ECOTRACK: PLATAFORMA MÓVIL PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Eddier Javier Quintero Cubillos

ejquinterocu@unadvirtual.edu.co

Johan Manuel Bulla Navarrete

jmbullan@unadvirtual.edu.co

**RESUMEN:** *El proyecto EcoTrack consiste en el diseño y desarrollo de una aplicación móvil para mejorar la gestión de residuos sólidos urbanos mediante educación ambiental, tecnología y participación ciudadana. Empleando una metodología ágil (Scrum) y un enfoque mixto de investigación, se construyó una aplicación que incluye geolocalización de puntos de reciclaje, categorización de residuos, módulos educativos ramificados y herramientas de seguimiento de hábitos. La aplicación fue diseñada con tecnologías como Flutter y Firebase, y se probó con una muestra intencional de usuarios urbanos. Entre los resultados esperados se incluyen una mayor tasa de reciclaje, incremento en la conciencia ambiental y generación de estadísticas útiles para entidades ambientales. EcoTrack representa una solución tecnológica innovadora que busca transformar hábitos ciudadanos y fomentar la economía circular, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad.*

**PALABRAS CLAVE**: aplicación móvil, educación ambiental, economía circular, gestión de residuos.

# INTRODUCCIÓN

El incremento de residuos sólidos urbanos y la falta de conciencia ciudadana han generado una crisis ambiental en América Latina [1]. En Colombia, solo el 16,5 % de los residuos recolectados se aprovechan adecuadamente [2]. Aunque existen esfuerzos institucionales, muchos resultan ineficientes debido a la escasa coordinación y la baja apropiación ciudadana [3]. En este contexto, *EcoTrack* surge como una propuesta digital que integra educación ambiental, participación ciudadana y trazabilidad tecnológica, alineada con los ODS 11 y 12 [4].

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En América Latina, y especialmente en Colombia, la gestión inadecuada de residuos sólidos urbanos constituye una amenaza creciente para la salud pública, el ambiente y la sostenibilidad urbana. Las deficiencias en infraestructura, el bajo nivel de educación ambiental y la limitada participación ciudadana agravan la situación [5], [6]. La acumulación descontrolada de desechos ha incrementado la contaminación del suelo y fuentes hídricas, al tiempo que ha intensificado la emisión de gases contaminantes como el metano en los rellenos sanitarios [7].

En el contexto colombiano, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) reportó que solo el 16,5 % de los residuos recolectados tienen un destino de aprovechamiento, y el DANE señala que apenas el 35 % de los hogares separan adecuadamente sus residuos [8], [9]. Esta situación se ve agravada por la ausencia de herramientas tecnológicas accesibles que orienten a los ciudadanos sobre cómo, dónde y por qué clasificar sus desechos de manera efectiva.

Además, las políticas públicas en muchos municipios no logran articular de manera eficiente la recolección diferenciada ni integrar a actores clave como recicladores de oficio, instituciones educativas y comunidades organizadas [10]. La desconexión entre las intenciones sostenibles de los ciudadanos y los medios para llevarlas a cabo representa una barrera crítica en la implementación de prácticas circulares.

Frente a este panorama, es urgente diseñar soluciones tecnológicas que permitan educar, conectar y empoderar a los ciudadanos en el proceso de gestión de residuos. EcoTrack surge como una respuesta innovadora a esta necesidad, ofreciendo una plataforma digital orientada a la clasificación, trazabilidad y seguimiento de residuos sólidos urbanos desde la participación comunitaria.

# MARCO TEÓRICO

La **gestión de residuos sólidos urbanos (RSU)** es esencial para la salud pública y el medio ambiente, pero en Colombia solo un 35 % de los hogares separa residuos correctamente [11]. La **economía circular**, que busca reducir el uso de recursos y maximizar la reutilización, es promovida por organizaciones como la CEPAL [12]. La **educación ambiental** ha demostrado ser clave para el cambio cultural sostenible [13]. Plataformas como *Reciclapp* y *ReciVeci* han aumentado hasta un 30 % el reciclaje en comunidades urbanas gracias a soluciones móviles [8].

# MARCO DE REFERENCIA

El proyecto *EcoTrack* se sustenta en cinco pilares conceptuales que respaldan su enfoque técnico y social:

## Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Según Jaramillo [14], una gestión integral de residuos debe contemplar todas las etapas: generación, recolección, tratamiento y disposición final. En Colombia, menos del 20 % de los residuos se aprovechan adecuadamente [15], lo que evidencia fallas en infraestructura y cultura ambiental. *EcoTrack* apunta a cerrar esta brecha facilitando la clasificación y disposición desde el origen.

## Economía Circular

La economía circular busca minimizar los residuos y prolongar el uso de los materiales [16]. Este modelo es clave para reducir la presión sobre los recursos y se encuentra alineado con políticas nacionales como la Estrategia de Economía Circular del Ministerio de Ambiente [17]. *EcoTrack* actúa como vehículo digital para implementar estos principios a nivel ciudadano

## Educación Ambiental

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente señala que el cambio hacia prácticas sostenibles requiere educación y conciencia ambiental desde edades tempranas [18]. La aplicación incluye módulos ramificados que abordan el impacto del consumo y promueven hábitos responsables en la separación y reciclaje.

## Tecnologías Limpias y Digitales

ONU-Hábitat reconoce a las tecnologías limpias como esenciales para las ciudades inteligentes y resilientes [19]. Herramientas como la geolocalización, los sistemas de trazabilidad y las aplicaciones móviles, como *ReciVeci* o *Reciclapp*, han demostrado efectividad en incrementar la eficiencia en reciclaje urbano [20]. *EcoTrack* adopta esta visión tecnológica para facilitar la acción sostenible.

## Participación Ciudadana en la Gestión Ambiental

La corresponsabilidad social es crucial para el éxito de cualquier sistema de reciclaje. Según la Red de Recicladores de Latinoamérica, la inclusión de comunidades y recicladores en los sistemas de recolección mejora la cobertura y el impacto [21]. A través de foros comunitarios, alertas colaborativas y recompensas, *EcoTrack* impulsa una cultura de participación y colaboración ambiental.

# METODOLOGÍA

El proyecto adoptó un enfoque **mixto** (cuantitativo y cualitativo), combinando encuestas, entrevistas y registros automáticos en la aplicación [22]. Para el desarrollo, se aplicó la metodología ágil **Scrum**, estructurando el trabajo en sprints de 4 semanas, con validaciones iterativas [23]. La población objetivo fueron ciudadanos urbanos con acceso a dispositivos móviles. La muestra fue no probabilística, intencional, y comprendió entre 50 y 100 usuarios activos en la fase beta.

# DESARROLLO DEL PROYECTO

El proceso se dividió en seis fases, desde la planificación hasta el monitoreo post-lanzamiento. El sistema fue desarrollado con **Flutter** y **Firebase**, integrando geolocalización, categorización de residuos, módulos educativos ramificados y una comunidad interactiva [24]. Se emplearon herramientas como Figma para UI/UX, y Firebase Analytics para el monitoreo de uso. El desarrollo se apoyó en el enfoque CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar) [25].

# CRONOGRAMA

El desarrollo del proyecto se plantea así:

Tabla 1. Cronograma de actividades

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Actividad | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
| Investigación y análisis | ✅ | ✅ |  |  |  |  |
| Diseño de la interfaz (UI/UX) | ✅ | ✅ |  |  |  |  |
| Desarrollo del backend | ✅ | ✅ |  |  |  |  |
| Desarrollo del frontend | ✅ | ✅ |  |  |  |  |
| Integración de funciones clave |  |  | ✅ | ✅ |  |  |
| Pruebas internas |  |  | ✅ | ✅ |  |  |
| Pruebas con usuarios |  |  | ✅ | ✅ |  |  |
| Optimización y mejoras |  |  | ✅ | ✅ |  |  |
| Lanzamiento beta |  |  |  |  | ✅ | ✅ |
| Evaluación y ajustes finales |  |  |  |  | ✅ | ✅ |
| Lanzamiento oficial |  |  |  |  | ✅ | ✅ |
| Promoción y difusión |  |  |  |  | ✅ | ✅ |

# RECURSOS

Se requiere contar con los siguientes recursos:

Tabla 2 Recursos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **RECURSO** | **DESCRIPCIÓN** | **PRESUPUESTO** |
| Equipo Humano | Desarrollador de Aplicaciones Móviles: responsable del diseño, desarrollo y mantenimiento de la aplicación. Según datos recientes, el salario promedio mensual para este rol en Colombia es de aproximadamente $4.000.000 COP. Para un proyecto de 12 meses: $4.000.000 COP/mes x 12 meses = $48.000.000 COP | $48.000.000 |
| Diseñador UI/UX: Encargado de la experiencia y diseño visual de la aplicación. El salario promedio mensual es de aproximadamente $3.500.000 COP. Para 6 meses de trabajo: $3.500.000 COP/mes x 6 meses = $21.000.000 COP. | $21.000.000 |
| Gestor de Proyecto: Supervisa y coordina el desarrollo del proyecto. Con un salario promedio mensual de $4.500.000 COP. Para 12 meses: $4.500.000 COP/mes x 12 meses = $54.000.000 COP. | $54.000.000 |
| Equipos y Software | Computadoras y Dispositivos de Prueba: Adquisición de equipos de desarrollo y dispositivos móviles para pruebas. Estimación: $15.000.000 COP. | $15.000.000 |
| Licencias de Software: Incluye herramientas de desarrollo, diseño y otras utilidades necesarias. Estimación anual: $10.000.000 COP. | $10.000.000 |
| Servicios en la Nube y Hosting: Para almacenamiento de datos y servicios backend. Estimación anual: $5.000.000 COP. | $5.000.000 |
| Viajes y Salidas de Campo | Visitas a Centros de Reciclaje y Entrevistas con Expertos: Incluye transporte, alimentación y posibles alojamientos. Estimación para varias salidas durante el proyecto: $5.000.000 COP. | $5.000.000 |
| Materiales y suministros | Papelería, Impresiones y Materiales para Difusión: Incluye folletos, carteles y otros materiales promocionales. Estimación: $2.000.000 CO | $2.000.000 |
| TOTAL $ 160.000.000 | | |

# RESULTADOS

Los principales resultados fueron:

* Una **aplicación funcional** multiplataforma.
* Un **mapa interactivo de puntos de reciclaje** [26].
* Alta participación en **módulos educativos** y **foros comunitarios**.
* Incremento en la **conciencia ambiental** y en la frecuencia de clasificación de residuos por parte de los usuarios [27].
* Implementación de un sistema de **recompensas** para fomentar hábitos sostenibles.

# DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la tecnología puede transformar el comportamiento ciudadano cuando se combina con educación y participación [28]. Las principales limitaciones fueron el acceso desigual a internet y la dependencia de datos gubernamentales actualizados [29]. Sin embargo, la escalabilidad y la usabilidad de *EcoTrack* abren oportunidades para su expansión nacional e integración con políticas públicas.

# CONCLUSIÓN

*EcoTrack* constituye una solución tecnológica relevante, funcional y socialmente pertinente frente a los retos de gestión de residuos urbanos. Con un diseño centrado en el usuario, enfoque educativo y base técnica sólida, la aplicación promueve la corresponsabilidad ambiental. Futuras fases del proyecto pueden incluir su aplicación en residuos especiales y la vinculación directa con autoridades locales para una gestión colaborativa.

# REFERENCIAS

[1] R. Aguilar et al., “Inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto en la contaminación ambiental,” *SCIÉNDO*, vol. 21, no. 4, pp. 401–407, 2018.  
[2] IDEAM, “Informe del estado del medio ambiente en Colombia 2021–2022,” 2022.  
[3] S. Contreras, “Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad,” *Trabajo Social*, no. 10, pp. 109–134, 2008.  
[4] Agenda 2030, ODS 11 y 12, Naciones Unidas.

[5] AIDIS & IDRC, *Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe*, 2006.  
[6] S. Contreras, “Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad,” *Trabajo Social*, no. 10, pp. 109–134, 2008.  
[7] PNUMA, *Perspectivas del medio ambiente mundial GEO-6: América Latina y el Caribe*, 2021.  
[8] IDEAM, *Informe del estado del medio ambiente en Colombia 2021–2022*, 2022.  
[9] DANE, “Encuesta Nacional de Calidad de Vida,” 2020.  
[10] OPS/OMS, *Evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales*, 2005.

[11] CEPAL, *La economía circular en América Latina y el Caribe*, 2021.  
[12] PNUMA, *Perspectivas del medio ambiente mundial GEO-6*, 2021.

[13] Reciclapp, “Impacto ambiental a través de la tecnología,” 2021.

[14] J. Jaramillo, “Gestión integral de residuos sólidos municipales (GIRSM),” *Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos*, Medellín, 1999.  
[15] IDEAM, *Informe del estado del medio ambiente en Colombia 2021–2022*, 2022.  
[16] CEPAL, *La economía circular en América Latina y el Caribe: una oportunidad para el desarrollo sostenible*, 2021.  
[17] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Estrategia Nacional de Economía Circular*, Colombia, 2022.  
[18] PNUMA, *Perspectivas del medio ambiente mundial GEO-6: América Latina y el Caribe*, 2021.  
[19] ONU-Hábitat, *Waste Wise Cities Tool: A rapid assessment tool for waste management performance at city level*, 2020.  
[20] Reciclapp, *Impacto ambiental a través de la tecnología*, 2021; ReciVeci, *Recolección colaborativa en Ecuador*, 2021.  
[21] Red de Recicladores de Latinoamérica, *Informe regional sobre recicladores de base*, 2021.  
2021.  
[22] H. D. Lerma González, *Metodología de la investigación*, Ecoe Ediciones, 2009.  
[23] J. Tejada Fernández and V. Giménez Marín, “La investigación científica y su proceso,” *Formación de Formadores*, vol. 2, pp. 547–572, 2007.  
[24] GitHub: https://github.com/johanbulla9506/Unad  
[25] H. A. Bucheli, “CDIO: Iniciativa para la resolución de problemas en ingeniería,” UNAD, 2019.  
[26] Google Maps API documentation.  
[27] C. Peña et al., “La logística de reversa y su relación con la gestión integral,” *Revista Entramado*, vol. 9, no. 1, pp. 226–238, 2013.  
[28] ONU-Hábitat, *Waste Wise Cities Tool*, 2020.  
[29] AIDIS & IDRC, “Directrices para la gestión integrada de residuos sólidos,” 2006.