

# Movilidad en bicicleta eléctrica vs convencional, análisis comparativo en tiempos de recorrido. Caso de estudio: Bogotá D.C.

## Electric bicycle vs Conventional, comparative analysis in times of travel. Case study: Bogotá D.C.

URAZÁN, Carlos F. [1](#); MONCADA, Carlos A. [2](#); ESCOBAR, Diego A. [3](#)

Recibido: 04/07/2017 • Aprobado: 01/08/2017

### Contenido

- [1. Introducción](#)
  - [2. Generalidades](#)
  - [3. Metodología](#)
  - [4. Resultados y Discusión](#)
  - [5. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

Las políticas de las grandes ciudades hacia una movilidad sostenible brinda el rol principal a los modos no motorizados, entre ellos se destaca la bicicleta por facilitar viajes de trayectos más largos que la caminata. En el modo bicicleta se presenta un interrogante: ¿Qué tan ventajoso es el uso de la bicicleta eléctrica respecto de la bicicleta convencional (sin tracción asistida)? El presente escrito presenta los resultados de pruebas en distintos recorridos que combinaron: a. distancias en rangos de hasta 6 km y de hasta 10 km, b. pendientes longitudinales por sectores que fueron progresivas hasta 5%, y otras hasta 7%, y c. franjas horarias en período punta y en período valle.

**Palabras clave** Movilidad, bicicletas, tiempos de viaje, prestaciones

#### ABSTRACT:

The policies of the big cities towards a sustainable mobility provides the main role to non-motorized modes, among them the bicycle stands out for facilitating trips of lengths longer than the walk. In the bicycle mode there is a question: How advantageous is the use of the electric bicycle with respect to the conventional bicycle (without assisted traction)? The present paper presents the results of tests in different routes that combined: a. Distances in ranges up to 6 km and up to 10 km, b. Longitudinal slopes by sectors that were progressive up to 5%, and others up to 7%, and c. Slots at peak periods and in the valley period.

**Keywords** Mobility, bicycles, travel times, performance

## 1. Introducción

Como bien se sabe, el gran objetivo en la planificación del transporte urbano desde hace un par de décadas atrás, a nivel mundial, es avanzar en pro de una movilidad sostenible. Las implicaciones o actuaciones más relevantes que se ponen en práctica están las concernientes con la dimensión física, es decir, la forma urbana, la distribución de usos del suelo y la organización del tránsito. Todo ello se puede resumir en 4 grandes campos de acción (Banister, 2008):

1. Promover un cada vez menor número de viajes a realizarse, preferiblemente en medios no motorizados.
2. Medidas aplicadas al transporte público en pro de un cambio modal. Este aspecto pretende reducir el número de viajes en automóvil, promocionando el uso de la bicicleta y de la caminata. En las presentes medidas se fundamenta el análisis de este escrito.
3. Reducción de las distancias de viajes por intermedio de políticas de uso del suelo. La densificación urbanística y la mezcla de usos del suelo acercarán a las zonas de origen de viaje con las zonas de destino, especialmente en los viajes por movilidad obligada (estudio, trabajo).
4. Usos tecnológicos para mejorar la eficiencia del transporte. Esas tecnologías hacen referencia a aspectos como: diseño de motores, uso de combustibles alternativos, y emplear fuentes de energías renovables. También se busca la reducción de los niveles de contaminación acústica.

De lo anterior se deriva el hecho de que el desarrollo sostenible se promueve mejor: mediante la mejora de las infraestructuras para caminar y trasladarse en bicicleta, aumentando el acceso de ciclo-usuarios a los destinos donde desarrollan sus actividades esenciales. A pesar de ello, hay externalidades negativas pendientes por mejorar como es la exposición a la polución producto de las partículas contaminantes emitidas por los vehículos en la vía, con sus respectivas repercusiones en enfermedades respiratorias (Woodcock, et al, 2007). Y el problema es más complicado si se tiene en cuenta que son muchas las ciudades en el mundo que "luchan" con un sistema en donde el número de vehículos con tracción por combustión es cada vez mayor.

En el escenario por una movilidad sostenible, la bicicleta juega un rol fundamental. El impacto modal de la bicicleta depende de la capacidad física del ciclista y su disposición de dar la energía necesaria para lograr llegar a su destino. Proveer energía adicional a la tracción de la bicicleta es un aspecto fundamental para lograr un mayor alcance de participación modal en la movilidad urbana (Rose, 2011). Es de esa ventaja al proveer energía adicional de tracción que surge la opción de la e-bike.

Para poder ahondar en el análisis de las ventajas o desventajas de la e-bike frente a otros modos, se ha de dar claridad al concepto.

---

## **2. Generalidades**

### **2.1. Características fundamentales de las e-bike**

La principal clasificación que puede darse de las e-bike es: Bicycle Style Electric Bike (BSEB) y las denominadas Scooter Style Electric Bike (SSEB) (Ver Figura 1). A nivel de elementos o componentes, las SSEB tienen mayor parecido visual con sus símiles de gasolina, y tienden a conducirse con mayor fracción de tracción eléctrica que humana. Dependiendo de las regulaciones de cada país o ciudad, estos vehículos tienen a circular por los carriles exclusivos para bicicletas y tampoco requieren de una licencia para su conducción (Weinert, et al. 2007).

En Colombia, este vehículo no ha sido normalizado, pero según Urazán y Velandia (2017), se podría considerar que una e-bike es una bicicleta siempre que su velocidad límite no supere los 25 Km/hora, su estructura sea similar a una bicicleta, la potencia del motor eléctrico no supere los 400W, exista complementariedad con el pedaleo y se haga uso de materiales para las baterías distintos al plomo (Urazán y Velandia, 2017).

**Figura 1.** Bicicleta convencional eléctrica (BSEB) (izquierda) y tipo scooter (SSEB) (derecha).



Fuente: Weinert, J. et al. (2007). The transition to electric bikes in China: history and key reasons for rapid growth. *Transportation*, Vol. 34, issue 3, p-p. 301 – 318.

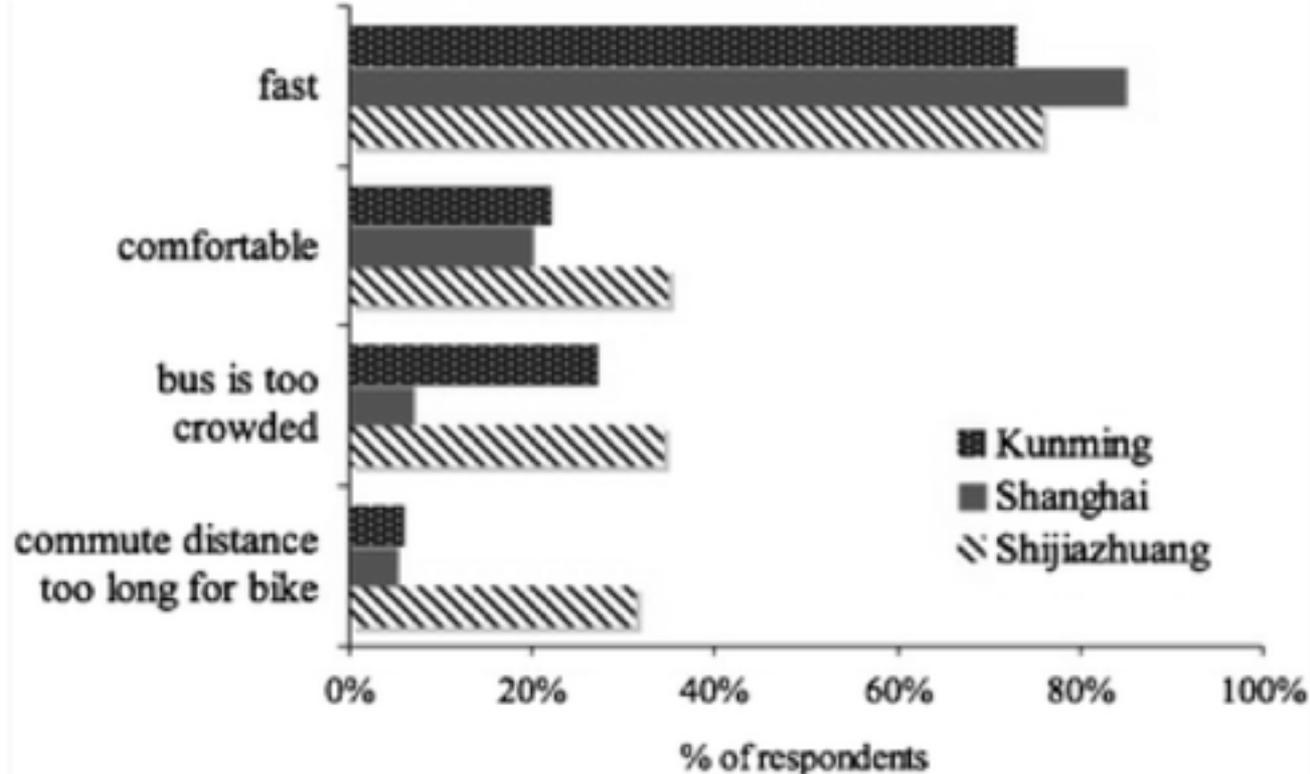
## 2.2. Ventajas de la e-bike que incrementan su participación modal

A nivel mundial, cerca de 29 millones de e-bike fueron producidas en el año 2010, representando un incremento del 24.7% respecto de 2009. En 2011, 120 millones de e-bike se registraron solo en China, representando casi el 90% del mercado mundial. Además, se estima que hubo 466 millones de e-bike circulando a nivel mundial en el año 2016. En el escenario suizo la proporción de venta de e-bike sobre el total de bicicletas (eléctricas o no) ha subido del 0.5% en 2005 a 15.2% en 2012 (Papoutsi et al., 2014). En el caso India, se espera que para el año 2018 se convierta en el segundo mercado mundial de e-bike después de China (Bae y Hurst, 2012).

En el caso Bogotá, el estudio de factores que permitan aumentar la participación modal de la bicicleta como modo de transporte en movilidad obligada (motivo trabajo o estudio) se hace relevante por cuanto la ciudad ha dispuesto de un Plan Maestro de Ciclorutas que ha logrado que hoy día la ciudad cuente con más de 400 km de vías exclusivas y de una guía de diseño, y además porque el reporte de la última Encuesta de movilidad (2015) muestra un aumento de cerca del 50% en la repartición modal respecto al estudio del año 2011. Por tanto, se pone de manifiesto la importancia que ha cobrado el modo bicicleta para la ciudadanía, en el marco de una política de movilidad sostenible.

Volviendo al caso chino, entre los motivos para el uso de los e-bike se destacan en orden de importancia: la rapidez del desplazamiento, la comodidad, la falta de comodidad en el transporte público, distancias de viaje que serían muy largas para la bicicleta (Ver Figura 2) (Weinert et al., 2007). La misma fuente afirma que la mayoría de los nuevos usuarios de la e-bike han hecho cambio modal principalmente del transporte público (bus) y de la bicicleta (tracción humana); y en menor medida de opciones como la caminata y el automóvil (incluido el taxi).

**Figura 2.** Motivos principales para el uso de la e-bike, China.



Fuente: Weinert et al. (2007). The transition to electric bikes in China: history and key reasons for rapid growth. *Transportation*, Vol. 34, issue 3, p-p. 301 – 318.

Para finales de la década de 1990 se dio inicio a la prohibición de la circulación de motocicletas en China. La restricción se ampara en el problema de tráfico que genera su gran número de unidades en circulación, el aporte a la mala condición ambiental por efecto de partículas contaminantes y la problemática en seguridad vial asociada. Según la Society of Automotive Engineers of China las medidas restrictivas a la circulación de motocicletas abarcan cerca del 90% de las grandes ciudades, cobijando todo tipo de motocicletas independientemente de la fuente de energía o motorización (Urazán y Velandia, 2017). A pesar de las prohibiciones, las motocicletas eléctricas fueron catalogadas como vehículos no motorizados y lograron quedar exentas de las medidas. Hay varios modelos que son prácticamente scooter eléctricas pero están “decoradas” con pedales logrando quedar calificadas como bicicletas. Como resultado, el mercado de bicicletas y scooters eléctricas ha crecido (Yang Chi-Jen, 2010).

Por cifras más recientes, se sabe que después del auge de la e-bike en los países asiáticos ha venido creciendo la participación en países como Holanda, Dinamarca, Alemania y Suiza. En el caso del primero, el crecimiento anual es del 228% en los últimos 8 años (a partir de 2009). Los principales motivos del auge son la condición de una mayor velocidad y distancias de viaje de la e-bike respecto de la bicicleta; circunstancias que le permiten ser una opción competitiva frente al vehículo particular. Cifras resultantes de un estudio realizado en Ámsterdam concluye que la mayoría de usuarios de la e-bike son mujeres mayores de 31 años de edad con un nivel de educación bajo, empleadas, con ingresos medios, y que residen en zonas urbanas de alta densidad habitacional (Kroesen, 2017).

Lo anterior expone los mismos motivos que los mencionados en el caso asiático (párrafos anteriores). Desde el punto de vista usuario los beneficios de la e-bike son explícitos en cuanto a que la posibilidad de cubrir mayores distancias que con la bicicleta (con menor esfuerzo físico), le permite realizar más actividades cotidianas en un mismo lapso de tiempo. También, se considera el beneficio a nivel salud y de aporte medioambiental pues resulta en muchos casos un modo sustituto del automóvil y el transporte público motorizado.

Respecto de la seguridad vial que implica la circulación a mayor velocidad que con la bicicleta, los usuarios (Holanda y UK) reconocieron que debieron adaptarse a ello y a la reacción de los otros actores en la vía, especialmente en las zonas de mayor tránsito. En el caso holandés la adaptación fue más fácil por la cultura ciclística. Un aspecto negativo que resaltaron fue la falta de puestos de estacionamiento y para recarga de la batería en estaciones de intercambio modal o hubs (Jones et al., 2017).

En términos de costos, la e-bike resulta más costosa que la bicicleta pero menos que el transporte público. A nivel combustible la bicicleta no requiere, a nivel de costo de adquisición la e-bike es más costosa, el mantenimiento también tiene mayor costo, el costo de la batería no corresponde en la bicicleta, la e-bike suele tener un uso de más kilómetros diarios, y la vida útil es similar en ambas opciones (Weinert et al., 2007). En términos ambientales las emisiones de CO<sub>2</sub> en las e-bike son aproximadamente 10 gr/km, mientras que una scooter de gasolina eleva la cifra a cerca de 55 gr/km.

De otro lado, las políticas de movilidad en las que se involucre a la e-bike han de incluir en sus objetivos o metas: mejorar la eficiencia del transporte público, mejorar las condiciones de seguridad vial, reducir el uso de energías no renovables, reducir los impactos medioambientales, y maximizar la accesibilidad y beneficios a la movilidad.

### **2.3. Desventajas de la e-bike**

Pero no todo son ventajas para el usuario de las e-bike. Al comparar la motocicleta a combustión de la de propulsión eléctrica, se encuentran varias desventajas en la última (Urazán y Velandia, 2017):

1. La velocidad de las eléctricas está limitada a cerca de 40 km/h, mientras que en las no eléctricas se llega aproximadamente a 80 km/h.
2. La distancia de viaje autónoma es menor en las eléctricas (aproximadamente 40 km para las eléctricas y 200 km para las no eléctricas).
3. Los tiempos de recarga de las baterías que son incomparables con los tiempos de tanqueo de una motocicleta convencional.

Pero uno de los aspectos que más influyen negativamente en la e-bike es la seguridad vial, reflejada en niveles de accidentalidad. Weber (2014) realizó en Suiza un estudio sobre accidentalidad, involucrando un mayor número de usuarios de bicicleta (871) que de e-bike (504). El análisis concluyó que las e-bike están más implicadas en accidentes individuales, mientras la bicicleta estuvo más presente en colisiones grupales.

En todos los estudios se identificó que la mayor causa probable de los accidentes era una mayor velocidad de circulación que en la bicicleta, conclusión también compartida por el estudio realizado por Papoutsis et al. (2014). Por su parte, Yang et al. (2014) entrega resultados del registro de velocidad a 800 e-bike en Suzhou (China): el 70.9% superaban la velocidad permitida de 20 km/h, un 38.3% de los usuarios no respetaban las normas para el cruce de intersecciones y solo el 2.2% usaba casco, los usuarios del género masculino eran más propensos a altas velocidades e incumplimiento de las normas de circulación.

Habiendo planteado los pros y contras de la e-bike respecto de la bicicleta, se definió que un aspecto fundamental en la decisión de sus nuevos usuarios es el tiempo medio de viaje, que se refleja en la velocidad de recorrido; respecto de la bicicleta convencional. Pero esa velocidad depende de diversos factores que son característicos de cada ciudad o grupo de ellas. Se trata de elementos como: la condición del terreno en cuanto a superficie de rodadura y pendiente media, la longitud promedio de los trayectos, la disponibilidad de calzadas exclusivas para ciclistas y la condición general del tráfico, son las más relevantes.

---

## **3. Metodología**

Con el fin de poder comparar la ventaja en velocidad media de recorrido entre las dos modalidades de bicicleta, se establecieron pruebas en campo, las cuales fueron desarrolladas en el trabajo de grado de Olaya et al. (2017), bajo la propuesta y dirección temática del investigador Carlos Felipe Urazán Bonells. Esas pruebas de recorrido en distintos trayectos involucraron distintas características como: la longitud del trayecto, pendiente media, y la existencia o no de carriles de uso exclusivo para bicicleta.

Un primer equipo (Olaya et al., 2017) realizó un total de 240 viajes distribuidos en 10 trayectos (5 considerados "cortos" o menores a 6 km, y los otros 5 denominados "largos" con longitud entre 6 y 10 km), para un total de 20 si se tiene en cuenta que se hicieron en ambas direcciones. El umbral de 6 km se estableció debido a que la experiencia documentada indica que en los viajes por debajo de esa distancia la bicicleta suele ser altamente competitiva frente a otros modos de transporte urbano como el transporte público y el vehículo particular. Por tanto, se quiere verificar si la e-bike registra mejores condiciones de viaje que la bicicleta convencional, en trayectos que superen los 6 km.

Fueron un total de 12 recorridos de muestra para cada origen- destino que se distribuyeron en: 6 repeticiones por un ciclista (3 en e-bike y 3 en bicicleta) y otras 6 por un segundo ciclista (3 en e-bike y 3 en bicicleta). La bicicleta convencional usada fue una de montaña. Se eligió esta clasificación tras consultar a población ciclista por la de mayor tendencia en la ciudad. Esta bicicleta cuenta con: marco en aluminio, rines de 27,5 pulgadas y cambios de seis discos. La e-bike es una E-City 350 del fabricante AKT. Este equipo logra una velocidad máxima de 20 km/h y una autonomía de 50 km. El peso total es de 48 kg incluyendo la batería.

Los registros de tiempo y velocidad de recorrido fueron obtenidos por medio de una aplicación denominada Runtastic, facilitando el registro de datos sin interrumpir las condiciones del viaje.

El segundo equipo (Siabato et al., 2016) realizó otros 10 trayectos (mayores a 6 km), cada uno en ambos sentidos, y tanto en hora punta como en hora valle, con una repetición de 3 viajes por cada sentido y franja horaria. Los desplazamientos fueron registrados con grabación en cámara Go-Pro acoplada a las bicicletas. Con ese registro se cuantificó el tiempo de viaje, y con seguimiento por medio de la herramienta Google Maps, se determinó la distancia respectiva. Con los datos de tiempo y distancia se estableció la velocidad media de viaje. La bicicleta eléctrica que se empleó fue también una e-city (fabricante AKT) con un motor eléctrico de 350 vatios, batería de 48 voltios, velocidad máxima de 25 km/h, tiene un peso de 55 kilogramos, una capacidad de carga de 120 kilogramos y con una autonomía promedio de viaje de 35 kilómetros, y no posee cambios. El valor de adquisición fue de COP \$1.700.000, aunque hoy día (junio de 2017) se ofertan a un precio de COP \$1.500.000. La bicicleta convencional que se utilizó corresponde a un modelo tradicional de bajo costo, con peso de 18 kilogramos y dispone de cambios de marcha.

Antes de realizar los trayectos en campo, se encuestó a 30 usuarios de e-bike en Bogotá, con el fin de conocer la tendencia de conducción respecto al uso de la propulsión asistida. Como resultado se obtuvo que:

1. El 70% suele realizar los viajes de 1 día laboral con una sola carga de la batería.
2. La distancia promedio recorrida por trayecto diario es alrededor de 7 km.
3. El 80% cambia el tipo de propulsión asistida cuando considera que la pendiente del terreno lo amerita.
4. En pendientes leves, el 57% emplea solo motor, otro 25% pedaleo asistido eléctricamente y el restante 18% solo pedal.
5. Por el contrario, en pendientes pronunciadas, el 50% emplea pedaleo asistido, un 25% solo motor, y el restante 25% solo pedal.
6. Entre quienes no suelen cambiar el tipo de propulsión según condición del terreno, un 45% emplean pedaleo asistido, un 33% solo motor, y el restante 22% solo pedalean.
7. Un 87% de los usuarios de la eléctrica empleaban anteriormente bicicleta convencional. Las principales razones del cambio son: menor tiempo en desplazamientos relativamente largos, mayor comodidad y menor esfuerzo físico.
8. Un 85% aprecia notablemente la reducción de esfuerzo físico y la reducción de tiempos de viaje.

De acuerdo a los resultados de la encuesta, la conducción de la e-bike en las pruebas de campo

se realizó: con solo motor en terrenos planos y de baja pendiente, y con pedaleo asistido en pendientes que consideren esfuerzo adicional. La bicicleta convencional se condujo empleando el apoyo de los cambios en las secciones con pendientes que lo requirieran.

En los dos trabajos de campo los ciclistas fueron los mismos en cada ruta con el fin de no influir los tiempos por condiciones de estado físico o entrenamiento deportivo del usuario.

Pero los trayectos no solo se diferencian por longitud, sino por incluir sectores en tránsito mixto y en carriles exclusivos, así como algunos con pendientes que superan el 3%. Al trabajo de Olaya et al. (2017) se suman los registros obtenidos por Siabato et al. (2016). Los orígenes – destinos de recorridos en prueba fueron:

1. Avenida Boyacá con calle 72 – Avenida Boyacá con calle 24 [3.6 km]
2. Calle 13 con carrera 27 – Estación Aguas T.M. [3.1 km]
3. Estación Escuela Militar T.M. – Calle 66 con carrera 13 [3.5 km]
4. Carrera 7 con calle 53 – Carrera 7 con calle 19 [3.9 km]
5. Carrera 7 con calle 100 – Carrera 7 con calle 60 [4.7 km]
6. Avenida Boyacá con calle 134 – Portal 80 T.M. [7.5 km]
7. Avenida Ciudad de Cali con calle 63 – Avenida ciudad de Cali con avenida Las Américas [7.0 km]
8. Estación Aguas T.M. – Avenida Ciudad de Cali con calle 26 [10.6 km]
9. Calle 13 con carrera 27 – Avenida Las Américas con avenida Ciudad de Cali [8.7 km]
10. Carrera 7 con calle 26 – Carrera 11 con calle 85 [6.6 km]
11. Avenida Ciudad de Cali con Avenida Las Américas – Puente Aéreo calle 26 [8.3 km]
12. Portal Calle 26 T.M. – Estación Las aguas T.M. [11.9 km]
13. Estación Banderas T.M. – Carrera 2 con calle 11 [10.6 km]
14. Carrera 7 con calle 13 - Carrera 11 con calle 86 [7.8 km]
15. Avenida Las Américas con Avenida Ciudad de Cali - Avenida Boyacá con calle 26 [7.0 km]
16. Estación Marsella T.M. - Portal Américas T.M. [6.2 km]
17. Avenida Las Américas con avenida 68 – Carrera 5 con calle 60 [8.1 km]
18. Carrera 2 con calle 11 Carrera 7 con calle 100 [6.8 km]
19. Avenida NQS con calle 13 - Avenida NQS con calle 80 [7.5 km]
20. Estación Escuela militar T.M. – Avenida Suba con carrera 76 [8.2 km]

---

## 4. Resultados y Discusión

### 4.1. Diferencia de velocidad por franjas horarias

Asumiendo comportamientos tradicionales del tránsito urbano, se esperaría que las velocidades de viaje en horas punta sean menores que en hora valle, debido a una mayor densidad vehicular, peatonal y ciclista, debido a los motivos trabajo y estudio, principalmente.

Sin embargo, para los recorridos menores a 6 km el resultado obtenido de las pruebas en campo indica que de manera general (promedio de todos los recorridos realizados) las velocidades resultaron similares (13,9 km/h para eléctrica y 14,3 km/h para convencional). Pero al comparar las 2 bicicletas en cada una de las franjas horarias se encuentra que la eléctrica saca más ventaja en los períodos valle (factor de 1,08) que en hora valle (factor de 1,05) (Ver Tabla 1).

En el caso de las rutas mayores a 6 km los resultados generales dan la misma velocidad en ambas franjas horarias (14,7 km/h). La cifra anterior pone en evidencia que por debajo de los

10 km de recorrido las velocidades de viaje tienden a ser similares. De haberse trabajado con distancias sustancialmente mayores (superiores a 20 km) es posible que la velocidad se hubiese visto disminuida por cuenta del esfuerzo físico del bici-usuario.

**Tabla 1.** Velocidades en km/h para recorridos menores a 6 km.

<b>Rutas &lt; 5km</b>	<b>Eléctrica Hora Punta</b>	<b>Eléctrica Hora Valle</b>	<b>Convencional Hora Punta</b>	<b>Convencional Hora Valle</b>
<b>R 1</b>	16,5	17,2	14,9	16,1
<b>R 2</b>	9,5	10,3	10,3	9,5
<b>R 3</b>	14,6	13,7	13,7	12,4
<b>R 4</b>	14,2	14,8	13,1	14,3
<b>R 5</b>	16,3	17,9	15,7	16,2
<b>Promedio</b>	14,2	14,8	13,5	13,7

Fuente: Elaboración Propia.

A diferencia de lo sucedido con los recorridos menores a 6 km, la diferencia de velocidades entre los 2 tipos de bicicleta es despreciable, pues se obtuvieron factores de 0,99 en hora punta y de 1,01 en hora valle (Ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Velocidades en km/h para recorridos mayores a 6 km.

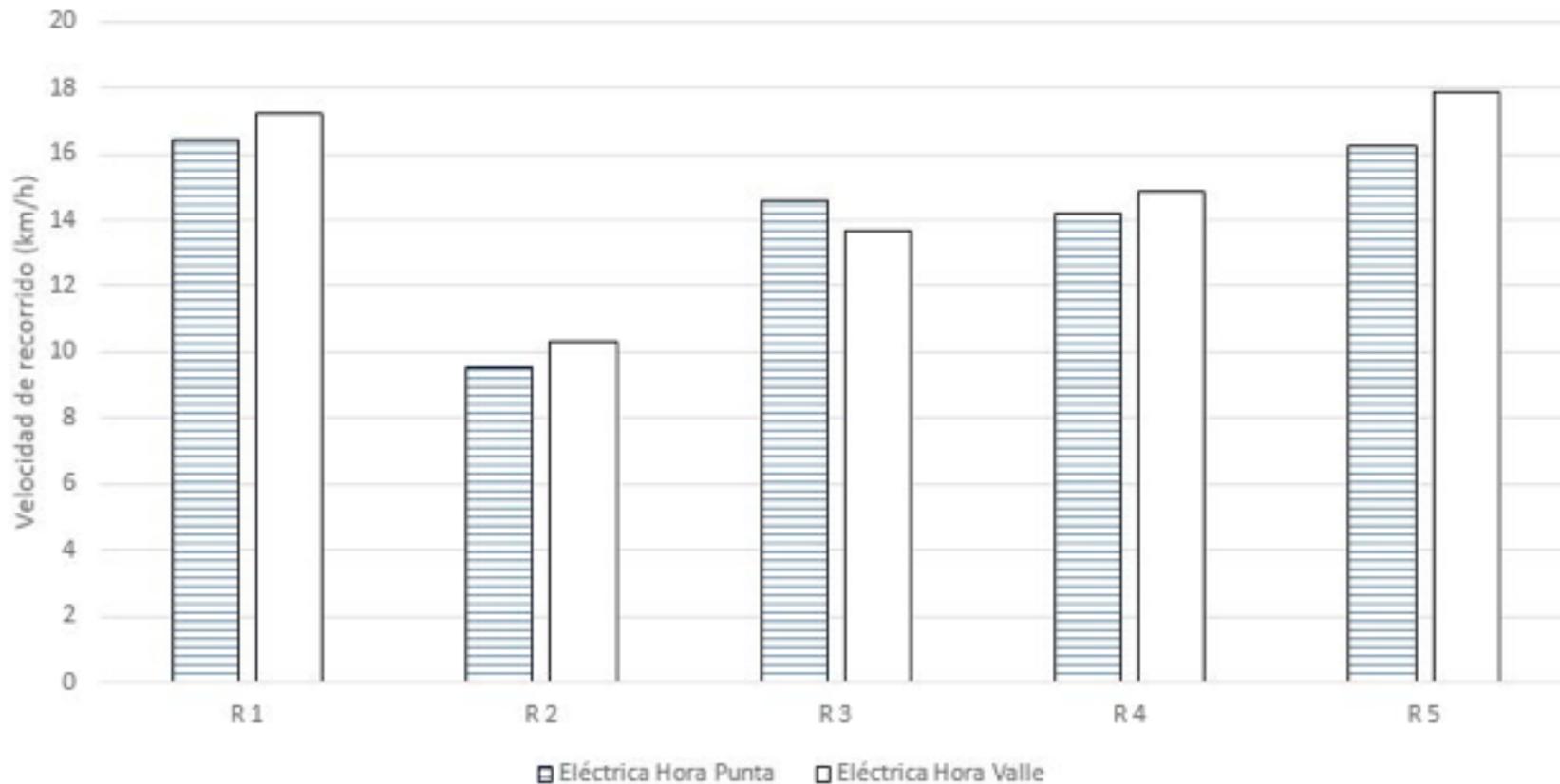
<b>Rutas &gt; 5km</b>	<b>Eléctrica Hora Punta</b>	<b>Eléctrica Hora Valle</b>	<b>Convencional Hora Punta</b>	<b>Convencional Hora Valle</b>
<b>R 1</b>	16,9	18,7	15,2	16,7
<b>R 2</b>	16,0	17,9	15,6	16,2
<b>R 3</b>	18,1	17,9	17,4	18,0
<b>R 4</b>	14,9	15,2	13,3	13,8
<b>R 5</b>	14,4	13,8	13,1	12,7
<b>R 6</b>	16,6	16,2	17,4	16,2
<b>R 7</b>	15,0	14,8	16,2	14,6
<b>R 8</b>	14,0	12,9	14,7	12,5
<b>R 9</b>	12,8	11,4	13,7	12,4
<b>R 10</b>	15,6	16,1	15,4	18,7

<b>R 11</b>	12,7	13,7	13,3	13,6
<b>R 12</b>	13,7	12,8	15,6	12,8
<b>R 13</b>	12,2	12,1	14,3	12,1
<b>R 14</b>	15,5	15,7	15,6	16,0
<b>R 15</b>	12,2	12,6	12,1	12,6
<b>Promedio</b>	14,7	14,8	14,9	14,6

Fuente: Elaboración Propia.

Si luego se comparan las velocidades resultantes de cada tipo de bicicleta en cada franja horaria, se tiene que para los recorridos cortos (< 6 km) hay mayor ventaja de la bicicleta eléctrica en hora valle respecto de hora punta: 0,6 km/h (Ver Tabla 1 y Figura 3), que lo que logra ganar en velocidad la convencional también en hora valle respecto hora punta: 0,2 km/h (Ver Tabla 1 y Figura 4).

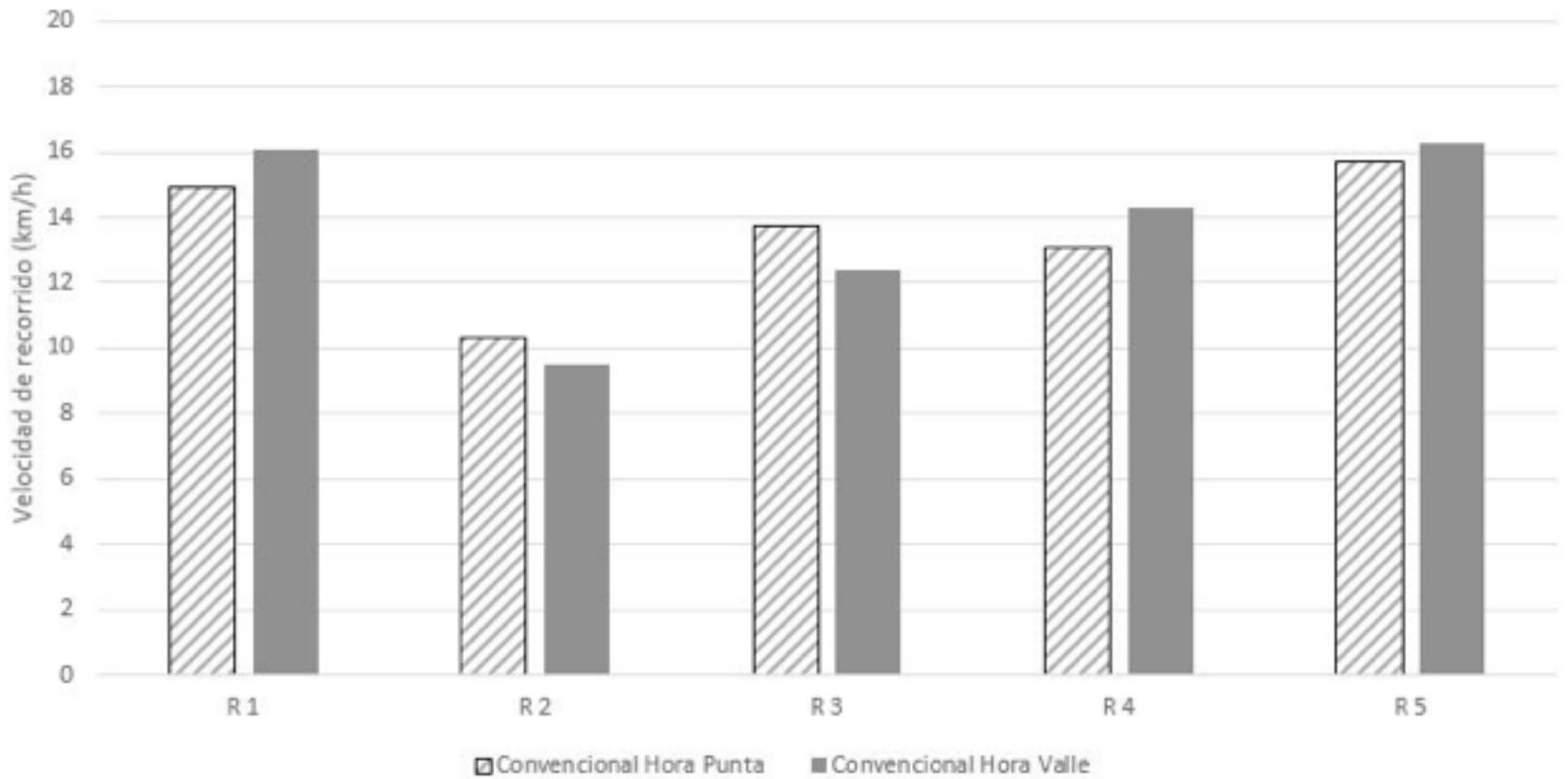
**Figura 3.** Velocidades comparadas por jornada – bicicleta eléctrica. Recorridos < 6 km



Fuente: Elaboración Propia.

-----

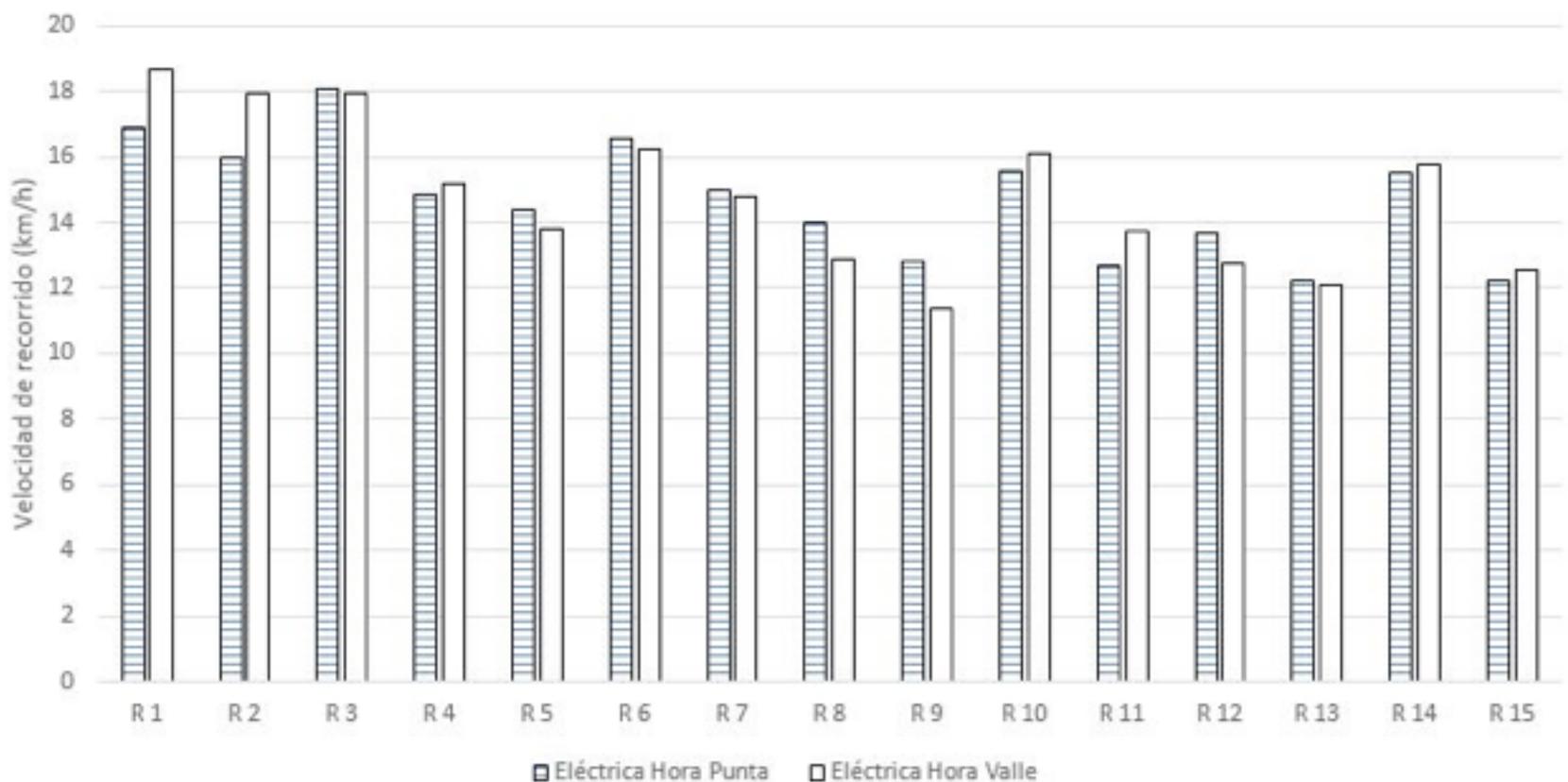
**Figura 4.** Velocidades comparadas por jornada – bicicleta convencional. Recorridos < 6 km



Fuente: Elaboración Propia.

Pero no sucedió lo mismo en los recorridos largos (> 6 km). La ganancia en velocidad media de la hora valle en la e-bike fue de solo 0,1 km/h (Ver Tabla 2 y Figura 5), mientras que la en el caso de la convencional se registró lo contrario, es decir, la velocidad fue mayor en hora punta por 0,3 km/h (Ver Tabla 2 y Figura 6).

**Figura 5.** Velocidades comparadas por jornada – bicicleta eléctrica. Recorridos > 6 km

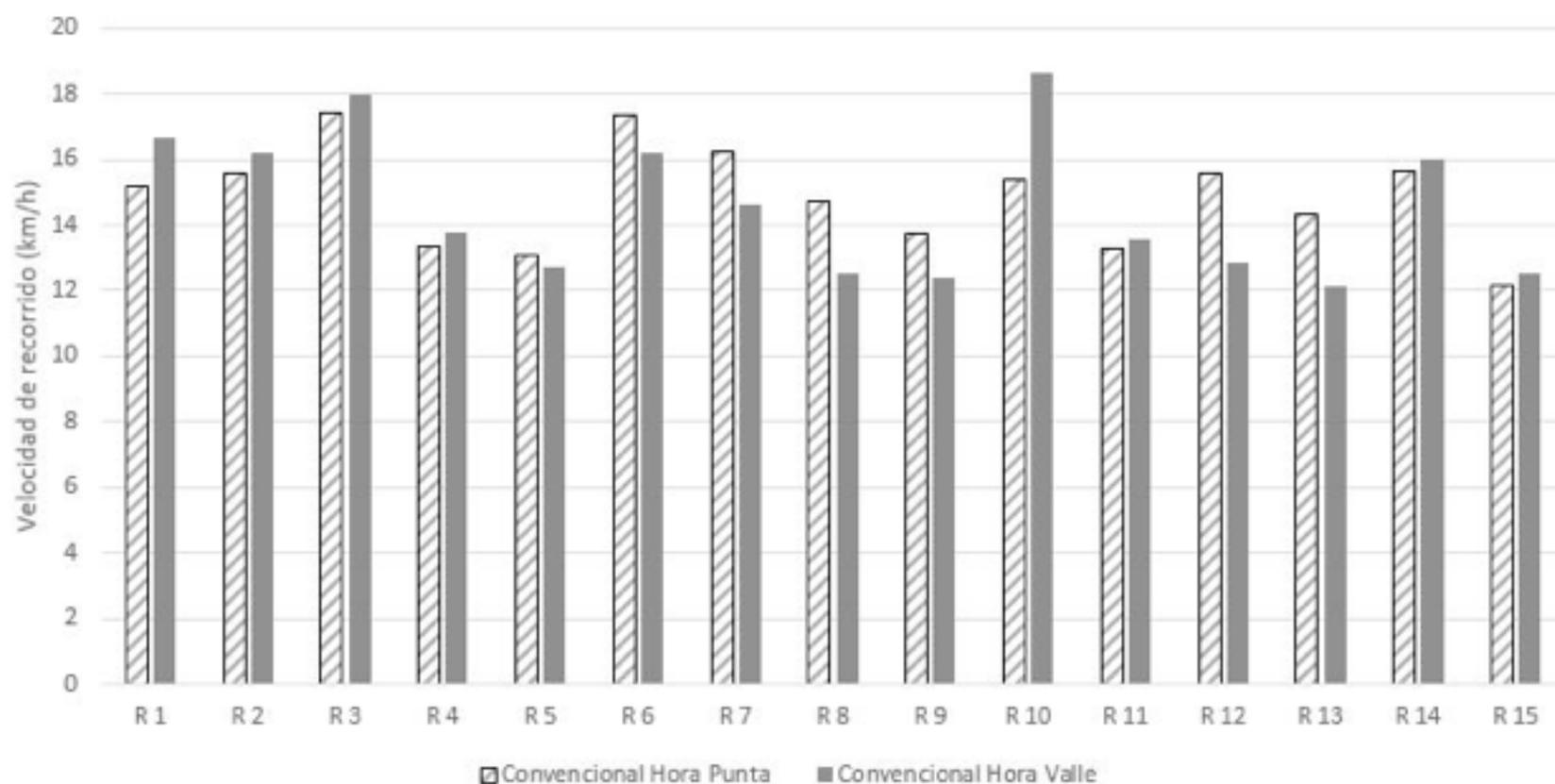


Fuente: Elaboración Propia.

Ahora, si se compara la ventaja de la e-bike respecto de la convencional se tiene que si bien la hay no es numéricamente significativa, pues para hora punta en recorridos cortos es de solo 0,7 km/h (Ver Tabla 1) mientras que en los denominados recorridos largos sucede lo contrario, es decir, la convencional aventaja a la e-bike en tan solo 0,2 km/h (Ver Tabla 2), diferencia prácticamente despreciable. Para hora valle la ventaja de la e-bike aumenta en recorridos

cortos a 1,1 km/h (Ver Tabla 1), y solo 0,2 km/h en recorridos largos (Ver Tabla 2).

Figura 6. Velocidades comparadas por jornada – bicicleta convencional. Recorridos > 6 km



Fuente: Elaboración Propia.

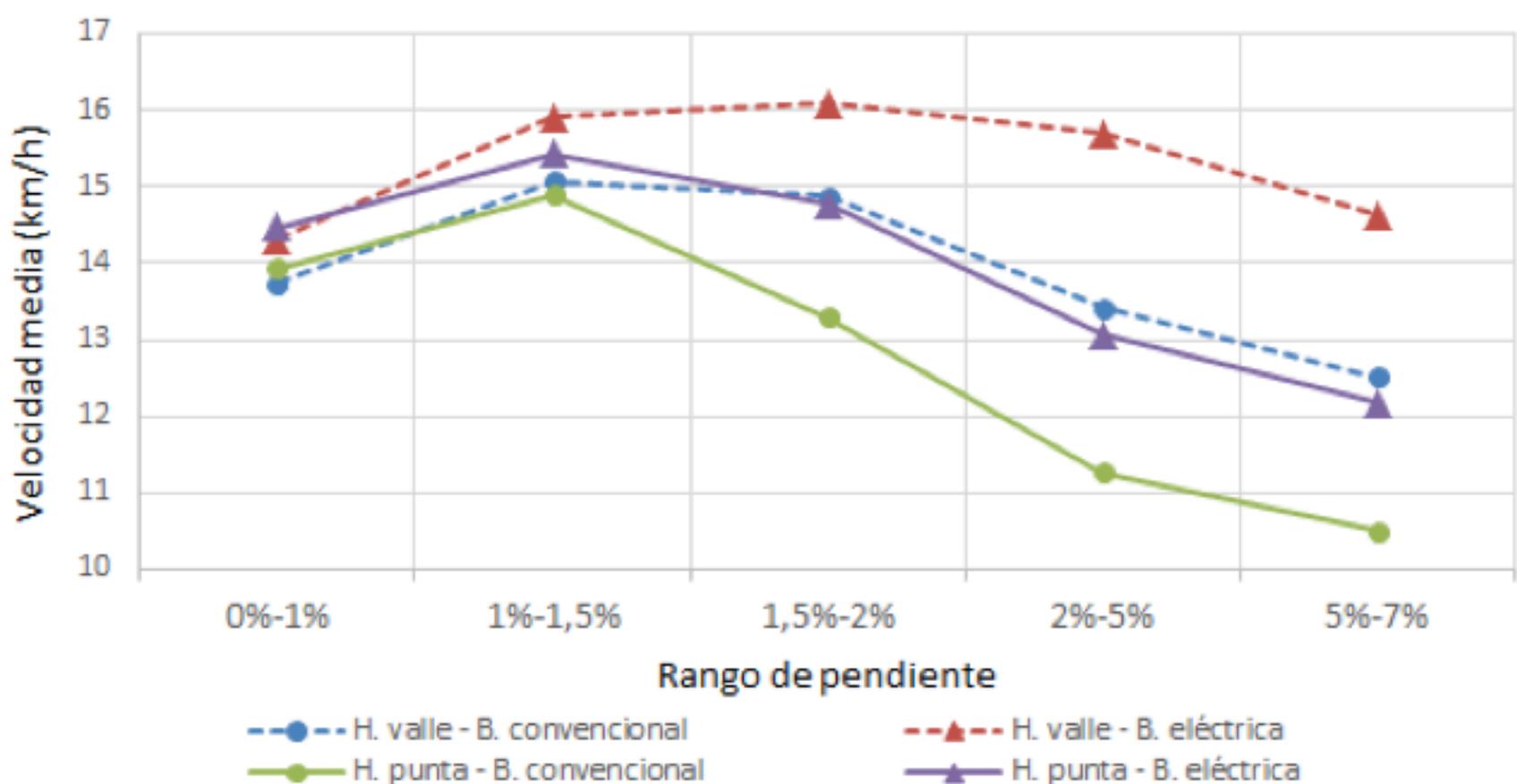
## 4.2. La influencia de la pendiente del terreno y de carriles exclusivos

A partir de los recorridos realizados, se emplearon los datos reportados por la aplicación de track o seguimiento Runtastic y se confirmaron mediante los perfiles de ruta de Google Earth. La información fue consistente. Las velocidades se discriminaron por segmentos con pendientes medias entre: 0 y 1%, 1 y 1,5%, 1,5 y 2%, 2 y 5%, y entre 5 y 7%.

Los cuatro primeros rangos obedecen al comportamiento de la mayoría de los trazados realizados para las pruebas de campo. Los segmentos que superaban el 5% son menores, y se concentran principalmente en la zona Centro de la ciudad, en inmediaciones de los denominados "cerros orientales" de la ciudad. Como segundo filtro se dividieron las velocidades entre: bicicleta convencional y eléctrica (e-bike) y por período horario punta y valle.

La velocidad media global de todos los recorridos realizados, discriminados por tipo de bicicleta, granja horaria y pendiente media longitudinal del trayecto es de 14 km/h, con una desviación estándar de tan solo 1,04. El valor medio en hora valle resultó de 14,62 km/h, levemente superior al de 13,38 km/h encontrado en hora punta, lo que se traduce en una ventaja en velocidad de solo 1,09 veces (Ver Figura 7).

Figura 7. Velocidad media (km/h) de acuerdo a la pendiente media longitudinal



Fuente: Elaboración Propia.

Ahora, discriminando el tipo de bicicleta, la eléctrica o e-bike aventaja a la convencional en solo 1,4 km/h en hora valle (15,33 y 13,92 km/h, respectivamente) y en 1,2 km/h en hora punta (13,98 y 12,78 km/h, respectivamente).

Analizando el comportamiento de la velocidad a medida que aumenta la pendiente, se encuentra que hay un incremento en pendientes leves (< 2%) de aproximadamente 1,3 km/h con respecto a pendientes mínimas (< 1%), entre los cuales se destaca el de la e-bike en hora valle con un aumento de 1,78 km/h. En hora punta el incremento entre los dos tipos de bicicleta es muy similar (0,96 km/h en promedio), debido a que la densidad de usuarios de la vía es mayor y no facilita mejoras superiores en la velocidad de desplazamiento.

A partir del siguiente rango de pendientes (> 2%) la velocidad disminuye en todos los casos. Respecto del primer rango de pendiente (< 1%) comparado con el rango entre 2 y 5%, la velocidad media desciende solo un 2,34% para la bicicleta convencional en hora valle, un 9,70% para la bicicleta eléctrica en hora punta, y un significativo 19,11% para la bicicleta convencional en hora punta. Por lo contrario, la velocidad aumentó en 9,67% para la bicicleta eléctrica en hora valle. Se aprecia por tanto que en presencia de pendientes relativamente significativas (entre el 3 y 5%) la densidad de actores en la vía afecta la velocidad al castigar la velocidad en hora punta, especialmente para la bicicleta convencional (se recuerda: una reducción del 19,11% en la velocidad, frente a un 9,70% para la e-bike).

En períodos de hora valle la repercusión de la pendiente media (entre el 3 y 5%) en la velocidad es menor, pues hay menor tráfico y por ende permite mantener una velocidad más cercana o constante respecto a las secciones con terrenos de pendiente leve (< 1%). Siendo así, se recuerda que la reducción de velocidad para la bicicleta convencional es de tan solo 2,34%. Por lo contrario, la bicicleta eléctrica logra el efecto esperado y aumenta la velocidad media en 9,67%, pasando de 14,31 a 15,70 km/h.

Luego se hizo un análisis comparado similar, pero respecto de los tramos con pendientes longitudinales entre el 5 y 7%. Los resultados son similares en cuanto a la influencia del tipo de bicicleta y la franja horaria. En este caso, los datos en hora valle para bicicleta convencional disminuyeron 8,97% en promedio (casi 4 veces que en terrenos de pendiente media); pero la bicicleta eléctrica logró aumentar la velocidad en 2,23%, un 7,44% menos que en pendientes medias (entre el 3 y 5%) (Ver Figura 7).

Respecto de la proporción de ciclorutas en el trayecto, no se hace comparación entre los dos tipos de bicicleta, pues ambas opciones afrontaban el mismo terreno. Sin embargo, cabe resaltar que la velocidad media en los segmentos de ciclorutas o en bici-carriles resultó un 7% mayor que la velocidad de recorrido en medio del tránsito mixto.

---

## 5. Conclusiones

En principio la bicicleta eléctrica o e-bike se asocia a mayores velocidades en ruta debido a la posibilidad de emplear la tracción asistida, y más aún en tramos con pendientes que ralenticen el ritmo de avance del ciclista. No obstante, si bien ese principio se cumple, es con una diferencia o delta de velocidad que puede considerarse no significativo. La condición de tránsito en vía, entendido como mayor en horas de la franja punta y menor en las de hora valle, influyen en la ventaja de la e-bike en términos de velocidad media de viaje; aunque lógicamente a mayor pendiente menor velocidad. Siendo así, la velocidad en la eléctrica supera a la convencional en relación de 1,16 para tramos con pendientes medias (3 a 5%) y adquiere mayor valor en hora valle (15,07 km/h) que en hora punta (13,07 km/h). Por su parte, en segmentos con pendientes más pronunciadas (5 a 7%) la relación de velocidades se mantiene en 1.16 pero más lento: 14,63 km/h en hora valle y 12,18 km/h en hora punta. Se concluye por tanto que la e-bike sí representa ventajas para el usuario que acostumbra trayectos con pendientes significativas; aunque la diferencia en velocidad no supera los 3,5 km/h en el mejor de los casos.

Adicionalmente se recuerda que revisando los registros de campo, se concluye que la velocidad media en los segmentos con carril exclusivo para ciclistas resultó un 7% mayor que la velocidad de recorrido en medio del tránsito mixto.

En términos de longitud de ruta, se definió un umbral de 6 km para diferenciar trayectos "cortos" de trayectos "largos". De su análisis de velocidad media de recorrido se concluye que en hora punta la ventaja de la e-bike en recorridos cortos es de solo 0,7 km/h, mientras que en los recorridos largos la convencional aventaja a la e-bike en tan solo 0,2 km/h, que como ya se mencionó es una diferencia prácticamente despreciable. Para hora valle la ventaja de la e-bike aumenta en recorridos cortos a 1.1 km/h, y de solo 0,2 km/h en recorridos largos, nuevamente una diferencia para no tener en cuenta. Por tanto, se tiene que para trayectos inferiores a los 10 km la e-bike no presenta una ventaja representativa en términos de velocidad media de viaje.

De manera general, el máximo delta de velocidades entre todas las pruebas de campo realizadas es de aproximadamente 2,2 km/h, tras comparar los dos tipos de bicicleta. Esa y todas las demás lecturas de la ventaja de la e-bike permiten argumentar que el ahorro en tiempo de viaje o la mejora en velocidad media no son lo suficientemente significativos para un cambio de bicicleta de la convencional a la eléctrica, si el potencial comprador de la última tiene presente que el diferencial de precio supera el millón de COP (aproximadamente 330 USD), lo cual también aumenta el riesgo de robo, sumado a un mayor peso al momento de necesitar manipularla y que se debe estar atento a la carga de la batería para aprovechar su ventaja.

---

## Referencias bibliográficas

Bae, H. y Hurst D. (2012). *Electric two wheel vehicles in Asia Pacific*. Research report. Pike research. Disponible en: <http://www.navigantresearch.com/wp-content/uploads/2012/04/ETVAP-12-Executive-Summary.pdf>

Banister, D. (2008). *The sustainable mobility paradigm*. Transport Policy, No. 15, p-p. 73 – 80. Disponible en: [http://ac.els-cdn.com/S0967070X07000820/1-s2.0-S0967070X07000820-main.pdf?\\_tid=3e3b7c44-47ae-11e7-8656-00000aacb360&acdnat=1496420115\\_3e07afc260bff7d0e5dc875b60e6ceb2](http://ac.els-cdn.com/S0967070X07000820/1-s2.0-S0967070X07000820-main.pdf?_tid=3e3b7c44-47ae-11e7-8656-00000aacb360&acdnat=1496420115_3e07afc260bff7d0e5dc875b60e6ceb2)

Jones, T., Harms, L. y Heinen, E. (2016). *Motives, perceptions and experiences of electric bicycle owners and implications for health, wellbeing and mobility*. Journal of transport

geography, Vol. 53, p-p. 41-49. Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692316301934>.

Kroesen M. (2017). *To what extent do e-bikes substitute travel by other modes? Evidence from the Netherlands*. Transportation research, part D 53, p-p. 377-387. Disponible en: [http://ac.els-cdn.com/S1361920916304837/1-s2.0-S1361920916304837-main.pdf?\\_tid=95763ec8-4c76-11e7-83b6-00000aacb362&acdnat=1496945965\\_1853c01c232536a84679ac53475d0fa1](http://ac.els-cdn.com/S1361920916304837/1-s2.0-S1361920916304837-main.pdf?_tid=95763ec8-4c76-11e7-83b6-00000aacb362&acdnat=1496945965_1853c01c232536a84679ac53475d0fa1)

Olaya K., Salgado C. y Urazán C. (2017). *Análisis comparativo de tiempos de desplazamiento e influencia de la longitud de recorrido entre bicicleta convencional y e-bike en Bogotá*. Universidad de La Salle, Bogotá.

Papoutsis S., Martiniolli L., Tasso B. y Exadaktylos A. (2014). *E-bike injuries: experience from an urban emergency department. A retrospective study from Switzerland*. Emergency medicine international, Vol. 14, article ID 850236, 5 pages.

Rose, G. (2011). *E-bikes and urban transportation: emerging issues and unresolved questions*. Transportation, Vol. 39, Issue 1, p-p. 81 – 96. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11116-011-9328-y>

Siabato N., Martínez K. y Urazán C. (2016). *Estudio de la eficiencia de la bicicleta eléctrica comparado con el transporte público y la bicicleta convencional*. Universidad de La Salle, Bogotá.

Urazán C. y Velandia E. (2017). *La motocicleta como modo de transporte. Desde la ciudad y el usuario*. Universidad de La Salle, Bogotá. En proceso de evaluación editorial.

Weber (2014). Evaluation of e-bike accidents in Switzerland. Accident analysis and prevention, Vol. 73, p-p. 47 – 52. Disponible en: [http://ac.els-cdn.com/S0001457514002231/1-s2.0-S0001457514002231-main.pdf?\\_tid=1f4fea0a-47b2-11e7-9178-00000aab0f01&acdnat=1496421781\\_fde29b2f3de003dedc832d2be25de30e](http://ac.els-cdn.com/S0001457514002231/1-s2.0-S0001457514002231-main.pdf?_tid=1f4fea0a-47b2-11e7-9178-00000aab0f01&acdnat=1496421781_fde29b2f3de003dedc832d2be25de30e)

Weinert J., Ma Ch. y Cherry Ch. (2007). *The transition to electric bikes in China: history and key reasons for rapid growth*. Transportation, Vol. 34, issue 3, p-p. 301 – 318. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11116-007-9118-8>

Woodcock J., Banister D., Edwards P., Prentice A. y Roberts, I. (2007). *Energy and transport*. The Lancet, Vol. 370, p-p. 1078 – 1088. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673607612549>

Yang J., Hu Y., Du W., Powis B., Ozanne-Smith J., Liao Y., Li N. y Wu M. (2014). *Unsafe riding practice among electric bikers in Suzhou, China: an observational study*. BMJ Open, Vol. 4. Issue 1. Disponible en: <http://bmjopen.bmj.com/content/4/1/e003902>

---

1. Ingeniero Civil. PhD en Gestión Territorial e Infraestructuras del Transporte. Profesor Titular del Programa de Ingeniería Civil, Universidad de La Salle, Bogotá D.C. Email: [caurazan@unisalle.edu.co](mailto:caurazan@unisalle.edu.co)

2. Phd (c), Profesor Auxiliar del Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Email: [camoncadaa@unal.edu.co](mailto:camoncadaa@unal.edu.co)

3. Ingeniero Civil. PhD. Director Maestría en Infraestructuras y Sistemas de Transporte. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Email: [daescobarga@unal.edu.co](mailto:daescobarga@unal.edu.co)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 53) Año 2017

[Index]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a [webmaster](#)]