



“EcoAriporo: Aplicación móvil educativa para promover la conciencia y las buenas prácticas de reciclaje de residuos en Paz de Ariporo, Casanare”

Daniel Enrique Olarte Fuentes

Eugene David Blackburn Mosquera

Sharick Valentina Gallardo Garrido

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Proyecto de integración

William Lopez Castrillon

Bogotá D.C., Octubre 20 de 2025

1. Resumen

El presente proyecto de integración propone el desarrollo de la aplicación móvil educativa “EcoAriporo”, una aplicación móvil educativa diseñada para promover la conciencia ambiental y el aprendizaje sobre reciclaje y separación correcta de residuos en la fuente en el municipio de Paz de Ariporo, Casanare; incentivando prácticas responsables desde el hogar y fomentando modelos de gestión sostenible. La problemática identificada se centra en la escasa separación de residuos en la fuente, el inadecuado manejo de los residuos y la insuficiente infraestructura local para su aprovechamiento.

Mediante la metodología de desarrollo SCRUM y con un enfoque de diseño centrado en el usuario, que incluye el análisis de requerimientos técnicos, el diseño de la experiencia de usuario (UX) y de la interfaz de usuario (UI), “EcoAriporo” integrará guías y videos interactivos, trivias, dinámicas de gamificación (juegos educativos) y herramientas de geolocalización, con el fin de crear una experiencia interactiva que incentive prácticas responsables desde el hogar.

Los resultados esperados comprenden un aumento significativo en el conocimiento de la comunidad sobre la correcta separación de residuos, conforme a los marcos normativos vigentes: la Resolución 2184 de 2019, la Ley 2232 de 2022 y el Decreto 2192 de 2023. Asimismo, se espera una mejora en las prácticas de reciclaje en los hogares y el establecimiento de bases sólidas para la futura implementación de modelos de gestión sostenible y economía circular en el municipio. Esta investigación busca fortalecer la cultura ambiental local y desarrollar herramientas tecnológicas replicables que promuevan la educación ambiental tanto en entornos urbanos como rurales de Colombia.

2. Introducción

La gestión integral de los residuos sólidos constituye uno de los principales desafíos en materia de sostenibilidad, tanto en Colombia como a nivel global. Factores como el crecimiento poblacional, la urbanización acelerada, la transformación de los patrones de consumo y el incremento masivo en la generación de desechos han provocado un aumento significativo en la cantidad de residuos producidos diariamente por las comunidades, con efectos directos sobre la salud pública y el deterioro ambiental. En el caso de Colombia, “de acuerdo con el DANE, se producen aproximadamente 24,8 millones de toneladas de residuos al año, de los cuales el 47 % corresponde a los hogares, con una generación per cápita cercana a 515 kilogramos” (Departamento Nacional de Planeación et al., 2022, p. 6).

En este marco, los residuos sólidos adquieren una importancia clave, dado que conforman una parte sustancial de los desperdicios generados en los hogares, y que bajo un modelo sostenible adecuado podrían tener una disposición adecuada, y muchas veces reciclarse y transformarse en recursos útiles. No obstante, la baja cultura ciudadana en gran parte de los municipios de Colombia frente a la separación en la fuente ha incrementado los volúmenes de residuos dispuestos en rellenos sanitarios, reduciendo la vida útil de estas infraestructuras, la generación de lixiviados, malos olores y emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente metano, que agravan la crisis climática. En particular, la sociedad contemporánea enfrenta el desafío de replantear sus prácticas hacia esquemas más sostenibles, donde los residuos no sean percibidos como un problema, sino como una oportunidad para ser aprovechados y reincorporados a los ciclos productivos.

En Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019) implementó la Resolución 2184 de 2019, donde modificó la Resolución 668 de 2016 sobre uso el racional de

bolsas plásticas y estableció un código de colores nacional para la separación de residuos sólidos, buscando promover una cultura ciudadana hacia la economía circular y el aprovechamiento de materiales reciclables. Sin embargo, la transición hacia prácticas sostenibles requiere herramientas educativas efectivas que faciliten la comprensión y adopción de estos nuevos estándares.

Según la afirmación de Padilla et al. (2022) indica que la educación ambiental, cuando se apoya en herramientas tecnológicas, se convierte en una estrategia muy eficaz para cambiar la forma en que las personas gestionan los residuos, logrando así cambios conductuales importantes en este ámbito. La tecnología, a través de plataformas interactivas, aplicaciones y simulaciones, promueve un aprendizaje más atractivo y participativo, fomentando la adopción de prácticas sostenibles y una mayor conciencia sobre la problemática de los residuos. “Las aplicaciones móviles educativas ofrecen ventajas particulares al combinar accesibilidad, interactividad y capacidad de personalización, características especialmente relevantes para comunidades con limitado acceso a recursos educativos tradicionales” (Bermúdez & Escalante, 2018).

Paz de Ariporo, municipio ubicado en el departamento de Casanare, en los Llanos Orientales de Colombia, cuenta con una población proyectada de aproximadamente 38.638 habitantes para el año 2025, según las proyecciones y estudios demográficos (PPED) del DANE. Es el tercer municipio más poblado del departamento. En este contexto nacional, la situación de Paz de Ariporo, en el departamento de Casanare, ilustra claramente las dificultades que enfrentan municipios intermedios frente al manejo de sus residuos. En un informe de gestión del año 2017 entregado por la Empresa de Servicios Públicos de Paz de Ariporo S.A. E.S.P se disponían en promedio 428 toneladas de residuos al mes, de los cuales según cifras estadísticas los residuos orgánicos constituyen más del 50% de la fracción total de residuos municipales. Para 2025,

considerando la población proyectada de 38.638 habitantes, la generación actual se estima en un rango de 24 a 33 toneladas diarias. Esta cifra, aunque manejable en comparación con grandes ciudades, resulta altamente significativa en un territorio cuya infraestructura de gestión es limitada.

La importancia de este proyecto se sustenta en reconocer la necesidad de un enfoque integral que combine infraestructura, participación comunitaria, inclusión social y cumplimiento normativo. Esta valorización genera beneficios sociales a través de la consolidación de nuevas cadenas de valor y el aporte al cumplimiento de compromisos globales como la Estrategia Nacional de Economía Circular y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los relacionados con ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11), producción y consumo responsable (ODS 12) y acción por el clima (ODS 13).

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo de aplicación educativa que promueva la conciencia y el aprendizaje sobre la correcta separación en la fuente de los residuos en Paz de Ariporo, Casanare; incentivando prácticas responsables desde el hogar y sentando las bases para futuros modelos de gestión sostenible y circular en el municipio.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las necesidades y falencias en el conocimiento y prácticas actuales de separación en la fuente por parte de la población de Paz de Ariporo, como punto de partida para el diseño de una aplicación educativa pertinente y contextualizada.
- Diseñar una interfaz de usuario intuitiva y accesible que facilite el aprendizaje interactivo sobre el código de colores para separación de residuos según la Resolución 2184 de 2019.
- Promover la adecuada separación de residuos en la fuente en los hogares del municipio de Paz de Ariporo, con el fin de fortalecer prácticas responsables que aporten al desarrollo de un modelo de economía circular.

4. Definición del Problema

La gestión de los residuos sólidos urbanos continúa siendo uno de los principales retos ambientales y sociales en Colombia. Tradicionalmente, la disposición final en rellenos sanitarios ha sido la estrategia predominante para el manejo de estos desechos, la cual consiste en la disposición de capas de basura compactadas sobre un suelo previamente impermeabilizado (Ullca, 2005), a pesar de las limitaciones que presenta en términos de sostenibilidad y capacidad de gestión. Según la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), este sistema emplea principios de ingeniería para confinar la mayor cantidad posible de residuos en un área reducida, optimizando así su control (Meléndez, 2004). En el contexto colombiano, la literatura ha señalado reiteradamente que la disposición en rellenos constituye el destino final más extendido para los residuos generados por la población (Noguera & Olivero, 2010), lo cual refleja un modelo de gestión con escaso aprovechamiento de materiales reciclables y orgánicos.

En el caso de Paz de Ariporo, municipio ubicado en el departamento de Casanare, la situación adquiere una dimensión crítica. El relleno sanitario “El Gaván”, que entró en operación el 11 de noviembre de 2019, fue diseñado como alternativa al relleno sanitario El Cascajar en Yopal. Sin embargo, su vida útil proyectada es de apenas cinco años debido a la limitada capacidad de disposición y al hecho de que recibe residuos de al menos cuatro municipios de la región (Alcaldía de Paz de Ariporo, 2020). Esta presión sobre el sitio de disposición final acelera su saturación y plantea riesgos ambientales como la generación de lixiviados, la proliferación de vectores y la emisión de gases de efecto invernadero.

Un aspecto que agrava este panorama es la composición de los residuos. De acuerdo con datos de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD, 2020), aproximadamente el 61 % de los residuos generados en Colombia corresponden a fracción

orgánica, lo cual representa una carga significativa para los rellenos sanitarios. El manejo inadecuado de esta fracción no solo contribuye a la contaminación de suelos y aguas, sino que también genera emisiones de metano, un gas con un potencial de calentamiento global 28 veces mayor que el dióxido de carbono (IDEAM, 2021). A ello se suman las problemáticas sociales derivadas de la falta de cultura ciudadana en torno a la separación en la fuente, lo que incrementa la complejidad en la clasificación y reduce las posibilidades de aprovechamiento.

El problema en Paz de Ariporo presenta, entonces, dos dimensiones interrelacionadas. Por un lado, una dimensión social y cultural, asociada a la ausencia de hábitos consolidados de separación en la fuente, tanto en hogares como en comercios e instituciones. Esto significa que, aun si existieran procesos de aprovechamiento, la materia prima disponible llegaría mezclada y contaminada, dificultando su transformación en productos útiles. Por otro lado, una dimensión estructural, relacionada con la ausencia de actores receptores u organizaciones locales capaces de aprovechar los residuos orgánicos de manera sistemática.

Esta combinación de factores genera un círculo problemático: la población no percibe incentivos claros para separar los residuos, porque no existen canales organizados de recepción y aprovechamiento; a su vez, no emergen proyectos de valorización debido a la falta de flujos estables y confiables de materia orgánica limpia. El resultado es la continuidad de un modelo lineal de disposición, altamente dependiente de rellenos sanitarios con capacidad limitada y con impactos ambientales significativos.

El desafío de fondo consiste en romper esta inercia y avanzar hacia una gestión integral que vincule a la comunidad en la separación de residuos y, simultáneamente, propicie el surgimiento de iniciativas locales de aprovechamiento. Para ello, la implementación de soluciones tecnológicas accesibles y confiables puede representar un punto de partida

estratégico, tal como lo señalan experiencias recientes que destacan el papel de la innovación en la gestión sostenible de residuos (Earth University, 2024). Un prototipo de aplicación educativa orientada a Generar conciencia en la comunidad sobre la importancia de la separación en la fuente.

En este sentido, la problemática no solo es la insuficiencia de infraestructura, sino también como la ausencia de mecanismos que motiven a la ciudadanía a participar en prácticas sostenibles. De hecho, la implementación de tecnologías inteligentes —como Big Data, analítica, inteligencia artificial (IA) e Internet de las Cosas (IoT)— permite integrar sensibilización, trazabilidad y participación ciudadana, transformando la separación en la fuente de un esfuerzo aislado en una práctica con valor tangible para la comunidad (TheCircularCampus, 2024). De esta manera, se reduciría la presión sobre el relleno sanitario “El Gaván”, se alargaría su vida útil y se abrirían oportunidades para un modelo de gestión más sostenible en Paz de Ariporo.

4.1. Pregunta General de Investigación

¿En qué medida el uso del prototipo de la aplicación móvil educativa "EcoAriporo" contribuye al fortalecimiento del conocimiento de la comunidad de Paz de Ariporo sobre la correcta separación en la fuente de los residuos sólidos y fomenta las bases para una gestión sostenible y circular de residuos en el municipio?

5. Justificación

En Colombia, los residuos orgánicos y sólidos aprovechables representan una proporción importante de los residuos que llegan a los rellenos sanitarios. Según datos recientes, aproximadamente el 61% de los residuos dispuestos en los rellenos sanitarios son de origen orgánico (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2025). Esta alta proporción es crítica porque la descomposición anaeróbica de estos residuos en los rellenos genera metano (CH_4) un gas de efecto invernadero con un alto potencial de calentamiento global.

Los residuos orgánicos generados en hogares, plazas de mercado y actividades agropecuarias —como restos vegetales y estiércol— representan una oportunidad de valorización a través de tecnologías como el compostaje aeróbico y anaeróbico, las pacas biodigestoras, el vermicompostaje y las plantas de biogás, en coherencia con los principios de la economía circular. Sin embargo, en la actualidad estos residuos se disponen y desaprovechan en la Planta de Tratamiento “El Gaván”, un relleno sanitario que entró en funcionamiento en el año 2019 y se calcula que tiene una vida útil limitada a 5 años.

La importancia de este proyecto radica en su capacidad de generar beneficios ambientales, sociales, económicos y normativos. Desde la perspectiva ambiental, contribuirá a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero mediante el aprovechamiento de la fracción orgánica y prolongaría la vida útil del relleno sanitario “El Gaván”.

En el ámbito social, fomenta la participación y la sensibilización de la comunidad hacia la separación en la fuente y la gestión correcta de los residuos, fortaleciendo la cultura ambiental y la responsabilidad ciudadana.

Desde el punto de vista económico, el proyecto optimiza la logística de recolección y distribución de residuos, lo que puede reducir los costos municipales de transporte y disposición final. Con ello, se pretende incrementar el aprovechamiento de los recursos orgánicos, reducir la disposición final y generar beneficios ambientales, sociales y económicos para el municipio, permitiendo, por ejemplo, transformar residuos en insumos para el agro.

En cuanto a la pertinencia normativa y política, se alinea con la Resolución 2184 de 2019, la Ley 2232 de 2022 y el Decreto 2192 de 2023, y contribuye al logro de los ODS 11,12 y 13 reforzando así el marco regulatorio y estratégico nacional en materia de gestión ambiental y sostenibilidad.

La creación y puesta en marcha de la aplicación "EcoAriporo", con el objetivo de promover la separación adecuada de desechos, es justificada por su gran importancia desde varios puntos de vista, que coinciden en la necesidad de una solución innovadora, viable y con un impacto significativo para el municipio de Paz de Ariporo, así como por su utilidad metodológica como modelo que puede ser replicado en otros municipios.

5.1. Relevancia Social

El proyecto tiene una profunda relevancia social al abordar directamente las necesidades y mejorar la calidad de vida de la comunidad. Los beneficiarios directos son los ciudadanos de Paz de Ariporo, quienes recibirán una herramienta accesible para participar activamente en la mejora de su entorno, promoviendo un ambiente más limpio y saludable. La aplicación empodera a la persona, ya que transforma al simple generador de residuos en agente de cambio. Otro grupo de beneficiarios directos son los recicladores de oficio. Ya que el incremento en la cantidad y la calidad de los materiales separados en la fuente aumenta el volumen de materiales

recuperables, la aplicación puede contar con el efecto de dignificar su trabajo, obtener mejores ingresos, así como establecer las bases de la futura formalización y hacerlo parte del esquema de prestación de servicio de aseo, tal como lo indica la normativa nacional. A nivel comunitario, el proyecto estimula la participación ciudadana y capital social en función de un objetivo en común; al mismo tiempo alimenta el civismo y el sentido de pertenencia, alineándose con la misma visión del municipio de promover la participación y la convivencia.

5.2. Relevancia Teórica

Al sugerir y explicar una solución de índole técnico y socioambiental, "EcoAriporo" añade valor al campo de la ingeniería y las ciencias ambientales. Por lo general, los problemas relacionados con la gestión de residuos se han enfocado solo desde un punto de vista infraestructural. No obstante, este proyecto incorpora el diseño de software y la ingeniería de sistemas a la ciencia del comportamiento mediante la gamificación. Fundamentado en teorías como la Teoría del Comportamiento Planificado (Ajzen, 1991), sostiene que el uso de la aplicación puede tener un efecto positivo sobre las actitudes, las normas sociales y la percepción de control acerca de cómo separar adecuadamente los residuos y reciclar. Además, se alinea con la teoría del aprendizaje constructivista, que establece que el usuario "aprende haciendo" al interactuar con la aplicación y recibir de manera inmediata retroalimentación (recompensas, insignias y puntos) que refuerza el conocimiento y la costumbre. Así, el proyecto aporta un caso de estudio aplicado que muestra cómo la tecnología puede ser un mediador eficaz para la adopción de prácticas sostenibles.

5.3. Relevancia Práctica

El proyecto tiene una importancia práctica inmediata y concreta. En primer lugar, "EcoAriporo" es una herramienta directa que permite que la Alcaldía de Paz de Ariporo y la empresa de servicios públicos Paz de Ariporo S.A. E.S.P. lleven a cabo los objetivos y programas propuestos en su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). Este plan, por obligación legal, tiene que contener programas de aprovechamiento que permitan incluir a recicladores en la cadena de recolección. La aplicación es un instrumento adecuado para llevar a cabo y hacer operar estos elementos. En primer lugar, da una respuesta práctica y amplia al reto de instruir a la población acerca del nuevo código de colores unificado para la separación. En segundo lugar, ofrece una solución de carácter práctico y masivo para el reto de educar a la ciudadanía acerca del nuevo código de colores unificado (Resolución 2184, 2019) que se implementó en Colombia para la separación de residuos. En vez de depender solamente de campañas informativas esporádicas, la aplicación proporciona una guía permanente y accesible para todos los ciudadanos que quieran usarla. La utilidad de la aplicación se encuentra en su habilidad para funcionar como un puente entre las políticas públicas y las acciones diarias de los ciudadanos, convirtiendo la complejidad de la normativa en acciones sencillas, motivadoras y dirigidas que se llevan a cabo dentro del hogar.

5.4. Factibilidad

La propuesta ha sido concebida bajo un preciso criterio de factibilidad, asegurando su viabilidad en el contexto de un proyecto que posee recursos limitados y reducidos.

- **Factibilidad Técnica:** El uso de plataformas de desarrollo no-code o de bajo código, como GoodBarber, elimina la necesidad de equipos de desarrollo de software extensos y conocimientos de programación altamente especializados. Esto reduce considerablemente la complejidad técnica, los costos y los tiempos de desarrollo, haciendo que el proyecto sea

perfectamente ejecutable en el marco de un proyecto de grado de ingeniería por un equipo reducido de integrantes.

- **Factibilidad Económica:** El modelo de negocio basado en suscripción de estas plataformas implica un costo operativo mensual predecible y bajo. Como se detallará en el análisis de costos, el valor total de implementación del primer año es significativamente inferior a los ingresos y ahorros anuales, esto entrega al proyecto de un claro retorno de la inversión, justificándolo no solo como una iniciativa ambiental, sino como una decisión económicamente responsable.
- **Factibilidad Operativa:** La aplicación no tiene como objetivo sustituir la infraestructura de recolección ya establecida, sino que pretende ser un complemento para alcanzar la optimización. Se basa en los procesos ya establecidos y permite así implementar una mejora fundamental en el primer eslabón de la cadena: la separación de desechos dentro del hogar. Esto simplifica su incorporación al sistema actual y minimiza las interrupciones en la operación.

5.5. Valor Metodológico

La estructura del proyecto, desde el diagnóstico del problema hasta el diseño de la solución y el plan de implementación, constituyen una metodología replicable que puede ser adaptada y aplicada por otros municipios pequeños en Colombia que enfrentan desafíos similares de gestión de residuos y falta de cultura ciudadana. Por lo tanto, este trabajo no se limita a proponer una respuesta para Paz de Ariporo, sino que registra un proceso de ingeniería y un modelo de intervención que puede actuar como una guía y un caso de estudio validado para otros municipios y administraciones locales que buscan el uso de la tecnología para la sostenibilidad.

"EcoAriporo" es una solución estratégica que, con una inversión moderada, aborda un problema complicado y produce beneficios sociales, económicos y medioambientales medibles para el municipio de Paz de Ariporo en el departamento Casanare. Este análisis eleva la propuesta de la aplicación de un simple proyecto local a un modelo de intervención de política pública. El éxito en la implementación de la "EcoAriporo" en Paz de Ariporo, al abordar las barreras psicológicas y de infraestructura, podría servir como un "caso de estudio" para la formulación de soluciones replicables en otros municipios colombianos que enfrentan retos similares. Al demostrar que es posible movilizar a la ciudadanía, formalizar a los recicladores y aumentar las tasas de aprovechamiento a través de la tecnología, el proyecto se convierte en un piloto para abordar de manera efectiva los desafíos en la gestión de residuos a nivel regional y nacional.

6. Análisis de Requerimientos

La ingeniería de software tiene una etapa fundamental que es el análisis de requerimientos. En esta fase se determinan las funcionalidades y propiedades que el sistema debe tener para poder satisfacer los requerimientos de los usuarios y cumplir con los objetivos del proyecto. Este análisis para la aplicación "EcoAriporo" se organiza en torno a la intención del producto y la descripción de los requisitos, tanto funcionales como no funcionales.

6.1. Intención del Producto

El prototipo de aplicación educativa tiene como objetivo principal ser una herramienta móvil intuitiva, atractiva y didáctica. Diseñada para transformarse en un recurso digital orientado a la generación de conciencia ciudadana sobre la separación en la fuente de los residuos sólidos en Paz de Ariporo. Más allá de ofrecer información básica, busca fomentar la adopción de hábitos responsables y sostenibles desde los hogares, promoviendo cambios culturales en la comunidad que contribuyan a disminuir la presión sobre el relleno sanitario "El Gaván" y a sentar las bases de un modelo de gestión circular en el municipio.

El producto se concibe como un recurso pedagógico interactivo, accesible y contextualizado, que integre contenidos educativos, recursos multimedia y mecanismos de motivación ciudadana. A través de su uso, se espera que la población adquiera conocimientos prácticos sobre la clasificación de residuos, comprenda los impactos ambientales de su inadecuada disposición y reconozca los beneficios sociales y económicos de la gestión sostenible.

6.2. Parámetros de Diseño

6.2.1. Funcionales

El prototipo de aplicación educativa se desarrollará utilizando la plataforma GoodBarber, la cual permite crear aplicaciones móviles de manera intuitiva y con integración de diversos módulos interactivos. En este marco, los parámetros funcionales definidos son:

- a. Permitir a los usuarios ingresar mediante correo electrónico o redes sociales, facilitando el acceso y la personalización de contenidos educativos.
- b. Ofrecer contenidos pedagógicos en diferentes formatos que expliquen la importancia de la separación en la fuente y guíen sobre la correcta clasificación de residuos.
- c. Enviar recordatorios y mensajes motivacionales que refuercen la práctica de la separación en la fuente y promuevan la participación.
- d. Incluir dinámicas lúdicas que refuercen el aprendizaje mediante cuestionarios, trivias o retos de clasificación, incentivando la apropiación del conocimiento.
- e. Disponer de un catálogo visual con los tipos de residuos (orgánicos, reciclables, aprovechables y no aprovechables) y ejemplos cotidianos que faciliten la comprensión de la clasificación.
- f. Habilitar un espacio para compartir experiencias, consejos o buenas prácticas entre usuarios, fortaleciendo el sentido de comunidad en torno a la gestión de residuos.
- g. Ofrecer evaluaciones cortas o encuestas que permitan identificar el nivel de aprendizaje y recoger opiniones de los usuarios sobre la utilidad de la aplicación.

6.2.2. Requerimientos No Funcionales

Además de las funciones básicas, el prototipo de aplicación educativa deberá cumplir con los siguientes requerimientos no funcionales:

- a. La aplicación debe tener una Interfaz de Usuario (UI) limpia, coherente y visualmente atractiva, con una Experiencia de Usuario (UX) que requiera un mínimo de esfuerzo para acceder a las funciones principales.
- b. La interfaz debe ser intuitiva, sencilla y de fácil navegación para usuarios de todas las edades, priorizando iconografía clara y menús accesibles.
- c. Garantizar que los contenidos sean comprensibles y estén disponibles en formatos visuales y auditivos, considerando a personas con limitaciones en lectura o comprensión digital.
- d. La aplicación deberá funcionar en dispositivos móviles con sistemas operativos Android e iOS, asegurando su acceso a la mayor parte de la población.
- e. Los tiempos de carga de las secciones no deben superar los tres segundos, incluso en condiciones de conectividad limitada.
- f. La estructura de la aplicación debe permitir la incorporación futura de nuevos módulos.
- g. El servicio debe estar disponible en al menos el 95% del tiempo, minimizando fallas o caídas del sistema.
- h. Garantizar la protección de los datos básicos de los usuarios mediante protocolos de autenticación seguros. “EcoAriporo” debe cumplir con la Ley 1581 de 2012 de Protección de Datos Personales (Habeas Data) de Colombia.

6.3. Estimación de Características de Diseño

El diseño del prototipo estará enfocado en aspectos pedagógicos, funcionales y visuales, que permitan su apropiación por parte de la comunidad de Paz de Ariporo. Entre las principales características estimadas se incluyen:

- a. Uso de colores asociados al medio ambiente, íconos ilustrativos y tipografía clara para favorecer la comprensión.
- b. Organización del contenido en secciones (educación, juegos, noticias, comunidad) que permitan al usuario identificar fácilmente cada funcionalidad.
- c. Incorporación de imágenes, videos cortos, infografías y trivias que refuercen la experiencia educativa.
- d. Adaptación a diferentes tamaños de pantalla en teléfonos y tabletas.
- e. Elementos de motivación como insignias, niveles o puntos para incentivar la interacción y la constancia de los usuarios.
- f. Permitir que el usuario configure notificaciones, idioma o preferencias de interacción.

7. Marco Teórico

El diseño de la aplicación "EcoAriporo" se basa en una sólida estructura teórica que combina antecedentes de soluciones tecnológicas actuales, bases teóricas de las ciencias del comportamiento y el diseño educativo, así como el marco legal que regula la administración de residuos tanto Colombia como en el entorno particular de Paz de Ariporo.

Este proyecto se origina como una reacción ante una emergencia ecológica grave, que se distingue por la producción de 14 toneladas diarias de desechos que sobrepasan la capacidad local para gestionarlos y la falta de un lugar acorde y con todos los requerimientos técnicos para su disposición final. La propuesta se basa en desarrollar una solución digital que va más allá de la simple funcionalidad de una aplicación móvil, ya que pretende ser un promotor para transformar la cultura y el comportamiento colectivo.

Los recursos académicos sobre gestión de residuos en Colombia evidencian una brecha recurrente entre la planificación normativa y la ejecución práctica. Estudios como el de Giraldo y Zuluaga (2020) sobre el PGIRS de Yopal, municipio vecino a Paz de Ariporo, señalan falencias en la implementación de programas de aprovechamiento y la falta de planificación ambiental efectiva, a pesar del cumplimiento formal de la normatividad. Este fenómeno es habitual en el país, donde la implementación de un PGIRS se considera con frecuencia como una exigencia burocrática en lugar de una guía operativa (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015). Aunque son limitadas, las investigaciones realizadas en Casanare sugieren un mal manejo generalizado, con un incremento significativo de la producción de desechos a causa del crecimiento poblacional y una composición cada vez más diversa de éstos que complica su

gestión (Fernández, 2020). Estas circunstancias de contexto indican que los retos de Paz de Ariporo no son individualizados, sino que siguen tendencias a nivel regional y nacional.

La aplicación móvil "EcoAriporo" para fines de conceptualización, se estructura en torno a tres pilares interconectados: un módulo de educación con fundamento en la Teoría de la Conducta Planificada (TPC), un sistema de gamificación y educativo para incentivar la participación ciudadana, un módulo de acción comunitaria que conecta y mantiene informados a los usuarios con noticias e infraestructura local. El análisis técnico y teórico confirma la solidez de este enfoque, destacando su alineación con marcos psicológicos para el cambio de comportamiento y su coherencia con las políticas públicas colombianas, como la Resolución 2184 de 2019, Ley 2232 de 2022 y el Decreto 2192 de 2023. Un hallazgo crítico es la necesidad de una arquitectura "offline-first", enfoque de desarrollo de software que prioriza el funcionamiento de la aplicación sin necesidad de una conexión a internet constante para garantizar la usabilidad en un entorno con conectividad débil, una estrategia que, además de ser una solución técnica, actúa como un facilitador psicológico del cambio.

Según Paradise (2022) en su trabajo "*Gamified App to Increase the Quantity and Quality of Household Recyclin*" define la gamificación como la aplicación de elementos y mecánicas de los juegos en contextos no lúdicos, ha demostrado ser una herramienta eficaz para motivar el cambio de comportamiento. En el contexto del reciclaje, este enfoque va más allá de un simple entretenimiento; se convierte en un medio para generar motivación intrínseca y superar las barreras psicológicas asociadas con la tarea. La propuesta de la aplicación se basa en la implementación de varios mecanismos de gamificación que han demostrado su efectividad en otros ámbitos, como la educación y la gestión de proyectos.

7.1. Antecedentes de Investigación

El desarrollo de soluciones tecnológicas para la gestión ambiental y el uso de aplicaciones móviles para fomentar el reciclaje es un campo en crecimiento. El estudio de proyectos existentes, tanto a nivel internacional como nacional y regional, proporciona una base de conocimiento sobre las funcionalidades que han tenido éxito en sus implementaciones y mejores prácticas en el manejo de los residuos.

7.1.1. Antecedentes Internacionales

A nivel internacional, han surgido numerosas aplicaciones móviles que buscan fomentar el reciclaje a través de la gamificación y los incentivos. “**RECICLOS**”, un Sistema de Devolución y Recompensa (SDR) creado por Ecoembes en España, es un caso de estudio representativo. La principal función se basa en que el usuario escanea el código de barras del recipiente antes de usarlo y, después, escanea un código QR en la caja amarilla al desecharlo. Esta doble verificación posibilita la entrega de puntos (“RECICLOS”), que pueden ser cambiados por participaciones en rifas de productos ecológicos o donados a iniciativas sociales y medioambientales. El logro de “RECICLOS” evidencia la factibilidad de una estrategia que fusiona tecnología (QR, aplicación), gamificación (puntos) y estímulos para motivar a los ciudadanos.

También se analizaron aplicaciones como “**iRecycle**” y “**RecycleNation**” en Estados Unidos. Estas plataformas se centran principalmente en la geolocalización, ayudando a los usuarios a encontrar los puntos de reciclaje más cercanos para una amplia variedad de materiales. Su fortaleza radica en la exhaustividad de sus bases de datos. Sin embargo, su enfoque es más informativo que motivacional.

“**Reciclapp**”, con presencia en Chile y otros países, se enfoca en conectar directamente a los hogares que desean reciclar con recicladores de base, optimizando las rutas de recolección y formalizando la labor del reciclador.

7.1.2. Antecedentes Nacionales

En Colombia, la exploración de soluciones móviles para la educación ambiental también ha sido objeto de estudio académico. González Pascuas (2021) propuso el desarrollo de una aplicación móvil para apoyar la enseñanza sobre el reciclaje en Bogotá, reconociendo la necesidad de herramientas tecnológicas para abordar la gran cantidad de residuos generados en la capital. u trabajo, aunque a nivel de propuesta, identifica funcionalidades clave como la consulta de información y la localización de puntos de reciclaje. De manera similar, la propuesta "Sustain App" para estudiantes de la UNAD busca, a través de una app, educar sobre el Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 12 (Producción y Consumo Responsable), validando el uso de las TIC como una herramienta pedagógica viable para el autoaprendizaje ambiental.

7.1.3. Antecedentes Regionales (Casanare)

A nivel del departamento de Casanare, la investigación académica se ha centrado más en el diagnóstico del problema que en la propuesta de soluciones tecnológicas. Tesis de grado de universidades regionales han abordado la caracterización de residuos sólidos en Yopal, identificando el crecimiento acelerado de la generación de residuos y la falta de manejo adecuado como una preocupación central para la salud pública y el medio ambiente (Fernández, 2020). Otro estudio en Villanueva, Casanare, exploró el potencial uso de lixiviados de plantas de tratamiento como fertilizantes, mostrando un interés académico en la valorización de subproductos de la gestión de residuos (López, 2011). Estos trabajos, si bien no proponen

aplicaciones móviles, proporcionan un diagnóstico invaluable del contexto local y regional, confirmando que la gestión inadecuada de residuos es un problema extendido en el departamento que requiere soluciones innovadoras.

7.2. Bases Teóricas

El diseño de "EcoAriporo" se sustenta en tres pilares teóricos que, en conjunto, ofrecen un enfoque integral para abordar el problema: la Teoría del Comportamiento Planificado para entender y modificar la conducta, la Gamificación como motor de la motivación, y la Economía Circular como el paradigma macro que da sentido al esfuerzo individual.

7.2.1. Teoría del Comportamiento Planificado (TPB)

La Teoría del Comportamiento Planificado (TPB), propuesta por Icek Ajzen (1991), es uno de los modelos más robustos y validados para predecir el comportamiento humano. La teoría postula que el predictor más inmediato de un comportamiento es la intención de realizarlo. A su vez, esta intención está determinada por tres factores principales:

- a. **Actitud hacia el Comportamiento:** La evaluación personal, positiva o negativa, sobre la realización de la conducta. En el caso del reciclaje, una actitud positiva se forma a partir de la creencia de que reciclar es beneficioso (para el medio ambiente, para la comunidad) y que las consecuencias son deseables. "EcoAriporo" buscará fortalecer esta actitud a través de su módulo educativo, mostrando con datos y ejemplos concretos los beneficios ambientales y económicos del reciclaje.
- b. **Norma Subjetiva:** La percepción de la presión social proveniente de personas o grupos de referencia (familia, amigos, comunidad) para realizar o no el comportamiento. Si un individuo percibe que reciclar es una conducta valorada y esperada por su entorno, es más

probable que desarrolle la intención de hacerlo. La aplicación abordará este factor mediante la tabla de clasificación y la posibilidad de compartir logros en redes sociales, creando una "norma social digital" visible y positiva en torno al reciclaje.

- c. **Control Percibido del Comportamiento (CPC):** La percepción del individuo sobre la facilidad o dificultad de realizar la conducta. Se relaciona con la autoeficacia y la disponibilidad de recursos. Un CPC alto implica que la persona se siente capaz de reciclar y no percibe barreras insuperables. "EcoAriporo" está diseñada para aumentar drásticamente el CPC al proporcionar información clara, precisa y al instante a través de la función "¿Dónde lo desecho?", eliminando la incertidumbre que es una de las principales barreras para la separación en la fuente.

Numerosos estudios han aplicado con éxito la TPB para explicar la conducta de reciclaje, demostrando que intervenciones que fortalecen estos tres constructos aumentan significativamente la intención y la práctica del reciclaje (Aguilar Luzón, 2006; Aboelmaged, 2021).

7.2.2 Gamificación (Ludificación)

La gamificación se define como el uso de elementos, mecánicas y dinámicas de diseño de juegos en contextos no lúdicos con el fin de motivar la participación, el compromiso y el cambio de comportamiento. En lugar de depender únicamente de la motivación intrínseca (el deseo de hacer lo correcto), la gamificación introduce motivadores extrínsecos que hacen que la actividad sea más atractiva y gratificante. Los elementos clave que "EcoAriporo" incorporará son:

- **Puntos:** Proporcionan retroalimentación inmediata y una medida numérica del progreso, haciendo tangible el esfuerzo del usuario.

- Insignias: Son representaciones visuales de los logros, que apelan al deseo de coleccionar y demostrar estatus.
- Tablas de Clasificación: Introducen un elemento de competencia social, aprovechando el deseo de comparación y reconocimiento.
- Misiones y Desafíos: Proponen metas claras y alcanzables, estructurando la participación del usuario y manteniendo su interés a lo largo del tiempo.

La aplicación de la gamificación en la educación ambiental ha demostrado ser una estrategia efectiva para aumentar la participación estudiantil y la conciencia ambiental, como en el caso de la app "Recicla+". Al convertir la tarea rutinaria de reciclar en un juego con metas, retroalimentación y recompensas, se puede transformar un hábito difícil de adquirir en una actividad divertida y socialmente reforzada.

7.2.3 Economía Circular

La Economía Circular es el marco conceptual que engloba el propósito final del proyecto. Se opone al modelo económico lineal de "extraer-producir-desechar" y propone un sistema en el que los materiales fluyen en ciclos cerrados, minimizando la generación de residuos y la extracción de recursos vírgenes. Sus principios se resumen a menudo en la jerarquía de las "R": Reducir, Reutilizar, Reparar, Restaurar, Remanufacturar, Reciclar y Recuperar energía.

"EcoAriporo" se enfoca principalmente en habilitar el Reciclaje, que es un componente crucial de la economía circular. Al asegurar una correcta separación en la fuente, la aplicación garantiza que los materiales descartados puedan ser procesados y reintroducidos en la cadena de producción como materias primas secundarias. Esto no solo tiene beneficios ambientales (ahorro de energía, reducción de emisiones), sino también económicos, al crear valor a partir de lo que

antes era considerado basura. Aunque su función principal es el reciclaje, la app también educará a los usuarios sobre los niveles superiores de la jerarquía, como la reducción y la reutilización, promoviendo un cambio de consumo más profundo y alineado con todos los principios de la circularidad.

7.3 Definición de Conceptos Clave

- **Residuo Sólido:** Todo tipo de material, orgánico o inorgánico, que ha sido desechado tras su vida útil.
- **Separación en la Fuente:** Acción de separar los residuos sólidos en diferentes categorías (ej. orgánicos, reciclables, no aprovechables) en el lugar donde se generan (hogar, oficina).
- **Aprovechamiento:** Proceso mediante el cual, a través de un manejo integral, los materiales recuperados de los residuos se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma de materia prima, nuevos productos o energía.
- **Gamificación (Ludificación):** Aplicación de mecánicas y narrativas propias de los juegos en entornos no lúdicos para motivar comportamientos específicos en los usuarios.
- **Interfaz de Usuario (UI):** El medio visual a través del cual un usuario interactúa con una aplicación o dispositivo.
- **Experiencia de Usuario (UX):** La percepción y respuesta general de una persona como resultado del uso de un producto, sistema o servicio.
- **Una plataforma No-Code:** Es una herramienta que permite a personas sin conocimientos de programación crear aplicaciones, sitios web y otras soluciones digitales de forma visual, utilizando interfaces de arrastrar y soltar (drag-and-drop) en lugar de escribir código.

- **El desarrollo nativo:** Es la creación de aplicaciones específicas para un sistema operativo como iOS o Android, utilizando los lenguajes y herramientas oficiales de esa plataforma
- **Progressive Web App (PWA):** Una aplicación web que utiliza tecnologías web modernas para ofrecer una experiencia similar a la de una aplicación nativa.
- **Kotlin:** es un lenguaje de programación de código abierto que se utiliza principalmente para crear aplicaciones de Android, pero también sirve para el desarrollo web, de backend y multiplataforma.
- **Swift:** es un lenguaje de programación de código abierto creado por Apple, diseñado para para desarrollar aplicaciones en sus plataformas como iOS y macOS.

7.4 Marco Legal

La propuesta "EcoAriporo" debe operar dentro del marco normativo colombiano. Las regulaciones más pertinentes se agrupan en dos áreas: gestión de residuos sólidos y protección de datos personales.

7.4.1 Normatividad de Gestión de Residuos Sólidos

- **Resolución 2184 de 2019:** "Uso racional de bolsas plásticas y código de colores para la clasificación de residuos". Establece un código de colores unificado (blanco, negro y verde) para la separación de residuos sólidos en Colombia y se adoptan disposiciones para el manejo de bolsas plásticas con el fin de promover la sostenibilidad ambiental. Estandarizar la separación de residuos a nivel nacional para mitigar el impacto ambiental, promover el reciclaje y el aprovechamiento de los residuos sólidos. Se adoptó el Formato Único Nacional

para la presentación del programa de uso racional de bolsas plásticas, buscando reducir su consumo (Resolución 2184, 2019).

- Bolsa blanca: Residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, papel y cartón.
- Bolsa negra: Residuos no aprovechables como papel higiénico, servilletas o papeles y cartones contaminados con comida.
- Bolsa verde: Residuos orgánicos aprovechables como restos de comida, desechos agrícolas, podas y césped, utilizables para compostaje.
- **Ley 2232 de 2022**: "Ley de plásticos de un solo uso". Reducir gradualmente la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso en Colombia. Prohíbe la fabricación, comercialización y entrega de 14 tipos específicos de productos plásticos de un solo uso, como bolsas de mercado, botellas de plástico, y productos de unicel, entre otros. Fomenta el uso de alternativas sostenibles, la economía circular y el reciclaje (Ley 2232, 2022).
- **Decreto 2192 de 2023**: "Reglamentación de la Ley 2232 de 2022". Establece los detalles para implementar la ley, como los requisitos para la prohibición y las responsabilidades de los actores de la cadena de valor. Define los lineamientos para los Planes de Gestión de Residuos de Envases y Empaques (PGIRS). Establece que las comunidades y guardaparques de áreas protegidas pueden utilizar plásticos de un solo uso para necesidades personales, siempre y cuando aseguren la recolección y disposición final de los residuos fuera de estas zonas. Impulsa la formalización de recicladores y empresas de reciclaje como actores clave en la cadena de valor del plástico (Decreto 2192, 2023).
- **Ley 142 de 1994**: Ley de Servicios Públicos Domiciliarios, que establece el régimen general para la prestación del servicio de aseo (Ley 142, 1994).

- **Decreto 1713 de 2002 (compilado en el Decreto 1077 de 2015):** Reglamenta la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) y la prestación del servicio público de aseo. Establece la obligación de los municipios de formular e implementar un PGIRS (Decreto 1713, 2002).
- **Resolución 754 de 2014:** Adopta la metodología para la formulación, implementación y actualización de los PGIRS, proporcionando la estructura que deben seguir los planes municipales (Resolución 754, 2014).
- **Ley 1259 de 2008:** Instaura el "Comparendo Ambiental" y tipifica como infracciones conductas como "Sacar la basura en horarios no autorizados" y "No usar los recipientes o demás elementos dispuestos para depositar la basura". Esto proporciona una base legal para la necesidad de educar y guiar a los ciudadanos, función que cumple la aplicación (Ley 1259, 2008).
- **Decreto 596 de 2016:** Reglamenta el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, marco fundamental para la sostenibilidad social del sistema que la app busca potenciar (Decreto 596, 2016).

7.4.2 Normatividad de Protección de Datos Personales

Dado que la aplicación recolectará y gestionará datos de los usuarios (nombre, correo, ubicación, patrones de reciclaje), es imperativo cumplir con la legislación de protección de datos:

- **Ley Estatutaria 1581 de 2012:** Dicta las disposiciones generales para la protección de datos personales en Colombia. Reconoce el derecho de Habeas Data, que permite a las personas conocer, actualizar y rectificar la información recogida sobre ellas en bases de datos (Ley 1581, 2012).

- **Decreto 1377 de 2013:** Reglamenta parcialmente la Ley 1581. Establece requisitos claros para la obtención de la autorización del titular de los datos, la cual debe ser previa, expresa e informada (Decreto 1377, 2013).

Implicaciones para "EcoAriporo": La aplicación deberá:

- Presentar a los usuarios una Política de Tratamiento de Datos Personales clara y accesible antes del registro.
- Solicitar un consentimiento explícito (opt-in) para la recolección y uso de sus datos, especificando la finalidad (ej. seguimiento del progreso, personalización de la experiencia).
- Implementar mecanismos dentro de la app para que los usuarios puedan ejercer sus derechos de acceso, rectificación y supresión de sus datos.
- Garantizar la seguridad de la información almacenada para prevenir accesos no autorizados.

8. Análisis de Restricciones

El prototipo de aplicación “EcoAriporo” busca fomentar prácticas responsables en la gestión de desechos sólidos mediante el uso de herramientas digitales. Sin embargo, como todo desarrollo de ingeniería, se encuentra condicionado por una serie de restricciones externas e internas que deben considerarse cuidadosamente para garantizar la viabilidad técnica, económica, ambiental, legal y social del mismo.

8.1. Restricción Técnica

- **Desarrollo de Software:** El equipo de trabajo cuenta con poca experiencia en desarrollo de software basado en programación avanzada. Esto representa una limitación evidente, pero también ha orientado la elección de una plataforma de características No-Code como lo es GoodBarber que posibilita la creación de aplicaciones sin necesidad de escribir código.
- **Limitaciones de la Plataforma No-Code:** Aunque las plataformas No-Code facilitan la creación de aplicaciones sin necesidad de programar, estas restringen el nivel de personalización avanzada. Esto significa que algunas funcionalidades no podrán implementarse dentro del prototipo. Esta limitación técnica obliga al proyecto a trabajar con las herramientas predeterminadas y a priorizar funciones esenciales que garanticen la usabilidad de la aplicación.

8.2. Restricción Económica

- **Disponibilidad de presupuesto:** El proyecto depende de recursos académicos, estimado en aproximadamente en \$6.700.000 COP, lo que restringe la posibilidad de contratación de

servicios de desarrollo profesional o la adquisición de licencias de software de pago e implementar soluciones tecnológicas avanzadas y costosas.

8.3. Restricción Ambiental

- **Alto Consumo de Papel:** El uso de medios educativos tradicionales como revistas, cartillas o campañas impresas implica un alto consumo de papel, lo que genera un impacto ambiental negativo asociado al desperdicio de recursos forestales, la producción de residuos no reciclables y la huella ecológica derivada del proceso de impresión. Esta situación constituye una restricción ambiental que limita la pertinencia de estrategias educativas basadas en materiales físicos y promueven una educación ambiental más sostenible.

8.4. Restricción Legal

El marco normativo colombiano exige cumplir con regulaciones relacionadas tanto con la gestión de residuos como con la protección de datos personales.

- **Resolución 2184 de 2019:** modifica la Resolución 668 de 2016 y establece el código de colores para la separación de residuos. Esta medida busca unificar la separación en la fuente a nivel nacional, facilitando el reciclaje y promoviendo la economía circular.
- **Ley 2232 de 2022:** orienta sobre la reducción de plásticos de un solo uso para proteger la salud, la vida y el ambiente sano. Promueve la sustitución de estos plásticos por alternativas sostenibles y fomenta la economía circular y el aprovechamiento de residuos plásticos.

- **Decreto 2192 de 2023:** fue expedido con el propósito de fortalecer la gestión integral de los residuos sólidos y promover la transición hacia una economía circular, en coherencia con las políticas nacionales de sostenibilidad ambiental.
- **Ley 1581 de 2012:** establece disposiciones para la protección de datos personales, garantizando el derecho de las personas a conocer, actualizar y rectificar la información que se tenga sobre ellas en bases de datos.
- **Ley 1618 de 2013:** garantiza el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad mediante medidas de inclusión, acciones afirmativas y ajustes razonables, eliminando toda forma de discriminación por esta condición.

8.5. Restricción Sociocultural

- **Bajos Niveles de Cultura Ambiental:** En Paz de Ariporo persiste una limitada conciencia sobre la separación en la fuente, esta restricción sociocultural representa un reto, pero al mismo tiempo obliga al proyecto a adaptar el diseño pedagógico y comunicativo para lograr una mayor apropiación comunitaria.

8.6. Restricción Institucional y de Gestión Pública

- **Ausencia de Rutas Municipales de Recolección Diferenciada y de Programas de Aprovechamiento:** Esta carencia dificulta la continuidad del proceso hacia un modelo de economía circular. Esta restricción implica que, para garantizar la efectividad del proyecto, será necesario articularlo con la Alcaldía de Paz de Ariporo y otras entidades territoriales, de

modo que el prototipo no se quede únicamente en la fase educativa, sino que contribuya al diseño de estrategias locales de gestión integral de residuos sólidos.

8.7. Otras Restricciones

- **Diversidad de Usuarios:** Dentro de la población objetivo existen usuarios con limitaciones visuales, como adultos mayores o personas con discapacidad parcial o total en la visión. Esta condición restringe el uso exclusivo de contenidos visuales dentro de la aplicación y obliga al proyecto a implementar elementos de accesibilidad digital, tales como contraste adecuado de colores, tipografías legibles e íconos claros.
- **Diseño Educativo:** El contenido debe presentar conceptos ambientales de forma clara, atractiva e interactiva, evitando contenidos demasiado técnicos o extensos, adaptando el lenguaje y la interfaz a diferentes edades, niveles de comprensión y estilos de aprendizaje, garantizando una experiencia inclusiva y efectiva para todos los usuarios.

9. Metodología para la selección de la solución

9.1. Diseño e Ingeniería de la Solución (Prototipo MVP)

El diseño del prototipo "EcoAriporo" se enfoca en la creación de un Producto Mínimo Viable (MVP) que valide los objetivos del proyecto. Esta etapa comienza con la selección rigurosa de la tecnología más adecuada, seguida por la definición de la arquitectura de la aplicación, alineada con las restricciones y requerimientos definidos en el plan.

9.1.1. Análisis de Alternativas de Ingeniería y Selección Tecnológica

Para seleccionar la tecnología más viable, se evaluaron tres alternativas de ingeniería basándose en criterios críticos para el proyecto, a saber: la **restricción técnica** (falta de experiencia en programación avanzada), la **restricción económica** (presupuesto limitado) y los **requerimientos funcionales** (capacidad de integrar gamificación y un enfoque *offline-first*).

9.1.2. Comparativa de Alternativas

A continuación, se presenta una matriz de decisión comparando las tres opciones tecnológicas consideradas:

Tabla 1: Comparativo para la Selección de Alternativas Tecnológicas

Criterio de Evaluación	Alternativa 1: Desarrollo Nativo (Kotlin/Swift)	Alternativa 2: Aplicación Web Progresiva (PWA)	Alternativa 3: Plataforma No-Code (GoodBarber)
Costo Inicial y Mantenimiento (Restricción Económica)	Alto (Requiere desarrolladores especializados)	Moderado (Requiere desarrolladores web)	Bajo (Suscripción mensual simple)
Tiempo de Desarrollo (MVP)	Lento (Se necesita codificación completa)	Moderado (Desarrollo, pruebas y ajuste)	Rápido (Basado en módulos pre-construidos)
Complejidad Técnica (Restricción de Equipo)	Alta (Requiere conocimientos de programación avanzada)	Media (Requiere conocimientos de HTML, CSS y JS)	Baja (Interfaz de arrastrar y soltar)
Rendimiento y UX	Excelente (Acceso nativo a hardware)	Bueno (Depende del navegador y la conectividad)	Muy Bueno (Estructura optimizada para móviles)
Capacidad Offline-First	Máxima (Fácil de implementar lógica de persistencia)	Media (Dependiente de Service Workers y caché)	Media-Alta (Ofrecido como funcionalidad clave de la plataforma)

Fuente: Elaboración propia

9.1.3. Justificación de la Elección: Enfoque No-Code

Dadas las restricciones técnicas y económicas del proyecto, se optó por la Plataforma No-Code (GoodBarber).

- **Superación de Restricciones:** Esta alternativa elimina la principal barrera técnica del equipo al no requerir conocimientos de programación. Además, su modelo de suscripción se ajusta de manera eficiente al presupuesto limitado, permitiendo asignar más recursos a la conceptualización y diseño de contenidos que al desarrollo de software puro.

- **Eficiencia en el MVP:** El uso de GoodBarber acelera significativamente el tiempo de llegada al mercado, permitiendo la entrega de un MVP funcional en un plazo ajustado.
- **Funcionalidades Clave:** GoodBarber ofrece módulos pre-integrados para la creación de contenido multimedia (videos, infografías), geolocalización, y una base para la gamificación (integración de listas de clasificación y sistemas de puntuación), que satisfacen los requerimientos funcionales críticos sin necesidad de codificación.

9.2. Desarrollo del Prototipo y su Arquitectura

El desarrollo del prototipo se enfoca en la creación de un Producto Mínimo Viable (MVP) que aborda los principales objetivos del proyecto. La arquitectura del prototipo se estructura en tres pilares principales, en línea con el marco teórico y los objetivos: un módulo de educación, un sistema de gamificación y un módulo de acción comunitaria.

9.2.1. Módulo de Educación

Este módulo es la base del prototipo y tiene como objetivo principal generar conciencia y educar a la población sobre la correcta separación de residuos en la fuente. El contenido educativo se diseña para ser intuitivo y accesible, utilizando elementos visuales y auditivos que facilitan el aprendizaje.

- **Contenidos Pedagógicos:** Se desarrollarán guías interactivas que explican la importancia de la separación en la fuente y el código de colores según la Resolución 2184 de 2019. Se incluirán videos cortos, infografías y un catálogo visual de residuos que faciliten la comprensión.

- Recursos Visuales y Accesibilidad: Se utilizará una interfaz intuitiva con iconografía clara y una tipografía legible. Para abordar la restricción de inclusión y diversidad visual, se considerarán formatos auditivos y textos alternativos para las imágenes.

9.2.2. Sistema de Gamificación

La gamificación se implementará como una estrategia para motivar la participación y reforzar el aprendizaje, superando la restricción sociocultural de bajos niveles de cultura ambiental. Los elementos clave incluyen:

- Puntos e Insignias: Los usuarios obtendrán puntos por completar quizzes, clasificar residuos correctamente y participar en desafíos. Las insignias se otorgarán por logros específicos, lo que valida el progreso del usuario y le da un sentido de logro personal.
- Desafíos y Tablas de Clasificación: Se crearán desafíos semanales o mensuales para mantener el interés. Las tablas de clasificación fomentarán una competencia amistosa a nivel individual y por barrio, capitalizando el orgullo comunitario y reforzando las normas subjetivas de la comunidad.
- Conexión con Incentivos (Promoción al Servicio Público): La clave es conectar los logros en la aplicación "EcoAriporo" con incentivos que tengan un impacto directo y positivo en la vida de los ciudadanos, basándose en la autonomía territorial:
- Descuentos en Servicios Públicos: Los puntos acumulados por la correcta separación de residuos podrán traducirse en descuentos en las facturas de servicios como el agua, el aseo o el gas.

- **Beneficios en Servicios Municipales:** Los puntos también podrían servir para obtener reducciones en impuestos (predial, vehículos) o tarifas más bajas en el uso de espacios públicos.
- **Reconocimiento Comunitario:** Se crearán categorías de "ciudadano ambiental del mes o del año" con reconocimiento público y premios simbólicos.

9.2.3. Módulo de Acción Comunitaria

Este módulo busca vincular la teoría con la práctica, conectando a los usuarios con la infraestructura local de reciclaje. Esto es crucial para romper el círculo problemático de falta de incentivos para la separación.

- **Directorio de Recicladores:** Se habilitará una sección con información de contacto de los gestores ambientales locales o puntos de recolección. Esta funcionalidad apoya directamente el mandato del Decreto 2192 de 2023 de formalizar el trabajo de los recicladores.
- **Espacio de Comunidad:** Se creará un espacio para que los usuarios compartan experiencias y consejos, fortaleciendo el sentido de comunidad en torno a la gestión de residuos.

9.3. Cumplimiento de Restricciones y Requerimientos

El diseño y desarrollo del prototipo se realiza considerando las restricciones y requerimientos no funcionales definidos previamente.

9.3.1. Restricciones legales

El proyecto se alinea con la normativa colombiana desde el diseño.

- **Protección de datos personales:** Se implementará la Ley 1581 de 2012, obteniendo el consentimiento informado de los usuarios, incluyendo una política de privacidad clara y proporcionando mecanismos para que los usuarios controlen su información personal.
- **Normatividad ambiental:** El contenido educativo reflejará fielmente la Resolución 2184 de 2019 sobre el código de colores para la separación. También se incluirá información sobre la reducción de plásticos de un solo uso, en cumplimiento de la Ley 2232 de 2022 y el Decreto 2192 de 2023.

9.3.2. Restricciones Técnicas y Operativas

Para asegurar la viabilidad del prototipo en el contexto de Paz de Ariporo, se integrarán soluciones a los desafíos de conectividad.

- **Arquitectura "Offline-first":** Se priorizará un diseño que permita a los usuarios acceder a contenidos educativos y realizar algunas interacciones incluso con conectividad limitada o nula. Esta característica es vital para la adopción de la aplicación.
- **Optimización del rendimiento:** Los requerimientos no funcionales establecen que los tiempos de carga no deben superar los tres segundos, lo que se logrará con la optimización de los recursos multimedia y la estructura de la aplicación. El diseño será adaptable a diferentes tamaños de pantalla en dispositivos Android e iOS para garantizar su accesibilidad a la mayor parte de la población.

10. Análisis de Costos

10.1. Descripción del Proyecto Original

- **Nombre del Proyecto:** EcoAriporo.
- **Tipo de Proyecto:** Aplicación Móvil Educativa con enfoque de Gamificación.
- **Tecnología Base:** Plataforma No-Code (GoodBarber como referencia).
- **Alcance (Primer Año):** Implementación inicial y ejecución del Piloto.
- **Objetivo:** Desarrollar un prototipo de aplicación educativa que promueva la conciencia y el aprendizaje sobre la correcta separación en la fuente de los residuos en Paz de Ariporo, Casanare; incentivando prácticas responsables desde el hogar y sentando las bases para futuros modelos de gestión sostenible y circular en el municipio.

10.1. Introducción y Metodología

Como objetivo principal se plantea reestructurar el análisis de costos del proyecto "EcoAriporo" bajo un modelo de auto-ejecución y auto-gestión por estudiantes de ingeniería de la Universidad EAN. El proyecto original estimó un costo total para el primer año de \$256.600.000 COP. La nueva metodología busca reducir este costo drásticamente al eliminar la mayoría de los rubros de personal y gastos fijos, reemplazándolos por tiempo, esfuerzo y recursos académicos (mano de obra estudiantil), manteniendo la viabilidad del piloto y la puesta en marcha.

10.3. Estructura de Costos Original (Resumen de 1 Año)

La proyección original se dividía en Capital de Inversión (CAPEX) y Costos Operacionales Recurrentes (OPEX).

a. Costo Total de la Inversión Inicial (CAPEX) (Una sola vez)

Tabla 2: Costos de Inversión Directa Original

Concepto de Inversión Directa	Total (COP)
Equipos de Cómputo y Pruebas	\$ 10.000.000
Construcción y Desarrollo del MVP	\$ 12.000.000
Total Inversión Directa	\$ 22.000.000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Costos de Inversión Indirecta Original

Concepto de Inversión Indirecta	Total (COP)
Formalización Legal y Política de Datos	\$ 3.500.000
Imprevistos / Contingencia (10%)	\$ 2.200.000
Total Inversión Indirecta	\$ 5.700.000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4: Costos Capital de Trabajo Original

Concepto de Capital de Trabajo	Total (COP)
Incentivos de Gamificación (Premios)	\$ 1.500.000
Publicidad y Sensibilización Local	\$ 2.500.000
Capacitación y Logística	\$ 1.000.000
Total Capital de Trabajo para el Piloto	\$ 5.000.000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: Costo de CAPEX Original Primer Año

Concepto	Total (COP)
Inversión Directa (Equipos/Desarrollo)	\$ 22.000.000
Inversión Indirecta (Legal/Contingencia)	\$ 5.700.000
Capital de Trabajo (Piloto)	\$ 5.000.000
Total CAPEX (Primer Año)	\$ 32.700.000

Fuente: Elaboración Propia

b. Costo Total de la Operación Anual (OPEX) (Recurrente)

Tabla 6: Costos de Personal Original

Concepto de Costos de Personal	Total (COP)
Diseñador UX/UI	\$ 48.000.000

Especialista en Contenidos	\$ 42.000.000
Administración/Gerencia	\$ 54.000.000
Carga Prestacional (40%)	\$ 57.600.000
Total Personal (Anual)	\$ 201.600.000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: Costos Operacionales Original

Concepto de Costos de Operacionales	Total (COP)
Servicios Públicos y Arriendo	\$ 21.600.000
Hosting y Dominio (Backend/API)	\$ 700.000
Total Costos Fijos (Anual)	\$ 22.300.000

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Costo de OPEX Original Primer Año

Concepto	Total (COP)
Costos Fijos Anuales	\$ 22.300.000
Costos de Personal Anual	\$ 201.600.000
Total OPEX (Primer Año)	\$ 223.900.000

Fuente: Elaboración Propia

c. Costo Total del Proyecto (Primer Año)

Tabla 9: Costo Total del Proyecto Original Primer Año

Concepto	Total (COP)
CAPEX (Capital de Inversión - Una sola vez)	\$ 32.700.000
OPEX (Operación Anual - Recurrente)	\$ 223.900.000
Costo Total del Proyecto (Primer Año)	\$ 256.600.000

Fuente: Elaboración Propia

Según este análisis de costos, el costo total del proyecto asumido como una inversión necesaria para el primer año sería **\$256.600.000 COP**.

El principal objetivo de la reducción se centra en eliminar la nómina (\$201.600.000 COP) y los gastos fijos de oficina (\$21.600.000 COP).

10.4. Modelo de Equipo Universitario

Se propone que el proyecto sea ejecutado por tres (3) estudiantes de ingeniería de la Universidad EAN de proyecto de grado, lo cual elimina el costo de la nómina y la carga prestacional. El costo original de personal anual es de \$201.600.000 COP.

Tabla 10: Nuevos Costos de Personal

Concepto de Personal (Costo Anual Original)	Rol Asumido por Estudiante	Total Anual (COP)
Diseñador UX/UI (\$48.000.000)	Estudiante 1 (Diseño / Interfaz)	\$ 0
Especialista en Contenidos (\$42.000.000)	Estudiante 2 (Ambiental / Social)	\$ 0
Administración/Gerencia (\$54.000.000)	Estudiante 3 (Gestión / Negocios)	\$ 0
Carga Prestacional (40%) (\$57.600.000)	No aplica para mano de obra voluntaria	\$ 0
Total Personal (Anual)		\$ 0

Fuente: Elaboración Propia

10.5. Optimización de Costos Operacionales Fijos (OPEX)

El gasto de Servicios Públicos y Arriendo (Oficina Mínima), que asciende a \$22.300.000 COP anuales, se elimina mediante el uso de recursos académicos o trabajo remoto.

Tabla 11: Nuevo Costo de OPEX Primer Año

Concepto Operacional (Costo Anual Original)	Estrategia de Reducción Estudiantil	Total Anual (COP)
Servicios Públicos y Arriendo (\$21.600.000)	Trabajo remoto o uso de espacios de la Universidad EAN	\$ 0
Hosting y Dominio (Backend/API) (\$700.000)	Uso de planes gratuitos para estudiantes o versiones freemium de plataformas No-Code (GoodBarber) o un dominio de bajo costo (aprox. \$150.000 COP)	\$ 150.000
Nuevo OPEX Anual Total		\$ 150.000

Fuente: Elaboración Propia

10.6. Optimización de Inversión Directa (Activos Fijos)

La inversión inicial de \$32.700.000 COP se enfoca en reducir los activos fijos y la contratación externa. El costo de \$22.000.000 COP en activos fijos se reduce a cero al capitalizar los recursos personales de los estudiantes.

Tabla 12: Nuevos Costos de Inversión Directa

Concepto de Inversión Directa	Estrategia de Reducción Estudiantil	Total Anual (COP)
Equipos de Cómputo y Pruebas (\$10.000.000)	Uso de equipos propios (BYOD - Bring Your Own Device) y dispositivos de prueba de los estudiantes.	\$ 0
Construcción y Desarrollo del MVP (\$12.000.000)	El desarrollo inicial es asumido por los 3 estudiantes usando la plataforma No-Code (GoodBarber) elegida. El trabajo intensivo es el aporte de capital no monetario.	\$ 0
Total Inversión Directa		\$ 0

Fuente: Elaboración Propia

10.7. Optimización de Inversión Indirecta y Legal

Los costos indirectos originales son de \$5.700.000 COP.

Tabla 13: Nuevos Costos de Inversión Indirecta

Concepto de Inversión Indirecta	Estrategia de Reducción Estudiantil	Total (COP)
Formalización Legal y Política de Datos (\$3.500.000)	Búsqueda de asesoría a través de la facultad de derecho de la Universidad EAN, o uso de formatos estándar y apoyo en recursos académicos e IA	\$ 500.000
Imprevistos / Contingencia (10%) (\$2.200.000)	Se reduce la contingencia al 5% para cubrir errores de plataforma inesperados.	\$ 1.100.000
Total Inversión Indirecta		\$ 1.600.000

Fuente: Elaboración Propia

10.8. Capital de Trabajo (Inversión en el Piloto Comunitario)

El Capital de Trabajo para el Piloto de 3 Meses es de \$5.000.000 COP. Este rubro se mantiene intacto, ya que es fundamental para validar la gamificación y el Retorno Social.

Tabla 14: Nuevos Costos de Capital de Trabajo

Concepto de Capital de Trabajo	Justificación	Total (COP)
Incentivos de Gamificación (Premios)	Crucial para la participación de las 100 familias y el éxito del piloto.	\$ 1.500.000
Publicidad y Sensibilización Local	Necesario para el engagement y el lanzamiento en el barrio piloto.	\$ 2.500.000
Capacitación y Logística	Inversión clave para la logística y la trazabilidad de la recolección geolocalizada.	\$ 1.000.000
Total Capital de Trabajo del Piloto		\$ 5.000.000

Fuente: Elaboración Propia

10.9. Conclusión del Presupuesto (Primer Año)

La aplicación del modelo de autogestión estudiantil reduce el costo total del proyecto de \$256.600.000 COP a \$6.700.000 COP, lo que representa un ahorro de \$249.900.000 COP.

Tabla 15: Nuevo Costo Total del Proyecto Primer Año

Concepto de Costos (Estudiantes)	Costo (COP)
CAPEX (Capital de Inversión - Una sola vez)	\$ 6.600.000
OPEX (Operación Anual - Recurrente)	\$ 100.000
Costo Total del Proyecto (Primer Año)	\$ 6.700.000

Fuente: Elaboración Propia

10.10. Justificación del Retorno de Inversión Social (ROI Social)

Aunque el costo monetario es significativamente bajo, la justificación de la inversión para la Alcaldía o Gobernación sigue siendo el alto margen de rentabilidad social y ambiental. El proyecto, con su bajo costo de implementación, ofrece una Tasa Interna de Retorno (TIR) Social y Ambiental superior a los costos operativos, generando ahorros multimillonarios a largo plazo en infraestructura y gestión de residuos.

Tabla 16: Justificación del ROI Social

Aspecto de Rentabilidad	Justificación (ROI Social)	Impacto del Bajo Costo
-------------------------	----------------------------	------------------------

Reducción de Ineficiencia	Cada aumento porcentual en la separación en la fuente reduce el costo de transporte y disposición final de residuos por parte del operador de aseo.	La Alcaldía invierte \$6.700.000 COP para obtener un ahorro directo y recurrente en la operación de aseo.
Vida Útil del Relleno Sanitario	Al desviar residuos aprovechables (basura cero), se prolonga la vida útil del Relleno Sanitario El Gaván, evitando el costo significativamente mayor de construir uno nuevo.	El riesgo de infraestructura se mitiga con una mínima inversión en tecnología.
Margen de Ahorro por Multas	La rentabilidad se garantiza al evitar multas de la Superintendencia de Servicios Públicos por incumplimiento de metas de aprovechamiento (Resolución 2184 de 2019, la Ley 2232 de 2022 y el Decreto 2192 de 2023)	Se asegura el cumplimiento legal a un costo marginal.
Capital Social Inyectado	La aplicación genera un Capital de Confianza en la comunidad (empoderamiento ciudadano) que reduce el vandalismo, las quejas y los costos de intervención social.	La inversión se paga con la mejora de la convivencia y el capital cívico.

Fuente: Elaboración Propia

10.11. Fuentes de Ingreso Mínimas

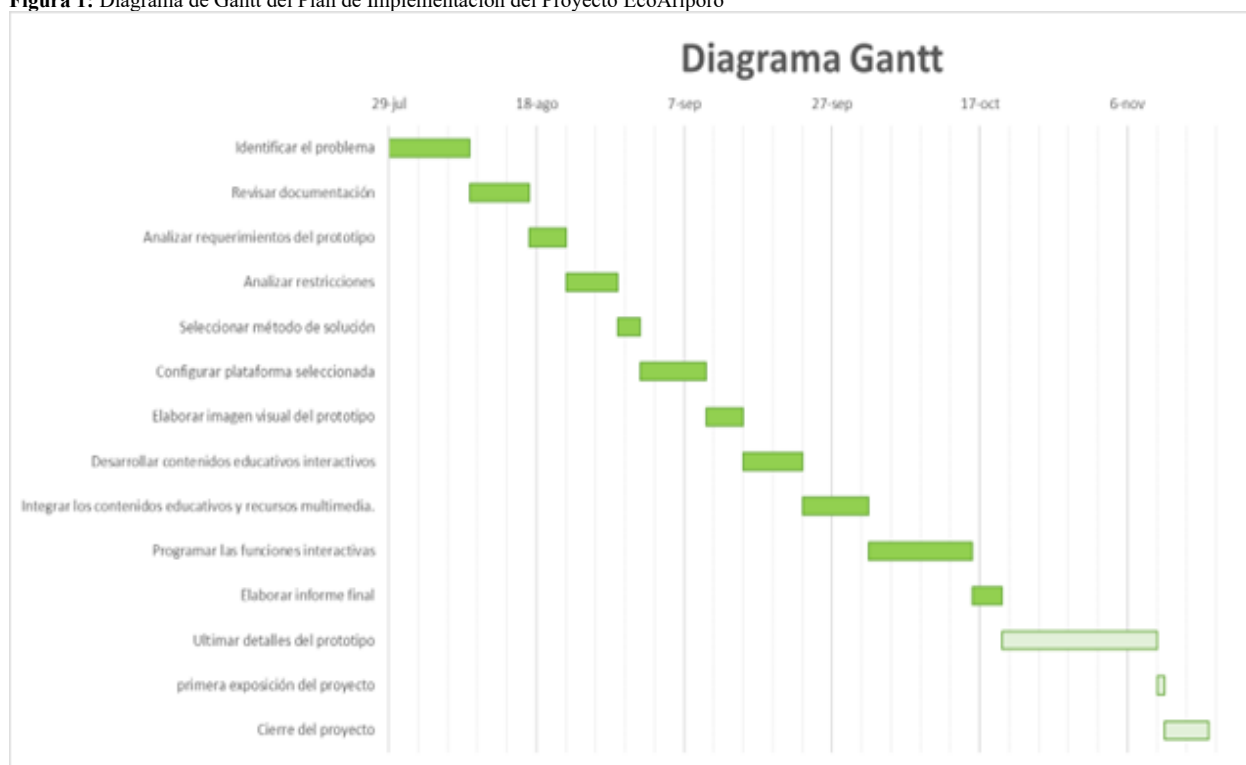
El modelo estudiantil requiere que las fuentes de ingreso primarias sean viables para el segundo año:

- a. **Patrocinios Ambientales:** Fondos de empresas privadas para financiar la educación ambiental.
- b. **Transferencias Intergubernamentales:** Acceso a programas ambientales del gobierno local, departamental o nacional.

11. Plan de implementación

El diagrama de Gantt es una herramienta útil en la gestión del proyecto “EcoAriporo” porque permite planificar, organizar y visualizar las actividades de forma clara y ordenada a lo largo del tiempo.

Figura 1: Diagrama de Gantt del Plan de Implementación del Proyecto EcoAriporo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2: Cronograma y Avance de Actividades del Proyecto EcoAriporo

Nombre actividad	Fecha inicio	Duración en días	Fecha fin	Responsable	Estado
Identificar el problema	29-jul	11	9-ago	Grupo de trabajo	Finalizado
Revisar documentación	9-ago	8	17-ago	Grupo de trabajo	Finalizado
Analizar requerimientos del prototipo	17-ago	5	22-ago	Grupo de trabajo	Finalizado
Analizar restricciones	22-ago	7	29-ago	Grupo de trabajo	Finalizado
Seleccionar método de solución	29-ago	3	1-sep	Grupo de trabajo	Finalizado
Configurar plataforma seleccionada	1-sep	9	10-sep	Grupo de trabajo	Finalizado
Elaborar imagen visual del prototipo	10-sep	5	15-sep	Grupo de trabajo	Finalizado
Desarrollar contenidos educativos interactivos	15-sep	8	23-sep	Grupo de trabajo	Finalizado
Integrar los contenidos educativos y recursos multimedia.	23-sep	9	2-oct	Grupo de trabajo	Finalizado
Programar las funciones interactivas	2-oct	14	16-oct	Grupo de trabajo	Finalizado
Elaborar informe final	16-oct	4	20-oct	Grupo de trabajo	Finalizado
Ultimar detalles del prototipo	20-oct	21	10-nov	Grupo de trabajo	-
primera exposición del proyecto	10-nov	1	11-nov	Grupo de trabajo	-
Cierre del proyecto	11-nov	6	17-nov	Grupo de trabajo	-

Fuente: Elaboración Propia

En sus primeras etapas, se realizó la identificación del problema y la revisión de documentación, con el fin de comprender las necesidades locales y establecer una base conceptual sólida. Luego se avanzó con el análisis de requerimientos y restricciones, definiendo los aspectos técnicos y pedagógicos del prototipo, así como las limitaciones de recursos y conectividad del contexto.

Posteriormente, se procedió a la configuración de la plataforma, la elaboración del diseño visual y el desarrollo de contenidos educativos interactivos, orientados a promover el aprendizaje sobre la separación en la fuente. La fase de integración de contenidos multimedia y programación de funciones interactivas permite consolidar la operatividad del prototipo,

asegurando una interfaz dinámica y accesible para los usuarios. Estas acciones son complementadas con la elaboración del informe final, que busca recopilar los resultados y aprendizajes obtenidos durante la ejecución.

Finalmente, las últimas etapas del proyecto se centran en ultimar los detalles del prototipo, realizar la primera exposición del proyecto y culminar con el cierre del proyecto, donde se evaluarán los logros alcanzados y se propondrán mejoras futuras. En conjunto, este plan de implementación permite desarrollar una herramienta educativa que fortalece la cultura ambiental y la sostenibilidad en el municipio.

12. Conclusiones

El desarrollo de una aplicación móvil educativa como "EcoAriporo" para promover la conciencia y el aprendizaje sobre reciclaje y la correcta separación de residuos en Paz de Ariporo, Casanare, representa una solución innovadora y pertinente ante los desafíos ambientales y sociales del municipio. La investigación y el diseño del proyecto, fundamentados en metodologías ágiles y en la participación comunitaria, van a permitir identificar las necesidades locales y adaptar la tecnología a las condiciones socioambientales y técnicas de la región.

El proyecto no solo es viable, sino que representa una oportunidad para establecer un modelo de gestión de residuos innovador y replicable. Las recomendaciones estratégicas que deben tener para su óptima implementación incluyen la formalización de alianzas con actores clave, el desarrollo de un Producto Mínimo Viable (MVP) con prioridad en la funcionalidad sin conexión, la implementación de un programa piloto controlado y el diseño de una estrategia de comunicación efectiva y asertiva a la comunidad de Paz de Ariporo, con el fin de asegurar la adopción y el éxito a largo plazo de la iniciativa.

La investigación ha permitido identificar con claridad las necesidades y falencias críticas en el conocimiento y las prácticas de separación de residuos en Paz de Ariporo. Se concluye que existe un desconocimiento generalizado sobre los métodos correctos de separación, lo cual se refleja en una tasa de aprovechamiento informal de apenas un 9.43% y una dependencia casi total del envío de residuos sin clasificar al relleno sanitario de "El Gaván". Esta falta de cultura ambiental, sumada a la ausencia de herramientas educativas accesibles, constituye la principal barrera para mejorar la gestión de residuos. Por tanto, el diseño de una aplicación educativa se valida como una solución pertinente y contextualizada, ya que ataca directamente la raíz del problema: la falta de información y motivación en los hogares.

Referente al diseño de la interfaz de usuario (UI) y la experiencia de usuario (UX) del prototipo de “EcoAriporo” cumple exitosamente con el objetivo de facilitar el aprendizaje interactivo sobre el código de colores de la Resolución 2184 de 2019. Se concluye que, a través de la combinación de un módulo educativo visual e intuitivo y un sistema de gamificación, la aplicación transforma la normativa en acciones simples y atractivas. La interfaz diseñada no solo presenta la información de manera clara, sino que también crea un entorno accesible y motivador que reduce las barreras cognitivas y fomenta la participación, siendo una herramienta idónea para la educación masiva de la ciudadanía en esta materia.

El prototipo de aplicación desarrollado es una herramienta estratégica para promover la adecuada separación de residuos en la fuente y, con ello, fortalecer las prácticas responsables que son el pilar de un futuro modelo de economía circular en Paz de Ariporo. Se concluye que, al educar y motivar a los ciudadanos, la aplicación tiene el potencial de incrementar significativamente la cantidad y calidad del material reciclable recuperado en los hogares. Este aumento en el aprovechamiento no solo reduciría la presión sobre el colapsado relleno sanitario y generaría ahorros económicos para el municipio, sino que también sentaría las bases para la creación de una cadena de valor local del reciclaje, constituyendo el primer y más fundamental paso en la transición de un modelo lineal de un solo uso o mejor conocido como "usar y tirar", a uno circular y sostenible.

“EcoAriporo” no es una solución superficial para un problema complejo; es una intervención estratégica y multidimensional que aborda las raíces psicológicas y sistémicas de la crisis de residuos. El proyecto demuestra su viabilidad al anclarse en un marco teórico probado como la Teoría de la Conducta Planificada, que valida su enfoque para motivar a la ciudadanía. Desde el punto de vista técnico, la adopción de una arquitectura "offline-first" es una respuesta

pragmática y necesaria para la realidad de conectividad de la región, una elección que, además, refuerza la confianza del usuario y su percepción de control.

Más allá de sus méritos técnicos y psicológicos, la propuesta es un elemento de política pública para el municipio de Paz de Ariporo. Al educar a los ciudadanos sobre las normativas vigentes, como la Resolución 2184 de 2019, Ley 2232 de 2022 y el Decreto 2192 de 2023, la aplicación se convierte en un aliado tangible de los esfuerzos gubernamentales para fomentar una economía circular.

13. Referencias

- Aboelmaged, M. (2021). E-waste recycling behaviour: An integration of recycling habits into the theory of planned behaviour. *Journal of Cleaner Production*, 278, 124182. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124182>
- Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (s.f.). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/el-reciclaje>
- Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (2020). *Recycling Economic Information (REI) Report*. EPA. <https://www.recyclingtoday.org/es/blogs/news/top-10-benefits-of-recycling>
- Aguilar Luzón, M. C. (2006). *Predicción de la conducta de reciclaje a partir de la teoría de la conducta planificada y desde el modelo del valor, normas y creencias hacia el medio ambiente*. Repositorio Institucional UGR. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/991/16135593.pdf>
- Agustín Padilla Caballero, J. E., Rojas Zuñiga, L. M., Valderrama Zapata, C. A., Ruiz de la Cruz, J. R., & Flores Cabrera de Ruiz, K. (2022). Herramientas digitales más eficaces en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Horizontes. Revista De Investigación En Ciencias De La Educación*, 6(23), 669–678. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v6i23.367>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Alcaldía de Paz de Ariporo, Empresa de Servicios Públicos S.A. E.S.P. (2018). *Informe de gestión de la Empresa de Servicios Públicos S.A. E.S.P., vigencia 2017*. Alcaldía de Paz de Ariporo.

Alcaldía de Paz de Ariporo. (2015). *Decreto N° 300.21 120 de 2015*. <https://www.pazdeariporo-casanare.gov.co/Transparencia/Normatividad/Decreto%20N%C2%B0%20300.21%20120%20de%202015.pdf>

Alcaldía Municipal de Paz de Ariporo. (2020). *Informe de gestión periodo: 01 de enero al 31 de diciembre de 2020*. Alcaldía de Paz de Ariporo.

Alcaldía de Paz de Ariporo. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 "Por Amor a Nuestra Tierra - Vamos por el Cambio"*. <https://www.pazdeariporo-casanare.gov.co/Transparencia/Normatividad/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20MUNICIPAL%202020-2023.pdf>

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Artículos 287 (Autonomía territorial) y 313, numeral 4 (Facultades del Concejo Municipal).

Audiffred Hinojosa, A. (2024, mayo 27). *4 elementos y Ejemplos de Gamificación en el Aula*. ClassPoint Blog. <https://www.classpoint.io/blog/es/4-elementos-y-ejemplos-de-gamificacion-en-el-aula>

Audiffred Hinojosa, A. (2024, mayo 27). *Insignias digitales y gamificación para incrementar la motivación de los estudiantes*. Observatorio de Innovación Educativa, Tecnológico de Monterrey. <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/insignias-digitales-y-gamificacion-para-incrementar-la-motivacion-de-los-estudiantes/>

Bixlabs. (n.d.). *An intro to offline first mobile apps*. <https://bixlabs.com/offline-first-mobile-apps/>

Botia Coronel, G., & Vega Pidiache, A. J. (n.d.). *Plan de gestión integral de residuos sólidos de Paz de Ariporo Casanare*. Prezi. <https://prezi.com/jkmfcu4ac4kf/plan-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-de-paz-de-aripo/>

Caicedo Vargas, L, Sua Rodríguez, W y Martínez Marroquín, J. (2024). *Alimentando el futuro: aplicación móvil para disminuir el desperdicio de alimentos en la plaza de Paloquemao de Bogotá*. <http://hdl.handle.net/10882/13778>

Colombia. Congreso de la República. (2012, octubre 17). Ley 1581 de 2012. *Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*. Diario Oficial No. 48.587 de 18 de octubre de 2012. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>

Colombia. Congreso de la República. (2022, julio 7). Ley 2232 de 2022. *Por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 52.088 de 7 de julio de 2022. <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30044415>

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). (2021). Resolución CRA 943 de 2021. *Por la cual se establece la metodología tarifaria para el servicio público de aseo*. Artículos 5.3.2.2.7.1 y 5.3.5.2.8.1.

Congreso de la República de Colombia. (2015). Ley 1753 de 2015. *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”*. Artículo 88.

Contenedores de Basura. (n.d.). *Apps ecológicas | Las Mejores Apps que te Ayudarán a Reciclar.*

<https://contenedoresdebasura.com/apps-ecologicas-las-mejores-apps-que-te-ayudaran-a-reciclar/>

Contraloría Departamental de Casanare. (2021). *Informe macro ambiental 2021.*

<https://contraloriacasanare.gov.co/apc-aa-files/cc6a3f8cab0c9d95b8202d9357c84334/informe-macro-ambiental-2021-final.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025, 5 de agosto).

Proyecciones de población. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Vivienda, C. y T., Ministerio de Ambiente

y Desarrollo Sostenible, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, &

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2022). *Guía Nacional para la Adecuada Separación de Residuos Sólidos. Colombia 2022.*

<https://economiecircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/06/guia-nacional-para-la-adecuada-gestion-de-residuos-colombia-2022.pdf#:~:text=Gu%C3%ADa%20Nacional%20para%20la%20adecuada,en%20el%20a%C3%B1o%202019>

Desarrollo Sostenible. (2017b, noviembre 13). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030*

para el Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

De Prensa, S. (s. f.). *Gobierno unifica el código de colores para la separación de residuos en la*

fuentes a nivel nacional. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4595-gobierno-unifica-el-codigo-de-colores-para-la-separacion-de-residuos-en-la-fuente-a-nivel-nacional>
- Earth & Life University. (2024, 24 de enero). *Soluciones tecnológicas para la gestión de residuos*. <https://earthuniversity.edu.mx/soluciones-tecnologicas-para-la-gestion-de-residuos>
- Foman. (2021). Resolución 2184 de 2019: Código de colores para residuos. Foman Colombia. <https://www.foman.com.co/legislacion-alimentos-colombia/resolucion-2184-de-2019/>
- González Pachón, S, Tamara Pérez, E y Téllez Rodríguez, L. (2024). *Alimentando conciencias: una aplicación para reducir el desperdicio de alimentos en Colombia*. <http://hdl.handle.net/10882/13734>
- Gómez Munar, J, Sanabria Rozo, C y Yepes Ceballos, D. (2021). *Desarrollo de herramienta asistida por computadora para la asistencia de hogares en el manejo de residuos domésticos*. <http://hdl.handle.net/10882/11378>
- IDEAM. (2021). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- La teoría de la acción planificada con ejemplos. *Azjen (1991)*. (2023, marzo 31). [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/live/MLqOhNFzPqQ>
- Meléndez, C. (2004). *Guía práctica para la operación de celdas diarias en rellenos sanitarios pequeños y medianos*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/584119464/Guia-Practica-Para-La-Operacion-de-Celdas-Diarias-en-Rellenos-Sanitarios-Pequeños-y-Medianos>

Microsoft Learn. (n.d.). *Configurar la sincronización de datos sin conexión.*

<https://learn.microsoft.com/es-es/dynamics365/field-service/mobile/offline-data-sync>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022, julio 7). *Ley 2232 de 2022.*

<https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/ley-2232-de-2022/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023, diciembre 26). *Gobierno Nacional*

prohibe plásticos de un solo uso en áreas naturales protegidas y Parques Nacionales

Naturales. [https://www.minambiente.gov.co/gobierno-nacional-prohibe-plasticos-de-un-](https://www.minambiente.gov.co/gobierno-nacional-prohibe-plasticos-de-un-solo-uso-en-areas-naturales-protegidas-y-parques-nacionales-naturales/)

[solo-uso-en-areas-naturales-protegidas-y-parques-nacionales-naturales/](https://www.minambiente.gov.co/gobierno-nacional-prohibe-plasticos-de-un-solo-uso-en-areas-naturales-protegidas-y-parques-nacionales-naturales/)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2025, 8 agosto). *Estrategia Nacional de*

Economía Circular. [https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-](https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular/)

[urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular/](https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular/)

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (s.f.). *Protección de datos personales.*

[https://www.mincit.gov.co/minindustria/estrategia-transversal/regulacion/proteccion-de-](https://www.mincit.gov.co/minindustria/estrategia-transversal/regulacion/proteccion-de-datos-personales)

[datos-personales](https://www.mincit.gov.co/minindustria/estrategia-transversal/regulacion/proteccion-de-datos-personales)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (s.f.). *Planes de Gestión Integral de Residuos*

Sólidos (PGIRS). [https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/presentacion-modulo-ii-metodologia-formulacion-implementacion-seguimiento-control-y-actualizacion-de-pgirs.pdf)

[08/presentacion-modulo-ii-metodologia-formulacion-implementacion-seguimiento-](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/presentacion-modulo-ii-metodologia-formulacion-implementacion-seguimiento-control-y-actualizacion-de-pgirs.pdf)

[control-y-actualizacion-de-pgirs.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/presentacion-modulo-ii-metodologia-formulacion-implementacion-seguimiento-control-y-actualizacion-de-pgirs.pdf)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2025). *Memoria Justificativa Proceso: Gestión a la Política de Agua Potable y Saneamiento, Versión 7.0, 10 de febrero de 2025.*

[https://www.andi.com.co/Uploads/2025-02-10-memoria-justificativa-proyecto-de-](https://www.andi.com.co/Uploads/2025-02-10-memoria-justificativa-proyecto-de)

decreto-programa-basura-

cero.pdf#:~:text=cerca%20del%2061%25%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos

Noguera, K. (2016). *Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: Caso colombiano*.

ResearchGate.net.

https://www.researchgate.net/publication/301799194_Los_rellenos_sanitarios_en_latinoamerica_Caso_colombiano

Paradise, L. (2022). Gamified App to Increase the Quantity and Quality of Household Recyclin.

<https://users.wpi.edu/~lparadise/documents/WebsiteMidyearUpdate/STEMthesis.pdf>

Rodríguez Velásquez, J., Zuluaga Zubieta, S., y Mosquera Osuna, D. (2019). *Programa de reciclaje electrónico en Ingeniería Electrónica de la cun. #ashtag*, (13), 29-42.

<https://doi.org/10.52143/2346139X.618>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). (2020). *Informe de la situación de los residuos sólidos en Colombia* [Archivo PDF].

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios). (2021). *Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2020*.

https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inlinefiles/informe_df_2020%20%281%29.pdf

Ullca, J. (2005). *Los rellenos sanitarios. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 4, 2–17.

<https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>

Vista de Empleo verde: *el rol del estado y las empresas ante el cambio climático*. (s.f).

<http://rain.ean.edu.ar:8085/rain/index.php/RAIN/article/view/23/24>

