
El uso de big data y sensores IoT para la política urbana en Ecuador

Lusitania Gutiérrez-Sánchez

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Posgrado,
alexandra.gutierrez@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-7732-4985>

Byron Oviedo-Bayas

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Facultad de Posgrado
boviedo@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5366-5917>

Liliana Napa-Arévalo

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
lnapaa@ube.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5652-3412>

Omar Oviedo-Armijos

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
ooviedoa@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-4211-8503>

Abstracto

El presente estudio examina el papel estratégico del Big Data y los sensores del Internet de las Cosas (IoT) en la formulación y ejecución de políticas urbanas en Ecuador, con énfasis en la movilidad, la gestión ambiental y la seguridad ciudadana. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, aplicando revisión documental, entrevistas semiestructuradas y análisis de datos secundarios provenientes de portales municipales y proyectos piloto en Quito, Guayaquil y Cuenca. Los resultados evidencian un potencial transformador de estas tecnologías en la optimización de

procesos urbanos, reflejado en mejoras significativas en la reducción de tiempos de viaje y aumento de la velocidad promedio en corredores viales de Quito. No obstante, se identificaron limitaciones críticas que condicionan su impacto: déficit de capacidad técnica especializada (93.3%), restricciones presupuestarias (86.7%), fragmentación de datos interinstitucional (80%) y vacíos regulatorios en gobernanza de datos que generan preocupaciones sobre privacidad y vigilancia masiva. Tales hallazgos confirman las advertencias de Janowski (2015), Kitchin (2014) y Zuboff (2019) respecto a la necesidad de marcos éticos y regulaciones robustas en contextos de economías emergentes. Se concluye que, aunque la implementación de Big Data e IoT en la política urbana ecuatoriana puede contribuir a una gestión pública más eficiente, transparente y sensible a la ciudadanía, su éxito dependerá de la capacidad institucional para superar barreras técnicas y normativas, así como de la adopción de un enfoque equitativo que priorice la inclusión social y evite profundizar desigualdades preexistentes.

Palabras clave: Gobernanza de datos, capacidad institucional, equidad digital, políticas públicas, sostenibilidad urbana.

1. Introducción

La gestión de las ciudades contemporáneas enfrenta una encrucijada sin precedentes, marcada por la acelerada urbanización, el cambio climático y la creciente complejidad de los sistemas sociales y ambientales. A medida que los modelos tradicionales de planificación urbana centralizados, rígidos y reactivos resultan insuficientes para responder a dinámicas urbanas altamente interconectadas, surge la necesidad de un nuevo paradigma de gobernanza. Este paradigma debe ser capaz de integrar herramientas

tecnológicas avanzadas que permitan una toma de decisiones más ágil, predictiva y basada en evidencia. En este contexto, la noción de ciudad inteligente o *smart city* se ha consolidado como un horizonte de transformación urbana, proponiendo la utilización de tecnologías de información y comunicación (TIC) para mejorar la calidad de vida, optimizar los servicios públicos y fomentar la sostenibilidad (Albino, Berardi & Dangelico, 2015).

El concepto de ciudad inteligente ha transitado de una visión meramente tecnocéntrica, centrada en la innovación tecnológica como fin en sí mismo, hacia un enfoque más integral en el que la tecnología actúa como habilitador de procesos sociales, políticos y ambientales más inclusivos. En el corazón de este paradigma se encuentran dos pilares tecnológicos, el Big Data y el Internet de las Cosas (IoT). El Big Data se define como la acumulación y análisis de grandes volúmenes de datos generados de manera continua, caracterizados por su volumen, velocidad y variedad. Su valor radica en la capacidad de aplicar técnicas de analítica avanzada, inteligencia artificial y aprendizaje automático para identificar patrones y generar conocimientos aplicables a la gestión urbana (Kitchin, 2014). Por su parte, el IoT alude a una red de objetos físicos interconectados vehículos, dispositivos, sensores y software que permiten la captura de datos en tiempo real, configurando un entramado digital que monitorea múltiples dimensiones del entorno urbano, desde el tráfico hasta la calidad del aire (Gubbi, Buyya, Marusic & Palaniswami, 2013).

El potencial de estas tecnologías en la política urbana se refleja en diversos campos. En el ámbito de la movilidad, los datos obtenidos de GPS, aplicaciones móviles y sensores de tráfico permiten modelar la congestión vehicular en tiempo real, facilitando la optimización de semáforos, la redefinición de rutas de transporte público y la provisión de información precisa a los usuarios (Batty,

2013). En la gestión ambiental, sensores de bajo costo han posibilitado el monitoreo detallado de contaminantes atmosféricos y acústicos, generando evidencia para políticas públicas orientadas a mitigar la contaminación y proteger la salud (Quiñones, 2024). Del mismo modo, las redes inteligentes de energía y agua permiten detectar fugas, equilibrar oferta y demanda y promover un consumo eficiente, reforzando la sostenibilidad de los servicios básicos.

No obstante, la literatura especializada advierte que la adopción de Big Data e IoT no está exenta de dilemas y desafíos profundos. Uno de los más críticos se relaciona con la capacidad institucional. Como señala Janowski (2015), los gobiernos de países en desarrollo suelen carecer de los recursos técnicos, financieros y humanos necesarios para implementar sistemas avanzados de analítica de datos, lo que dificulta el mantenimiento y sostenibilidad de proyectos a largo plazo. Esta carencia de talento especializado limita la posibilidad de traducir el potencial tecnológico en beneficios concretos para la ciudadanía. Otro desafío esencial es la gobernanza de los datos, que plantea interrogantes en torno a la privacidad, la seguridad y la propiedad de la información. Zuboff (2019) advierte sobre el riesgo del “capitalismo de vigilancia”, donde los datos recolectados por sensores urbanos podrían ser utilizados para fines de control social en lugar de mejorar la calidad de vida. Del mismo modo, Kitchin (2014) alerta sobre el riesgo de que las ciudades inteligentes se conviertan en panópticos digitales, capaces de vigilar de manera masiva a la población si no se establecen regulaciones éticas claras.

La fragmentación institucional constituye otro obstáculo para la plena explotación de los beneficios del Big Data. Harrison y Donnelly (2011) describen cómo los datos en silos, aislados entre distintas dependencias municipales, limitan el análisis integral y reducen el impacto de las políticas públicas basadas en datos. A ello se suma el riesgo de exclusión social. Cardullo y Kitchin (2019)

plantean que la retórica de la smart city puede reproducir y profundizar desigualdades si no se garantiza la participación de los sectores más vulnerables. La brecha digital podría traducirse en una representación desigual de ciertos grupos poblacionales dentro de los datasets, generando políticas que reflejan intereses de mayorías conectadas mientras marginan a comunidades con menor acceso a tecnología.

El caso ecuatoriano ofrece un escenario especialmente relevante para explorar estas dinámicas. Ecuador, como otros países de América Latina, ha iniciado procesos de digitalización estatal y urbana a través de iniciativas como el Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida y la agenda Ecuador Digital. Ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca han impulsado proyectos piloto en movilidad, seguridad y gestión ambiental que incorporan dispositivos IoT y sistemas de Big Data. En Quito, por ejemplo, la implementación de semáforos inteligentes y aplicaciones móviles para la movilidad ha mostrado resultados promisorios en la reducción de tiempos de viaje y la optimización del tráfico. Sin embargo, la falta de marcos regulatorios sólidos en materia de datos y la limitada capacidad técnica institucional representan barreras significativas para la escalabilidad de estos proyectos.

La literatura académica sobre ciudades inteligentes proviene en su mayoría del Norte Global, con contextos de mayor capacidad técnica y presupuestaria. Sin embargo, las realidades de países como Ecuador requieren investigaciones empíricas que analicen la viabilidad y los impactos de estas tecnologías en contextos caracterizados por restricciones fiscales, instituciones débiles y fuertes desigualdades socioeconómicas. Como plantea Green (2019), el reto es evitar caer en el solucionismo tecnológico, la creencia de que la tecnología, por sí sola, resolverá problemas sociales estructurales que en esencia son políticos. En consecuencia,

la implementación de Big Data e IoT en Ecuador debe orientarse hacia una visión de ciudad suficientemente inteligente, en la cual la tecnología esté al servicio de las necesidades ciudadanas y no se convierta en un fin en sí mismo.

Este artículo busca contribuir a ese debate, proporcionando un análisis integral del uso de Big Data e IoT en la política urbana ecuatoriana. El estudio combina evidencia cuantitativa y cualitativa para identificar beneficios tangibles, como la mejora en la movilidad, pero también señala limitaciones críticas relacionadas con la gobernanza de datos, la equidad digital y la capacidad institucional. Se sostiene que el verdadero valor de estas tecnologías radica en su capacidad para generar políticas públicas inclusivas, transparentes y sostenibles, siempre que se adopte un enfoque multidimensional que articule innovación tecnológica, fortalecimiento institucional y participación ciudadana.

En suma, la transición hacia un modelo de ciudad inteligente en Ecuador no debe ser vista únicamente como un proceso de modernización tecnológica, sino como una oportunidad para reconfigurar la gobernanza urbana bajo principios de equidad, sostenibilidad y respeto a los derechos humanos. Al explorar las oportunidades y desafíos de esta transición, este trabajo busca ofrecer un marco analítico y propositivo que guíe la implementación responsable y efectiva de soluciones basadas en Big Data e IoT en el contexto urbano ecuatoriano.

2. Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de investigación mixto, que combina técnicas cuantitativas y cualitativas con el propósito de capturar de manera integral los fenómenos asociados al uso de Big Data y sensores IoT en la política

urbana ecuatoriana. Esta estrategia metodológica se justifica en la necesidad de no limitar el análisis a métricas y datos objetivos, sino también incorporar percepciones, barreras institucionales y dinámicas sociales que condicionan la implementación de estas tecnologías.

Se trata de una investigación de tipo aplicada y descriptiva, cuyo objetivo es generar conocimiento contextualizado que oriente la toma de decisiones en políticas públicas. El carácter aplicado permite vincular directamente los hallazgos con la gestión urbana, mientras que la dimensión descriptiva busca caracterizar tanto los avances como las limitaciones observadas en el uso de Big Data e IoT en ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca.

Los materiales empleados incluyen fuentes secundarias, tales como literatura académica revisada sistemáticamente, normativas nacionales, documentos estratégicos (Plan Nacional de Desarrollo y Agenda Ecuador Digital) y reportes técnicos municipales. Además, se trabajó con datos abiertos provenientes de portales institucionales y plataformas digitales de gobierno. Como fuentes primarias se realizaron entrevistas semiestructuradas a actores clave: funcionarios municipales, especialistas en tecnologías urbanas y académicos.

El diseño de la investigación fue no experimental y transversal. No se manipularon variables, sino que se observó el fenómeno en su contexto natural, en un momento específico, a fin de identificar patrones y tendencias. El carácter transversal permitió analizar simultáneamente las distintas dimensiones técnicas, normativas y sociales.

En cuanto a los métodos de análisis, los datos cualitativos obtenidos en entrevistas fueron transcritos y procesados mediante codificación temática con apoyo de software NVivo, lo que permitió

identificar categorías recurrentes como capacidad institucional, gobernanza de datos y percepción ciudadana. Por su parte, los datos cuantitativos recolectados de reportes de movilidad y portales de datos abiertos fueron organizados y analizados en Excel y R, aplicando estadística descriptiva (medias, frecuencias, porcentajes) para caracterizar tendencias y medir impactos de las intervenciones tecnológicas.

Adicionalmente, en los estudios de caso de movilidad en Quito, se aplicaron pruebas t de muestras relacionadas para comparar tiempos de viaje y velocidades promedio antes y después de la implementación de semaforización inteligente. Aunque el tamaño de muestra limita inferencias amplias, este análisis permitió verificar la significancia estadística de las mejoras observadas.

En suma, la metodología adoptada integró análisis documental, estudios de caso, entrevistas y tratamiento estadístico básico, lo que garantizó una comprensión holística del objeto de estudio. Este enfoque permitió contrastar los avances tecnológicos con las limitaciones institucionales y normativas, generando un marco evaluativo aplicable a contextos urbanos en economías emergentes.

3. Resultados

El primer conjunto de resultados emergió del análisis de las entrevistas semiestructuradas aplicadas a funcionarios municipales y expertos en tecnología urbana de Quito, Guayaquil y Cuenca. La información fue transcrita y procesada mediante codificación temática, lo que permitió identificar los principales obstáculos percibidos en la implementación de proyectos de Big Data e IoT.

Tabla 1:

Principales desafíos en la implementación de Big Data e IoT (n=15 entrevistados)

| Desafío | Frecuencia | Porcentaje |
|---|------------|------------|
| Falta de capacidad técnica especializada | 14 | 93.3% |
| Limitaciones presupuestarias | 13 | 86.7% |
| Fragmentación y existencia de silos de datos | 12 | 80.0% |
| Preocupaciones por privacidad y seguridad | 10 | 66.7% |
| Resistencia al cambio cultural/organizacional | 9 | 60.0% |

El análisis estadístico descriptivo muestra que la falta de capacidad técnica es un obstáculo casi universal, lo cual concuerda con la advertencia de Janowski (2015) respecto a la brecha de talento en gobiernos digitales. Asimismo, la fragmentación de datos mencionada por el 80% de los entrevistados confirma lo señalado por Harrison y Donnelly (2011) sobre cómo los silos institucionales limitan el potencial del Big Data. Estos resultados reflejan barreras estructurales que, más allá de la tecnología, responden a debilidades institucionales.

El segundo resultado provino del análisis de datos secundarios recopilados en Quito, en dos corredores principales donde se implementaron sistemas de semaforización inteligente y aplicaciones de movilidad. Se realizaron 500 mediciones antes y después de la intervención, calculando medias, desviaciones estándar e intervalos de confianza.

Tabla 2: Impacto de soluciones de movilidad inteligente en Quito (n=500 mediciones por indicador y periodo)

| Indicador | Corredor | Antes de la implementación (Media ± DE) | Después de la implementación (Media ± DE) | Diferencia de medias (IC 95%) | Valor- p |
|--------------------------------|----------|--|--|----------------------------------|-------------|
| Tiempo promedio de viaje (min) | Norte | 38.5 ± 6.2 | 33.1 ± 5.8 | -5.4 (-6.1, -4.7) | <0.001 |
| Tiempo promedio de viaje (min) | Centro | 46.2 ± 7.8 | 39.0 ± 6.5 | -7.2 (-8.1, -6.3) | <0.001 |
| Velocidad comercial (km/h) | Norte | 15.8 ± 3.1 | 18.2 ± 2.9 | 2.4 (1.9, 2.9) | <0.001 |
| Velocidad comercial (km/h) | Centro | 12.5 ± 2.8 | 15.4 ± 2.6 | 2.9 (2.5, 3.3) | <0.001 |

La prueba t para muestras relacionadas confirmó la significancia estadística de las diferencias, indicando que la mejora en tiempos de viaje y velocidades no es atribuible al azar. Estos hallazgos respaldan lo propuesto por Batty (2013) y Townsend (2013), quienes destacaron el potencial del Big Data para optimizar la movilidad urbana. Sin embargo, al contrastar con Cardullo y Kitchin (2019), surge la advertencia de que tales beneficios podrían distribuirse de manera desigual, aumentando la brecha digital si no se garantiza acceso equitativo a estas soluciones.

El tercer resultado se centró en la gobernanza de datos y la privacidad, analizados mediante revisión de normativas municipales y entrevistas.

Tabla 3: Marcos de gobernanza de datos en Quito, Guayaquil y Cuenca

| Ciudad | Protocolo de privacidad | Política de datos abiertos | Preocupación por vigilancia |
|---------------|------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Quito | En desarrollo | Sí | 4 de 5 entrevistados |
| Guayaquil | No | Sí | 3 de 5 entrevistados |
| Cuenca | Sí | Sí | 2 de 5 entrevistados |

Los resultados muestran un panorama desigual: mientras Cuenca presenta un marco más consolidado, Quito y Guayaquil exhiben vacíos regulatorios significativos. Esta heterogeneidad confirma lo planteado por Zuboff (2019) sobre los riesgos del capitalismo de vigilancia y por Kitchin (2014) acerca de los peligros de una ciudad monitorizada sin marcos éticos sólidos. Las entrevistas reflejaron preocupaciones reales sobre el posible uso de los datos con fines de control social más que de bienestar ciudadano, lo cual conecta con la crítica de Green (2019) al solucionismo tecnológico en ciudades inteligentes.

En conjunto, los tres bloques de resultados evidencian que la adopción de Big Data e IoT en Ecuador tiene el potencial de mejorar la eficiencia operativa de las ciudades, especialmente en movilidad, pero enfrenta limitaciones institucionales y normativas que, de no resolverse, podrían convertir estas iniciativas en mecanismos de exclusión o vigilancia en lugar de instrumentos para el bien común.

4. Conclusiones

La investigación realizada permite afirmar que el uso de Big Data y sensores IoT en la política urbana de Ecuador constituye un campo de innovación con un impacto potencialmente

transformador, aunque su materialización se encuentra condicionada por factores institucionales, técnicos y normativos. Los hallazgos obtenidos en Quito evidencian que las soluciones tecnológicas, cuando son implementadas de manera adecuada, generan beneficios tangibles como la reducción significativa de los tiempos de viaje y el incremento de la velocidad comercial en corredores viales estratégicos. Estos resultados confirman lo señalado por Batty (2013) y Townsend (2013), quienes subrayan la capacidad de los datos masivos para optimizar la movilidad y mejorar la calidad de vida en entornos urbanos complejos.

Sin embargo, las entrevistas y el análisis documental reflejan limitaciones críticas que no pueden pasarse por alto. La falta de capacidad técnica especializada, reportada por el 93.3% de los actores consultados, constituye una barrera estructural que limita la sostenibilidad de cualquier proyecto tecnológico. A ello se suman las restricciones presupuestarias y la fragmentación de datos entre dependencias, lo que valida las advertencias de Janowski (2015) y Harrison y Donnelly (2011) sobre cómo la debilidad institucional y la ausencia de interoperabilidad socavan el verdadero valor del Big Data en la gestión pública.

Un aspecto particularmente sensible es la gobernanza de datos. La heterogeneidad observada entre Quito, Guayaquil y Cuenca muestra que aún no se cuenta con protocolos robustos y homogéneos de privacidad y seguridad, lo que incrementa el riesgo de prácticas de vigilancia masiva. Esta situación confirma los planteamientos de Zuboff (2019) y Kitchin (2014), quienes advierten sobre el peligro de que las ciudades inteligentes devengan en espacios de control social antes que en instrumentos de bienestar.

El análisis global permite concluir que la incorporación de Big Data e IoT en la política urbana ecuatoriana solo alcanzará su máximo potencial si se aborda de manera simultánea la formación

de talento humano, la consolidación de marcos regulatorios éticos y transparentes, y la superación de la fragmentación institucional mediante políticas de interoperabilidad. Además, es imprescindible garantizar un enfoque centrado en la ciudadanía, de modo que las soluciones tecnológicas no reproduzcan ni amplifiquen desigualdades estructurales. Tal como advierte Green (2019), se requiere una visión de ciudad suficientemente inteligente, capaz de colocar la tecnología al servicio de las personas y no al revés.

En definitiva, el caso ecuatoriano muestra que la innovación digital en políticas urbanas puede convertirse en un motor de eficiencia, equidad y sostenibilidad, siempre que se construya sobre una base institucional sólida y una gobernanza de datos responsable que priorice los derechos humanos y la inclusión social.

Referencias

- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- Batty, M. (2013). Big data, smart cities and city planning. *Dialogues in Human Geography*, 3(3), 274-279. <https://doi.org/10.1177/2043820613513390>.
- Cardullo, P., Kitchin, R. Being a ‘citizen’ in the smart city: up and down the scaffold of smart citizen participation in Dublin, Ireland. *GeoJournal* 84, 1–13 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10708-018-9845-8>
- Green, B. (2019). *The smart enough city: Putting technology in its place to reclaim our urban future*. MIT Press.

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>

Harrison, C., & Donnelly, I. A. (2011, September). A theory of smart cities. In *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS-2011, Hull, UK*.

Janowski, T. (2015). Digital government evolution: From transformation to contextualization. *Government information quarterly*, 32(3), 221-236. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.07.001>

Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal* 79, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10708-013-9516-8>

Quiñones Cano, S. (2024). Determinación de la contaminación acústica a través de sensores de bajo costo en la comuna 14 el Poblado (Medellín) [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Townsend, A. M. (2013). *Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. WW Norton & Company.

Zuboff, S. (2019). The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power, edn. *PublicAffairs, New York*.