



Facultad de Ciencias de la Administración

**Carrera de Ingeniería en Sistemas y
Telemática**

Evaluación de madurez CIS de la ciudad de Cuenca
basado en las recomendaciones de la UIT, de
infraestructura, datos y servicios TIC

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
grado en Ingeniero en Sistemas y Telemática**

Autor:

Christian Martín Lañón Charcopa.

Director:

Pablo Fernando Pintado Zumba.

Cuenca – Ecuador

Año

2024

DEDICATORIA

A mi madre y hermana, quienes con su amor incondicional y sacrificios incontables han sido la fuerza impulsora detrás de cada paso en este camino académico. A mi familia, por su apoyo constante y comprensión en las horas de estudio y dedicación.

Este logro es suyo también.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi tutor Ing. Pablo Pintado por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso.

Sus conocimientos y perspectivas han sido fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

Este trabajo no habría sido posible sin el acceso a recursos y facilidades proporcionadas por la Universidad del Azuay

Finalmente, a mis amigos y seres queridos, gracias por su aliento constante, comprensión y por ser mi red de apoyo. Este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo y cada uno de ustedes ha dejado su huella en este viaje.

Con gratitud,

Martín Lañón

Índice de Contenidos

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
Índice de Contenidos.....	iii
Índice de figuras	iv
Índice de tablas.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vi
1. Introducción	1
2. Marco teórico	1
3. Revisión de literatura	3
4. Métodos.....	5
5. Conclusión.....	14
7. Referencias.....	16

Índice de figuras

<i>Figura 1. (Gorschek et al., 2006)</i>	5
--	---

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Estructura de trabajo</i>	6
---	---

RESUMEN

En base al nivel de ciudad inteligente y sostenible de Cuenca resultado de la evaluación realizada por el MINTEL en el 2022 con normativa la UIT, se propone diez desafíos urbanos clave identificados en la ciudad, desde la falta de acceso a WiFi público hasta la gestión ineficiente de residuos. Cada desafío se aborda con soluciones tecnológicas específicas diseñadas para mejorar los indicadores de la UIT y promover el desarrollo sostenible. Las propuestas incluyen la expansión de la infraestructura de telecomunicaciones, la implementación de sistemas de medición inteligente, el despliegue de plataformas digitales y la electrificación de flotas de transporte público. Estas intervenciones buscan satisfacer las necesidades locales y alinearse con los estándares internacionales de Ciudades Inteligentes de la UIT. Se espera que estas soluciones impulsen la conectividad digital, la gestión eficiente de servicios, la optimización del tráfico, la movilidad urbana y la adopción de tecnologías limpias en el transporte público. La publicación de datos abiertos se destaca como clave para fomentar la innovación y la investigación en línea con la visión de una Cuenca inteligente y sostenible.

Palabras clave: ciudades inteligentes, UIT, ISO 37106, indicadores, tecnologías de la información y comunicación (TIC), infraestructura, movilidad urbana, energía, residuos, gobernanza, sostenibilidad

ABSTRACT

Based on Cuenca's level of smart and sustainable city, as assessed by MINTEL in 2022 according to UIT regulations, ten key urban challenges are proposed for the city, ranging from a lack of public WiFi access to inefficient waste management. Each challenge is addressed with specific technological solutions designed to enhance UIT indicators and promote sustainable development. Proposals include the expansion of telecommunications infrastructure, implementation of smart measurement systems, deployment of digital platforms, and electrification of public transportation fleets. These interventions aim to meet local needs and align with UIT's international Smart City standards. It is anticipated that these solutions will drive digital connectivity, efficient service management, traffic optimization, urban mobility, and the adoption of clean technologies in public transportation. The emphasis on open data publication is highlighted as crucial to fostering innovation and research, in line with the vision of a smart and sustainable Cuenca.

Martín Lañón

Firma de autor

Martín Lañón



Firma electrónicamente por:
PABLO FERNANDO
PINTADO ZUMBA

Firma de tutor

Ing. Pablo Pintado

1. Introducción

El desarrollo urbano sostenible se ha convertido en una prioridad global, y las ciudades modernas buscan abordar los desafíos urbanos mediante la aplicación de soluciones tecnológicas innovadoras. En este contexto, el presente trabajo de tesis se enfoca en un proyecto integral implementado en la ciudad de Cuenca, siguiendo la metodología de Gorschek y Larsson (2006). El objetivo principal de esta iniciativa es mejorar la calidad de vida de los habitantes de Cuenca a través de soluciones avanzadas en infraestructura, datos y servicios TIC de ciudades inteligentes y sostenibles.

La investigación se estructura en torno a diez desafíos urbanos identificados, que abarcan desde la falta de acceso a WiFi público hasta la necesidad de una gestión eficiente de residuos. Cada uno de estos desafíos se aborda con soluciones específicas que incluyen la expansión de la infraestructura de telecomunicaciones, la implementación de sistemas de medición inteligente, el despliegue de plataformas digitales, la electrificación de flotas de transporte público, entre otras. Estas soluciones se proponen con el fin de alcanzar avances significativos en métricas clave establecidas por la UIT, contribuyendo así a posicionar a Cuenca como una Ciudad Inteligente y sostenible.

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Evaluar las recomendaciones de la UIT-T en infraestructura, datos y servicios TIC para proponer mejoras que ayuden a la sostenibilidad de Cuenca como ciudad inteligente.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Analizar los modelos de la UIT, la ISO37106 (Ciudades inteligentes) y la BID Deloitte (Ciudad inteligente para América latina y el caribe).
- Analizar el informe de madurez de CIS Cuenca 2022 que fue desarrollado por el MINTEL basado en las recomendaciones UIT.
- Proponer proyectos estratégicos de infraestructura, datos y servicios TIC que contribuyan a la sostenibilidad y desarrollo de Cuenca como ciudad inteligente basado en los lineamientos y recomendaciones de la UIT.

2. Marco teórico

2.1. UIT-T

La implementación de ciudades inteligentes, también conocidas como smart cities, se encuentra en evolución y desarrollo. Se puede decir que una ciudad inteligente es aquella que utiliza tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para mejorar la calidad de vida de sus habitantes (Moustaka et al., 2020).

En febrero de 2013, la UIT creó el Grupo Temático sobre Ciudades sostenibles e inteligentes (FG-SSC) para evaluar las necesidades de normalización de las ciudades que desean mejorar su sostenibilidad social, económica y medioambiental mediante la integración de las TIC en sus infraestructuras y funcionamiento (International Telecommunication Union, 2022). Las partes interesadas de las ciudades puedan medir el rendimiento de diversos proyectos de ciudades inteligentes y sostenibles una vez iniciados. En este sentido, el FG-SSC elaboró un conjunto de indicadores fundamentales de rendimiento internacionales para las ciudades que aspiran a ser SSC, basado en la recomendación Y.4902/L.1602 que se enfoca en proporcionar KPI específicos para evaluar los impactos de las TIC en la sostenibilidad de la ciudad en el contexto de los SSC. Además, la recomendación Y.4903/L.1603 brinda orientación general a las ciudades y proporciona KPI con el objetivo de ayudarlas a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). (Sang, Z., & Li, K., 2019).

En el contexto de las ciudades inteligentes y sostenibles, la UIT enfoca la evaluación de la eficacia en el uso de información y comunicación, la innovación en procesos y productos, y el liderazgo empresarial y de servicios. La infraestructura de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) es fundamental para implementar otras soluciones TIC necesarias en las ciudades inteligentes y sostenibles (Elgazzar & El-Gazzar, 2017). Esta infraestructura comprende dispositivos terminales, acceso, redes y plataformas de información y servicios. Los indicadores habituales de infraestructura TIC deben considerar el uso y/o implementación de diversos dispositivos terminales (como ordenadores, teléfonos móviles, tabletas, etc.),

así como la conectividad a Internet, la banda ancha fija/inalámbrica, la red principal, la plataforma de computación en nube, los centros de datos, etc. (International Telecommunication Union, 2022).

2.2. Recomendación UIT-T Y.4903/L.1603

La recomendación se enfoca en establecer criterios y mecanismos de evaluación para medir el rendimiento de las ciudades en términos de sostenibilidad económica, social, medioambiental, de gobernanza y cultural, los cuales son fundamentales para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (Huovila et al., 2019).

La implementación de estos criterios y mecanismos de evaluación se apoya en el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), como herramientas clave para el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles. De esta manera, la recomendación se alinea con las normas y recomendaciones de la UIT, que buscan promover el desarrollo de infraestructuras TIC adecuadas para impulsar la transformación digital y sostenible de las ciudades. (TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU, 2022).

2.3. Recomendación ITU-T Y.4904

Esta recomendación se basa en las dimensiones clave de una ciudad: economía, medio ambiente, sociedad y cultura.

En términos de infraestructura TIC, los KPIs establecidos pueden ayudar a las ciudades y sus partes interesadas a entender en qué medida están logrando sus objetivos inteligentes y sostenibles. También pueden ayudar a las ciudades a identificar áreas de mejora y a desarrollar soluciones transformadoras para abordar los desafíos de las SSCs (International Telecommunication Union, 2022).

Además, está dirigido a las administraciones públicas y privadas, así como a la academia, que pueden utilizar los KPIs para la evaluación de su desempeño y progreso en la construcción de ciudades inteligentes y sostenibles

2.4. ISO-37106

La ISO-37106 es un estándar internacional que proporciona una orientación a líderes de ciudades inteligentes sobre cómo desarrollar un modelo operativo abierto, colaborativo, centrado en el ciudadano y habilitado digitalmente. Establece principios de entrega colaborativos que incluyan una visión clara para la ciudad, enfocado en el ciudadano, una digitalización presente e integrada, y la apertura y el intercambio. Sugiere crear una visión de cómo debería ser la ciudad, de manera iterativa y colaborativa, que abarque las oportunidades de las tecnologías inteligentes y sea medible. Recomienda establecer mecanismos de liderazgo y gobernanza con enfoque de responsabilidad, equipos de liderazgo diversos, gestión de programas formales, habilidades adecuadas, y procesos abiertos y transparentes. (ISO 37106, 2021).

Recomienda analizar las necesidades de interoperabilidad de la ciudad e implementar una arquitectura de TI abierta y orientada a servicios. Aconseja empoderar a la comunidad abriendo los datos de la ciudad, ofrecer servicios integrados centrados en el ciudadano, y gestionar adecuadamente la identidad y la privacidad, dando como resultado estrategias para rastrear, entregar y evaluar los beneficios esperados, y gestionar los riesgos principales. (ISO 37106, 2021).

2.5. BID – Deloitte

Deloitte contiene procesos esenciales para la implementación efectiva de una ciudad inteligente con enfoque a las realidades de América Latina y el Caribe, destacando seis pasos cruciales. Estos incluyen el diagnóstico inicial de la ciudad para identificar problemas y objetivos, la planificación estratégica que establece la visión y objetivos del proyecto, el diseño de soluciones tecnológicas específicas, la implementación de estas soluciones, el monitoreo continuo y la evaluación del impacto, y finalmente, la garantía de la sostenibilidad financiera y operativa a largo plazo. Se enfatiza la importancia de considerar factores clave como la infraestructura tecnológica disponible, la identificación de fuentes de financiamiento y la participación de diversos actores en el proyecto. En conjunto, el documento proporciona una guía integral para planificar, diseñar, implementar y evaluar soluciones tecnológicas sostenibles que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos en el contexto de una ciudad inteligente. (Bouskela et al., 2016), basado en 6 dimensiones y 111 servicios; así como en su parte de infraestructura validando las verticales física, digital, y potencial de datos.

Es por esto que se ha convertido en una herramienta fundamental para la gobernanza y planificación urbanas en la creación de ciudades inteligentes y para desarrollar una visión a largo plazo para la movilidad futura y medir la salud de su red de movilidad.

A medida que continúa aumentando la monitorización de ciudad y la potencia informática necesaria, también aumenta la posibilidad de detectar patrones en la vida cotidiana de los sistemas urbanos y desarrollar aplicaciones que sea utilizadas en tiempo real.

La aplicación de sistemas inteligentes en el transporte urbano, la energía y la vigilancia se ha convertido en una prioridad para los planificadores urbanos. Los sistemas inteligentes pueden mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las ciudades, lo que puede ayudar a los planificadores urbanos a tomar decisiones informadas y estratégicas. (Dixon et al., 2019).

3. Revisión de literatura

Los proyectos para una ciudad sostenible e inteligente basado en UIT-T se construyen en base a la importancia de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el desarrollo urbano sostenible, y cómo la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) está trabajando en el estudio y desarrollo de estándares técnicos para facilitar la implementación las Comunicaciones (TIC) (Elfiky, 2019). Se destaca que las TIC permiten soluciones digitales innovadoras que mejoran la eficiencia energética, optimizan la gestión urbana y mejoran la habitabilidad de las ciudades (Bergmark, 2018). La UIT ha ayudado a definir y promover el concepto de 'ciudades inteligentes y sostenibles' al desarrollar normas y herramientas internacionales que ayudan a las ciudades a implementar las TIC. Además, se ha propuesto un esquema de evaluación para el desarrollo urbano inteligente sostenible, que busca asegurarse de que la sostenibilidad y los aspectos urbanos no sean pasados por alto en el desarrollo de la ciudad inteligente (Sang, Z., & Li, K., 2019).

Es por esto que es de suma importancia la UIT-T para los proyectos de ciudades inteligentes para estandarizar y coordinar las tecnologías de TIC necesarias para construir una ciudad inteligente interoperable y eficiente. En los últimos años, se han desarrollado muchas iniciativas para ciudades inteligentes con el objetivo de proporcionar una respuesta a los desafíos que enfrentan las ciudades hoy en día y mejorar la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de telecomunicaciones a nivel mundial (Kim & Yang, 2021). Un ejemplo claro es las normas creadas por la BID ayudando a ciudades como NAMYANGJU, Rep. de Corea la ciudad ofrece una serie de servicios disponibles vía smartphones en ámbitos como seguridad, tráfico e información de incidentes. También ofrece soluciones de integración y optimización de cámaras y sensores mejorando su seguridad. Además, en 2011, Buenos Aires decidió modernizar su policía y sus protocolos operacionales para enfrentar el alto índice de criminalidad. Se promovió el intercambio de sistemas informatizados, se implantaron cámaras y sensores de seguridad, se incorporaron vehículos conectados y se capacitó al personal en el uso de nuevos dispositivos de seguridad. Además, se integró el sistema a los servicios de emergencia 911, lo que mejoró la respuesta de la policía contra el crimen y la percepción de seguridad de los ciudadanos (Bouskela et al., 2016).

Por otro lado, (Fernandez-Anez et al., 2018) desarrolló un modelo conceptual basado en las subdimensiones de las normas UIT, para sintetizar la opinión de diferentes interesados involucrados en las iniciativas de la Ciudad Inteligente, comparando sus actitudes con los proyectos clave implementados en una estrategia de CI específica en la ciudad de Vienna.

(Gotlib et al., 2019) Desarrolla la transformación de Varsovia en una ciudad inteligente, la colaboración entre Deloitte y la Unión Internacional de Telecomunicaciones es primordial para su desarrollo. Deloitte trabaja en colaboración con el Ayuntamiento de Varsovia para implementar soluciones de smart city que mejoran la calidad de vida y la eficiencia de las operaciones urbanas, mientras que la UIT establece estándares y definiciones clave para ciudades inteligentes. Esta colaboración permite la implementación eficiente de soluciones de TIC, mejorando la calidad de vida y la eficiencia urbana. Los elementos destacados en el proyecto, como la participación ciudadana, la visión coherente, la interoperabilidad de datos y la estructura organizativa. Por esto promueve el uso de tecnologías para mejorar la calidad de vida y la eficiencia de la ciudad, siguiendo los estándares internacionales de ciudades inteligentes.

(Ibănescu et al., 2022) Se enfoca en analizar la implementación de iniciativas de ciudades inteligentes en ciudades destacadas de Rumania, donde se destacan tres tendencias principales: la movilidad inteligente, la gobernanza inteligente y la vida inteligente. Estas tendencias reflejan la búsqueda de mejorar la calidad de vida y la eficiencia de las operaciones urbanas. Se analiza la falta de iniciativas orientadas al ciudadano, lo que sugiere una oportunidad para una mayor participación ciudadana en el desarrollo de ciudades inteligentes. Además, se abordan los desafíos y oportunidades para el desarrollo de ciudades inteligentes

en Rumania, incluyendo la necesidad de estrategias integrales y financiamiento adecuado, así como la integración de iniciativas inteligentes con los objetivos de desarrollo sostenible. En este contexto, la norma ISO 37106, que proporciona una guía para establecer modelos operativos de ciudades inteligentes para comunidades sostenibles, al proporcionar pautas y mejores prácticas para establecer modelos operativos efectivos en línea con los estándares internacionales.

(Zhou et al., 2021) Establece una relación fundamental entre la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la norma ISO 37106 al proponer un innovador modelo meta heterogéneo de indicadores clave de rendimiento (KPI) diseñado para ciudades sostenibles. La UIT, a través de su enfoque en la estandarización de tecnologías y prácticas en el ámbito de las ciudades inteligentes y sostenibles, y la norma ISO 37106, que establece un modelo operativo basado en la colaboración abierta y ciudadana, brindan un marco sólido para el desarrollo de ciudades sostenibles. El modelo propuesto en el artículo busca la estandarización de la representación de KPI en ciudades sostenibles, lo que, en última instancia, contribuye a la implementación efectiva de soluciones inteligentes y sostenibles en línea con los objetivos de la UIT y la norma ISO 37106. Esta sinergia entre la UIT y la norma ISO 37106 demuestra la importancia de la colaboración internacional en la promoción de ciudades sostenibles y resalta la relevancia de los estándares para un desarrollo urbano más inteligente y sostenible.

Los estándares ITU, Deloitte e ISO 37106 tienen varias similitudes en su enfoque para evaluar ciudades inteligentes. Los tres cubren múltiples dimensiones incluyendo aspectos tecnológicos, sociales, económicos y ambientales. Comparten dimensiones clave como gobernanza, economía, movilidad, medioambiente y calidad de vida. Además, tienen como objetivo en común utilizar tecnologías de información para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y bienestar en las ciudades. Estos enfoques difieren en sus dimensiones y alcance. La ITU (UIT-T Y.4903/L.1603, 2016) se centra en tres áreas principales: economía, medio ambiente y sociedad/cultura. Propone un conjunto de 49 indicadores clave de rendimiento (IFR) organizados en estas áreas, abarcando temas como infraestructura TIC, innovación, empleo, calidad del aire, agua, educación y salud. Su objetivo es asistir a las ciudades en la evaluación de su progreso hacia una mayor inteligencia y sostenibilidad, proporcionando un marco amplio de evaluación de progreso general aplicable a nivel global, (International Telecommunication Union, 2022).

Mientras que Deloitte abarca aspectos económicos y sociales enfatiza en la necesidad de un liderazgo con visión de largo plazo por parte de las autoridades municipales, de un enfoque integral sobre los problemas urbanos con estrategias multisectoriales, y de procesos participativos con la ciudadanía en todas las etapas, poniendo a las personas en el centro del desarrollo de la ciudad inteligente.(Deloitte Asesoría Financiera, 2022).

Por otro lado, la ISO 37106 pone un fuerte énfasis en los procesos para desarrollar un modelo operativo de ciudad inteligente que sea abierto, colaborativo y centrado en el ciudadano. En lugar de establecer indicadores específicos, ofrece recomendaciones prácticas para facilitar la innovación y la colaboración entre diferentes áreas y sitios de una ciudad. A pesar de las diferencias, todos destacan la importancia de la gobernanza, la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida en el desarrollo de ciudades inteligentes.(Iso 37106, 2021).

Estas metodologías pueden ser aplicables al informe realizado por el MINTEL en el 2022 en la ciudad de Cuenca, que es el resultado de aplicar las prácticas internacionales CIS de la UIT, que se centra en evaluar el Nivel de Madurez de Ciudades Inteligentes y Sostenibles en los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) de Ecuador. La primera matriz aborda el Nivel de Madurez basándose en los logros alcanzados en categorías clave, que incluyen Estrategia, Infraestructura, Datos, Servicios y Aplicaciones, así como Evaluación. La segunda matriz se centra en la medición a través de Indicadores Claves de Rendimiento (KPI) en las dimensiones Económicas, Medioambientales y Socioculturales. Estas matrices proporcionan un marco completo para analizar y comparar el progreso de las ciudades hacia la implementación exitosa de iniciativas inteligentes y sostenibles, facilitando una evaluación holística de su desarrollo en diferentes aspectos clave. Por lo que este proyecto es ideal para evaluar el progreso como ciudad inteligente, proporcionando una evaluación detallada del caso de la ciudad de Cuenca. (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2022)

Si bien se ha observado un significativo accionar e investigación en torno a las recomendaciones de la UIT-T y su aplicación en diversas ciudades, es fundamental reconocer que esto brinda una oportunidad para analizar y plantear proyectos que fortalezcan y mejoren los niveles de Ciudad Inteligente Sostenible

(CIS) en Cuenca. Los proyectos orientados hacia una ciudad sostenible e inteligente basados en las normativas de la UIT-T y enfocada a la importancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el desarrollo urbano sostenible.

La UIT ha desempeñado un papel crucial en la promoción del concepto de 'ciudades inteligentes y sostenibles' al establecer estándares técnicos y herramientas internacionales para facilitar la implementación de las TIC en el entorno urbano, esto supone una oportunidad importante para elaborar proyectos específicos que aborden las necesidades y desafíos locales. La colaboración internacional y la adopción de estándares internacionales, como los propuestos por la UIT-T, la ISO 37106 y las metodologías de evaluación de Deloitte, pueden servir como guía en este proceso, permitiendo a Cuenca alinear sus esfuerzos con las mejores prácticas globales para el desarrollo de una ciudad inteligente y sostenible. Es fundamental que Cuenca aproveche esta oportunidad para diseñar proyectos adaptados a sus propias necesidades y aspiraciones, la innovación y la colaboración multisectorial para lograr una transformación exitosa hacia una ciudad más inteligente y sostenible.

4. Métodos

Se utilizó la metodología de (Gorschek & Larsson, 2006) para el desarrollo de un proyecto de recomendaciones de la IUT (Instituto Universitario de Tecnología) para la ciudad de Cuenca. El objetivo principal del proyecto es mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad mediante la implementación de soluciones tecnológicas en infraestructura, datos y servicios TIC que puedan contribuir al desarrollo sostenible de la misma.

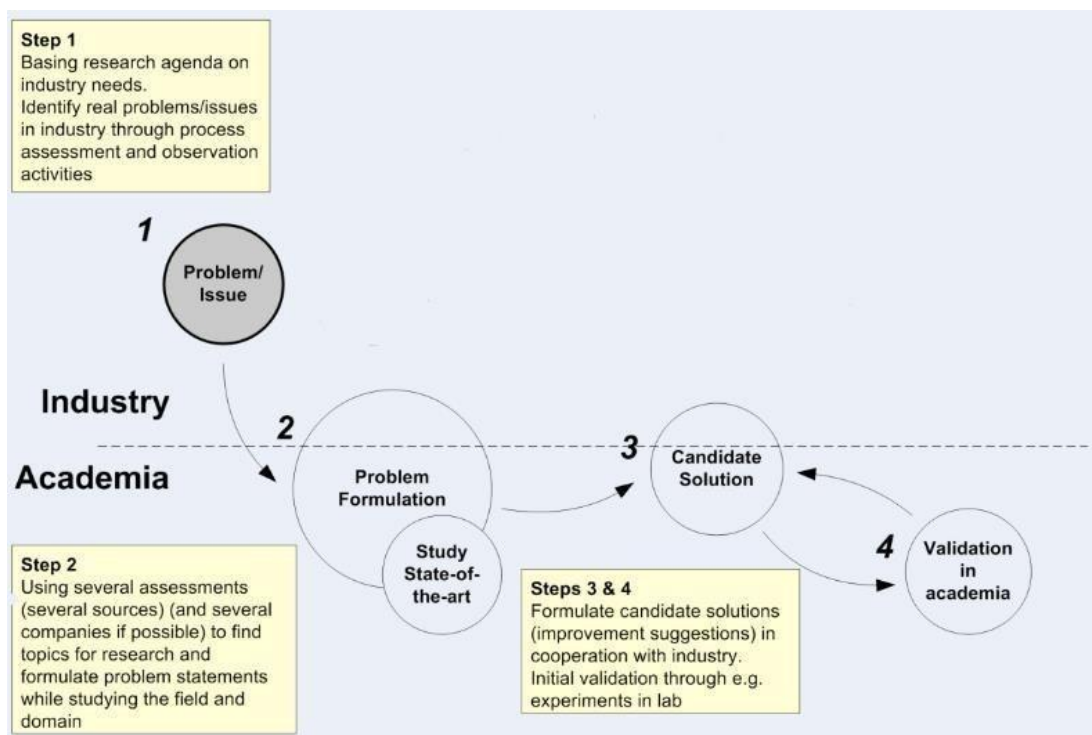


Figura 1. (Gorschek et al., 2006)

Tabla 1. Estructura de trabajo

Método Gorschek	Tesis
	Introducción Objetivo Marco Teórico Estado del Arte (Revisión Literaria)
Formulación del problema Formulación solución candidata Validación	Método Formulación del problema Formulación solución candidata Validación/Resultados
	Conclusiones

Se divide el proyecto en las siguientes etapas:

4.1. Formulación del Problema

En esta fase inicial, se realizó un análisis de los desafíos urbanos en Cuenca. La movilidad, gestión de residuos y eficiencia energética emergieron como áreas críticas. Se identificaron los problemas específicos, como congestión del tráfico, manejo ineficiente de residuos y uso inadecuado de recursos energéticos. Este diagnóstico proporcionó la base para el desarrollo de soluciones inteligentes y sostenibles.

Según el informe del MINTEL realizado en 2022, la ciudad de Cuenca tiene un alto nivel de desarrollo en infraestructura TIC. Sin embargo, del análisis realizado se identifican problemas específicos que presentan oportunidades de mejora. Por lo que se identificaron los siguientes problemas:

4.1.1. Baja conectividad de banda ancha / Percentage of households with Internet Access

Hasta el año 2022 en Cuenca, sólo el 32,6% de los hogares tienen acceso a puntos de WiFi público, sin embargo, no se cuenta con datos sobre la penetración de internet de banda ancha fija en los hogares. Esto limita la conectividad de alta velocidad y capacidad necesaria para adoptar y aprovechar las nuevas tecnologías disponibles en servicios digitales, internet de las cosas, computación en la nube, inteligencia artificial, que requieren de enlaces con capacidades de transmisión cada vez mayores. La falta de conectividad fija también dificulta desplegar soluciones de telesalud, teleeducación, trabajo remoto y aplicaciones empresariales en la nube que dependen del acceso ubicuo a internet.

4.1.2. Monitorización limitada de alcantarillado / Percentage of drainage/storm water system monitored by ICT

Apenas el 11% del sistema de alcantarillado para aguas pluviales está monitorizado mediante IoT (Maino Isafas et al., 2022) y otros dispositivos de vigilancia en tiempo real. Esto restringe la posibilidad de reducir inundaciones y optimizar el mantenimiento a través de modelos predictivos habilitados por tecnologías como machine learning. Además, resulta sumamente complejo determinar planes efectivos de mantenimiento que prioricen aquellos puntos más vulnerables o con mayor probabilidad de falla.

4.1.3. Nula medición inteligente de servicios / Percentage implementation of smart electricity meters

En el año 2022 en Cuenca, no existen sistemas de medición inteligente o avanzada para los servicios de electricidad, gas y agua potable. Esta área tiene un 0% de incorporación, dependiendo enteramente de procesos manuales. Esto impide contar con información en tiempo real sobre el

estado de las redes de distribución, dificultando la gestión óptima de activos, detección temprana de problemas y la implementación de esquemas de tarifas dinámicas o diferenciadas por tipo de usuario/consumo que incentiven un uso eficiente de recursos escasos.

4.1.4. Poca información de tráfico en tiempo real / Percentage implementation of smart electricity meters

Solo el 1,93% de las paradas de bus y 4,51% de las calles principales de Cuenca están siendo monitoreadas mediante TICs (Maino Isaías et al., 2022), según el informe del Mintel. Esto limita severamente la visibilidad sobre las condiciones reales del tráfico tanto público como privado, impidiendo la detección de incidentes, la gestión en tiempo real de los sistemas de tránsito mediante metodologías como controles semafóricos adaptativos, y en definitiva la habilidad de gestionar y optimizar la movilidad urbana.

4.1.5. Baja digitalización de servicios municipales / Percentage of major streets monitored by ICT

Durante el 2022 en Cuenca, solo el 60% de los datos abiertos son publicados según estándares, y se cuenta con 169 trámites/servicios digitales disponibles para los ciudadanos. Se debería completar la automatización de los trámites/servicios restantes y de forma integral para una completa digitalización de servicios que beneficiarían en eficiencia, transparencia y facilidad para interactuar con todos los procesos administrativos de la ciudad. Esto dificulta la adopción de una cultura de uso intensivo de aplicaciones inteligentes por parte de la población.

4.1.6. Clasificación manual de residuos / Percentage and number of inventoried open datasets that are published

Aunque Cuenca tiene buenas tasas de distribución adecuada y reciclaje de residuos (96%), aún depende completamente del factor humano, sin incorporar tecnologías de clasificación, pesaje y trazabilidad en centros de acopio. Lo cual genera importantes limitaciones en eficiencia e incorporación de mejoras tecnológicas comparado con procesos automatizados que utilizan sensores ópticos, identificación de materiales por infrarrojo, o clasificación asistida por inteligencia artificial, evidenciándose problemas como menor volumen procesado, mayores costos operativos, alta variabilidad entre clasificadores, y la imposibilidad de llevar una trazabilidad digital de los residuos.

4.1.7. Complejidad en pagos de transporte público / Percentage and number of inventoried open datasets that are published

En el informe del 2022 sobre Cuenca, se reveló que menos del 5% de intersecciones y calles cuentan con sistemas de monitoreo de tráfico mediante cámaras o sensores. Esta falta de información en tiempo real sobre situaciones como congestiones, tiempos de recorrido, obstrucciones de vías, estado de semaforización, genera grandes ineficiencias en la gestión del intenso flujo vehicular de la urbe. Los limitados datos disponibles impiden diseñar estrategias integrales para la optimización del tráfico, como la modificación dinámica de los tiempos de los semáforos para favorecer ejes con mayor densidad, la recomendación de rutas alternativas ante incidentes, o la priorización efectiva del transporte público para reducir tiempos de viaje.

4.1.8. Alta huella de carbono en movilidad / Percentage of low-carbon emission passenger vehicles

Cuenca posee una elevadísima dependencia de combustibles fósiles para transporte, con apenas un 0,14% de los vehículos de pasajeros correspondiendo a alternativas de cero o bajas emisiones, como vehículos eléctricos e híbridos. Esta situación resulta en una importante huella de carbono para la ciudad, con sus consecuentes impactos ambientales negativos tanto locales como globales (calentamiento global).

Asimismo, la utilización de transporte público basado en combustibles como diesel y gasolina genera una importante contaminación atmosférica que afecta la salud de la población y va en contra de los esfuerzos por una ciudad sostenible.

4.1.9. Movilidad unificada / Percentage of urban public transport stops for which traveler information is dynamically available to the public in real time

Actualmente existen múltiples medios para acceder y pagar los diferentes modos de transporte público en Cuenca, como buses urbanos, Inter parroquiales y ahora el nuevo tranvía. Esta diversidad dificulta contar con un modelo unificado de movilidad integrada. Esto se traduce en problemas en la experiencia del usuario que debe movilizarse por la ciudad usando más de un modo de transporte.

4.1.10. Falta de app unificada de movilidad / Percentage of urban public transport stops for which traveler information is dynamically available to the public in real time.

Cuenca carece actualmente de una solución de movilidad urbana que, mediante algoritmos avanzados, pueda recomendar a los ciudadanos rutas óptimas y multimodales considerando variables como medios de transporte disponibles, tráfico, favoritismo de modos sostenibles, integración con transporte público, tiempo, costo y huella ambiental.

4.2. Formular Solución Candidata

En esta etapa, siguiendo la estructura del artículo, se estableció una relación uno a uno entre cada problemática detectada en la fase de formulación del problema, y una alternativa de solución tecnológica para resolver cada problema expuesto anteriormente. Se proponen proyectos para fortalecer y/o aumentar el nivel de madurez CIS relacionados con infraestructura, datos y servicios TIC. Con los problemas claramente definidos, se propusieron soluciones específicas. Para abordar la movilidad, se consideraron sistemas de transporte inteligente, como la implementación de sensores y tecnologías de gestión de tráfico. En cuanto a la gestión de residuos, se exploraron tecnologías de monitoreo para mejorar la eficiencia de la recolección y reciclaje. Para la eficiencia energética, se enfocó en la integración de fuentes renovables y tecnologías inteligentes para reducir el consumo. Para esto se pueden identificar posibles soluciones:

4.2.1. Cobertura de Infraestructura de Telecomunicaciones

Para abordar la baja conectividad de banda ancha en Cuenca, se propone realizar un censo detallado de infraestructura de telecomunicaciones. Este proyecto propone la elaboración de un censo de infraestructura de telecomunicaciones para determinar la cobertura real de redes fijas y móviles en el cantón, tanto en la zona urbana como rural, identificando además zonas sin conectividad. Este proyecto busca ampliar la cobertura de la infraestructura de telecomunicaciones, específicamente la red de Fibra Óptica, para proveer servicios de internet de banda ancha fija de alta velocidad a hogares y negocios en la ciudad. Un aspecto clave es aprovechar al máximo la infraestructura de distribución eléctrica y alumbrado público para minimizar la obra civil requerida.

4.2.2. Riesgos e Ineficiencias en el Sistema de Alcantarillado

Frente a la limitada monitorización del sistema de alcantarillado en Cuenca, se sugiere extender una gran red de sensores IoT, apoyados sobre conectividad 4G/5G, para medición en tiempo real de parámetros como: niveles de agua, caudal y presión en puntos críticos del sistema de alcantarillado.

Los dispositivos enviarán esta información a un software de gestión central que aplicará algoritmos de inteligencia artificial para modelar comportamientos y alertar automáticamente sobre situaciones anómalas o de riesgo inminente. Así mismo, el sistema registrará todas las métricas en una base de datos histórica para análisis predictivo.

4.2.3. Ineficiencias en la Gestión de Servicios Públicos

Con el fin de solucionar la falta de medición inteligente de servicios, se propone una expansión de una red de sensores IoT para la medición en tiempo real de parámetros asociados al sistema de drenaje pluvial, electricidad, transporte y recolección de desechos sólidos. Se instalarían medidores interconectados mediante IoT, que enviarán lecturas en tiempo real a un software central de gestión en la nube. Este proyecto podría crear las bases para nuevos modelos de tarificación dinámica, así como iniciativas de eficiencia basadas en información confiable de uso para cada cliente.

4.2.4. Congestión Vehicular y Gestión de Tráfico Urbano

Ante la escasa información de tráfico en tiempo real de la ciudad de Cuenca, se propone, un robusto sistema de vigilancia del tránsito urbano mediante una extensa red de sensores de tráfico, radares vehiculares, semáforos inteligentes y cámaras de video analítico distribuidas por toda la ciudad.

Estos dispositivos, apoyados sobre conectividad de alta velocidad, proveerán en tiempo real métricas como intensidad, velocidad, tiempos de trayecto, trayectorias, tipo de vehículos e imágenes en alta definición al centro de control de movilidad. Allí un potente software procesará estos datos aplicando algoritmos de inteligencia artificial para modelar el estado actual en cada intersección, avenida y túnel; así como para simular alternativas y efectuar recomendaciones proactivas para gestores de tránsito.

4.2.5. Experiencia Fragmentada en Canales Digitales Municipales

La fragmentación de canales digitales y la falta de integración en los servicios municipales de Cuenca generan una experiencia incoherente y compleja para los ciudadanos que buscan interactuar con la municipalidad de Cuenca. Actualmente varios canales digitales como web, APP móvil y chatbots para interacción con la ciudadanía. Sin embargo, estos funcionan de forma aislada, provocando una experiencia fragmentada y compleja para acceder a trámites y servicios electrónicos. El proyecto busca mejorar la relación Ciudadano-Municipalidad en identidad digital, aplicando un rediseño centrado en entendimiento profundo de necesidades de usuarios reales para entregar interacciones personalizadas y simplificadas que automaticen resolución mediante API, bots conversacionales e inteligencia artificial. Esta disrupción apalancada en tecnologías de vanguardia como IoT y RPA entre otras, permitiría expandir la oferta de autoservicios ágiles para destrabar valor y mejorar satisfacción de cuencanos con su GAD.

4.2.6. Ineficiencias en la Gestión de Residuos y Reciclaje

Para abordar la clasificación manual de residuos que limita la eficiencia de los procesos de reciclaje y gestión de residuos, se plantea una modernización de las plantas de residuos gestionadas por la municipalidad, incorporando nuevas maquinarias para optimizar los procesos actualmente manuales, mejorar las condiciones de los trabajadores y maximizar la cantidad de materiales recuperados para reciclaje.

Se instalarán sensores ópticos de alta precisión en diferentes puntos de las cintas de clasificación, los cuales mediante sofisticados algoritmos de deep learning, serán capaces de identificar los distintos tipos de objetos y materiales en tiempo real.

Igualmente, sobre las cintas se ubicarán brazos y pinzas robotizadas que, guiadas por la información de los sensores ópticos, separarán automáticamente todos aquellos elementos previamente categorizados para su posterior reciclaje.

Los residuos no procesables seguirán el curso normal para su tratamiento alternativo. A la par, se incorporará un módulo de reconocimiento facial para control de acceso, asistencia y trazabilidad del personal en planta.

Otros procesos como el pesaje y disposición temporánea serán monitorizados en tiempo real e integrados vía IoT al sistema de gestión central en la nube, el cual, aplicando analítica sobre los datos históricos, optimizaría variables como rutas de recolección y mantenimiento predictivo de maquinaria.

4.2.7. Ineficiencias en la Gestión de Activos y Personal en Campo

Con el objetivo de superar la complejidad en la gestión de activos que afecta la productividad y eficiencia de los procesos internos, se desplegará una red IoT de sensores RFID, gateways con conectividad WiFi/4G y antenas fijas y móviles para la identificación automática en tiempo real de la localización de activos físicos como vehículos, equipos de obra, gestión de inventarios, así como personal en campo. Permitirá monitorear procesos internos clave, recopilando métricas como tiempos de ciclo, productividad y ociosidad mediante análisis de big data, ayudando a optimizar procedimientos y reducir pérdidas. También, La propuesta consiste en complementar el sistema actual con algoritmos especializados de inteligencia artificial para reconocimiento facial sobre los streamings de video vigilancia. Este software sería capaz de detectar automáticamente individuos buscados o con alertas por orden judicial mediante comparación biométrica en bases de datos de sospechosos. El procesamiento intensivo de las imágenes se realizaría mediante

capacidades de computación de vanguardia “on the edge”, es decir, distribuyendo la carga analítica en los propios puntos de generación del video en campo. Esto permite tiempos de respuesta mucho más rápidos. Luego en la nube se aplicaría minería de datos para modelar situaciones de riesgo emergente.

4.2.8. Contaminación Ambiental por Transporte Público

Frente a la alta huella de carbono en la movilidad, con el objetivo de mejorar el transporte público mediante autobuses eléctricos, se plantea introducir de forma gradual autobuses 100% eléctricos para reemplazar las actuales unidades de transporte público que funcionan con diésel o gasolina. Los vehículos se cargarían en las estaciones y puntos terminales del sistema aprovechando el tiempo entre rutas. Esta electrificación de las flotas de buses, conjuntamente con la incorporación progresiva de taxis eléctricos, permitiría avanzar hacia una movilidad de cero emisiones con los impactos positivos ambientales, económicos y sociales que aquello conlleva.

4.2.9. Fragmentación en la Gestión del Transporte Público

Para superar la falta de integración en los sistemas de transporte público. El proyecto plantea el desarrollo e implementación de una plataforma tecnológica fusionada, que integre y centralice los actuales sistemas de gestión de transporte público, recaudación de pasajes y medios de pago que manejan de forma independiente cada operador de transporte público en la ciudad como buses urbanos, interparroquiales, tranvía y futuro metro ligero.

La solución comprenderá una app móvil de pagos mediante la cual el usuario podrá, a través de una cuenta personal única, recargar saldo digital y gestionar el pago de los pasajes correspondientes a cualquiera de los medios de transporte integrados, de forma transparente y automática al momento de abordar el bus o de ingresar a las estaciones de tren, Metro o tranvía.

4.2.10. Ineficiencias en el Sistema de Movilidad Urbana

Ante la falta de datos en tiempo real para gestionar la movilidad. Este proyecto busca implementar un centro de control de operaciones para gestionar el sistema de movilidad en Cuenca, apoyado por tecnologías de sensores, video y análisis de datos en tiempo real, esto mejoraría los tiempos medios de viaje, mediante estrategias dinámicas para la optimización de rutas y adaptación inteligente de ciclos y fases semafóricas. El ruteador multimodal de la app MOVER-U desarrollada en la Universidad de Cuenca, podría nutrirse de datos en tiempo real del proyecto de monitorización de tráfico mediante sensores y cámaras que se propuso anteriormente, para así recomendar a los ciudadanos rutas óptimas considerando congestión vehicular, tiempo de viaje, disponibilidad de transporte público, estacionamientos, ciclovías, etc.

El sistema permitiría analizar patrones de congestión vehicular para hacer ajustes dinámicos a los planes de control semafórico. Asimismo, mediante aplicaciones móviles podría recomendar rutas en tiempo real a los ciudadanos e informar sobre tiempos de recorrido, disponibilidad de parqueos, estado del transporte público, entre otros.

4.2.11. Movilidad Urbana Ineficiente y Desorganizada

Para abordar la falta de una app unificada de movilidad urbana, primero se va a usar la app MOVER- U ya que con su algoritmo de optimización incorpora variables como tráfico, favoritismo de alternativas sostenibles, tiempos de cada tramo, interconexión con transporte público, huella de carbono y costo. Entregando finalmente la mejor ruta posible preferentemente mediante modos colaborativos y amigables con el ambiente. El proyecto plantea escalar el uso de MOVER-U al ámbito laboral primero, y luego abriéndola a toda la ciudadanía, aprovechando la oportunidad que representa el contar con una app 100% cuencana que fomenta de forma innovadora la movilidad eficiente y sostenible.

4.3. Validación / Resultados

En esta etapa, se exponen y relacionan los proyectos propuestos en la etapa anterior con las métricas que utilizan los modelos de la UIT (Ciudades inteligentes) para poder evaluar los resultados cuando se ejecuten los proyectos. Las soluciones propuestas se realizaron con un enfoque de sostenibilidad a largo plazo, que ayuden a cuenca a mejorar su infraestructura TIC.

En base a las posibles soluciones se podría tener los siguientes avances:

4.3.1. Baja conectividad de banda ancha / Percentage of households with Internet Access

Para validar la solución en cuanto a la cobertura en telecomunicaciones, es importante realizar un censo detallado de la infraestructura existente. Esto nos permitirá comprender la situación actual en términos de cobertura de redes fijas y móviles, y así identificar las áreas que necesitan de conectividad. Con esta información, se podrá planificar de manera efectiva la ampliación de servicios.

Este proyecto tiene el potencial de aumentar considerablemente el acceso a internet de banda ancha fija en los hogares, lo que generalizaría el acceso a información y conocimiento. Además, sentaría las bases para la implementación de soluciones digitales de alto impacto en áreas críticas como educación, salud y servicios en línea. La expansión de la infraestructura de telecomunicaciones no solo aumentaría el acceso a internet de banda ancha en más hogares de Cuenca, sino que también facilitaría el trabajo remoto, la educación en línea y mejoraría la conectividad general de la comunidad.

Este proyecto tendría un impacto directo en el indicador clave de desempeño "Porcentaje de hogares con acceso a Internet" (EC: ICT: ICT: 2C), ya que el aumento en las suscripciones de banda ancha fija elevaría este porcentaje. Esto, a su vez, facilitaría la adopción de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas, el análisis de grandes volúmenes de datos y la computación en la nube.

4.3.2. Monitorización limitada de alcantarillado / Percentage of drainage/storm water system monitored by ICT

En el caso de validar la mejora en los riesgos e ineficiencias en el sistema de alcantarillado en la ciudad de Cuenca, la implementación de una extensiva red de dispositivos IoT para monitoreo en tiempo real de métricas sobre el funcionamiento de sistemas críticos, optimizaría tiempos de respuesta ante amenazas, reduciría costos operativos en infraestructura, y sentaría bases para la analítica de datos y mejora continua. permitirá respuestas ágiles basadas en información confiable para toma de decisiones, ahorros por optimización de procesos, rapidez en la detección y mitigación de amenazas, así como analítica sobre datos históricos para introducir mejoras proactivas que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos.

El indicador clave de desempeño "Porcentaje de infraestructura monitorizada con TIC" (EC: ICT: D: 1A) mejoraría ya que aumentaría la relación que existe en el indicador de desempeño entre la longitud del sistema monitoreado por TIC (km) y la longitud total del sistema completo (km) en la ciudad de Cuenca, incorporando mediciones en torno a niveles, caudales, presiones, consumos eléctricos, tráfico vehicular, entre otros.

4.3.3. Nula medición inteligente de servicios / Percentage implementation of smart electricity meters

Con el fin de verificar la eficacia de la solución frente a las ineficiencias en la gestión de servicios públicos, la red de sensores IoT facilitaría la monitorización en tiempo real de más servicios críticos como drenaje de aguas lluvias, electricidad, transporte público, tráfico y recolección de desechos; optimizando su funcionamiento. Con esta información precisa de consumos eléctricos y de agua potable abre la puerta para múltiples mejoras, desde eficiencia basada en lecturas diarias exactas, hasta detección instantánea de fugas o conexiones irregulares. Además, con los datos recolectados se podrán implementar programas personalizados para incentivar cambios de hábitos en favor de la sostenibilidad.

El proyecto elevaría el indicador clave de desempeño "Percentage implementation of smart electricity meters" (EC: ICT: WS: 1C) porque aumentaría el KPI en relación a el número de medidores de agua inteligentes instalados y número total de medidores de agua instalados, permitiendo eficiencia basada en datos confiables de consumo.

4.3.4. Poca información de tráfico en tiempo real / Percentage implementation of smart electricity meters

Para medir la efectividad en la congestión vehicular y gestión de tráfico urbano, el centro de control tendría un avance significativo en los tiempos de respuesta ante incidentes que afecten la seguridad o continuidad de los servicios públicos. Además, facilitaría un servicio más centrado en el

ciudadano, para ofrecer recomendaciones predictivas para conductores y ajustes dinámicos en los ciclos de semáforos favoreciendo corredores con mayor densidad. Esta solución será un pilar de la movilidad inteligente, por su capacidad para recopilar y procesar grandes volúmenes de datos que posteriormente se podrán analizar y aprovechar para cuantificar y mejorar el rendimiento del sistema mediante cambios operacionales.

El sistema mejoraría el indicador clave de desempeño “Percentage implementation of smart electricity meters” (EC: ICT: T: 2C), ya que incrementaría aún más el porcentaje de Longitud de las calles principales monitoreadas por TIC, gracias a la red de sensores y cámaras para gestión centralizada.

4.3.5. Baja digitalización de servicios municipales / Percentage of major streets monitored by ICT

Para medir la efectividad de la propuesta en la experiencia desarticulada en plataformas digitales municipales. Se plantea la ampliación de la disponibilidad de datos municipales, lo que aumentaría las oportunidades de aprovechamiento e innovación por parte de emprendedores e investigadores. Una ambiciosa plataforma omnicanal integral para simplificar trámites e interacciones ciudadano-gobierno mediante autoservicios ágiles, intuitivos y proactivos, reducirá tiempos de procesamiento interno, a la vez que empodera al ciudadano para autogestionar sus necesidades sin requerir desplazamientos físicos ni hacer filas. Esto impulsará los niveles de satisfacción hacia la gestión de la ciudad.

La creación o fortalecimiento de una plataforma digital para mejorar y aumento los 169 servicios públicos automatizados actuales. Esto contribuiría al aumento del número de servicios públicos digitales disponibles para el ciudadano. La plataforma digital unificada ofrecería a los residentes de Cuenca acceso fácil y eficiente a una amplia gama de servicios municipales. Desde pagos hasta trámites, la plataforma simplificaría las interacciones ciudadano-gobierno, mejorando la experiencia del usuario.

El proyecto aumentaría el indicador clave de desempeño “Percentage of major streets monitored by ICT” (EC: ICT: PS: 2A) ya que subiría su número de servicios públicos disponibles a través del servicio en línea, dando facilidades a la comunidad.

4.3.6. Clasificación manual de residuos / Percentage and number of inventoried open datasets that are published

Facilitaría la transición hacia un modelo de economía circular predictiva, la conectividad IoT y análisis de big data entregaría trazabilidad completa, desde la generación hasta la disposición final o reciclaje. Esto mejoraría sustancialmente la planificación de rutas, ciclos de mantenimiento preventivo y maximización en la valorización de materiales. Reduciría costos operativos, la automatización con máquinas especializadas puede disminuir costos laborales. Adicionalmente optimiza uso de activos, consumo de energía y productividad. También, mejoraría la salud pública, una mejor clasificación significa menos residuos orgánicos sin procesar expuestos al ambiente. Esto incide positivamente reduciendo vectores de enfermedad. Asimismo, el ambiente laboral para los operarios de planta mejoraría al automatizar tareas insalubres antes manuales.

El proyecto de modernización tecnológica de las plantas de gestión de residuos sólidos permitiría avanzar en los siguientes indicadores clave de desempeño definidos por la UIT:

EC: ICT: SWM: 1A – “Porcentaje de infraestructura de gestión de residuos monitorizada remotamente mediante TIC”.

EC: ICT: SWM: 1B – “Porcentaje de flota de transporte de residuos monitorizada mediante TIC”.

4.3.7. Baja conectividad de banda ancha / Percentage of households with Internet Access

También para validar la solución al problema sobre ineficiencias en la gestión de activos y personal en campo, la implementación de una extensa red de sensores basada en tecnologías de identificación por radiofrecuencia RFID e Internet de las Cosas (IoT), permitirá realizar un monitoreo en tiempo real de los principales activos corporativos como vehículos, maquinaria y equipos de campo; así como también llevar a cabo la trazabilidad de las actividades, rutas e incidencias del personal operativo. Mediante algoritmos de análisis de big data y machine learning,

esta valiosa información capturada en terreno alimentará un sistema central de inteligencia artificial, el cual modelará el desempeño actual, simultanea escenarios futuros y recomendará acciones preventivas o correctivas de forma proactiva. De esta manera, al contar con visibilidad integral sobre el estado, uso y traslado de los recursos municipales, así como del rendimiento y productividad del capital humano, se logrará optimizar sustancialmente aquellos procesos internos y de provisión de servicios públicos que dependen en gran medida de una eficiente administración de los activos físicos y personal en campo.

El indicador clave de desempeño “Percentage of households with Internet Access” (EC: ICT: ICT: 2C) se incrementaría el porcentaje actual ya que subirían los números de suscripciones de banda ancha fija.

4.3.8. Alta huella de carbono en movilidad / Percentage of low-carbon emission passenger vehicles

Si se desea evaluar la contaminación ambiental por transporte público, se bajaría las emisiones de autobuses, se debe migrar los autobuses que conforman el transporte público de Cuenca hacia tecnologías de propulsión 100% eléctrica, se lograría incrementar de forma importante el actual indicador de apenas 0,14% de vehículos de pasajeros catalogados como de bajas o cero emisiones. Esto reduciría la contaminación atmosférica y la huella de carbono ligada a movilidad urbana. Mejoraría sustancialmente la calidad del aire, con los consecuentes beneficios en salud pública asociados a la reducción de emisiones nocivas. Esta iniciativa posicionará internacionalmente a Cuenca como líder global en descarbonización del transporte masivo.

El proyecto elevaría sustancialmente el indicador clave de desempeño “Percentage of low-carbon emission passenger vehicles” (EC: I: T: 8A) desde el casi inexistente 0.14% actual, ya que incrementaría el número de vehículos de bajas emisiones matriculados.

4.3.9. Movilidad unificada / Percentage of urban public transport stops for which traveler information is dynamically available to the public in real time

Cuando se desee validar la solución sobre fragmentación en la gestión del transporte público, se plantea integrar una sola forma de pago en el transporte público de cuenca mejoraría directamente el indicador de desempeño sobre información dinámica al usuario de transporte público, al unificar el conocimiento de disponibilidad y medios de pago. Indirectamente facilitaría la intermodalidad y experiencia integrada de viaje, fomentando el uso de opciones sostenibles sobre el vehículo particular. Representará un avance radical para experiencia de usuario al unificar y simplificar la planificación y gestión de pagos para cualquier opción de bus, tranvía o bicicleta compartida. Esto fomentará comportamientos multimodales integrados, claves para la movilidad urbana moderna.

La aplicación móvil mejoraría la experiencia de usuario e impulsaría el indicador clave de desempeño “Percentage and number of inventoried open datasets that are published” (EC: ICT: T: 1C) ya que aumentaría su número de paradas y estaciones con información dinámica disponible en el que se centra este indicador.

4.3.10. Falta de app unificada de movilidad / Percentage of urban public transport stops for which traveler information is dynamically available to the public in real time

En el caso de validar la solución sobre las ineficiencias en el sistema de movilidad urbana sostenible, se promueve la adopción considerable de MOVER-U como la app predilecta para moverse en Cuenca, su distintiva capacidad de ruteo inteligente podría cambiar patrones de comportamiento en favor de alternativas basadas en compartición, aportando así al mejoramiento de indicadores de movilidad de ciudad inteligente.

Además, expandir capacidades de enrutamiento inteligente en Mover-U para incorporar analítica predictiva sobre variables como estado de vías, transporte disponible, tiempos last-mile e impacto ambiental, permitirá entregar alternativas óptimas personalizadas para cada usuario

El proyecto mejoraría indirectamente el indicador clave de desempeño “Percentage of urban public transport stops for which traveler information is dynamically available to the public in real time” (EC: I: T: 4A), incentivando opciones sostenibles sobre vehículos individuales.

4.3.11. Falta de solución de ruteo multimodal / Percentage of urban public transport stops for which traveler information is dynamically available to the public in real time.

Para evaluar la solución sobre movilidad urbana ineficiente y desorganizada, se propone la implementación de un sistema de este tipo es clave para avanzar hacia una movilidad eficiente mediante recolección masiva de datos, análisis predictivo y la optimización resultante del flujo vehicular aplicando inteligencia artificial. Este enfoque contribuiría al aumento de la calidad de vida mediante desplazamientos más rápidos y predecibles alrededor de la urbe. La adopción de MOVER-U con su capacidad de ruteo inteligente podría cambiar patrones de comportamiento, fomentando el uso de opciones sostenibles y mejorando los indicadores de movilidad.

Liberar datos de la ciudad incrementaría el indicador clave de desempeño "Percentage of urban public transport stops for which traveler information is dynamically available to the public in real time" (EC: ICT: PS: 1A), aumentando el número total de conjuntos de datos lo que mejoraría el indicador, además de impulsar transparencia e innovación.

5. Conclusión

- Proyecto de expansión de infraestructura de telecomunicaciones

Este proyecto permitiría ampliar sustancialmente el acceso de los hogares cuencanos a internet de alta velocidad mediante redes fijas de fibra óptica, impactando así directamente el KPI de porcentaje de hogares con conexión de banda ancha establecido por la UIT. Considerando la infraestructura eléctrica y de alumbrado disponible, se plantea incrementar este indicador actualmente en 0%.

Los beneficios para la ciudad serían múltiples: desde facilitar el teletrabajo, la educación en línea y telemedicina; hasta sentar bases digitales sobre las cuáles construir una urbe sostenible gracias tecnologías como IoT, movilidad inteligente y eficiencia energética. El aumento en este KPI sería un paso crucial para el progreso de Cuenca dentro de los estándares globales de Ciudad Inteligente.

- Despliegue de red de sensores IoT

La implementación de una extensiva red de dispositivos y sensores IoT para monitoreo en tiempo real de métricas en torno al funcionamiento de sistemas urbanos críticos, permitiría mejoras directas en KPI como el "Porcentaje de sistemas de drenaje de aguas pluviales monitorizados mediante TIC". Se esperaría incrementar este indicador desde el actual 11%, habilitando la detección temprana ante inundaciones, optimización del mantenimiento, y ahorros económicos por eficiencia operacional.

El proyecto sería un pilar fundamental en el camino hacia una Cuenca más inteligente y sostenible, porque proveería información invaluable para la toma de decisiones en tiempo real, así como para el análisis predictivo e introducción de mejoras continuas en favor de la comunidad.

- Implementación de sistemas de medición inteligente

La implementación de miles de modernos medidores interconectados mediante IoT en servicios de electricidad, gas y agua potable significaría un avance revolucionario en el KPI de "Penetración de medición inteligente" que la UIT ha estandarizado globalmente. Se pasaría de un 0% actual en Cuenca gracias a esta iniciativa, sentando bases para un nuevo modelo de prestación de estos servicios esenciales, enfocado en eficiencia, sostenibilidad y experiencia del usuario final.

Entre los beneficios cuantificables se incluyen: reducción de pérdidas por fugas/conexiones irregulares, esquemas de tarifas dinámicas habilitando ahorros, información para toma de decisiones en minutos versus meses; así como nuevas oportunidades de negocio sobre los datos generados. En resumen, sería un salto radical hacia una Cuenca más próspera, inclusiva y comprometida con el medio ambiente.

- Sistema de monitoreo inteligente de movilidad urbana

El despliegue de una completa red de vigilancia del flujo vehicular en vías, intersecciones y túneles desplegando soluciones de vanguardia como IoT, reconocimiento de matrículas e inteligencia artificial, permitiría gestionar de forma centralizada, optimizada e inteligente la movilidad en toda la ciudad.

Esto se traduciría por ejemplo en mejoras directas del KPI establecido por la UIT de "Porcentaje de calles monitorizadas mediante TIC", incrementándolo desde el actual 5%. Pero, además, generaría

beneficios tangibles para la población como reducción en tiempos medios de traslado, disminución de episodios críticos de congestión, y predictibilidad mediante apps de routing en tiempo real.

- Plataforma digital de servicios al ciudadano

Un ambicioso proyecto de integración y modernización tecnológica para consolidar los diversos canales digitales actuales del municipio en una plataforma convergente permitiría un salto radical en el KPI establecido por la UIT de "Cantidad de servicios públicos electrónicos disponibles".

Según el estudio inicial, Cuenca cuenta con 169 trámites digitales, se debe automatizar el resto de tramites/servicios y mejorar algunos existentes. Con este proyecto se podría adoptar a las últimas tendencias en diseño centrado en el usuario e inteligencia artificial para entregar autoservicios proactivos, ágiles y eficientes.

Asimismo, el consolidar datos maestros en una nube municipal segura sentaría bases para análisis de alto valor e innovación para la toma de decisiones por parte de las autoridades.

- Robotización de procesos en plantas de residuos sólidos

La introducción de brazos y pinzas robóticas con sistemas de visión guiados por inteligencia artificial en los procesos manuales de clasificación de desechos sólidos, no sólo aumentaría la productividad y eficiencia en términos de volumen procesado y costos de operación; también mejoraría directamente el KPI de "Porcentaje de residuos sólidos tratados".

Esta innovación permitiría mejorar las condiciones de los trabajadores al automatizar labores peligrosas e insalubres. Asimismo, facilitaría una trazabilidad total de los residuos para transitar hacia un modelo de economía circular, donde cada elemento tendría un duplicado digital con información asociada desde su generación hasta tratamiento final.

- App convergente de información, recarga y pago para transporte público

El proyecto de desarrollar una aplicación móvil convergente, que interopere con los actuales sistemas de pago e información de disponibilidad a pasajeros de los distintos medios (bus, tranvía), para permitir una experiencia unificada e integrada, tendría un efecto directo en mejorar el KPI estandarizado de "Porcentaje de paradas con datos en tiempo real".

Esto debido a que proveería no sólo consulta de horarios y tiempos de llegada homogénea independiente del operador, sino también la posibilidad de gestionar en una sola billetera virtual la recarga y pago de cualquiera de los servicios.

Los beneficios en términos de facilitar y fomentar la adopción de alternativas de transporte colectivas e intermodales son evidentes, en favor de la sostenibilidad y eficiencia de la movilidad urbana.

- Electrificación de flotas de transporte público

Reemplazar de forma gradual la totalidad de los buses urbanos que hoy funcionan con Diesel, por nuevas unidades 100% eléctricas, representaría un cambio radical en el indicador establecido de "Porcentaje de vehículos de pasajeros de bajas o nulas emisiones". Pasando de un casi inexistente 0,14% actual.

Esta migración a fuentes limpias para el principal medio de transporte colectivo de pasajeros en la ciudad, reduciría enormemente la contaminación ambiental producida por las emisiones, con los impactos positivos que esto implica para calidad de vida y salud pública. Adicionalmente, permitiría dar ejemplo e incentivar la transición gradual del resto de vehículos hacia tecnologías sustentables.

- Algoritmos avanzados en App Mover-U para rutas óptimas

El potenciar mediante machine learning y analítica avanzada los algoritmos de la APP Mover-U, desarrollada enteramente en Cuenca para rutear viajes considerando múltiples variables como estado actual del tráfico, disponibilidad de alternativas de transporte, tiempos, costos e incluso huella ambiental; permitiría masificar esta solución innovadora, incentivando patrones de movilidad sostenibles a través de opciones multimodales, compartidas y eficientes.

Contribuyendo así indirectamente a la mejora de KPIs relacionados con reducción de tiempos de traslado, utilización de transporte público y medios no motorizados, niveles de servicio, y adopción de vehículos no contaminantes.

- Publicación de datos abiertos

Liberar para aprovechamiento público los vastos flujos de información que recolectará el nuevo Centro de Monitoreo Urbano desplegando IoT, redes de sensores, reconocimiento de imágenes y otras tecnologías; permitiría fomentar externalidades positivas para la Ciudad Inteligente como la innovación abierta, el emprendimiento tecnológico centrado en las necesidades locales, y la investigación propositiva por parte de la Academia, tanto nacional como internacional.

El estudio logró de manera exitosa cumplir con los objetivos establecidos para evaluar las recomendaciones de la UIT-T en infraestructura, datos y servicios TIC con el propósito de proponer mejoras para fortalecer la sostenibilidad de Cuenca como ciudad inteligente. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los modelos de la UIT, la norma ISO37106 para Ciudades Inteligentes y el enfoque de la BID Deloitte para Ciudades Inteligentes en América Latina y el Caribe. Además, se examinó detalladamente el informe de madurez de CIS Cuenca 2022, desarrollado por el MINTEL, el cual se basó en las directrices de la UIT.

Como resultado de este análisis riguroso, se pudieron identificar áreas clave de mejora y oportunidades estratégicas. Posteriormente, se propusieron proyectos específicos en los ámbitos de infraestructura, datos y servicios TIC. Estos proyectos están alineados con las recomendaciones de la UIT y están diseñados para contribuir de manera significativa a la sostenibilidad y el desarrollo de Cuenca como una ciudad inteligente.

7. Referencias

Aina, Y. A. (2017). Achieving smart sustainable cities with GeoICT support: The Saudi evolving smart cities. *Cities*, 71, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.07.007>

Bergmark, P. (2018). Reflections Regarding ICT and a Citizen-centric Future Path of Smart Sustainable Cities: AW4City 2018 Keynote. *The Web Conference 2018 - Companion of the World Wide Web Conference, WWW 2018*, 929–933. <https://doi.org/10.1145/3184558.3191521>

Bouskela, M., Casseb, M., & Bassi, S. (2016). *The Road toward Smart Cities Migrating from Traditional City Management to the Smart City*.

Deloitte Asesoría Financiera, S. C. (2022). *Enfoque Cuenca - 2022.06.09*.

Elfiky, I. A. (2019). *A proposed assessment scheme for smart sustainable urban development*. <https://fount.aucegypt.edu/etds/758>

Elgazzar, R. F., & El-Gazzar, R. F. (2017). Smart Cities, sustainable cities, or both? a critical review and synthesis of success and failure factors. *SMARTGREENS 2017 - Proceedings of the 6th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems*, 250–257. <https://doi.org/10.5220/0006307302500257>

Huovila, A., Bosch, P., & Airaksinen, M. (2019). Comparative analysis of standardized indicators for Smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when? *Cities*, 89, 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.029>

International Telecommunication Union. (2022). *ITU-T Y.4903*. <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11>

Iso 37106. (2021). *BS ISO 37106-2021*.

ISO 37106. (2021). *Sustainable cities and communities-Guidance on establishing smart city operating models for sustainable communities Villes et communautés territoriales durables-Lignes directrices pour l'établissement de stratégies pour les villes intelligentes et les collectivités*.

Fernandez-Anez, V., Fernández-Güell, J. M., & Giffinger, R. (2018). Smart city implementation and discourses: An integrated conceptual model. the case of vienna.

Cities, 78, 4-16. doi: 10.1016/j.cities.2017.12.004

Moustaka, V., Maitis, A., Vakali, A., & Anthopoulos, L. G. (2020). CityDNA Dynamics: A Model for Smart City Maturity and Performance Benchmarking. *The Web Conference 2020 - Companion of the World Wide Web Conference, WWW 2020*, 829–833. <https://doi.org/10.1145/3366424.3386584>

Sang, Z., & Li, K. (2019). ITU-T standardisation activities on smart sustainable cities. In *IET Smart Cities* (Vol. 1, Issue 1, pp. 3–9). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1049/iet-smc.2019.0023>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2016). *RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET, REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN, INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES INTELIGENTES*. <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

Gorschek, T., & Larsson, S. B. (2006). A Model for Technology Transfer in Practice Per Garre i.

Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2022). Medición de Nivel de Madurez en Ciudades inteligentes y Sostenibles del Ecuador.

Gotlib, D., Kulisiewicz, T., Muraszkieicz, M., & Olszewski, R. (2019). SMART GOVERNANCE IN THE CAPITAL CITY OF WARSAW WITH THE USE OF ICT AND GEOINFORMATION TECHNOLOGIES. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4(4/W9), 49–56. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W9-49-2019>

Ibănescu, B. C., Pascariu, G. C., Bănică, A., & Bejenaru, I. (2022). Smart city: A critical assessment of the concept and its implementation in Romanian urban strategies. *Journal of Urban Management*, 11(2), 246–255. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.05.003>

Zhou, L., Li, Q., Tu, W., & Wang, C. (2021). A heterogeneous key performance indicator metadata model for air quality monitoring in sustainable cities. *Environmental Modelling and Software*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104955>

Dixon, S., Irshad, H., Pankratz, D. M., & Bornstein, J. (2019). *The 2019 Deloitte City Mobility Index Gauging global readiness for the future of mobility*.

Maino Isaías, V., Beltrán, A., Palacios Bustamante, V., Carlos Chiluiza Mejía, J., Richard Ortega Poveda, J., Oswaldo Rivera Pastrano, L., Elizabeth Vera Cueva, J., de Jesús Malla Bustamante, R., Rolando Simbaña Imacaña, F., & Ivonne Valverde Moncada, A. (2022). *La Medición del Nivel de Madurez para Ciudades y Comunidades Inteligentes y Sostenibles contó con la colaboración de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales del país, Consejo Nacional de Competencias, Asociación de Municipalidades Ecuatorianas e instituciones del Ejecutivo*.