

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2026,
Volumen 10, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i2

EVALUACIÓN MULTIMODAL Y PROPUESTA INTEGRAL DE RECONFIGURACIÓN VIAL DE LA GLORIETA 24 HORAS EN PACHUCA DE SOTO, HIDALGO

MULTIMODAL ASSESSMENT AND INTEGRAL ROAD RECONFIGURATION PROPOSAL FOR THE 24 HORAS ROUNDABOUT IN PACHUCA DE SOTO, HIDALGO

Humberto Iván Navarro Gómez

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Alberto Velazco Granillo

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Mauricio Guerrero Rodríguez

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Jesús Emmanuel Cerón Carballo

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v10i2.23632

Evaluación Multimodal y Propuesta Integral de Reconfiguración Vial de la Glorieta 24 Horas en Pachuca de Soto, Hidalgo

Humberto Iván Navarro Gómez¹humberto_navarro@uaeh.edu.mx<https://orcid.org/0000-0003-2338-4863>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Pachuca de Soto, México**Alberto Velazco Granillo²**ve429503@uaeh.edu.mx<https://orcid.org/0009-0003-8988-9693>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Pachuca de Soto, México**Mauricio Guerrero Rodríguez**mgr@uaeh.edu.mx<https://orcid.org/0009-0002-7364-4686>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Pachuca de Soto, México**Jesús Emmanuel Cerón Carballo**jesus_ceronc@uaeh.edu.mx<https://orcid.org/0000-0003-2809-3387>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Pachuca de Soto, México

RESUMEN

Este estudio analiza de forma exploratoria las deficiencias operativas, espaciales y de seguridad vial de la glorieta 24 Horas de Pachuca de Soto, ubicada bajo el puente atirantado del distribuidor Miguel Hidalgo, y valora el alcance de la intervención estatal reciente frente a una propuesta integral de reconfiguración multimodal. La estrategia metodológica combinó revisión documental académica, oficial y periodística; observación de campo apoyada en registros fotográficos y audiovisuales; y una lectura conceptual de la conectividad del nodo para identificar interfaces críticas entre flujos vehiculares, peatones y transporte público. Los hallazgos muestran que la problemática central no es solo la congestión, sino también la concentración de maniobras de incorporación, retorno y descenso en la parte baja del distribuidor, la exposición peatonal en cruces prolongados, la ubicación precaria de los paraderos y la ausencia de continuidad ciclista. La intervención estatal corrige parte del problema al incorporar retornos, pasos peatonales elevados, barandales y ajustes geométricos; sin embargo, su alcance sigue siendo parcial si no se acompaña de accesibilidad universal, formalización del transporte público, control operativo adaptativo y auditoría de seguridad vial posterior a la obra. A partir del análisis comparativo se construyen tres escenarios de intervención —paliativo, funcional e integral— y se sostiene que la alternativa más robusta para el nodo es una reconfiguración por fases que combine rediseño geométrico, prioridad modal equilibrada, gestión operativa inteligente y mejora del espacio peatonal. El artículo aporta un marco metodológico replicable para evaluar la infraestructura vial correctiva en ciudades intermedias latinoamericanas.

Palabras clave: movilidad urbana; seguridad vial; accesibilidad; transporte público; reconfiguración vial

¹ Autor principal

² Correspondencia: ve429503@uaeh.edu.mx

Multimodal Assessment and Integral Road Reconfiguration Proposal for the 24 Horas Roundabout in Pachuca de Soto, Hidalgo

ABSTRACT

This exploratory study examines the operational, spatial, and road-safety deficiencies of the 24 Horas roundabout in Pachuca de Soto, located beneath the cable-stayed bridge of the Miguel Hidalgo interchange, and assesses the scope of the recent state intervention against a broader multimodal reconfiguration proposal. The methodological strategy combined an academic, official, and news-based documentary review; field observation supported by photographic and audiovisual records; and a conceptual reading of the node's connectivity to identify critical interfaces among vehicular flows, pedestrians, and public transport. Findings show that the central problem is not limited to congestion: it also involves the concentration of merging, returning, and descending maneuvers at the lower level of the interchange, prolonged pedestrian exposure, precarious public transport boarding conditions, and the absence of cycling continuity. The state intervention partially addresses these issues through U-turns, raised pedestrian crossings, railings, and geometric adjustments; however, its scope remains limited unless complemented by universal accessibility, formal public transport integration, adaptive operational control, and post-construction road-safety auditing. Based on a comparative assessment, three intervention scenarios—palliative, functional, and integral—are developed. The article argues that the most robust alternative for this node is a phased reconfiguration that combines geometric redesign, balanced modal priority, intelligent traffic management, and improved pedestrian space. The case offers a replicable methodological framework for evaluating corrective road infrastructure in intermediate Latin American cities.

Keywords: urban mobility; road safety; accessibility; public transport; road reconfiguration

*Artículo recibido 28 febrero 2026
Aceptado para publicación: 28 marzo 2026*



INTRODUCCIÓN

La glorieta 24 Horas, ubicada bajo el puente atirantado del distribuidor Miguel Hidalgo en la intersección de los bulevares Felipe Ángeles y Luis Donaldo Colosio, se ha convertido en uno de los nodos más conflictivos de la movilidad metropolitana de Pachuca de Soto. Su desempeño no puede interpretarse únicamente como un problema de capacidad vehicular, porque en ese punto convergen flujos de paso, movimientos de retorno, accesos locales, cruces peatonales y ascensos y descensos del transporte público en un espacio de alta complejidad geométrica.

La literatura reciente sobre Pachuca ya advertía que la movilidad de la ciudad no podía seguir pensándose únicamente en términos de ampliación vial. Los estudios sobre el sistema Tuzobús, la estructura del transporte público y la congestión en los corredores primarios muestran problemas persistentes de articulación modal, dependencia del automóvil, deficiente integración territorial y desigualdad en el acceso al espacio urbano (Franco-Sánchez & Mejía-Reyes, 2021; Cruz Suárez & Franco Sánchez, 2025; Licona Cervantes & Márquez Juárez, 2025; Santiago Arcaraz et al., 2024).

En ese marco, la intervención reciente, impulsada por el gobierno estatal, para corregir la glorieta 24 Horas constituye una oportunidad analítica relevante. La cobertura periodística y la documentación oficial de obra muestran que la propuesta incorpora retornos previos al nodo, ampliación o reacomodo interno de la circulación, pasos peatonales elevados, barandales y ajustes geométricos orientados a ordenar el funcionamiento del distribuidor (Trejo, 2025; Secretaría de Infraestructura Pública y Desarrollo Urbano Sostenible, 2025). Sin embargo, desde la academia local también se ha señalado que el problema no se agota en la fluidez del automóvil y que cualquier solución consistente debe incorporar a peatones y ciclistas, el transporte público y el control operativo inteligente (Valera, 2025).

El objetivo del artículo es evaluar críticamente la configuración actual del nodo y el alcance de la intervención estatal, a fin de formular una propuesta integral de reconfiguración vial y urbana con un enfoque multimodal. A diferencia de un informe técnico centrado exclusivamente en la obra, este manuscrito organiza el caso como artículo de investigación exploratoria: delimita un problema, construye un marco analítico, describe una estrategia metodológica explícita y compara escenarios de intervención técnicamente defendibles.



Marco teórico y estado del arte

El contexto metropolitano ayuda a explicar la presión funcional sobre el nodo. El Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable de la Zona Metropolitana de Pachuca identifica una estructura urbana dispersa, paraderos ubicados en zonas críticas, sobreoferta y desarticulación del transporte convencional y una infraestructura históricamente orientada al vehículo particular, condiciones que agravan los conflictos en puntos de intercambio como la glorieta 24 Horas (Secretaría de Movilidad y Transporte del Estado de Hidalgo, 2021).

Los estudios recientes sobre accesibilidad multimodal coinciden en que la evaluación de los nodos urbanos debe integrar la estructura de red, la proximidad funcional y la calidad de las conexiones entre modos. Los modelos de accesibilidad de red muestran que la sola existencia de infraestructura no garantiza un buen desempeño si persisten trayectorias fragmentadas, interfaces mal resueltas o transbordos inseguros (Pfertner et al., 2023; Bosch-Checa et al., 2025; Calderón-Ramírez et al., 2025; Kühnel et al., 2025).

Desde la perspectiva del espacio peatonal, la evidencia reciente subraya que las condiciones de movilidad peatonal, la accesibilidad universal y la calidad del acceso al transporte público dependen de la continuidad de las banquetas, la legibilidad de los cruces, la reducción de la exposición al tránsito y el diseño inclusivo del entorno inmediato.

Esto ha sido documentado tanto en estudios latinoamericanos como en trabajos orientados a grupos con mayores barreras de desplazamiento (Stefanidis & Bartzokas-Tsiompras, 2024; Seriani et al., 2025; Rivera-Coloma et al., 2025; ElDeeb et al., 2024; Ros-McDonnell et al., 2024; Paglione et al., 2024; Alnaim et al., 2025; Ramírez-Saiz et al., 2025).

La literatura especializada sobre glorietas y cruces complejos confirma, además, que la reducción de conflictos vehiculares no equivale automáticamente a seguridad para los usuarios vulnerables. La seguridad peatonal y ciclista en glorietas depende de variables de diseño, velocidad operativa, número de carriles, refugios intermedios, visibilidad y comportamiento conductor, por lo que las conversiones o adecuaciones deben evaluarse con criterios específicos y no solo por capacidad de descarga vehicular (Maji & Ghosh, 2025; Doğan, 2025; Layegh et al., 2020; Vignali et al., 2020; Poudel & Singleton, 2021; Wang & Cicchino, 2022).



En paralelo, la investigación reciente sobre la percepción de seguridad, el confort peatonal y el control adaptativo del tránsito muestra que los nodos complejos requieren instrumentos de gestión más finos. La introducción de cruces inteligentes, la percepción de riesgo basada en evidencia, los sistemas adaptativos de control semafórico y los enfoques multicriterio de seguridad vial permiten pasar de respuestas reactivas a estrategias preventivas y multimodales (Hou & Chen, 2024; Qin et al., 2025; Pomoni, 2025; Anastasiadou & Kehagia, 2025; Agrahari et al., 2024; Dong et al., 2024).

A la luz de esta literatura, el caso de la glorieta 24 Horas debe leerse como un nodo de intercambio modal con limitaciones de diseño más que como una simple intersección saturada. El problema central radica en la coexistencia de flujos metropolitanos de alta velocidad con las necesidades locales de cruce, espera y acceso al transporte, en un entorno de baja legibilidad espacial y de débil protección de los usuarios vulnerables.

METODOLOGÍA

El estudio adopta un diseño exploratorio, no experimental y de corte transversal, adecuado para evaluar una infraestructura en proceso de corrección cuando aún no se dispone de una base completa de mediciones antes-después. El enfoque es multimétodo: combina la revisión documental, el análisis cualitativo de la operación del nodo, el registro visual y la comparación de escenarios.

La unidad de análisis es la parte baja del distribuidor Miguel Hidalgo, en particular la glorieta 24 Horas y sus interfaces inmediatas con los bulevares Felipe Ángeles y Luis Donaldo Colosio. Para caracterizar el caso se integraron cuatro fuentes: a) literatura científica reciente sobre movilidad, accesibilidad, seguridad vial y transporte público; b) documentación oficial y notas periodísticas sobre la intervención estatal; c) registro fotográfico de campo y material de obra; y d) registro audiovisual del puente y su entorno, útil para contrastar la configuración original del nodo con la condición intervenida.

La revisión documental se empleó para reconstruir el problema y ubicar el caso en el debate contemporáneo sobre la movilidad urbana. La observación de campo y el registro visual se utilizaron para identificar maniobras conflictivas, zonas de cruce, relaciones con los paraderos, elementos de protección peatonal, radios de giro, barreras visuales y condiciones de operación bajo el puente.



En esta fase no se pretendió estimar volúmenes absolutos ni velocidades instrumentadas, sino clasificar la intensidad del conflicto y la exposición espacial de cada interfaz.

Con base en esa lectura, se descompuso el nodo en accesos, salidas, retornos, cruces peatonales e interfaces con el transporte público, y se construyó una representación conceptual de la red de movimientos. Esta descomposición permitió identificar la concentración funcional, las trayectorias forzadas y los puntos de fricción intermodales. La lógica de análisis se alinea con la literatura reciente sobre accesibilidad de red, confort peatonal, seguridad en glorietas y operación multimodal, que recomienda evaluar la conectividad y el riesgo como fenómenos relacionales y no exclusivamente volumétricos (Pfertner et al., 2023; Stefanidis & Bartzokas-Tsiompras, 2024; Doğan, 2025; Qin et al., 2025).

Finalmente, se elaboró una matriz comparativa de escenarios con cinco criterios cualitativos: i) reducción de conflictos nodales; ii) seguridad para peatones y usuarios vulnerables; iii) integración del transporte público; iv) coherencia con los principios de accesibilidad y prioridad modal equilibrada; y v) factibilidad de implementación por fases. Esta comparación no pretende sustituir una microsimulación, sino ofrecer una base argumentativa transparente para valorar si la intervención en curso constituye una solución suficiente o solo una corrección parcial.

RESULTADOS

Diagnóstico funcional y multimodal del nodo

La lectura integrada del nodo muestra una estructura altamente dependiente de la parte inferior del distribuidor. En ella convergen descensos desde el puente, movimientos laterales desde Felipe Ángeles, incorporaciones desde Colosio, trayectorias de retorno y desplazamientos a pie hacia centros comerciales, oficinas y puntos de ascenso al transporte público. En términos funcionales, demasiadas operaciones distintas se resuelven en un solo espacio, lo que reduce la legibilidad de la circulación y multiplica las interferencias.

El registro fotográfico reciente permite observar tres rasgos persistentes. Primero, la operación vehicular se organiza bajo una lógica de flujo continuo, interrumpido parcialmente, lo que induce maniobras rápidas de incorporación en un entorno donde también circulan peatones y usuarios del transporte colectivo. Segundo, la obra reciente ha mejorado el encauzamiento peatonal mediante



barandales y pasos elevados, pero no ha eliminado las trayectorias largas ni la sensación de exposición en la parte baja del puente. Tercero, la superficie intervenida sigue sin ofrecer una continuidad ciclista clara ni una interfaz cómoda y formal para el ascenso y descenso del transporte público.

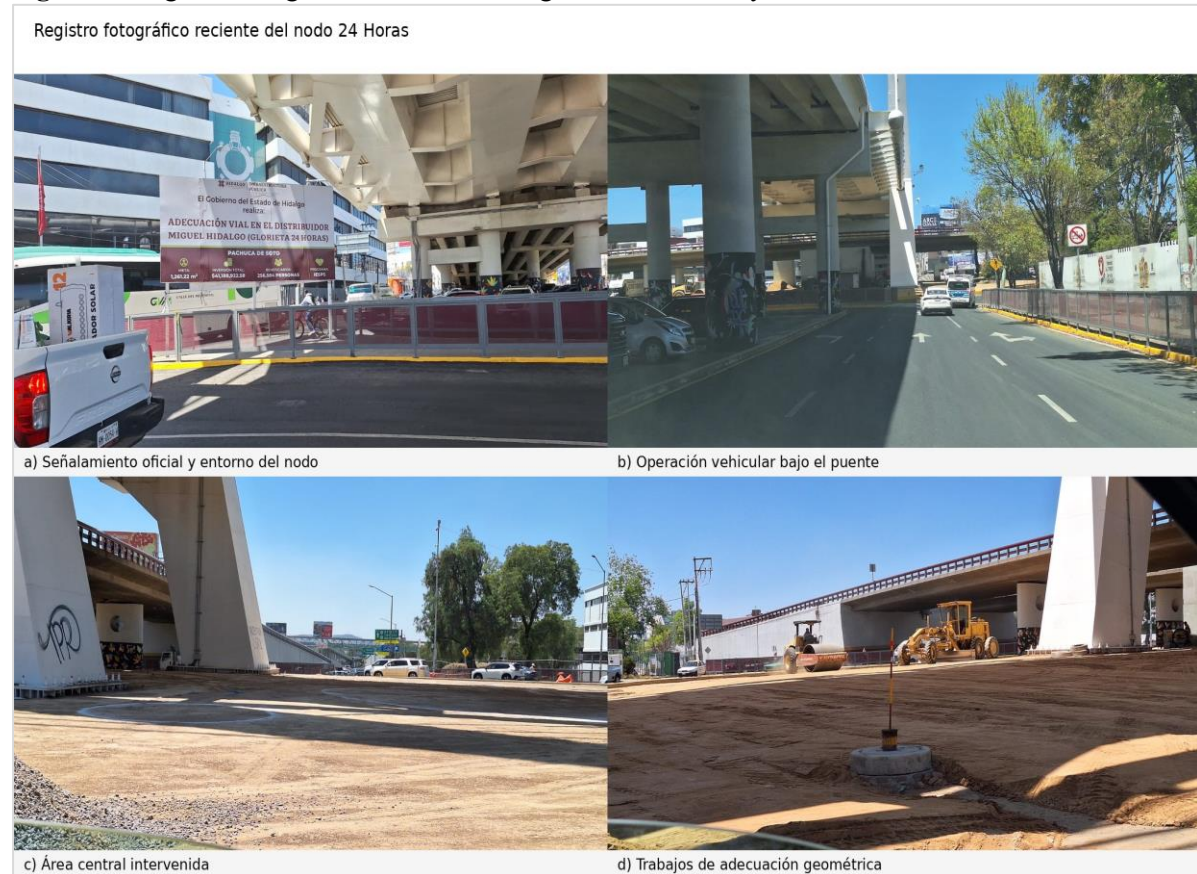
El material audiovisual de 2022 refuerza este diagnóstico porque muestra que la configuración original del distribuidor privilegió la elevada continuidad vehicular y la monumentalidad de la estructura, mientras relegó la resolución fina de los movimientos a nivel de calle. En consecuencia, el conflicto actual no es una anomalía aislada, sino la expresión operativa de una decisión de diseño que subordinó la escala peatonal y de transporte público a la eficiencia automotriz del paso superior.

Tabla 1. Interfaces críticas del nodo y conflicto predominante

Interfaz	Ubicación funcional	Conflicto predominante	Usuarios más expuestos	Prioridad
1	Salida del puente hacia Felipe Ángeles	Convergencia de carriles y pérdida de legibilidad en la incorporación	Automovilistas y transporte público	Muy alta
2	Ingreso desde laterales de Felipe Ángeles	Incorporación simultánea y ambigüedad de prioridad	Automovilistas y vehículos de servicio	Alta
3	Acceso lateral desde Colosio	Trayectoria curva con visibilidad parcial y fricción con flujo principal	Automovilistas	Alta
4	Interfaz de ascenso y descenso del transporte público	Parada próxima al flujo rápido y trayecto peatonal inseguro	Usuarios del transporte público y peatones	Muy alta
5	Cruce peatonal bajo el puente	Exposición prolongada, continuidad incompleta y cruces informales	Peatones y personas con movilidad reducida	Muy alta

Nota. Elaboración propia basada en la observación de campo, el registro fotográfico y la lectura funcional del nodo.

Figura 1. Registro fotográfico reciente de la glorieta 24 Horas y del área intervenida



Nota. Registro visual del nodo bajo el distribuidor y del área de adecuación geométrica. Fuente: archivo fotográfico del equipo de investigación.

Evaluación de la intervención estatal y construcción de escenarios de reconfiguración

La intervención estatal reciente constituye una corrección necesaria, no un hecho menor. El conjunto de retornos previos al nodo, los pasos peatonales elevados, los barandales, los ajustes geométricos y la reorganización operativa de la circulación reconoce explícitamente que la solución original era insuficiente (Trejo, 2025; Secretaría de Infraestructura Pública y Desarrollo Urbano Sostenible, 2025). Además, la discusión pública impulsada desde la academia local ayudó a desplazar el problema de la mera congestión hacia la seguridad peatonal, la velocidad operativa y la integración del transporte público (Valera, 2025).

No obstante, el análisis muestra que la intervención aún mantiene una lógica predominantemente vehicular. Los elementos incorporados ayudan a ordenar trayectorias y a contener cruces informales, pero no equivalen por sí mismos a la accesibilidad universal, a la formalización integral del transporte público, a la lectura intuitiva del espacio ni a la continuidad modal.

Dicho de otro modo, la obra corrige síntomas críticos, pero aún no redefine integralmente el nodo como un espacio de intercambio urbano.

Bajo esta lectura, la propuesta estatal puede ubicarse entre un escenario paliativo avanzado y otro de funcionalidad intermedia. Supera una respuesta exclusivamente cosmética porque modifica el patrón de algunas maniobras, pero todavía no alcanza un escenario integral en el que la operación del automóvil, del transporte público, del peatón y de la bicicleta quede coordinada a partir de un mismo criterio de diseño.

Tabla 2. Lectura técnica de los componentes de la intervención estatal

Componente observado	Aporte potencial	Alcance residual o condición pendiente
Retornos previos al nodo	Disminuyen parte de las maniobras de retorno que saturaban la glorieta inferior	Requieren señalización legible y control de accesos para evitar nuevas fricciones
Reacomodo geométrico y carril interno	Ordenan trayectorias y pueden reducir interferencias de corto alcance	Mantienen una lógica centrada en la circulación vehicular si no se acompaña de gestión de velocidad
Pasos peatonales elevados y barandales	Reconocen al peatón y limitan cruces completamente libres	No equivalen por sí solos a accesibilidad universal ni a recorridos peatonales cómodos
Reordenamiento operativo de paraderos	Puede alejar maniobras de ascenso y descenso del punto más crítico	Exige conexión peatonal segura, señalización y consolidación definitiva del servicio
Implementación por fases	Abre margen para correcciones progresivas sin cancelar lo ya ejecutado	Requiere monitoreo ex post y evaluación pública de desempeño

Nota. Elaboración propia a partir de la revisión del proyecto difundido públicamente, de la documentación oficial y del registro de obra.



Tabla 3. Evaluación comparativa de escenarios de intervención

Criterio	Escenario A Paliativo	Escenario B Funcional	Escenario C Integral
Reducción de conflictos nodales	Limitada	Media	Alta
Seguridad peatonal y usuarios vulnerables	Baja	Media	Alta
Integración del transporte público	Baja	Media	Alta
Continuidad ciclista y accesibilidad universal	Baja	Media-baja	Alta
Factibilidad de implementación por fases	Alta	Media	Media
Valoración global	Insuficiente como solución única	Adecuado como transición	Escenario objetivo

Nota. Valoración cualitativa elaborada con cinco criterios: conflicto nodal, seguridad de los usuarios vulnerables, integración del transporte público, coherencia multimodal y factibilidad por fases.

Propuesta integral de reconfiguración por fases

La propuesta integral formulada a partir del diagnóstico no exige desechar lo ya construido; exige reordenarlo dentro de una estrategia por fases. La primera fase, de corto plazo, debe consolidar la seguridad peatonal y la legibilidad del nodo: señalización horizontal y vertical consistente, iluminación focalizada, rutas peatonales continuas con cruces protegidas, elementos táctiles y conexión segura con paraderos temporales o definitivos. La evidencia reciente indica que la accesibilidad al transporte comienza por la calidad del trayecto peatonal y no únicamente por la existencia del punto de parada (Seriani et al., 2025; Rivera-Coloma et al., 2025; Ramírez-Saiz et al., 2025).

La segunda fase, de mediano plazo, debe incidir en la geometría y en la operación. Ello implica revisar accesos que obligan a incorporar simultáneamente, reducir radios que favorecen velocidades altas bajo el puente, ordenar definitivamente las áreas de ascenso y descenso, y habilitar el control semafórico adaptativo en los puntos donde la interacción modal lo requiera. La literatura reciente muestra que los sistemas adaptativos resultan más útiles cuando se insertan en nodos previamente definidos en su geometría y en su jerarquía de movimientos (Agrahari et al., 2024; Dong et al., 2024).

La tercera fase corresponde a la reconfiguración estructural del nodo. En esta etapa, resulta indispensable incorporar una trayectoria ciclista continua, bahías o puntos de parada definitivos, tratamiento paisajístico y ambiental del espacio duro bajo el distribuidor, y una auditoría de seguridad vial ex post que mida el desempeño, la percepción de seguridad y la accesibilidad efectiva. La investigación internacional sugiere que la resiliencia urbana y la seguridad vial mejoran cuando el rediseño integra, de forma simultánea, el espacio peatonal, la infraestructura de cruce, el confort y los criterios de movilidad sostenible (Ros-McDonnell et al., 2024; Paglione et al., 2024; Anastasiadou & Kehagia, 2025; Pomoni, 2025).

Tabla 4. Programa sintético de intervención por fases

Fase	Horizonte	Acciones prioritarias	Resultado esperado
1	Corto plazo	Señalización consistente, iluminación, continuidad peatonal, elementos táctiles, refugios de cruce y conexión segura con los paraderos.	Mayor legibilidad y reducción inmediata de la exposición peatonal.
2	Mediano plazo	Revisión de accesos conflictivos, reducción de radios, consolidación de paraderos y control semafórico adaptativo en puntos de intersección críticos.	Operación más estable y jerarquía modal más clara.
3	Largo plazo	Continuidad ciclista, paraderos definitivos, tratamiento ambiental del espacio bajo el puente y auditoría ex post de seguridad vial.	Nodo multimodal más seguro, accesible y ambientalmente mejor resuelto.

Nota. Secuencia propuesta para articular la obra en curso con una reconfiguración multimodal de mayor alcance.

DISCUSIÓN

La principal aportación del caso no consiste en demostrar que la glorieta 24 Horas tiene problemas — eso ya era visible socialmente—, sino en precisar por qué los tiene y qué tipo de intervención puede corregirlos de manera más consistente. Los resultados coinciden con la literatura local y comparada: los nodos metropolitanos fallan cuando la ingeniería de circulación se divorcia del acceso peatonal, del transporte público y de la estructura de usos del suelo (Franco-Sánchez & Mejía-Reyes, 2021; Licona Cervantes & Márquez Juárez, 2025; Calderón-Ramírez et al., 2025).



El caso también confirma que la seguridad vial de una glorieta urbana no puede evaluarse únicamente por el número de carriles o por su capacidad de descargar flujos. Los estudios recientes sobre seguridad peatonal y ciclista en glorietas muestran que la exposición de usuarios vulnerables depende de configuraciones espaciales precisas: cruces demasiado largos, refugios insuficientes, cambios abruptos de trayectoria, velocidades altas y prioridades poco legibles (Doğan, 2025; Layegh et al., 2020; Vignali et al., 2020; Poudel & Singleton, 2021). En el nodo analizado, la obra reciente atiende parcialmente a esos factores, pero aún plantea interrogantes sobre la continuidad ciclista y la accesibilidad universal.

Otro hallazgo relevante es que la corrección geométrica, por sí sola, tiene un techo funcional. La evidencia sobre la percepción de seguridad, el confort peatonal y la accesibilidad multimodal indica que el rendimiento de un nodo urbano mejora cuando la operación se acompaña de información legible, jerarquización modal y conectividad peatonal real con el transporte público (Hou & Chen, 2024; Qin et al., 2025; Bosch-Checa et al., 2025; Kühnel et al., 2025). Esto explica por qué la glorieta 24 Horas no debería valorarse únicamente por su tiempo de paso vehicular, sino por su capacidad de servir como punto seguro de cruce y transferencia.

En términos de política urbana, el caso respalda una lectura prudente pero firme: la intervención estatal actual va en la dirección correcta al reconocer la necesidad de corregir el nodo, pero debe evolucionar de una obra de reacomodo vial a una estrategia integral de movilidad. En ciudades latinoamericanas intermedias, donde la infraestructura suele ejecutarse por etapas y bajo presión política, la evaluación ex post adquiere un valor central para impedir que una corrección costosa termine por estabilizar un diseño todavía incompleto.

CONCLUSIONES

La glorieta 24 Horas de Pachuca de Soto es un nodo crítico porque concentra en un mismo espacio las maniobras de paso, retorno, incorporación, ascenso y descenso del transporte público, así como cruces peatonales expuestos. El problema de fondo no es únicamente la congestión, sino la superposición de lógicas de movilidad incompatibles en una geometría de baja legibilidad y con una protección insuficiente para usuarios vulnerables.

La intervención estatal reciente representa un avance relevante al introducir retornos, ajustes geométricos y dispositivos de protección peatonal. Sin embargo, el análisis indica que su alcance sigue siendo parcial mientras no se consoliden la accesibilidad universal, la formalización del transporte público, la continuidad ciclista, el control operativo adaptativo y una auditoría de seguridad vial posterior a la obra.

La alternativa más sólida para el nodo es una reconfiguración en fases. En el corto plazo, se requiere consolidar la continuidad peatonal y el orden operativo; en el mediano plazo, corregir los accesos y las jerarquías de movimiento; y en el largo plazo, transformar el espacio bajo el distribuidor en un verdadero punto multimodal con mejores condiciones ambientales y urbanas.

Metodológicamente, el artículo muestra que la combinación de revisión documental, observación de campo, registro fotográfico y audiovisual y lectura conceptual de la conectividad del nodo permite construir evaluaciones ex post útiles y rigurosas aun cuando todavía no se dispone de una microsimulación completa. Esta ruta analítica es replicable en otras ciudades intermedias que requieren corregir la infraestructura vial ya construida.

Limitaciones y agenda futura

El estudio es exploratorio y, por tanto, no sustituye una evaluación instrumentada antes-después. No se trabajó con aforos automáticos, trayectorias GPS, bases consolidadas de siniestralidad georreferenciada ni microsimulación dinámica calibrada. En consecuencia, la valoración de escenarios debe leerse como una base analítica para la toma de decisiones y no como una predicción cerrada de desempeño.

Las líneas futuras de investigación más pertinentes son cinco: aforos vehiculares, peatonales y ciclistas en horas pico y valle; estudio formal de paraderos y tiempos de acceso peatonal; auditoría de seguridad vial antes y después de la intervención; microsimulación multimodal; y evaluación ambiental del espacio bajo el distribuidor, especialmente en términos de sombra, escorrentía, confort térmico y permanencia urbana.

REFERENCIAS

- Agrahari, A., Dhabu, M. M., Deshpande, P. S., Tiwari, A., Baig, M. A., & Sawarkar, A. D. (2024). Artificial intelligence-based adaptive traffic signal control system: A comprehensive review. *Electronics*, *13*(19), 3875. <https://doi.org/10.3390/electronics13193875>
- Alnaim, M. M., Mesloub, A., Alalouch, C., & Noaime, E. (2025). Reclaiming the urban streets: Evaluating accessibility and walkability in the City of Hail's streetscapes. *Sustainability*, *17*(7), 3000. <https://doi.org/10.3390/su17073000>
- Anastasiadou, K., & Kehagia, F. (2025). Road safety improvement and sustainable urban mobility: Identification and prioritization of factors and policies through a multi-criteria approach. *Urban Science*, *9*(4), 93. <https://doi.org/10.3390/urbansci9040093>
- Bosch-Checa, C., Lorenzo-Sáez, E., Haza, M. J. P. de la, Lerma-Arce, V., & Coll-Aliaga, E. (2025). Evaluation of the accessibility to urban mobility services with high spatial resolution—Case study: Valencia (Spain). *Applied Sciences*, *15*(3), 1382. <https://doi.org/10.3390/app15031382>
- Calderón-Ramírez, J., Gutiérrez-Moreno, M., Mungaray-Moctezuma, A., Sánchez-Atondo, A., García-Gómez, L., Montoya-Alcaraz, M., & Núñez-López, I. (2025). Spatial analysis of public transport and urban mobility in Mexicali, B.C., Mexico: Towards sustainable solutions in developing cities. *Sustainability*, *17*(17), 7802. <https://doi.org/10.3390/su17177802>
- Cruz Suárez, D. M., & Franco Sánchez, L. M. (2025). Movilidad urbana y sistemas BRT en Pachuca de Soto, 2020. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(2), 3477–3502. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17153
- Doğan, E. (2025). Systematic review of pedestrian safety at roundabouts. *Journal of Safety Research*, *94*, 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2025.06.005>
- Dong, Y., Huang, H., Zhang, G., & Jin, J. (2024). Adaptive transit signal priority control for traffic safety and efficiency optimization: A multi-objective deep reinforcement learning framework. *Mathematics*, *12*(24), 3994. <https://doi.org/10.3390/math12243994>
- ElDeeb, S., Abd EL-Baky, R. A., & Masoumi, H. (2024). Unveiling transportation disparities: Investigating accessibility gaps in metropolitan cities using GIS—a case study of Alexandria, Egypt. *Frontiers in Sustainable Cities*, *6*, 1372918. <https://doi.org/10.3389/frsc.2024.1372918>



- Franco-Sánchez, L. M., & Mejía-Reyes, C. (2021). El transporte masivo y su impacto en la movilidad urbana de Pachuca. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 23(2), 69–88. <https://doi.org/10.36677/qret.v23i2.15992>
- Hou, X., & Chen, P. (2024). Analysis of road safety perception and influencing factors in a complex urban environment—Taking Chaoyang District, Beijing, as an example. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(8), 272. <https://doi.org/10.3390/ijgi13080272>
- Kühnel, F., Schrömbges, M., Braun, N., & Kuhnimhof, T. (2025). Public transport accessibility and its effect on mode choice. *Urban Science*, 9(2), 49. <https://doi.org/10.3390/urbansci9020049>
- Layegh, M., Mirbaha, B., & Rassafi, A. A. (2020). Modeling the pedestrian behavior at conflicts with vehicles in multi-lane roundabouts (a cellular automata approach). *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 556, 124843. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.124843>
- Licona Cervantes, G., & Márquez Juárez, A. (2025). Congestión vehicular en Pachuca: análisis de factores urbanos y comparativa vial. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 13(Especial 3), 11–23. <https://doi.org/10.29057/icbi.v13iEspecial3.15645>
- Maji, A., & Ghosh, I. (2025). A systematic review on roundabout safety, incorporating the safety assessment methodologies, data collection techniques, and driver behavior. *Safety Science*, 181, 106661. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106661>
- Paglione, L., Donato, M. A., Cofone, L., Sabato, M., Appolloni, L., & D'Alessandro, D. (2024). The healthy city reimagined: Walkability, active mobility, and the challenges of measurement and evaluation. *Urban Science*, 8(4), 157. <https://doi.org/10.3390/urbansci8040157>
- Pfertner, M., Büttner, B., & Wulforth, G. (2023). An open-source modelling methodology for multimodal and intermodal accessibility analysis of workplace locations. *Sustainability*, 15(3), 1947. <https://doi.org/10.3390/su15031947>
- Pomoni, M. (2025). Smart crosswalks to advance road safety on urban roads: Conceptualization and evidence-based insights from Greek incident records. *Future Transportation*, 5(4), 180. <https://doi.org/10.3390/futuretransp5040180>
- Poudel, N., & Singleton, P. A. (2021). Bicycle safety at roundabouts: A systematic literature review. *Transport Reviews*, 41(5), 617–642. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1877207>



- Qin, J., Feng, Y., Sheng, Y., Huang, Y., Zhang, F., & Zhang, K. (2025). Evaluation of pedestrian-perceived comfort on urban streets using multi-source data: A case study in Nanjing, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(2), 63. <https://doi.org/10.3390/ijgi14020063>
- Ramírez-Saiz, A., Baquero Larriva, M. T., Jiménez Martín, D., & Alonso, A. (2025). Enhancing urban mobility for all: The role of universal design in supporting social inclusion for older adults and people with disabilities. *Urban Science*, 9(2), 46. <https://doi.org/10.3390/urbansci9020046>
- Rivera-Coloma, R., Cajas-Cajas, V., Llamuca-Llamuca, J., & Oleas-Lara, C. (2025). The impact of smart stops on the accessibility and safety of public transport users. *Future Transportation*, 5(4), 131. <https://doi.org/10.3390/futuretransp5040131>
- Ros-McDonnell, D., de-la-Fuente-Aragón, M. V., Ros-McDonnell, L., & Cardós, M. (2024). Toward resilient urban design: Pedestrians as an important element of city design. *Urban Science*, 8(2), 65. <https://doi.org/10.3390/urbansci8020065>
- Santiago Arcaraz, A. Y., Martínez Padilla, C., & Jiménez Pelcastre, A. (2024). Políticas públicas urbanas sobre la accesibilidad al espacio público para personas con discapacidad en Pachuca, Hidalgo. *International Journal of Human Sciences Research*, 4(26). <https://doi.org/10.22533/at.ed.5584262414084>
- Secretaría de Infraestructura Pública y Desarrollo Urbano Sostenible (2025). Fallo relativo a la licitación pública No. EO-SIPDUS-N273-2025, correspondiente a la obra: Adecuación vial en el distribuidor Miguel Hidalgo (glorieta 24 horas) [Documento oficial]. Gobierno del Estado de Hidalgo. <https://transparenciadocs.hidalgo.gob.mx/dependencias/obrasp/doc/proc/2025/Lic/C64/N273/FAN273.pdf>
- Secretaría de Movilidad y Transporte del Estado de Hidalgo (2021). Plan integral de movilidad urbana sustentable de la Zona Metropolitana de Pachuca, Hidalgo (versión ejecutiva) [Plan institucional]. Gobierno del Estado de Hidalgo.



<https://movilidadytransporte.hidalgo.gob.mx/assets/PDF/PIMUS%20ZMPACHUCA-VERSION%20EJECUTIVA.pdf>

- Seriani, S., Aprigliano, V., Peña, A., Briones, H., Arredondo, B., Requesens, J., & Fujiyama, T. (2025). Evaluating the accessibility of pedestrian sidewalks to connect public transport: A pilot study in Valparaíso, Chile. *Applied Sciences*, 15(3), 1106. <https://doi.org/10.3390/app15031106>
- Stefanidis, R.-M., & Bartzokas-Tsiompras, A. (2024). Pedestrian accessibility analysis of sidewalk-specific networks: Insights from three Latin American central squares. *Sustainability*, 16(21), 9294. <https://doi.org/10.3390/su16219294>
- Trejo, G. (2025, 25 de agosto). Con pasos peatonales y retornos, así es el proyecto para la “glorieta 24 horas” de Pachuca | Fotos. Milenio. <https://www.milenio.com/comunidad/glorieta-24-horas-pachuca-asi-planean-mejorar-trafico-y-seguridad>
- Valera, V. (2025, 12 de junio). Semáforos y reducir la glorieta: soluciones para el puente atirantado, investigadora de la UAEH. *Milenio*. <https://www.milenio.com/sociedad/proponen-estudio-multimodal-en-glorieta-24-horas-para-resolver-caos>
- Vignali, V., Pazzini, M., Ghasemi, N., Lantieri, C., Simone, A., & Dondi, G. (2020). The safety and conspicuity of pedestrian crossing at roundabouts: The effect of median refuge island and zebra markings. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 68, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.12.007>
- Wang, J., & Cicchino, J. B. (2022). Safety effects of roundabout conversions in Carmel, Indiana, the Roundabout City. *Journal of Safety Research*, 82, 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.05.007>

