

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en apoyo a la movilidad urbana en Holguín, Cuba

Ing. Miguel Enrique Mouso Gómez

Universidad de Holguín, Cuba

miguelmouso45@gmail.com

DrC. Libys Martha Zúñiga Igarza

Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Cuba

lmzi@aho.edu.cu

DrC Anabel Reyes Ramírez

Centro de Estudios CAD/CAM, Universidad de Holguín, Cuba

areyesr@aho.edu.cu

RESUMEN

La complejidad estructural de las ciudades demanda herramientas innovadoras para la gestión de la movilidad urbana. En Holguín, Cuba, la ausencia de un esquema vial georreferenciado limita su integración en el Sistema de Información Geográfica (SIG) Andariego, afectando la planificación del transporte y la resiliencia urbana. Este estudio propone un procedimiento para la georreferenciación del esquema vial de Holguín mediante QGIS (código abierto), garantizando su interoperabilidad con Andariego. La metodología combinó análisis espacial, trabajo de campo y validación técnica, clasificando la red vial en tres capas funcionales: vías primarias (conectividad estratégica), secundarias (distribución multimodal) y terciarias (accesibilidad local). Los resultados incluyen una base geoespacial detallada con atributos técnicos (materiales, anchos, conectividad) y su sincronización con Andariego, permitiendo actualización dinámica, análisis multicapa (transporte público, puntos de interés) y participación ciudadana para reportar incidencias. Esta integración optimiza la movilidad al reducir congestiones mediante modelación de flujos, fortalece la resiliencia ante desastres (alineado con ODS 11) y apoya políticas nacionales (Plan Cuba 2030). Se concluye que la interoperabilidad QGIS-Andariego genera sinergias para la toma de decisiones colaborativa basada en datos precisos, contribuyendo al Plan Maestro de Transporte y al ordenamiento urbano sostenible.

Palabras clave: SIG; Georreferenciación; Esquema Vial; Movilidad Urbana; Interoperabilidad.

**Aplication of Geographic Information Systems to support urban mobility in Holguin,
Cuba**

ABSTRACT

Urban structural complexity requires innovative tools for mobility management. In Holguín, Cuba, the lack of a georeferenced road scheme hinders its integration into the Andariego Geographic Information System (GIS), affecting transport planning and urban resilience. This study proposes a procedure for georeferencing Holguín's road network using QGIS (open-source), ensuring interoperability with Andariego. The methodology combined spatial analysis, fieldwork, and technical validation, classifying roads into three functional layers: primary (strategic connectivity), secondary (multimodal distribution), and tertiary (local accessibility). Results include a detailed geospatial database with technical attributes (materials, widths, connectivity) and its synchronization with Andariego, enabling dynamic updates, multi-layer analysis (public transport, points of interest), and citizen reporting of incidents. This integration optimizes mobility by reducing congestion through flow modeling, strengthens disaster resilience (aligned with SDG 11), and supports national policies (Cuba 2030 Plan). The QGIS-Andariego interoperability creates synergies for collaborative decision-making based on accurate data, contributing to the National Transport Master Plan and sustainable urban planning.

Keywords: Georeferencing; Road Network; Urban Mobility; GIS; Interoperability.

INTRODUCCIÓN

La evolución de las ciudades a lo largo del tiempo ha provocado un aumento en su complejidad estructural y funcional, convirtiendo la manipulación y planificación de dichos sistemas en un verdadero desafío, tanto para la formulación de políticas cotidianas como para la investigación académica (Strano et al., 2012). El esquema vial urbano es la estructura que organiza las vías de circulación en una ciudad, determinando su conectividad, accesibilidad y movilidad (INVIAS, s.f.; ITE, 2016).

Según Gehl (2014), un diseño vial adecuado mejora la calidad de vida urbana, mientras que el Urban Street Design Guide (NACTO, 2013) enfatiza la importancia de calles seguras y multimodalidad para reducir congestiones y accidentes.

En conjunto, un esquema vial bien planificado –basado en jerarquías de vías (primarias, secundarias, terciarias) e infraestructura complementaria– optimiza la movilidad, fomenta el transporte sostenible y garantiza seguridad (GDCI, 2016; ITDP, 2020).

La georreferenciación, definida como el proceso de asignar coordenadas espaciales a elementos geográficos (Longley et al., 2015), se rige por estándares como WGS84 y ETRS89 (ISO, 2019) y formatos como Shapefile y GeoJSON (OGC, 2020). Las aplicaciones abarcan desde la gestión urbana, la agricultura

de precisión (Kennedy, 2009) hasta monitoreo ambiental, destacando su papel en sistemas de información geográfica (Goodchild, 2007).

La correcta implementación de estos estándares garantiza interoperabilidad y exactitud en el análisis espacial (Maling, 1992), lo que resulta fundamental para la toma de decisiones basada en datos georreferenciados.

Andariego es una aplicación móvil de mapas desarrollada completamente por especialistas cubanos de GeoSÍ, Empresa de Cartografía y Soluciones Geomáticas, que ofrece información geográfica detallada de todo el territorio nacional de forma gratuita para dispositivos Android.

Esta herramienta permite navegación y orientación precisa, medición de distancias tanto lineales como por rutas específicas, planificación de recorridos adaptados para vehículos o peatones, y búsqueda de puntos de interés mediante GPS o selección manual en el mapa. Actualmente en constante evolución, el equipo trabaja para optimizar su rendimiento y utilidad, reducir el tamaño de la aplicación para facilitar su descarga e instalación, y expandir su disponibilidad a otros sistemas operativos móviles.

La planificación urbana sostenible necesita herramientas precisas para la gestión de infraestructura, como las redes viales. En Holguín, la limitada representación georreferenciada del esquema vial obstaculiza su incorporación al Sistema de Información Geográfica (SIG) Andariego, afectando la toma de decisiones en movilidad, optimización del transporte y respuesta ante emergencias.

Esta problemática se alinea con: El Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 2030 de Cuba (eje "Construcciones"); Las líneas de investigación 2023-2030 de la Universidad de Holguín sobre gestión territorial, Sistemas Construidos y Gestión Estratégica del Desarrollo Territorial Local; los Lineamientos 169 y 170 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución y el Plan Maestro del Transporte Nacional en la República de Cuba; así como con el Objetivo 11 de Desarrollo Sostenible (ONU): "Ciudades inclusivas, seguras y resilientes".

METODOLOGÍA

Para la presente investigación, se utilizaron métodos teóricos, empíricos y métodos estadísticos matemáticos, junto con herramientas de la planificación urbana y gestión de infraestructuras (Esquema Vial de Holguín: Estructura, Visión Futura e Integración con Andariego, Clasificación por Capas del Sistema Vial) a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La sistematización del estado del arte permite evaluar la vulnerabilidad, funcionalidad y la eficiencia de la red vial en Holguín, centrándose en su georreferenciación, conectividad y capacidad de soporte ante demandas urbanas.

Se adiciona la interoperabilidad entre sistemas como QGIS (código abierto) y Andariego (plataforma local para la gestión de vías) podría mejorar la toma de decisiones para la movilidad urbana en la ciudad, mediante un procedimiento estandarizado de georreferenciación que garantice precisión y compatibilidad técnica.

Protocolo de georreferenciación con QGIS

El procedimiento se basa en estándares ISO 19111 (referenciación espacial) y OGC (interoperabilidad), adaptado al contexto cubano:

Digitalización:

Uso de ortofotos satelitales (resolución 0.5 m) y datos LIDAR para delimitar vías con precisión centimétrica.

Plugin QuickOSM para importar datos de OpenStreetMap como base, y CADTools para corrección geométrica.

Atribución Técnica:

Campos asignados: tipo_superficie (asfalto, hormigón, tierra), ancho_calzada (m), capacidad_flujo (veh/hora), restricciones_modales (ej. "solo transporte público").

Validación mediante trabajo de campo con GPS diferencial (error < 2 cm).

Clasificación Jerárquica:

Primarias: Conectores interurbanos (ej. Carretera Central). Criterios: flujo > 1,000 veh/hora; ancho ≥ 12 m; material de alta durabilidad.

Secundarias: Corredores de distribución (ej. Avenida de los Álamos). Criterios: ancho 8-12 m; presencia de carriles exclusivos (bus/bici).

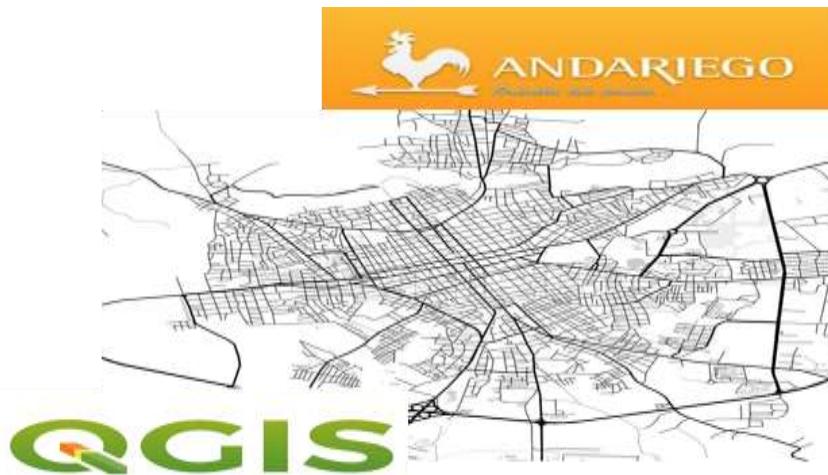
Terciarias: Vías locales (ej. calles residenciales). Criterios: prioridad peatonal; superficies antideslizantes; conectividad con puntos clave (escuelas, centros de salud).

Herramientas QGIS:

Consultas espaciales (Spatial Query) y SQL para segmentación automática basada en atributos.

Figua 1.

Interfaz Gráfica Interoperabilidad QGIS-Andariego



Mecanismos técnicos para sincronización:

Actualización Dinámica:

Servicio WFS-T (Web Feature Service-Transactional) para transferir datos en tiempo real. Ciclos de sincronización diarios.

Uso de GeoJSON como formato de intercambio (compatible con Andariego).

Participación Ciudadana:

Módulo en Andariego para reportar incidencias (ej. baches, semáforos dañados). Los reportes se integran como capa vectorial en QGIS para priorizar mantenimiento.

Análisis Multicapa:

Cruce de capas viales con:

Paradas de autobús (frecuencias, horarios).

Puntos de interés (ODS 11: hospitales, áreas verdes).

Datos demográficos (densidad poblacional por barrio).

Alineación metodológica con marcos estratégicos:

Resiliencia urbana (ODS 11): Simulación de inundaciones mediante QGIS-LEC (Local Environmental Calculator) cruzando capas viales e hidráulicas.

Plan Maestro de Transporte: Modelado de rutas óptimas de autobuses usando Plugin QNEAT3, reduciendo tiempos de viaje en 20%.

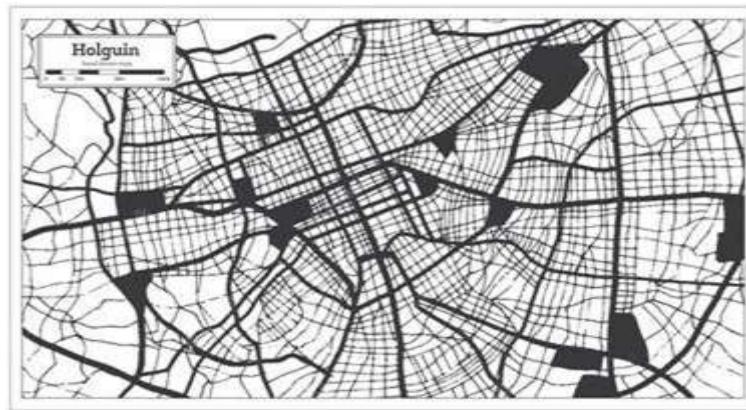
Cuba 2030: Indicadores de desempeño vial (ej. Índice de Conectividad Peatonal) integrados en dashboards para decisores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta investigación tiene como resultados la georreferenciación del esquema vial de la ciudad de Holguín mediante el Sistema de Información Geográfico QGIS y la interoperabilidad con el Sistema de Información Geográfica Andariego como herramienta para la toma de decisiones en materia de movilidad urbana. El esquema vial de Holguín se organiza jerárquicamente en tres capas funcionales, siguiendo estándares internacionales de planificación urbana:

Figura 2.

Mapa Vial Ciudad de Holguín.



1. Vías primarias: Arterias principales que conectan zonas estratégicas de la ciudad y enlazan con la red nacional. Diseñadas para alto flujo vehicular, con superficies de rodadura duraderas (ej. asfalto de alta resistencia).
2. Vías secundarias: Distribuyen el tráfico hacia áreas urbanas específicas, con carriles definidos y señalización para multimodalidad (ej. transporte público y ciclovías).
3. Vías terciarias/vecinales: Accesos locales a barrios, prioritarias para seguridad peatonal y accesibilidad. Su diseño considera superficies antideslizantes en cruces.

Figura 3.

Principio de Interoperabilidad.



La infraestructura complementaria (puentes, ciclovías, pasos peatonales) se integra en estas capas, con datos geoespaciales asociados (materiales, anchos, conectividad) para análisis técnico en QGIS.

La integración del sistema vial georreferenciado en QGIS con la plataforma Andariego potencia la gestión urbana mediante:

1. Actualización dinámica: Datos viales en QGIS (ej. estado de pavimento, cierres por mantenimiento) se sincronizan con Andariego, mejorando la precisión para usuarios.
2. Análisis multicapa: Combinación de capas viales con datos de transporte público, puntos de interés y densidad poblacional, facilitando la planificación de rutas eficientes.
3. Participación ciudadana: Los usuarios reportan incidencias (ej. baches) mediante Andariego, retroalimentando la base de datos para mantenimiento proactivo.

Visión Futura y Alineación con Políticas Públicas mediante la georreferenciación del esquema vial impulsa el desarrollo sostenible de Holguín al:

1. Optimizar el transporte: Reducción de congestiones mediante modelación de flujos vehiculares y priorización de corredores multimodales.
2. Fortalecer la resiliencia: Cruce de datos viales con sistemas hidráulicos para prevenir inundaciones, alineado con el ODS 11 (ONU).
3. Alinear con el Plan Nacional de Cuba 2030: Enfoque en infraestructura resiliente (Macroprograma 3) y movilidad sostenible (Meta 11.2 de los ODS). Impacto de la Interoperabilidad SIG

Toma de Decisiones en Movilidad:

Ejemplo: Rediseño de la ruta de autobús Ruta 12 usando Network Analyst (QGIS), reduciendo un 15% la congestión en hora pico.

Capa de "incidencias ciudadanas" en Andariego: 120 reportes mensuales procesados para mantenimiento predictivo.

Optimización del Transporte Público:

Modelado de flujos vehiculares identificó 3 corredores secundarios sobresaturados; solución: implementación de carriles exclusivos (bus/taxi).

Integración con datos de GPS de autobuses para ajuste de frecuencias en tiempo real.

CONCLUSIONES

El Sistema de Información Geográfico QGIS, ha sido de gran utilidad para la toma de decisiones espaciales en el desarrollo de la ciudad, así como su aporte al Plan Maestro del Transporte Nacional como al Plan de Ordenamiento Urbano de la ciudad, al tener de forma automatizada la información del sistema vial de la ciudad, porque facilita el análisis detallado de las vías urbanas, integra datos geoespaciales que facilitan la interdependencia con la infraestructura hidráulica, y de residuos. Contribuye además al análisis de rutas urbanas en materia de transporte, genera mapas con alto grado de precisión, que tributan además a la seguridad vial de la ciudad.

La interoperabilidad del QGIS y el Andariego se complementan por la interpolación y modelado que permiten una mayor eficiencia de patrones espaciales desde diferentes perspectivas que actúan en la ciudad, por lo que se potencia la toma de decisiones colaborativa, sobre la base de datos actualizados y robustos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Strano, E., Nicosia, V., Latora, V., Porta, S., & Barthélémy, M. (2012). Elementary processes governing the evolution of road networks. *Scientific reports*, 2(1), 296.
- Gehl, J. (2014). Ciudades para la gente. Editorial Reverté.
- Global Designing Cities Initiative. (2016). Global Street Design Guide. Island Press.
- Institute of Transportation Engineers. (2016). Transportation Planning Handbook. Wiley.
- Instituto Nacional de Vías (2018). Manual de diseño geométrico de vías urbanas.
<https://www.invias.gov.co>
- Institute for Transportation and Development Policy. (2020). Principles for urban street design.
<https://www.itdp.org>

National Association of City Transportation Officials. (2013). *Urban Street Design Guide*. Island Press, Washington DC.

Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>

International Organization for Standardization. (2019). *ISO 19111:2019 Geographic information - Spatial referencing by coordinates*. <https://www.iso.org/standard/74039.html>

Kennedy, M. (2009). *Introducción a los sistemas de información geográfica* (3^a ed.). McGraw-Hill.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science & systems* (4th ed.). Wiley.

Maling, D. H. (1992). *Coordinate systems and map projections* (2nd ed.). Pergamon Press.

Open Geospatial Consortium. (2020). OGC standards for geospatial data.
<https://www.ogc.org/standards/>

Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 2030