navegadores	Funcionamiento con bajas conexiones de internet	Acceso por lo menos al 70% del contenido	Mensajes de confirmación en las acciones del usuario	El 100% del contenido es de acceso libre	Retención de usuarios	Mínimo de pasos para ejecutar una acción
1	Respeto la identidad social de los pueblos indígenas	x																						
2	El contenido sea coherente con la identidad de las comunidades	x																						
3	Fortalece las relaciones entre pueblos indígenas y la sociedad		x																					
4	Articulación de conocimientos		x																					
5	Fomentar la preservación de las lenguas nativas			x																				
6	Apoyar la revitalización cultural				x																			
7	Respeta la integridad del usuario					x																		
8	Diseño debe ser simple y sin complicaciones						x																	
9	Tolerancia al error del usuario							x																
10	Uso de apoyos visuales								x															
11	Ofrece rutas de uso fáciles y seguras									x	x													
12	Favorece la alfabetización digital											x												
13	Usado por personas con capacidades diversas												x											
14	La información debe ser perceptible													x										
15	Posibilidad de personalización			x										x	x									
16	El sistema es intuitivo para personas con baja experiencia tecnológica						x																	
17	Facilita un aprendizaje rápido									x														
18	Permite adaptabilidad a diferentes tipos de dispositivos															x	x							
19	Permite adaptabilidad a diferentes navegadores																	x						
20	Compatibilidad offline o en baja conectividad																		x	x				
21	Reduce la presión, ansiedad y estrés frente al uso de las TI																				x			
22	Uso voluntario del sistema																					x	x	
23	Contribuir al aumento de la autoestima digital																				x			
24	Requiere bajo esfuerzo físico y cognitivo																							x

Tomando como referencia las métricas elaboradas, se procedió a definir las variables de medida de cada aspecto a fin de traducir los criterios conceptuales en requerimientos operativos. De esta manera se gestiona una matriz que representa una herramienta técnica para asegurar la coherencia entre el enfoque de diseño inclusivo y la implementación de un producto digital. Por ende, la tabla 35 detalla las unidades de evaluación y valores esperados de cada métrica, así como la naturaleza funcional u operativa y el impacto estético o comunicativo, lo cual facilita la toma de decisiones durante el desarrollo del prototipo.

Tabla 35

Especificaciones de diseño de SI

	Métrica	***Unidad Métrica***	***Valor Métrica***	***Funcional/ Operativo***	***Estético/ Comunicativo***	***Importancia***
1	Aprobación de contenido	% aprobación	100%	Funcional	Comunicativo	5
2	Colaboraciones entre actores	Número	≥ 3	Operativo	Comunicativo	4
3	Lenguas nativas	Número lenguas	≥ 2	Funcional	Comunicativo	5
4	Contenidos propios	% contenido	≥ 40%	Funcional	Comunicativo	5
5	Consentimientos informados	%	100%	Funcional	Comunicativo	5
6	Tareas exitosas	% éxito	≥ 85%	Operativo	-	5
7	Correcciones de búsqueda	%	≥ 75%	Funcional	-	4
8	Vías de acceso a contenido	Número	≥ 2	Funcional	Estético	5
9	Tiempo de aprendizaje	Minutos	≤ 15	Operativo	-	4
10	Visualización de instrucciones	Número	≥ 5	Operativo	Comunicativo	4
11	Número de asistencias	Número	≤ 10	Operativo	-	3
12	Nivel accesibilidad web	WCAG	Nivel AAA	Funcional	-	5
13	Relación contraste	Ratio	≥ 4.5: 1	Funcional	Estético	5
14	Tamaño texto	% ampliación	200%	Funcional	Estético	5
15	Dispositivos baja memoria	GB ram	≥ 16	Funcional	-	5
16	Tamaños de pantalla	Pulgadas	4 a 15	Funcional	-	5
17	Compatibilidad con navegadores	Número	≥ 3	Funcional	-	5

	Métrica	*Unidad Métrica*	*Valor Métrica*	*Funcional/ Operativo*	*Estético/ Comunicativo*	*Importancia*
18	Baja conexión a internet	Mbps	≥ 0.5	Funcional	-	5
19	Acceso a contenido fuera línea	% contenido	70%	Funcional	-	4
20	Mensajes de confirmación	Número	≥ 1	Operativo	-	5
21	Acceso libre	%	100%	Operativo	Comunicativo	5
22	Retención de usuarios	%	≥ 70%	Operativo		3
23	Pasos para ejecutar una acción	Número	≤ 4	Funcional		3

En definitiva, las especificaciones de diseño planteadas representan el punto de partida para gestionar el diseño del prototipo desde una arista más integral que abarca aspectos inclusivos y las necesidades del usuario. A su vez estos elementos representan un punto de referencia para la validación funcional del sistema con usuarios reales una vez se haya implementado el mismo.

En contraste con lo anterior, en la tabla 36 se plantean las consideraciones de diseño para la definición de un prototipo inclusivo tomando como base las 24 necesidades planteadas anteriormente. Adicionalmente se plasma el origen de procedencia de cada necesidad, el elemento al que se le atribuye en el prototipo y su medio de validación.

Table 36

Decisiones de diseño según las necesidades del sistema

Necesidad	***Fuente del hallazgo***	***Hallazgo***	***Consideración diseño***	***Decisión diseño***	***Elemento prototipo***	***Validación***
1	Marco cultural	Respeto por la identidad social de los pueblos indígenas	Gobernanza	Contenido coherente y culturalmente respetuoso.	Contenido	Validación futura
2	Marco cultural	Conocimiento coherente con la identidad de las comunidades	Gobernanza	Incorporar procedencia y contexto del contenido	Funcionalidad	Validación futura
3	Entrevistas	Fortalecer las relaciones entre pueblos indígenas y la sociedad	Criterio cultural	Incorporar mecanismo de consulta y participación	Funcionalidad	Validación futura
4	Entrevistas	Articulación de conocimientos	Criterio cultural	Diseñar categorías y mecanismos de organización de contenidos	Funcionalidad	Heurísticas
5	Marco cultural	Preservación de lenguas nativas	Criterio cultural	Incorporar las lenguas indígenas a través de audio	Funcionalidad	Validación futura
6	Marco cultural	Apoyo a la revitalización cultural	Gobernanza	Integrar contenidos diversos	Contenido	Validación futura
7	Marco legal	Respeto de la identidad de usuario	Gobernanza	Autenticación, recaptcha, omisión de información personal	Funcionalidad	Validación futura
8	Entrevistas	Diseño simple y sin complicaciones	Interfaz	Consideración de los criterios de SI y diseños sencillos.	Pantallas	Heurísticas
9	Literatura	Tolerancia al error	Usabilidad	Incorporar correctores de ortografía y búsquedas	Funcionalidad	Validación futura
10	Entrevistas	Uso apoyos visuales	Interfaz	Aplicación de iconos, imágenes y elementos multimodales	Funcionalidad	Heurísticas / Validación futura
11	Literatura	Rutas de uso fáciles y seguras	Interfaz	Reducción de interacciones y recaptcha	Funcionalidad	Heurísticas

Necesidad	*Fuente del hallazgo*	*Hallazgo*	*Consideración diseño*	*Decisión diseño*	*Elemento prototipo*	*Validación*
12	Marco cultural	Favorecer la alfabetización digital	Gobernanza	Inclusión de instrucciones de uso y centro de ayuda	Funcionalidad	Heurísticas y Validación futura
13	Literatura	Uso por personas con capacidades diversas	Interfaz	Aplicación de contrastes, tamaño de texto, iconos y elementos multimodales.	Funcionalidad	Validación futura
14	Criterios inclusivos	La información debe ser perceptible	Interfaz	Definición de jerarquías visuales y contrastes	Pantallas	Heurísticas
15	Criterios inclusivos	Posibilidad de personalización	Interfaz	Cambio de parámetros como el contraste, tamaño de letra y lenguaje.	Pantallas	Validación futura
16	Literatura	Sistema intuitivo para personas con poca experiencia	Usabilidad	Diseño convencional con iconos, texto y navegación simplificada	Pantallas	Heurísticas
17	Criterios inclusivos	Facilita el aprendizaje rápido	Usabilidad	Mantener coherencia en el diseño e interacciones	Pantallas	Validación futura
18	Criterios inclusivos	Permite adaptabilidad a diferentes dispositivos	Interfaz	Aplicar estándares de sistemas responsivos	Funcionalidad	Validación futura
19	Criterios inclusivos	Permite adaptabilidad a diferentes navegadores	Interfaz	Uso de estándares y tecnologías compatibles	Funcionalidad	Validación futura
20	Criterios inclusivos	Compatibilidad offline o baja conectividad	Usabilidad	Contemplar mecanismos de funcionamiento con conectividad limitada	Funcionalidad	Validación futura
21	Criterios inclusivos	Reducción de la presión o ansiedad en el uso de TIC	Usabilidad	Proporcionar retroalimentación y tolerancia al error	Funcionalidad	Validación futura
22	Criterios inclusivos	Uso voluntario	Criterio cultural	Incorporar consentimientos	Funcionalidad	Validación futura
23	Criterios inclusivos	Contribuir al aumento de la autoestima digital	Usabilidad	Considerar diseños simples, navegación sencilla y mensajes de retroalimentación	Pantallas / funcionalidad	Heurísticas
24	Criterios inclusivos	Requiere bajo esfuerzo físico y cognitivo	Usabilidad	Aplicaciones de jerarquías, categorías y navegación sencilla	Funcionalidad	Heurísticas

Conforme con los criterios de diseño establecidos en la tabla anterior, se logra relacionar la trazabilidad de procedencia de las necesidades del sistema, partiendo de que a lo largo de la investigación se realizaron revisiones de literatura, entrevistas, contextualizaciones de las comunidades y lineamientos inclusivos. Dichos hallazgos a su vez se convirtieron en decisiones de diseño, representando las entradas para la materialización del prototipo. Por último, se planteó el medio de validación de cada criterio, esto se debe a que el alcance del proyecto no contempla el desarrollo funcional del sistema sino la definición y diseño del prototipo. Por lo tanto, se estableció que elementos podían evaluarse mediante heurísticas y cuales quedan pendientes para la implementación.

En necesario recalcar que dentro de las necesidades y decisiones de diseño planteadas se contemplan aspectos como la gestión del contenido del sistema, simbología, el lenguaje indígena, conocimiento sensible y la alfabetización digital. Sin embargo, todos estos aspectos no pueden desarrollarse a cabalidad con el diseño del prototipo, pues requieren de mayor profundización con estudios posteriores e integraciones tecnológicas. Razón por la cual en esta investigación se identifican y definen los criterios potenciales de diseño, pero para la transformación definitiva se requiere de procesos posteriores y validación directa con las comunidades

5.3.4.2. Diseño de la interfaz

El diseño de la interfaz tiene el propósito de materializar las ideas y necesidades del usuario, por lo cual se aplican todos los elementos y resultados obtenidos en los pasos anteriores. Así que, en concordancia con los principios de diseño mencionados anteriormente, también se contemplaron algunos elementos estructurales de las interfaces de usuario, en la tabla 37 se plasman las intenciones de uso y aplicación de los mismos.

Tabla 37

Consideraciones para el diseño de sitios web

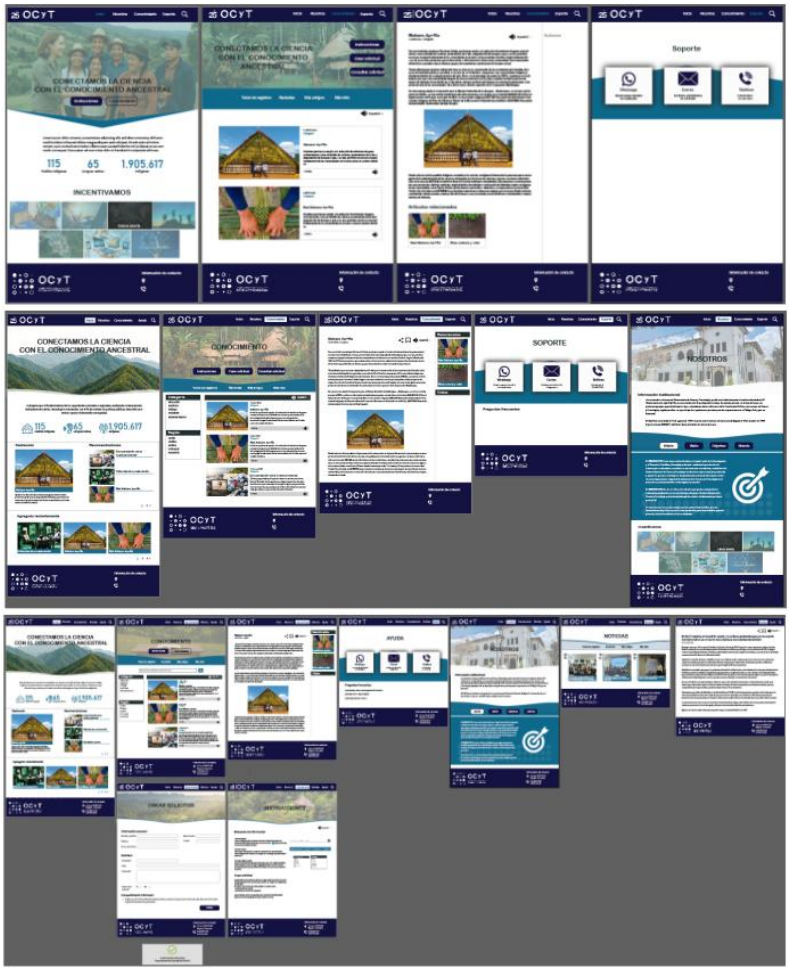
Consideración	***Intención de uso***
Convenciones	Ubicar el logotipo en esquina superior derecha. Incluir barra de navegación en la parte superior Visualizar iconos universales (buscar, redes sociales, ubicación, teléfono y audio)
Jerarquía visual	Establecer niveles jerárquicos claros Definición de tamaño entre títulos, subtítulos y encabezados Usar englobamiento visual para separar bloques de contenido Hacer agrupamiento de similitudes
Selecciones	Incluir botones interactivos identificables Botones y áreas de activación de 44x44 px mínimo Señalización de ubicación en los menús Resaltar enlaces mediante color o subrayado
Formatear el texto	Uso de encabezados adecuados Redacción de párrafos breves Emplear listas con viñetas para organizar contenido Resaltar términos clave para facilitar la lectura
Contraste y tipografía	Garantizar un contraste mínimo de 4.5:1 para texto normal y 3:1 para texto grande. Utilizar tamaño texto de 16px en adelante. Asegurar interlineado de al menos 1.5

Partiendo de los anteriores principios y condiciones de diseño, se realizó el mockup de la interfaz la cual se fue iterando paulatinamente con base en la inclusión de nuevas funcionalidades y requerimientos del diseño, en la figura 20 se muestran algunos de los diseños realizados. Cabe aclarar que estos mockups tenían la función de plasmar un bosquejo real de la interfaz, por lo cual se hizo uso de programas de diseño para la generación de los bocetos e ideas.

Dichos prototipos incorporaron aspectos visuales como paletas de colores, tipografía e iconografía, menús jerárquicos, botones de navegación, formularios, aspectos de retroalimentación y opción multilenguaje, que se fueron iterando conforme se iba dando la necesidad de adicionar nuevas funcionalidades.

Figura 20

Mockup del prototipo



Paralelamente se realizó un análisis de los sistemas de prototipado interactivo existentes, ya que se busca validar el diseño de la interfaz de forma dinámica y colaborativa. Como resultado se identificaron plataformas como Adobe XD, Scketch, Figma y Axure RP, todas reconocidas por ofrecer funcionalidades robustas de diseño visual e interactividad que permiten construir representaciones funcionales de los sistemas. Este tipo de herramientas resultan útiles para simular flujos de navegación, probar la disposición de elementos y facilitar la retroalimentación de los usuarios antes de abordar las etapas de desarrollo y programación. En la tabla 38 se realiza un comparativo de las ventajas y diferencias de cada una de las plataformas.

Tabla 38

Plataforma de prototipado interactivo

Plataforma	***Operatividad***	***Colaboración***	***Costo***	***Versión gratuita***	***Beneficio***
Adobe XD	Windows y macOS	Con creative cloud	$12USD	Si	Usuarios Adobe que trabajen con la suite completa
Scketch	Solo MacOS	Con macOS	$12 USD	No	Diseñadores macOS
Figma	Web, Windows, MacOS y Linux	Edición en la nube en tiempo real	$15 USD	Si	Prototipos interactivos colaborativos
Axure RP	Windows y macOS	Individual	$29 USD	Si, con marca de agua	Lógica avanzada de prototipos

En resumen, se tomó la decisión de utilizar la plataforma Figma debido a su capacidad para crear prototipos interactivos en tiempo real y permitir la participación simultanea de múltiples actores involucrados en el proceso de diseño. Adicionalmente se ha evidenciado que estudios como el de Aslanoğlu et al. (2024) han respaldado su uso en investigaciones con enfoques inclusivos, destacando su accesibilidad, facilidad de uso y flexibilidad para adaptar diseños a diversos contextos de usuarios.

La versión gratuita de Figma permite trabajar en tableros compartidos con hasta dos colaboradores de manera simultánea, lo cual resulta conveniente para fases iniciales del diseño de productos. Además, ofrece funcionalidades de diseño y de prototipado, que posibilitan crear relaciones interactivas entre elementos de la interfaz y simular la navegación entre páginas, brindando una experiencia cercana a la que tendría el sistema en funcionamiento.

Como resultado, se procedió al diseño de la interfaz utilizando la plataforma Figma, partiendo del mockup previamente desarrollado, teniendo en cuenta las dimensiones, paleta de colores, tipografía, iconografía, composición visual y disposiciones de elementos, con el fin de

lograr una propuesta coherente con los principios de diseño definidos, en la figura 21 se muestran las diferentes páginas que constituyen la interfaz.

Figura 21

Diseño del prototipo en Figma



Por otra parte, todas las imágenes e iconos fueron exportados en formato PNG y JPG, lo que permitió optimizar tiempo y evitar la necesidad de diseñar estos elementos directamente en la

herramienta. Además, para garantizar la originalidad del contenido visual y evitar infringir en derechos de autor, las imágenes fueron generadas mediante inteligencia artificial, asegurando su carácter único y libre de restricciones legales.

En cuanto a la creación de las interacciones, una vez realizado el diseño visual se establecieron relaciones dinámicas entre los distintos elementos del prototipo, simulando una navegación real del sisma. Mediante la funcionalidad de prototipo interactivo se configuraron vínculos entre pantallas, botones de acción y formularios, lo que permitió visualizar de forma secuencial los flujos esperados de uso. Cabe señalar que existen limitaciones en la interactividad del prototipo, ya que, si bien permite navegar entre secciones y representar la experiencia general del usuario, no es posible realizar acciones como el diligenciamiento de campos, gestionar búsquedas o filtrar categorías. Sin embargo, este tipo de prototipos resulta pertinente para validar el diseño de la interfaz, facilitando la evaluación temprana de la experiencia de usuario antes de su desarrollo funcional.

5.3.4.3. Funcionalidades contempladas

El diseño funcional del sistema de información busca fomentar la participación de pueblos indígenas, respetando sus lenguajes, cosmovisiones y formas de interacción. Por ende, las funcionalidades contempladas fueron pensadas desde una perspectiva de equidad digital, priorizando la inclusión, usabilidad y la pertinencia cultural. Cada componente busca fortalecer el vínculo entre la tecnología y las practicas sociales, facilitando el diálogo entre saberes indígenas y urbanos, así como la apropiación del conocimiento. A continuación, se describen las funcionalidades claves que constituyen el prototipo:

- Opción multilenguaje: facilita la traducción de información del idioma español a una lengua nativa a partir de audios, cumpliendo con la necesidad de visibilizar y fomentar la preservación de las lenguas indígenas.
- Accesibilidad comunicativa: considera la integración de elementos visuales y de iconos para reforzar el contenido textual asegurando una mayor comprensión de la información.
- Soporte y preguntas frecuentes: espacio destinado a resolver las inquietudes del usuario, guiar el uso de la plataforma y fomentar la autonomía reduciendo la dependencia de terceros.
- Sistemas de navegación simplificada: presencia de menús jerárquicos, etiquetas descriptivas y botones intuitivos para guiar al usuario en el recorrido de la plataforma, mejorando la experiencia y reducción de errores durante la navegación.
- Indicadores de retroalimentación: generación de mensajes de confirmación que permiten al usuario conocer el estado de sus acciones.
- Búsqueda avanzada: facilita la localización de contenidos específicos en la plataforma según las indicaciones del usuario. Esta opción incluye un corrector ortográfico y una lógica de tolerancia al error, que amplía las posibilidades de encontrar información relevante.
- Contenido de la base de datos: almacena el contenido generado por las comunidades indígenas, investigaciones comunitarias y proyectos integradores para promover conexiones entre la sociedad y los pueblos indígenas que permeen el desarrollo de las civilizaciones del país.

- Segmentación de publicaciones: la interfaz organiza y destaca el contenido más relevante, reciente y con mayor visibilidad permitiendo identificar los temas de mayor interés o utilidad.

Partiendo de que la presente investigación constituye un modelo conceptual, todas las funcionalidades podrían ser escaladas e incluso se podrían generar nuevas oportunidades con base en el desarrollo y aplicación del SI. Dentro de los elementos a considerar se encuentra la funcionalidad de uso fuera de línea ya que en muchos territorios no hay acceso a internet.

5.3.4.4. Disposiciones de elementos gráficos

El diseño visual de la plataforma ofrece una experiencia estética comprensible, articulando elementos gráficos que cumplen funciones comunicativas y de orientación. Desde esta perspectiva se consideraron las reglamentaciones técnicas mencionadas en la sección 6*.3.2. Consideraciones de las interfaces de usuario* para consolidar las características gráficas del sistema de información. En la tabla 39 se consolidaron dichas características con base en el criterio de color, tipografía, separadores, iconografía e imágenes.

Como resultado, se ha estructurado una lista de chequeo para determinar el grado de cumplimiento de la interfaz de usuario. Estas proposiciones surgen de las estrategias inclusivas identificadas en la revisión de literatura, de las características propias de los sistemas de información y de los parámetros definidos por la W3C en materia de accesibilidad. El propósito de este chequeo es validar de manera sistémica si la interfaz responde a criterios de accesibilidad, usabilidad e inclusión. Dicho lo anterior, la tabla 40 describe los componentes a evaluar y el cumplimiento o incumplimiento de cada elemento.

Tabla 39

Características del diseño del sistema de información

Elemento gráfico	***Uso***
Paleta de colores	Fondo: (R:255; G:255; B:255) Hex: FFFFFF Menús: (R:25; G:19; B:66) Hex: 191342 Botones: (R:0; G:106; B:140) Hex: 006A8C Texto: (R:0; G:0; B:0) Hex: 000000
Tipografía	Nombre de página: Abhaya Libre ExtraBold, 50 px Títulos: Abhaya Libre ExtraBold, 26px Sub títulos: Abhaya Libre SemiBold, 24px Texto: Abhaya Libre Medium, 16px
Separadores	Líneas suaves Espacios en blanco Bloques
Iconografía	: búsqueda : contacto : ubicación : compartir : guardar : audio : contraste
Imágenes	Generadas con IA, libres de derechos de autor.

En particular se puede identificar un alto grado de cumplimiento de la lista de chequeo, aunque también se evidencian algunos puntos de incumplimiento, esto se debe a que la interfaz pese a ser un prototipo de alta fidelidad contaba con limitaciones de programación por lo cual no incluía funcionalidades especializadas que le permitieran validar elementos de búsqueda, tolerancia a errores, adaptabilidad a varios dispositivos y uso fuera de línea.

Tabla 40

Lista de chequeo para la interfaz de usuario

Criterio	***Descripción***	***Cumple***	***No cumple***
Accesibilidad	Contraste de color superior a 4.5:1	X	
	Tamaño mínimo de tipografía de 16 px	X	
	Interlineado mínimo de 1.5	X	
	Alternativa de texto, imagen y símbolos	X	
	Botones y áreas de activación superior de 44x44 px	X	
Usabilidad	Menús y jerarquías visuales	X	
	Iconos universales	X	
	Señales de retroalimentación	X	
	Consistencia visual	X	
Inclusión	Opción multilenguaje	X	
	Expresiones multimodales (audio, texto y símbolos)	X	
	Personalización del idioma	X	
	Soporte y ayuda	X	
	Instrucciones de uso	X	
	Opción de personalización	X	
	Uso de miga de pan como elemento de navegación		X
	Sistema de búsqueda con tolerancia al error		X
	Funcionalidad off-line o sincronización con baja conectividad		X
	Función responsive para dispositivos		X
Diseño	Logotipo en la esquina superior derecha	X	
	Barra de navegación	X	
	Jerarquía visual (títulos, subtítulos y párrafos)	X	
	Uso adecuado del espacio en blanco	X	
	Agrupamiento de elementos semejantes	X	
	Separadores visuales	X	
	Identificación de la ubicación en los menús	X	

No obstante, la lista de chequeo representa un punto de referencia para tener en cuenta en el diseño de interfaces de usuario para comunidades indígenas, siendo esta una herramienta para implementar en futuras iniciativas y proyectos que consideren a pueblos étnicos. En definitiva, se esperaría que a mayor grado de cumplimiento la interfaz puede llegar a hacer más intuitiva y coherente con el usuario.

5.3.5. Discusión de la etapa de prototipado

El desarrollo progresivo de la etapa de prototipado permitió la materialización de los principios de diseño de la interfaz de usuario en función de antecedes existentes en la literatura, criterios de diseño inclusivos, la elaboración de mockups y el desarrollo del prototipo interactivo en la plataforma Figma. Todo este proceso facilitó el desarrollo conceptual y visual de la interfaz del SI dirigida a las comunidades indígenas desde la visión del OCyT, integrando aspectos de accesibilidad, usabilidad, inclusión y diseño.

A modo de resumen esta etapa comprendió cuatro aspectos importantes, el primero contó con la identificación de los tipos de prototipos existentes para poder enmarcar el proyecto según su grado de fidelidad y funcionalidad. El segundo aspecto consideró una revisión de literatura para establecer prácticas y métodos que permitieran definir un sistema inclusivo. El tercer aspecto comprendió la revisión de las características del diseño de SI web para adaptarlas a la interfaz de la investigación. Finalmente se construyó la interfaz utilizando herramientas de prototipado y se definieron los componentes de un SI inclusivo para ser replicado en futuras investigaciones.

Cabe resaltar que el prototipo desarrollado no constituye un producto final, sino es una herramienta de validación que facilita la retroalimentación de usabilidad por parte de expertos a través de expectativas y percepciones. Por consiguiente, el prototipo responde a una aproximación de un SI inclusivo y abre la posibilidad para que sea adaptado en futuras iniciativas y proyectos con comunidades indígenas. Así mismo es el punto de partida para generar un proyecto piloto en donde el OCyT logre llegar a más usuarios y entablar relaciones con instituciones indígenas.

Como resultado de esta etapa no solo se diseñó una interfaz de usuario, sino que se establecieron los criterios que debe considerar un SI inclusivo, los cuales podrán ser replicados en futuras iniciativas. Dentro de las herramientas derivadas se encuentra la especificaciones y

principios para el diseño del sistema y la lista de chequeo que comprende las características deben contemplarse para el diseño de la interfaz.

5.4.Evaluación

Siendo esta la última etapa de la metodología, se pretendió validar la efectividad de la interfaz diseñada para conocer su grado de funcionalidad y pertinencia con el usuario. Aunque existen diversas formas de evaluar las interfaces de usuario, en la literatura se recalca la implementación de evaluaciones heurísticas como una alternativa efectiva para el diagnóstico de prototipos. Por esta razón se hizo una revisión de las técnicas existentes para definir el procedimiento a seguir en las evaluaciones y los participantes de la misma.

Como muestra, se detallan los resultados obtenidos de las evaluaciones lo cual representa el grado de usabilidad de la interfaz. Por otro lado, se incluye una propuesta metodológica para futuros proyectos inclusivos con comunidades indígenas y se hace una reflexión de las conexiones entre actores como parte activa para el desarrollo e implementación de este tipo de iniciativas.

5.4.1. Contextualización del modelo heurístico

Se considera que la evaluación heurística es una de las técnicas más exitosas y aplicadas para evaluar la calidad de uso de sistemas interactivos (Gonzalez Capdevila et al., 2025). Su alta aplicabilidad no solo se relacione con las ventajas del método sino también con el bajo costo, la facilidad de implementación y rápida respuesta de retroalimentación (Rangraz Jeddi et al., 2020). Por tanto, es muy común que se implemente para evaluar prototipos de sistemas, especialmente en las primeras etapas del ciclo de vida del producto (Abbasi et al., 2024).

En término generales, la evaluación heurística es una técnica que facilita la identificación de problemas a partir de un conjunto de principios y heurísticas, ya establecidas, las cuales son puestas en consideración por evaluadores expertos que interactuar con el sistema para dar un juicio del grado de cumplimiento de las pautas definidas (Gonzalez Capdevila et al., 2025). Por consiguiente, se recomienda que la realicen entre tres a cinco expertos, quienes podrán identificar hasta el 75% de los problemas de usabilidad (Abbasi et al., 2024; González et al., 2009a; Nielsen & Molich, 1990).

El método de evaluación heurística maduró con Nielsen & Molich (1990) al crear las bases para realizar evaluaciones de usabilidad, consolidando diez heurísticas que constituyen algunos problemas en el diseño de interfaces de usuario. Los principios desarrollados por Nilsen son: visibilidad del estado del sistema, consistencia entre el sistema y el mundo real, control y libertad del usuario, consistencia y estándares, prevención de errores, reconocimiento en lugar de recuerdo, flexibilidad y eficiencia de uso, diseño estético y minimalista, ayuda a los usuarios a reconocer errores y finalmente ayuda y documentación (Abbasi et al., 2024; Nielsen & Molich, 1990).

En definitiva, el método de evaluación heurística propuesto por Nielsen ha sido uno de los modelos más conocidos y utilizados para evaluar la usabilidad (Granollers, 2018). Recientemente fue implementado para evaluar un sistema de vigilancia farmacéutica, permitiendo identificar 91 problemas de usabilidad de severidad leve (Abbasi et al., 2024). Algunos otros estudios han realizado ligeras adaptaciones dependiendo la naturaleza del sistema de información por lo que se han creado principios y reglas adicionales como las reglas de oro de Sheiderman y los principios de diseño de Tognazzini (González et al., 2009b; Granollers, 2018).

Con respecto a los principios de Tognazzini (2014), fueron creados para el diseño de interfaces intuitivas y comprende 18 principios, tales como: estética, anticipación, autonomía,

color, consistencia, valores predeterminados, descubrimiento, eficiencia del usuario, interfaces explorables, objetos de interfaz humana, reducción de latencia, capacidad de aprendizaje, metáforas, proteger el trabajo de los usuarios, legibilidad, sencillez, estado e interfaces visibles. En la tabla 41 se definen cada uno de los principios.

Tabla 41

Principios de diseño de interfaces

Principio	***Definición***
Estética	El diseño estético debe quedar en manos de expertos en su aplicación: diseñadores gráficos o visuales.
Anticipación	Brindar al usuario toda la información y herramientas necesarias para cada paso del proceso.
Autonomía	La computadora, la interfaz y el entorno de tareas pertenecen al usuario, pero la autonomía del usuario no significa que abandonen las reglas.
Color	No evite el color en la interfaz solo porque no todos los usuarios pueden ver todos los colores
Consistencia	Mantener una consistencia estricta manteniendo coherencia con el producto, estructuras visibles y estructuras invisibles. Ser visualmente inconsistente cuando las cosas actúan de manera diferentes como ser visualmente consistente cuando las cosas actúan de la misma manera. Esforzarse por lograr continuidad y no la consistencia.
Valores predeterminados	Los valores predeterminados deben ser fáciles de eliminar, así como inteligentes y receptivos.
Descubrimiento	Cualquier intento de ocultar la complejidad servirá para aumentarla Comunicar el vocabulario verbal con diagramas visuales
Eficiencia del usuario	Mirar la productividad del usuario y no la del ordenador
Interfaces explorables	Dar a los usuario puntos de referencia bien señalizados y luego permitirles cambiar a tracción en las cuatro ruedas. Hacer que las acciones sean reversibles
Objetos de interfaz humana	Los objetos de interfaz humana se pueden ver, oír, sentir o percibir de otra manera. Los objetos de interfaz humana deben ser comprensibles, auto consistentes y estables.
Reducción de latencia	Mantener informados a los usuarios cuando se enfrentan a retrasos
Capacidad de aprendizaje	Limitar las compensaciones Evite únicamente probar la capacidad de aprendizaje
Metáforas, uso de	Elija metáforas que permitan captar instantáneamente los detalles más finos del modelo conceptual Abandonar las metáforas si son un impedimento
Protección del trabajo de los usuarios	Garantizar que los usuarios nunca pierdan su trabajo
Legibilidad	El texto debe ter un alto contraste Utilizar tamaños de fuente suficientemente grandes para que sean legibles Las etiquetas y botones deben tener palabras clave formando etiquetas únicas

Principio	*Definición*
Sencillez	Equilibrar la facilidad de instalación frente a la facilidad de uso Evitar la ilusión de simplicidad
Estado	Responsabilidad de rastrear el estado según sea necesario. Ejemplo, la primera vez que el usuario accede al sistema, donde estaba ubicado cuando dejó la última sesión, lo que el usuario ha encontrado de interés, donde se encuentra en ese momento y que está haciendo.
Interfaces visibles	Hacer visible la navegación

Nota: Tomado de Tognazzini (2014)

Teniendo como referencia los dos modelos anteriores, la investigación de Granollers (2018) analizó los principios de la lista de Nielsen y Tognazzini para construir un instrumento más completo que sirviera para evaluar todo tipo de interfaces de usuario, por consiguiente, se compararon las similitudes entre ambos y se fusionaron los principios al máximo. Como resultado se identificó que existían principios semejantes y otros ligeramente diferentes, por lo que se consolidaron quince heurísticas en total, ver tabla 42.

Tabla 42

Resultante de la fusión de principios Nielsen y Tognazzini

Nielsen	*Tognazzini*		*Principios resultantes*
Visibilidad del estado del sistema	Navegación visible	Descubrimiento	Visibilidad y estado del sistema
Correspondencia entre el sistema y el mundo real	Objetos de interfaz humana	Metáforas, uso de	Conexión entre el sistema y el mundo real, uso de metáforas y objetos humanos
Control y libertad del usuario	Interfaces explorables	-	Control y libertad del usuario
Coherencia y estándares	Consistencia		Consistencia y estándares
Reconocimiento en lugar de recuerdo	Anticipación	Capacidad de aprendizaje	Reconocimiento más que memoria, aprendizaje y anticipación
Flexibilidad y eficiencia de uso	Eficiencia del usuario	-	Flexibilidad y eficiencia del usuario
Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	-	-	Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores
Prevención de errores	-	-	Prevención de errores
Diseño estético y minimalista	Estética	Sencillez	Diseño estético y minimalista

Nielsen	*Tognazzini*		*Principios resultantes*
Ayuda y documentación	-	-	Ayuda y documentación
	Proteger el trabajo de los usuarios	Estado	Salvar el estado y proteger el trabajo
	Color	Legibilidad	Color y legibilidad
	Autonomía	-	Autonomía
	Valores predeterminados	-	Valores predeterminados
	Reducción de latencia	-	Reducción de latencia

Nota: Tomado de Granollers (2018)

Sin embargo, las quince heurísticas por sí solas eran muy generales, de allí que Granollers (2018) derivaran una serie de preguntas que servirían como referencia para evaluar cada principio, las cuales se caracterizan por ser precisas y específicas. En total construyeron 60 preguntas, en la tabla 43 se muestran todos los principios con sus respectivas preguntas.

Tabla 43

Heurísticas y lista de evaluación

Heurística	*Preguntas*
1. Visibilidad y estado del sistema	¿La aplicación incluye una página de título, sección o sitio visible? ¿El usuario siempre sabe dónde se encuentra? ¿El usuario siempre sabe lo que está haciendo el sistema o la aplicación? ¿Están claramente definidos los enlaces? ¿Se pueden visualizar todas las acciones directamente? (No se requieren otras acciones)
2. Conexión entre el sistema y el mundo real, uso de metáforas y objetos humanos	¿La información aparece en un orden lógico para el usuario? ¿El diseño de los iconos se corresponde con objetos cotidianos? ¿Cada ícono realiza la acción que espera? ¿El sistema utiliza frases y conceptos familiares para el usuario?
3. Control y libertad del usuario	¿Existe un enlace para volver al estado inicial o página de inicio? ¿Están implementadas las funciones “deshacer” y “rehacer”? ¿Es fácil volver a un estado anterior de la aplicación?
4. Consistencia y estándares	¿Las etiquetas de enlace tienen los mismos nombres que sus destinos? ¿Las mismas acciones tienen siempre los mismos resultados? ¿Los iconos tienen el mismo significado en todas partes? ¿La información se muestra consistentemente en cada página? ¿Son estándar los colores de los enlaces? De no ser así, ¿son adecuados para su uso?

Heurística	*Preguntas*
	¿Los elementos de navegación siguen los estándares? (Botones, casillas de verificación, ...)
5. Reconocimiento más que memoria, aprendizaje y anticipación	¿Es fácil utilizar el sistema por primera vez? ¿Es fácil localizar información que ya ha sido buscada anteriormente? ¿Puedes utilizar el sistema en todo momento sin recordar pantallas anteriores? ¿Todo el contenido necesario para la navegación o la tarea se encuentra en la "pantalla actual"? ¿La información está organizada según una lógica familiar para el usuario final?
6. Flexibilidad y eficiencia del usuario	¿Existen atajos de teclado para acciones comunes? Si las hay, ¿está claro cómo utilizarlas? ¿Es posible realizar fácilmente una acción realizada anteriormente? ¿El diseño se adapta a los cambios de resolución de pantalla? ¿El uso de aceleradores es visible para el usuario normal? ¿Mantiene siempre ocupado al usuario? (sin retrasos innecesarios)
7. Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores	¿Muestra un mensaje antes de realizar acciones irreversibles? ¿Los errores se muestran en tiempo real? ¿El mensaje de error que aparece es fácilmente interpretable? ¿También se utiliza algún código para hacer referencia al error?
8. Prevención de errores	¿Aparece un mensaje de confirmación antes de realizar la acción? ¿Está claro qué información debe introducirse en cada casilla de un formulario? ¿El motor de búsqueda tolera errores tipográficos y ortográficos?
9. Diseño estético y minimalista	¿Se utiliza un diseño sin redundancia de información? ¿La información es breve, concisa y precisa? ¿Cada elemento de información es diferente del resto y no se confunde? ¿El texto está bien organizado, con frases cortas y rápida de interpretar?
10. Ayuda y documentación	¿Existe la opción de "ayuda"? Si es así, ¿es visible y de fácil acceso? ¿La sección de ayuda está orientada a resolver problemas? ¿Existe una sección de preguntas frecuentes (FAQ)? ¿La documentación de ayuda es clara y tiene ejemplos?
11. Salvar el estado y proteger el trabajo	¿Pueden los usuarios continuar desde un estado anterior (donde estaban anteriormente o desde otro dispositivo)? ¿Está implementado el "guardado automático"? ¿El sistema responde bien ante fallos externos? (corte de luz, fallo de internet, ...)
12. Color y legibilidad	¿Las fuentes tienen un tamaño adecuado? ¿Las fuentes utilizan colores con suficiente contraste con el fondo? ¿Las imágenes de fondo o patrones permiten leer el contenido? ¿Se consideran personas con visión reducida?
13. Autonomía	¿Mantiene al usuario informado del estado del sistema? Además, ¿el estado del sistema es visible y actualizado? ¿Puede el usuario tomar sus propias decisiones? (Personalización)

Heurística	***Preguntas***
14. Valores predeterminados	¿El sistema o dispositivo da la opción de volver a la configuración de fábrica? Si es así, ¿indica claramente las consecuencias de la acción? ¿Se utiliza el término "por defecto"?
15. Reducción de latencia	¿La ejecución de trabajos pesados es transparente para el usuario? Al ejecutar tareas pesadas, ¿se muestra el tiempo restante o alguna animación?

Nota: Tomado de Granollers (2018)

El modelo de evaluación propuesto por Granollers (2018) se considera simple pero eficaz y contempla tres características, la primera es la escala de calificación la cual consta de cuatro opciones de respuesta "Sí", "Ninguno", "No" y "No aplicable", adicionalmente se podrán agregar todos los comentarios que el evaluador considere necesarios; la segunda característica considera las preguntas interrogativas clave para facilitar la evaluación pues son más intuitivas y directas, además si la respuesta es "Sí" significa que la característica representa una buena usabilidad, "No" representa lo contrario, "Ninguna" representa un valor intermedio y "No aplica" es necesario para aquellos casos en los que la pregunta no tiene sentido; finalmente la tercer característica se relaciona con el porcentaje de usabilidad por lo cual "Sí" se pondera con 1 punto, "Ninguno" con 0,5 puntos, "No" con 0 puntos y las respuestas "No aplicable" no se consideran. Finalmente se suman todos los valores para obtener el número final.

A su vez, el modelo propuesto por Granollers (2018) fue validado con una interfaz de la facultad de la universidad, integrando siete evaluadores con experiencia en evaluaciones heurísticas. Los resultados de las evaluaciones mostraron una puntuación final del 77,5% lo que indica que existe un buen nivel de usabilidad.

De modo semejante, el trabajo de (Gonzalez Capdevila et al., 2025) toma como referencia el estudio de Granollers para evaluar la usabilidad de un sistema web de la universidad de Lerida. Más allá de efectuar la evaluación heurística, el valor agregado de esta investigación es

proporcionar un marco para cuantificar la evaluación y con ello determinar el porcentaje de usabilidad. Para el desarrollo de las evaluaciones los autores usaron la plataforma RUXAILAB la cual permite crear y ejecutar evaluaciones heurísticas.

5.4.2. Resultados de evaluaciones heurísticas

Partiendo del cuestionario propuesto por Granollers (2018) en donde se consolidaron un total de 60 preguntas para las 15 heurísticas, se realizó un filtrado de las preguntas teniendo en cuenta que el prototipo realizado no contaba con funcionalidades especializadas ya que no era un prototipo programable, por lo cual no cumplía con algunos de los criterios heurísticos. Concretamente se eliminaron las preguntas relacionadas con el reconocimiento de errores, salvar el estado del trabajo, valores predeterminados y la reducción de latencia. De modo que se consolidaron un total de 41 preguntas correspondiente a 11 heurísticas. En el apéndice C se detalla el cuestionario de evaluación.

La dinámica para efectuar las evaluaciones heurísticas consideró la propuesta de Granollers (2018) por lo cual se tuvo en cuenta tres criterios “Sí” con una ponderación de 1 punto, “No” con 0 puntos y “No aplicable” no se consideraría, por ende, se descartaría a la hora de promediar el resultado de la evaluación. Esto indica que todas las respuestas con el criterio de “No aplicable” debían ser eliminadas sobre el número total de preguntas del cuestionario.

De modo que, se ejecutaron cuatro evaluaciones heurísticas a profesionales con experiencia en el desarrollo de sistemas de información e interfaces de usuario. Los participantes tenían conocimiento en procesos de validación de requerimientos y dos de ellos conocían específicamente de las heurísticas de usabilidad de Nielsen. Sin embargo, se les pidió a todos los evaluadores que revisaran las métricas antes de ejecutar la evaluación a fin de responder dudas e inquietudes.

Como parte del proceso de evaluación, a todos los evaluadores se les compartió un archivo Excel que contenía el cuestionario con las heurísticas y también se envió un enlace de acceso al prototipo interactivo de Figma. Posteriormente, cada uno de los evaluadores debía hacer una revisión exhaustiva del prototipo para poder evaluar la interfaz. La tabla 44 muestra la puntuación final de todos los evaluadores por cada principio heurístico, cabe aclarar que los valores mostrados corresponden a la puntuación por principio, asimismo en la fila inferior se observa la ponderación final de cada una de las evaluaciones, lo cual corresponde al porcentaje de usabilidad.

Tabla 44

Resultados de la evaluación heurística

Heurística	***E1***	***E2***	***E3***	***E4***
1. Visibilidad y estado del sistema	5	4,5	4,5	5
2. Conexión entre el sistema y el mundo real, uso de metáforas y objetos humanos	4	3,5	4	4
3. Control y libertad del usuario	2	1,5	1,5	2
4. Consistencia y estándares	6	5,5	6	6
5. Reconocimiento más que memoria, aprendizaje y anticipación	5	4,5	5	4,5
6. Flexibilidad y eficiencia del usuario	1	1	2	2
7. Prevención de errores	0	0,5	-	-
8. Diseño estético y minimalista	4	4	1	4
9. Ayuda y documentación	4	3,5	4	5
10. Color y legibilidad	3	3	3	2,5
11. Autonomía	1	1	-	1
Porcentaje de usabilidad	**95%**	**81%**	**97%**	**97%**

Al analizar los resultados, se puede observar cierta concordancia en la mayoría de los principios, sin embargo, el criterio de prevención de errores contó con dos muestras sin información, esto también puede relacionarse con que no se podía validar específicamente dicha funcionalidad.

Para finalizar, se observa que en general el SI presenta un buen nivel de usabilidad, con una media de 92,5% lo que indica un nivel de usabilidad alto. Esto muestra que el diseño del

prototipo es apropiado de manera funcional y por ende tiene potencial para ser implementado en etapas posteriores. Estos hallazgos representan un punto de partida para el desarrollo de otros sistemas que sean culturalmente inclusivos con comunidades indígenas.

Aunque el resultado de la evaluación heurística con expertos representa un punto de referencia, se reconoce que, en términos culturales, de aceptación comunitaria y apropiación tecnológica no se pueden establecer ningún tipo de conclusiones dado que la evaluación no se realizó con población indígena. Entonces es pertinente considerar en futuras investigaciones el desarrollo de evaluaciones funcionales con usuarios finales, siendo estas el punto de partida para la implementación y posterior despliegue del SI. Cabe resaltar que dichas pruebas no se realizaron dentro de este estudio ya que están fuera del alcance de la investigación.

Con referente a lo mencionado en el párrafo anterior, la interfaz propuesta cuenta con altos criterios de usabilidad, por lo cual integra los suficientes elementos para ser implementado. Bajo ese panorama es recomendable realizar posteriormente pruebas piloto con comunidades indígenas para validar la adhesión cultural, las métricas de diseño y generar lecciones aprendidas que faciliten la mejora continua y el desarrollo evolutivo del SI culturalmente inclusivos.

5.4.3. Metodología inclusiva derivada

Como parte del desarrollo de la investigación se logró identificar una serie de pasos que constituyeron los principales avances del presente estudio. Aunque la investigación estuvo respaldada por un proceso riguroso en cada una de las fases metodológicas aplicadas, la capacidad de síntesis permitió definir una serie de elementos a considerar a la hora de desarrollar interfaces de usuario inclusivas para comunidades indígenas.

Desde ese punto de vista, la propuesta metodológica integra tanto los hallazgos de las revisiones de literatura como los resultados del proceso de diseño y prototipado, reconociendo la importancia de articular las dimensiones tecnológicas, sociales y culturales. De este modo, se plantea una ruta que facilita la construcción de sistemas más equitativos, en donde la participación activa de las comunidades y la incorporación de sus saberes se convierten en principios centrales del proceso de diseño.

Como muestra, en la figura 22 se plasma un esquema de la metodología, la cual consta de cinco etapas. En la primera etapa se consideró el proceso investigativo que es clave para tener una contextualización del usuario, por ende, las herramientas que se deben contemplar son revisiones de literatura, análisis demográficos, inspección de fuentes secundarias como bases de datos y documentación de comunidades indígenas, la aplicación de encuestas y elaboración de entrevistas. En la etapa dos se busca identificar las necesidades del usuario valorando y clasificando las diversas proposiciones para seleccionar las más adecuadas.

En la etapa de diseño se deben aplicar los principios de inclusión y requerimientos de interfaz de usuario para construir prototipos integrales que se adapten a las habilidades del usuario final. La evaluación busca validar la efectividad del prototipo a partir de heurísticas de usabilidad con expertos en HCI, sin embargo, dentro de esta etapa se pueden incluir algunas interacciones con el usuario final. Por último, en la implementación se deben generar conexiones con las partes interesadas para la gestión de proyectos inclusivos y elaboración de pruebas piloto. Todos estos elementos deben estar enfocados en generar estrategias de apropiación tecnológica que incentive el uso de las tecnologías de la información a través de procesos de alfabetización digital, capacitación e inversión de infraestructura tecnológica.

Figura 22

Metodología para el desarrollo de sistemas de información inclusivos



La metodología descrita anteriormente, no solo responde a esta investigación, sino también constituyen un punto de partida para la aplicación de otros tipos de sistemas de información inclusivos. La flexibilidad de la propuesta permite llevarla a diversos contextos y comunidades indígenas de forma que se promueva la construcción de entornos digitales donde la diversidad cultural sea un valor agregado. Dicho esto, se abre la posibilidad de que futuros desarrollos tecnológicos integren esta perspectiva metodológica como un referente para garantizar la participación de comunidades indígenas y la equidad en el uso de las tecnologías digitales.

5.4.4. Conexiones entre actores

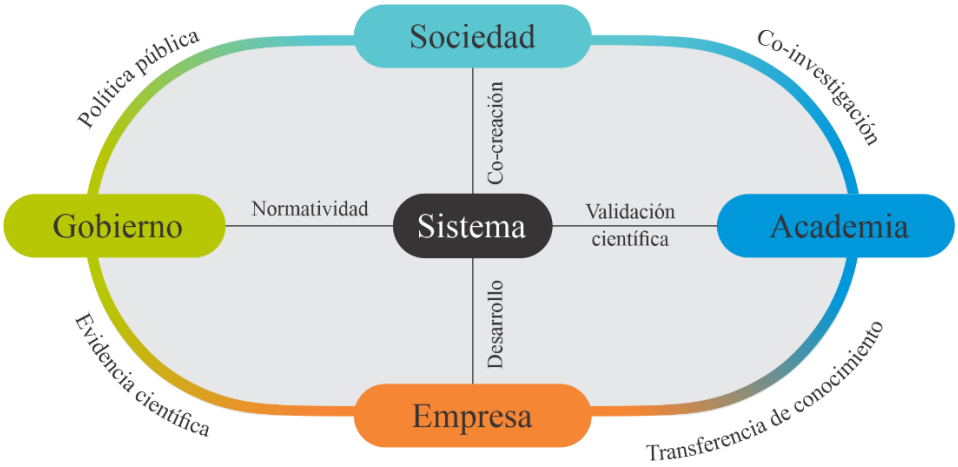
La estrecha relación entre actores como el gobierno, la sociedad, la academia y la empresa constituyen un eje central en el desarrollo de iniciativas inclusivas permitiendo articular saberes y lineamientos de cada arista. El diseño del prototipo se concibió desde su origen como un proceso

colaborativo, no solo por ser pensado desde la metodología del diseño centrado en el usuario sino también por la articulación con el OCyT y la universidad.

Conceptualmente la relación entre actores se puede representar gráficamente, en la figura 23 se pueden observar los actores con respecto al sistema y su respectiva relación de interacción. Dichas relaciones reflejan que el sistema se configura como un espacio de convergencia entre sectores, los cuales permean formas de retroalimentación diferenciadas.

Figura 23

Mapa de relaciones entre actores y el sistema



En ese orden de ideas es posible gestionar procesos de co-creación en donde las comunidades indígenas y la sociedad se reconocen como parte central del proceso gestionando la creación y gobernanza de contenido. La academia contribuye a la validación científica, la sistematización de conocimientos y la generación de contenido metodológico. La empresa fortalece la infraestructura, desarrollo y sostenibilidad técnica. Finalmente, el gobierno aporta lineamientos normativos, apoyo institucional y financiación.

Dicha articulación establece un modelo de gobernanza basada en la co-creación de valor, en donde la retroalimentación fluye de forma bidireccional, iterativa y continua, permitiendo que

el sistema se adapte a las necesidades reales de la sociedad, fortaleciendo la pertinencia cultural y garantizando su escalamiento continuo y sostenible.

5.4.5. Consideraciones para la implementación del SI

Tomando como referencia todos los aspectos de la presente investigación para lograr la conceptualización de una interfaz de usuario inclusiva, se evidenció una efectividad del 92.5% según heurísticas de usabilidad. No obstante, la materialización del prototipo en un SI funcional y operativo requiere de validación con usuarios finales, especialmente con comunidades indígenas. Bajo esa perspectiva se plantean algunas consideraciones para el posterior desarrollo e implementación, aunque se debe tener en cuenta que la adaptabilidad de este tipo de sistemas no debe entenderse como un proceso de replicación directa debido a las diferencias lingüistas, organizativas, territoriales y culturales de todas las comunidades indígenas.

Partiendo del ciclo de vida de desarrollo de software, que contribuye al diseño y desarrollo de productos de software de alta calidad (Rastogi, 2015) suelen considerarse cinco etapas: el análisis, diseño, desarrollo, pruebas e implementación. La fase de análisis contempla el levantamiento de requerimientos de software; el diseño considera la arquitectura del producto que se está desarrollando; el desarrollo consiste en la construcción del producto a partir de la generación del código; las pruebas buscan verificar si el producto cumple con las especificaciones de los requisitos; finalmente la implementación se relaciona con el despliegue del sistema en su entorno real (Shylesh S, 2017).

Para efectos de implementar un SI inclusivo habría que ejecutar todas las etapas del ciclo de vida del software. Lo más pertinente sería desarrollar un proyecto piloto con una o dos comunidades indígenas de manera que se puedan identificar lecciones aprendidas en cada etapa del desarrollo del sistema. Como punto de partida para la implementación, se deberían considerar

los requerimientos que se han definido en este trabajo para poder ser integrados con las demás fases del ciclo del software. Por ende, en la tabla 44 se especifican algunos elementos que se deben realizar para cada fase.

Tabla 45

Recomendaciones por etapas según el ciclo de vida del software

Etapa	***Recomendaciones***	***Involucrados***
Análisis	• Delimitar el alcance del SI.	OCyT
	• Definir los perfiles de usuarios y roles en el SI.	OCyT y Com.
	• Analizar los requerimientos inclusivos planteados en este trabajo.	Dev y Com.
	• Complementar los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.	Dev y Com.
	• Determinar el tipo de conocimiento que puede publicarse y su validación.	Com.
Diseño	• Elaborar la arquitectura del sistema.	OCyT y Dev
	• Determinar la infraestructura, conectividad, almacenamiento y seguridad.	OCyT y Dev
	• Definir la incorporación de idiomas, traducciones y audios.	OCyT, Univ y Com
	• Definir las acciones de cada rol	OCyT
Desarrollo	• Selección del lenguaje de programación	OCyT y Dev
	• Selección de frameworks y herramientas	Dev
	• Desarrollo de las funcionalidades del sistema	Dev
Pruebas	• Elaboración de pruebas unitarias y de integración	Dev y Univ
	• Pruebas de seguridad, protección de datos y acceso de información	Dev, Com y Univ
	• Validación de funcionales y usabilidad	Univ, Com
	• Validación de contenidos	Univ, Com
Implementación	• Migración de información autorizada y validada	Dev
	• Capacitación a usuarios en el uso del SI	OCyT, Univ y Com
	• Realizar seguimiento a las operaciones	OCyT
	• Incorporar progresivamente contenido nuevo	OCyT, Com, y Univ

Nota: Abreviación de Comunidades: Com; universidad: Univ; desarrolladores: Dev

Las recomendaciones permiten establecer una ruta para la transición del prototipo conceptual hacia un producto final. La elección de una o dos comunidades como parte de la prueba piloto está dada en reducir la incertidumbre de apropiación tecnología, pues como bien se ha

mencionado existen diferencias lingüísticas, cosmológicas, culturales y territoriales entre comunidades, lo cual dificultaría en una primera instancia el desarrollo del SI con múltiples actores. Aunque para efectos de la implementación con posteriores proyectos es posible conservar elementos tecnológicos, funcionales y conceptuales del sistema, lo que indica que ya existiría una base sólida y modular para ser replicable o adaptable.

A grandes rasgos algunos aspectos que podrían ser reutilizables serían la arquitectura tecnológica, la estructura general de navegación, la gestión de usuarios, mecanismos de retroalimentación y la estructura de los datos. Dentro de los elementos que podrían requerir adaptación o personalización según la comunidad serían: el idioma, traducciones, iconografía, colores, niveles de acceso y el contenido.

Teniendo en cuenta el contenido y el tipo de información que se pretenda publicar en el SI, sería recomendado definir categorías de información pública, restringida y sensible, así como los responsables de autorizar dichas publicaciones, esto garantizaría el respeto y pertinencia cultural del sistema. De igual manera debe garantizarse la protección de datos personales y la identificación de procedencia de los contenidos pues como bien se ha mencionado el desarrollo de las comunidades no es semejante entre todas.

La implementación del SI debe ir coordinada por una serie de interacciones entre el OCyT, las comunidades y las universidades. El OCyT deberá ser el encargado de gestionar cada una de las recomendaciones planteadas dentro del ciclo de vida del software, garantizando la calidad y satisfacción de los usuarios. Las comunidades deben tomar partida en el desarrollo, estableciendo los flujos de comunicación, publicación, validación y edición de la información, así como de las pruebas funcionales del sistema. La universidad apoya en la selección de contenidos y herramientas especializadas.

Si bien podrían existir algunos riesgos relacionados con la implementación del sistema, dentro de ellos habría que plantear alianzas estratégicas con cabildos y universidades para evitar una baja participación comunitaria. Habría que realizar de forma rigurosa una validación de traducciones y audios teniendo en cuenta que el lenguaje indígena es verbal y no escrito, lo cual podría reducir o potencializar el uso del SI. Finalmente se deben definir rutas de aprendizaje en donde se enseñe el uso adecuado del sistema.

De manera puntual, para la implementación del SI se deben seguir las cinco etapas del ciclo de vida del software, las cuales relacionan una serie de actividades estratégicas y técnicas. El apoyo entre todos los actores facilita la creación de equipos multidisciplinarios capaces de responder de manera integra a todos los hallazgos identificados garantizando la efectividad del proyecto y la adaptación del SI en el entorno real.

6. Conclusiones

Esta investigación reconoce la necesidad de abordar sistemas inclusivos para comunidades indígenas, como parte de contribuir a la brecha digital que desconoce el uso de los medios de comunicación hacia personas culturalmente diversas (de Almeida Neris et al., 2021; Kirklies et al., 2024; Priyadharma, 2024). Como resultado, este trabajo respondió a un modelo centrado en el usuario donde se realizó una revisión sistemática, entrevistas, una contextualización de los pueblos indígenas de Colombia, el diseño conceptual de un prototipo y la evaluación de los resultados.

Los resultados obtenidos contribuyeron al cumplimiento del objetivo general y específicos de la investigación, la cual estaba orientada a desarrollar conceptualmente un prototipo de interfaz de usuario inclusiva con comunidades indígenas para el SI científico y tecnológico del OCyT. En consecuencia, se lograron alcanzar los siguientes resultados:

En primer lugar, no se evidenciaron estudios en la literatura que estuvieran enmarcados hacia población étnica o indígena, lo cual destaca la necesidad de diseñar sistemas adaptados a la cultura y necesidades de esta población. Estos esfuerzos deberían ir más allá de garantizar el acceso a la tecnología con equipos e infraestructura, sino que trascienda a integrar las habilidades y conocimientos como un elemento central para incentivar el uso de las TIC.

A partir de una revisión de literatura, el análisis del contexto indígena y la elaboración de entrevistas se lograron identificar elementos que deben ser considerados en el diseño de SI culturalmente diversos. En ese sentido se encontró que la inclusión no se limita a aspectos técnicos o de la interfaz, sino que también comprende de fondo los medios de expresión, la cultura y la gestión del conocimiento. Por consiguiente, la generación de los lineamientos para un sistema

indígena tiene origen en la forma como se transmite el conocimiento, el lenguaje nativo, la simbología y el marco legal.

No obstante, en la contextualización de los pueblos indígenas se evidenció que entre comunidades hay diferencias significativas, por lo cual no sería coherente diseñar un único sistema que las abarque a todas al mismo tiempo. Por eso el planteamiento de esta investigación debe entenderse como un punto de referencia y no como un modelo único que se aplique transversalmente a todas las comunidades.

Como parte del diseño conceptual del prototipo se lograron articular principios de inclusión, de accesibilidad web y de diseño web para construir una propuesta que integra los requerimientos mínimos para un sistema indígena. Por ello el prototipo constituye un primer acercamiento que cubre las necesidades de un SI enfocado en el ámbito científico y tecnológico, en donde se buscaba gestionar el conocimiento entre la sociedad, las comunidades y el OCyT dentro de un modelo de ciencia abierta.

Cabe resaltar que para crear el prototipo se definieron especificaciones de diseño bajo marcos de diseño inclusivo, pudiéndose obtener un total de 24 necesidades del SI en función de las categorías socioculturales, accesibilidad, técnicas y emocional. Adicionalmente de se construyeron 23 métricas de tipo funcional y/o operativo para el desarrollo del SI. Estos elementos sirven como referente para medir la eficiencia del sistema en un entorno real. Sin embargo, en este trabajo no se realizó dicha medición porque el prototipo era de tipo funcional y no programable.

La validación del prototipo respondió a un modelo heurístico en donde los evaluadores eran expertos en HCI, como resultado se encontró una efectividad de usabilidad del 92.5%, lo cual representa un indicador superior. A pesar de que el resultado de la evaluación fue favorable, esta no comprende el uso integral del sistema dadas las limitaciones del prototipo. Adicionalmente no

se contempló ninguna validación de tipo cultural y de aceptación tecnológica con población indígena. Por consiguiente, es pertinente continuar en el desarrollo funcional del sistema para la debida implementación, así como, incluir evaluaciones funcionales y pruebas piloto con usuarios finales en proyectos posteriores.

Como consecuencia de todo el proceso investigativo, se consolidó un marco metodológico inclusivo que comprende cinco etapas, la investigación, identificación, diseño, evaluación y la implementación. Sin embargo, dentro de este marco debe considerarse la apropiación tecnológica como una parte integral que garantice el uso y dominio de las aplicaciones digitales por los miembros de las comunidades, a fin de contribuir en la brecha digital existente que excluye a comunidades culturalmente diversas.

Por último, se encontró una articulación entre diversos actores, tales como el gobierno, la sociedad, la academia y la empresa, donde se generan beneficios colectivos de conocimiento, generación de normativas, propiedad intelectual e investigación, que son relevantes para la existencia de sistemas culturalmente inclusivos. Dentro de este enfoque se debe brindar especial atención a la participación comunitaria, facilitando su participación de inicio a fin para garantizar la pertinencia cultural.

A partir de los resultados obtenidos se estableció una ruta de implementación en torno al ciclo de vida del software. Esta ruta permite orientar la transición de un prototipo a un producto funcional dentro de una serie de etapas y actividades que buscan mantener la calidad y la participación entre actores. La ruta propuesta constituye una recomendación para proyectos posteriores, dado que el alcance de la investigación no comprendía el desarrollo e implementación.

Este proyecto también permitió establecer una relación entre la revisión conceptual, la caracterización del contexto, la información obtenida de miembros de comunidades indígenas y

las decisiones de diseño. De este modo se permitió pasar de elementos generales identificados en la literatura a consideraciones específicas para un sistema, visto desde un marco experimental. Este aporte constituye un referente para diseñar SI inclusivos con poblaciones culturalmente diversas como los pueblos indígenas de Colombia.

De manera semejante se demuestra la pertinencia de la investigación al abordar el diseño de SI desde una perspectiva interdisciplinaria que articula aspectos de HCI, SI, diseño inclusivo y consideraciones culturales. Como resultado no solo se plasma un prototipo conceptual, sino también una serie lineamientos, especificaciones de diseño, métricas, criterios inclusivos, marco metodológico, conexión entre actores y un plan de implementación que pueden servir como punto de partida para el desarrollo posterior de un SI con sentido social y orientado en el usuario final. Abriéndose la posibilidad de alternativas que respondan a las necesidades de las comunidades indígenas, pero sobre todo que se acomode con las tradiciones, la cultura, el lenguaje y las capacidades.

7. Recomendaciones

Si bien este trabajo proporciona una base para futuras investigaciones, se reconoce que es importante abordar con gran detalle un estudio semiótico de simbología indígena para grupos de comunidades, permitiendo integrar los símbolos en composiciones que sirvan de referencia en el uso de los sistemas y aplicaciones digitales.

También se recomienda avanzar en un estudio que defina un proceso de alfabetización digital, reconociendo las limitaciones de accesibilidad y capacidades digitales de las comunidades indígenas. Esto garantizaría el éxito de uso y apropiación de las TIC, que a su vez impulsa la equidad digital en Colombia.

Para dar continuidad al prototipo conceptual planteado, se recomienda realizar un proyecto piloto de desarrollo de software que permita materializar la propuesta en un sistema funcional. Este trabajo deberá partir de los lineamientos definidos y avanzar en las fases del ciclo de vida del software. Asimismo, esta implementación debe estar articulada con la participación del OCyT y la universidad para llegar a concretar alianzas con comunidades indígenas y así garantizando así su participación en futuras iniciativas.

. Igualmente se sugiere que la participación de las comunidades se realice durante todo el ciclo de diseño e implementación, de esta forma la validación no solo se daría funcionalmente en el producto sino también en la conveniencia del contenido. Esto permitiría identificar necesidades que no pueden ser determinadas únicamente mediante revisión documental y fortalecería la conveniencia del sistema.

Finalmente, futuras investigaciones podrían abordar con mayor profundidad la incorporación de lenguas indígenas articulando tecnologías digitales y de inteligencia artificial para proveer un método estandarizado de traducción y reproducción de audio con lenguas indígenas. Esto vendría a ser un eje central para garantizar el funcionamiento y adhesión de los SI, además de contribuir a la preservación de dichos idiomas.

Lista de referencias

Abbasi, R., Farzandipour, M., Rahimi, H., Gong, Y., & Nabovati, E. (2024). A heuristic evaluation of a pharmacy surveillance information system. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, *24*(1). https://doi.org/10.1186/s12911-024-02786-8

Alahmadi, D., Babour, A., Saeedi, K., & Visvizi, A. (2020). Ensuring inclusion and diversity in research and research output: A case for a language-sensitive NLP crowdsourcing platform. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(18). https://doi.org/10.3390/APP10186216

Alcaraz Martínez, R., Turró, M. R., & Granollers Saltiveri, T. (2022). Methodology for heuristic evaluation of the accessibility of statistical charts for people with low vision and color vision deficiency. *Universal Access in the Information Society*, *21*(4), 863–894. https://doi.org/10.1007/s10209-021-00816-0

Al-Mamary, Y. H., Shamsuddin, A., & Aziati, N. (2014a). The Role of Different Types of Information Systems In Business Organizations : A Review. *International Journal of Research (IJR)*, *1*(7).

Al-Mamary, Y. H., Shamsuddin, A., & Aziati, N. (2014b). The Role of Different Types of Information Systems In Business Organizations : A Review. *International Journal of Research (IJR)*, (1).

Amador-Mercado, C. Y. (2022). El análisis PESTEL. In *Publicación semestral* (Vol. 4, Number 8). https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/issue/archive

Andersson, S. R., Hassanen, S., Momanyi, A. M., Onyango, D. K., Gatwechi, D. K., Lutukai, M. N., Aura, K. O., Mungai, A. M., & Chandani, Y. K. (2021). Using Human-Centered Design to Adapt Supply Chains and Digital Solutions for Community Health Volunteers in Nomadic

Communities of Northern Kenya. *Global Health: Science and Practice*, *9*. www.ghspjournal.org

Artesanías de Colombia. (2020). *Cartilla de simbología Sikuani*.

Aslanoğlu, R., Chrobak, G., van Hoof, J., Perek-Białas, J. M., Ivan, L., Tavy, Z. K. C. T., Maj, M., & Kazak, J. K. (2024). A Roadmap for the Design of a Public-participation Geographic-Information System to Support Urban Ageing. *Geomatics and Environmental Engineering*, *18*(5), 113–134. https://doi.org/10.7494/geom.2024.18.5.113

Ballestas Rincón, L. H. (2010). *Las formas esquemáticas del diseño precolombino de Colombia : relaciones formales y conceptuales de la gráfica en el contexto cultural colombiano*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2021, July 2). *Pueblos indígenas, ciencia y tecnología*. Https://Www.Iadb.Org/Es/Blog/Genero-y-Diversidad/Pueblos-Indigenas-Ciencia-y-Tecnologia.

Baumer, D., Bischofberger, W. R., Lichter, H., & Zullighoven, H. (1996). *User Interface Prototyping- Concepts, tools and experience*.

Bermúdez Tocora, A. L., & Ochoa Urrego, R. L. (2013). *Propuesta metodológica para la inclusión tecnológica de la Comunidad Indígena Wayuu* (Vol. 13).

Bernal Camargo, D. R., & Murillo Paredes, A. D. (2012). El acceso de los pueblos indígenas a las tecnologías. *Derecho y Realidad*.

Bittencourt, B. A., & Figueiró, P. S. (2019). Innovation ecosystems articulation and shared value creation. *Cadernos EBAPE.BR*, *17*(4), 1002–1015. https://doi.org/10.1590/1679-395174403x

Bustamante-León, M., Herrera, P., Domínguez-Granda, L., Schellens, T., Goethals, P. L. M., Alejandro, O., & Valcke, M. (2022). The Personalized and Inclusive MOOC: Using Learning Characteristics and Quality Principles in Instructional Design. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(22). https://doi.org/10.3390/su142215121

Cañizares, J. C. M., Rojas, J. C., & Acuña, A. (2023). Idea generation and integration method for inclusion and integration teamwork. *Frontiers in Education*, *8*. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1009269

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2009). "Mode 3" and "Quadruple Helix": Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. In *International Journal of Technology Management* (Vol. 46, Numbers 3–4, pp. 201–234). Inderscience Publishers. https://doi.org/10.1504/ijtm.2009.023374

Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2010). Triple helix, Quadruple helix and Quintuple helix and how do Knowledge, Innovation and the Environment relate to Each other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, *1*(1), 41–69. https://doi.org/10.4018/jsesd.2010010105

Carroll, S. R., Garba, I., Plevel, R., Small-Rodriguez, D., Hiratsuka, V. Y., Hudson, M., & Garrison, N. A. (2022). Using Indigenous Standards to Implement the CARE Principles: Setting Expectations through Tribal Research Codes. *Frontiers in Genetics*, *13*. https://doi.org/10.3389/fgene.2022.823309

Chen, K., Shao, A., Burapacheep, J., & Li, Y. (2024). Conversational AI and equity through assessing GPT-3's communication with diverse social groups on contentious topics. *Scientific Reports*, *14*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-51969-w

Coyette, A., Kieffer, S., & Vanderdonckt, J. (2007). Multi-fidelity Prototyping of User Interfaces. In *LNCS* (Vol. 4662).

Cuesta Moreno, O. J. (2018). Trabajos sobre indígenas y territorio en Colombia, estado de la cuestión. *Revista Latina de Sociología*, *8*(3), 61–75. https://doi.org/10.17979/relaso.2018.8.3.3345

Dane. (2019). *Población Indígena de Colombia*.

Dane. (2023). *Mercado Laboral de los Grupos Étnico-Raciales*.

DANE. (2025). *Producto Interno Bruto por Departamento*.

Davis, C. C., & Choisy, P. (2024). Medicinal plants meet modern biodiversity science. In *Current Biology* (Vol. 34, Number 4, pp. R158–R173). Cell Press. https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.12.038

de Almeida Neris, V. P., Fortuna, F., Bonacin, R., de Alencar, T. S., de Oliveira Neris, L., & Baranauskas, M. C. C. (2021). Addressing Brazilian diversity in personal computing systems with a tailoring-based approach. *Personal and Ubiquitous Computing*, *25*(2), 297–319. https://doi.org/10.1007/s00779-020-01444-w

Fabiano, E., Schulz, C., & Martín Brañas, M. (2021). Wetland spirits and indigenous knowledge: Implications for the conservation of wetlands in the Peruvian Amazon. *Current Research in Environmental Sustainability*, *3*. https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100107

FILAC. (2023, March 9). *Brecha digital afecta más a mujeres indígenas, por ello se debe promover el acceso y capacitación en TIC*.

Función Pública. (2023). *Ley 2294 de 2023*.

Gebara, M. F., Ramcilovic-Suominen, S., & Schmidlehner, M. F. (2023). Indigenous Knowledge in the Amazon's Bioeconomy: Unveiling Bioepistemicide through the case of Kambo Medicine. *Forest Policy and Economics*, *154*. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.103012

Goggin, G., Ellis, K., & Hawkins, W. (2019). Disability at the centre of digital inclusion: assessing a new moment in technology and rights. *Communication Research and Practice*, *5*(3), 290–303. https://doi.org/10.1080/22041451.2019.1641061

Gomez, G., & Wakes, S. (2022). *An inclusive design framework for novice students doing bioengineering and rehabilitation design*. *7*.

Gonzalez Capdevila, M., Pistili Rodrigues, K. A., Sartório Furlan, T. A., & Granollers, T. (2025). Quantifying heuristic evaluation. *Computer Standards and Interfaces*, *92*. https://doi.org/10.1016/j.csi.2024.103891

González, M., Masip, L., Granollers, A., & Oliva, M. (2009a). Quantitative analysis in a heuristic evaluation experiment. *Advances in Engineering Software*, *40*(12), 1271–1278. https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2009.01.027

González, M., Masip, L., Granollers, A., & Oliva, M. (2009b). Quantitative analysis in a heuristic evaluation experiment. *Advances in Engineering Software*, *40*(12), 1271–1278. https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2009.01.027

González Rendón, J. C., & Castañeda Arango, R. A. (2023). *Conectividad a Internet para el progreso rural Presentado Por*.

Göttgens, I., Sleutjes, J. A. M., Boerner, K. E., Sialino, L. D., & Valdrighi, N. (2023). A genderful research world: rapid review, design, and pilot study of an interactive platform for curated sex and gender health research resources. *International Journal for Equity in Health*, *22*(1). https://doi.org/10.1186/s12939-023-01899-2

Granollers, T. (2018). Usability Evaluation with Heuristics, Beyond Nielsen's List. *The Eleventh International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*.

Guido Guevara, S. P., García Ríos, D. P., Lara Guzman, G. A., Jutinicio Fernández, M., Benavides Cortés, A. L., Delgadillo Cely, I. S., Sandoval Guzmán, B., & Bonilla García, H. A. (2013). *Experiencias de educación indígena en Colombia : entre prácticas pedagógicas y políticas para la educación de grupos étnicos* (Universidad Pedagógica Nacional, Ed.).

Guner, H., & Acarturk, C. (2020). The use and acceptance of ICT by senior citizens: a comparison of technology acceptance model (TAM) for elderly and young adults. *Universal Access in the Information Society*, *19*(2), 311–330. https://doi.org/10.1007/s10209-018-0642-4

Hadasik, B., & Mach-Król, M. (2024). On Enhancing the COVID-19 Certification System for the Digitally-Illiterate People Inclusion in the European Union. *Digital*, *4*(1), 182–194. https://doi.org/10.3390/digital4010009

Hasche, N., Höglund, L., & Linton, G. (2020). Quadruple helix as a network of relationships: creating value within a Swedish regional innovation system. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, *32*(6), 523–544. https://doi.org/10.1080/08276331.2019.1643134

Herrera Nieves, L., Crisol Moya, E., & Montes Soldado, R. (2019). A MOOC on universal design for learning designed based on the UDL paradigm. In *Australasian Journal of Educational Technology* (Number 6).

Hong, H. (2021). Research on Campus Education Information System Based on Internet of Things and Artificial Intelligence Decision. *Wireless Communications and Mobile Computing*, *2021*. https://doi.org/10.1155/2021/8626890

Hvannberg, E. T. (2015). Identifying and explicating knowledge on method transfer: a sectoral system of innovation approach. *Universal Access in the Information Society*, *14*(2), 187–202. https://doi.org/10.1007/s10209-013-0340-1

ISO 9241-210. (2010). *Ergonomics of human-system interaction-Human-centred design for interactive systems*.

ISO/IEC/IEEE 29148. (2011). *Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering*.

Jamioy Muchavisoy, J. N. (1997). *LOS SABERES INDIGENAS SON PATRIMONIO DE LA HUMANIDAD*.

Jennings, L., Anderson, T., Martinez, A., Sterling, R., Chavez, D. D., Garba, I., Hudson, M., Garrison, N. A., & Carroll, S. R. (2023). Applying the 'CARE Principles for Indigenous Data Governance' to ecology and biodiversity research. In *Nature Ecology and Evolution* (Vol. 7, Number 10, pp. 1547–1551). Nature Research. https://doi.org/10.1038/s41559-023-02161-2

Karpov, A. A., & Yusupov, R. M. (2018). Multimodal Interfaces of Human–Computer Interaction. In *Herald of the Russian Academy of Sciences* (Vol. 88, Number 1, pp. 67–74). Pleiades Publishing. https://doi.org/10.1134/S1019331618010094

Kim, H. K., & Han, S. H. (2017). Defining and classifying IT interaction disability. *Behaviour and Information Technology*, *36*(4), 422–434. https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1240233

Kim-keung, J. H. (2014). Formulation of a Systemic PEST Analysis for Strategic Analysis. *EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH*. www.euacademic.org

King, S. R., Carlson, T. J., & Moran, K. (1996). Biological diversity, indigenous knowledge, drug discovery and intellectual property rights: creating reciprocity and maintaining relationships. *Journal of Ethnopharmacology*, *51*, 45–57.

Kirklies, P. C., Neumann, O., & Hohensinn, L. (2024). Promoting digital equality in co-production: The role of platform design. *Government Information Quarterly*, *41*(1). https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101903

Krug, S. (2014). *Don't Make Me Think, Revisited A Common Sense Approach to Web Usability*. New riders. www.newriders.com

Kvikne, B., & Berget, G. (2024). 'Everything is different': the impact of acquiring aphasia on information seeking. *Information Research an International Electronic Journal*, *29*(3), 2–16. https://doi.org/10.47989/ir293814

Landaburu, J. (1999). *Clasificación de las lenguas indígenas de Colombia*.

Landaburu, J. (2005). *Las lenguas indígenas de Colombia: presentación y estado del arte*.

Landaburu, J. (2016). *LAS LENGUAS INDÍGENAS DE COLOMBIA Y DEL AMAZONAS COLOMBIANO: SITUACIONES, PERSPECTIVAS*. http://www.

Lei, Z., Zhou, H., Hu, W., & Liu, G. P. (2022). Toward an international platform: A web-based multi-language system for remote and virtual laboratories using react framework. *Heliyon*, *8*(10). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10780

Leiva, L. A., Shiripour, M., & Oulasvirta, A. (2023). Modeling how different user groups perceive webpage aesthetics. *Universal Access in the Information Society*, *22*(4), 1417–1424. https://doi.org/10.1007/s10209-022-00910-x

Li, J., Crilly, N., & Kristensson, P. O. (2024). Guiding the Design of Inclusive Interactive Systems: Do Younger and Older Adults Use the Same Image-Schematic Metaphors? *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. https://doi.org/10.1145/3648618

Llorente, J. C., Kantasalmi, K., De Dios, J., & Publicado, S. (2010). *APROXIMANDO EL CONOCIMIENTO INDÍGENA COMPLEJIDADES DE LOS PROCESOS DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD DE HELSINKI*.

Mager, M., & Meza, I. (2021). Retos en construcción de traductores automáticos para lenguas indígenas de México. *Digital Scholarship in the Humanities*, *36*, I43–I48. https://doi.org/10.1093/llc/fqz093

Mapedza, E., Huyer, S., Chanana, N., Rose, A., Jacobs-Mata, I., Mudege, N. N., Homann-Kee Tui, S., Gbegbelegbe, S., Nsengiyumva, G., Mutenje, M., & Nohayi, N. (2023). Framework for Incorporating Gender Equality and Social Inclusion (GESI) Elements in Climate Information Services (CIS). *Sustainability (Switzerland)*, *15*(1). https://doi.org/10.3390/su15010190

Marchesani, F., & Ceci, F. (2025). A quadruple helix view on smart city: Exploring the effect of internal and external open innovation on public services digitalization. *Technovation*, *139*. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2024.103141

Mardero, S., Schmook, B., Calmé, S., White, R. M., Joo Chang, J. C., Casanova, G., & Castelar, J. (2023). Traditional knowledge for climate change adaptation in Mesoamerica: A systematic review. In *Social Sciences and Humanities Open* (Vol. 7, Number 1). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100473

Martínez Dominguez, M., & Gómez Navarro, D. Á. (2023). Brecha digital en la población indígena de Oaxaca. *InMediaciones de La Comunicación*, *19*(1), 239–263. https://doi.org/10.18861/ic.2024.19.1.3557

McDonald, N., Massey, A., & Hamidi, F. (2023). Elicitation and Empathy with AI-enhanced Adaptive Assistive Technologies (AATs): Towards Sustainable Inclusive Design Method

Education. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, *11*(2), 78–99. https://doi.org/10.54337/ojs.jpblhe.v11i2.7667

Meers, J. (2024). Discrimination at the Interface: The Equality Act 2010 and Platform Interface Design. *Modern Law Review*, *87*(3), 640–669. https://doi.org/10.1111/1468-2230.12855

Meza, J., Jimenez-Pacheco, P., Vaca-Cardenas, L., & Munoz, E. (2024). Cognitive Urban Planning Enhancing Decision-Making in Local Governments. *Digital Government: Research and Practice*, *5*(3). https://doi.org/10.1145/3696008

Milla Euribe, Z. (2008). *Introducción a la semiótica del diseño andino precolombino*. Asociación de investigación y comunicación cultural Amaru Wayra.

Mingorance, F., Minelli, F., Le Du, H., & Olsen, V. (2008). *Marco legal para los derechos de los pueblos indígenas en Colombia*. http://www.hrev.org

Ministerio de Cultura de Colombia. (2022). *Plan decenal de lenguas nativas de Colombia*.

Minsalud. (2020). *Boletines Poblacionales 1 : Población Indígena Oficina de Promoción Social*.

MinTIC. (n.d.). *Juntas de internet comunidades de conectividad*. Retrieved May 31, 2026, from https://mintic.gov.co/micrositios/comunidades-conectividad/846/w3-channel.html

MinTic. (2020). *Resolución 1519 del 2020*.

MinTIC. (2024, December). *Alfabetización digital la ambiciosa iniciativa del Ministerio TIC en las zonas rurales de Colombia*. https://iniciacontic.gov.co/776/w3-article-399588.html

Miraz, M. H., Ali, M., & Excell, P. S. (2017). Cultural, economic and societal impacts on users' behaviour and mobile broadband adoption trends. *Annals of Emerging Technologies in Computing*, *1*(1), 34–44. https://doi.org/10.33166/AETiC.2017.01.005

Miraz, M. H., Ali, M., & Excell, P. S. (2021). Adaptive user interfaces and universal usability through plasticity of user interface design. In *Computer Science Review* (Vol. 40). Elsevier Ireland Ltd. https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100363

Miraz, M. H., Excell, P. S., & Ali, M. (2021). Culturally Inclusive Adaptive User Interface (CIAUI) Framework: Exploration of Plasticity of User Interface Design. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, *20*(1), 199–224. https://doi.org/10.1142/S0219622020500455

Montaño Ruiz, M. (2023). *Chamanes, caciques y seres mitológicos representados en el arte cerámico de la cultura Tumaco- La Tolita, en el Periodo Regional Clásico*.

Muñoz Burbano, F. A. (2020). Las manillas como tejido del pensamiento del pueblo Inga. *Revista Historia de La Educación Colombiana*, *24*(24), 155–180. https://doi.org/10.22267/rhec.202424.77

Muñoz Pabón, M. A., & Majerowicz Nieto, S. (2021). *Etnoeducación y Educación Indígena Propia en Colombia: Un Análisis de los Resultados de Calidad y Eficiencia Educativa*.

Nguyen Ngoc, H., Lasa, G., & Iriarte, I. (2022). Human-centred design in industry 4.0: case study review and opportunities for future research. In *Journal of Intelligent Manufacturing* (Vol. 33, Number 1, pp. 35–76). Springer. https://doi.org/10.1007/s10845-021-01796-x

Nielsen, J., & Molich, R. (1990). *HEURISTIC EVALUATION OF USER INTERFACES*.

Núñez Álvarez, Y. S., Apraez Soto, J., & Alvarez Daza, M. J. (2025). Desigualdad digital y riesgos cibernéticos en comunidades indígenas de Colombia: desafíos para la resiliencia tecnológica. *Documentos De Trabajo ECBTI*.

OcyT. (n.d.). *Información Institucional*.

Oficina Internacional del trabajo. (2014). *Convenio Núm. 169 sobre pueblos indígenas y tribales*.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la C. y la C. (2021). *Recomendación de la UNESCO sobre la Ciencia Abierta*.

Organización Nacional Indígena de Colombia. (n.d.). *Gobierno propio*.

Organización Nacional Indígena de Colombia. (2015). *65 Lenguas Nativas de las 69 en Colombia son Indígenas*.

Park, J., Kang, D., & Eun, S. D. (2024). Creating a Rehabilitation Sports Public Service Information Systems Using Service Design Thinking: Physical Activity Management of the Disabled after Discharge in the Republic of Korea. *Healthcare (Switzerland), 12*(5). https://doi.org/10.3390/healthcare12050594

Pellas, N. (2018). Is the flipped classroom model for all? Correspondence analysis from trainee instructional media designers. *Education and Information Technologies*, *23*(2), 757–775. https://doi.org/10.1007/s10639-017-9634-x

Peršić, A., & Straza, T. (2023). *Open science for all*.

Priyadharma, S. (2024). "Periphery-Centric" Approach as a Tactic for Everyday Digital In- and Exclusion of Indonesian Villages. *Media and Communication*, *12*. https://doi.org/10.17645/mac.8162

Raheem, S., Addo, A., Shaffakat, S., & Lunberry, D. (2024). Designing for financial inclusion in developing countries: Digital financial service for low-income women in Ghana. *Information Society*. https://doi.org/10.1080/01972243.2024.2382802

Ramírez-Cruz, H., & Rojas, J. F. C. (2021). Introduction: Linguistic diversity and endangered languages research. *Forma y Funcion*, *34*(2). https://doi.org/10.15446/FYF.V34N2.96558

Rangraz Jeddi, F., Nabovati, E., Bigham, R., & Farrahi, R. (2020). Usability evaluation of a comprehensive national health information system: A heuristic evaluation. *Informatics in Medicine Unlocked*, *19*. https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100332

Rastogi, V. (2015). Software Development Life Cycle Models-Comparison, Consequences. In *IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies* (Vol. 6, Number 1). www.ijcsit.com168

Rupprecht, D., Blum, R., & Bomsdorf, B. (2014). User Centered Inclusive Design for People with Dyslexia: Experiences from a Project on Accessibility. In *LNCS* (Vol. 8742).

Salas, M. A., & Tillmann, H. J. (2004). *Indigenous Knowledge and Peoples (IKAP) Network on Capacity Building in MMSEA*.

Sarku, R., Addi, F., & Attoh, E. (2025). Improving the usability of new ICTs for the provision of climate information services for farming in Ghana. *Climate Services*, *37*. https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100535

Shylesh S. (2017). *A Study of Software Development Life Cycle Process Models*. https://ssrn.com/abstract=2988291

Sibaja Cuello, O. L. (2025). Estrategia para Fortalecer el Uso de las TIC en la Formación, la Producción y la Difusión Cultural del Cabildo Indígena Martín Roqueme. *Acta ScientiÆ InformaticÆ*, *9*(2). https://doi.org/10.21897/26192659.4190

Sitbon, L., & Farhin, S. (2017). Co-designing interactive applications with adults with intellectual disability: A case study. *ACM International Conference Proceeding Series*, 487–491. https://doi.org/10.1145/3152771.3156163

Snyder, C. (2003). *Paper prototyping, the fast and easy way to design and refine user interfaces* (Morgan Kaufmann Publishers, Ed.).

Suárez Higuera, E. G. (2020). *Una reinterpretación pictográfica de la espiral en algunas culturas indígenas de Colombia*. 433–469.

Sulastri, R., Janssen, M., van de Poel, I., & Ding, A. (2024). Transforming towards inclusion-by-design: Information system design principles shaping data-driven financial inclusiveness. *Government Information Quarterly*, *41*(4). https://doi.org/10.1016/j.giq.2024.101979

Tan, D. Y., & Cheah, C. W. (2021). Developing a gamified AI-enabled online learning application to improve students' perception of university physics. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *2*. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100032

Teixeira, P., Eusébio, C., & Teixeira, L. (2024). Understanding the integration of accessibility requirements in the development process of information systems: a systematic literature review. *Requirements Engineering*. https://doi.org/10.1007/s00766-023-00409-8

Téllez-Navarro, R. F., Blanco-Blanco, J., & Merchán-Lopez, C. T. (2024). Educación indígena en Colombia. *Saber, Ciencia y Libertad*, *19*(1), 347–371. https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2024v19n1.11411

Tognazzini, B. (2014, March 5). *First principles, hci design*. Human Computer Interaction (HCI), Principles of HCI Design, Usability Testing.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y desarrollo de productos* (5th ed.). McGRAW-HILL.

Universidad Industrial de Santander. (2024, March 13). *Egresado UIS es el nuevo director del OCyT*.

Urrieta, L. (2015). Learning by Observing and Pitching In and the Connections to Native and Indigenous Knowledge Systems. In *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 49, pp. 357–379). Academic Press Inc. https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2015.08.003

USAID Colombia. (n.d.). *Jurisdicción especial indígena, bastón jurídico*.

W3C. (2024, December 12). *Web Content Accessibility Guidelines*.

Wass, S., Thygesen, E., & Purao, S. (2023). Principles to Facilitate Social Inclusion for Design-Oriented Research. *Journal of the Association for Information Systems, 24*(5), 1204–1247. https://doi.org/10.17705/1jais.00814

Weichbroth, P. (2024). Usability of Mobile Applications: A Consolidated Model. *IEEE Access, 12*, 62378–62391. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3395528

Whittington, R., Regnér, P., Angwi, D., Johnson, G., & Scholes, K. (2021). *Fundamentals of Strategy* (Pearson, Ed.; 5th ed.).

Wilson, E., & Turner, N. (2024). Expanding Qualitative Interviewing for Studies Involving Adults With Different Communication Needs: Reflections on Research With People Living With Motor Neurone Disease. *International Journal of Qualitative Methods*, *23*. https://doi.org/10.1177/16094069241251537

Wuttke, H. D., Parkhomenko, A., Tulenkov, A., Tabunshchyk, G., Parkhomenko, A., & Henke, K. (2019). The remote experimentation as the practical-oriented basis of inclusive engineering education. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, *15*(5), 4–17. https://doi.org/10.3991/ijoe.v15i05.9752

Zaina, L. A. M., & Álvaro, A. (2015). A design methodology for user-centered innovation in the software development area. *Journal of Systems and Software*, *110*, 155–177. https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.08.029

Zhang, Y., & Liu, J. (2024). Falling behind again? Characterizing and assessing older adults' algorithm literacy in interactions with video recommendations. *Journal of the Association for Information Science and Technology*. https://doi.org/10.1002/asi.24960

Apéndice A. Análisis bibliométrico

Como parte del desarrollo de la revisión de literatura, se realizó un estudio sistemático incluyendo las bases de datos de Scopus y Web of Science que son de acceso a la comunidad estudiantil de la Universidad Industrial de Santander. Primero se procedió a identificar la terminología más relevante para definir una ecuación de búsqueda contemplando los criterios lógicos o boléanos, de rango y truncamiento apropiados para delimitar la búsqueda de información. La Figura 1 muestra la ecuación de búsqueda elaborada contemplando la terminología y criterios clave.

Figura A1

Ecuación de búsqueda

((((“Human?computer interaction” OR hci OR “User interface” OR “UI” OR “User experience” OR “UX” OR “Interaction design” OR usability OR “interface design” OR accessibility) AND (“comput* system*” OR “Information technolog*” OR “platform design” OR “artificial intelligence” OR “AI”) AND (equality OR inclusive OR inequality OR equitability OR universal OR diversity) AND NOT (toy* OR game* OR robot* OR health* OR environment* OR mobility))))

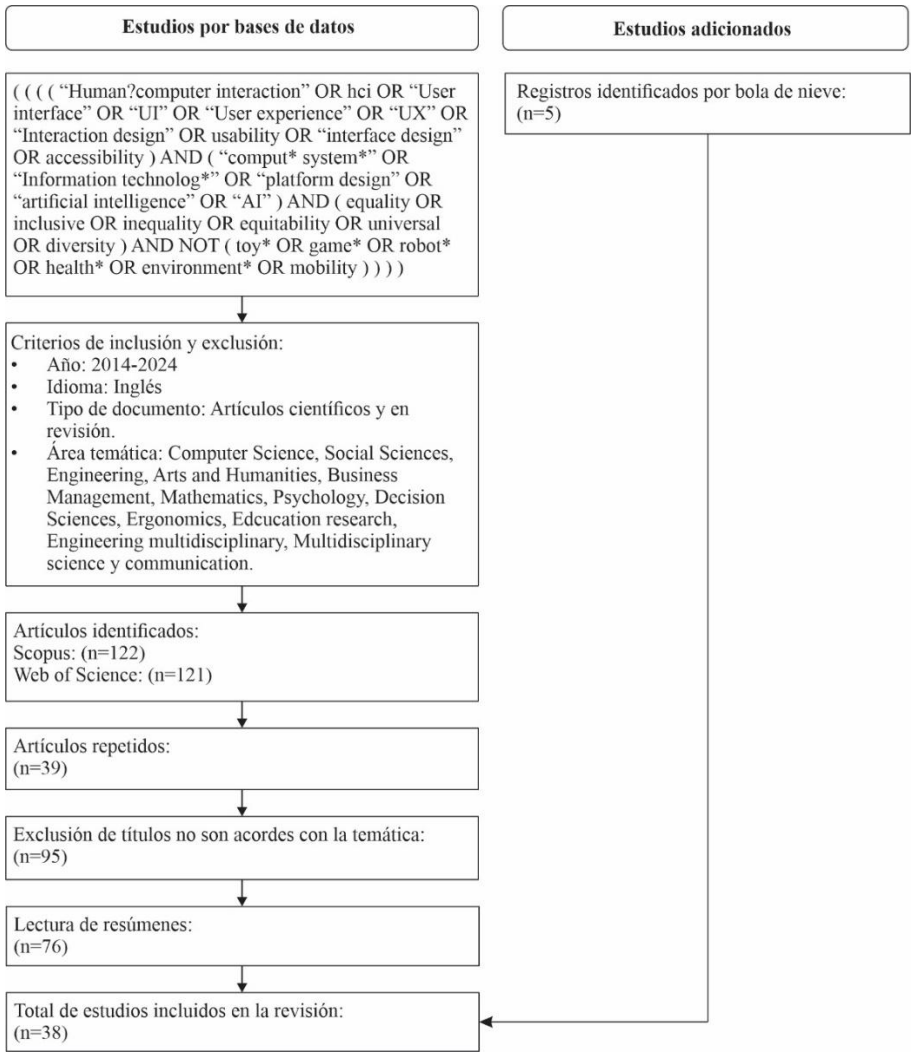
Con base en la ecuación propuesta, se incluyeron criterios de inclusión y exclusión tales como: año (2014 – 2024), idioma (inglés), tipos de documentos (artículos científicos y artículos en revisión) y algunas áreas como (Computer Science, Social Sciences, Engineering, Arts and Humanities, Business Management, Mathematics, Psychology, Decision Sciences, Ergonomics, Edcucation research, Engineering multidisciplinary, Multidisciplinary science y communication).

Por consiguiente, se obtuvo un total de 243 documentos, siendo 122 provenientes de Scopus y 121 de Web of Science, no obstante, algunos de estos se encontraban repetidos en ambas bases de datos, por lo cual se excluyeron 38 de ellos, para un total de 205 artículos.

Tomando como base los 205 artículos, se procedió a identificar la pertinencia de cada uno de ellos con el tema de investigación a partir de la lectura de títulos y resúmenes (abstract). Como resultado se consolidaron 33 documentos y se adicionaron 5 por bola de nieve. En la figura 2 se puede apreciar el flujo de proceso realizado para la obtención de los artículos definitivos.

Figura A2

Método de selección de artículos

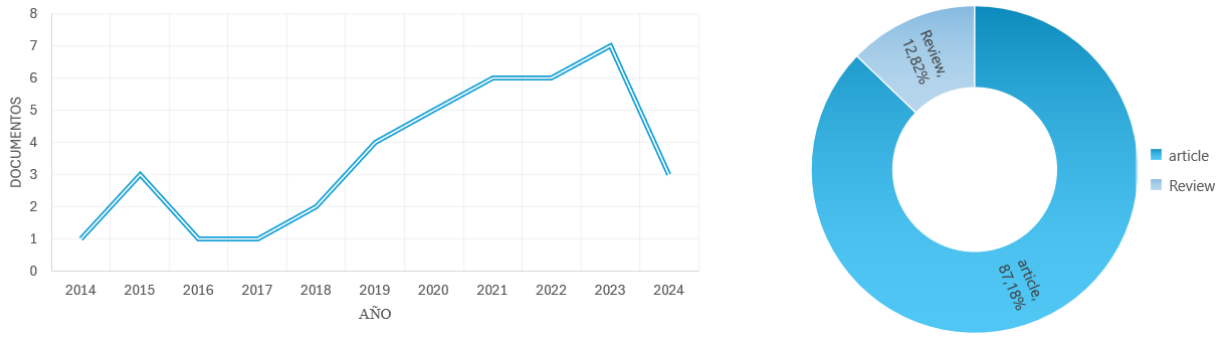


Una vez identificados los documentos, se procede a realizar el análisis bibliométrico, para conocer las tendencias de investigación acerca de la temática abordada. Este análisis contempla criterios como el tipo de documento, año de publicación, el número de citas recibidas y la co-ocurrencia de palabras clave.

En ese orden de ideas, la Figura 2 muestra la tendencia de los documentos por año desde el 2014 hasta el 2024, siendo el año 2023 el que presenta mayores aportes. Asimismo, se puede observar la clasificación de los documentos, de los cuales el 87% son artículos y el 12% artículos de revisión.

Figura A3

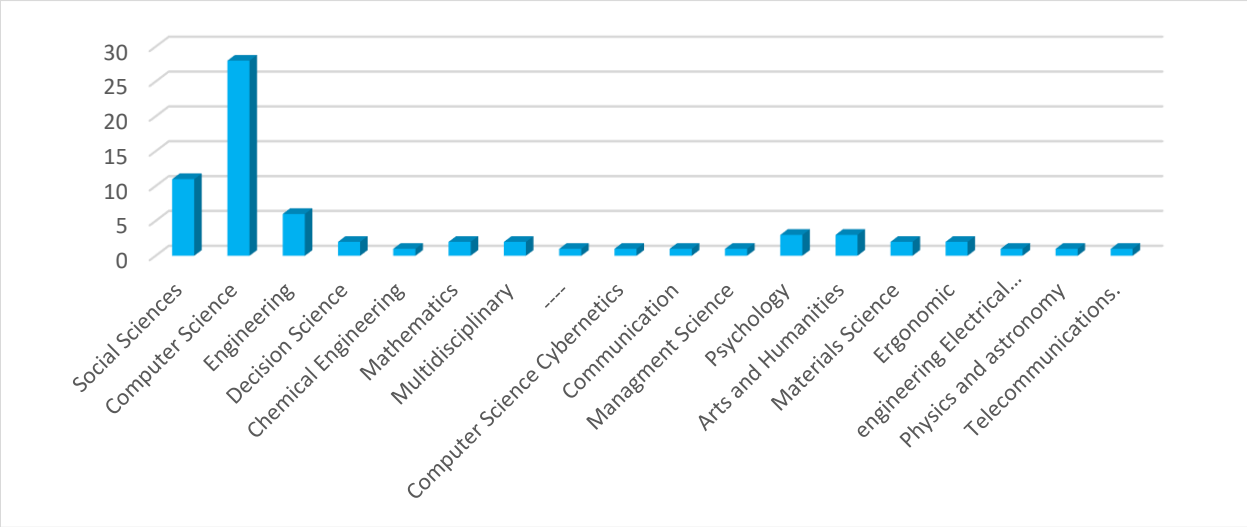
Publicación por año y tipo de documento



Dichas investigaciones están clasificadas dentro de diversas áreas de conocimiento, en efecto la Figura 3 permite visualizar tales categorías, encontrándose que la mayoría pertenecen al campo tecnológico y científico.

Figura A4

Área científica de conocimiento



Del mismo modo, se llevó a cabo la revisión de los documentos más citados, en la Tabla 1 se observan los cinco más citados.

Tabla A1

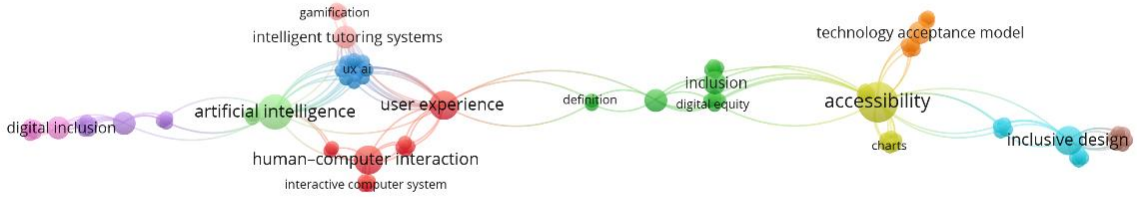
Artículos más citados por autor

Autor	***Citas***	***Titulo***
Nguyen Ngoc et al. (2022)	178	Human-centred design in industry 4.0: case study review and opportunities for future research.
Alcaraz Martínez et al. (2022)	100	Methodology for heuristic evaluation of the accessibility of statistical charts for people with low vision and color vision deficiency.
Miraz, Ali, et al. (2021)user interfaces and universal usability through plasticity of user interface design.		
Kim & Han, (2017)	85	Defining and classifying IT interaction disability
(Hvannberg, 2015)	85	Identifying and explicating knowledge on method transfer: a sectoral system of innovation approach

Por otro lado, se realizó un análisis de co-ocurrencia de palabras clave utilizando el software VOSviewer. En ese orden de ideas, la Figura 4 muestra la terminología más abordada por las investigaciones científicas, identificando 11 segmentos que se relacionan sustancialmente entre sí. Como resultado se encuentran términos relevantes como “Human – Computer Interaction”, “Artifical Intelligence”, “User experience”, “Accessbilility” e “Inclusive design”.

Figura A5

Co-ocurrencia de palabras clave



Apéndice B. Instrumento de entrevista

Etapa	*Cuestionario*
1. Información personal	¿Qué edad tiene? ¿A qué comunidad indígena pertenece? ¿Habla alguna lengua nativa? ¿Cuál? ¿Cuál es su nivel de escolaridad? ¿Cuál es su experiencia ene l uso de tecnologías digitales? Siendo 1 bajo y 5 muy alto. ¿Qué dispositivos digitales usa con mayor frecuencia?
2. Generalidades	¿De dónde proviene la información o el conocimiento para realizar las tareas de su comunidad? ¿Existe información documentada sobre las prácticas y tradiciones de su comunidad? ¿Cómo es esta información?
3. Exploración de necesidades	¿Cómo son los procesos de exploración y mejora de la comunidad? Si pudiera desarrollar un sistema de información, ¿qué elementos debería incluir para que fuera útil? ¿Qué temáticas o áreas específicas deba contener este sistema? ¿Quién debería tener acceso a esta información y quién no?

	Etapa	*Cuestionario*
4.	Características del sistema	¿Qué tan importante es que el sistema esté en su idioma nativo? ¿Preferiría recibir información por medio de audio, texto o imágenes? ¿Hay elementos de su cultura que le gustaría ver reflejados en el sistema? ¿Cuales?
5.	Cierre	¿Hay algo más que quisiera compartir sobre el sistema de información?

Apéndice C. Heurísticas de evaluación

Heurística	**Pregunta**	**Cumplimiento**			**Observación**
		Sí	**No**	**No aplica**	
Visibilidad y estado del sistema	¿La aplicación incluye una página de título, sección o sitio visible?				
	¿El usuario siempre sabe dónde se encuentra?				
	¿El usuario siempre sabe lo que está haciendo el sistema o la aplicación?				
	¿Están claramente definidos los enlaces?				
	¿Se pueden visualizar todas las acciones directamente? (No se requieren otras acciones)				
Conexión entre el sistema y el mundo real, uso de metáforas y objetos humanos	¿La información aparece en un orden lógico para el usuario?				
	¿El diseño de los iconos se corresponde con objetos cotidianos?				
	¿Cada ícono realiza la acción que espera?				
	¿El sistema utiliza frases y conceptos familiares para el usuario?				
Control y libertad del usuario	¿Existe un enlace para volver al estado inicial o página de inicio?				
	¿Están implementadas las funciones “deshacer” y “rehacer”?				
	¿Es fácil volver a un estado anterior de la aplicación?				
Consistencia y estándares	¿Las etiquetas de enlace tienen los mismos nombres que sus destinos?				
	¿Las mismas acciones tienen siempre los mismos resultados?				
	¿Los iconos tienen el mismo significado en todas partes?				
	¿La información se muestra consistentemente en cada página?				

Heurística	Pregunta	Cumplimiento			Observación
		Sí	No	No aplica	
	¿Son estándar los colores de los enlaces? De no ser así, ¿son adecuados para su uso?				
	¿Los elementos de navegación siguen los estándares? (Botones, casillas de verificación, ...)				
Reconocimiento más que memoria, aprendizaje y anticipación	¿Es fácil utilizar el sistema por primera vez?				
	¿Es fácil localizar información que ya ha sido buscada anteriormente?				
	¿Puedes utilizar el sistema en todo momento sin recordar pantallas anteriores?				
	¿Todo el contenido necesario para la navegación o la tarea se encuentra en la "pantalla actual"?				
	¿La información está organizada según una lógica familiar para el usuario final?				
Flexibilidad y eficiencia del usuario	¿Es posible realizar fácilmente una acción realizada anteriormente?				
	¿El diseño se adapta a los cambios de resolución de pantalla?				
Prevención de errores	¿Aparece un mensaje de confirmación antes de realizar la acción?				
	¿Está claro qué información debe introducirse en cada casilla de un formulario?				
	¿El motor de búsqueda tolera errores tipográficos y ortográficos?				
Diseño estético y minimalista	¿Se utiliza un diseño sin redundancia de información?				
	¿La información es breve, concisa y precisa?				
	¿Cada elemento de información es diferente del resto y no se confunde?				
	¿El texto está bien organizado, con frases cortas y rápida de interpretar?				
Ayuda y documentación	¿Existe la opción de "ayuda"?				
	Si es así, ¿es visible y de fácil acceso?				
	¿La sección de ayuda está orientada a resolver problemas?				
	¿Existe una sección de preguntas frecuentes (FAQ)?				
	¿La documentación de ayuda es clara y tiene ejemplos?				
Color y legibilidad	¿Las fuentes tienen un tamaño adecuado?				
	¿Las fuentes utilizan colores con suficiente contraste con el fondo?				

Heurística	Pregunta	Cumplimiento			Observación
		Sí	No	No aplica	
	¿Las imágenes de fondo o patrones permiten leer el contenido?				
Autonomía	¿Puede el usuario tomar sus propias decisiones? (Personalización)				