



IMPACTO DE LAS BICISENDAS EN LA CIRCULACIÓN VEHICULAR

Simulación y resultados en el barrio de
Belgrano

RESUMEN EJECUTIVO

- **El impacto de la bicisenda sobre el tránsito no es homogéneo.** El estudio, realizado mediante simulación de eventos discretos en AnyLogic PLE, demuestra que el efecto de la bicisenda sobre la circulación vehicular varía sustancialmente según la zona analizada del barrio de Belgrano.
- **En la Zona 1 (Zavalía entre Av. Juramento y La Pampa), remover la bicisenda no mejora el tránsito.** Las simulaciones no detectaron diferencias estadísticamente significativas entre escenarios: el punto crítico del corredor, La Pampa, mantuvo una cola promedio de 3,55 vehículos y un tiempo de espera de 17,6 segundos independientemente de la configuración vial.
- **En la Zona 2 (Echeverría entre Vidal, Moldes, Amenábar y Ciudad de la Paz), la bicisenda sí genera un impacto operativo relevante.** La habilitación del segundo carril redujo en promedio un 72% la cantidad de vehículos en cola y un 81% los tiempos de espera, diferencias que superan ampliamente la variabilidad propia del modelo.
- **Echeverría es el tramo más afectado por la restricción de carril.** En el escenario base, este punto registró una cola promedio de 12,39 vehículos y un tiempo de espera de 209,5 segundos, valores que se redujeron drásticamente al liberar el carril adicional.
- **Los resultados se sustentan en un diseño estadístico validado.** Se determinó el tamaño mínimo de muestra mediante el método de Montecarlo (30 corridas para la Zona 1 y 46 para la Zona 2), y se construyeron intervalos de confianza del 95% para evaluar la significancia de las diferencias observadas.
- **La demanda de tránsito y ciclística fue relevada directamente en campo.** Durante tres días hábiles se registraron los volúmenes de vehículos y bicicletas en intervalos de diez minutos, en los horarios de mayor afluencia, lo que permitió construir un modelo fiel al comportamiento real del sistema.
- **Frente a este escenario, la evidencia no habilita una conclusión única para todo el corredor.** Mientras que en la Zona 1 no existen razones de desempeño vehicular para eliminar la bicisenda, en la Zona 2 la evidencia operativa sí resulta favorable a su remoción, aunque deberá ponderarse frente a los beneficios de contar con infraestructura ciclista.

PRESENTACIÓN

El siguiente informe realizado por la Universidad Argentina de la Empresa (UADE) presenta un nuevo estudio de simulación sobre el impacto de las bicisendas en la circulación vehicular, un modelo que busca **aportar evidencia objetiva a un debate central de la movilidad urbana en la Ciudad de Buenos Aires**.

El trabajo analiza dos sectores del barrio de Belgrano —el tramo de Zavalía entre Juramento y La Pampa; y el tramo de Echeverría entre Vidal, Moldes, Amenábar y Ciudad de la Paz— y demuestra, mediante un modelo de simulación de eventos discretos construido en AnyLogic PLE, **cómo la presencia de la bicisenda modifica la capacidad vial disponible durante los horarios de mayor demanda**. El estudio se desarrolla a partir de un relevamiento de campo realizado durante tres días hábiles, en el que se registraron los volúmenes de circulación de vehículos y bicicletas en intervalos de diez minutos, durante las franjas de 7:30 a 9:30 y de 17:00 a 19:00.

Asimismo, el informe aporta una lectura pertinente sobre la relación entre la infraestructura ciclista y el desempeño del tránsito vehicular, comparando dos configuraciones posibles del sistema: un escenario base, con bicisenda activa y un carril disponible por sentido; y un escenario alternativo, con la bicisenda desactivada y dos carriles habilitados para la circulación de vehículos.

Uno de los aspectos centrales del estudio es la comparación de indicadores concretos de desempeño entre ambos escenarios. **El análisis se centra en el tiempo promedio de espera y en la cantidad promedio de vehículos en cola por intersección**, dos variables que permiten cuantificar de manera directa el efecto de la bicisenda sobre la fluidez del tránsito.

El estudio también evidencia que las diferencias observadas entre ambas configuraciones podrán someterse a evaluación estadística para determinar su significancia. En ese sentido, **el trabajo permite observar que el impacto de las bicisendas no se limita a la percepción cotidiana de los conductores**: los tiempos de espera, la longitud de las colas y el desempeño global del sistema son variables centrales para evaluar objetivamente su efecto sobre la movilidad vehicular.



PRESENTACIÓN

La implementación de bicisendas constituye una medida ampliamente utilizada para promover la movilidad sustentable y favorecer el uso de medios de transporte alternativos. Sin embargo, en aquellos sectores donde su incorporación implica una reducción del espacio destinado a la circulación vehicular, surge la necesidad de evaluar el impacto que esta modificación puede generar sobre el desempeño del tránsito.

El comportamiento del tránsito urbano depende de la interacción simultánea de múltiples factores, entre ellos la demanda vehicular, la presencia de bicicletas y las intersecciones. Estas interacciones generan un sistema dinámico cuya evolución resulta compleja de analizar mediante métodos analíticos tradicionales. En este contexto, **la simulación de eventos discretos constituye una herramienta adecuada para representar el funcionamiento del sistema y evaluar diferentes configuraciones operativas.**

EL ESTUDIO

MODELO CONCEPTUAL Y VARIABLES DEL MODELO

• Variables de decisión

Las variables de decisión son aquellas que pueden modificarse para representar y comparar diferentes configuraciones del sistema.

En el presente modelo se considera la presencia o ausencia de bicisenda como variable de decisión. En el escenario base, la bicisenda se encuentra activa y los vehículos disponen de un único carril para circular. En el escenario alternativo, la calle se representa sin bicisenda y el espacio liberado se habilita como un segundo carril vehicular. Esta variable modifica la lógica de asignación de carriles, la generación de bicicletas y la representación visual del modelo.

• Variables de referencia

Las variables de referencia (Variables de Respuesta o Indicadores Clave) permiten medir el desempeño del sistema bajo cada configuración. En este trabajo se consideran:

- Cantidad promedio de vehículos en cola por intersección (Con o sin semáforo).
- Tiempo promedio en filas de espera.

• Variables aleatorias

Las variables aleatorias representan la variabilidad propia del sistema real. En el modelo se consideran las siguientes:

- Instantes de llegada de vehículos: determinados por los bloques Source, cuyas tasas de generación varían mediante schedules contruidos a partir de los volúmenes relevados en intervalos de diez minutos.

EL ESTUDIO

- Instantes de llegada de bicicletas: determinados mediante schedules de tasa independientes para cada período analizado, únicamente cuando la bisisenda se encuentra presente.
- Tiempo de cruce en las intersecciones: representado mediante la distribución triangular configurada en los bloques Delay.
- Decisión de giro o continuación: determinada mediante las probabilidades configuradas en los bloques SelectOutput.

Plan de cuadros conceptual

El plan de cuadros conceptual tiene como finalidad definir la forma en que se relacionarán y presentarán las variables del modelo **antes de realizar la experimentación**. Los resultados se organizaron diferenciando la zona estudiada, el turno horario y el escenario simulado, con el objetivo de facilitar la comparación entre la configuración actual con bisisenda y la configuración alternativa sin bisisenda.

• **Relación 1: Presencia de bisisenda y cantidad de vehículos en cola**

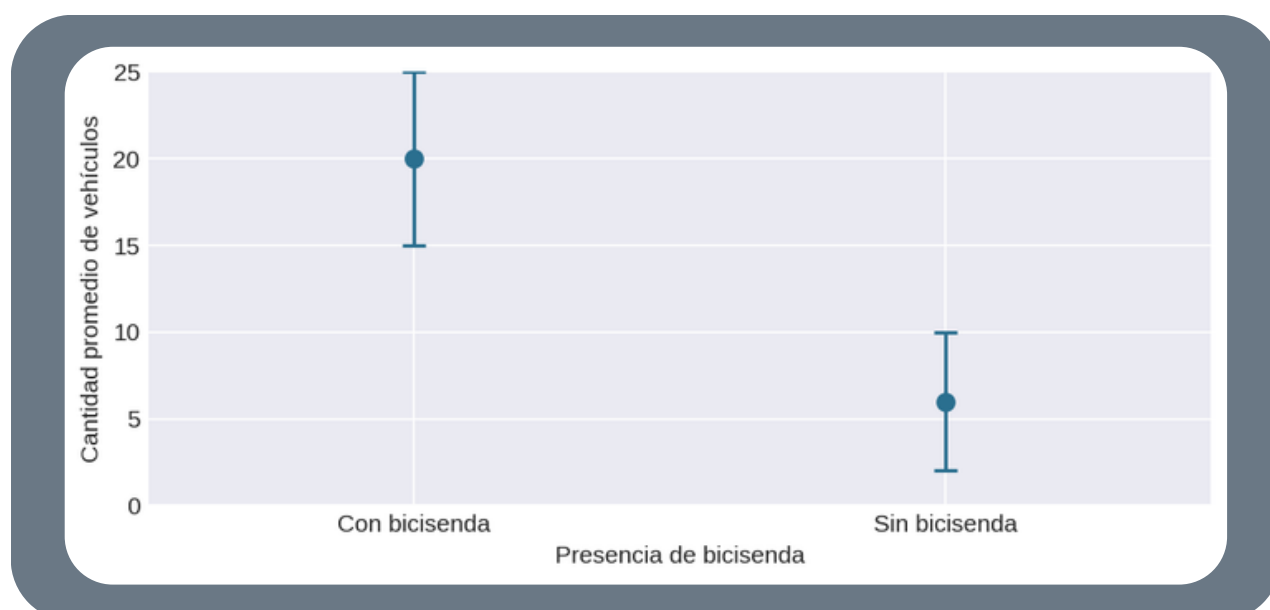
Variables de decisión: presencia de bisisenda (ON/OFF).

Variables de referencia: cantidad promedio de vehículos en cola por intersección.

Al activar la bisisenda, la calzada disponible para vehículos se reduce de dos carriles a uno. Esta restricción disminuye la capacidad efectiva de absorber el flujo entrante, lo que se traduce en un incremento en la cantidad promedio de vehículos en cola en cada intersección, especialmente durante los momentos de mayor demanda dentro del turno pico.

Se espera que la relación sea directamente proporcional: a mayor restricción de carril (bisisenda activa), mayor acumulación de vehículos esperando en cola. La magnitud del efecto dependerá del volumen de tráfico en cada puesto y del comportamiento de los vehículos en las intersecciones.

- Supuesto de cantidad promedio de vehículos en cola con bisisenda
- Supuesto de cantidad promedio de vehículos en cola sin bisisenda



EL ESTUDIO

- **Relación 2: Presencia de bicisenda y tiempo en filas de espera**

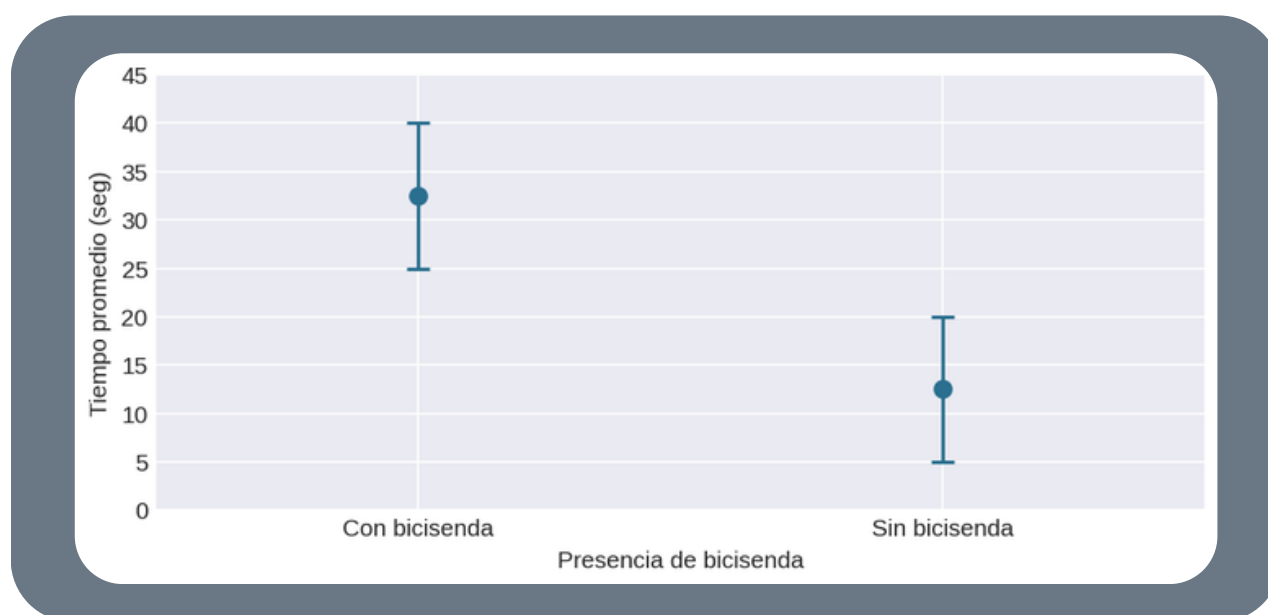
Variables de decisión: presencia de bicisenda (ON/OFF).

Variables de referencia: tiempo promedio en fila de espera por tramo.

La cantidad de carriles disponibles puede influir sobre el tiempo que los vehículos permanecen dentro de la zona de estudio. En el escenario con un único carril, la formación de colas antes de las intersecciones podría incrementar los tiempos de circulación. En el escenario alternativo sin bicisenda, la habilitación de un segundo carril podría reducir las esperas y facilitar el desplazamiento vehicular.

Se espera que el tiempo promedio de espera en fila sea significativamente mayor en el escenario base (Con bicisenda) que en el escenario alternativo (Sin bicisenda), evidenciando el costo operativo que la restricción genera sobre la movilidad vehicular.

- Tiempo promedio en fila de espera con bicisenda
- Tiempo promedio en fila de espera sin bicisenda



Plan de experimentación

A partir del modelo implementado en el software de simulación AnyLogic PLE, se definieron dos escenarios de simulación con el objetivo de evaluar el impacto de la bicisenda sobre el desempeño del flujo vehicular. Cada escenario se analiza aplicando el método de Montecarlo, es decir, un conjunto de iteraciones con muestreo aleatorio, tomando como variables de referencia la cantidad promedio de vehículos en cola y el tiempo promedio en fila de espera por tramo.

EL ESTUDIO

Escenario	Configuración	Objetivo de análisis
Escenario base	Bicisenda activa. Un carril vehicular disponible.	Medir flujo y colas vehiculares.
Escenario alternativo	Bicisenda desactivada. Dos carriles vehiculares.	Evaluar el impacto de liberar el carril adicional sobre las colas y el flujo.

Los escenarios se compararán construyendo intervalos de confianza al 95%, lo que permitirá determinar si las diferencias entre el escenario base y el propuesto son estadísticamente significativas o atribuibles a la variabilidad aleatoria del sistema.

SOFTWARE DE SIMULACIÓN: Modelo Anylogic PLE

El modelo representa el flujo vehicular en el tramo urbano de Belgrano en las horas pico de la mañana y la tarde.

La simulación fue desarrollada utilizando el paradigma de simulación de eventos discretos. Se modelaron calles de 100 metros cada una con una estimación de capacidad límite vehicular de 25 vehículos por carril.

Las entidades principales del sistema son el vehículo y la bicicleta. Los vehículos recorren la calle principal (Zona 1: Zavallía continuación con Once de Septiembre; Zona 2: Echeverría), interactuando con las calles transversales en cada intersección. Las bicicletas circulan exclusivamente por la bicisenda y no compiten por el carril vehicular.

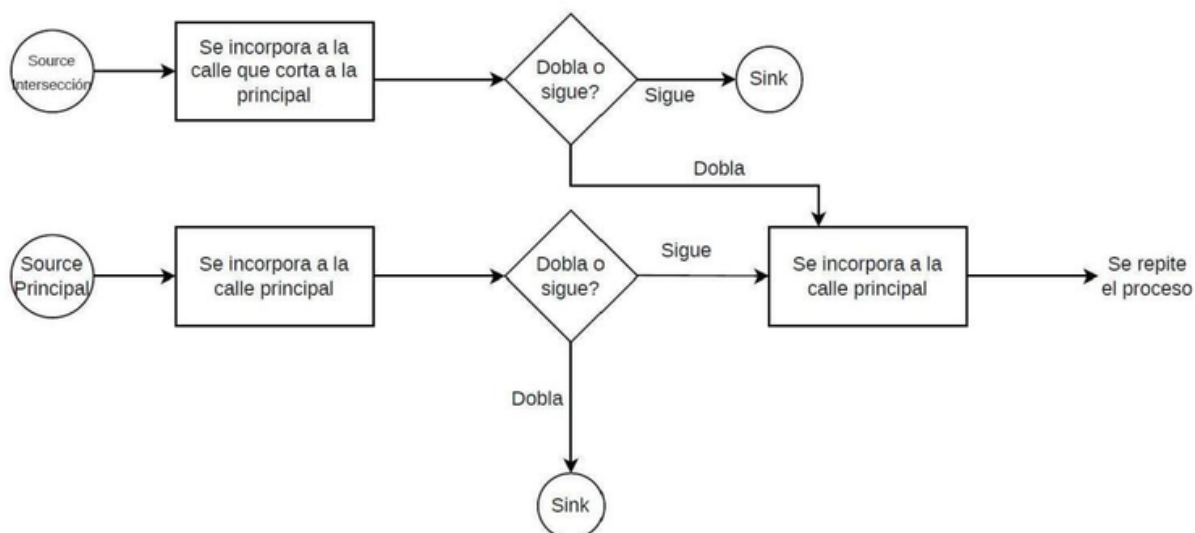
Cada vehículo posee los siguientes atributos:

- **Tipo de vehículo:** auto, moto, colectivo o camión/utilitario.
- **Característica "EsVip":** ordena la cola al vehículo con mayor prioridad
- **Decisión de giro:** define si el vehículo sigue de largo por la calle principal o dobla en la intersección.

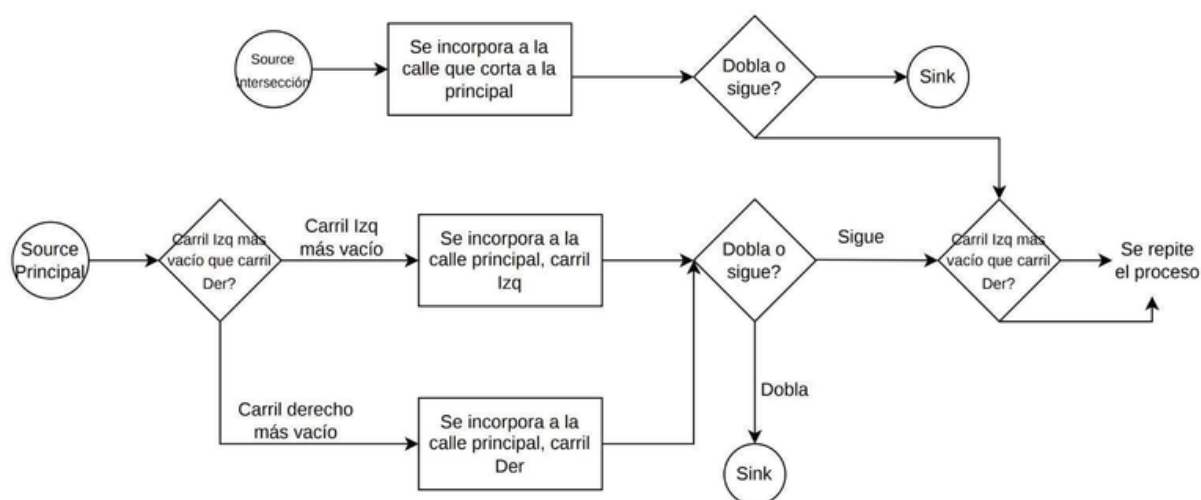
EL ESTUDIO

- Diagrama del proceso

Con bicisenda:



Sin Bicisenda (carril extra):



EL ESTUDIO

• Proceso operativo:

El flujo del modelo sigue la siguiente secuencia:

- Generación de vehículos
- Asignación de atributos: tipo de vehículo, carácter y turno horario.
- Avance por el tramo principal hasta la primera intersección.
- Decisión de giro o continuación.
- Espera en cola si la intersección está ocupada o el semáforo está en rojo.
- Cruce de la intersección con tiempo de demora según el tipo de cruce (semaforizado o no semaforizado).
- Continuación hacia el siguiente tramo o salida si el vehículo abandona la zona de estudio.
- Generación independiente de bicicletas en la bisisenda, sin interacción con el flujo vehicular.

• Entidades y atributos:

Las dos entidades del modelo son:

- **Vehículo:** entidad principal. Atributos: tipo (auto/moto/colectivo/camión) y tiempo de llegada.
- **Bicicleta:** entidad secundaria. Circula por la bisisenda. Atributo: tiempo de llegada.

• Lógicas y eventos destacados:

Las dos entidades del modelo son:

- **Switch bisisenda (bisisenda_activa):** parámetro booleano global que controla la cantidad de carriles disponibles, la capacidad de las colas y la visibilidad de la bisisenda en el mapa. Cuando está activo, el selector de balance de carriles dirige a todos los vehículos al carril derecho único. Cuando está inactivo, habilita el carril izquierdo y balancea el flujo entre ambos carriles.
- **Selector de giro/continuación:** en cada intersección existe un bloque de decisión para los vehículos de la calle principal (siguen o doblan) y otro para los vehículos de la transversal (se incorporan o no). La probabilidad de cada salida se derivó del porcentaje de vehículos que continuaron de largo en los datos de campo.
- **Intersecciones semaforizadas:** en las intersecciones con semáforo se utilizan bloques controlados por eventos de tiempo que simulan los ciclos de apertura (verde) y cierre (rojo).

EL ESTUDIO

MODELO DE DATOS

El modelo de simulación fue parametrizado teniendo en cuenta los datos relevados en campo.

- Parámetros generales del simulador:**

Parámetro	Descripción	Fuente
Unidad de tiempo base	Segundos	Definición del modelo
Horizonte de simulación	7.200 segundos (120 minutos) por turno en hora pico mañana y tarde	Marco del estudio
Turnos analizados	Mañana: 7:30–9:30 / Tarde: 17:00–19:00	Marco del estudio
Zonas modeladas	Zona 1 (Zavalía / Once de Septiembre) y Zona 2 (Echeverría)	Marco del estudio
Puestos de medición	6 puestos en Zona 1 / 8 puestos en Zona 2	Marco del estudio
Días de medición	Martes 16, miércoles 17 y jueves 18 de junio de 2026	Marco del estudio
Tasa de generación vehicular	Vehículos por intervalo de 10 min por puesto	Excel valorschedule
Tasa de generación de bicicletas	Bicicletas por intervalo de 10 min por puesto	Excel valorschedule
Lógica de giro/continuación	Probabilidad derivada de datos de campo	Excel valorschedule

EL ESTUDIO

- **Configuración de la generación vehicular:**

La tasa de generación de vehículos se obtiene con el promedio ponderado de vehículos (autos, motos, colectivos y camiones/utilitarios) que circularon por el puesto de medición con intervalos de 10 minutos.

Esta tasa varía por puesto, turno e intervalo horario, por lo que se implementa mediante schedules en AnyLogic que replican la variabilidad temporal observada en campo. El ajuste de distribuciones probabilísticas para los tiempos entre llegadas se realizará sobre los datos disponibles de los tres días de medición.

- **Configuración de bicicletas:**

La tasa de generación de bicicletas se obtiene con el promedio ponderado de bicicletas que circularon por el puesto de medición con intervalos de 10 minutos.

Las bicicletas se modelan independiente del flujo vehicular sin competir por el carril vehicular ni interactuar con los vehículos.

En el escenario base (bicisenda activa), las bicicletas fluyen normalmente. En el escenario alternativo (bicisenda desactivada), el flujo de bicicletas se inhibe y el carril de la bicisenda pasa a estar disponible para vehículos.

- **Lógica de bloques en AnyLogic PLE:**

El flujo se inicia mediante bloques Source, uno por puesto de medición, que generan las entidades vehículo y bicicleta con sus atributos correspondientes. Los vehículos avanzan por los bloques Queues que representan los tramos de calle entre intersecciones.

En cada intersección, un bloque SelectOutput decide si el vehículo sigue de largo o dobla, y otro SelectOutput de balance de carriles asigna el vehículo al carril izquierdo o derecho según la disponibilidad actual (lógica controlada por el parámetro bicisenda_activa).

Finalizado el cruce, el vehículo avanza al siguiente tramo o sale por un bloque Sink si abandona la zona de estudio.

Los vehículos provenientes de calles transversales se incorporan al flujo principal con su propio bloque source de generación y su lógica de incorporación independiente.

EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

Una vez definido, implementado, verificado y validado el modelo, se realizaron, para ambas zonas, corridas de simulación para evaluar el comportamiento del sistema bajo los dos escenarios planteados: la situación actual con bicisenda activa y el escenario alternativo sin bicisenda, en el cual se habilita un segundo carril para la circulación vehicular.

A partir del análisis de escenarios, se identificó al miércoles durante el turno tarde como el período de mayor demanda en la zona 2. En consecuencia, la comparación definitiva entre escenarios se realizó bajo dicha condición, considerada la más exigente para el sistema.

EL ESTUDIO

Las variables de respuesta analizadas fueron:

- cantidad promedio de vehículos en cola por tramo;
- tiempo promedio en fila de espera por tramo;
- cantidad de vehículos registrados en cada medición.

• Tamaño de muestra e intervalos de confianza:

Para determinar la cantidad mínima de iteraciones se realizó inicialmente una premuestra de 20 corridas utilizando el método de Montecarlo para el escenario base. Como variable de control se seleccionó la cantidad promedio de vehículos en cola en el tramo Echeverría 2600 (Zona 2), debido a que presentó una magnitud operativamente relevante y una variabilidad mayor que los tiempos promedio en fila de espera.

Se adoptó un nivel de confianza del 95 % y un error absoluto admisible definido operativamente para cada variable. El número de corridas se estimó mediante la siguiente expresión:

$$n = \left(\frac{\sigma t(1 - \frac{\alpha}{2}; n - 1)}{e} \right)^2$$

- **t**: correspondiente a la distribución t-Student
- **α**: nivel de significancia = 5%
- **n**: n interno = 20 - 1 indicando los grados de libertad (premuera)
- **σ**: es el desvío estándar obtenido en la premuestra;
- **e**: es el error absoluto admisible, definido operativamente por variable;

Variable	Desvío premuestra	Error e (acceptable)	n mínimo
Cola Echeverría 2500	0,66	±1,0 vehículos	20
Cola Echeverría 2600	2,46	±1,0 vehículos	27
Cola Echeverría 2700	2,5	±1,0 vehículos	28
Cola Echeverría 2800	4	±1,0 vehículos	32
Tiempo Echeverría 2400	30,42	±10 segundos	41

EL ESTUDIO

Tiempo Echeverría 2500	31,91	±10 segundos	45
Tiempo Echeverría 2600	42,01	±10 segundos	46
Tiempo Echeverría 2700	10,64	±10 segundos	20
Tiempo Echeverría 2800	0,01	±10 segundos	1

Luego de realizar sucesivas actualizaciones del cálculo, se llegó a la conclusión de que el mínimo valor de n debería ser de 46 corridas independientes por escenario para la Zona 2 y 30 corridas para la Zona 1.

• Resultados de la Zona 1

Para la Zona 1 se compararon dos configuraciones del sistema: el escenario base, con la bisisenda activa y un único carril vehicular disponible por sentido, y el escenario propuesto, sin bisisenda y con el carril adicional habilitado para la circulación vehicular.

La experimentación corresponde al jueves en el turno mañana, entre las 7:30 y las 9:30, identificado como el período matutino de mayor demanda según los schedules incorporados al modelo. Se analizaron 30 iteraciones independientes con el método de Montecarlo para cada escenario.

Las variables de referencia consideradas fueron la cantidad promedio de vehículos en cola y el tiempo promedio en filas de espera en los distintos puntos de la zona. Los resultados se presentan mediante su media, desvío estándar e intervalo de confianza del 95%.

La variable de referencia "utilización del carril" no fue exportada como una variable independiente en las corridas realizadas dado el bajo nivel de congestión, por lo que se evaluó indirectamente mediante las colas y los tiempos de circulación registrados.

• Escenario base con bisisenda

El escenario base representa la configuración actual de la Zona 1, con la bisisenda activa y un único carril disponible para el tránsito vehicular por sentido.

Variable	Unidad	Media	Desvío estándar	IC 95%
Cola Zavalía	vehículos	0,001684	0,000607	[0,0014; 0,0019]
Cola Echeverría	vehículos	0,018618	0,001626	[0,0180; 0,0192]
Cola 11 de Septiembre_1	vehículos	0,001006	0,000331	[0,0008; 0,0019]
Cola Sucre	vehículos	0,004511	0,000676	[0,0042; 0,0047]

EL ESTUDIO

Cola 11 de Septiembre_2	vehículos	0,353263	0,03861	[0,3388; 0,3676]
Cola La Pampa	vehículos	3,556116	0,197597	[3,4823; 3,6299]
Tiempo Zavalía	segundos	1,034371	0,014866	[1,0288; 1,0399]
Tiempo Echeverría	segundos	1,105535	0,011685	[1,1011; 1,1098]
Tiempo 11 de Septiembre_1	segundos	1,018647	0,012193	[1,0140; 1,0232]
Tiempo Sucre	segundos	1,054361	0,011614	[1,0500; 1,0586]
Tiempo 11 de Septiembre_2	segundos	14,188933	0,92371	[13,8442; 14,5331]
Tiempo La Pampa	segundos	17,636015	0,591813	[17,4150; 17,8570]

En Zavalía, Echeverría, 11 de Septiembre_1 y Sucre las colas promedio resultaron prácticamente nulas y los tiempos promedio de espera se ubicaron alrededor de un segundo. Esto indica que, bajo la demanda analizada de los tres días, esos puntos no presentan acumulaciones vehiculares relevantes.

En 11 de Septiembre_2 se observa el comienzo de una mayor afectación, con una cola promedio de 0,353 vehículos y un tiempo promedio de espera de 14,189 segundos.

La Pampa constituye el principal punto crítico de la zona. Allí se obtuvo una cola promedio de 3,556 vehículos y un tiempo de circulación de 17,636 segundos. Por lo tanto, la congestión del escenario base no se distribuye uniformemente sobre el corredor, sino que se concentra principalmente en el tramo correspondiente a La Pampa y, en menor medida, en 11 de Septiembre_2.

• Escenario sin bicisenda.

En el escenario propuesto se desactivó la bicisenda y se habilitó el carril adicional para la circulación vehicular. Se mantuvieron sin modificaciones la demanda, los schedules, el período simulado y el resto de los parámetros del modelo.

Variable	Unidad	Media	Desvío estándar	IC 95%
Cola Zavalía	vehículos	0,001466	0,000447	[0,001300; 0,001633]
Cola Echeverría	vehículos	0,018741	0,001974	[0,018004; 0,019478]
Cola 11 de Septiembre_1	vehículos	0,001159	0,000419	[0,001003; 0,001315]

EL ESTUDIO

Cola Sucre	vehículos	0,004859	0,000826	[0,004551; 0,005168]
Cola 11 de Septiembre_2	vehículos	0,354654	0,045085	[0,337818; 0,371489]
Cola La Pampa	vehículos	3,537275	0,205902	[3,460390; 3,614160]
Tiempo Zavalía	segundos	1,029747	0,013288	[1,024785; 1,034709]
Tiempo Echeverría	segundos	1,109208	0,01232	[1,104608; 1,113809]
Tiempo 11 de Septiembre_1	segundos	1,019868	0,013739	[1,014738; 1,024998]
Tiempo Sucre	segundos	1,055068	0,015271	[1,049365; 1,060770]
Tiempo 11 de Septiembre_2	segundos	14,352257	0,883771	[14,022251; 14,682262]
Tiempo La Pampa	segundos	17,63808	0,603205	[17,412840; 17,863320]

La habilitación del carril adicional no generó una reducción significativa de las colas ni de los tiempos.

En La Pampa, la cola promedio disminuyó de 3,556 a 3,537 vehículos, equivalente a una reducción del 0,53%. Sin embargo, el tiempo promedio permaneció prácticamente constante, pasando de 17,636 a 17,638 segundos.

En 11 de Septiembre_2, la cola aumentó de 0,353 a 0,355 vehículos y el tiempo pasó de 14,189 a 14,352 segundos. Estas variaciones representan aumentos del 0,39% y 1,15%, respectivamente.

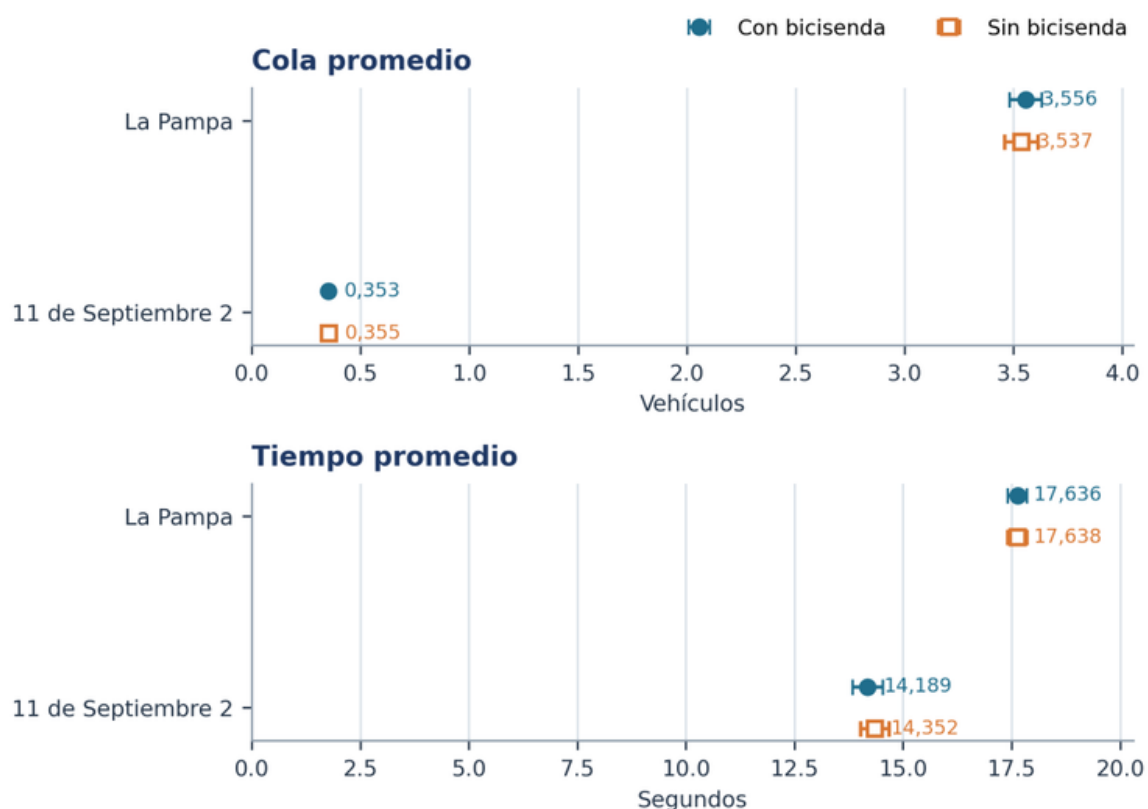
Los intervalos de confianza de ambos escenarios se superponen en todas las variables. Asimismo, las pruebas estadísticas de comparación no detectaron diferencias significativas para un nivel de significación del 5%. Por lo tanto, las variaciones observadas pueden atribuirse a la aleatoriedad propia de las corridas y no a un efecto comprobable de la eliminación de la bicisenda.

Bajo las condiciones de demanda correspondientes al jueves por la mañana, el escenario propuesto no evidencia una mejora mensurable en el desempeño del tránsito vehicular. La Pampa continúa siendo el principal cuello de botella con independencia de la disponibilidad del segundo carril. En consecuencia, los resultados no justifican eliminar la bicisenda desde el punto de vista de las colas y los tiempos vehiculares. Considerando, además, la función de la infraestructura ciclista, el escenario base aparece como la alternativa más conveniente entre las dos configuraciones analizadas.

EL ESTUDIO

Zona 1 - Colas y tiempos en los puntos críticos

Dos puntos con mayores valores; medias e IC 95 % de 30 corridas por escenario



• Resultados de la Zona 2

La Zona 2 comprende los tramos analizados sobre la calle Echeverría. A partir de los schedules de ingreso se identificó al miércoles durante el turno tarde como el período de mayor demanda agregada. Por este motivo, la comparación entre escenarios se realizó bajo dicha condición.

• Escenario base con bisisenda

El escenario base de la Zona 2 representa la situación actual, con la bisisenda activa y un único carril vehicular disponible por sentido.

Se realizaron 46 corridas independientes de Monte Carlo. Los resultados medios, desvíos estándar e intervalos de confianza del 95 % se presentan a continuación.

- **Echeverría 2400 (fin del circuito):** los vehículos que llegan ahí ya pasaron por todas las intersecciones anteriores y vienen con mucha cola acumulada: tiempo alto (166 s)
- **Echeverría 2800 (inicio del circuito):** los vehículos recién entran, no hay cola previa acumulada: tiempo muy bajo (1,02 s)

EL ESTUDIO

Variable	Unidad	Media	Desvío estándar	IC 95%
Cola Echeverría 2400	vehículos	0,0006	0,0003	[0,00051; 0,0007]
Cola Echeverría 2500	vehículos	1,8074	0,7019	[1,5990; 2,0159]
Cola Echeverría 2600	vehículos	6,8079	2,8170	[5,9714; 7,6445]
Cola Echeverría 2700	vehículos	12,3905	3,1930	[11,4423; 13,3887]
Cola Echeverría 2800	vehículos	16,3144	4,2688	[15,0467; 17,5821]
Tiempo Echeverría 2400	segundos	1,00	0,01	[1,0054; 1,0136]
Tiempo Echeverría 2500	segundos	46,73	11,81	[43,22; 50,24]
Tiempo Echeverría 2600	segundos	154,88	44,77	[141,58; 168,17]
Tiempo Echeverría 2700	segundos	209,53	55,83	[192,95; 226,11]
Tiempo Echeverría 2800	segundos	173,27	41,81	[160,86; 185,69]

- La mayor cola promedio de la Zona 2 se registró en Echeverría 2800, con 16,31 vehículos, seguida por Echeverría 2700, con 12,39 vehículos.
- Los mayores tiempos medios en fila de espera se observaron en Echeverría 2700 y Echeverría 2800, con valores de 209,53 y 173,27 segundos respectivamente.
- Los tiempos indicados no incluyen tiempo de recorrido, se modela específicamente la espera.

• Escenario sin bicisenda

El escenario alternativo de la Zona 2 representa la desactivación de la bicisenda y la habilitación de un segundo carril vehicular.

Se mantuvieron constantes los schedules de ingreso, la lógica semafórica, los tiempos de circulación y las restantes condiciones del modelo. De esta manera, la principal modificación entre escenarios fue la disponibilidad del segundo carril.

EL ESTUDIO

Variable	Unidad	Media	Desvío estándar	IC 95%
Cola Echeverría 2400	vehículos	0,0003	0,0004	[0,00023; 0,00049]
Cola Echeverría 2500	vehículos	0,9476	0,3532	[0,8427; 1,0526]
Cola Echeverría 2600	vehículos	1,0184	0,2036	[0,9580; 1,0789]
Cola Echeverría 2700	vehículos	1,0934	0,1142	[1,0594; 1,1273]
Cola Echeverría 2800	vehículos	0,5826	0,3925	[0,4661; 0,6992]
Tiempo Echeverría 2400	segundos	0,24	0,02	[0,23; 0,24]
Tiempo Echeverría 2500	segundos	20,00	5,28	[18,43; 21,56]
Tiempo Echeverría 2600	segundos	19,41	2,63	[18,63; 20,20]
Tiempo Echeverría 2700	segundos	19,06	1,68	[18,56; 19,57]
Tiempo Echeverría 2800	segundos	7,76	3,20	[6,81; 8,71]

En este escenario, la mayor cola promedio se registró en Echeverría 2700, con 1,09 vehículos. Los tiempos de espera en cola se redujeron significativamente en todos los tramos.

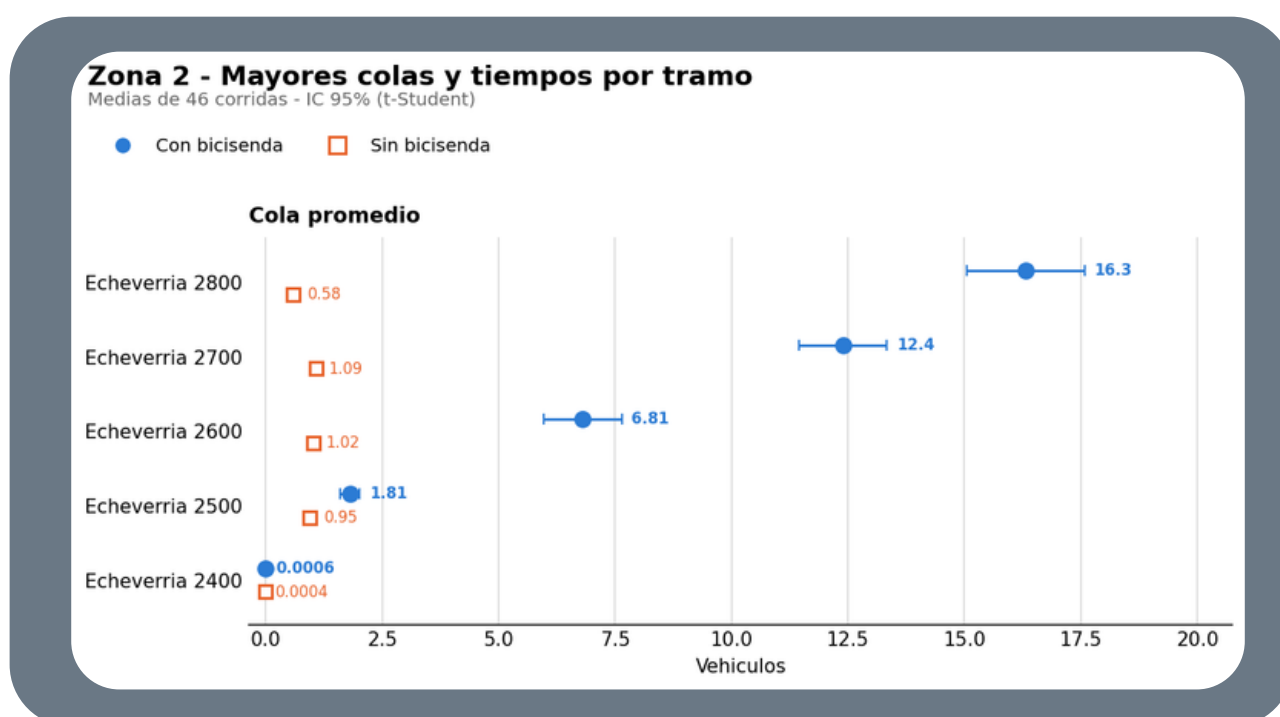
EL ESTUDIO

• Comparación de escenarios de la Zona 2

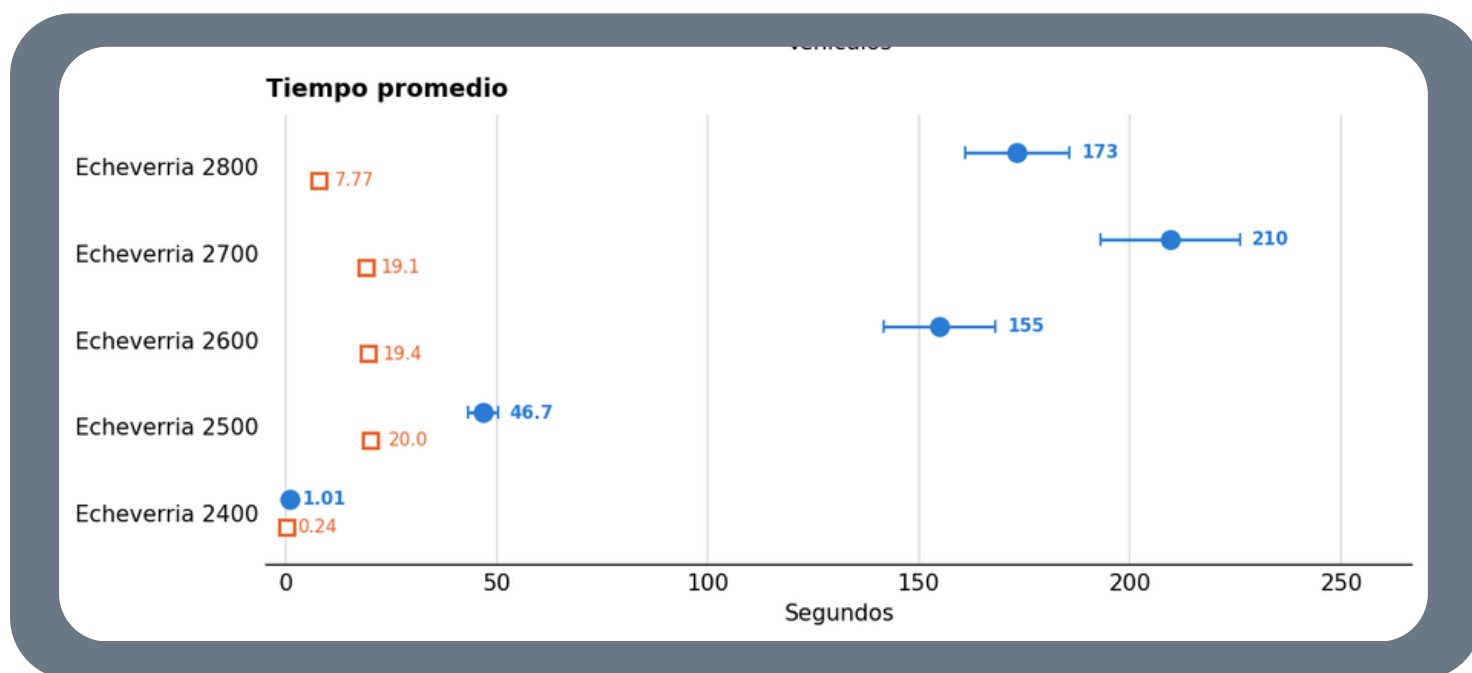
Tramo	Cola con bicisenda	Cola sin bicisenda	Variación de cola	Tiempo con bicisenda	Tiempo sin bicisenda	Variación de tiempo
Echeverría 2400 (Fin del circuito)	0,0006	0,0003	-39,85%	1,00 s	0,24 s	-76,21 %
Echeverría 2500	1,88074	0,9476	-47,57 %	46,73 s	20,00 s	-57,20 %
Echeverría 2600	6,8079	1,0184	-85,04 %	154,88 s	19,41 s	-87,46 %
Echeverría 2700	12,3905	1,0934	-91,18 %	209,53 s	19,06 s	-90,90 %
Echeverría 2800 (Inicio del circuito)	16,3144	0,5826	-96,43 %	173,27 s	7,76 s	-95,52 %

En promedio, la habilitación del segundo carril produjo una reducción del 72% en las colas y del 81% en los tiempos promedio de espera sobre los tramos analizados. Se evidencian filas de espera las dos primeras cuadras de Echeverría debido a detenciones, intersecciones y semáforos.

En consecuencia, bajo la demanda correspondiente al miércoles durante el turno tarde, la presencia de la bicisenda genera un impacto operativo significativo sobre el desempeño vehicular en la Zona 2.



EL ESTUDIO



• Comparación integral de las zonas de estudio

El análisis comparativo entre el escenario base (con bisisenda) y el alternativo (sin bisisenda) revela que en ambas zonas de estudio es diferente.

La habilitación de 1 carril adicional para la **Zona 1** no genera mejoras significativas en el flujo vehicular. Las simulaciones realizadas con el método de Montecarlo no revelan diferencias estadísticamente en las métricas de cola ni tiempos promedio de espera. El punto crítico, La Pampa, mantuvo niveles de congestión constantes (cola promedio de 3,55 vehículos y tiempo de 17,636 segundos) independientemente de la configuración vial.

Por el contrario, en la **Zona 2**, la habilitación del segundo carril (Simulación sin bisisenda) produjo reducciones promedio del 72% en las colas y del 81% en los tiempos promedio de espera, diferencias que superan ampliamente la variabilidad propia del modelo.

- En la **Zona 1** no hay evidencia estadística para remover la bisisenda, ya que no se generan colas significativas aun con detenciones registradas.
- En la **Zona 2**, la presencia de la bisisenda sí produce un impacto operativo significativo sobre el flujo vehicular durante las horas pico analizadas, lo que justifica evaluar su remoción desde una perspectiva de desempeño vehicular.

EL ESTUDIO

CONCLUSIONES

Este trabajo modeló el impacto de las bicisendas sobre la circulación vehicular en dos corredores del barrio de Belgrano mediante simulación de eventos discretos utilizando el software AnyLogic PLE.

Los resultados obtenidos, basados en datos relevados en campo y analizados mediante corridas utilizando el método de Montecarlo con intervalos de confianza al 95%, muestran resultados diferenciados por zona: en la Zona 1 la eliminación de la bicisenda no produce mejoras significativas, mientras que en la Zona 2 genera reducciones operativamente relevantes en colas y tiempos promedio de espera.

En la **Zona 1**, el punto crítico del corredor es La Pampa, con una cola promedio de 3,55 vehículos y un tiempo promedio de espera de 17,6 segundos debido al semáforo, que se mantuvo prácticamente igual en ambos escenarios.

En la **Zona 2**, la habilitación del segundo carril redujo las colas en promedio un 72% y los tiempos promedio de espera de un 81%, diferencias que superan ampliamente la variabilidad propia del modelo. En consecuencia, desde una perspectiva de desempeño vehicular, la remoción de la bicisenda en la Zona 2 presenta evidencia operativa favorable, aunque deberá ponderarse contra los beneficios de la infraestructura ciclista.