

Cuestiones clave y estrategias para el desarrollo de alta calidad de los nodos ferroviarios de pasajeros de alta velocidad

ZHANG Xiaochun, YANG Yuxing, HE Jianping

Resumen. El análisis de las etapas del desarrollo urbano y de la evolución de los patrones de movilidad muestra que la planificación, la construcción y la explotación de los nodos de pasajeros de alta velocidad deben prestar una atención creciente a la sostenibilidad, la eficiencia integral y la experiencia del viajero. Con el desarrollo de alta calidad como objetivo, el artículo precisa las exigencias de unos nodos más sostenibles, más eficientes y con una mejor experiencia, y propone las estrategias correspondientes. En primer lugar, la localización de los nodos multimodales debe articularse con el sistema de centralidades urbanas; la escala y la combinación funcional del desarrollo integrado deben determinarse con prudencia, y la organización espacial debe conservar capacidad de adaptación futura. En segundo lugar, una selección científica del emplazamiento, una disposición racional, un diseño detallado y una explotación inteligente deben reducir las distancias recorridas y los tiempos de espera en cada eslabón de la cadena de viaje. En tercer lugar, una escala espacial adecuada, correspondencias cómodas, servicios diversificados, espacios próximos a la naturaleza e información precisa deben mejorar la experiencia del pasajero. Finalmente, el perfeccionamiento continuo de la planificación, la construcción, la explotación y la gestión mediante tecnologías digitales e inteligentes constituye una orientación fundamental para el futuro.

Palabras clave: planificación del transporte; nodo ferroviario de pasajeros de alta velocidad; sostenibilidad; alta eficiencia; experiencia del pasajero; inteligencia digital.

Clasificación de la Biblioteca China: TU984. Código de documento: A. DOI: 10.16361/j.upf.202405007.

Número de artículo: 1000-3363 (2024) 05-0047-08.

Tras casi veinte años de rápido desarrollo, China ha logrado avances extraordinarios en la alta velocidad ferroviaria, mejorando sustancialmente la accesibilidad de los desplazamientos interurbanos. Entre 2012 y 2022, la proporción de pasajeros de alta velocidad dentro del transporte ferroviario total aumentó del 20,5 % al 76,2 % [1], hasta convertirse en su componente absolutamente dominante. A finales de 2022, la red de alta velocidad alcanzaba 42.000 km y contaba con 1.188 estaciones de pasajeros; para 2035 se prevé que alcance 70.000 km y más de 2.000 estaciones [2]. Además, algunas estaciones convencionales construidas tempranamente y situadas en zonas centrales, como las de Guangzhou y Chongqing, se encuentran ante nuevas oportunidades de transformación. Por tanto, la construcción y renovación de nodos de pasajeros de alta velocidad seguirá constituyendo durante cierto tiempo un ámbito de oportunidad importante.

No obstante, por diversas razones, algunos nodos existentes presentan deficiencias: emplazamientos alejados de las áreas urbanas principales, desarrollo desigual de las nuevas ciudades ferroviarias, dimensiones excesivas o conexiones incómodas [3-4]. Resulta necesario, por tanto, sintetizar de manera sistemática las cuestiones clave y las estrategias de un desarrollo de alta calidad a la luz de la evolución urbana y del transporte, con el fin de orientar la construcción y explotación futuras.

1 Tendencias y exigencias del desarrollo

1.1 La entrada de las ciudades en una fase de desarrollo sobre el tejido existente y la evolución dinámica de la movilidad exigen que los nodos de alta velocidad prioricen la sostenibilidad

Después de más de cuarenta años de rápido crecimiento, las ciudades chinas han entrado, en términos generales, en una fase centrada en la optimización y renovación del tejido existente. Al mismo tiempo, los

patrones de movilidad siguen transformándose bajo la influencia de la economía, las políticas y la tecnología. La planificación y construcción de los nodos de alta velocidad deben, por tanto, orientarse hacia la sostenibilidad: responder a las exigencias del desarrollo urbano basado en el stock existente y adaptarse a las futuras transformaciones del transporte.

1.1.1 La estabilización de la población y del suelo urbanizable, junto con restricciones fiscales más severas, exige determinar racionalmente la localización y la escala de los nodos

En esta fase, la población urbana y la superficie de suelo urbanizable tienden a estabilizarse. Según la Oficina Nacional de Estadística, durante el XIII Plan Quinquenal la tasa de crecimiento de la población china disminuyó gradualmente del 0,7 % en 2016 al 0,1 % en 2020, mientras la población total se aproximaba a un nivel estable [1] (figura 1). Paralelamente, la delimitación de las «tres zonas y tres líneas» ha fijado prácticamente las fronteras del desarrollo urbano y restringirá estrictamente la expansión del suelo. La posibilidad de crear a gran escala nuevos distritos fuera de las áreas urbanas consolidadas será, por tanto, limitada. Además, con la entrada de la economía nacional en una nueva normalidad, la presión financiera sobre los distintos niveles de gobierno ha aumentado. Durante el XIII Plan Quinquenal, la proporción del gasto en transporte dentro del gasto público total disminuyó progresivamente [1] (figura 2). En este contexto de fuerte restricción fiscal, reducir costes y mejorar la eficiencia se ha convertido en una exigencia general, y la inversión en infraestructuras urbanas debe atender más cuidadosamente a su rentabilidad.

La construcción de nodos ferroviarios de pasajeros debe afrontar dos cuestiones. Desde el lado de la demanda, la estabilización de la población y del suelo urbanizado genera incertidumbre sobre la continuidad de un crecimiento rápido de los viajes de alta velocidad. Desde el lado de la oferta, la doble restricción del suelo y de los recursos fiscales obliga a controlar tanto la ocupación como la inversión. En consecuencia, los nuevos nodos no deberían localizarse lejos de las áreas urbanas principales ni dimensionarse con una anticipación excesiva, para evitar inversiones ineficientes.

1.1.2 La evolución dinámica de la movilidad exige dotar a los nodos de flexibilidad adaptativa

Los patrones de desplazamiento cambian principalmente por tres mecanismos. En primer lugar, la transformación de la economía regional, de la distribución industrial y de la población modifica el volumen total de la demanda. En segundo lugar, la construcción de infraestructuras regionales induce cambios en la escala y la estructura de los viajes. En tercer lugar, la evolución de las actividades urbanas, la mejora de las infraestructuras, el progreso tecnológico y los ajustes de política transforman la movilidad: la ampliación de las redes de metro, la rápida expansión de la movilidad compartida o los cambios en las tarifas de estacionamiento alteran la estructura modal. Por ello, la disposición y la capacidad de los nodos deben mantener suficiente flexibilidad para adaptarse a esa dinámica.



Figura 1. Evolución de la población total de China, 2007-2022 [1]

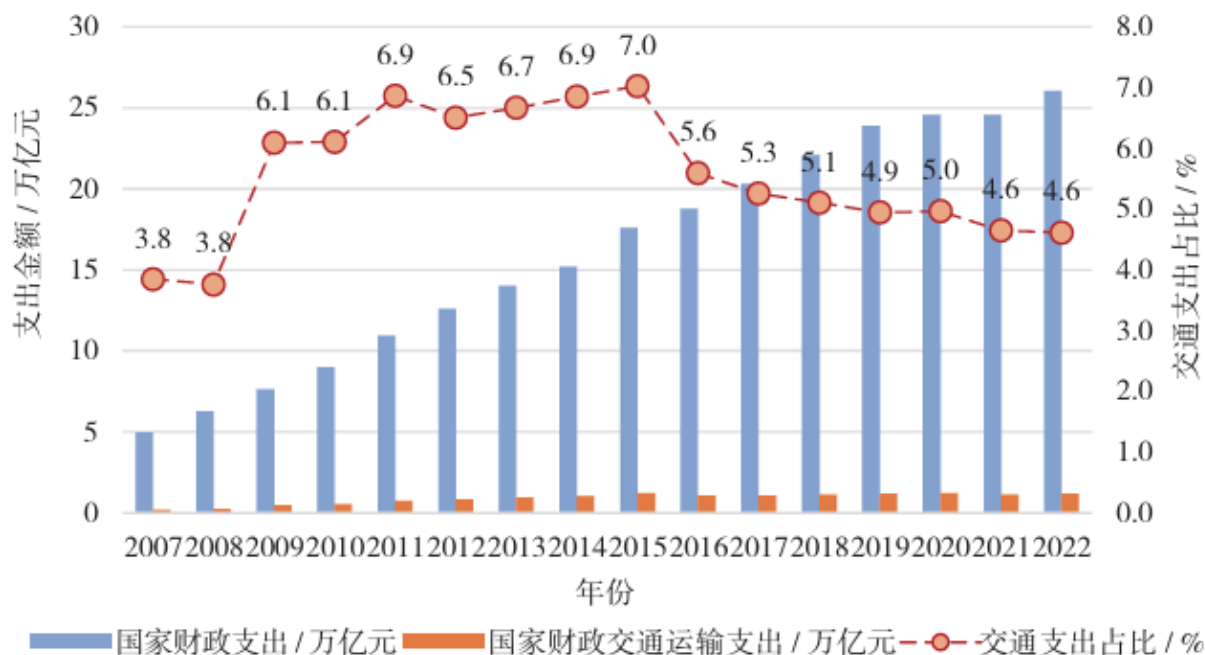


Figura 2. Proporción del gasto público en transporte respecto del gasto público total en China, 2007-2022

1.2 La nueva urbanización genera grupos de viajeros interurbanos frecuentes y eleva las exigencias de eficiencia del servicio

Con el desarrollo económico y social y la mejora gradual de la red ferroviaria, la frecuencia de los viajes en tren aumenta en las principales ciudades (figura 3). Este incremento, unido al crecimiento de la participación de la alta velocidad [1], refleja la importancia creciente del ferrocarril en la movilidad. El nodo multimodal es decisivo para la eficiencia del transporte de pasajeros: solo mejorando su funcionamiento

puede aprovecharse plenamente la ventaja de velocidad del tren de alta velocidad a lo largo de toda la cadena del viaje.

China ha entrado además en una fase de urbanización cuya forma territorial principal son las regiones urbanas. La elevada regionalización de la actividad económica genera numerosos desplazamientos interurbanos pendulares y de negocios, de corta o media distancia y alta frecuencia. Las encuestas muestran ya rasgos claros de movilidad transurbana en las tres grandes regiones urbanas: aproximadamente 100.000 viajes diarios entre Pekín y Tianjin [5], 137.000 entre Shanghái y Suzhou [6] y 200.000 entre Shenzhen, Dongguan y Huizhou [7]. Según las estadísticas ferroviarias, entre 2019 y 2023 la proporción de viajeros con origen en Shenzhen y destino en Guangdong, Hong Kong y Macao aumentó 6,5 puntos porcentuales (figura 4), lo que confirma que la integración regional seguirá ampliando la demanda interurbana. Estos viajeros son muy sensibles al coste temporal y exigen una mayor eficiencia del servicio.

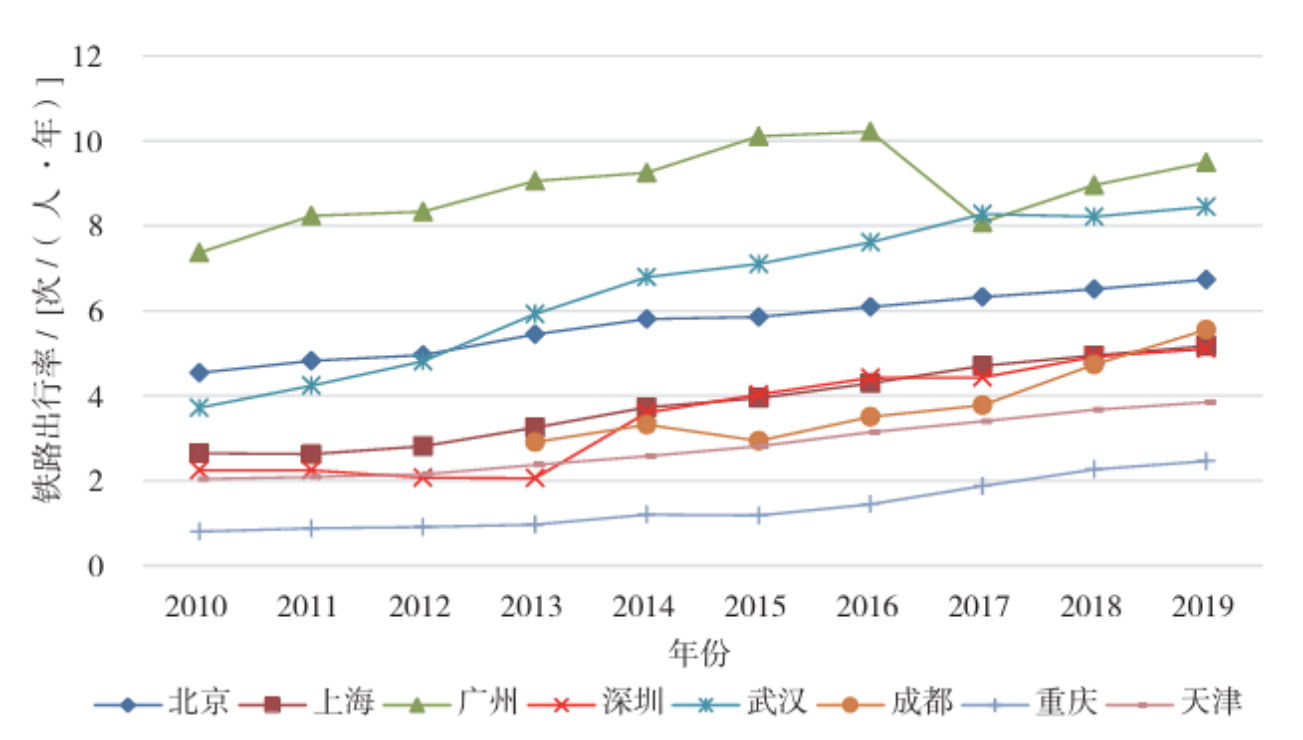


Figura 3. Evolución del número anual de viajes ferroviarios per cápita en varias ciudades

Fuente: elaboración propia a partir de anuarios y boletines estadísticos municipales.

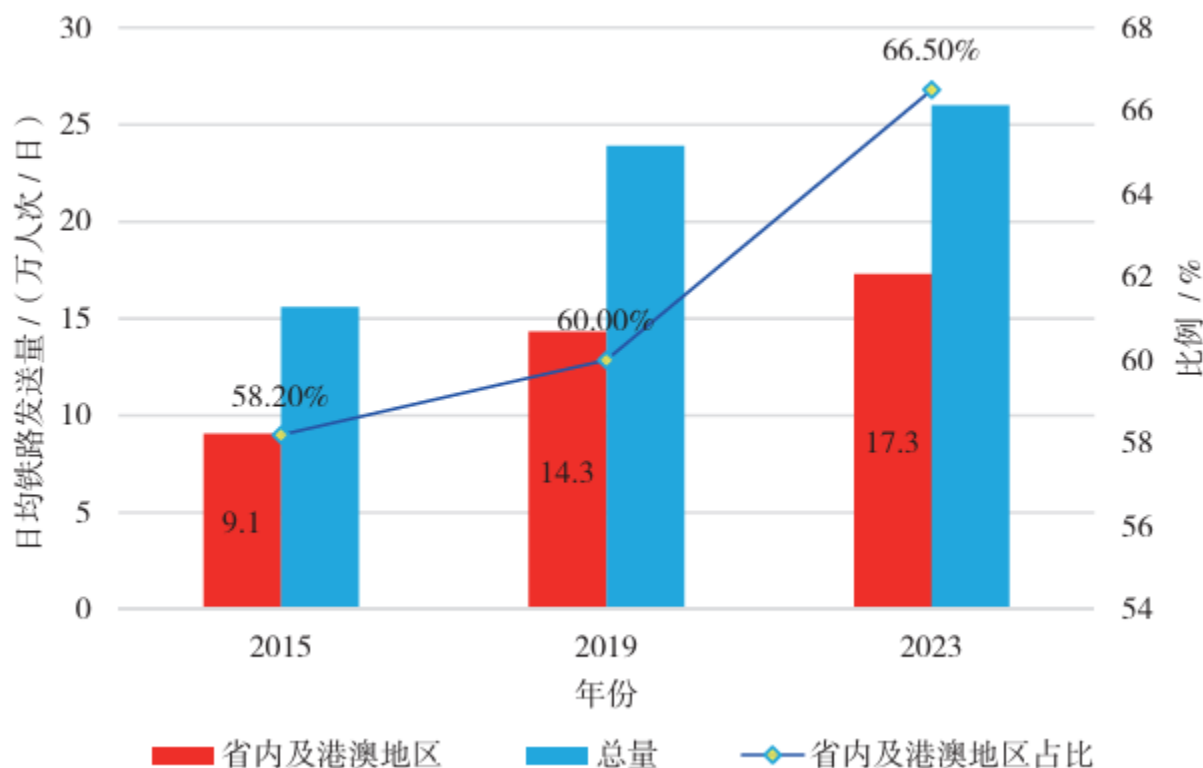


Figura 4. Volumen medio diario de pasajeros con salida desde Shenzhen y proporción de destinos en Guangdong, Hong Kong y Macao

Fuente: datos facilitados por China Railway Guangzhou Group.

1.3 La diversificación de los viajeros y de sus necesidades exige servicios variados y una mayor atención a la experiencia

La diversidad de los usuarios de la alta velocidad determina la diversidad de sus necesidades. Por una parte, la red cubre territorios con niveles económicos, estructuras demográficas y servicios de transporte diferentes, lo que genera variaciones en las distancias y frecuencias de viaje (figura 5). Por otra parte, los viajes responden a motivos diversos —negocios, turismo, visitas familiares, desplazamientos pendulares o trabajo migrante— y cada grupo presenta demandas crecientemente diferenciadas en cuanto a conexiones (figura 6), servicios complementarios y experiencia [8-9].

Esta diversidad exige que la construcción y explotación de los nodos presten más atención a los servicios y a la experiencia del pasajero. Ya no basta con optimizar la distribución arquitectónica y los equipamientos físicos. La nueva revolución tecnológica, dominada por la digitalización, está transformando los modos de construcción y explotación de las nuevas infraestructuras de transporte, ampliando las vías de gobernanza digital e innovando la organización operativa [10]. El uso de tecnologías inteligentes para renovar conceptos, modelos y herramientas de construcción, explotación y gestión constituye una vía esencial para mejorar la calidad del servicio y la experiencia del viajero.

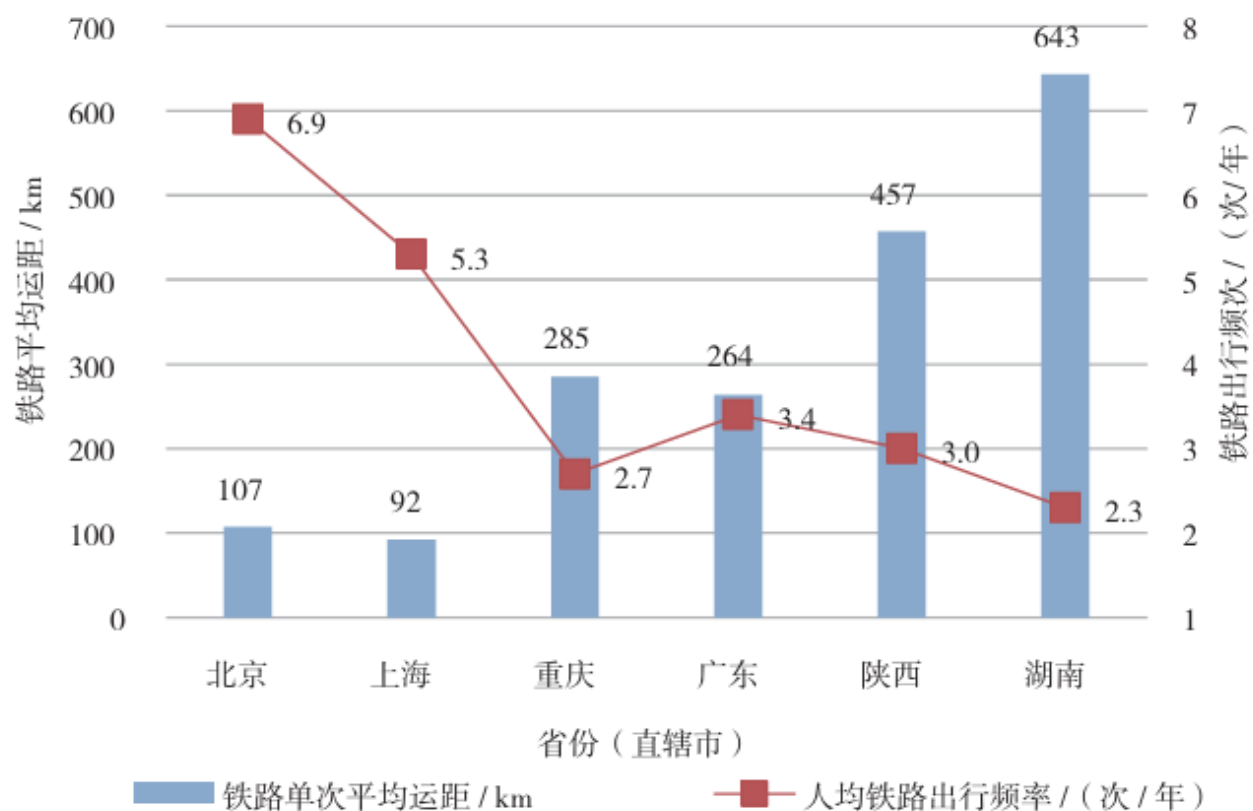


Figura 5. Distancia ferroviaria media y frecuencia de viajes per cápita en varias regiones en 2019

Fuente: elaboración propia a partir de datos de las oficinas estadísticas provinciales y municipales de 2019.

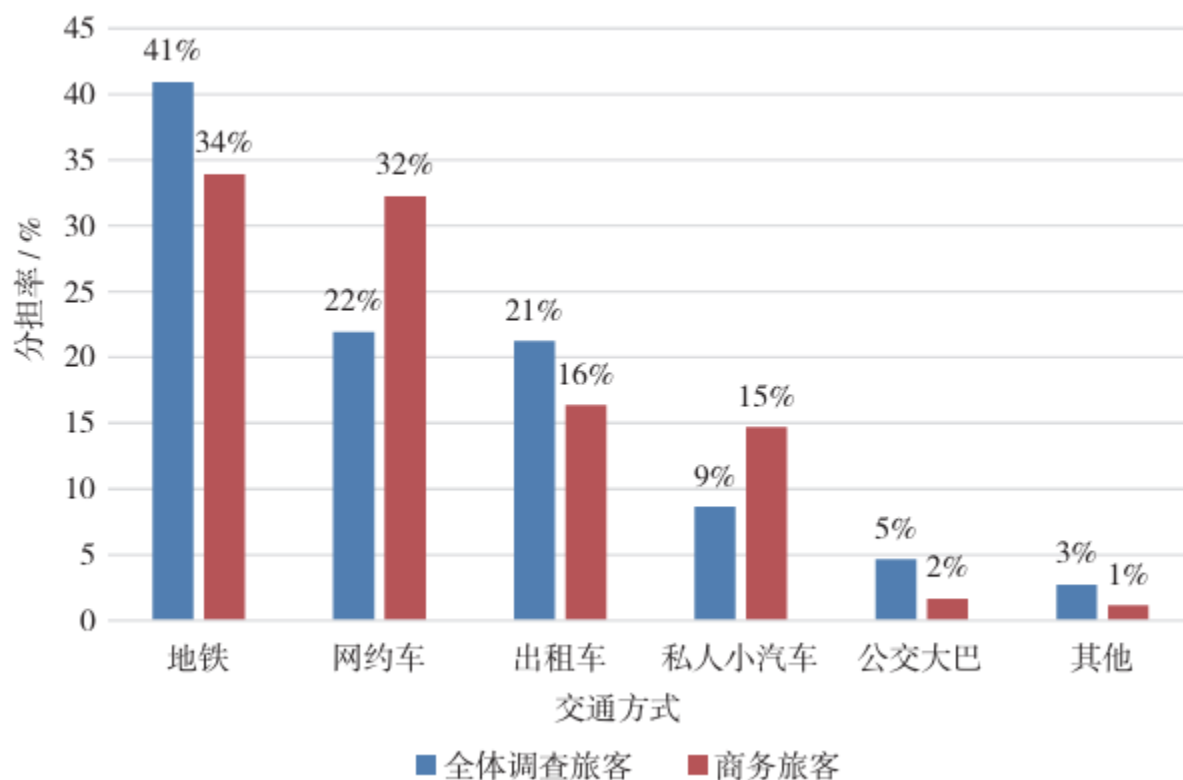


Figura 6. Distribución modal de los viajes con salida desde Shenzhen North según el tipo de pasajero

Fuente: encuesta por cuestionario, noviembre de 2023.

2 Cuestiones clave y estrategias

En el nuevo contexto, la lógica de desarrollo de los nodos debe cambiar: pasar de la construcción rápida a gran escala y de una explotación basada en la experiencia a una construcción detallada y una explotación inteligente, respondiendo además a las demandas de las distintas partes. Las administraciones y los operadores se preocupan por la rentabilidad de la inversión, la sostenibilidad operativa y la eficiencia; los pasajeros desean servicios rápidos y una buena experiencia. En consecuencia, el desarrollo de alta calidad debe resolver tres cuestiones fundamentales: sostenibilidad, eficiencia operativa y experiencia del pasajero.

2.1 Construir nodos más sostenibles

La sostenibilidad constituye la base del desarrollo de alta calidad. Para maximizar los beneficios sociales y mantener una explotación viable a largo plazo, es esencial formular estrategias científicas de localización y desarrollo y construir nodos adecuados a la etapa de desarrollo urbano, pero capaces de adaptarse a los cambios futuros. Las cuestiones principales se refieren al emplazamiento, al desarrollo integrado y a la resiliencia (figura 7).

2.1.1 Articular la localización con las centralidades urbanas principales y secundarias

La localización determina directamente el área efectiva de servicio y el volumen potencial de pasajeros, y constituye así la base de la sostenibilidad. El desarrollo articulado entre los nodos de alta velocidad y los centros urbanos se ha convertido en un consenso profesional [11-12]. Los nuevos nodos deberían situarse, en la medida de lo posible, en las centralidades existentes, principales o secundarias, para evitar el riesgo de baja demanda y el despilfarro de inversión asociado a las localizaciones periféricas.

2.1.2 Determinar con prudencia la escala y la combinación funcional del desarrollo

El desarrollo de nuevas ciudades ferroviarias y el aprovechamiento tridimensional integrado de las estaciones se han convertido en temas recurrentes, pero los casos de éxito siguen siendo escasos. Es necesario comprender de manera objetiva el contenido y la lógica de conceptos como «integración estación-ciudad» y desarrollo orientado al transporte público (Transit-oriented development, TOD) [8, 13]. Los principales nodos nacionales de alta velocidad atienden sobre todo viajes de media y larga distancia, de baja frecuencia y múltiples motivos. Se diferencian de los nodos ferroviarios interurbanos y urbanos, que sirven principalmente viajes pendulares y de negocios, de corta o media distancia y frecuencia media o alta. Estos últimos son los soportes más adecuados del TOD urbano.

Por tanto, los grandes nodos nacionales de alta velocidad deben mantener la función de transporte como prioridad y abordar con cautela el desarrollo de nuevas ciudades ferroviarias, evitando introducir demasiadas funciones urbanas y flujos adicionales. Cuando exista desarrollo integrado, su volumen debe guardar proporción con la población y la base económica del territorio servido, y sus funciones deben responder a sus necesidades reales. Una escala excesiva dificulta la construcción y explotación, mientras que un desarrollo funcionalmente homogéneo puede generar vacancia inmobiliaria y desperdicio de inversiones.

2.1.3 Reforzar la resiliencia de las instalaciones ante los cambios futuros

El desarrollo económico, los cambios demográficos, la innovación tecnológica y los ajustes de política de transporte pueden alterar la demanda de pasajeros y las formas de conexión. La escala y la disposición actuales de las instalaciones no necesariamente coincidirán con las necesidades futuras. Por ello, la

planificación y construcción deben incorporar la resiliencia, reducir el uso de separaciones rígidas y permanentes y reservar la posibilidad de transformaciones de bajo coste.



Figura 7. Hoja de ruta de objetivos y medidas para crear un nodo más sostenible

2.2 Construir nodos más eficientes

La eficiencia es un componente central del desarrollo de alta calidad. Tres factores principales determinan la eficiencia integral. El primero es la localización, que influye directamente en las distancias y los tiempos de conexión dentro de la ciudad. El segundo es la disposición espacial y la organización de las correspondencias, que determinan las distancias entre el vestíbulo ferroviario y los terminales de otros modos, los tiempos de marcha y los procedimientos de entrada y salida. El tercero es la organización operativa del transporte de conexión, que determina los tiempos de espera al cambiar de modo. Un nodo eficiente requiere, por tanto, una localización científicamente fundamentada, una disposición racional, un diseño detallado de las correspondencias y una gestión inteligente de la explotación, con el fin de reducir distancias y esperas en cada tramo de la cadena (figura 8).

2.2.1 Planificación y diseño

A escala macro, el nodo debe localizarse en una centralidad principal o secundaria para acercarlo a los pasajeros y reducir la distancia y el tiempo de conexión urbana. A escala meso, su tamaño debe ser razonable y su disposición compacta, con el fin de reducir los recorridos a pie en la entrada, la salida y las correspondencias. A escala micro, las instalaciones de acceso y los itinerarios de transbordo deben diseñarse de forma humana y precisa, con recorridos claros y cortos.

2.2.2 Explotación y gestión

En primer lugar, debe implantarse una regulación operativa inteligente. Una plataforma integrada del nodo debe conocer en tiempo real la demanda y la capacidad disponible tanto del lado ferroviario como del lado urbano. Las alertas de alta precisión sobre los flujos y los planes multimodales permiten ajustar dinámicamente la operación y mejorar la eficiencia general. En segundo lugar, debe promoverse la gestión coordinada entre actores: las políticas de explotación de los distintos modos, los requisitos de los terminales y los estándares de servicio deben armonizarse en la medida de lo posible.

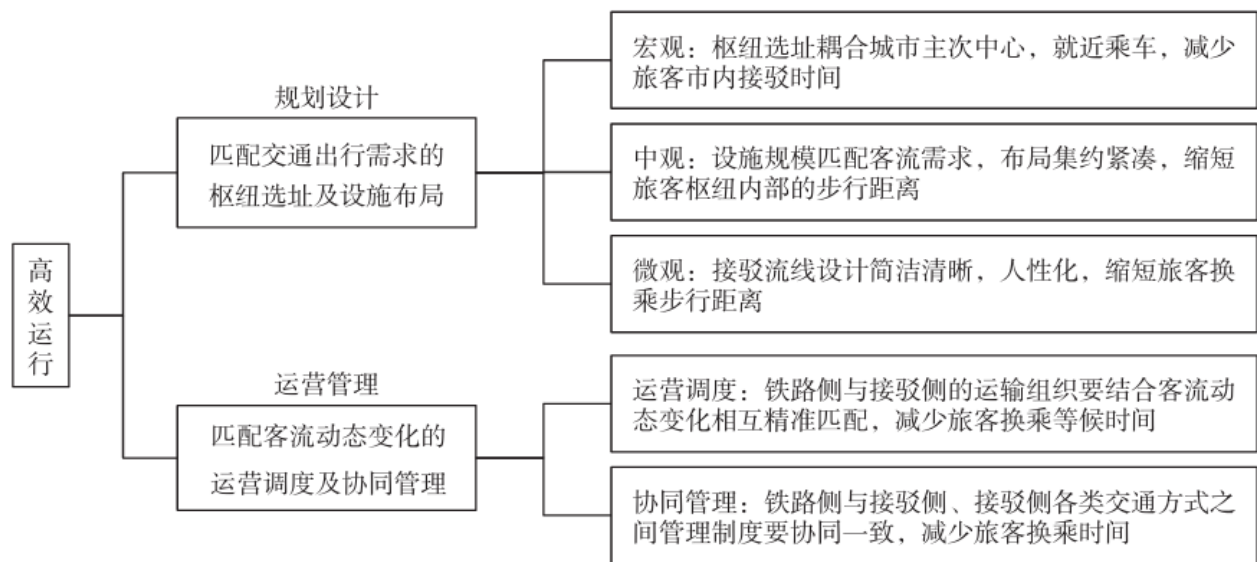


Figura 8. Hoja de ruta de objetivos y medidas para crear un nodo de alta eficiencia

2.3 Construir nodos con una mejor experiencia del pasajero

Crear una experiencia de viaje de calidad constituye el objetivo final del desarrollo de alta calidad. Las críticas más frecuentes se refieren a nodos sobredimensionados, largas distancias a pie, colas prolongadas, controles de seguridad repetidos, correspondencias ineficientes y orientación poco clara. Mejorar la experiencia exige diferenciar la percepción de los distintos grupos y actuar de manera integral sobre la escala espacial, la disposición de los equipamientos, la información y la calidad de los lugares (figura 9).

2.3.1 Controlar una escala espacial y una densidad de pasajeros adecuadas

Una escala apropiada y una densidad razonable proporcionan seguridad y confort. Los espacios excesivamente grandes generan sensación de vacío y pueden crear zonas ciegas; la simulación de las líneas de visión permite anticiparlas y corregirlas. Una densidad excesiva en las áreas de concentración produce ansiedad e incomodidad y puede provocar riesgos de avalancha. Los estándares de confort varían según el tipo de espacio: las zonas de espera de los aeropuertos internacionales de alta calidad disponen de mayores superficies por persona que las salas ferroviarias (tabla 1). La simulación peatonal puede visualizar la densidad y apoyar la optimización de la disposición.

Tabla 1. Estándares de confort para diferentes espacios de transporte

Norma de referencia	Tipo de espacio	Superficie de diseño (m ² /persona)
Código de diseño del metro (GB 50157-2013)	Andén	0,33-0,75
Calidad del servicio de aeropuertos civiles (MH/T 5104-2013)	Sala de embarque	≥ 1
Calidad del servicio de aeropuertos civiles (MH/T 5104-2013)	Sala de primera clase y clase ejecutiva	≥ 5

Norma de referencia	Tipo de espacio	Superficie de diseño (m ² /persona)
Código de diseño de estaciones ferroviarias de pasajeros (TB 10100-2018)	Zona / sala de espera	≥ 1,2
Indicadores IATA de nivel de servicio aeroportuario	Sala de embarque	≥ 1,9

2.3.2 Garantizar correspondencias cómodas y servicios diversificados

El transporte es la función básica y una correspondencia eficiente constituye la necesidad central. Los viajeros también demandan restauración, compras, descanso y trabajo temporal. Teniendo en cuenta la diversidad de usuarios, el nodo puede incorporar de forma proporcionada funciones comerciales, recreativas, de ocio y de servicio público. Los pasajeros deben poder elegir libremente entre abandonar el nodo o permanecer en él y acceder con facilidad a los servicios.

2.3.3 Proporcionar información precisa mediante tecnologías inteligentes

La información precisa en tiempo real permite conocer rápidamente el estado de los servicios, elegir con tranquilidad el modo de conexión y la ruta de entrada o salida y mejorar la experiencia. En primer lugar, un sistema dinámico debe mostrar claramente las distancias a pie, las colas y los tiempos de espera de cada modo. En segundo lugar, un sistema panorámico tridimensional y de orientación, accesible mediante una aplicación móvil, debe informar sobre entradas, controles de seguridad, vestíbulos, pasillos e instalaciones de correspondencia y ayudar a seleccionar el recorrido más rápido. En tercer lugar, una plataforma MaaS (Mobility as a Service) de reserva de viajes debe coordinar con precisión la oferta urbana con la operación ferroviaria y reducir la espera.

2.3.4 Integrar la naturaleza y crear espacios de alta calidad

El diseño verde y bajo en carbono constituye una orientación importante de la arquitectura de los nodos. La entrada de luz natural, aire y vegetación acerca a los pasajeros a la naturaleza y alivia la tensión y la fatiga. Los asientos cómodos, las obras de arte y las pequeñas esculturas permiten crear espacios cálidos y de calidad y superar la uniformidad de las primeras estaciones ferroviarias.

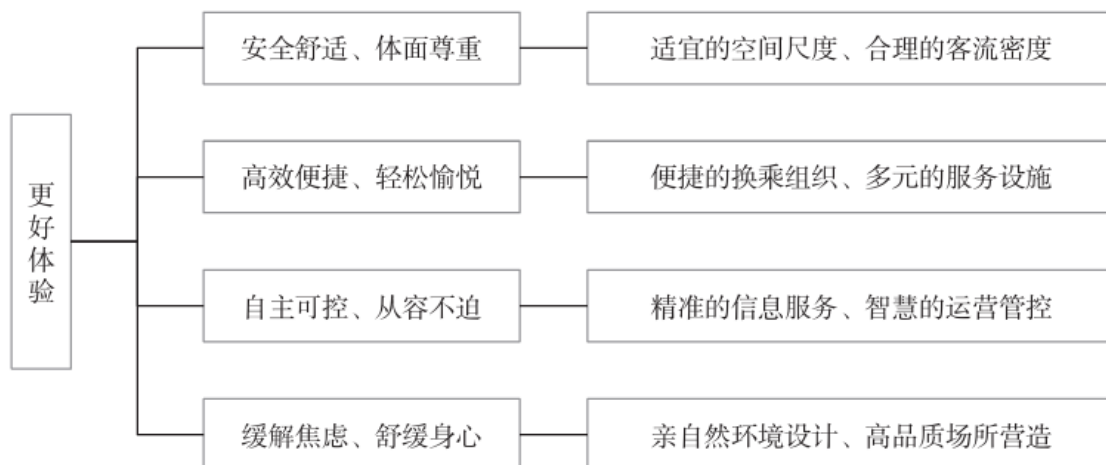


Figura 9. Hoja de ruta de objetivos y medidas para crear un nodo con una mejor experiencia

3 Experiencias prácticas y exploraciones

3.1 Prácticas para construir nodos sostenibles

3.1.1 Una localización coherente con el espacio urbano y el sistema de centralidades

Shenzhen ha concedido tradicionalmente gran importancia a la interacción entre los nodos ferroviarios y su sistema de centralidades. La construcción de los nodos ha apoyado eficazmente el desarrollo de los centros principales y secundarios. La transformación de la estación de Shenzhen hacia 1990 impulsó Luohu, primer gran centro de la ciudad. Después de 2000, Shenzhen North y Futian [14] se localizaron respectivamente en el centro secundario de Longhua y el centro principal de Futian. En 2021, el plan territorial de Shenzhen propuso un sistema de nodos «cinco principales y cinco complementarios» [15]; los diez se articulan estrechamente con centralidades de distintos niveles (figura 10), sentando las bases de su sostenibilidad.

Por el contrario, algunas estaciones chinas fueron construidas pero nunca entraron en servicio, o fueron clausuradas tras un breve periodo, sin generar beneficios a tiempo. Entre las principales causas figuran la lejanía respecto del centro, el retraso del desarrollo circundante y la escasa demanda. De veinte estaciones de alta velocidad o interurbanas construidas pero no utilizadas, doce se encuentran a más de 20 km del centro urbano (tabla 2). Los emplazamientos futuros deben evitar este problema.



Figura 10. Articulación entre los nodos ferroviarios y el sistema de centralidades urbanas de Shenzhen

3.1.2 Desarrollo sostenible y transformación del nodo Shenzhen North

Shenzhen North, puesto en servicio en 2011, es un nodo de alta velocidad de gran escala. Su disposición compacta y la prioridad del transporte público constituyeron referencias para otros nodos de la misma época. Sin embargo, el desarrollo circundante y el volumen de pasajeros superaron las previsiones, mientras las formas de acceso cambiaron. Se produjeron concentración de oficinas, congestión y baja utilización de

algunos terminales. Las autoridades y el operador aplicaron sucesivamente medidas de desarrollo diferenciado del suelo, diversificación de actividades y transformación de las instalaciones de conexión.

(1) Desarrollo diferenciado del suelo. La construcción del nodo impulsó intensamente el desarrollo urbano: en un ámbito de 2 km² se edificaron aproximadamente 3,5 millones de m², principalmente oficinas y vivienda. El volumen, superior a las previsiones, aumentó la presión sobre la red viaria y redujo la eficiencia de distribución de los flujos. Al mismo tiempo, el parque de oficinas de Shenzhen siguió creciendo y su ocupación disminuyó. Para evitar la presión excesiva y el despilfarro derivado de una oferta homogénea, los gobiernos municipal y distrital transformaron parte de los terrenos comerciales y de oficinas previstos en la plaza este en equipamientos públicos y espacios verdes, incluidos equipamientos culturales de escala urbana.

(2) Explotación diversificada de los recursos espaciales para reforzar la autonomía financiera. Por una parte, el operador mantiene actividades convencionales, como la gestión de aparcamientos y el alquiler de espacios comerciales de la plaza este, que generan ingresos relativamente estables. Por otra, amplía sus canales de negocio. En junio de 2024, aprovechando el impulso de la economía de baja altitud, Shenzhen Metro y una empresa de aviación general crearon sobre la terminal de taxis de la plaza este el primer proyecto chino que combina «baja altitud + ferrocarril» [16]. Este servicio integrado aire-ferrocarril genera también ingresos por alquiler de espacios y venta de billetes.

(3) Transformación de bajo coste de las instalaciones de conexión. Para adaptarse al rápido crecimiento de los vehículos solicitados por aplicación y al declive del transporte interurbano por carretera, parte del aparcamiento subterráneo de la plaza oeste y de la terminal de autobuses de superficie se transformó en áreas de recogida para vehículos de plataforma. Estas intervenciones de bajo coste mejoraron el servicio, evitaron la infrautilización y respondieron a las nuevas tendencias.

Tabla 2. Distancia entre veinte estaciones ferroviarias construidas pero no utilizadas y los centros urbanos

N.º	Estación	Localización	Línea servida	Situación	Distancia al centro (km)
1	Hele	Poblado de Hele, Wanning	Anillo oriental de alta velocidad de Hainan	Construida, nunca abierta	26
2	Shushandong	Distrito de Shushan, Hefei	LGV Hefei-Fuzhou	Construida, nunca abierta	2
3	Zijinshandong	Distrito de Qixia, Nankín	LGV Shanghái-Wuhan-Chengdu	Construida, nunca abierta	16
4	Jiangpu	Distrito de Pukou, Nankín	LGV Shanghái-Wuhan-Chengdu	Construida, nunca abierta	37
5	Lile	Distrito de Jianghai, Jiangmen	Ramal Jiangmen del interurbano Guangzhou-Zhuhai	Construida, nunca abierta	5

N.º	Estación	Localización	Línea servida	Situación	Distancia al centro (km)
6	Jianghai	Distrito de Jianghai, Jiangmen	Ramal Jiangmen del interurbano Guangzhou-Zhuhai	Construida, nunca abierta	13
7	Jinningdong	Distrito de Jinning, Kunming	LGV Kunming-Yuxi	Construida, nunca abierta	23
8	Yangzong	Poblado de Yangzong, Kunming	LGV Nanning-Kunming	Construida, nunca abierta	35
9	Yizhuang	Zona de desarrollo económico de Pekín	Interurbano Pekín-Tianjin	Construida, nunca abierta	28
10	Shenyangxi	Distrito de Yuhong, Shenyang	LGV Pekín-Shenyang	Abierta brevemente y cerrada	46
11	Wulanmutu	Condado mongol de Fuxin, Fuxin	LGV Pekín-Shenyang	Abierta brevemente y cerrada	50
12	Nailingao	Condado de Chaoyang, Chaoyang	LGV Pekín-Shenyang	Abierta brevemente y cerrada	67
13	Dandongxi	Distrito de Zhenxing, Dandong	Línea rápida Dandong-Dalian	Abierta brevemente y cerrada	12
14	Huaqiao	Kunshan, Suzhou	Interurbano Shanghái-Nankín	Abierta brevemente y cerrada	12
15	Baohuashan	Jurong, Zhenjiang	Interurbano Shanghái-Nankín	Abierta brevemente y cerrada	41
16	Yunlianghe	Distrito de Longting, Kaifeng	Interurbano Zhengzhou-Kaifeng	Abierta brevemente y cerrada	12

N.º	Estación	Localización	Línea servida	Situación	Distancia al centro (km)
17	Jialuhe	Nuevo distrito de Zhengdong, Zhengzhou	Interurbano Zhengzhou-Kaifeng	Abierta brevemente y cerrada	26
18	Nancao	Zona de desarrollo económico de Zhengzhou	Interurbano Zhengzhou-aeropuerto	Abierta brevemente y cerrada	26
19	Mengzhuang	Zona aeroportuaria de Zhengzhou	Interurbano Zhengzhou-aeropuerto	Abierta brevemente y cerrada	34
20	Jiulangshan	Distrito de Shifeng, Zhuzhou	Interurbano Changsha-Zhuzhou-Xiangtan	Abierta brevemente y cerrada	15

3.2 Experiencias de planificación y diseño de nodos eficientes

Las experiencias y lecciones de Shenzhen North y Futian, junto con las exploraciones recientes de Xili, pueden servir de referencia para la construcción y explotación de los nodos chinos de alta velocidad.

3.2.1 Escala razonable y disposición compacta

Shenzhen North dispone de 11 andenes y 20 vías y adopta una organización vertical por niveles [17]. Las distancias entre los terminales de conexión y el vestíbulo ferroviario se mantienen, en términos generales, por debajo de 200 m, y los tiempos de transbordo por debajo de cinco minutos. El control de la escala y la compacidad garantizan la comodidad de las correspondencias.

3.2.2 Diseño detallado de la organización de las correspondencias

(1) Correspondencia con el metro. Los grandes nodos deben limitar razonablemente el número de líneas que convergen en un único punto, para evitar la concentración y los riesgos operativos. Si se incorporan varias líneas, sus estaciones deben formar una red de correspondencias multipolares en el entorno. Shenzhen North integra las líneas 4, 5 y 6 [17], y la correspondencia entre 4/6 y 5 constituye además un nudo estructural de toda la red urbana (figura 11). Como tanto los flujos de alta velocidad como los del metro superaron las previsiones, los pasajeros que conectan con el tren y los transbordos internos del metro superan cada uno los 200.000 viajeros diarios. Su superposición provoca fuertes picos, obliga a limitar el acceso, empeora la experiencia y complica la gestión. En torno a Futian, en cambio, se configuró una red dispersa y multipolar [18], evitando esa concentración (figura 12).

(2) Correspondencia peatonal. Una organización al mismo nivel reduce los cambios verticales y la distancia de marcha y constituye un principio fundamental de eficiencia. Las principales instalaciones de conexión deben situarse, en la medida de lo posible, al mismo nivel que el vestíbulo ferroviario. En Xili, donde el metro representa el 68 % de las conexiones, el vestíbulo de salida de alta velocidad, el vestíbulo

reservado de entrada rápida y el vestíbulo del metro se disponen en el mismo nivel [19], permitiendo un transbordo directo para el flujo principal.

(3) Acceso individual. El automóvil particular es un modo importante de conexión; deben atenderse racionalmente sus necesidades esenciales de entrada y salida rápidas y de parada breve. Xili dispone de ramales exclusivos conectados con las vías rápidas (figura 13), así como carriles de bajada rápida en las plazas este y oeste [19].

(4) Conexión por autobús. El espacio central del nodo es limitado y debe destinarse prioritariamente al pasajero. Xili abandona el modelo tradicional de gran terminal multifuncional: no se prevé estación de autobuses interurbanos; las terminales urbanas conservan principalmente las funciones de subida y bajada, mientras que las áreas de estacionamiento se trasladan fuera del núcleo. Así, el gran complejo se sustituye por la separación entre terminales y depósitos [19].

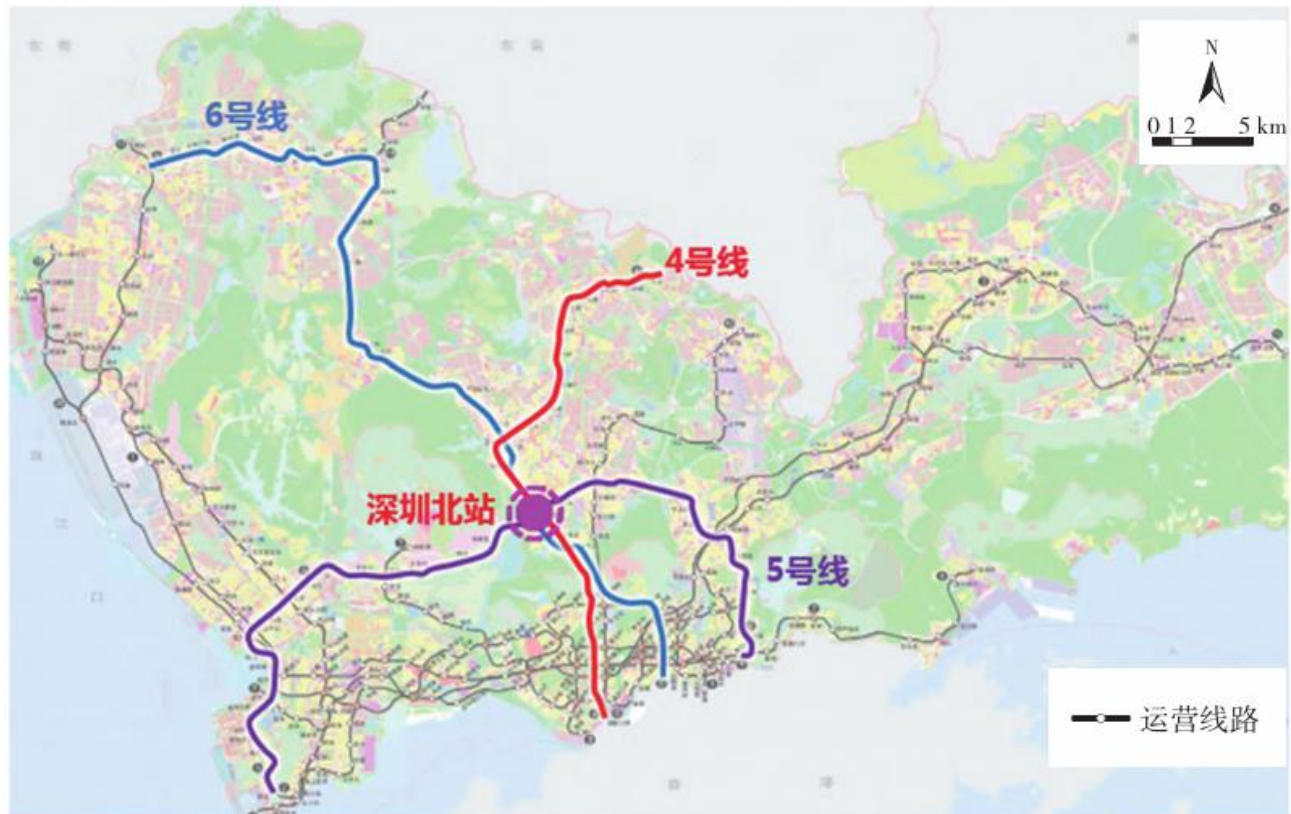


Figura 11. Disposición de las líneas de metro en el nodo Shenzhen North

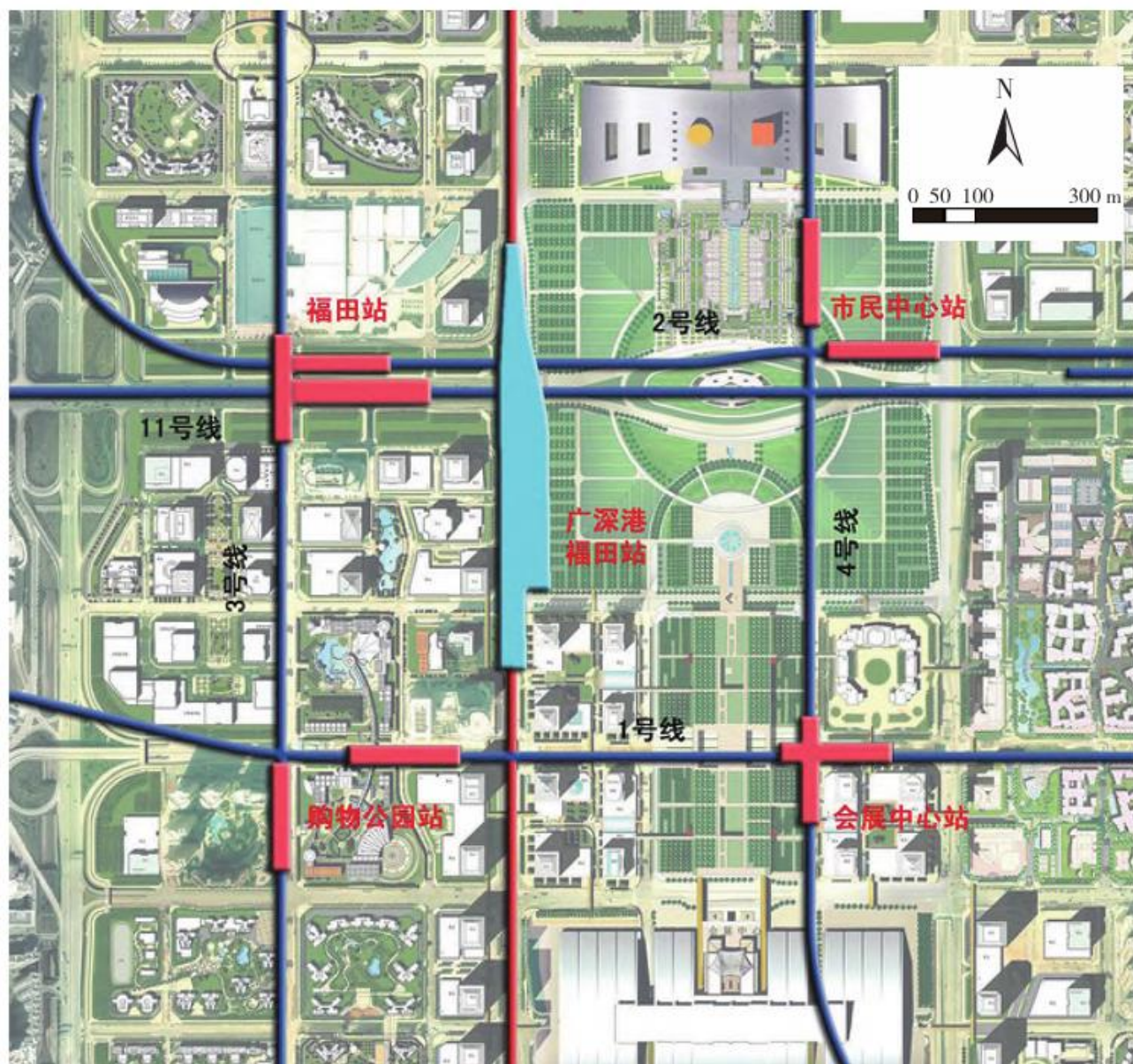


Figura 12. Disposición de las líneas de metro en el área del nodo Futian

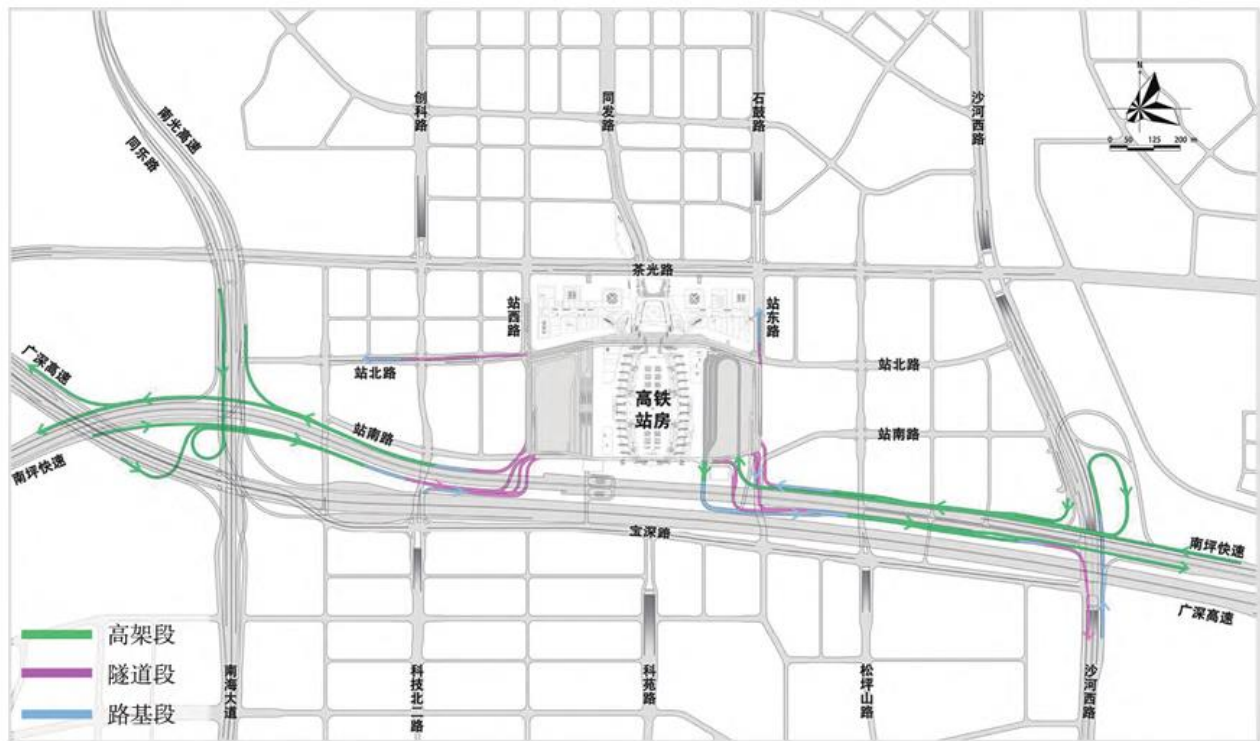


Figura 13. Disposición de los ramales exclusivos de entrada y salida rápidas del nodo Xili

3.3 Exploraciones para mejorar la experiencia del pasajero

Los nodos chinos han desarrollado diversas experiencias para mejorar la calidad del viaje, principalmente en servicios humanos, servicios diversificados y servicios inteligentes.

3.3.1 Servicios de explotación orientados a las personas

En muchos nodos ya se han generalizado la asistencia a pasajeros con necesidades especiales, las salas para madres y bebés y las correspondencias internas simplificadas. Desde 2010, las ciudades introdujeron progresivamente controles de seguridad en el acceso al metro, aumentando la sensación de seguridad pero reduciendo la comodidad. La transferencia entre alta velocidad y metro sin un nuevo control constituye una demanda general. Muchos nodos permiten ya acceder al metro sin repetir la inspección, y Tianjin West y Qinghe, en Pekín, lo posibilitan en ambas direcciones [20]. Shenzhen North aplica temporalmente esta medida durante las grandes puntas festivas y estudia su generalización. El proyecto de Xili reserva las condiciones espaciales para una transferencia bidireccional sin nuevo control: desde la apertura será posible pasar del tren al metro, y a largo plazo también en sentido inverso si cambian las políticas de seguridad.

3.3.2 Crear espacios de alta calidad y ofrecer servicios diversificados

Los grandes nodos contemporáneos ya no se limitan a las correspondencias, sino que incorporan progresivamente funciones comerciales, públicas, culturales y representativas. Crear lugares de calidad con entornos cómodos y servicios diversificados se ha convertido en una orientación reciente. El nodo Hangzhou West, inaugurado en 2022, creó entre las infraestructuras ferroviarias un espacio central de transbordo denominado «Valle de las Nubes», con paisajismo vegetal, centro de servicios del Partido y la comunidad y museo de la alta velocidad. Allí se celebran regularmente actividades y exposiciones [21]. El proyecto de Xili reserva igualmente espacios públicos y culturales en los extremos del edificio de viajeros [19], creando condiciones para futuras actividades y materializando la integración estación-ciudad.

3.3.3 Servicios de explotación inteligentes

La explotación inteligente comprende los servicios al pasajero, la supervisión de la información, la regulación operativa y el control de las instalaciones. Shenzhen desarrolla estos sistemas desde hace años. En Shenzhen North, la prioridad es implantar un sistema dinámico de información: sobre la señalización estática se muestran con claridad las distancias a pie, los tiempos de espera y el estado de las colas de cada modo, ayudando a elegir la opción más adecuada. La ciudad también impulsa una plataforma MaaS de reserva para coordinar mejor la oferta ferroviaria y urbana y reducir la espera.

4 Conclusión

Durante los últimos veinte años, la alta velocidad ferroviaria y sus nodos de pasajeros han obtenido resultados extraordinarios al facilitar la movilidad y apoyar la urbanización de China. A partir del análisis de las cuestiones clave, el artículo formula estrategias sistemáticas en torno a tres objetivos —mayor sostenibilidad, mayor eficiencia y mejor experiencia— y presenta casos prácticos como referencia para los proyectos futuros. En el contexto de la nueva revolución tecnológica, en la que la digitalización está transformando profundamente el transporte, el uso continuo de tecnologías de la información y herramientas inteligentes para elevar la calidad de la planificación, la construcción, la explotación y los servicios resulta esencial para el desarrollo de alta calidad y constituye una orientación central de los nodos ferroviarios de alta velocidad en China.

Referencias

- [1] OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Anuario estadístico de China 2022 [M]. Pekín: China Statistics Press, 2023.
- [2] ZHENG Jian. Profundizar la integración estación-ciudad para impulsar el desarrollo urbano de alta calidad [R]. Pekín: Comité Profesional de Planificación y Desarrollo Integrados de Transporte y Territorio (TOD), Sociedad China de Economía Territorial, 2023.
- [3] SHEN Yichen, ZANG Xinyu, CHEN Tian. Reflexión sobre la construcción de nuevas ciudades ferroviarias de alta velocidad en China y vías de optimización [J]. Journal of Human Settlements in West China, 2019, 34(4): 57-64.
- [4] COMISIÓN NACIONAL DE DESARROLLO Y REFORMA. Opiniones de implementación sobre la creación de nodos modernos de pasajeros multimodales y la mejora de la calidad y eficiencia de los viajes [EB/OL]. 2020-05-09.
- [5] GOBIERNO POPULAR MUNICIPAL DE TIANJIN. Doce medidas para facilitar los desplazamientos pendulares Pekín-Tianjin se aplicarán íntegramente el próximo año [N/OL]. Tianjin Daily, 2020-12-17 [2024-01-18].
- [6] FACULTAD DE ARQUITECTURA Y PLANIFICACIÓN URBANA, UNIVERSIDAD TONGJI. Informe anual 2023 sobre desplazamientos interurbanos en el delta del Yangtsé [R]. Shanghái: Universidad Tongji, 2024.
- [7] SHENZHEN URBAN TRANSPORT PLANNING CENTER CO., LTD. Libro blanco del transporte de Shenzhen, edición 2020 [R]. Shenzhen, 2020.
- [8] LI Xiaojiang. Reflexiones sobre la integración estación-ciudad [J]. Urban Transport of China, 2022, 20(3): 6-7.
- [9] ZHUO Weide, CAO Xibo, WANG Zejian, et al. Diseño urbano de un nodo de alta velocidad en un área densa bajo el concepto de integración estación-ciudad: el caso de Xili, Shenzhen [J]. Urban Planning Forum, 2022(7): 200-207.

- [10] ZHANG Xiaochun, SUN Chao, SHAO Yuan, et al. Reflexiones estratégicas sobre el desarrollo del transporte inteligente en China en la nueva etapa [J]. Urban Transport of China, 2023, 21(1): 1-6.
- [11] CAI Yanfei, DAI Jifeng, ZHANG Wenna. Estrategias y prácticas de planificación de los nodos ferroviarios multimodales en red de nueva generación [J]. Urban Planning Forum, 2022(S1): 193-199.
- [12] QUAN Bo, WANG Hao, HU Jing. Coordinación entre los nodos de pasajeros de Pekín y las funciones urbanas [J]. Urban Planning Forum, 2018(1): 90-98.
- [13] SHENG Hui. Clarificación del concepto de integración estación-ciudad y elementos de evaluación [J]. Urban Transport of China, 2022, 20(3): 8-9.
- [14] SHENZHEN URBAN TRANSPORT PLANNING CENTER. Planificación detallada del transporte del tramo Longhua-Huanggang de la línea de pasajeros Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong [R]. Shenzhen: Oficina de Planificación de Shenzhen, 2007.
- [15] GOBIERNO POPULAR MUNICIPAL DE SHENZHEN. Plan territorial general de Shenzhen (2021-2035) [R]. Shenzhen, 2021.
- [16] SHENZHEN NEWS. Entra en servicio el primer proyecto aire-ferrocarril de China: desde Shenzhen, la Gran Bahía Guangdong-Hong Kong-Macao accesible en una hora [N/OL]. 2024-06-28.
- [17] SHENZHEN URBAN TRANSPORT PLANNING AND DESIGN RESEARCH CENTER CO., LTD. Estudio de viabilidad y diseño preliminar del nodo Shenzhen North: diseño del transporte [R]. Shenzhen, 2012.
- [18] SHENZHEN URBAN TRANSPORT PLANNING AND DESIGN RESEARCH CENTER CO., LTD.; SHENZHEN URBAN PLANNING AND DESIGN INSTITUTE. Planificación integrada del área de la estación Futian [R]. Shenzhen: Oficina de Planificación de Shenzhen, 2008.
- [19] SHENZHEN URBAN TRANSPORT PLANNING AND DESIGN RESEARCH CENTER CO., LTD. Diseño conceptual y arquitectónico del nodo multimodal Xili: informe temático de planificación integrada del transporte [R]. Shenzhen: Shenzhen Metro Group, 2023.
- [20] SHENZHEN URBAN TRANSPORT PLANNING AND DESIGN RESEARCH CENTER CO., LTD. Informe de investigación sobre la implementación integrada de la planificación, construcción y explotación del nodo Xili [R]. Shenzhen: Oficina del Mando de Construcción Ferroviaria de Shenzhen, 2023.
- [21] JIN Zhiyang. Innovación en el diseño de la integración estación-ciudad de Hangzhou West [J]. Architectural Technique, 2023(S2): 73-80.

Versión revisada: agosto de 2024

Traducción asistida por IA