

Propuesta de Aplicación Digital para el aprovechamiento de Residuos Sólidos Domésticos (RSD) previamente clasificados en la ciudad de Bogotá.

Elaborado por:

Eduardo Antonio Barros Sanabria
Keiko Alexandra Kondo Ballesteros
Marlon Johan Gómez Sierra
Diana Elizabeth Borbón Rodríguez

Universidad EAN
Especialización en Gerencia de Proyectos
Seminario de Investigación Especialización
Bogotá

25 de noviembre de 2024

Resumen

Un gran porcentaje de los residuos sólidos en Bogotá no se aprovechan debido a la falta de información. Este proyecto propone una aplicación digital para crear una red de comunicación entre las partes interesadas en el aprovechamiento de Residuos Sólidos Domésticos, previamente clasificados. El desarrollo del proyecto incluye la identificación de grupos de interés, requerimientos funcionales de la aplicación y herramientas de medición y análisis. Además, se destaca la importancia de la colaboración interinstitucional y comunitaria para garantizar el éxito del programa, así como la implementación de campañas educativas para sensibilizar a la población sobre la correcta segregación de residuos. Esta iniciativa busca mejorar la gestión de residuos y promover una cultura de sostenibilidad y responsabilidad ambiental en Bogotá.

Palabras Clave: Residuos Sólidos Domésticos, Aplicación digital, Campañas, Sostenibilidad, Responsabilidad Ambiental.

Problema de Investigación

Antecedentes del problema.

Desde hace algunos años los habitantes de la ciudad de Bogotá han tomado conciencia acerca de la utilidad y beneficio ambiental que genera reciclar, desafortunadamente las cifras de hogares y/o personas que realizan la separación de residuos han decrecido con el paso de los años “En 2021, de acuerdo con los hallazgos en la Encuesta de Cultura Ambiental (ECA), el 76% de las personas afirmaba que sí separaba los residuos en su hogar, este porcentaje bajó en 2022 a 54%”. (Secretaría Distrital de Cultura, Recreación y Deporte, 2023, p.26) Como se evidencia, en tan solo 1 año hubo una reducción del 22% en las cifras de personas que realizaban la separación de residuos sólidos domésticos (RSD).

La disminución en la cifra de separación de RSD podría aducirse a que en muchas ocasiones el esfuerzo de un hogar al realizar esta separación se ve menguado al no existir un aprovechamiento real de este tipo de residuos pues son recolectadas por el mismo camión, arrojadas en el mismo contenedor y finalmente enterradas en el mismo relleno sanitario. Como lo menciona la Secretaría Distrital de Cultura, Recreación y Deporte (2023) “Bogotá produce 7.700 toneladas de residuos sólidos a diario, de las cuales 1.200 toneladas son aprovechadas gracias a personas recicladoras de oficio y 6.500 toneladas terminan enterradas en el relleno sanitario Doña Juana” (p.6). Esto significa que el 84% de los residuos sólidos domésticos generados a diario en la ciudad de Bogotá y que pudieran aprovecharse son arrojados al relleno sanitario distrital y tan solo el 15% es aprovechado gracias a los recicladores. Este escenario permite inferir que el reciclador de oficio no logró recolectar los RSD a tiempo, la comunidad no se lo permitió o simplemente no se enteró de la existencia de estos.

Otra de las causas que pudiese propiciar el no aprovechamiento de los residuos sólidos domésticos en la ciudad es mencionada por la Secretaría Distrital de Cultura, Recreación y Deporte (2023) “En 2021 el 13% de las personas sacaba los residuos aprovechables en el momento en que pasaba el camión de la basura este comportamiento subió a 19% en 2022 lo cual es desfavorable porque estos residuos aprovechables se mezclarán con los no aprovechables y terminarán en los rellenos sanitarios, alcantarillas, espacio público y fuentes de agua” (p.38). El escenario descrito no permite al reciclador de oficio involucrarse como actor activo de la gestión de RSD que han sido separados previamente por los hogares.

El Decreto 345 de 2020 de la Alcaldía Mayor de Bogotá permite la adopción del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) en la ciudad. Sin embargo y con base en las cifras mencionadas con anterioridad, la ciudad está lejos de alcanzar un modelo eficiente de aprovechamiento de RSD. La Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP, 2024) afirma que existe un instrumento que permite la medición de RSD aprovechables separados en su origen con el objetivo de maximizar el aprovechamiento de los RSD (p.18). Sin embargo, tal instrumento se remite a un formulario en forms que no ha podido ser aplicado y cuya metodología se centra en realizar encuestas a los habitantes de la ciudad de Bogotá, por tal razón, en la actualidad, no existen cifras relacionadas a la cantidad de toneladas de RSD que se separan en la fuente en la ciudad de Bogotá lo que dificulta el diseño y

aplicabilidad de estrategias para el aprovechamiento de este tipo de residuos previamente separados por los habitantes de la ciudad.

Descripción del Problema

Los residuos sólidos domésticos son aquellos generados en los hogares, estos pueden tener un impacto negativo en el ambiente, la salud y calidad de vida de las personas si no son adecuadamente gestionados. Aunado a lo anterior, el relleno sanitario de la ciudad tiene una vida útil limitada, por tanto, si no se desarrollan estrategias de aprovechamiento de RSD, la ciudad a futuro podría enfrentar una crisis ambiental y de salubridad sin precedentes. Los habitantes de la ciudad, conscientes de ello, realizan la separación de los RSD, de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2019) el 62% de hogares en la ciudad de Bogotá reportan hábitos de clasificación de basuras, de ese 62%, el 92% clasifica papel y cartón y el 88,7% hacen lo mismo con el plástico (p.11). Como lo indica el código de colores para separación de residuos sólidos en la fuente reglamentado a nivel nacional por la (Resolución 2184, 2019) deberían utilizarse 3 colores:

1. Verde: Residuos Orgánicos Aprovechables.
2. Blanco: Residuos Sólidos aprovechables: Cartón, vidrio, plástico, papel, entre otros.
3. Negro: Residuos no aprovechables.

Los problemas más relevantes de Bogotá relacionados a la gestión de RSD convergen en la cantidad de residuos sólidos domésticos no aprovechados oportunamente y la falta de reconocimiento a la labor de los recicladores de oficio menospreciando o desconociendo su importancia en la cadena de aprovechamiento de RSD lo cual impide en la mayoría de los escenarios que estos puedan recolectar, clasificar y entregar los RSD para su proceso de aprovechamiento. De acuerdo con el Registro único de Recicladores de Oficio RURO, en la ciudad existen 26.159 recicladores de oficio registrados incluyendo habitantes de calle y personas en situación de discapacidad, quienes podrían generar un impacto significativo y positivo en el aprovechamiento de RSD previamente separados por los habitantes de la ciudad, 23.349 recicladores de oficio se encuentran afiliados a las 439 organizaciones de reciclaje

registradas ubicadas en su mayoría en las localidades con mayor número de recicladores de oficio: Los Mártires, Kennedy, Santa Fé, Teusaquillo y Barrios Unidos.

Finalmente, el mayor desafío radica en la carencia de una red de comunicación efectiva entre habitantes de la ciudad que separan previamente sus RSD y recicladores de oficio que permita a los actores involucrados la coordinación para recolectar RSD aprovechables, cómo, con qué frecuencia y horarios podrían ser recolectados, generando también una medición de los RSD separados y aprovechados que permitan contribuir al modelo de economía circular y aprovechamiento de residuos propuesto en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.

Pregunta de investigación

¿Cómo desarrollar una red de comunicación entre los grupos de interés vinculados a la gestión de Residuos Sólidos Domésticos (RSD) en la ciudad de Bogotá por medio de una propuesta de aplicación digital?

Objetivos

Objetivo general

Proponer una aplicación digital como red de comunicación entre los grupos de interés vinculados a la gestión de los Residuos Sólidos Domésticos (RSD) en la ciudad de Bogotá.

Objetivos específicos

1. Identificar los grupos de interés que puedan ser vinculados a la gestión de RSD en la ciudad de Bogotá como actores activos de una red de comunicación digital.
2. Determinar los requerimientos funcionales de la aplicación digital que faciliten la comunicación en tiempo real entre los grupos de interés vinculados a la gestión de RSD en Bogotá.
3. Seleccionar las herramientas de medición y análisis de datos que permitan la generación de métricas y reportes facilitando el monitoreo del desempeño y

efectividad del uso de la aplicación digital en la gestión de RSD en la ciudad de Bogotá.

4. Seleccionar el tipo de tecnología para la creación de la interfaz, la red de comunicación y demás componentes técnicos que permitan la inserción de un módulo de alertas y notificaciones para los grupos de interés generando la optimización en la recolección de RSD aprovechables en Bogotá por parte de los actores interesados.

Justificación

La implementación de una aplicación digital que funcione como red de comunicación para la gestión de Residuos Sólidos Domésticos (RSD) en Bogotá es un proyecto de suma relevancia por diversas razones. En primer lugar, la gestión eficiente de los RSD es crucial para el bienestar ambiental y la calidad de vida en las áreas urbanas. En una ciudad tan densamente poblada como Bogotá, la optimización de los procesos de recolección y reciclaje de residuos puede tener un impacto significativo en la reducción de la contaminación y en la mejora del entorno urbano.

En términos de conveniencia, la creación de una interfaz tecnológica moderna permitirá una mejor coordinación entre los diferentes actores involucrados en la gestión de RSD, como son las empresas de recolección, los recicladores, y las autoridades locales. Esto facilitará la organización y la implementación de estrategias más efectivas y sostenibles para la gestión de residuos.

Desde la perspectiva de la relevancia social, este proyecto aborda una problemática que afecta directamente a la comunidad bogotana. Al mejorar la gestión de RSD, se contribuye a la salud pública, a la reducción de enfermedades relacionadas con la acumulación de basura y a la creación de un ambiente más limpio y habitable. Además, la participación activa de los ciudadanos y grupos de interés en el proceso de gestión refuerza el compromiso comunitario y la responsabilidad social.

Las implicaciones prácticas del proyecto son también notables. Una aplicación digital bien diseñada puede proporcionar métricas y reportes en tiempo real, lo que permite un monitoreo continuo del desempeño y la efectividad de las estrategias de gestión de residuos. Esto no solo mejora la transparencia y la rendición de cuentas, sino que también permite realizar ajustes oportunos basados en datos concretos y análisis detallados.

El valor teórico del proyecto radica en su potencial para innovar en el campo de la gestión de residuos mediante la integración de tecnología y comunicación digital. La aplicación puede servir como un modelo replicable en otras ciudades y contextos, proporcionando una base teórica y metodológica para estudios futuros en el área de la gestión ambiental y la sostenibilidad urbana.

Finalmente, la utilidad metodológica de este estudio es evidente. La selección de tecnologías adecuadas, herramientas de medición y análisis de datos, y la identificación de los grupos de interés forman un marco metodológico robusto que puede ser aplicado en futuros proyectos de investigación y desarrollo en el campo de la gestión de residuos. Este enfoque sistemático y basado en evidencias asegura que los resultados del estudio sean válidos, confiables y aplicables en escenarios reales.

Marco Teórico

A continuación, se describen los principales componentes que proporcionan una base sólida para la propuesta de desarrollo de una aplicación digital eficaz que promueva el aprovechamiento de residuos domésticos, contribuyendo así a un entorno más sostenible y consciente

Conceptos Claves

Aplicación Digital

Las aplicaciones digitales engloban el conjunto de software como herramientas y plataformas que pueden embeberse u operar en dispositivos móviles (celulares, tabletas,

dispositivos IoT, entre otros) y de tipo web (computadores). Estas aplicaciones digitales pueden hacer uso o estar basadas en diferentes tecnologías emergentes, como lo mencionan Del Do et al. en su estudio de transformación digital:

[...] el término “digital” hace referencia a la utilización de las nuevas tecnologías digitales asociadas directamente con la “cuarta revolución industrial”, y con su desarrollo de tecnologías emergentes tales como big-data, inteligencia artificial (IA) computación en la nube (CC), el internet de las cosas (IoT) y más recientemente Blockchain, entre otras. (2023, p. 201).

Como referentes, se destacan el trabajo de Fandiño, J. C. (2022) pues abarca la problemática de clasificación de residuos sólidos utilizando un modelo de machine learning mediante una aplicación web y la investigación planteada por Shaikh et al. (2020) la cual se basa en la clasificación de residuos húmedos o secos en la India teniendo en cuenta un modelo de reconocimiento de imagen a través de machine learning para dar solución a la problemática del vertimiento de residuos aprovechables junto a los que no lo son.

De otro lado, como lo señala la Comisión de Regulación de Comunicaciones en Colombia (CRC, 2023):

- El 92% de los colombianos posee un teléfono celular para uso personal, en Cundinamarca la tenencia de estos equipos asciende al 95%.
- 52% de la población colombiana adquirió un plan pospago de datos entre 21 y 75 GB mensuales. (p.16).

Las cifras anteriores permitirían inferir que el uso del teléfono móvil tiene una amplia cobertura a nivel Cundinamarca y que la aplicación digital más utilizada podría llegar a ser la de tipo móvil, por tanto, la propuesta de aplicación digital derivada de esta investigación se enfocará a plataformas móviles pues como lo menciona Acosta Espinoza et al. (2022) “las aplicaciones móviles se han transformado en el principal canal de comunicación de la sociedad, obteniendo el primer lugar en versatilidad y eficiencia al momento de obtener información importante y fidedigna” (p.238).

Red de Comunicación Digital

Como lo refieren Castillo De la Mesa et al. (2022) la sociedad digital ha ido evolucionando para ofrecer diversos servicios incluyendo procesos de comunicación, las plataformas de uso masivo y de un amplio espectro de penetración en el mercado son las redes sociales que han servido como medios estratégicos y de intercambio de información donde “La digitalización conlleva un replanteamiento necesario sobre las transformaciones tecnológicas-comunicativas” (p.40).

Las redes de comunicación digital se establecen como puntos de contacto multidireccional en tiempo real utilizando redes sociales y/o aplicaciones de mensajería instantánea. Sin embargo, no se debe desconocer el hecho de que uno de los grupos de interés está compuesto por recicladores, la propuesta de aplicación también debe responder al escenario donde esta población no cuente con planes de datos para la gestión de la comunicación, por tal razón, como alternativa se contempla una red de comunicación utilizando sistemas de mensajería de texto, *Short Message Service* (SMS) en doble vía utilizando la red de telefonía celular disponible.

Acorde a lo planteado por López Jaramillo et al. (2019) en el desarrollo del proyecto de Telegestión Móvil RADAR para un sistema de Salud, el uso de SMS se plantea como una red de comunicación en tiempo real que se destaca por su eficiencia y con resultados de usabilidad superiores al 50% por parte de los usuarios del sistema.

Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales se componen de todas aquellas actividades, flujos de entrada y salida que requiere un sistema para funcionar, cada requerimiento representa un escenario y un resultado, responden a lo esencial del sistema y no pueden ser retirados, de otro modo, se compromete la integridad de este. En los requerimientos funcionales mínimamente se identifican actores, acciones e interacciones dentro del sistema para el cumplimiento de condiciones técnicas. Molina Rios, J., & Pedreira-Souto, M. d. (2019).

Como lo menciona Cañedo Martínez, L. (2022) los requerimientos requieren pruebas de aceptación que establecen condiciones, el paso a paso y una conclusión y atraviesan diversas fases de refinamiento: "Identificación, definición, implementación, diseño de prueba, aplicación y automatización" (p.30) siendo las dos primeras las fases críticas y de mayor atención para garantizar el éxito del requerimiento.

Tipo de tecnología para aplicaciones digitales

Según Armijos, J. L. et al. (2021) no existen estándares de calidad para el desarrollo de aplicaciones móviles, ante la ausencia de normatividad, algunos autores referencian a la ISO/IEC 9126 siendo la eficiencia, compatibilidad, comprensibilidad y portabilidad las métricas más relevantes en los diferentes modelos evaluados por los autores, al igual que en las plataformas web, los desarrollos móviles requieren evaluar el rendimiento, uso de memoria, almacenamiento, visualización y usabilidad-dependencia de red que generarán en los dispositivos móviles. El éxito de una aplicación móvil se basa en su simplicidad de uso por parte del usuario llamada carga cognitiva, la facilidad de interacción y accesibilidad también son determinantes para la masificación de la aplicación. En cuanto a adaptación y modulación, las aplicaciones deben desarrollarse bajo la premisa de ser portables y multiplataforma entendiendo que en el mercado existen dos tipos de grandes plataformas para aplicaciones móviles: iOS y Android.

La investigación de los autores concluye que la ISO/IEC 25010 o SQUARE recopila un gran número de métricas requeridas para el desarrollo móvil, pero no es una norma concebida para enmarcar este tipo de desarrollos.

Grupo de interés vinculados a la gestión de RSD

La gestión de residuos sólidos domésticos es un proceso que involucra a varios grupos de interés. Entre los principales se encuentran las autoridades gubernamentales, las empresas de gestión de residuos y los ciudadanos. Las autoridades gubernamentales, tanto a nivel local como nacional, son responsables de establecer las políticas, normas y marcos regulatorios que

rigen la recolección, tratamiento y la disposición final de estos residuos. Estas políticas buscan promover prácticas sostenibles y asegurar que los residuos se manejen de manera correcta para minimizar los impactos ambientales y sanitarios.

Las empresas de gestión de residuos tienen un papel muy importante en la implementación de las políticas y en la operación diaria de los sistemas de recolección y tratamiento de residuos. Estas empresas pueden ser públicas o privadas y están encargadas de recolectar los residuos de los hogares o empresas, transportarlos a los diferentes centros de tratamiento y gestionar la disposición final, ya sea a través de reciclaje, compostaje, incineración o vertederos. La eficiencia y efectividad de estas son vitales para el éxito de la gestión de residuos sólidos domésticos.

Por último, los ciudadanos son actores fundamentales en la gestión de residuos, ya que son los generadores primarios de estos desechos. La colaboración y participación de la comunidad son esenciales para tener éxito en la gestión de residuos. Los ciudadanos deben estar informados y concienciados sobre la importancia de reducir, reutilizar y reciclar, así como de separar adecuadamente los residuos en origen. Las herramientas claves en este proceso son la educación y la concienciación ambiental para fomentar prácticas sostenibles en la población.

Gestión de residuos sólidos domésticos (RSD)

La gestión de residuos sólidos domésticos requiere de la implementación de diferentes estrategias y prácticas para tratar los desechos de manera sostenible y así mismo minimizar el impacto ambiental.

De acuerdo con la Guía Nacional para la adecuada gestión de residuos en Colombia 2022, Los residuos sólidos son aquellos que son Aprovechables (Cartón y papel. Metales, plástico, vidrio, madera y textil), No aprovechables (Elementos sanitario, papel metalizado, desechos domésticos, colillas de cigarrillo, residuos de barrido, protección COVID19, material aprovechable contaminado) y Orgánicos (Residuos de comida y jardinería).

Figura 1

Código de Colores de Colombia.



Nota: Tomado de MinVivienda 2020

A continuación, se relacionan algunos de los tipos de materiales u objetos que pueden ser reciclados y su gestión por grupo:

Tabla 1

Disposición de Materiales para reciclaje

Categoría	Elemento	Tipo	Recomendaciones	¿Para qué reciclar?
Aprovechables	Papel y Cartón	Residuo Ordinario	Deben estar limpios y secos, libres de grapas y cintas. Se debe doblar y aplanar. Empaque Kraft, escurrir y eliminar todos los residuos del contenido. Tetrapack, enjuagar, escurrir y aplanar con tapa.	Ahorra agua, energía y dinero ya que son 100% reciclables.
	Plástico	Residuo Ordinario	Limpios y secos, sin pegantes y comida. Almacenar en sitios cubiertos y poca humedad. Quitar las arandelas de metal, las envolturas plásticas pueden ser compactadas dentro de una botella y entregarla al punto de acopio o fundaciones.	Se reduce el uso de materia prima virgen en la industria del plástico. Se ahorran grandes cantidades de agua, energía y petróleo. Reduce contaminación marina.

Categoría	Elemento	Tipo	Recomendaciones	¿Para qué reciclar?
	Vidrio	Residuo Ordinario	Vaciar el contenido líquido, no es necesario lavar. Los embalajes también son reciclables. Los vidrios se deben separar en una caja de cartón bien sellada y marcada por fuera con su contenido para evitar lesiones.	Es reciclado al 100% y tiene infinitas vidas. Se evita la degradación del suelo, al reducir el uso de nuevas materias primas. Se ahorra gran cantidad de energía.
Aprovechables	Metal	Residuo Ordinario	Limpiar y secar muy bien. No debe tener impurezas como pintura, corrosión, madera, tierra, aceites.	El acero puede ser reciclado muchas veces sin perder la calidad. Se reduce la contaminación del agua, aire y desechos de minería. Reciclando una lata de aluminio se ahorra la energía para mantener un TV encendido por 3 horas.
Orgánicos	Residuos de Alimentos	Residuo Ordinario	Comprar lo necesario, revisar la fecha de vencimiento. Se puede utilizar como insumo para el compostaje del jardín. Separarlo a la entrega en bolsa verde y en caneca con tapa.	Alargar la vida útil de los sitios de disposición final, contribuye a la dignificación del trabajo de los recicladores para evitar contaminar residuos aprovechables. Son insumo para hacer compostaje, acondicionadores de suelos e incluso generadores de energía.
Orgánicos	Corte de Césped y poda de árboles	Residuo Ordinario	Insumo para compostaje, se debe separar solo si existe una ruta específica para ello.	Insumo para hacer compostaje y alarga la vida útil de los sitios de disposición final.
No Aprovechables	Material biológico	Orgánico	Separarlo en Bolsa Negra. Material biológico debe ser depositado en doble bolsa de color negro. El papel higiénico debe ser depositado en bolsa negra.	La gestión adecuada de los materiales no aprovechables es importante para la salud humana, reduce la contaminación del suelo, aire y agua, y ayuda a reducir la generación de gases de efecto invernadero.
Programas Post Consumo	Llantas Usadas	Gestión diferenciada	Solo realice el cambio de llantas cuando sea necesario. Preguntar sobre el programa post consumo del proveedor.	Reducir la generación de residuos y prevenir la propagación de enfermedades, incendios o contaminación. Es posible darles una segunda vida, construyendo juegos para niños, fabricación de piezas de caucho.

Categoría	Elemento	Tipo	Recomendaciones	¿Para qué reciclar?
	Medicamentos vencidos	Gestión diferenciada	Depositar en contenedores especializados para evitar la extracción y falsificación de los medicamentos. Romper y reciclar las cajas.	Evitar más generación de basura, y la falsificación de medicamentos.
Programas Post Consumo	Pilas	Gestión diferenciada	Comprar pilas con larga durabilidad, depositar en los contenedores ubicados en tiendas y/o almacenes de cadena.	Algunos materiales de la fabricación pueden ser recuperados, reduce riesgos en la salud humana y el ambiente.
	Computadores y Periféricos	Gestión diferenciada	Tener en cuenta las garantías y mantenimiento preventivo, consultar programas post consumo, depositar en canecas especiales para estos dispositivos.	Los materiales pueden reincorporarse a cadenas

Nota: Fuente: Guía Nacional para la adecuada separación de residuos sólidos 2022.

Actores Activos

La gestión efectiva de residuos sólidos domésticos requiere la colaboración de varios actores clave:

Ciudadanos. Responsables de separar y manejar adecuadamente los residuos en origen, participando en prácticas de reciclaje y compostaje.

Autoridades locales y nacionales. Desarrollan y aplican políticas y programas de gestión de residuos, ofreciendo infraestructura y servicios necesarios para la recolección y tratamiento.

ONGs y comunidad científica. Promueven la educación y concientización, investigan y desarrollan nuevas tecnologías y prácticas sostenibles.

Recicladores. Realizan la recolección y correcta clasificación de residuos reciclables. La colaboración entre estos actores es esencial para una gestión eficaz de los residuos, protegiendo la salud pública y el medio ambiente.

Actores Interesados

A continuación, se encuentra la tabla de los actores interesados en el proceso de recolección de residuos sólidos domésticos:

Tabla 2
Actores interesados

Actores Involucrados	Intereses o Expectativas	Capacidades Actuales	Posibles Problemas	Recursos que cuentan	Conflictos Presentados
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	Reducir la generación de residuos sólidos y su correcta disposición final	Maquinaria y Recolectores	Logística de recolección, falta de generación de residuos	Vehículo compactador y centro de reciclaje o planta de tratamiento	Presupuesto, permisos ambientales
Habitantes de Bogotá	Vivir en mejores condiciones, limpias y saludables	Disponibilidad de tiempo y experiencia	Resistencia de los habitantes de la calle	Humanos	Falta de comunicación y articulación
Gestión del Riesgo y Desarrollo Sostenible	Apoyo en el estudio de lugares más afectados y en la recolección de basura en lugares de difícil acceso	Técnicos, Equipamiento y Tiempo	Posibles variaciones del clima que no permitan realizar el trabajo	Técnico profesional	Ninguno
Ciudad Limpia Bogotá S.A E.S.P.	Recolección de residuos por toda la ciudad	Técnicos, transportes y vertederos autorizados	Separación de los residuos	Humanos y transportes	Ninguno
Policía Ambiental y Ecológica, Dirección de protección y servicios especiales DIPRO - Policía de Colombia	Imponer sanciones regulatorias a quienes infrinjan las leyes ambientales	Personal Capacitado	Posibles confrontaciones con habitantes que no cumplen las leyes	Humano, capacitaciones en temas de seguridad ambiental	Falta de cumplimiento de las leyes
CEMPRE - Compromiso empresarial para el reciclaje	Capacitar a los habitantes en temas de reducir, reciclar y reutilizar los residuos	Personal técnico capacitado	No poner en práctica los temas de capacitación	Humano, Técnico y empresarial	Ninguno

Nota: Tomado y adaptado del trabajo Estrategias de optimización y concientización en dar un buen uso a los residuos sólidos, en el barrio Cabecera del Llano municipio de Piedecuesta, Santander.

Herramientas de medición

Las herramientas de medición son instrumentos que permitan evaluar alguna característica o variable por medio de la obtención de datos precisos y confiables, como expone Mejía, E. (2005). Las herramientas de medición deben estar compuestas de confiabilidad y validez. Existen múltiples tipos de herramientas de medición que se dividen de acuerdo con el área específica donde se lleva a cabo la medición, por ejemplo, existen herramientas como: Cuestionarios, pruebas, observación propia, escalas, entre otras, para la medición de variables físicas, variables de nivel o calidad de servicio, variables sociales o psicológicas etc.

Análisis de datos

El análisis de datos, según Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). Es un proceso fundamental en el entorno digital, este proceso permite la obtención de información valiosa sobre el comportamiento o expectativas de los usuarios que interactúan con plataformas web a través de actividades de recopilación y procesamiento de grandes volúmenes de datos.

Herramientas como Google Analytics, según D. M. González and Y. Añino (2023) permite medir los resultados de un sitio web en tiempo real y por medio de aplicaciones como Locker Studio se puede interactuar con más herramientas de Google que generan un análisis completo de los datos que se deseen analizar.

Métricas

Las métricas son indicadores cuantitativos que permiten medir el desempeño de un producto, servicio o actividad, como dice Estayno, M. G., Dapozo, G. N., Cuenca Pletsch, L. R., & Greiner, C. L. (2009). “Una métrica contiene la definición de un método de medición o un método de cálculo y la escala asociada” lo que hace referencia a que anterior a la actividad de definir las métricas se debe conocer la herramienta de medición, los datos que se van a medir o evaluar de acuerdo con el análisis también previo y la escala asociada para determinar que se superó o no la métrica definida, y esta puede ser de tipo categórica o numérica.

Las métricas pueden ayudar a evaluar la calidad de una página web en términos de la facilidad de uso, funcionalidad, confiabilidad, eficiencia y facilidad de mantenimiento como menciona Estayno, M. G (2009).

Prueba de t para muestras independientes

La prueba t para muestras independientes es una técnica estadística utilizada para determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de dos grupos independientes. Es especialmente útil cuando se quiere comparar dos poblaciones o condiciones diferentes, como dos tratamientos médicos distintos, o el rendimiento de dos grupos de estudiantes. La prueba asume que las dos muestras son independientes entre sí y que los datos se distribuyen normalmente. Además, para ser válida, se debe verificar que las varianzas de ambos grupos sean aproximadamente iguales, aunque existen versiones de la prueba que ajustan este requisito.

En la práctica, la prueba t para muestras independientes calcula la diferencia entre las medias de los dos grupos y la compara con la variabilidad dentro de cada grupo. Si la diferencia observada es suficientemente grande en comparación con la variabilidad, se puede concluir que hay una diferencia significativa entre los grupos. Este análisis se realiza a través de un estadístico t, que luego se compara con un valor crítico de una distribución t para determinar la significancia estadística. La prueba es ampliamente utilizada en diversas disciplinas, incluyendo psicología, medicina, y ciencias sociales, para validar hipótesis y tomar decisiones informadas basadas en datos.

Prueba Chi-cuadrado

La prueba Chi cuadrado (χ^2) es una técnica estadística utilizada para evaluar si existe una asociación significativa entre variables categóricas. Se emplea comúnmente en estudios de independencia y homogeneidad dentro de tablas de contingencia, donde los datos se organizan en filas y columnas que representan diferentes categorías. La prueba compara las frecuencias observadas en cada categoría con las frecuencias esperadas, que se calcularían bajo la hipótesis de no asociación. Si las diferencias entre las frecuencias observadas y esperadas son

suficientemente grandes, se rechaza la hipótesis nula de independencia, sugiriendo una relación entre las variables.

En la práctica, la prueba Chi cuadrado se calcula sumando los cuadrados de las diferencias entre las frecuencias observadas y esperadas, divididas por las frecuencias esperadas para cada categoría. Este valor se compara luego con un valor crítico de la distribución Chi cuadrado, considerando el nivel de significancia y los grados de libertad (determinados por el número de categorías). La prueba es ampliamente utilizada en campos como la biología, la sociología y el marketing para analizar datos categóricos y tomar decisiones basadas en evidencia estadística. Sin embargo, es importante notar que la prueba Chi cuadrado es más efectiva con tamaños de muestra grandes, ya que con tamaños de muestra pequeños los resultados pueden no ser fiables.

Monitoreo de Desempeño

El monitoreo de desempeño aborda la importancia de la medición y evaluación del cumplimiento de los objetivos establecidos por medio de métricas que permitan controlar la calidad de un servicio y que ayuda a identificar oportunidades de mejora, como mencionan Fontalvo, T. J., de La Hoz-Dominguez, E. J., & de La Hoz, E. (2020). Y Delahoz-Domínguez, E., Zuluaga-Ortiz, R., Períñan-Luna, A., & Mendoza-Brand, S. (2022). Se puede realizar la evaluación de desempeño de distintos sectores como unidades de atención al usuario o calidad educativa abordados por de La Hoz-Dominguez por medio de la metodología Six Sigma donde se aplican la definición de indicadores de medición (Métricas) y su valoración por medio de 5 fases que son Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Control. Esta metodología permite ser adaptada para realizar el monitoreo de desempeño en diferentes sectores a los mencionados.

Interfaz de una aplicación

La interfaz de una aplicación es el punto de interacción entre el usuario y el sistema. Un diseño efectivo mejora la experiencia del usuario (UX), maximizando eficiencia y satisfacción. Según Rojas, M. D. (2013), cada elemento de la interfaz, desde la disposición hasta la tipografía, es crucial para el éxito de la aplicación. Los componentes clave del diseño de interfaz incluyen:

- **Diseño Responsivo.** Adapta la interfaz a distintos tamaños de pantalla y dispositivos, mejorando accesibilidad y satisfacción.
- **Navegación Intuitiva.** Menús claros y estructuras lógicas facilitan la búsqueda y navegación dentro de la aplicación.
- **Tipografía y Colores.** Elegidos para asegurar legibilidad y transmitir la identidad de la marca.
- **Botones y CTAs.** Visibles y bien ubicados para guiar al usuario hacia objetivos específicos.
- **Formularios y Entradas del Usuario.** Claros y fáciles de completar, con retroalimentación amigable.
- **Feedback y Notificaciones.** Inmediatas y claras, generando confianza y compromiso.
- **Integración de Medios.** Uso estratégico de imágenes y videos para mejorar la comprensión sin comprometer funcionalidad.

Componentes técnicos de una aplicación

Según Díaz, A. (2023), el diseño y desarrollo de una aplicación web se basa en una sólida arquitectura técnica, además de la interfaz de usuario. Componentes técnicos clave incluyen:

Front-end

- **HTML:** Estructura el contenido de la aplicación web.
- **CSS:** Define la presentación visual del contenido HTML.
- **JavaScript:** Añade interactividad y dinamismo.
- **Frameworks y bibliotecas:** Facilitan la construcción eficiente de aplicaciones.

Back-end

- **Servidores:** Albergan la aplicación y responden a solicitudes.
- **Bases de datos:** Almacenan y recuperan información.
- **Lenguajes de programación:** Implementan la lógica del servidor.
- **APIs:** Facilitan la comunicación entre componentes de software.

Seguridad

- Autenticación y autorización: Verifican identidad y permisos de usuarios.
- Encriptación: Protege datos en transmisión y almacenamiento.
- Pruebas de seguridad: Identifican y mitigan vulnerabilidades.

Despliegue y monitoreo

- Contenedores y orquestación: Permiten despliegue y escalado eficiente.
- Monitoreo y logging: Supervisan rendimiento y salud de la aplicación.

Modelo de Alertas y Notificaciones

El módulo de alertas y notificaciones es vital para una aplicación web, ya que informa en tiempo real a los usuarios sobre eventos importantes, errores y actualizaciones. Puede incluir notificaciones emergentes, correos electrónicos, notificaciones push y alertas en tiempo real.

Tipos de alertas y notificaciones

- Notificaciones emergentes. Mensajes breves que aparecen en la interfaz de usuario.
- Alertas por correo electrónico. Mensajes detallados enviados al correo del usuario.
- Notificaciones push. Mensajes enviados directamente al dispositivo del usuario.
- Alertas en tiempo real. Mensajes que se actualizan dentro de la aplicación.

Las notificaciones deben ser relevantes, claras, y mostrarse en orden de prioridad sin ser intrusivas.

Efectividad del uso de la aplicación digital

La implementación de una aplicación digital para el aprovechamiento de residuos sólidos domésticos previamente clasificados en Bogotá puede ser altamente efectiva en varios aspectos. En primer lugar, facilita la educación y concienciación ciudadana sobre la importancia

del reciclaje y la correcta clasificación de residuos. Mediante recordatorios, tutoriales y notificaciones personalizadas, los usuarios pueden aprender y adoptar mejores prácticas de manejo de residuos. Esta educación continua puede conducir a un cambio de comportamiento, incrementando la tasa de reciclaje y reduciendo la contaminación ambiental. La gamificación y los incentivos, como recompensas y puntos canjeables, también pueden motivar a los usuarios a participar activamente, creando una comunidad más comprometida con la sostenibilidad.

En segundo lugar, la aplicación puede mejorar significativamente la eficiencia operativa de los servicios de recolección de residuos. Al proporcionar datos en tiempo real sobre los volúmenes y tipos de residuos generados, las autoridades y empresas de gestión de residuos pueden optimizar las rutas de recolección, reduciendo costos y mejorando la eficacia del servicio. Además, la aplicación puede identificar áreas que necesitan más atención o recursos, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva a los problemas relacionados con la gestión de residuos. Esta optimización no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede traducirse en ahorros económicos y una mejor calidad de vida para los ciudadanos.

Optimización de Recolección de residuos sólidos domésticos

La recolección de residuos sólidos domésticos puede incluir:

- Recolección puerta a puerta. Camiones recogen residuos directamente de las casas. Es conveniente para los usuarios, pero costoso.
- Puntos de recolección. Contenedores en lugares estratégicos como supermercados. Requiere validación y organización por la empresa recolectora.
- Recolección selectiva y reciclaje. En edificios, recicladores clasifican residuos manualmente antes de la recolección.
- Barrido y limpieza. Personal recoge residuos y elementos aprovechables de las calles, incluyendo césped cortado y ramas.

Para optimizar, es necesario planificar rutas eficientes, usar tecnologías de seguimiento de vehículos, mejorar la cobertura e implementar horarios óptimos de recolección.

Aplicaciones o Soluciones de referencia de recolección de residuos sólidos domésticos

La recolección de residuos sólidos domésticos es una tarea esencial para mantener nuestras ciudades limpias y sostenibles. En la era digital, varias aplicaciones móviles han surgido para facilitar este proceso y promover hábitos de reciclaje entre los ciudadanos. Entre las más destacadas se encuentran: RecycleSmart, Brisbane Bin and Recycling y Recycle!, cada una con características únicas que las hacen soluciones de referencia en sus respectivas regiones.

RecycleSmart. Desarrollada en colaboración con la Planet Ark Environmental Foundation de Australia, se destaca por su exhaustividad y facilidad de uso. Esta aplicación permite a los usuarios identificar su consejo local entre más de 500 disponibles en Australia, ofreciendo información precisa sobre los sitios de reciclaje más cercanos y las fábricas de gestión de residuos especiales. Con una función de búsqueda amigable, los usuarios pueden determinar si un elemento es reciclable o compostable, y también reportar problemas de reciclaje en su región, promoviendo así una mayor participación comunitaria en la gestión de residuos.

Brisbane Bin and Recycling. Es otra herramienta invaluable para los residentes de Brisbane. Esta aplicación no solo ayuda a los usuarios a seguir los días de recogida de basura, sino que también proporciona una lista alfabética de materiales con información sobre cómo deshacerse de ellos adecuadamente. Además, incluye un directorio de centros de reciclaje con mapas y direcciones, facilitando el acceso a estos recursos. La aplicación es una excelente guía para cualquier persona comprometida con el reciclaje y la reducción de residuos en el hogar.

Recycle! ofrece una amplia gama de funcionalidades que van desde la información sobre horarios de recogida hasta avisos fotográficos sobre posibles peligros. Esta aplicación permite a los usuarios recibir recordatorios para preparar sus residuos para la recolección, asegurando que nunca se olviden de esta importante tarea. También facilita la localización de

puntos de recogida de baterías, aparatos electrónicos, parques de reciclaje y tiendas de segunda mano, mostrando sus horarios de apertura y cierre. Con estas características, Recycle! se convierte en una herramienta integral para cualquier hogar comprometido con la sostenibilidad y el reciclaje.

En conjunto, estas aplicaciones representan soluciones innovadoras y efectivas para la recolección de residuos sólidos domésticos, promoviendo el reciclaje y la gestión adecuada de residuos en diferentes regiones del mundo.

Marco Legal o Normatividad

De acuerdo con la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), La normatividad ambiental sanitaria, la normatividad sobre residuos sólidos es la que se encuentra a continuación:

- Ley 09 de 1979: Medidas sanitarias sobre el manejo de residuos sólidos
- Resolución 2309 de 1986: Define los residuos especiales, los criterios de identificación, tratamiento y registro. Establece planes de cumplimiento vigilancia y seguridad.
- Resolución 541 de 1994: Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, concreto y agregados sueltos de construcción.
- Ley 142 de 1994: Dicta el régimen de servicios públicos domiciliarios
- Documento CONPES 2750 de 1994: Políticas sobre manejo de residuos sólidos
- Resolución 0189 de 1994: Regulación para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.
- Decreto 605 de 1996: Reglamenta la ley 142 de 1994. En cuanto al manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos
- Ley 430 de 1998: Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto Reglamentario 2462 de 1989: Reglamenta los procedimientos sobre explotación de materiales de construcción.
- Resolución 0189 de 1994: Regulación para impedir la entrada de residuos peligrosos al territorio nacional.

Marco institucional

Nombre: Ciudad de Bogotá D.C.

Descripción Breve: Está conformada por 20 Localidades, 19 urbanas (Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá, Suba, Barrios Unidos, Teusaquillo, Los Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda, La Candelaria, Rafael Uribe Uribe, Ciudad Bolívar) y 1 rural (Sumapaz).

Ubicación: Está situada en el interior del país, en el departamento de Cundinamarca, en la altiplanicie La Sabana de Bogotá, limitada al norte por el municipio de Chía; Oriente por los municipios, La calera, Choachí, Ubaque, Chipaque, Une y Gutiérrez, y los municipios Guamal y Cubarral del departamento del Meta; El sur con el municipio Uribe del Meta y Huila; EL Occidente con los municipios Cota, Funza, Mosquera, Soacha, Pasca, Arbeláez, San Bernardo y Cabrera. El área total es del 1636.354km cuadrados, con una población de 7.834.167 de acuerdo con el DANE (2018).

Sector de la economía: Bogotá ha avanzado en la economía circular, con un meta objetivo de reducir 10% de residuos en el año 2021. La economía circular está en busca de reducir, reusar y reciclar para ser más amigables con el medio ambiente, este modelo se basa en el ciclo de la naturaleza, donde cuando los elementos cumplen su función, se pueden reutilizar en otro proceso.

Metodología

Descripción metodológica

La presente investigación adopta un enfoque mixto, integrando perspectivas cualitativas y cuantitativas para ofrecer una comprensión más completa y robusta del fenómeno estudiado. Esta combinación permite aprovechar las fortalezas de ambos enfoques, proporcionando tanto profundidad interpretativa como estadística.

El diseño de la investigación es no experimental, enfocándose en la observación y análisis de datos sin intervención directa en el entorno. Se emplearán metodologías

descriptivas y analíticas para detallar y examinar la información recopiladas, asegurando así una exploración exhaustiva y precisa del objeto de estudio. La investigación es aplicada, centrada en el análisis teórico más que en la implementación práctica.

Además, la investigación es transversal abarcando múltiples líneas de conocimiento, ofreciendo una visión holística, y multidimensional. Esta aproximación permite explorar distintas facetas del objetivo de la investigación, enriqueciendo el análisis y proporcionando una comprensión más completa y contextualizada de los resultados de las variables objeto de estudio.

Diseño Metodológico

El diseño metodológico para la propuesta de aplicación digital que permita el aprovechamiento de RSD en la ciudad de Bogotá se compone del análisis y resultados de variables objeto de estudio de la investigación, llevando a cabo el desarrollo de actividades que permitan el análisis de variables de tipo cuantitativo, cualitativo, independientes y de resultado que corresponden a cada uno de los objetivos de la investigación incluyendo una consulta exhaustiva de literatura normativa, tecnológica, modelo de gestión de RSD en Bogotá, medios de comunicación disponibles entre los actores del sistema de RSD en la ciudad y herramientas de análisis de datos alineadas con las necesidades del distrito para medir la efectividad en el aprovechamiento de los RSD. Posteriormente, se seleccionan los métodos, técnicas y herramientas que permitan obtener los resultados esperados en cada actividad planteada para la propuesta de aplicación digital como la realización de una encuesta a diferentes actores del sistema de RSD en cada una de las zonas del distrito, análisis de entorno PESTEL, matriz de trazabilidad de requerimientos, matriz de decisiones, entre otros que conlleven a un análisis de datos pertinente y en cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Definición de Variables

Para el cumplimiento de los objetivos de la investigación intervienen las siguientes variables de tipo cuantitativo y cualitativo:

Tabla 3
Definición de Variables

Variable	Tipo de Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones
Actores Activos	Cualitativa	Personas naturales o jurídicas que tienen un rol activo en la gestión de RSD en Bogotá	Diagrama de proceso que identifique a los actores activos	Social Legal Política Responsabilidad ambiental
Red de comunicación digital	Cualitativa	Puntos de contacto multidireccional en tiempo real utilizando redes sociales y/o aplicaciones de mensajería instantánea soportadas en un medio de comunicación de voz, texto o datos	Gráfico que evidencie cobertura porcentual de medios de comunicación entre actores	Cobertura a nivel nacional por tipo de medio Medios de comunicación disponibles entre actores
Requerimientos funcionales	Cualitativa	Todas aquellas actividades, flujos de entrada y salida que requiere un sistema para funcionar, cada requerimiento representa un escenario y un resultado, responden a lo esencial del sistema	Matriz de trazabilidad	Necesidades distritales y de actores de aprovechamiento como recicladores y hogares residenciales
Aplicación digital	Cualitativa	Engloban el conjunto de software como herramientas y plataformas que pueden embeberse u operar en dispositivos móviles (celulares, tabletas, dispositivos IoT, entre otros)	Matriz de decisiones con representación porcentual de tecnologías compatibles para la propuesta de aplicación digital	Componentes Técnicos Operatividad Funcionalidad Simplicidad
Análisis de datos	Cuantitativa	Proceso que permite la obtención de información valiosa sobre el comportamiento o expectativas de los usuarios que interactúan con plataformas web a través de actividades de recopilación y procesamiento de grandes volúmenes de datos	Tabla resumen de herramientas disponibles en el mercado para análisis de datos y selección de la mejor opción para ejecutarla dentro de la aplicación digital para dar cumplimiento a los requerimientos de los actores	Facilidad de agrupamiento y segmentación Velocidad de procesamiento Simplicidad de graficación Gestor de limpieza de datos

Métricas y reportes	Cuantitativa	Métricas: Indicadores cuantitativos que permiten medir el desempeño de un producto, servicio o actividad Reportes: Nivel gráfico de indicadores o cifras	Tabla de KPIs para desarrollo de dashboard Lista de Chequeo de variables a visualizar en reportes Media de % de separación de residuos Porcentaje de aprovechamiento de RSD	Efectividad de mediciones en variables Facilidad de ejecución y/o consulta por parte de actores Representación numérica de requerimientos funcionales Facilidad de graficación
Efectividad del uso de la aplicación digital	Cuantitativa	Precisión y cumplimiento de la aplicación frente a las expectativas y requerimientos funcionales de los actores de aprovechamiento de RSD.	% de reciclaje y aprovechamiento de RSD	RSD aprovechables que se entregan a recicladores (Metros Cúbicos)
Monitoreo del desempeño	Cuantitativa	Medición y evaluación del cumplimiento de los objetivos establecidos por medio de métricas que permitan controlar la calidad de un servicio y que ayuda a identificar oportunidades de mejora	Tabla de KPIs asociados a monitoreo del desempeño para desarrollo de dashboard	Calidad Eficiencia Eficacia Evaluación de actores del sistema
Interfaz	Cualitativa	Punto de interacción a nivel visual entre el usuario y el sistema.	Escala Likert (satisfacción de usuarios) Matriz de decisiones para seleccionar tecnología compatible con los medios de comunicación de los que disponen los actores interesados y los demás componentes técnicos que integran la aplicación digital.	Visualización gráfica. Facilidad de interacción. Diseño intuitivo.

Módulo de alertas y notificaciones	Cualitativa	Informa en tiempo real a los usuarios sobre eventos importantes, puede incluir notificaciones emergentes, correos electrónicos, notificaciones push, alertas y comunicaciones bidireccionales.	Escala Likert (satisfacción de usuarios). Tabla resumen de tecnología disponible para integración del módulo de alertas y notificaciones en tiempo real.	Correo Electrónico. Comunicación bidireccional por SMS. Notificaciones por voz, correo electrónico y WhatsApp.
Optimización en recolección de RSD aprovechables	Cualitativa	Demostrar la mejora en el aprovechamiento de RSD en Bogotá evitando que material reciclable termine enterrado en el relleno sanitario, promoviendo un modelo de economía solidaria donde se involucran a los recicladores como actores activos del sistema.	% de reciclaje y aprovechamiento de residuos, frecuencia de recolección por parte de recicladores. Cuadro comparativo del sistema de gestión de RSD en Bogotá antes y después de la propuesta de aplicación digital.	Reducción de RSD aprovechables enterrados en relleno sanitario. Percepción de actores del sistema RSD y usuarios de la aplicación. Facilidad de contacto entre la fuente RSD y el reciclador de oficio.

Descripción detallada de actividades

Para dar cumplimiento a los objetivos de esta investigación, se pretenden desarrollar las siguientes actividades:

1. Consultar literatura acerca del modelo de gestión de RSD en Bogotá identificando los actores relacionados. Se pretende realizar una búsqueda a profundidad de informes y publicaciones dentro de un rango de tiempo no mayor a 4 años hacia atrás desde el 2024 enfocada en el aprovechamiento de RSD en Bogotá emitidos por la alcaldía de Bogotá, Secretaría del Hábitat, la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) y el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 con el propósito de generar un diagrama de proceso estándar en el aprovechamiento de RSD en Bogotá donde se identifiquen con claridad los actores relacionados.

2. Consultar normatividad asociada a la gestión de RSD en Bogotá identificando grupos de interés. La búsqueda debe abarcar decretos, resoluciones, leyes y todas las normativas asociadas, vigentes y aplicables a la gestión de RSD en Bogotá emitidas por las autoridades competentes como lo son: Alcaldía de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente, de Planeación, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, entre otros, enfocados en el aprovechamiento de RSD con el propósito de realizar una tabla resumen que permita identificar claramente la normativa aplicable, vigencia y grupos de interés involucrados en cada una.
3. Analizar condiciones actuales del modelo RSD en Bogotá. Relacionar y analizar de forma descriptiva las variables del entorno distrital de tipo Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legales que involucran el aprovechamiento de RSD en Bogotá 2024 generando un análisis PESTEL para entendimiento de las variables globales que impactan de forma positiva o no el aprovechamiento de RSD. Las variables de entorno deben presentar información no mayor a 4 años desde el 2024 hacia atrás y pretenden abordar un panorama a detalle para la toma de decisiones en la propuesta de aplicación digital.
4. Consultar medios de comunicación con los que cuentan los actores del modelo RSD de Bogotá. En la encuesta aplicable a los actores de aprovechamiento de RSD en Bogotá se incluyen preguntas relacionadas a medios de comunicación disponibles como: celulares, tabletas y otros. Así como también se indaga sobre la disponibilidad de planes de datos en hogar o de tipo móvil. Como resultado, se debe graficar porcentualmente la cobertura de planes de internet móvil o de hogar en Bogotá, así como el tipo de medio de comunicación que predomina en los actores de aprovechamiento de RSD. De manera paralela también se consulta en el Portal de la Comisión de regulación de Comunicaciones llamado Postdata - Más allá de los datos acerca del porcentaje de cobertura de servicio de internet móvil en la ciudad de Bogotá, telefonía y mensajería móvil, así como también el medio más usado por la población. Finalmente, también se debe profundizar en el Informe final de las acciones de cultura ciudadana (2019) de corprovisionarios para la UAESP donde se detallan los intereses comunicacionales de los actores involucrados en el aprovechamiento de RSD.

5. Consultar los requerimientos del distrito para una herramienta de medición de gestión de RSD en la ciudad. Tomar como referencia el Informe de Seguimiento al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2023 de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP, p.18) donde se relacionan las variables que deben ser tenidas en cuenta para la medición del aprovechamiento de RSD en la ciudad de Bogotá, así como también la Encuesta de Cultura Ambiental (2021) de la Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte y el Informe final de las acciones de cultura ciudadana (2019) de corpovisionarios para la UAESP generando una matriz de trazabilidad de los requerimientos funcionales de la aplicación digital.

6. Consultar literatura acerca de tecnología para permitir comunicación en tiempo real acorde a los medios disponibles dentro del grupo de actores de gestión de RSD. Entendiendo los requerimientos funcionales con los que necesita contar la aplicación digital, se requiere abordar a profundidad literatura acerca del tipo de tecnología como plataforma de desarrollo que puede ser utilizada para responder a la comunicación en tiempo real siendo compatible técnicamente con el medio de comunicación predominante entre los actores del sistema de aprovechamiento de RSD en la ciudad de Bogotá, para ello, se genera una matriz de decisiones que permita la toma de decisiones acerca del tipo de lenguaje o plataforma a implementar por el grupo de investigadores.

7. Aplicar encuestas a la muestra determinada por el grupo investigador en la ciudad de Bogotá para determinar qué funcionalidades consideran útiles en una aplicación para gestión de RSD. Como parte complementaria a los requerimientos funcionales dados por el distrito y abordados en el numeral 5 de este capítulo, se pretende abarcar las expectativas de dos de los actores principales en el sistema de aprovechamiento de RSD como lo son los habitantes residenciales y los recicladores en cada una de las zonas de Bogotá segmentadas en esta investigación y que se mencionan en detalle en el capítulo de población y muestra. Para ello, se incluyen preguntas abiertas y de selección múltiple en la encuesta que permitan analizar las expectativas a través del informe de la encuesta aplicada para hacerlas parte de los requerimientos funcionales de la aplicación digital.

8. Consultar literatura acerca de las herramientas de análisis de datos y generación de reportes disponibles en el mercado. Basados en los requerimientos funcionales orientados a medición del aprovechamiento de RSD en Bogotá y la efectividad del uso de la aplicación digital para tal fin, se realiza búsqueda de forma exhaustiva acerca de las herramientas de análisis de datos y generación de reportes que faciliten la visualización, el análisis y representación gráfica, refrescamiento de datos de forma instantánea, entre otras, se destacan Power BI y Tableau. De este análisis debe derivarse una tabla resumen que permita al equipo investigador la elección de la mejor elección de herramienta de análisis de datos y generación de reportes para el aprovechamiento de RSD en la propuesta de aplicación digital.
9. Consultar informes del distrito acerca del sistema de medición del aprovechamiento de RSD. Partiendo de las variables mencionadas en los informes de Seguimiento al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2023 de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP, p.18), el modelo de aprovechamiento “la basura no es basura” (2021) de la UAESP, la Encuesta de Cultura Ambiental (2021) de la Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte y el Informe final de las acciones de cultura ciudadana (2019) de corpovisionarios se pretende generar una tabla de KPIs donde se evidencien las variables y porcentajes de cumplimiento asociadas de tal manera que se facilite la presentación y generación de reportes asociados a las métricas de aprovechamiento.
10. Consultar literatura del distrito acerca de las variables analizadas en la efectividad de la gestión de RSD. Acorde a los resultados obtenidos en el numeral 9 de este capítulo se procede a identificar las variables inmersas en mediciones de efectividad esperadas por el Distrito y demás actores vinculados al sistema de aprovechamiento de RSD para lo cual se pretende generar una lista de chequeo frente a los KPIs obtenidos y aquellos que intervienen en mediciones de efectividad, así como también generar estilos de diseño aplicables a los reportes necesarios y generados por la aplicación digital para facilitar el despliegue de los mismos.
11. Consultar literatura acerca de tecnología para la creación de componentes técnicos de la aplicación digital que sea compatible con los medios de comunicación de los que disponen los grupos de interés dentro del sistema de gestión de RSD en Bogotá y

permitan el desarrollo de los requerimientos funcionales obtenidos. Teniendo definidos los requerimientos funcionales con los que necesita contar la aplicación digital, la plataforma y/o lenguaje de desarrollo y medios de comunicación predominantes y aplicables para comunicaciones en tiempo real, se requiere abordar a profundidad que tipo de tecnología puede ser utilizada para responder al componente de infraestructura, datos, interfaz, sesiones, interacción, monitoreo y reportes de la aplicación digital siendo compatible técnicamente entre sí, generando finalmente una matriz de decisiones para seleccionar el tipo de tecnología con la que se construirán los demás componentes técnicos.

12. Consultar literatura acerca de tecnología para integrar un módulo de alertas y notificaciones en tiempo real acorde a los medios de comunicación de los que disponen los grupos de interés dentro del sistema de gestión de RSD. Luego de la selección de plataforma y/o lenguajes para todos los componentes técnicos de la aplicación y los demás basados en los requerimientos funcionales de los actores del sistema, se debe ahondar en las opciones de integración disponibles en el mercado para el desarrollo de un módulo de notificaciones y alertas en tiempo real, para ello se debe consultar a nivel técnico la literatura y modelos en operación que guíen al grupo de investigadores en la selección de opciones compatibles tanto a nivel técnico como de enlace con los medios de comunicación disponibles por el grupo de actores del sistema, para ello, se pretende construir una tabla resumen que permita dimensionar las opciones disponibles seleccionando la más representativa.
13. Comparar las ventajas y desventajas del sistema actual de recolección y aprovechamiento de RSD vs la optimización. Se pretende evidenciar la optimización que traería consigo el desarrollo e implementación de la propuesta de aplicación digital relacionando ventajas y desventajas del sistema actual comparado con lo que sería el mismo proceso gestionado mediante la aplicación digital con la participación de todos los actores involucrados, para ello se propone el desarrollo de un cuadro comparativo.

Población y Muestra

Para esta investigación, la población objeto de estudio es la ciudad de Bogotá, que se divide en seis zonas geográficas: Centro (La Candelaria, Santa Fe, Teusaquillo), Norte (Usaquén, Chapinero, Suba), Occidente (Fontibón, Engativá, Kennedy), Sur (San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Ciudad Bolívar), Suroccidente (Bosa, Puente Aranda) y Noroeste (Barrios Unidos). La población total de Bogotá asciende a aproximadamente 7.4 millones de habitantes, distribuidos de manera heterogénea en estas zonas.

Dada la magnitud de la población, se opta por un muestreo probabilístico por racimos, seleccionando individuos de cada una de las seis zonas mencionadas. Este tipo de muestreo permite manejar de manera eficiente la gran cantidad de individuos y al mismo tiempo asegura una representación adecuada de cada zona.

En cuanto al tamaño de la muestra, se tomarán 10 muestras por cada una de las zonas, resultando en un total de 60 muestras para toda la ciudad, es importante recalcar que, de estas 10 muestras por zona, se harán a 2 recicladores. Este tamaño de muestra es manejable y suficiente para realizar los análisis descriptivos y analíticos necesarios, garantizando así la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Selección de métodos o instrumentos para recolección de información

Uno de los instrumentos seleccionados para la recolección de información es un formulario compuesto por aproximadamente 25 preguntas. Este formulario ha sido diseñado con el objetivo de obtener datos detallados sobre los hábitos, necesidades y percepciones de los ciudadanos en relación con la gestión de residuos sólidos domésticos. Las preguntas abarcan diversos aspectos, desde la clasificación de residuos y el uso de aplicaciones digitales, hasta la disposición a participar en programas de incentivo para el reciclaje.

El formulario será administrado en cada una de las 6 zonas de Bogotá, permitiendo así una representación amplia y diversa de la población. Este enfoque zonal asegura que se capturen las diferencias y particularidades de cada área, proporcionando una visión integral que facilitara la adaptación de la aplicación digital a las necesidades específicas de los habitantes de Bogotá.

Adicionalmente, se utilizará el análisis PESTEL como un instrumento clave para evaluar el entorno externo que podría afectar la implementación y éxito de la aplicación. Este análisis considerará factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales, proporcionando una comprensión amplia de las oportunidades y desafíos potenciales. Con esta información, se podrán tomar decisiones informadas y estratégicas para asegurar la viabilidad y eficacia de la aplicación en el contexto específico de Bogotá.

Por último, para las variables cuantitativas se va a hacer uso de registros y documentos, información secundaria para realizar el análisis comparativo, y así poder calcular un porcentaje y comparar con el total de residuos generados, tasa de reciclaje de residuos y tasa de separación, cuáles son las categorías mayor recurrentes y que impacto tiene la recolección de residuos domésticos.

Técnicas de análisis de datos

Dado el enfoque de la metodología de carácter mixto, se determina el planteamiento de un supuesto de investigación y la formulación de una hipótesis basados en los datos recolectados por medio de las herramientas cualitativas y cuantitativas.

Hipótesis:

Hipótesis Alternativa (H_a): El uso de la aplicación digital incrementará significativamente la tasa de reciclaje y la cantidad de residuos reciclables recolectados en los hogares de Bogotá.

$$H_a: u > 0$$

Para aceptar la hipótesis se proponen dos tipos de pruebas estadísticas, prueba t para muestras independientes y prueba de Chi-cuadrado. Se puede aplicar únicamente una u otra, o las dos.

Prueba t para muestras independientes

Esta prueba se utiliza para comprar dos grupos (usuarios de la aplicación vs no usuarios) donde:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

\bar{X}_1 = Media de la tasa de reciclaje del grupo de **usuarios**.

\bar{X}_2 = Media de la tasa de reciclaje del grupo de **no usuarios**.

S_1^2 = Varianza del grupo de **usuarios**.

S_2^2 = Varianza del grupo de **no usuarios**.

n_1 = Tamaño de la muestra del grupo de **usuarios**.

n_2 = Tamaño de la muestra del grupo de **no usuarios**

Cuanto mayor sea el valor absoluto de t, mayor será la diferencia entre las medias de los dos grupos, lo que indica que tan distintos son estos grupos entre sí.

Una vez se calcule el valor de t se realiza la tabla de distribución usando software como SPSS o Excel y de esta forma obtener el valor de p que indica si las diferencias obtenidas son significativas o no, el valor de p debe ser menor al nivel de significancia, que para este trabajo se va a tomar un **nivel de significancia** del 5% es decir $\alpha = 0,05$.

En conclusión, después de realizar el análisis Si $p < 0,05$, se considera que hay una diferencia significativa y se puede aceptar la hipótesis, por otro lado, si $p \geq 0,05$ no se puede aceptar la hipótesis alterna, lo que significa que no hay evidencia suficiente para afirmar que las diferencias observadas no son debidas al azar.

Prueba de Chi-cuadrado

Esta prueba se utiliza para comparar variables categóricas, para este caso, si los hogares reciclan o no y si los hogares separan residuos o no y se mide la existencia de la relación significativa entre el uso de la aplicación y las categorías seleccionadas.

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

O_i = Frecuencia observada

E_i = Frecuencia esperada

La frecuencia observada se tomará de los datos históricos de registros y documentos, y la frecuencia esperada se debe calcular a partir de la hipótesis nula que para este caso se formula como (H0): El uso de la aplicación digital no tiene un impacto significativo en la tasa de reciclaje ni en la cantidad de residuos reciclables recolectados en los hogares de Bogotá.

Se debe realizar una tabla de contingencia para cada categoría, es decir, para tasa de reciclaje y tasa de separación, este proceso se puede realizar con el apoyo de software como Excel.

Tabla 4

Separación y reciclaje

	Reciclan	Usan la aplicación	No usan la aplicación	Total
Sí	-	-	-	-
No	-	-	-	-
Total	-	-	-	-

	Separan residuos	Usan la aplicación	No usan la aplicación	Total
Sí	-	-	-	-
No	-	-	-	-
Total	-	-	-	-

Y se puede conocer la frecuencia esperada dada la siguiente fórmula.

$$E_i = \frac{(Total\ de\ fila \times Total\ de\ columnas)}{Total\ Total}$$

Posteriormente, se calcula el valor de X^2 y su valor crítico, el cual se obtiene con la distribución de Chi-cuadrado dependiendo del **nivel de significancia** en este caso 0.05 y los grados de libertad $df = 1$.

$$df = (\text{número de filas} - 1) \times (\text{número de columnas} - 1)$$

$$df = (2 - 1) \times (2 - 1) = 1$$

Lo que nos da un valor crítico de **3.841** según la tabla de distribución de chi cuadrado.

Tabla 5

Distribución de Chi-cuadrado

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5910	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

Nota. Tomado de: *UMNG - Facultad de estudios a distancia.*

Finalmente, si se obtiene un valor de X^2 grande respecto al valor crítico de X^2 se puede determinar que, si existe una asociación significativa de las variables lo que permite aceptar la hipótesis alterna o rechazarla en caso de obtener un valor de X^2 pequeño respecto a su valor crítico. También se puede aceptar o rechazar la hipótesis a partir del cálculo del valor ρ con ayuda software como Excel y su función *PRUEBA.CHICUAD*.

Supuesto:

Los hogares que utilicen la aplicación digital para la gestión de residuos mejorarán su tasa de separación de residuos gracias al fácil acceso a la información y también experimentarán mayor satisfacción con el proceso, lo que incrementa su disposición al manejo de residuos sólidos y el uso de la aplicación.

Para el supuesto planteado se determina un análisis descriptivo, apoyado en los resultados de los formularios y encuestas, incluyendo una escala Likert y gráficos de los resultados apoyados en software Power BI.

Para la satisfacción de los usuarios se plantean las variables de la escala Likert de 1 a 5: 1-Muy insatisfecho, 2-Insatisfecho, 3-Neutral, 4-Satisfecho, 5-Muy satisfecho.

La tasa de participación se tomará a partir del porcentaje de interesados que interactúen activamente con la aplicación en proporción al total de interesados y para la tasa de separación y demás variables aplicables se tomará a partir del porcentaje de actividad de la variable sobre el total de residuos generados.

Tabla 6

Resumen técnicas de análisis de datos

Instrumento	Técnica de análisis	Descripción	Herramientas
Formulario/cuestionario	Análisis Descriptivo	Se recolectan datos cualitativos a través de preguntas cerradas. El análisis descriptivo permite interpretar las respuestas mediante estadísticas simples (porcentajes, promedios) y categorizar las respuestas, esta técnica permite el análisis de los datos de medición de las variables de satisfacción de los usuarios, tasa de participación de actores o interesados y tasa de separación de residuos.	SPSS Power BI

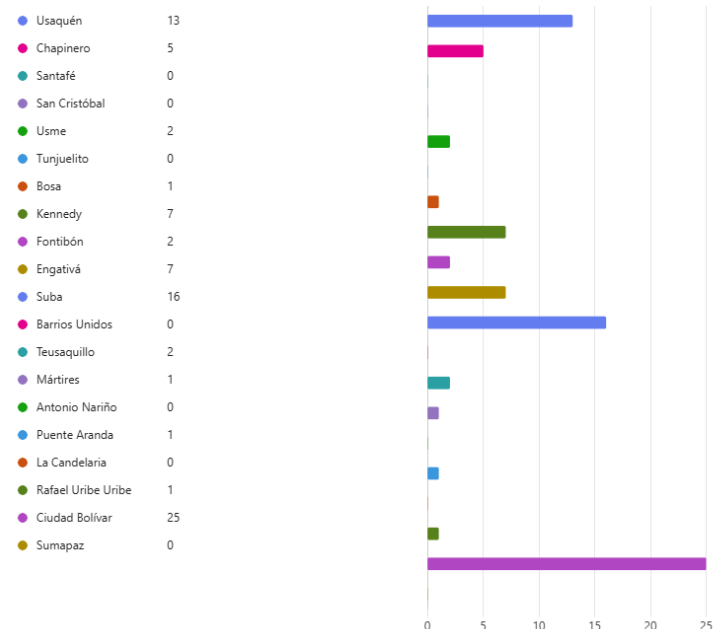
Instrumento	Técnica de análisis	Descripción	Herramientas
Registros y documentos	Análisis Comparativo	Esta técnica permite calcular el porcentaje de residuos reciclados en comparación con el total de residuos generados, además el análisis comparativo se puede utilizar para comparar la cantidad de residuos por tipo, identificar las categorías más recurrentes y determinar si hay impacto en la recolección de residuos domésticos.	SPSS Excel Power BI
PESTEL	Análisis PESTEL	Técnica de análisis estratégico que permite examinar los factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales. Se utiliza para evaluar el impacto de estos factores en la implementación y el uso de la aplicación digital para la gestión de RSD.	Excel

Resultados

De la encuesta realizada a actores del modelo de aprovechamiento y gestión de RSD se obtuvieron 83 respuestas, entre hombres (28) y mujeres (55) de todo el rango de edades, obteniendo repuestas de 13 localidades de las 20 localidades de Bogotá.

Figura 2

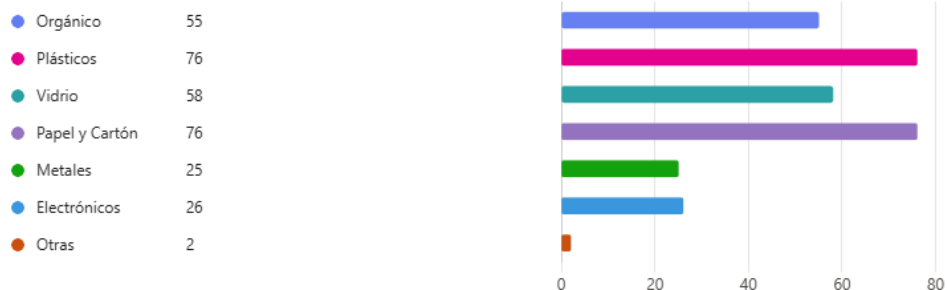
Distribución de respuestas por localidad de residencia en Bogotá



De las personas encuestadas, el 81% realiza técnicas y procesos de reciclaje en sus hogares y solo el 2% del total le parece poco importante el proceso de recolección. Del total de encuestados en su mayoría reciclan residuos de tipo Orgánico, Plásticos, Vidrio, Papel y Cartón, como se puede observar en la Ilustración a continuación:

Figura 3

Tipos de Residuos Sólidos clasificados en el hogar



La mayoría usan solo bolsa negra y blanca, muy pocos hacen uso de la bolsa verde u otras bolsas para sus residuos. Adicionalmente, no todos realizan el correspondiente lavado y secado de los residuos por falta de educación por parte de los entes involucrados.

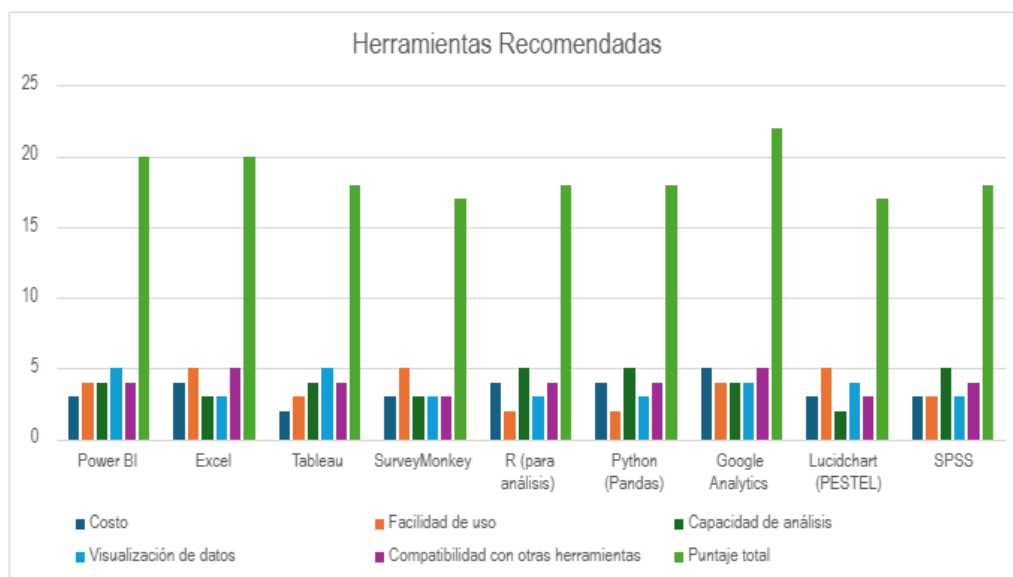
El 88% de los encuestados está a favor de hacer uso de una aplicación digital para la clasificación y gestión de los residuos sólidos, las funcionalidades deseadas son el recordatorio de clasificación, información sobre puntos de reciclaje en la ciudad, como clasificar correctamente, recompensas por reciclar, estadísticas de reciclaje de la ciudad y los puntos azules o de RecoPILA, que es una empresa de recolección de baterías y una sección para reportar problemas en la recolección de RSD.

Al ser una aplicación digital que está al alcance de la mano, la mayoría de las personas están dispuestas y desearían que fuera una aplicación móvil para mayor facilidad. Por último, desean que la aplicación incluya educación ambiental, videos interactivos e inclusive juegos interactivos sobre como reciclar y aprender a reciclar para educar a las generaciones jóvenes y actuales, y así cuidar el medio ambiente.

Por otro lado, para la selección de herramientas de análisis de datos que permitan dar seguimiento y control a la aplicación posterior a su desarrollo se realizó una matriz de decisión, hallada en los anexos, cuyos resultados se ven en la Figura 4, donde se determina que las herramientas más convenientes para el análisis de datos posterior a la implementación de la propuesta son *Power BI*, *Excel* y *Google Analytics*.

Figura 4

Herramientas recomendadas para análisis y visualización de datos



Los KPIs (indicadores claves de desempeño) para monitorear el desempeño y efectividad de la aplicación digital para la gestión de Residuos Sólidos Domésticos en Bogotá propuestos se encuentran en la tabla 7.

Tabla 7

Indicadores claves de desempeño propuestos

KPI	Descripción	Unidad de Medida	Frecuencia de Monitoreo	Objetivo
Nivel de satisfacción de usuarios	Mide la satisfacción de los usuarios con la aplicación, basada en encuestas de escala Likert.	Media de respuestas en escala Likert (1-5)	Mensual	>4 (Satisfecho o muy satisfecho)
Tasa de participación de interesados	Porcentaje de interesados que utilizan la aplicación respecto al total de invitados.	$(\text{Usuarios activos} / \text{Total de interesados}) * 100$	Trimestral	60% de participación
Tasa de separación de residuos	Proporción de residuos domésticos separados adecuadamente para reciclaje.	$(\text{Cantidad de residuos separados} / \text{Total de residuos generados}) * 100$	Mensual	70% de separación
Tasa de reciclaje	Porcentaje de residuos recolectados que fueron reciclados de forma efectiva.	$(\text{Cantidad de residuos reciclados} / \text{Total de residuos recolectados}) * 100$	Mensual	50% de residuos reciclados
Frecuencia de interacción con la aplicación	Mide la frecuencia con la que los usuarios interactúan con la aplicación.	Número de sesiones por usuario	Semanal	2 interacciones por usuario a la semana
Cantidad de residuos recolectados	Total de residuos recolectados en kilogramos, desglosado por tipo de residuo.	Kilogramos de residuos recolectados (por tipo)	Mensual	Incremento mensual del 5%

KPI	Descripción	Unidad de Medida	Frecuencia de Monitoreo	Objetivo
Índice de resolución de consultas	Porcentaje de consultas o quejas de usuarios resueltas en un tiempo determinado.	(Consultas resueltas / Total de consultas) * 100	Mensual	90% de resolución en 48 horas
Nuevos usuarios registrados	Número de nuevos usuarios que se registran en la aplicación en un periodo.	Conteo de nuevos registros	Mensual	Crecimiento de 10% mensual
Retención de usuarios	Porcentaje de usuarios que continúan utilizando la aplicación tras un periodo específico.	(Usuarios recurrentes / Usuarios totales iniciales) * 100	Trimestral	Retención del 75%
Tasa de reciclaje por tipo de residuo	Proporción de cada tipo de residuo reciclado frente al total de ese tipo recolectado.	(Residuos tipo X reciclados / Total residuos tipo X recolectados) * 100	Mensual	Mejorar tasa de reciclaje por tipo de residuo

Análisis de Resultados

El análisis de resultados es crucial para comprender la efectividad y la viabilidad del sistema de gestión de residuos sólidos domésticos (RSD) en Bogotá mediante una aplicación digital. Este apartado abarca la comparación de los resultados obtenidos con el marco teórico propuesto inicialmente, proporcionando una discusión detallada sobre la relación entre ambos.

Encuestas a Fuentes de Generación de RSD

Los resultados de las encuestas reflejan un alto interés de las fuentes de generación de RSD en utilizar una aplicación digital para la clasificación y gestión de residuos. Con un 88% de disposición para usar la aplicación, se destaca una actitud positiva hacia la tecnología como herramienta para mejorar la gestión de RSD. Este resultado es coherente con el marco teórico que sugiere que la tecnología puede facilitar la gestión ambiental y mejorar la eficiencia en la recolección y procesamiento de residuos.

Interés en Funcionalidades de la Aplicación

La encuesta muestra que el 50% de los encuestados desea recibir notificaciones y recordatorios para la clasificación y entrega de RSD, así como información de puntos y estadísticas de reciclaje, material interactivo y educativo, recompensas por reciclar, y una sección para reportar incidentes. Esta preferencia por funcionalidades específicas subraya la necesidad de diseñar una aplicación centrada en el usuario, que no solo facilite el proceso de reciclaje, sino que también proporcione incentivos y educación, alineándose con teorías de comportamiento proambiental que proponen que la información y las recompensas pueden mejorar las prácticas de reciclaje.

Selección de Tecnología

La elección de tecnologías como Google Analytics, Power BI, SPSS y Python para el monitoreo y análisis de datos en tiempo real respalda la importancia de utilizar herramientas avanzadas para la gestión eficiente de RSD. La puntuación alta de Python en la evaluación de criterios técnicos esenciales resalta su compatibilidad y efectividad, lo que es consistente con el marco teórico que enfatiza el uso de tecnologías robustas y adaptables en la gestión de residuos.

Interacción con los Recicladores

La encuesta adicional recomendada para los recicladores de oficio, tanto independientes como afiliados a cooperativas, es vital para entender sus necesidades y expectativas. Este enfoque participativo es esencial, ya que, según el marco teórico, la inclusión y la colaboración de todos los actores involucrados son cruciales para el éxito de cualquier sistema de gestión de residuos. Garantizar su participación y proporcionar formación adecuada reflejan principios de manejo colaborativo y sostenibilidad.

Capacitación y Educación

La recomendación de diseñar e impartir capacitaciones a usuarios y recicladores sobre el uso de la aplicación y la interpretación de informes es coherente con teorías de gestión del cambio que enfatizan la importancia de la formación continua para la adopción de nuevas tecnologías. Este enfoque asegura que los usuarios comprendan y utilicen eficazmente la aplicación, lo cual es un componente crítico para el éxito a largo plazo del proyecto.

Los resultados obtenidos indican una fuerte correlación con el marco teórico, subrayando la importancia de la tecnología, la educación y la colaboración en la gestión de residuos sólidos. Implementar una aplicación digital con funcionalidades específicas y realizar capacitaciones continuas son pasos fundamentales para mejorar la eficiencia y la participación en la clasificación y gestión de RSD en Bogotá.

Conclusiones

1. Los grupos de interés vinculados al sistema RSD comprenden recicladores de oficio independientes u organizados en cooperativas y registrados en los modelos de identificación

de la UAESP, fuentes de generación de RSD (casas u apartamentos), entidades distritales, relleno sanitario, empresas recolectoras y ECA (Estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos). Los actores primarios quienes se convierten en las fuentes de información para la aplicación digital son: fuentes de generación de RSD, recicladores de oficio y/o cooperativas de recicladores donde el 81% de las personas encuestadas en la muestra como fuentes de generación de RSD estarían dispuestas a compartir sus datos al usar una aplicación móvil.

2. Acorde a los resultados de la encuesta practicada a una muestra poblacional de fuentes de RSD, el 50% desearía contar con notificaciones y recordatorios para la clasificación y entrega de RSD, información de puntos y estadísticas de reciclaje, material interactivo, educativo, recompensas por reciclar y una sección para reportar incidentes relacionados con la recolección.
3. El 88% de la muestra poblacional de la encuesta se mostró interesada en hacer uso de una aplicación digital para la clasificación y gestión de los residuos sólidos domésticos en Bogotá, en cuanto a las mejores opciones para crear dashboards y monitorear datos en tiempo real de acuerdo con la matriz de decisiones relacionada como anexo donde se evaluaron 5 variables relacionadas con los requerimientos funcionales para la aplicación digital dando una puntuación máxima de 25, se destacan Google Analytics con 22 puntos, Power BI con 21 puntos y para análisis estadísticos avanzados SPSS y Python con 19 puntos.
4. La selección de tecnología adecuada es vital para el funcionamiento de la aplicación, Python es la plataforma con mayor puntuación en la matriz de decisiones relacionada como anexo obteniendo 8,5 de 10 puntos posibles evaluando 4 criterios técnicos esenciales para la compatibilidad de la gestión de RSD en la ciudad mediante una aplicación digital, soportando la implementación de un módulo de alertas y notificaciones que permitirá a los grupos de interés recibir información crucial y oportuna para la recolección de RSD aprovechables en Bogotá.

Observaciones y Recomendaciones

1. Los requerimientos funcionales de la aplicación deben ser claros, bien definidos y aprobados por todos los grupos de interés para asegurar que la comunicación en tiempo real sea efectiva en la gestión de RSD. Sin embargo, al tratarse de un producto novedoso, de alta incertidumbre y con varios actores involucrados, el alcance del mismo puede cambiar de forma constante luego de ser validado con los interesados, por lo que se recomienda la utilización de una metodología híbrida llevando a cabo continuas sesiones de trabajo con los grupos de interés que intervienen en la gestión de RSD.
2. Se recomienda incentivar el involucramiento de todos los actores de la gestión de aprovechamiento de RSD especialmente aquellos que son fuente de emisión de los mismos garantizando la protección de sus datos y generando un programa de incentivos para así aumentar el porcentaje de participación y uso de la aplicación digital.
3. Se recomienda la aplicación de una encuesta adicional a los recicladores de oficio independientes y aquellos afiliados a cooperativas con el fin de validar sus intereses para ser incluidos en la aplicación digital.
4. Se recomienda diseñar e impartir capacitación a los actores fuentes de RSD, recicladores de oficio, cooperativas y entidades distritales sobre cómo utilizar la aplicación, obtener un monitoreo de los RSD en tiempo real, así como la generación y lectura de informes de aprovechamiento de RSD generados.
5. En la fase de implementación, se recomienda diseñar y proveer un esquema de soporte técnico para resolver cualquier problema que surja durante el despliegue y operación de la aplicación digital.

Referencias

Acosta Espinoza, J. L., León Yacelga, A. R. L., & Sanafria Michilena, W. G. (2022). *Las aplicaciones móviles y su impacto en la sociedad*. Revista Universidad y Sociedad,

14(2), 237-243. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000200237&lng=es&tlnq=es

Africano Cruz M., (2021). Alcaldía Mayor de Bogotá. *¿Conoces en qué consiste la economía circular?* <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/habitat/economia-circular-en-bogota>

Alcaldía mayor de Bogotá (2015). *Decreto 1077 de 2015. Artículo 2.3.2.1.1.*
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62512>

Armijos, J. L., Morocho, R. F., Redrován, F. F., y Torres, D. A. (2021). Estado del arte: métricas del desarrollo de software móvil. 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, 10(3), 17-37. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2021.v10n3e39.17-37>

Cañedo Martínez, L. (2022). *Análisis de seguimiento de requerimientos funcionales basado en ontologías para descubrir afectaciones por cambios en un producto de software* [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional].
https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/31703/V2%20TESIS%20LauraCa%C3%B1edoMartinez_PROTEGIDa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Casas-Merchán, I. del P., y Toro-Calderón, J. (2020). *Análisis de la vinculación de organizaciones de recicladores al Sistema de Gestión Formal de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Bogotá D.C.* Luna Azul, (50), 40–65.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2020.50.3>

Castillo de la Mesa, J., López, P. A., Méndez-Domínguez, P., & Kirwan, G. (2022). Comunicación digital de los Colegios de Trabajo Social en España en las redes sociales online: ¿coalición, jerarquización o aislamiento? *Revista española de investigaciones sociológicas*, 178, 39-60. <https://doi.org/10.5477/cis/reis.178.39>

Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital Marketing: Strategy, Implementation, and Practice* (7th ed.). Pearson Education.

Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC, 2023). Estudio “*El rol de los servicios OTT en el sector de las comunicaciones en Colombia – 2023*”. *Segmento residencial*.

https://postdata.gov.co/sites/default/files/general/Segmento%20Residencial%20-%20Estudio%20OTT%202023_0.pdf

Decreto 1077 (2015, 27 de Mayo). *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y territorio*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62512>

Delahoz-Domínguez, E., Zuluaga-Ortiz, R., Perrián-Luna, A., & Mendoza-Brand, S. (2022). *Un enfoque de Seis Sigma para evaluar la calidad de la educación superior en Colombia*. *Revista De Métodos Cuantitativos Para La Economía Y La Empresa*, 33, 386–407.

<https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.5313>

Del Do, A. M., Villagra, A., & Pandolfi, D. (2023). *Desafíos de la Transformación Digital en las PYMES*. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 15(1), 200–229.

<https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v15.n1.941>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2019). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) 2018. Resultados por región*.

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/Presentacion_ECV_2018.pdf

Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2022). *Guía Nacional para la adecuada separación de residuos sólidos*. <https://economiecircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/06/guia-nacional-para-la-adecuada-gestion-de-residuos-colombia-2022.pdf>

Díaz, A. (2023). *Consejos para el Diseño de Interface Móviles 2023*.

<https://bisiesto.es/consejos-para-el-diseno-de-interfaces-moviles/>

D. M. González and Y. Añino. (2023). *"Interactive web platform for extraction and visualization of scientific journal metrics," 2023 VI Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental,*

Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil (AmITIC), Cali, Colombia, 2023, pp. 1-7

Domínguez, D. M. L., Veloz, S. E. B., González, E. L., & Barragán, M. F. L. (2021).

Implementation of APPs: Methodological proposal to promote environmental health | Implementación de APPs: Propuesta metodológica para impulsar la salud ambiental. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 61(2), 360–369. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.52808/BMSA.7E5.612.027>

EcoLEC Waste Hub. *Economía circular, claves para entender el modelo que está revolucionando la sostenibilidad.* <https://ecolec.es/informacion-y-recursos/economia-circular/>

Estayno, M. G., Dapozo, G. N., Cuenca Pletsch, L. R., & Greiner, C. L. (2009). *Modelos y Métricas para evaluar Calidad de Software.* In XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19762>

Fandiño, J. C. (2022). *Desarrollo de una aplicación web para la clasificación de residuos a través de un modelo de machine learning* [Trabajo de grado, Universidad EAN]. Recuperado de: <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/12381>

Fontalvo, T. J., de La Hoz-Dominguez, E. J., & de La Hoz, E. (2020). *A method for evaluating the quality service of a user unit in a water service company in Colombia | Método de evaluación de la calidad del servicio de una unidad de atención al usuario en una empresa de servicio de agua en Colombia.* Información Tecnológica, 31(4), 27–34. <https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.4067/S0718-07642020000400027>

Jorge, A. M., Bianka, C. S., Josselin, V. A., & Sofia, I. L. I. (2018). *Towards a Lean University: Measuring the quality of the service and defining priorities for improvement.* 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education Caribbean Conference for Engineering and Technology, July 2018.

- López Jaramillo. J. I., Bill, G., Cerdá, I., & Saigí-Rubió, F. (2019). Proyecto de Telegestión Móvil Basada en Inteligencia de Negocios (BI)–RADAR. *Revista de la AITT* (6), 43-48. ISSN: 2411-3840. <https://revista.teleiberoamerica.com/numero-6/Revista-AITT-numero.6-pp.43-48-Proyecto-Jorge.Lopez.pdf>
- Mejía E (2005). Técnicas e Instrumentos de Investigación. Unidad de Post Grado de la Facultad de Educación de la UNMSM. ISBN: 9972-834-08-05 Biblioteca Nacional del Perú N.º 2005-8142. Recuperado de: <http://online.aliat.edu.mx/adistancia/InvCuantitativa/LecturasU6/tecnicas.pdf>
- Molina Rios, J., & Pedreira-Souto, M. d. (2019). "SWIRL", metodología para el diseño y desarrollo de aplicaciones web. *3Ciencias*. <https://3ciencias.com/libros/libro/swirl-metodologia-diseno-desarrollo-aplicaciones-web/>
- Narvaez, M. (2024). Prueba de Chi-cuadrado: ¿Qué es y cómo se realiza?. *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/prueba-de-chi-cuadrado-de-pearson/>
- Novoseltseva, E (2020). Las 8 aplicaciones de reciclaje para móviles más innovadoras. *Apiumhub*. <https://apiumhub.com/es/tech-blog-barcelona/aplicaciones-de-reciclaje/>
RecycleSmart. <https://www.recyclesmart.com/>
Brisbane bin and recycling app. <https://www.brisbane.qld.gov.au/clean-and-green/rubbish-tips-and-bins/reducing-waste-at-home/brisbane-bin-and-recycling-app>
Recycle! <https://www.recyclecoach.com/>
- Otalora, D. Salazar, Y. Correa, D. Suarez, J. Salcedo, O. Floréz, C. (2023). Estrategias de optimización y concientización en dar un buen uso a los residuos sólidos, en el barrio Cabecera del Llano municipio de Piedecuesta, Santander. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/59431/yasalazarv.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Plan de Ordenamiento Territorial (2021). Documento Técnico de Soporte, Libro I Componente General. https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/dts_libroi_componente_general_1.pdf

- Resolución 2184 (2019, 26 de Diciembre). *Por la cual se modifica la resolución 688 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.* <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-2184-de-2019.pdf>
- Rodríguez, N. Brito, J. Bériz, R. (2021). Guía para la gestión integral de residuos sólidos municipales. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-09/PADIT_Gu%C3%ADa%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20municipales.pdf
- Rojas, M. D. (2013). Desarrollo de una aplicación prototipo para la localización de parqueaderos en la plataforma IOS [Trabajo de grado, Universidad EAN]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/5991>
- Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte. (2024) Bogotá y sus Localidades. <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/bogodatos/bogota-y-sus-localidades>
- Secretaría Distrital de Cultura, Recreación y Deporte. (2023). *Gestión integral de los residuos sólidos en Bogotá: Un análisis de los resultados de la Encuesta de Cultura Ambiental - ECA 2022.* <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/sites/default/files/2023-09/resultados-eca-2022.pdf>
- Shaikh, F., Kazi, N., Khan, F., & Thakur, Z. (2020). *Waste Profiling and Analysis using Machine Learning. 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), 488-492.* <https://doi.org/10.1109/icirca48905.2020.9183244>
- Supo, J. (2023). T de Student para muestras independientes. Bioestadístico. <https://bioestadistico.com/t-de-student-para-muestras-independientes#:~:text=La%20prueba%20de%20t%20para,encuentra%20en%20demostrar%20la%20diferencia.>

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP, 2024). *Informe de Seguimiento Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS Vigencia 2023.*

https://www.uaesp.gov.co/sites/default/files/documentos/Informe_de_Seg_PGIRS_anual_2023.pdf

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP, 2024). *Instrumento de medición de separación en la fuente.*

<https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=biHLnptEhEW8gia854V0-7PFVs1kKydNj1yk2Y2gqtxUOFNBSFFSN1dNTVJESE5FRVUxWU83UEEzTy4u>

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP, 2024). *Tablero resumen de Registro Único de Recicladores de Oficio RURO.*

<https://www.uaesp.gov.co/content/generalidades-del-registro-unico-registradores-oficio-ruro>

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Normatividad ambiental sanitaria.

http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2_9_Normatividad_sobre_residuos_s%C3%B3lido

Bibliografía

Areosa, L. (2012). Web 2.0 y aplicaciones móviles (App).

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4175793.pdf>

Arboleda, K. M., González, L. C. & Linares, N. (2024). *Gestión de los residuos sólidos reciclables en viviendas estrato tres de Bogotá* [Tesis de especialización, Universidad EAN]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/13515>

CERDA L, JAIME, & VILLARROEL DEL P, LUIS. (2007). *Interpretación del test de Chi-cuadrado (X^2) en investigación pediátrica*. Revista chilena de pediatría, 78(4), 414-417.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062007000400010>

Cuesta Ruíz, F. M., Olaya Medina, M. A., & Paredes Lozada, J. G. (2022). *La distribución de espacios en los hogares, como herramienta para la recolección y separación de residuos, en una unidad de estrato 5* [Tesis de especialización, Universidad EAN].

Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/11911>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (Mayo, 2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida*. ISBN: 978-958-5422-45-2

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>

Merchan, A. Alvarez, B. Rozo, L. Rojas, J. (2022). *Formulación de un programa de incentivación para la separación y aprovechamiento de residuos sólidos domésticos partiendo de los factores sociales que afectan dicha labor en la localidad de usme en el barrio valles de cafam*.

<https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/11836/MerchanAndres2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio de Colombia. (2023). *Infografía programa Basura Cero*. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/2024_info_basura_cero_abr3-2.pdf

Reyes, C. J., et al. (2022). *Aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios en hogares mediante la identificación de técnicas de clasificación, en el barrio Mazurén de la Localidad de Suba* [Tesis de especialización, Universidad EAN]. Recuperado de:

<http://hdl.handle.net/10882/11842>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2023). *Informe Nacional de Disposición de Residuos Sólidos 2022*. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-Nacional-de-Disposicion-Final-de-Residuos-Solidos-2022.pdf>

UMNG - Facultad de estudios a distancia (s.f.). *Distribución Chi-cuadrada*. Sitio WEB.

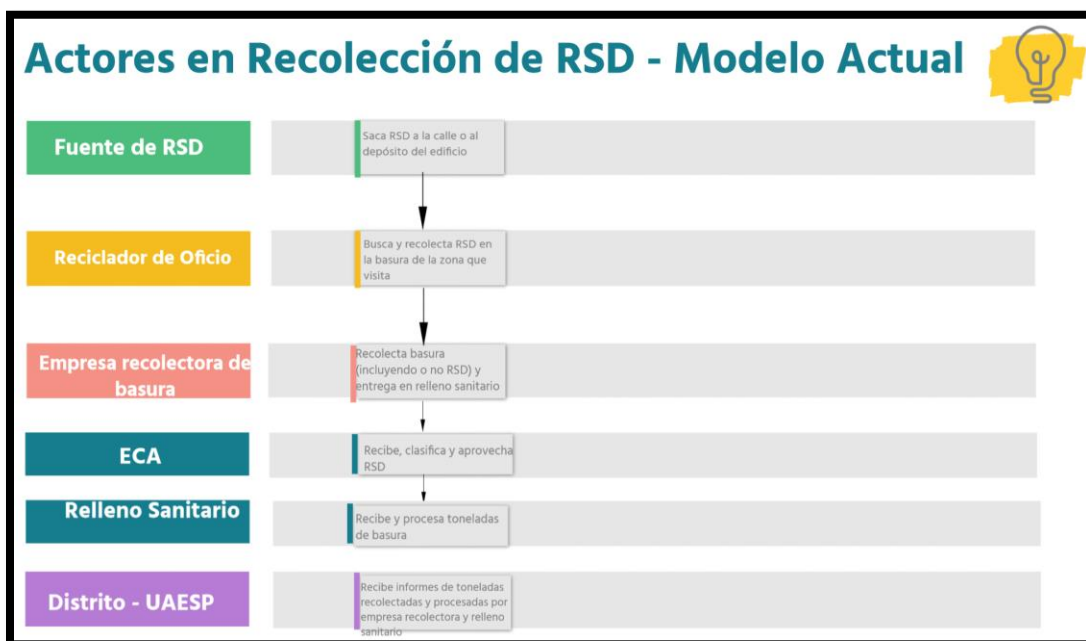
http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/esp_alt_ger/teoria_de_las_decisiones_gerenciales/unidad_2/medios/documentacion/p7h3.php

Yepes. D (2022). *Propuesta de incentivos económicos para fomentar el correcto manejo de los residuos sólidos urbanos en Colombia*.

<https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/11809/YepesDavid2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

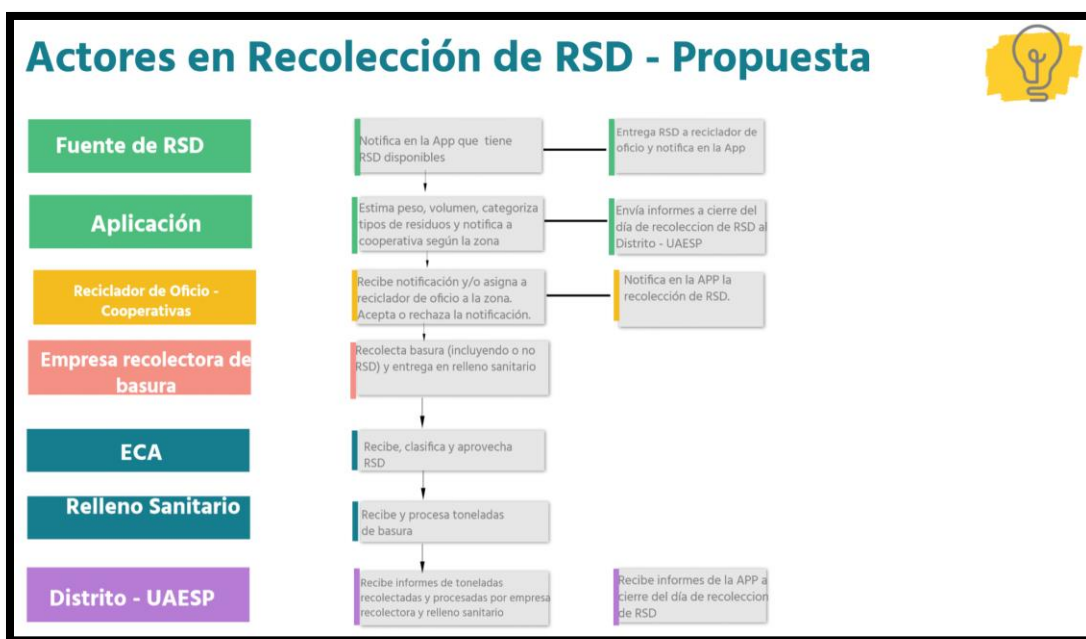
Anexos

- I. Diagrama de Proceso de recolección de RSD en Bogotá. Modelo actual.



Nota: Plantilla tomada de Edit.org

II. Modelo propuesto Involucrando la aplicación digital.



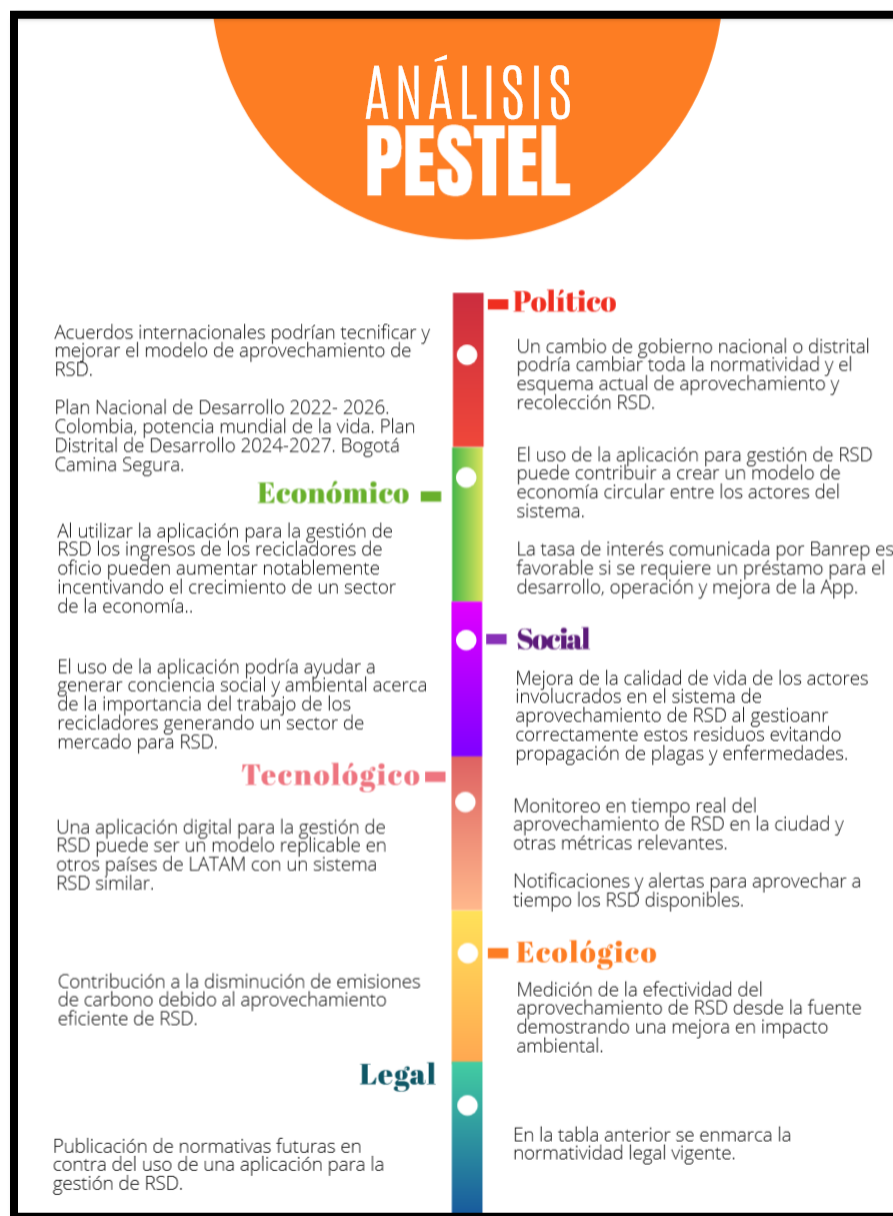
Nota: Plantilla tomada de Edit.org

III. Tabla resumen de normativa vigente en la ciudad de Bogotá para la gestión de RSD.

Normativa	Entidad	Objetivo
-----------	---------	----------

Decreto 456 de 2010	Alcaldía Mayor de Bogotá	Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos
Decreto 2981 de 2013	Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Reglamenta la prestación del servicio público de aseo
Decreto 596 de 2016	Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS
Resolución Nacional 754 de 2014	Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Recolección de residuos aprovechables, el transporte hasta las estaciones de clasificación y aprovechamiento, y su clasificación y pesaje
Decreto 1077 de 2015	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Lineamientos del esquema operativo de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y del régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio
Resolución 276 de 2016	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Código Nacional de Colores
Resolución 2184 de 2019	Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	"Aumentar la separación en la fuente, reciclaje, reutilización y la adecuada disposición final de los residuos de la ciudad" Meta Trazadora No. 34: Lograr un 10% de aprovechamiento de residuos sólidos a 2024
Acuerdo 761, 2020. Art. 9	Concejo de Bogotá	Institucionaliza y reglamenta la Mesa Distrital de Organizaciones de Recicladores de Oficio, inscritas en el Registro Único de Organizaciones de Recicladores – RUOR
Resolución 535 de 2022	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos - UAESP -	Programa Basura Cero
Ley 2294 de 2023	Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026	Actualiza el Registro Único de Recicladores de Oficio - RURO
Resolución 541, 820, 865 y 1070 de 2023	Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos - UAESP -	Programa de disposición final del Documento Técnico de Soporte, del Decreto Distrital 345 de 2020
Decreto 342 de 2023	Alcaldía Mayor de Bogotá	

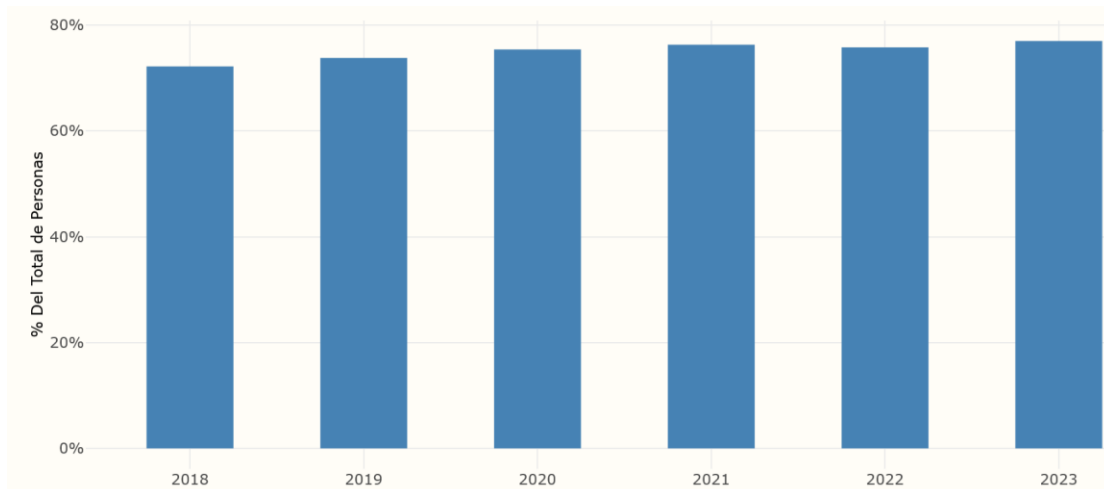
IV. PESTEL (Análisis de entorno)



Nota: Plantilla tomada de Edit.org

V. Gráfico con mediciones acerca de medios de comunicación disponibles.

Al cierre de 2023, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) reportó que un 77% de la población nacional es propietaria de un teléfono móvil, frente a un 77,3% de personas que utilizan internet y un 63,9% de hogares con acceso a internet:

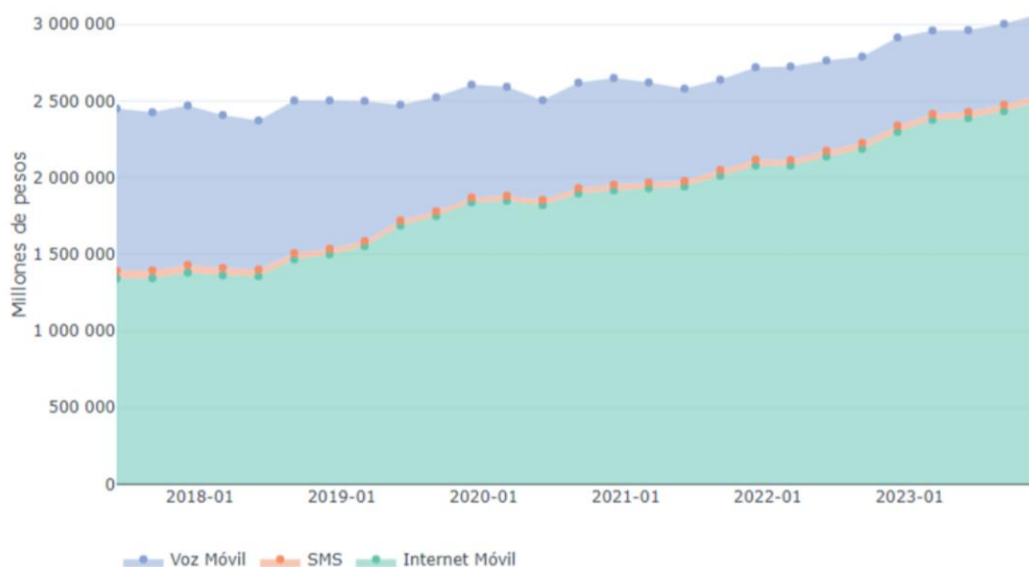


Nota: Adaptado de Porcentaje de personas que son propietarias de un teléfono móvil, de CRC, 2024, fuente: Elaboración CRC a partir de la información de los indicadores básicos de TIC en hogares publicados por el DANE / Resultados de la Encuesta ENTIC Hogares DANE / Encuesta de Calidad de Vida.

Acorde al Dataflash de servicios móviles 2024-003 de la CRC:

En el cuarto trimestre de 2023, los ingresos de Internet móvil alcanzaron los \$2,5 billones y presentaron un incremento del 8,6% frente al mismo trimestre del 2022, los ingresos de voz móvil presentaron una variación negativa de 8% en comparación con el mismo periodo del año anterior, ubicándose en \$528 mil millones y Los ingresos totales del servicio de mensajes cortos de texto2 –SMS– ascendieron a \$42,8 mil millones, al presentar una variación positiva del 2,5% en comparación con el mismo periodo del año 2022 (p.4).

VI. Gráfico con ingresos de datos, voz y SMS en servicios Móviles.



Nota: Adaptado de Ingresos de los servicios móviles, de CRC, 2024, fuente: Sistema Colombia TIC – Información reportada por los proveedores a través de los Formatos T.1.5, T.1.6, T.1.8 y T.5.2 de la Resolución CRC 5050 de 2016.

VII. Matriz de trazabilidad de requerimientos funcionales

La matriz de trazabilidad de requerimientos funcionales es una herramienta esencial en la gestión de proyectos que permite rastrear y asegurar que todos los requerimientos sean cumplidos de manera efectiva. Esta matriz detalla los requerimientos funcionales identificados, su descripción, fuente de información, prioridad, estado, situación actual, grupo responsable y el tiempo estimado de entrega en semanas. Su objetivo es facilitar la planificación, seguimientos y control del progreso del proyecto. Asegurando que cada equipo de trabajo cumpla con sus responsabilidad y tiempos de entrega establecidos.

ID	Requerimiento Funcional	Descripción	Fuente de Información	Prioridad	Estado	Situación del Requerimiento	Responsable	Tiempo de Entrega
RF1	Registro y Clasificación de Residuos	Permitir a los usuarios registrar y clasificar los residuos sólidos generados en sus hogares	Encuesta: 81% clasifica residuos, 68% desea indicaciones sobre como clasificar	Alta	En Progreso	Desarrollo	Equipo de desarrollo	4

ID	Requerimiento Funcional	Descripción	Fuente de Información	Prioridad	Estado	Situación del Requerimiento	Responsable	Tiempo de Entrega
RF2	Recordatorios y Notificaciones	Enviar recordatorios sobre la clasificación de residuos y notificaciones sobre eventos comunitarios y días de recolección	Encuesta: 51% desea recordatorios de clasificación, 72% desea notificaciones de eventos	Media	En Progreso	Desarrollo	Equipo de desarrollo	5
RF3	Información sobre Puntos de Reciclaje	Proveer un mapa interactivo con la ubicación de puntos de reciclaje cercanos y los tipos de materiales aceptados	Encuesta: 50% desea información sobre puntos de reciclaje, 75% conoce puntos de reciclaje cercanos	Alta	Pendiente	Diseño	Equipo de desarrollo	6
RF4	Educación Ambiental	Incluir una sección con contenido educativo sobre prácticas sostenibles y reducción de residuos	Encuesta: 94% desea una sección de educación ambiental	Media	En Progreso	Desarrollo	Equipo de desarrollo	6
RF5	Reporte de Problemas	Permitir a los usuarios reportar problemas relaciones con la recolección de residuos	Encuesta: 89% desea reportar problemas de recolección	Alta	Pendiente	Diseño	Equipo de desarrollo	8
RF6	Intercambio de Materiales Reciclables	Facilitar una plataforma para intercambiar materiales reciclables entre usuarios	Encuesta: 60% desea una funcionalidad para intercambiar materiales reciclables	Baja	Pendiente	Requerimientos	Equipo Gestión del producto	8
RF7	Incentivos y Recompensas	Implementar un sistema de recompensas por reciclar, como descuentos o puntos canjeables	Encuesta: 90% desea incentivos por reciclar	Alta	Pendiente	Requerimientos	Equipo Gestión del producto	10
RF8	Estadísticas y Seguimiento	Proveer estadísticas personalizadas	Encuesta: 28% desea	Media	Pendiente	Diseño	Equipos Ingeniería de Datos	10

ID	Requerimiento Funcional	Descripción	Fuente de Información	Prioridad	Estado	Situación del Requerimiento	Responsable	Tiempo de Entrega
		sobre hábitos de reciclaje y clasificación de residuos	estadísticas de reciclaje					

VIII. Matriz de decisiones para seleccionar la plataforma de desarrollo compatible con requerimientos, medios de comunicación predominantes y comunicación en tiempo real.

La Matriz de Decisiones es una herramienta que ayuda a evaluar y seleccionar la mejor plataforma de desarrollo considerando diversos criterios clave. En este caso, se evaluarán las plataformas basadas en su compatibilidad con los requerimientos del proyecto, los medios de comunicación predominantes y la capacidad de comunicación en tiempo real. Las plataformas evaluadas son: Plataforma Node.js, Plataforma Python, y Plataforma Golang.

Criterio	Ponderación	Node.js	Python	Golang
Compatibilidad con Requerimientos	40%	8	9	7
Medios de Comunicación Predominantes	30%	7	8	6
Comunicación en Tiempo Real	30%	8	7	9
Total		7,7	8,0	7,3

Python obtuvo la puntuación total ponderada más alta (8), seguido por Node.js (7.7) y Golang (7.3). Python es la plataforma que mejor cumple con los criterios evaluados, ofreciendo una excelente compatibilidad con los requerimientos, buenos medios de comunicación predominantes y una adecuada capacidad de comunicación en tiempo real. La selección final debería considerar aspectos adicionales como costos, soporte técnico y preferencias del equipo de desarrollo.

IX. Informe de análisis de encuestas

Introducción:

En el marco del proyecto titulado "Propuesta de Aplicación Digital para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Domésticos (RSD) Previamente Clasificados en la Ciudad de Bogotá", se llevó a cabo una encuesta para comprender las prácticas y percepciones de los habitantes de Bogotá respecto a la gestión y clasificación de residuos sólidos en sus hogares.

El objetivo de la encuesta fue recolectar datos relevantes que permitan el diseño y desarrollo de una aplicación digital que facilite la clasificación y gestión de RSD, promoviendo prácticas sostenibles y mejorando el aprovechamiento de los recursos. La encuesta abordó diversos aspectos, tales como el conocimiento y uso de aplicaciones digitales para la gestión de residuos, la importancia de la clasificación de residuos, y las funcionalidades deseadas en una aplicación.

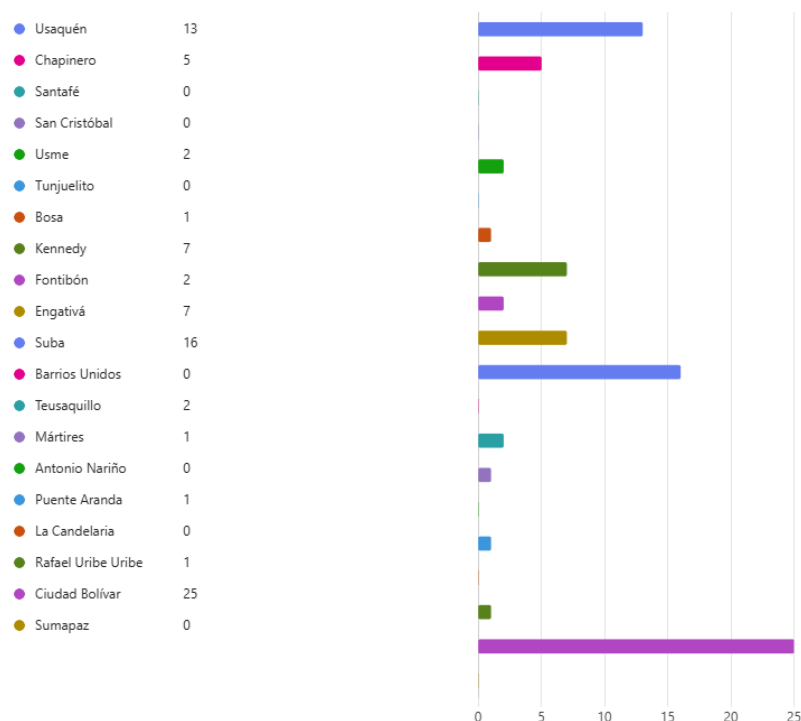
Este reporte presenta los resultados de la encuesta, que obtuvo un total de 83 respuestas, y provee un análisis detallado de las respuestas obtenidas, con el fin de informar y orientar el desarrollo de la aplicación digital propuesta.

Análisis de datos:

La encuesta obtuvo un total de 83 respuestas, de las cuales 28 fueron proporcionadas por hombres y 55 por mujeres. En cuanto a la distribución por grupos de edad, 1 persona tenía menos de 18 años, 11 personas estaban en el rango de 18 a 25 años, 33 personas tenían entre 26 y 35 años, 22 personas estaban en el rango de 35 a 45 años, 4 personas tenían entre 46 y 55 años y 12 personas tenían más de 55 años. Además, de las 20 localidades de Bogotá, se obtuvieron respuestas de 13 localidades.

Figura 5

Distribución de respuestas por localidad de residencia en Bogotá

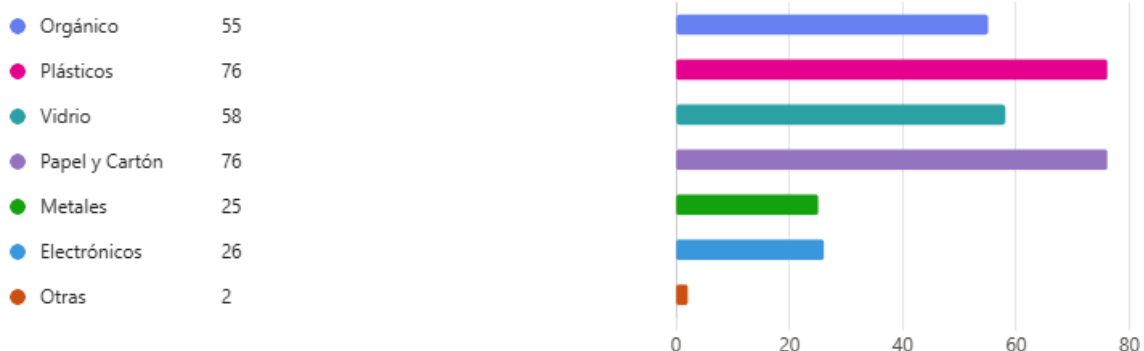


El nivel de educación de los participantes de la encuesta se distribuyó de la siguiente manera: 43% posee educación profesional, 27% cuenta con un postgrado, 13% tiene formación técnica, 14% alcanzó la educación secundaria y 2% completó la educación primaria. El 12% de los encuestados conoce alguna aplicación digital dedicada al manejo de residuos sólidos domésticos, mientras que el 88% no tiene conocimiento de ninguna.

El 81% de los encuestado actualmente clasifica los residuos sólidos en sus hogares, mientras que el 19% no lo hace. En cuanto a la importancia de esta práctica, el 61% considera que es muy importante, el 36% la califica como importante y el 2% la ve como poco importante. Además, se recopiló información sobre los tipos de residuos sólidos que los participantes clasifican en sus hogares, representada en la siguiente ilustración.

Figura 6

Tipos de Residuos Sólidos Clasificados en el Hogar



En cuanto a la cantidad de recipientes o bolsas utilizadas para separar los residuos en casa el 7% de los encuestados usa una bolsa, el 60% utiliza dos bolsas, el 30% emplea tres bolsas y el 2% utiliza más de 3 bolsas. Respecto a los tipos de bolsas utilizadas, teniendo en cuenta que la bolsa negra corresponde a los residuos no aprovechables, la blanca para residuos aprovechables como como el papel, cartón, metal, plástico o vidrio y verde para residuos orgánicos como las cáscaras de frutas o vegetales el 24% usa solo bolsa negra, el 53% emplea tanto bolsa negra como blanca, y el 23% usa bolsa negra, bolsa blanca y bolsa verde para la separación de residuos.

Además, el 28% realiza algún procedimiento de lavado o secado de los residuos aprovechables que produce en su hogar para su separación y reciclaje, el 49% no realiza ninguna de estas prácticas, el 22% solo lava los residuos, pero no los seca y el 1% no sabe o no responde. En relación con el momento en que sacan la basura y el reciclaje, el 60% de los encuestados lo hace el día que pasa el camión de la basura, el 5% los saca antes de salir del trabajo y el 35% lo saca en cualquier momento del día o de la semana.

El 88% de los encuestados está dispuesto a usar una aplicación digital que ayude a clasificar y gestionar los residuos sólidos, mientras que el 12% no lo está. Entre las funcionalidades deseadas, el 51% mencionó recordatorios de clasificación, el 50% información sobre puntos de reciclaje, el 68% indicaciones sobre cómo clasificar correctamente, el 50% recompensas por reciclar, el 28% estadísticas de reciclaje y el 4% otras funcionalidades como la ubicación de puntos azules y de la empresa RecoPILA, videos explicativos o juegos para clasificar correctamente los residuos.

En cuanto a la frecuencia de uso de aplicaciones digitales para la gestión de actividades domésticas, el 9% las utiliza diariamente, el 11% semanalmente, el 5% mensualmente, el 29% raramente y el 29% nunca. Respecto a la facilidad para aprender a usar nuevas aplicaciones, el 38% lo encuentra muy fácil, el 37% fácil, el 5% difícil y el 3% muy difícil.

El 81% de los participantes estaría dispuesto a compartir datos sobre sus hábitos de reciclaje a través de la aplicación, mientras que el 19% no lo haría. Además, al 90% le gustaría que la aplicación ofreciera incentivos por reciclar, como descuentos o puntos canjeables, y al 10% no.

La encuesta revela que el impacto ambiental de los residuos sólidos preocupa mucho al 82% de los participantes, mientras que un 17% se preocupa algo y solo el 1% se preocupa poco. En términos de reciclaje, el 75% conoce los puntos de reciclaje en su barrio o cercanos a su hogar, y el 25% no los conoce. Además, el 72% de los encuestados desea recibir notificaciones sobre eventos comunitarios relacionados con el reciclaje.

El acceso a internet es alto, con un 96% teniendo acceso regular en el hogar o a datos móviles. Para acceder a la aplicación, el 95% usaría un celular móvil, el 2% una tablet y el 2% un computador. La inclusión de una sección de educación ambiental es deseada por el 94%, y el 89% quiere una función para reportar problemas de recolección de residuos.

La importancia de que la aplicación sea gratuita es muy alta para el 69%, importante para el 28%, poco importante para el 2% y nada importante para el 1%. El 60% desearía una funcionalidad para intercambiar materiales reciclables con otras personas. La privacidad de los datos es muy importante para el 80%, importante para el 18%, poco importante para el 1% y nada importante para el 1%. Finalmente, el 95% de los encuestados gustaría recibir consejos para reducir la generación de residuos en sus hogares.

Figura 7

Consejos para reducir residuos en el hogar



Conclusiones

1. La mayoría de los encuestados (82%) muestra una gran preocupación por el impacto ambiental de los residuos sólidos, lo que indica una consciencia significativa sobre la importancia de una adecuada gestión de residuos.
 2. Un alto porcentaje de participantes (75%) está familiarizado con los puntos de reciclaje en su vecindario, lo que sugiere que hay una buena base para implementar y promover prácticas de reciclaje a nivel comunitario.
 3. Con un 96% de los encuestados teniendo acceso regular a internet y un 95% prefiriendo usar un celular móvil para acceder a la aplicación, es evidente que el desarrollo de la aplicación debe estar optimizado para dispositivos móviles.
 4. La mayoría de los encuestados desea funciones en la aplicación que incluyan educación ambiental (94%), notificaciones sobre eventos comunitarios (72%) y consejos para reducir la generación de residuos (95%). Esto subraya la importancia de integrar componentes informativos y de comunicación en la aplicación.
 5. La privacidad de los datos es crucial para el 80% de los encuestados, y el 69% considera muy importante que la aplicación sea gratuita. Estas consideraciones son esenciales para garantizar la aceptación y el uso extendido de la aplicación entre los usuarios.
- X. Tabla resumen de herramientas disponibles para análisis de datos y generación de reportes.

Luego de la implementación y puesta en marcha de la aplicación, se hace necesario determinar el rendimiento e impacto de esta en la generación de reportes a partir del análisis de los datos capturados en la aplicación y las variables seleccionadas.

Variable	Técnica de análisis	Herramienta	Descripción
Satisfacción de usuarios	Análisis estadísticos descriptivos y Visualización de datos	SurveyMonkey, Google Forms, Power BI	SurveyMonkey y Google Forms permiten recoger datos de satisfacción con escalas Likert; Power BI ayuda a crear gráficos para visualizar distribución y tendencia.
Satisfacción de usuarios	Análisis estadísticos descriptivos y Visualización de datos	SurveyMonkey, Google Forms, Power BI	SurveyMonkey y Google Forms permiten recoger datos de satisfacción con escalas Likert; Power BI ayuda a crear gráficos para visualizar distribución y tendencia.
Tasa de participación de interesados	Análisis de tendencias y descriptivo	Excel, Power BI	Excel y Power BI pueden calcular y mostrar cambios en la participación. Estas herramientas permiten observar el cambio en la participación en distintos periodos.
Tasa de separación de residuos	Análisis de proporciones	Excel, R, Python (Pandas)	Excel es útil para cálculos rápidos de proporciones, mientras que R y Python permiten análisis estadísticos más complejos.
	Comparación entre grupos	Power BI	Permite comparar tasas de separación entre distintos segmentos de usuarios (por ejemplo, quienes usan la app vs. quienes no).
Satisfacción y tasas de participación y separación	Prueba estadística Chi-cuadrado	R, Python (SciPy, Statsmodels)	R y Python son herramientas clave para realizar pruebas Chi-cuadrado, necesarias para evaluar asociaciones entre variables categóricas.
General (para todas las variables)	Generación de reportes y dashboards interactivos	Power BI	Creación de reportes automáticos y dashboards que combinan todas las métricas, con opciones de filtrado y personalización.
Análisis PESTEL	Análisis de entorno externo	Miro, Lucidchart	Herramientas como Miro y Lucidchart facilitan la visualización de factores PESTEL en mapas mentales o gráficos colaborativos.
Recopilación y organización de datos	Gestión de datos	Excel, Google Sheets	Excel y Google Sheets permiten almacenar y organizar datos

Dado que no es recomendable por variables de tiempo, costo y curva de aprendizaje, el uso de múltiples herramientas para un mismo propósito, se realizó una matriz de decisión para seleccionar las herramientas que mejor se adapten a la propuesta planteada. Dada la matriz se determina que las herramientas más convenientes para el análisis de datos posterior a la implementación de la propuesta son *Power BI* y *Google Analytics*:

Herramienta	Costo	Facilidad de uso	Capacidad de análisis	Visualización de datos	Compatibilidad con otras herramientas	Puntaje total
Power BI	3	5	4	5	4	21
Excel	3	5	3	3	4	18
Tableau	2	3	4	5	4	18
SurveyMonkey	3	5	3	3	3	17
R (para análisis)	4	2	5	3	4	18
Python (Pandas)	4	3	5	3	4	19
Google Analytics	5	4	4	4	5	22
Lucidchart (PESTEL)	3	5	2	4	3	17
SPSS	3	3	5	4	4	19

XI. Tabla de KPIs para desarrollo de dashboard.

Es importante definir de igual manera los KPIs que determinan el rendimiento de la solución propuesta, y poder visualizarlos por medio de un dashboard. Para lo cual se propone la siguiente tabla de KPIs.

KPI	Descripción	Unidad de Medida	Frecuencia de Monitoreo	Objetivo
Nivel de satisfacción de usuarios	Mide la satisfacción de los usuarios con la aplicación, basada en encuestas de escala Likert.	Media de respuestas en escala Likert (1-5)	Mensual	>4 (Satisfecho o muy satisfecho)
Tasa de participación de interesados	Porcentaje de interesados que utilizan la aplicación respecto al total de invitados.	(Usuarios activos / Total de interesados) * 100	Trimestral	60% de participación

KPI	Descripción	Unidad de Medida	Frecuencia de Monitoreo	Objetivo
Tasa de separación de residuos	Proporción de residuos domésticos separados adecuadamente para reciclaje.	(Cantidad de residuos separados / Total de residuos generados) * 100	Mensual	70% de separación
Tasa de reciclaje	Porcentaje de residuos recolectados que fueron reciclados de forma efectiva.	(Cantidad de residuos reciclados / Total de residuos recolectados) * 100	Mensual	50% de residuos reciclados
Frecuencia de interacción con la aplicación	Mide la frecuencia con la que los usuarios interactúan con la aplicación.	Número de sesiones por usuario	Semanal	2 interacciones por usuario a la semana
Cantidad de residuos recolectados	Total de residuos recolectados en kilogramos, desglosado por tipo de residuo.	Kilogramos de residuos recolectados (por tipo)	Mensual	Incremento mensual del 5%
Índice de resolución de consultas	Porcentaje de consultas o quejas de usuarios resueltas en un tiempo determinado.	(Consultas resueltas / Total de consultas) * 100	Mensual	90% de resolución en 48 horas
Nuevos usuarios registrados	Número de nuevos usuarios que se registran en la aplicación en un periodo.	Conteo de nuevos registros	Mensual	Crecimiento de 10% mensual
Retención de usuarios	Porcentaje de usuarios que continúan utilizando la aplicación tras un periodo específico.	(Usuarios recurrentes / Usuarios totales iniciales) * 100	Trimestral	Retención del 75%
Tasa de reciclaje por tipo de residuo	Proporción de cada tipo de residuo reciclado frente al total de ese tipo recolectado.	(Residuos tipo X reciclados / Total residuos tipo X recolectados) * 100	Mensual	Mejorar tasa de reciclaje por tipo de residuo

Estos KPIs ayudan a monitorear si la aplicación cumple sus objetivos, como aumentar la participación, mejorar la satisfacción de usuarios, y maximizar la tasa de aprovechamiento de RSD, se propone una visualización por medio de gráficos de barras para comparar tasas de participación, reciclaje y satisfacción. Y gráficos de líneas para monitorear tendencias en la retención de usuarios y la frecuencia de interacción.

XII. Lista de Chequeo de variables a visualizar en reportes.

Las variables para visualizar dentro de los reportes deben ser derivadas de los KPIs, por lo que se propone la visualización de cada uno de los KPIs, por medio de la visualización de gráficos en barras y gráficos de líneas como se mencionó anteriormente.

Variable	Descripción	Visualización sugerida
Satisfacción de usuarios	Nivel de satisfacción medido por una escala Likert de 1 a 5.	Gráfico de barras o columnas para distribución, media y tendencia
Tasa de participación de interesados	Porcentaje de interesados activos que usan la aplicación frente al total de interesados invitados.	Gráfico de líneas o de barras para ver la tendencia en el tiempo
Frecuencia de interacción	Cantidad de interacciones semanales por usuario con la aplicación.	Histograma o gráfico de barras
Tasa de separación de residuos	Proporción de residuos separados adecuadamente frente al total de residuos generados.	Gráfico de pie para la proporción o gráfico de barras
Tasa de reciclaje	Porcentaje de residuos recolectados que se reciclan efectivamente.	Gráfico de líneas para evolución o gráfico de columnas para comparación
Cantidad de residuos recolectados	Total de residuos recolectados (en kg) por tipo de residuo.	Gráfico de barras o columnas, segmentado por tipo de residuo
Nuevos usuarios registrados	Número de nuevos usuarios que se registran en la aplicación.	Gráfico de líneas para visualizar crecimiento temporal
Retención de usuarios	Porcentaje de usuarios recurrentes frente a los usuarios totales iniciales.	Gráfico de líneas o barras comparativas
Índice de resolución de consultas	Porcentaje de consultas o quejas resueltas en el tiempo estipulado (por ejemplo, 48 horas).	Indicador numérico o gráfico de barras
Tasa de reciclaje por tipo de residuo	Porcentaje de reciclaje por cada tipo de residuo frente al total recolectado de ese tipo.	Gráfico de barras o de columnas comparativo
Tiempo medio de interacción	Promedio de tiempo que los usuarios pasan en la aplicación por sesión.	Indicador o gráfico de barras
Cantidad de residuos no reciclables	Total de residuos recolectados que no son reciclables.	Gráfico de barras o columnas
Uso de la aplicación por zona geográfica	Distribución de usuarios activos según localización en Bogotá.	Mapa interactivo o gráfico de barras por zonas

XIII. Estilos de Diseño para presentación de reportes.

Después de definir los KPIs y la forma de visualización que se les va a dar a estos datos dada su naturaleza, se pueden ofrecer dos tipos de reportes que den visibilidad y soporte a los resultados. El primero de ellos un reporte interactivo por medio de herramientas digitales que permitan su integración en la aplicación, es decir un reporte digital con paneles desplegable que muestren los datos, filtros de búsqueda y resumen general a partir de todos los datos y KPIs capturados por medio de la aplicación.

El segundo es un reporte ejecutivo con su estructura definida (Portada, Resumen ejecutivo, KPIs, análisis y conclusiones) que alimente su contenido a partir de los datos e indicadores de la gestión de residuos sólidos domésticos, como tasa de reciclaje, tasa de residuos recolectados, entre otros. Este informe puede servir como soporte al impacto generado por la solución propuesta ante entes gubernamentales o el distrito.

- XIV. Matriz de decisiones para seleccionar tecnología compatible con los medios de comunicación de los que disponen los actores interesados y los demás componentes técnicos que integran la aplicación digital.

La Matriz de Decisiones es una herramienta que ayuda a evaluar y seleccionar la mejor tecnología de desarrollo considerando diversos criterios clave. En este caso, se evaluarán las tecnologías basadas en su compatibilidad con los medios de comunicación disponibles para los actores interesados y su integración con los demás componentes técnicos de la aplicación digital. Las tecnologías evaluadas son: **Node.js, Python, y Golang**.

Criterio	Ponderación	Node.js	Python	Golang
Compatibilidad con Medios de Comunicación (Actores Interesados)	30%	8	9	7
Integración con Componentes Técnicos	30%	8	8	7
Rendimiento y Escalabilidad	20%	7	8	9
Facilidad de Uso y Adopción	20%	8	9	6

Total	7,8	8,5	7,3
--------------	------------	------------	------------

Python obtuvo la puntuación total ponderada más alta (8.5), seguido de **Node.js** (7.8) y **Golang** (7.3). Python es la tecnología que mejor cumple con los criterios evaluados, ofreciendo una excelente compatibilidad con los medios de comunicación de los actores interesados, buena integración con componentes técnicos, rendimiento y escalabilidad adecuados, y facilidad de uso y adopción. La selección final debería considerar aspectos adicionales como costos, soporte técnico y preferencias del equipo de desarrollo.

XV. Tabla resumen de tecnología disponible para integración del módulo de alertas y notificaciones en tiempo real.

A continuación, se presenta una tabla resumen de las tecnologías disponibles para la integración del módulo de alertas y notificaciones en tiempo real. Estas tecnologías se evalúan en función de criterios clave como la facilidad de integración, la capacidad de manejo de cargas en tiempo real, la compatibilidad con los sistemas existentes y el soporte técnico disponible.

Tecnología	Facilidad de Integración	Manejo de Cargas en Tiempo Real	Compatibilidad con Sistemas Existentes	Soporte Técnico	Puntuación Total
Node.js	9/10	8/10	9/10	8/10	34/40
Python	8/10	7/10	9/10	9/10	33/40
Golang	7/10	9/10	8/10	7/10	31/40
Firebase	9/10	9/10	8/10	9/10	35/40
Redis	8/10	9/10	8/10	8/10	33/40

XVI. Cuadro comparativo del sistema de gestión de RSD en Bogotá antes y después de la propuesta de aplicación digital.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo del sistema de gestión de Residuos Sólidos Domésticos (RSD) en Bogotá antes de la propuesta de aplicación digital, el comparativo después de no se realiza pues se está trabajando con una propuesta más no una implementación. El cuadro analiza diversos aspectos clave del sistema, destacando las mejoras esperadas con la implementación de la nueva aplicación digital.

Aspecto	Antes de la Propuesta de Aplicación Digital	Después de la Propuesta de Aplicación Digital
Comunicación con Ciudadanos	Limitada, principalmente a través de medios tradicionales como radio, televisión, y avisos públicos o en la web	
Monitoreo y Seguimiento	Manual y esporádico, con registros en papel y sistemas no integrados	
Reportes y Análisis de Datos	Infrecuentes y basados en datos manuales, lo que provoca errores y falta de precisión	
Interacción con Personal de Recolección	Comunicación limitada y no centralizada, lo que genera ineficiencias	Pendiente al Desarrollo e implementación
Conciencia y Educación Ambiental	Campañas educativas esporádicas y no personalizadas	
Gestión de Incidencias	Lenta, con tiempos de respuesta prolongados debido a la falta de sistemas integrados	
Transparencia y Rendición de Cuentas	Limitada, con poca visibilidad del estado y progreso de la gestión de residuos	
Participación Ciudadana	Baja, con pocos canales para la participación activa de los ciudadanos	

La implementación de la propuesta de aplicación digital para la gestión de RSD en Bogotá promete una mejora significativa en diversos aspectos del sistema actual. La comunicación en tiempo real, el monitoreo automatizado, los reportes precisos y la participación ciudadana son algunos de los beneficios clave que se esperan con esta transformación digital. Esto no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también aumentará la transparencia y la conciencia ambiental entre los ciudadanos de Bogotá.