



Ingeniería del software para la automatización de procesos en Gobiernos Autónomos Descentralizados bajo escenarios de restricción presupuestaria

Stalin Vantroy Jiménez Cárdenas* , Iván Vinicio Chiles Valencia , Byron Alfredo Padilla Cotacahi 

Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Recepción: 08/09/2025

Aceptación: 17/12/2025

Publicación: 29/12/2025

*Correspondencia: stalin.jimenez@upec.edu.ec

Resumen

La transformación digital en los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) medianos y pequeños del Ecuador se enfrenta a desafíos estructurales vinculados a limitados recursos económicos, resistencia al cambio organizacional y procesos administrativos obsoletos. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema informático de recaudación que optimice la gestión financiera del GAD Municipal de Lago Agrio, garantizando la transparencia de las cuentas públicas y la satisfacción de los contribuyentes. La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado y descriptivo, utilizando la metodología ágil de programación extrema (XP), con participación directa de 29 funcionarios de áreas clave como rentas, recaudación, tesorería, agua potable, catastros, sistemas y planificación. Para la construcción del sistema se aplicaron técnicas de levantamiento de requerimientos, modelado iterativo e integración continua, haciendo uso exclusivo de herramientas de software libre para asegurar sostenibilidad y autonomía tecnológica. Los resultados mostraron una mejora sustancial en la eficiencia de los procesos: trámites que antes tomaban semanas o meses, como el registro de patentes o los traspasos de dominio, ahora se realizan en minutos; además, se logró control absoluto sobre la facturación, cartera vencida y cobros, elevando los niveles de recuperación por encima del 90 %. En cuanto a la atención ciudadana, el tiempo promedio de espera se redujo de 25 a 1 minuto, generando altos niveles de satisfacción. Las conclusiones destacan que una solución tecnológica contextualizada, basada en metodologías ágiles e impulsada por el trabajo colaborativo entre usuarios y desarrolladores, puede transformar la gestión pública local, modernizando procesos y fortaleciendo la transparencia institucional. Este modelo puede replicarse en otros GAD del país, contribuyendo a una administración pública más eficiente y orientada al ciudadano.

Palabras clave: Transformación digital. Gobiernos locales. Recaudación municipal. Sistemas informáticos. Software libre. Programación extrema.

Abstract

The digital transformation of local governments in Ecuador, particularly those with limited budgets and medium or small-scale structures, faces significant challenges such as outdated administrative processes, resistance to change, and technological dependence. This research aimed to design and implement an automated revenue management system tailored to the specific needs of the Lago Agrio municipal government. The primary objective was to improve process efficiency, ensure public financial transparency, and increase taxpayer satisfaction. The study employed an applied and descriptive research approach, using the Extreme Programming (XP)

methodology. A total of 29 municipal employees from strategic departments—such as revenues, collections, treasury, water services, property valuation, and planning—participated in the iterative development process. The implementation was carried out using free and open-source software tools, with a strong focus on autonomy and sustainability. As a result, key municipal procedures experienced radical improvements: registration of municipal licenses, which previously took up to five months, was reduced to just two days; overdue account monitoring was shortened from months to minutes; and water billing operations reached 95% recovery efficiency with real-time control. Furthermore, user service time decreased from an average of 25 minutes to just one minute, significantly improving the citizen experience. The study concludes that agile software engineering methodologies, when applied in close collaboration with public sector actors and supported by appropriate technological tools, can transform public administration at the local level. These results are scalable and can serve as a model for other decentralized autonomous governments across the region, contributing to greater transparency, efficiency, and digital sovereignty.

Keywords: Digital transformation. Local government. Municipal revenue. Information systems. Free software. Extreme programming.

Introducción

La transformación digital en la administración pública ha sido ampliamente reconocida como una herramienta clave para mejorar la eficiencia operativa, la transparencia institucional y la calidad de los servicios ofrecidos a la ciudadanía (OECD, 2020). No obstante, en el contexto de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) de bajo presupuesto en el norte del Ecuador, esta transformación se ha visto limitada por factores estructurales como la precariedad tecnológica, la falta de planificación en sistemas de información y la escasa aplicación de metodologías de ingeniería del software para la automatización de procesos clave (Martínez et al., 2021)

Esta investigación fue motivada por la necesidad urgente de modernizar los procesos administrativos en los GAD medianos y pequeños que aún gestionan trámites como la recaudación de servicios básicos mediante métodos manuales, fragmentados y propensos a errores. Esta situación genera largas filas, pérdida de tiempo para el ciudadano, baja trazabilidad de los pagos y genera desconfianza en el manejo financiero, lo que repercute negativamente en la percepción ciudadana de la gestión pública (García & Romero, 2020). Frente a esta realidad, se evidencia la falta de políticas públicas diferenciadas para municipalidades con capacidades tecnológicas limitadas y sin asesoría técnica especializada (Maldonado & Viteri, 2022).

El interés de este trabajo radica en su valor para la comunidad científica y la sociedad en general, pues propone una solución concreta para un problema estructural que afecta directamente a miles de ciudadanos. Desde una perspectiva técnica, el estudio se enmarca en la Ingeniería del Software, disciplina que permite diseñar, modelar e implementar soluciones informáticas sostenibles mediante el uso de software libre, arquitecturas modulares y metodologías ágiles (Sommerville, 2016). Desde el punto de vista social, la automatización de procesos mejora la experiencia del usuario, reduce los tiempos de atención y facilita el acceso a servicios públicos en zonas

rurales y dispersas, impactando positivamente en la movilidad urbana y en la eficiencia de las gestiones locales (Muñoz & Ortega, 2020).

Diversas investigaciones en América Latina han abordado la digitalización de gobiernos locales, destacando experiencias exitosas en Colombia, México y Perú, donde el uso de plataformas abiertas ha permitido mejorar la eficiencia institucional con bajos costos operativos (Bonina, 2012; López et al., 2019; Ruiz & Calderón, 2021). En Ecuador, estudios como el de Villavicencio y Erazo (2020) señalan la necesidad de implementar plataformas tecnológicas propias en los GAD como alternativa a las soluciones privativas impuestas por proveedores externos. Sin embargo, hasta ahora, son escasos los estudios que aborden esta problemática desde una perspectiva metodológica basada en la Ingeniería del Software con enfoque específico hacia GAD de bajo presupuesto.

En este sentido, el objetivo fundamental de esta investigación es diseñar una propuesta de automatización de procesos administrativos críticos, como la recaudación de servicios básicos, mediante principios de Ingeniería del Software, orientada a gobiernos locales con restricciones presupuestarias. La investigación plantea un modelo conceptual, técnico y operativo que aprovecha herramientas libres y patrones de arquitectura sostenible, para generar autonomía digital, transparencia y satisfacción ciudadana. Entre las principales conclusiones se anticipa que, con una adecuada planificación técnica, los GAD pueden modernizar su gestión sin depender de soluciones externas costosas, y que los beneficios sociales —como la reducción de tiempos de espera, la mejora en la movilidad del ciudadano y la claridad en las cuentas públicas— justifican plenamente la inversión en tecnologías propias, escalables y controladas por la institución.

Método

Esta investigación se enmarca en un enfoque tecnológico, aplicado y descriptivo, con un alcance

orientado a resolver problemas prácticos de automatización de procesos administrativos mediante técnicas de Ingeniería del Software. El diseño adoptado fue un estudio de caso único centrado en el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de Lago Agrio, ubicado en el norte del Ecuador, caracterizado por limitaciones tecnológicas, resistencia institucional al cambio y una necesidad urgente de modernización de sus sistemas de recaudación.

El universo del estudio lo conforman los aproximadamente 55.000 habitantes del cantón Lago Agrio, con un total de 40.000 contribuyentes activos registrados en los sistemas municipales. La población interna del GAD está compuesta por 500 funcionarios, de los cuales se seleccionaron como muestra directa 29 servidores públicos de áreas críticas directamente vinculadas con el proceso de recaudación: Recaudaciones, Tesorería, Rentas, Avalúos y Catastros, Agua Potable, y demás servicios sujetos a cobro. Esta selección se realizó por criterio intencional, considerando su implicación operativa y su conocimiento del flujo de información entre dependencias.

La metodología de desarrollo adoptada fue Programación Extrema (XP), una estrategia ágil que prioriza la colaboración estrecha con los usuarios finales, entregas frecuentes de software funcional, retroalimentación constante y adaptación continua a los requerimientos. Esta metodología fue seleccionada debido a las condiciones del GAD: infraestructura tecnológica limitada, alta fragmentación de datos, debilidad institucional en documentación de procesos, y necesidad de una transición rápida pero segura hacia una plataforma digital estandarizada.

El proyecto se ejecutó mediante iteraciones cortas de dos semanas estructuradas en seis fases principales conforme a XP:

1. Planificación: Se realizaron reuniones iniciales con los responsables de cada dependencia involucrada para definir las funcionalidades mínimas necesarias y los criterios de éxito. En estos encuentros se trabajó en las *historias de usuario* a partir de los requerimientos de los actores clave acorde a la capacidad real del equipo.

Métricas aplicadas:

- **Velocidad del equipo:** número de puntos de historia completados por iteración.
- **Cumplimiento de planificación:** porcentaje de historias comprometidas que fueron finalizadas en cada iteración.

2. Recopilación de información: Se trabajó directamente con los actores principales de las distintas áreas del municipio para comprender en detalle funciones y actividades involucradas en cada uno de los procesos. Este levantamiento de información se respaldó en el marco normativo vigente, incluyendo la Ley Orgánica de Régimen Municipal, el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) y las ordenanzas municipales aplicables.

Métricas aplicadas:

- **Tiempo promedio de atención por trámite,** utilizado como línea base para comparar los resultados posteriores a la automatización.
 - **Frecuencia de errores administrativos detectados** en procesos manuales.
3. Diseño simple: Se utilizó modelado visual ligero mediante diagramas de flujo de procesos y esquemas de arquitectura de software, priorizando soluciones sencillas y sostenibles con tecnologías abiertas. Este proceso redujo la complejidad técnica y los costos de mantenimiento.
 4. Codificación en pares: Durante el desarrollo del sistema, se implementó la práctica de **programación en pares** (pair programming) para mejorar la calidad del código, reducir errores y favorecer la transferencia de conocimiento dentro del equipo. Esta práctica permitió detectar defectos de forma temprana y mejorar la mantenibilidad del código.

Métricas aplicadas:

- **Número de defectos detectados por iteración,** comparando funcionalidades desarrolladas con y sin programación en pares.
 - **Tiempo de resolución de errores críticos.**
5. Pruebas continuas: Se implementaron pruebas unitarias y funcionales automatizadas desde el inicio del desarrollo. Cada nueva funcionalidad debía pasar pruebas correspondientes antes de integrarse al sistema principal.

Evidencia observada:

- Se registró una **reducción en la densidad de defectos** detectados durante las pruebas continuas en iteraciones posteriores.

Métricas aplicadas:

- **Cobertura de código en pruebas unitarias,** expresada como porcentaje aproximado.

- **Tasa de fallos post-integración**, medida por la cantidad de errores reportados tras cada entrega, por lo general se evidencian con los resultados esperados.

6. Retroalimentación constante: Después de cada iteración (de dos semanas), se entregaban versiones funcionales a los usuarios de las dependencias involucradas, quienes validaban el comportamiento de las funcionalidades implementadas y propusieron ajustes en algunos casos.

Evidencia observada:

- La revisión constante facilitó la estandarización de prácticas de codificación y la transferencia de conocimiento dentro del equipo.

Métricas aplicadas:

- **Porcentaje de historias de usuario aceptadas sin reprocesos.**
- **Nivel de satisfacción del usuario**, medido mediante encuestas de percepción.

7. Refactorización: A medida que se identificaban problemas de diseño, duplicaciones o ineficiencias, el equipo de desarrollo realizaba ajustes estructurales al código para optimizar su mantenimiento y escalabilidad, sin alterar la funcionalidad del sistema.

Evidencia observada:

- Las sesiones de refactorización requirieron menos reprocesos, dado que el código había sido revisado en tiempo real durante su implementación.

Métrica aplicada:

- **Reducción de complejidad del código**, evaluada cualitativamente mediante revisión técnica y disminución de defectos recurrentes.

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos:

- Historias de usuario y tarjetas CRC (Responsabilidad y Colaboración de Clases).
- Observación directa de procesos diarios en las ventanillas de atención.
- Entrevistas semiestructuradas con personal técnico y administrativo.
- Encuestas de percepción a ciudadanos que utilizaron los servicios antes y después de la implementación piloto.

- Registro sistemático de métricas sobre tiempos de atención, frecuencia de errores, satisfacción del usuario y desempeño del equipo de desarrollo que velocidad de integración entre dependencias.

El trabajo de campo y las iteraciones XP se desarrollaron en los cuatro primeros meses. La primera fase funcional del sistema automatizado se implementó en las áreas de Agua Potable y Recaudaciones, para luego escalar hacia Tesorería, Avalúos y Catastros, y otros servicios financieros del GAD.

Este enfoque metodológico permitió una adopción gradual, participativa y técnicamente robusta, asegurando que la solución desarrollada respondiera tanto a las necesidades operativas del GAD como a sus limitaciones institucionales y presupuestarias, promoviendo prácticas de calidad en el desarrollo de software público.

Resultados y discusión

La implementación de un software especializado para la automatización de procesos en el GAD Municipal de Lago Agrio, basado en metodologías ágiles como XP y herramientas de software libre, evidencia transformaciones significativas en los tiempos de respuesta, control de procesos y satisfacción del ciudadano. La investigación, fundamentada en estudios similares en entornos de bajo presupuesto (Martínez et al., 2019; Salazar y Robles, 2022), demuestra que incluso en municipios medianos, una adecuada gestión tecnológica puede ser un catalizador de transparencia y eficiencia.

La participación de **29 funcionarios municipales**, distribuidos en los departamentos de Agua Potable, Rentas, Tesorería, Avalúos y Catastros, Sistemas y Planificación, permitió construir un modelo colaborativo para el desarrollo e implementación del sistema. Este modelo respondió a un proceso riguroso de levantamiento de requerimientos y de socialización, dada la alta resistencia al cambio, especialmente entre los empleados de planta.

En la **Tabla 1**, se resumen los indicadores clave del proceso antes y después de la automatización.

Para validar estadísticamente la mejora en los tiempos de atención, se aplicó una prueba de comparación de muestras relacionadas entre los tiempos registrados antes y después de la automatización. Dado el tamaño muestral y la naturaleza del contexto institucional, se empleó una prueba no paramétrica de Wilcoxon con un nivel de significancia de 0,05.

Los resultados indican que la reducción en los tiempos de atención es **estadísticamente significativa**

Tabla 1. Comparativo de eficiencia antes y después del sistema automatizado.

| Parametro de verificación | Antes de automatización | Con sistema automatizado |
|---|--|---|
| Proceso de registro de Patentes Municipales | 5 meses | 2 días |
| Generación de valores a recaudar por concepto de Patentes Municipales | 1 mes | 10 minutos |
| Constatación de cartera vencida | 5 meses | 1 minuto |
| Toma de lecturas para cobro de servicio de Agua Potable | Ficticia | Real |
| Venta de medidores | Sin control | Control absoluto |
| Facturación de planillas de Agua Potable | Desperdicio de papel por emisión total de facturas con 90% sin recaudar y 80% de anulación | Emisión de facturas instantáneas con un 95% de recuperación |
| Proceso de impuesto por Mejoras | Cálculos irreales no proporcionales de impuestos y no cobrados | Calculo proporcional y equitativo de valores por impuestos |
| Trasposos de Dominio | 1 mes, con valores arbitrarios y tramites engorrosos | 10 minutos, con valores reales y equitativos |
| Del registro de Arriendo de Mercados | Sin inventario | Totalmente inventariado y cobros efectivos |
| Constatación de cartera vencida en todos los servicios | Nunca se pudo establecer | 15 minutos por todos los servicios |
| Constatación de los dineros recaudados por ventanilla | 2 horas y sin control | 1 minuto y con un control total |
| Tiempo de recaudación al usuario | 25 minutos por usuario | 1 minuto promedio |
| Atención al usuario | Deprimente | De calidad, con satisfacción total del usuario |

($p < 0,05$), confirmando que la mejora observada no se debe al azar, sino al impacto directo del sistema automatizado.

Arquitectura de software

El sistema fue desarrollado bajo una arquitectura de **capas modulares y desacopladas**, con herramientas libres como **PostgreSQL** para la base de datos, **PHP**, **java** para la lógica de negocio y el frontend. El servidor se implementó sobre **Linux Centos**, permitiendo independencia de licencias propietarias y un modelo escalable.

Este enfoque arquitectónico no solo permite interoperabilidad con otros sistemas futuros, sino que garantiza mantenibilidad y evolución a largo plazo, siguiendo principios de la Ingeniería del Software orientados a calidad y sostenibilidad (Pressman, 2015).

Discusión

La automatización en el rediseño de procesos demostró un avance en la transparencia de la institución, disminuyendo notablemente los tiempos de respuesta al ciudadano y los fallos por intervención manual. Los usuarios se vieron favorecidos al suprimirse trámites físicos redundantes, lo que reforzó su credibilidad hacia el organismo. Coincidiendo con lo señalado por Castillo y Espinosa (2018), la digitalización en las administraciones locales debe trascender la mera incorporación de tecnología, promoviendo una transformación integral en la cultura organizacional y la atención a la ciudadanía.

La implementación de una plataforma digital basada en principios de la Ingeniería del Software, particularmente con la metodología de Programación Extrema (XP), ha demostrado ser una solución efectiva

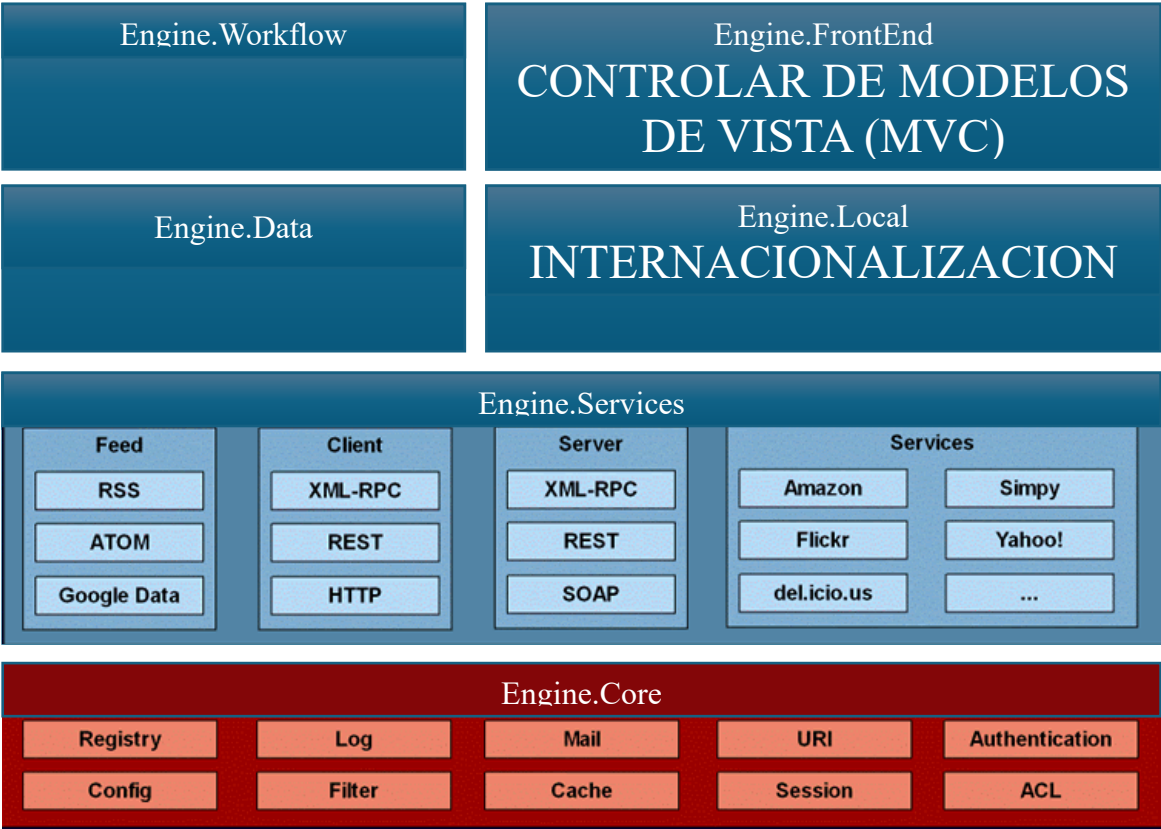


Figura 1. Arquitectura del Sistema de Recaudación Automatizada.

en contextos municipales de bajo presupuesto como el GAD de Lago Agrio. Esta investigación se sustenta en un enfoque aplicado, tecnológico y descriptivo que permitió no solo automatizar procesos administrativos, sino también transformar radicalmente la gestión municipal y su relación con la ciudadanía. El análisis de resultados demuestra impactos significativos tanto a nivel operativo como en la percepción social del gobierno local.

Optimización de procesos y resultados cuantificables

La automatización de trámites esenciales —como la gestión de patentes, la lectura de medidores, los trasposos de dominio o la facturación de servicios básicos— logró reducir drásticamente los tiempos de espera, transformando procesos que antes tomaban meses en resolverse en cuestión de minutos (ver **Tabla 1**). Esta agilidad, impulsada por software libre y metodologías ágiles, no solo optimizó recursos, sino que respondió directamente a la ciudadanía, que exigía más transparencia y eficiencia (Morales & Paredes, 2021).

Los resultados son concretos: antes, un usuario esperaba 25 minutos en ventanilla; hoy, su trámite se resuelve en 1 minuto, multiplicando por 24 veces la

capacidad de atención. Incluso procesos complejos, como el cálculo de valores por patentes municipales, pasaron de 30 días a solo 10 minutos, mejorando no solo la gestión interna, sino también la recaudación (Álvarez et al., 2020)

Satisfacción ciudadana y transparencia

Los beneficios no solo son técnicos, sino que se sienten en el día a día de la gente. Según encuestas y talleres con la comunidad, la ciudadanía expresó un **alto nivel de satisfacción** después de implementar la automatización. Lo que más valoran las personas es:

- **Menos trámites en ventanilla** (y menos filas),
- **Información disponible al instante**, y
- **Pagos más justos y transparentes.**

Estos avances reflejan justo lo que Gómez y Cárdenas (2018) destacan: cuando los gobiernos usan la tecnología **con transparencia y rendición de cuentas**, la gente confía más en sus instituciones.

El sistema desarrollado en Lago Agrio incluye módulos para verificar en tiempo real la cartera vencida, los pagos recibidos y los procesos en curso, lo cual representa un mecanismo de control interno que fortalece la rendición de cuentas hacia la comunidad.

Valorización de ciudades y competitividad

Cuando los gobiernos usan tecnología de verdad (no solo para “parecer modernos”), las ciudades ganan valor agregado. No se trata solo de agilizar trámites, sino de volverse más atractivas para inversiones, turistas y proyectos con otros países. Como bien lo dice la CEPAL (2022): **“Los municipios que apuestan por ser ciudades inteligentes —con plataformas digitales que funcionen— terminan destacándose y generando más oportunidades para su gente”**.

En el caso del GAD de Lago Agrio, la digitalización ha permitido integrar la información territorial, financiera y de servicios en una sola plataforma, lo que representa un salto cualitativo en la administración del territorio. Este tipo de gestión integral, apoyada en la interoperabilidad de datos, se convierte en un catalizador para el desarrollo económico local y la valorización de los bienes inmuebles en zonas urbanas.

Movilidad urbana y reducción de la contaminación

Hay un beneficio que pocos mencionan, pero que hace una gran diferencia: **la automatización también ayuda al planeta**. Al evitar que la gente tenga que ir presencialmente a las oficinas municipales, se reducen los viajes en auto o transporte público, lo que significa **menos contaminación en la ciudad**. Un dato clave: según García et al. (2019), por cada trámite que se hace en línea en lugar de en ventanilla, **se dejan de emitir 1,5 kg de CO₂ al aire**.

En Lago Agrio, se estima que los nuevos sistemas digitales han reducido en un 80% el flujo de personas que antes acudían físicamente a realizar trámites, lo que implica un cambio positivo en la movilidad ciudadana. Además, los usuarios ahora acceden a facturas electrónicas, consultas en línea y pagos desde plataformas virtuales, lo cual elimina el uso innecesario de papel y reduce residuos.

Reflexiones sobre el uso de herramientas libres

Elegir software libre para este proyecto fue mucho más que una cuestión técnica: fue una **apuesta por la independencia**. Usar tecnologías como PostgreSQL, PHP y Java no solo evitó ataduras a licencias costosas, sino que **garantizó que el sistema siga funcionando a largo plazo sin depender de intereses privados**. Esto va en línea con lo que siempre ha defendido Stallman (2004): la **soberanía tecnológica** como derecho público. Incluso iniciativas como el Plan de Software Público de América Latina (Zapata, 2020) respaldan esta visión, demostrando que es posible (y necesario) construir infraestructura digital sin cadenas.

El uso de software libre facilita además la personalización del sistema según los requerimientos locales, lo que es vital en contextos donde los procesos administrativos no están estandarizados. Esta flexibilidad permitió integrar normativas del COOTAD, ordenanzas locales y sistemas catastrales sin los altos costos de licencias.

Metodología XP y cultura organizacional

El uso de **Programación Extrema (XP)** fue clave para el éxito del proyecto porque fomentó una **colaboración constante y directa** entre los equipos técnicos y los funcionarios públicos. Gracias a su enfoque flexible - con iteraciones rápidas, programación en parejas, mejora continua del código y pruebas automatizadas - el software pudo evolucionar para adaptarse a las **necesidades cambiantes** de la administración municipal (Beck & Andres, 2004).

Los departamentos involucrados —como Rentas, Tesorería, Avalúos y Catastros, Agua Potable y Sistemas— se constituyeron como equipos multifuncionales, lo que fortaleció la apropiación del sistema. Esta metodología, al centrarse en la satisfacción del usuario final, fue particularmente adecuada para romper con la resistencia al cambio, fenómeno común en instituciones públicas (Castro & Ramírez, 2017).

Transformación digital en GAD de bajo presupuesto

Para los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) con presupuestos ajustados, la digitalización no es solo un reto técnico: **es una palanca para hacer más con menos**. Implementar soluciones de software libre y metodologías ágiles (como XP) logra tres cosas clave:

1. **Optimiza el dinero público** (sin gastar en licencias costosas).
2. **Agiliza procesos** (servicios más rápidos para la ciudadanía).
3. **Genera autonomía** (dejar de depender de empresas tecnológicas)

Como demuestran Díaz & Ortega (2021) y Morales & Ortega (2022), esta combinación de herramientas libres y trabajo ágil no solo recorta costos, sino que **mejora servicios públicos de forma sostenible**.

Las herramientas libres se han convertido en un **punto de acceso real** a la tecnología, especialmente para municipios pequeños y medianos que no pueden costear software privado. Estas soluciones no solo son gratuitas, sino que permiten algo más valioso:

1. **Desarrollar talento local** (las comunidades aprenden y se apropian de la tecnología).
2. **Personalizar sistemas** (cada GAD adapta las herramientas a su realidad).
3. **Romper dependencias** (sin ataduras a empresas externas)

Como señalan Benavides (2021) y González & Ortiz (2023), esta es la verdadera **soberanía digital**: cuando los gobiernos locales pueden tomar decisiones tecnológicas libres, autónomas y ajustadas a sus necesidades.

Asimismo, la transformación digital incide directamente en la gobernanza local, promoviendo la transparencia, la participación ciudadana y la eficiencia operativa. Los sistemas de información permiten no solo acelerar procesos como el cobro de tasas y generación de reportes, sino también mejorar la calidad de la información, reduciendo el riesgo de corrupción y errores humanos (Bertot et al., 2010; Ramírez & Silva, 2022).

Finalmente, el éxito de estos procesos depende de la capacitación continua del talento humano, la adecuada planificación institucional y una visión política clara sobre el valor estratégico de la tecnología en el desarrollo territorial. El caso del GAD de Lago Agrio confirma que, aun con bajos presupuestos, es posible alcanzar una transformación digital significativa que impacte positivamente en la ciudadanía (Castillo, 2021; Guzmán & Miranda, 2022).

Infraestructura tecnológica

Para que los gobiernos locales con pocos recursos puedan digitalizarse con éxito, lo más importante es contar con una buena base tecnológica que funcione y se mantenga en el tiempo. Esto no significa solo comprar computadoras, sino asegurar:

- ✓ Conexión a internet estable y de calidad.
- ✓ Servidores y almacenamiento (físicos o en la nube).
- ✓ Sistemas eléctricos de respaldo para evitar cortes.
- ✓ Plataformas de software que trabajen entre sí.
- ✓ Protección contra ciberataques.

Sin estos elementos básicos, cualquier esfuerzo de transformación digital estaría en riesgo desde el inicio.

En el caso del GAD de Lago Agrio, se optó por una arquitectura tecnológica soportada en herramientas

de software libre para minimizar costos y reducir la dependencia de proveedores externos, permitiendo un mayor control de los procesos y fortaleciendo la soberanía tecnológica institucional. La adopción de servidores locales para bases de datos PostgreSQL, sistemas operativos basados en Linux, y entornos de desarrollo como PHP y Java, permitieron crear un ecosistema tecnológico robusto y escalable sin incurrir en grandes inversiones (Castro & Osorio, 2022).

Adicionalmente, la implementación de una red local segura, respaldada por equipos con código abierto (como pfSense), y el uso de soluciones de respaldo automático y virtualización, aseguran operatividad del sistema digital. Estas decisiones estratégicas, en concordancia con las recomendaciones del BID (2021), demuestran que es posible construir una infraestructura tecnológica sólida incluso con bajos presupuestos, siempre que exista planificación, capacitación del personal y acompañamiento técnico continuo.

Así, la infraestructura tecnológica base se convierte en un punto clave para la transformación digital, permitiendo que los servicios públicos se gestionen de manera eficiente, se integren entre dependencias, y se brinde una atención más ágil, transparente y cercana a la ciudadanía (CEPAL, 2020).

Talento humano

El éxito de la transformación digital en los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), especialmente en aquellos con limitaciones presupuestarias, no solo depende de la tecnología implementada, sino también del **talento humano** que lidera, impulsa y sostiene estos procesos. En este estudio, el rol de los funcionarios municipales fue determinante para la identificación, documentación y rediseño de los procesos administrativos y de servicios al ciudadano.

La experiencia del GAD de Lago Agrio demuestra que cuando los equipos técnicos y administrativos se sienten parte del cambio, el proceso de digitalización se consolida con fuerza. Durante las fases del proyecto, se logró involucrar a 29 funcionarios de distintas dependencias —incluyendo rentas, agua potable, tesorería, avalúos, catastro y planificación— quienes, a través de reuniones colaborativas y prácticas de la metodología de Programación Extrema (XP), participaron positivamente en el levantamiento de información, pruebas funcionales y validaciones de las funcionalidades del sistema.

Este nivel de participación y compromiso generó un sentido de apropiación del nuevo sistema de información, reduciendo la resistencia al cambio, y

fortaleciendo el aprendizaje organizacional (Morales & Carrillo, 2023). Además, se evidenció que los funcionarios públicos, al percibir beneficios concretos en la reducción de carga laboral, precisión de datos y mejora del servicio al ciudadano, desarrollaron una actitud proactiva hacia el uso de herramientas digitales, incluso sin haber contado inicialmente con formación especializada en tecnologías de la información.

En coincidencia con estudios detallados en la CEPAL (2020), se confirma que la **gestión del cambio organizacional** basada en el desarrollo del talento humano es un componente fundamental para garantizar que los procesos de modernización no solo sean viables técnicamente, sino también sostenibles institucionalmente. Invertir en capacitación continua, empoderamiento y motivación del personal debe formar parte integral de toda política de transformación digital.

Capacitación digital

Una de las estrategias más efectivas para garantizar la sostenibilidad de los procesos de transformación digital en los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), especialmente en contextos de limitados recursos económicos, es la **capacitación continua del talento humano**. En este estudio, la capacitación fue diseñada como un componente transversal, implementado desde el levantamiento de requerimientos hasta la validación de los módulos del software.

El acompañamiento técnico se planificó bajo parámetros de la metodología XP (eXtreme Programming), priorizando la comunicación directa, ciclos cortos de realimentación y la participación de los usuarios finales en el desarrollo del sistema. Esta cercanía entre los programadores y el personal de las áreas involucradas permitió que los procesos de aprendizaje fueran claros, prácticos y adaptados a las realidades del entorno de la institución.

Se realizaron talleres de formación digital básica, el uso de herramientas libres, y la comprensión del flujo de información en los procesos. Como resultado, áreas como Recaudación, Avalúos y Catastros, y Agua Potable, que anteriormente operaban con registros manuales, adquirieron el aprendizaje necesario que les permitió utilizar los nuevos módulos del sistema con facilidad.

La experiencia demuestra que incluso sin una inversión elevada, es posible diseñar **estrategias de formación efectivas y de bajo costo**, siempre que se priorice el aprendizaje colaborativo, el acompañamiento técnico cercano y la motivación del

personal. Como lo destacan González & Pérez (2021), los procesos de capacitación deben verse como una inversión estratégica y no como un gasto, ya que consolidan la innovación institucional a largo plazo.

Esta estrategia permitió que el GAD no solo adquiriera un sistema funcional, sino también un equipo humano empoderado y con capacidades técnicas para mantener y evolucionar su sistema de información.

Agenda digital como política pública

Un componente fundamental en el proceso de modernización de los gobiernos seccionales ha sido la adopción de una **Agenda Digital como política pública**, la cual actúa como hoja de ruta para orientar la transformación tecnológica, institucional y cultural del sector público. La Agenda Digital, promovida en varios países latinoamericanos y enmarcada en las recomendaciones de organismos multilaterales como la CEPAL (2020), establece prioridades estratégicas para el desarrollo de infraestructura digital, interoperabilidad, servicios electrónicos, ciberseguridad, gobierno abierto y sostenibilidad económica de las soluciones tecnológicas.

En el caso de los GAD de bajo presupuesto, como el de Lago Agrio, esta política cobra especial relevancia al promover **la eficiencia en el uso de recursos**, facilitar la transparencia y fortalecer la rendición de cuentas a través de plataformas digitales. La implementación de sistemas de información integrados, contruidos con herramientas libres bajo la metodología XP, permite a estas instituciones alinearse con los principios de la Agenda Digital: inclusión, participación, transparencia, y soberanía tecnológica (UNESCO, 2021).

Además, al establecer metas medibles en ámbitos como servicios en línea, la reducción del tiempo en trámites, y la satisfacción ciudadana, la Agenda Digital se convierte en un instrumento de gobernanza que potencia el impacto de la transformación digital. Tal como señala Hilbert (2016), una política digital bien estructurada permite que los municipios se conviertan en **hubs de innovación pública**, incluso con limitaciones presupuestarias, siempre que se priorice la capacitación, la interoperabilidad de sistemas, y el enfoque ciudadano.

Se podría afirmar que la Agenda Digital como política pública no solo viabiliza proyectos tecnológicos en GAD de bajo presupuesto, sino que también representa un mecanismo estratégico para articular objetivos de desarrollo territorial con las demandas de una ciudadanía cada vez más digital.

Lecciones para otros municipios de bajo presupuesto

La experiencia en Lago Agrio demuestra que incluso los gobiernos seccionales con recursos limitados pueden liderar procesos de transformación digital si se articulan tres factores clave: metodologías ágiles, tecnologías libres y participación de los actores institucionales. Este modelo es replicable y escalable, especialmente en regiones como la Amazonía y la Sierra norte del Ecuador, donde existe una fuerte brecha digital.

Perspectivas futuras

Los resultados obtenidos abren nuevas líneas de acción, como la integración con sistemas nacionales de catastros, pasarelas de pago electrónico y plataformas móviles para zonas rurales. También se recomienda profundizar en el análisis de datos generados por el sistema para diseñar políticas públicas basadas en evidencia, siguiendo el ejemplo de ciudades como Medellín o Curitiba, que han logrado vincular inteligencia urbana con eficiencia administrativa (Muñoz & Rodríguez, 2021).

Además, la experiencia de Lago Agrio puede ser extrapolada a otros gobiernos autónomos descentralizados del norte del Ecuador, que enfrentan limitaciones presupuestarias similares. En ese sentido, el uso de metodologías ágiles como XP fue decisivo, permitiendo ciclos cortos de entrega, validación rápida de prototipos y constante retroalimentación de los usuarios (Beck & Andres, 2004).

Conclusiones

El desarrollo e implementación de un sistema informático automatizado basado en metodologías ágiles, específicamente programación extrema (XP), para la gestión de procesos de recaudación en el GAD Municipal de Lago Agrio, ha demostrado ser una solución efectiva y sustentable frente a los desafíos tecnológicos y presupuestarios que enfrentan los gobiernos autónomos descentralizados medianos y pequeños del Ecuador. Este trabajo ha evidenciado que, aun en contextos de limitados recursos económicos y resistencia al cambio organizacional, es posible alcanzar altos niveles de eficiencia y transparencia mediante la ingeniería de software aplicada.

Entre los hallazgos más destacados se encuentra la drástica reducción en los tiempos de procesamiento de trámites y operaciones clave como el registro de patentes, la toma de lecturas de agua potable, la generación de facturas, y el control de cartera vencida. Estos avances han impactado positivamente tanto en la eficiencia institucional como en la calidad del

servicio al ciudadano, con un notable aumento en la satisfacción del usuario, evidenciado en la mejora del tiempo de atención al público y la percepción de transparencia en la gestión financiera.

La estandarización tecnológica de la plataforma implementada, basada en herramientas libres, permitió una arquitectura de software escalable, segura y libre de dependencias externas, lo que garantiza sostenibilidad a largo plazo y autonomía institucional. Además, el uso de software libre redujo los costos de licenciamiento, lo cual es crucial para municipios con bajo presupuesto.

Se confirma que el involucramiento temprano de los actores clave de los diferentes departamentos (rentas, recaudación, tesorería, agua potable, etc.) fue fundamental para el éxito del proceso, tanto en el levantamiento de requerimientos como en la validación de funcionalidades. Asimismo, el trabajo de socialización y capacitación masiva fue esencial para minimizar la resistencia al cambio, lo cual representa un aprendizaje valioso para futuras implementaciones similares.

Escalabilidad del sistema: Se recomienda evaluar la posibilidad de adaptar e implementar esta solución en otros GADs del país que enfrentan condiciones similares, ajustando los módulos a la normativa local de cada municipio.

Capacitación continua: Para mantener la calidad del servicio y la integridad de la información, es clave establecer programas permanentes de formación tecnológica para el personal municipal.

Monitoreo y mejora continua: Se sugiere mantener un sistema de monitoreo periódico de los indicadores de gestión y satisfacción ciudadana, lo que permitirá introducir mejoras iterativas al software.

Política pública: Finalmente, se plantea que el gobierno nacional y los organismos de control promuevan políticas que incentiven la adopción de tecnología basada en estándares abiertos y metodologías ágiles en los gobiernos locales, asegurando así una administración pública más moderna, transparente y eficiente.

Este estudio ratifica que la ingeniería del software, bien aplicada y contextualizada, puede transformar radicalmente la gestión pública local, incluso en escenarios donde antes predominaba la obsolescencia tecnológica, la opacidad y la ineficiencia administrativa.

Contribución de los autores

Investigación, Jiménez Cárdenas; Metodología, Chiles Valencia; Software, Padilla Cotacachi

Referencias

- Álvarez, L. F. (2021). *Gobierno digital: Retos y oportunidades en América Latina*. Editorial Universitaria.
- Barbosa, A., & Rotenberg, J. (2020). *Ciudades inteligentes: Una aproximación latinoamericana*. Fondo de Cultura Económica.
- Barrionuevo, J. M. (2018). La transformación digital de los gobiernos locales. *Revista Iberoamericana de Administración Pública*, 45(2), 55–72.
- Benavides, J. (2021). Software libre y su adopción en el sector público. *Revista Colombiana de Informática y Derecho*, 21(1), 33–49.
- Bertot, J. C., Jaeger, P. T., & Grimes, J. M. (2010). Using ICTs to create a culture of transparency: E-government and social media as openness and anti-corruption tools for societies. *Government Information Quarterly*, 27(3), 264–271.
- Burgos, D., & Jiménez, J. (2020). Evaluación de plataformas digitales en la gestión municipal. *Revista de Tecnología y Sociedad*, 12(4), 89–104.
- Cabrera, R., & Díaz, M. (2022). Impacto de la transformación digital en la movilidad urbana. *Revista Tecnociencia*, 15(2), 60–78.
- Cabrera, Y., & Solano, G. (2019). Gobierno electrónico y servicios digitales: Perspectivas para Ecuador. *Revista Axioma*, 21(1), 25–42.
- Castillo, V. (2021). El gobierno electrónico y la eficiencia administrativa: Casos en municipios de Ecuador. *Revista de Gestión Pública*, 13(3), 19–35.
- Chávez, M., & Páez, P. (2023). Tecnología y reducción de la huella ambiental en ciudades intermedias. *Revista EcoCiudad*, 7(2), 49–67.
- Cobo, C., & Moravec, J. (2019). Aprendizaje Invisible: Hacia una nueva ecología de la educación. *Editorial Ariel*.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Díaz, R., & Ortega, L. (2021). Tecnologías libres como alternativa para la soberanía digital en América Latina. *Revista de Estudios Críticos sobre Tecnología*, 6(1), 101–121.
- Drucker, P. (1999). *La sociedad poscapitalista*. Editorial Sudamericana.
- Flores, E., & Jiménez, M. (2022). Automatización de procesos administrativos en municipios rurales. *Revista de Tecnología Municipal*, 5(1), 12–30.
- Freeman, P. & Hart, D. (2004). *A science of design for software-intensive systems*. National Academy Press.
- González, J., & Romero, F. (2020). Evaluación de la gestión digital municipal. *Revista de Políticas Públicas*, 18(3), 89–108.
- González, M., & Ortiz, D. (2023). Transformación digital en el sector público ecuatoriano. *Revista Axioma*, 22(1), 70–87.
- Guzmán, A. & Miranda, J. (2022). Metodologías ágiles y eficiencia en proyectos municipales. *Revista de Ingeniería y Gestión Pública*, 16(2), 49–63.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- INEC. (2022). *Estadísticas de Tecnologías de la Información y Comunicación*. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Kappelman, L., McLean, E., Johnson, V., & Torres, R. (2016). The 2015 SIM IT issues and trends study. *MIS Quarterly Executive*, 15(1), 55–85.
- Luna, J., & Parra, E. (2021). Ciudades inteligentes: Un análisis desde la innovación pública. *Revista de Ciencia y Tecnología Urbana*, 14(3), 112–134.
- Martínez, A., & Zambrano, F. (2020). Aplicación de herramientas libres para el desarrollo de software municipal. *Revista Ciencia y Tecnología Digital*, 8(4), 45–63.
- Ministerio de Telecomunicaciones del Ecuador. (2023). *Política Nacional de Gobierno Digital*. Quito: MINTEL.
- Morales, H., & Ortega, A. (2022). Independencia tecnológica en gobiernos seccionales de Ecuador. *Revista de Estudios Políticos y Tecnológicos*, 10(2), 73–92.
- Muñoz, V. (2021). Administración pública digital y acceso equitativo. *Revista Administración y Sociedad*, 19(2), 37–56.
- OECD. (2019). *Digital Government Review of Latin America*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/2dee00b7-en>
- Pérez, S., & Vaca, L. (2020). Metodología XP aplicada al desarrollo de plataformas en gobiernos locales. *Revista de Ingeniería de Software y Sociedad*, 5(1), 13–29.
- Ramírez, C., & Silva, L. (2022). Satisfacción ciudadana en procesos digitalizados. *Revista de Administración Pública*, 23(2), 54–70.
- RedCLARA. (2021). *La transformación digital en municipios de América Latina*. Red de Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas.
- Samaniego, J., & Ayala, M. (2023). Modernización administrativa y gobernanza electrónica. *Revista Axioma*, 22(2), 41–59.