

Modelos de Asignación de Tráfico para la Planificación del Transporte

M.Sc. Vanessa Sandoval

M.Sc. Guilherme Nakao



AZIMUTH CONSULTORÍA

PLANIFICACIÓN DE DEMANDA DE TRANSPORTE

- Modelación: representación del mundo real, que permite evaluar diferentes alternativas de proyectos antes de la ejecución.
- Proveer informaciones para la toma de decisiones:
 - Volúmenes de tráfico, Velocidad, Niveles de servicio
 - Evaluar mejor alternativa, proyección futura
 - Dimensionar el pavimento
 - Análisis económicos / costo-beneficio
 - Estimar recaudación en peajes

PLANIFICACIÓN DE DEMANDA DE TRANSPORTE

- Modelación matemática -> Modelos computacionales
- Usualmente: Modelo 4 Etapas para planificación de transportes



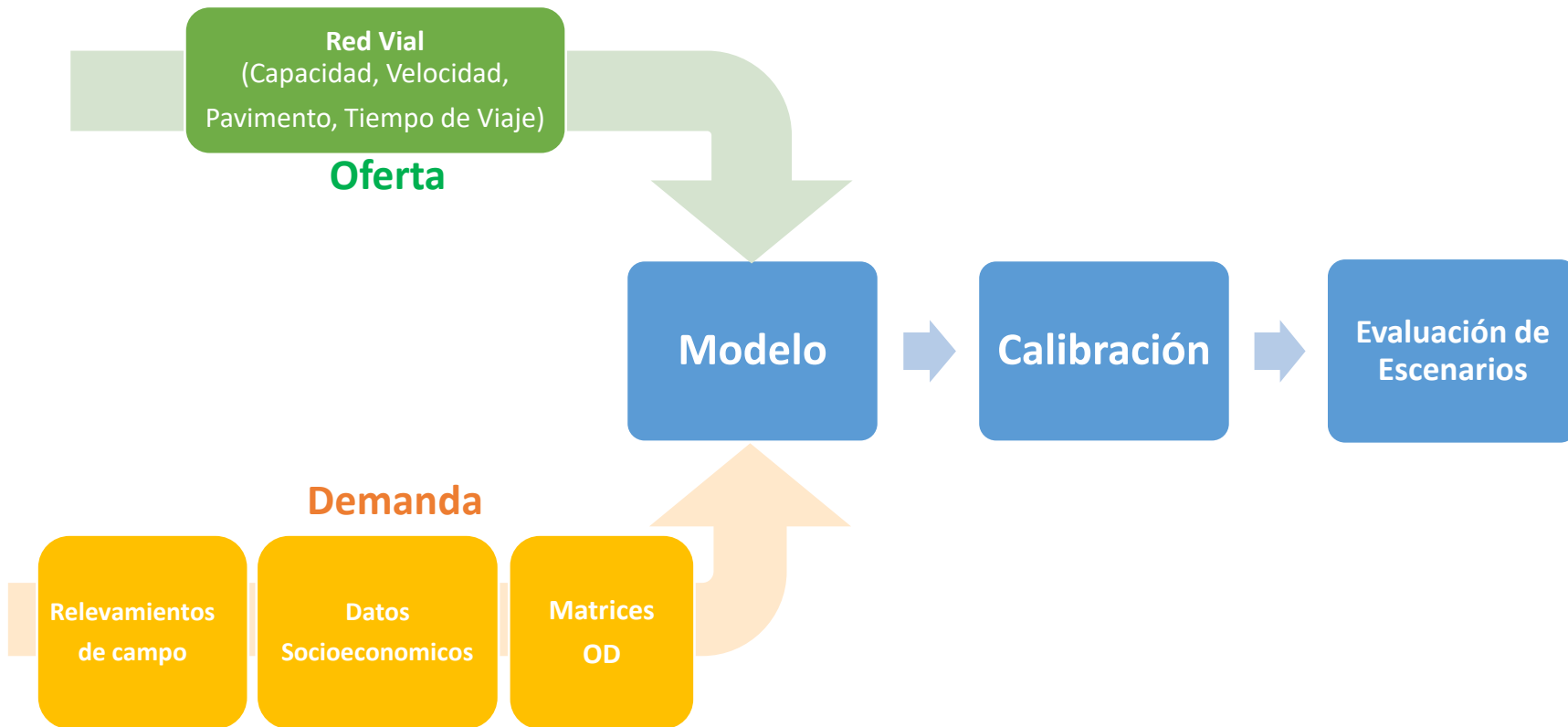
- Modelos de alta complejidad, con gran necesidad de datos.

PROBLEMÁTICA

- Debido a la falta de datos confiables, puede ser difícil aplicar los modelos estándares de estimación de demanda de viajes
- Generalmente, se relaciona el número de viajes a indicadores socioeconómicos (población, renta, n° de autos)
- Los censos realizados no contienen información de viajes realizados
- La información no está desagregada (por Barrio, Distrito)
- Alto Costo de estudios detallados, realizado a cada 10 años

PROPUESTA

- Metodología simplificada para modelación, con foco en la etapa de Asignación
- Modelación en ambiente GIS, con complementos de planificación de transporte
- Basada en muestra observada actualmente (conteos / encuesta OD)



DEMANDA

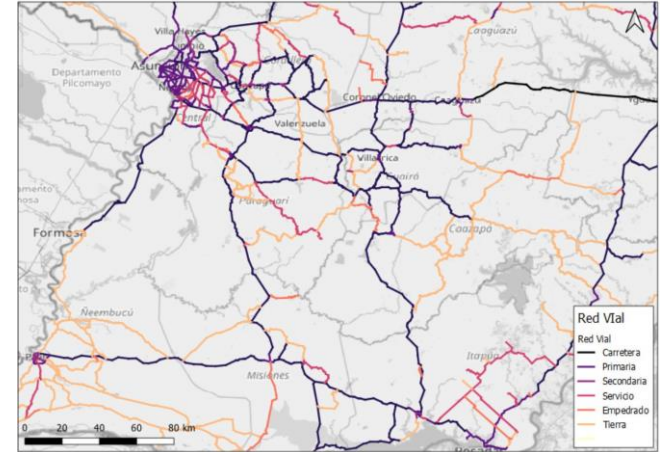
- Relevamientos de Campo
- Conteo Clasificado de Vehículos
- Encuestas de Origen-Destino
- Encuestas de preferencias declaradas
- Volúmenes en Puestos de Peaje



| Nro. | PEAJE | RTA | KM. DE ASUNCIÓN |
|------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| 1 | REMANSO | PY09 | 22 |
| 2 | EMBOSCADA | PY03 | 30 |
| 3 | ITA | PY01 | 42 |
| 4 | CNEL. BOGADO | PY01 | 325 |
| 5 | TRINIDAD | PY06 | 395 |
| 6 | CAAPUCÚ | PY01 | 157,5 |
| 7 | GUAJAYVI | PY03 | 181 |
| 8 | RÍO VERDE | PY08 | 345 |
| 9 | TACUARA | PY08 | 226 |
| 10 | 25 DE DICIEMBRE | PY03 | 117 |
| 11 | IRUÑA | PY06 | 226 |
| 12 | HORQUETA | PY05 | 456 |
| 13 | POZO COLORADO | PY09 | 269 |
| 14 | ECOVIA | RUFFA LUSUE SAN BERNARDINO | 30 |

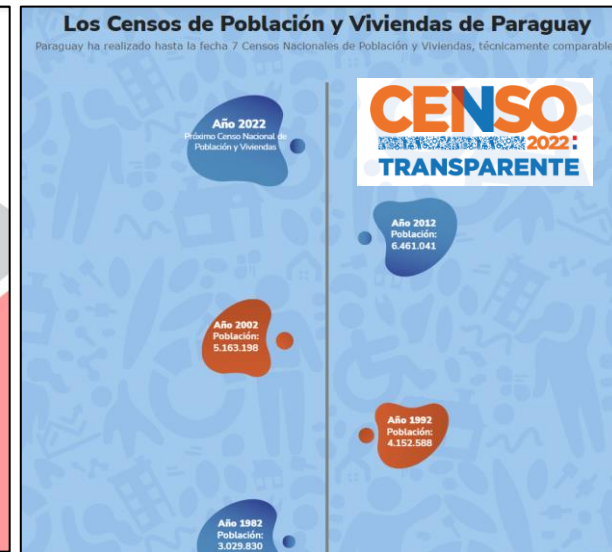
OFERTA VIAL

- Relevamiento de la Red Vial
 - Capacidad
 - Velocidad
 - Sentido de circulación
 - Tipo de pavimento
 - Tiempo de viaje (Flujo Libre)
 - Semáforos



DATOS SOCIOECONOMICOS

- Población
- Actividad Económica
- PIB, renta
- Proyección de tráfico a horizontes futuros

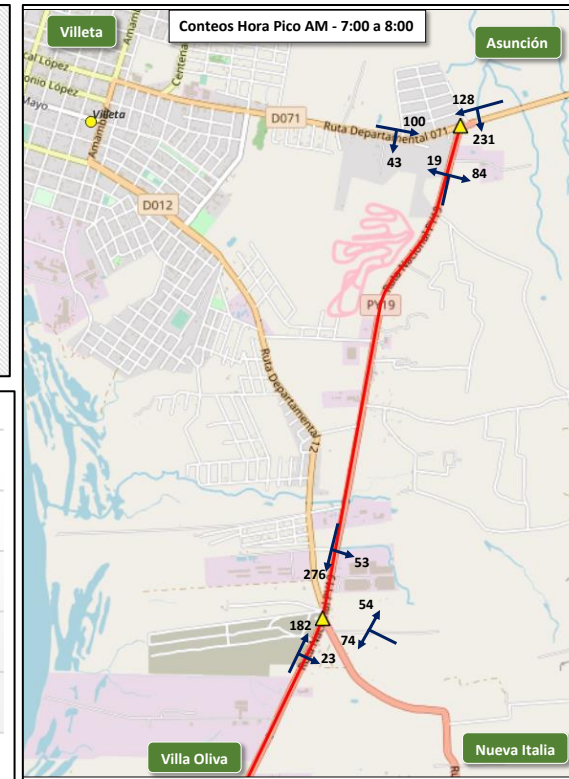
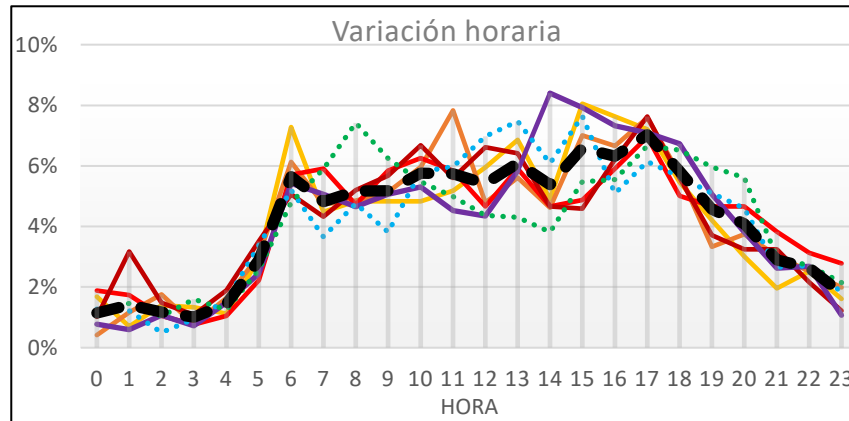
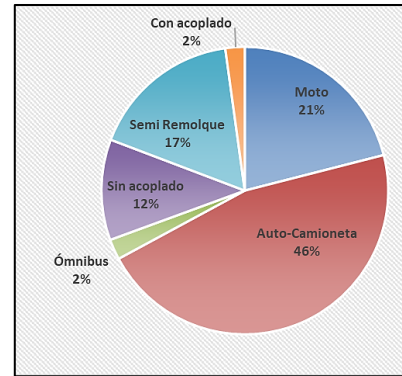


Evolución del producto interno bruto
Por rama de actividad económica.
Variación porcentual.

| Sector Económico | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021* | 2022** |
|-------------------------------------|------|--------|------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| Sector Primario | 9.7 | (11.2) | 40.6 | 5.7 | (29.0) | 42.1 | 7.2 | -1.3 | 2.9 | 5.0 | 1.9 | -3.1 | 7.4 | -10.4 | -14.3 |
| Agricultura | 12.0 | (16.0) | 56.8 | 7.6 | (39.2) | 63.9 | 6.1 | -1.3 | 2.3 | 6.4 | 3.4 | -4.4 | 9.0 | -16.5 | -21.5 |
| Ganadería | 6.1 | 0.8 | 10.8 | 1.0 | (1.6) | 6.3 | 12.6 | -2.0 | 5.1 | 2.9 | -3.2 | 1.2 | 4.4 | 6.0 | -1.5 |
| Explotación forestal, pesca y miner | 3.7 | (4.5) | 12.5 | 0.9 | (0.9) | 4.1 | 4.8 | -0.2 | 2.7 | -1.7 | 1.1 | -1.1 | 0.9 | 6.6 | 7.6 |
| Sector Secundario | 8.3 | (1.2) | 3.9 | 5.2 | 3.2 | 6.1 | 4.0 | 3.9 | 6.8 | 3.5 | 1.9 | -3.0 | 0.8 | 4.6 | 1.0 |
| Comercio | 3.7 | 0.7 | 13.8 | (2.3) | (1.7) | 2.5 | 8.8 | -1.1 | 2.0 | 9.6 | 4.6 | -1.6 | -7.7 | 15.2 | -6.3 |
| Transporte | 5.1 | (1.1) | 9.0 | 8.3 | 6.8 | 7.9 | 5.4 | 4.8 | 4.7 | 7.8 | 1.4 | 0.5 | 0.9 | 7.1 | 0.0 |
| Telecomunicaciones | 4.4 | 2.5 | 5.9 | 5.4 | 7.5 | 1.6 | 2.7 | 3.8 | 0.6 | 5.5 | 5.1 | 4.6 | 6.1 | 4.5 | 3.5 |
| Intermediación financiera | 18.4 | 7.2 | 9.4 | 8.8 | 8.5 | 4.0 | 4.7 | 6.6 | 4.1 | 1.5 | 4.5 | 4.8 | 2.2 | 2.4 | 4.0 |
| Servicios inmobiliarios | 1.4 | 3.5 | 7.0 | 2.9 | 2.7 | 7.4 | 0.7 | 3.0 | 6.2 | 4.7 | 3.3 | 1.8 | 0.6 | 2.6 | 5.0 |
| Servicios a las empresas | 2.6 | 12.0 | 5.9 | 9.5 | 6.3 | 3.0 | 3.0 | 3.3 | 6.8 | 3.8 | 3.0 | 1.0 | -11.3 | 10.0 | 8.0 |
| Restaurantes y hoteles | 4.7 | 0.5 | 9.3 | 5.2 | 2.9 | 7.8 | 4.1 | 3.8 | 4.5 | 6.8 | 8.0 | 5.4 | -32.0 | 19.4 | 17.0 |
| Servicios a los hogares | 4.1 | 2.2 | 2.6 | 3.0 | 10.0 | 1.9 | 4.4 | 4.8 | 3.5 | 5.6 | 7.3 | 5.7 | -12.2 | 17.8 | 9.6 |
| Servicios gubernamentales | 3.1 | 5.3 | 6.6 | 3.0 | 4.3 | 3.3 | 5.0 | 7.0 | -0.9 | 1.6 | 4.3 | 4.3 | 6.4 | -2.9 | 1.0 |
| Sector Servicios | 4.7 | 3.2 | 8.5 | 3.2 | 4.1 | 4.0 | 4.9 | 3.7 | 2.8 | 5.2 | 4.5 | 2.5 | -3.1 | 6.8 | 2.2 |
| Valor agregado bruto | 6.6 | (0.2) | 10.1 | 4.2 | (0.8) | 8.5 | 4.8 | 3.1 | 4.2 | 4.5 | 3.2 | -0.2 | -0.5 | 3.8 | 0.0 |
| Impuestos a los productos | 4.6 | (1.6) | 25.1 | 4.9 | (0.1) | 5.5 | 11.2 | 1.4 | 4.5 | 8.1 | 3.3 | -2.7 | -5.1 | 9.0 | 3.3 |
| PIB a precios de comprador | 6.5 | -0.3 | 11.1 | 4.3 | -0.7 | 8.3 | 5.3 | 3.0 | 4.3 | 4.8 | 3.2 | -0.4 | -0.8 | 4.2 | 0.0 |

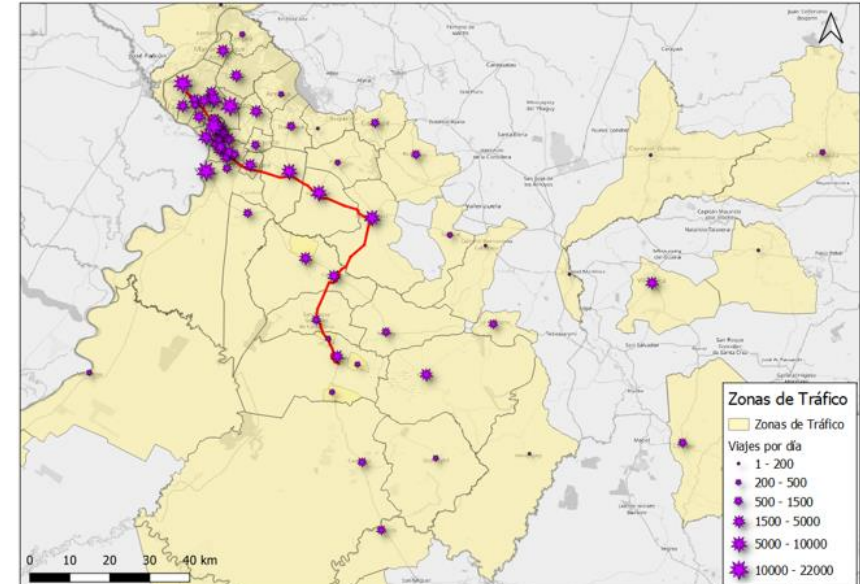
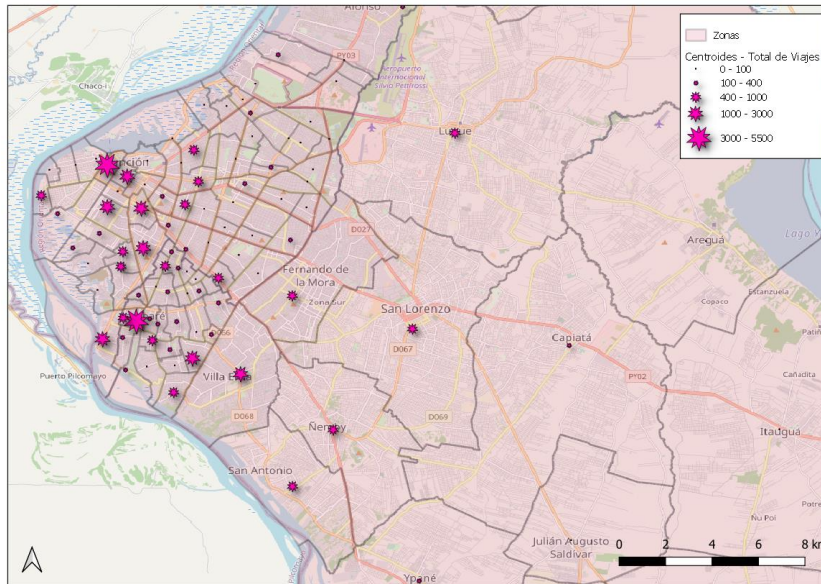
PROCESAMIENTO DE DATOS

- Caracterización del tránsito:
 - Distribución Modal
 - Volumen por movimiento de tránsito
 - Variación horaria y semanal
 - Volumen en hora pico
 - TMDA



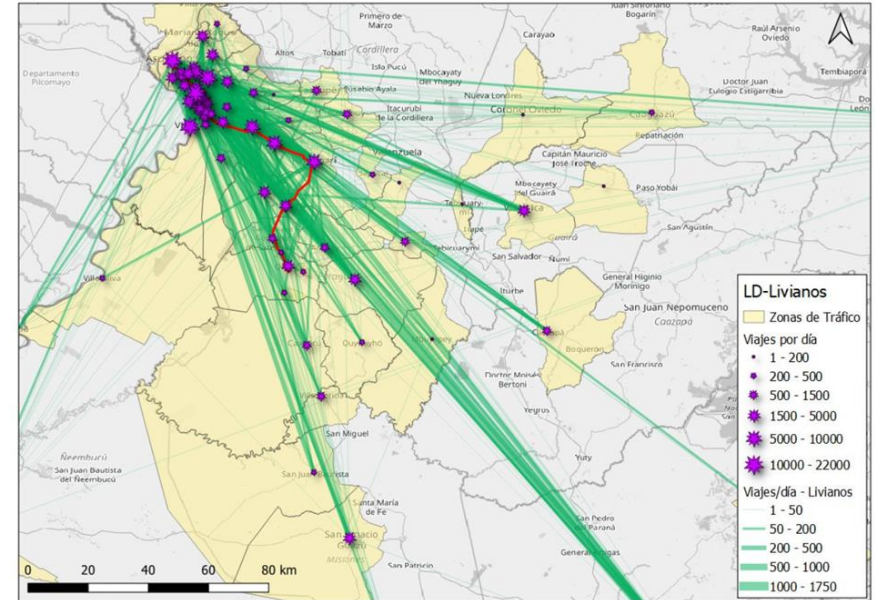
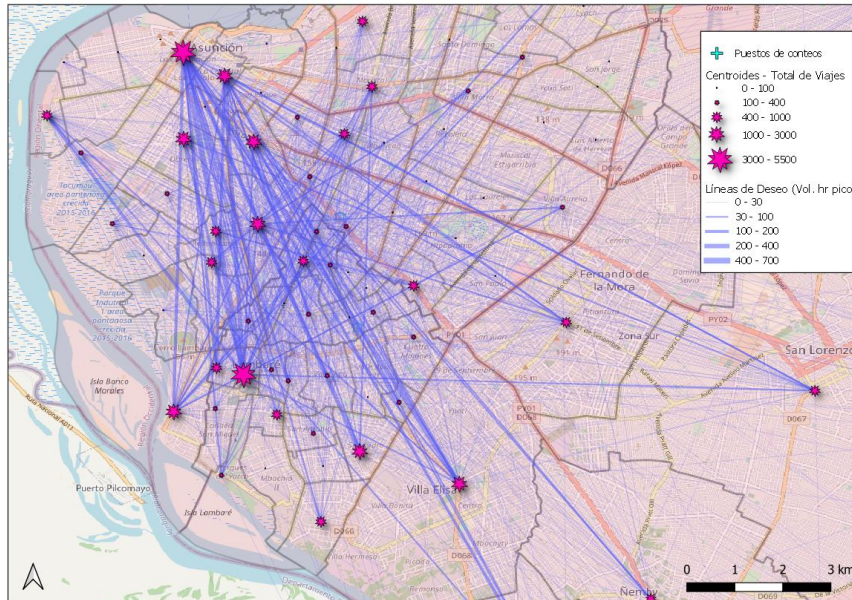
ZONAS DE TRÁFICO Y CENTROIDES

- Zonas de Tráfico (Distritos / Barrios)
- Centroides: centro geográfico o de mayor población



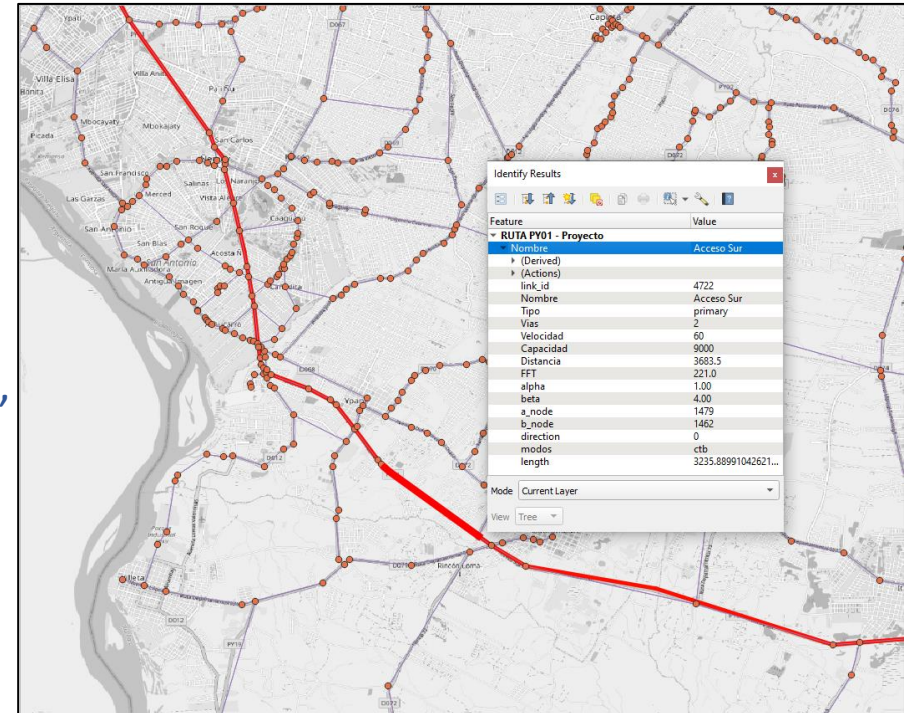
LÍNEAS DE DESEO

- Viajes entre centroides de origen y destino
- Representación visual de la Matriz OD



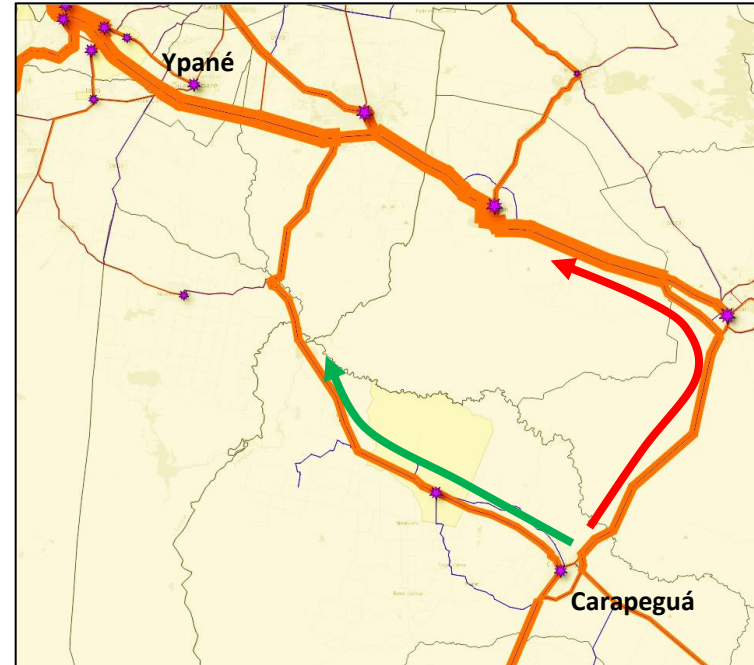
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

- Modelo georreferenciado (GIS/SIG)
- Software QGIS + plugin *Aequilbrae*
- Cada elemento contiene informaciones asociadas
- Links - vías: distancia, sentido, pavimento, velocidad, tiempo de viaje
- Nodos: Nombre de Zona, centroides, orígenes y destinos de viajes



ASIGNACIÓN

- Proceso de elegir el **trayecto óptimo para cada viaje**, de su zona de origen a la zona de destino, considerando las restricciones de la red vial y los volúmenes de tráfico.
- Realizada según volúmenes de la Matriz Origen-Destino
- Volumen asignado a cada link afecta el tiempo de viaje



↑ Volumen de tráfico: ↓ Velocidad ↑ Tiempo de viaje

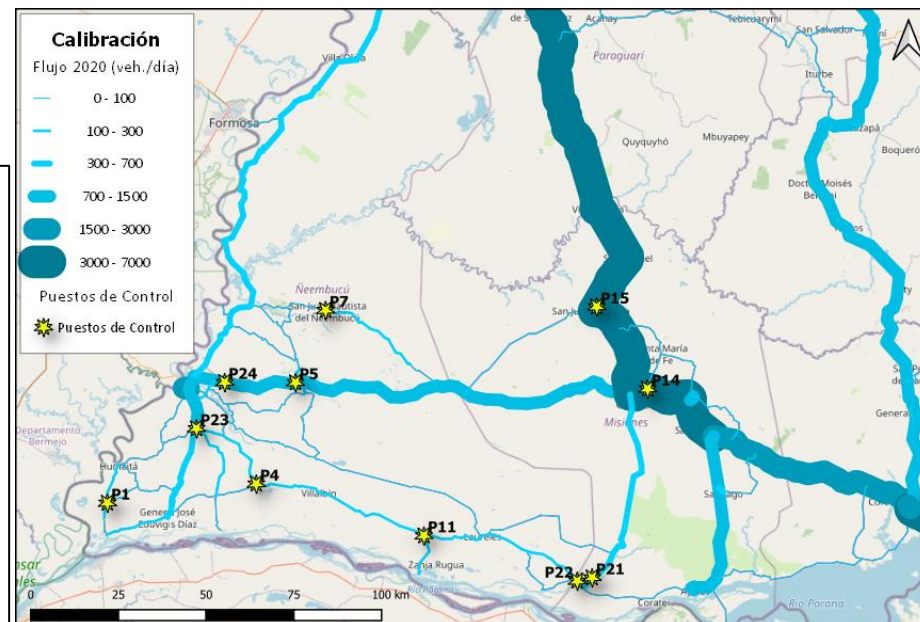
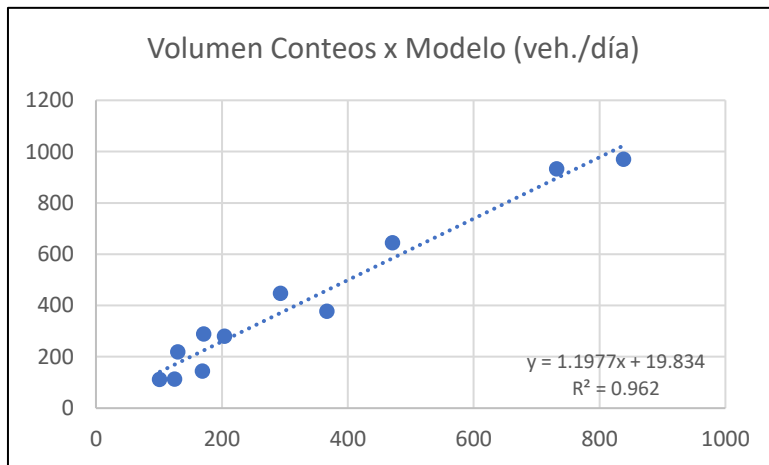
ASIGNACIÓN

- Necesario utilizar un **proceso de iteraciones sucesivas**: con base en los flujos de origen y destino entre cada centroide, los flujos son asignados en cada link de la red de forma progresiva, con objetivo de minimizar los tiempo de viaje en el sistema vial.
- Equilibrio: flujos organizados de forma que ningún usuario pueda disminuir su costo/tiempo de viaje cambiando de rutas
- Ecuación Volumen-Retraso - Modelo BPR (*Bureau of Public Roads*)

$$TiempoViaje_i = TiempoFlujoLibre_i * (1 + \alpha * (\frac{Volumen_i}{Capacidad_i})^\beta)$$

CALIBRACIÓN

- Ajuste de parámetros para que volumen en tramos del modelo sea similar al volumen de los conteos
- Comparación entre volumen modelado y relevados en los puestos de control

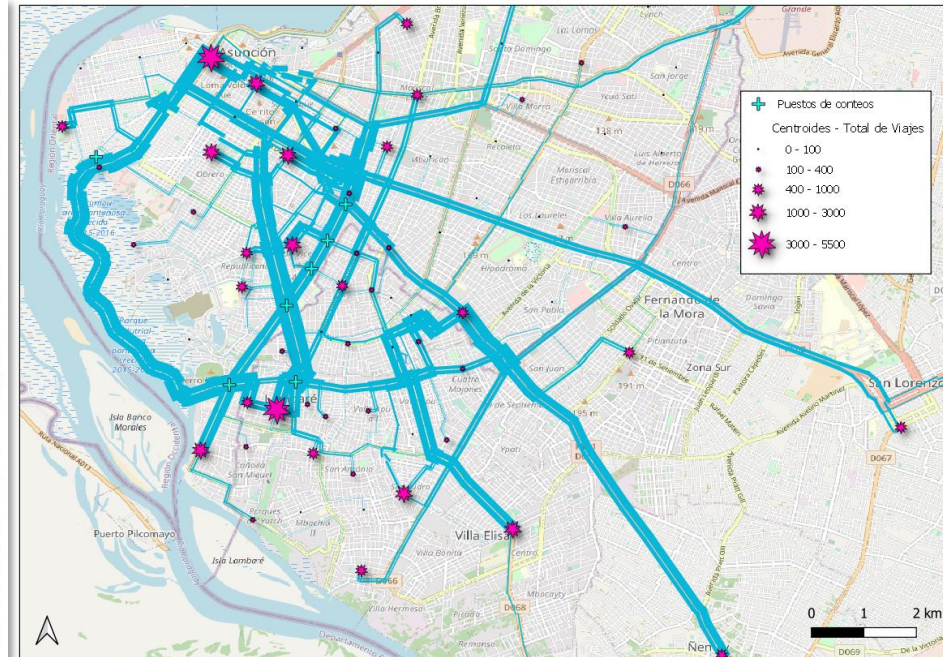
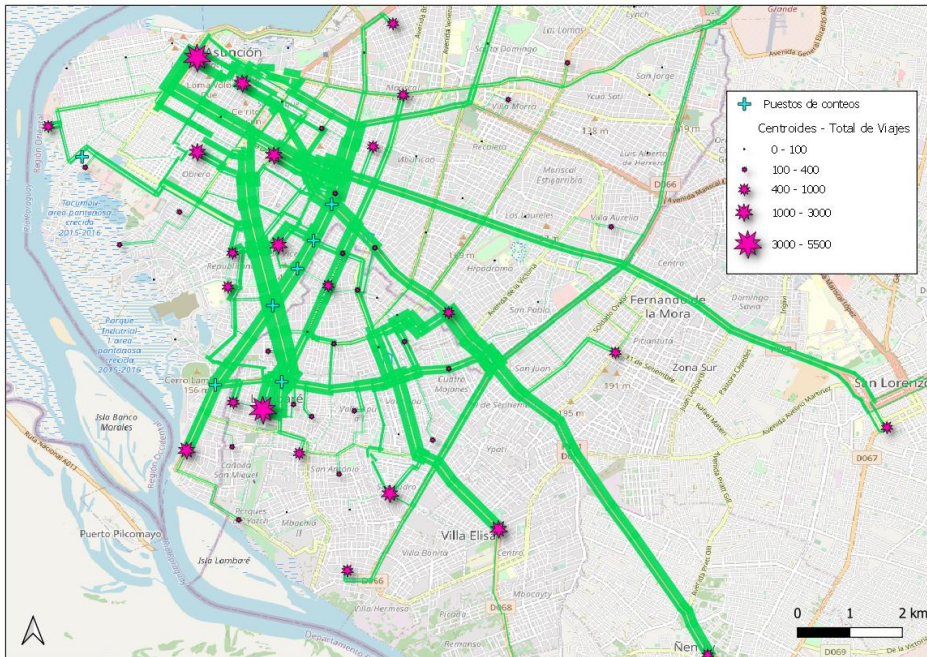


RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

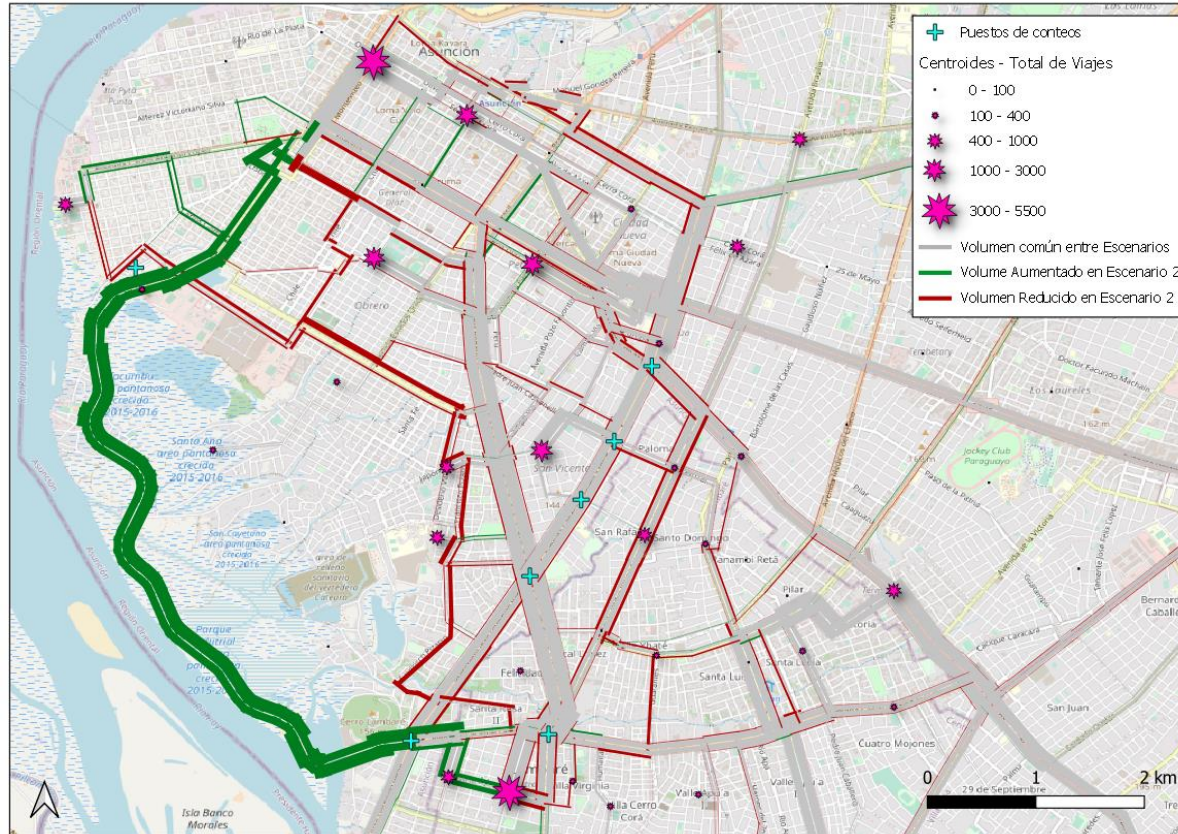
- Volumen por tramo (total o por tipo de vehículo), TMDA u hora pico
- Análisis de performance con base en
 - Volumen / Capacidad;
 - Velocidad;
 - Niveles de Servicio.
- Simulación de diferentes Alternativas
- Evaluación en diferentes horizontes futuros
- Permite analizar puntos críticos, como intersecciones (volúmenes de base para Microsimulación)

EVALUACIÓN DE ESCENARIOS

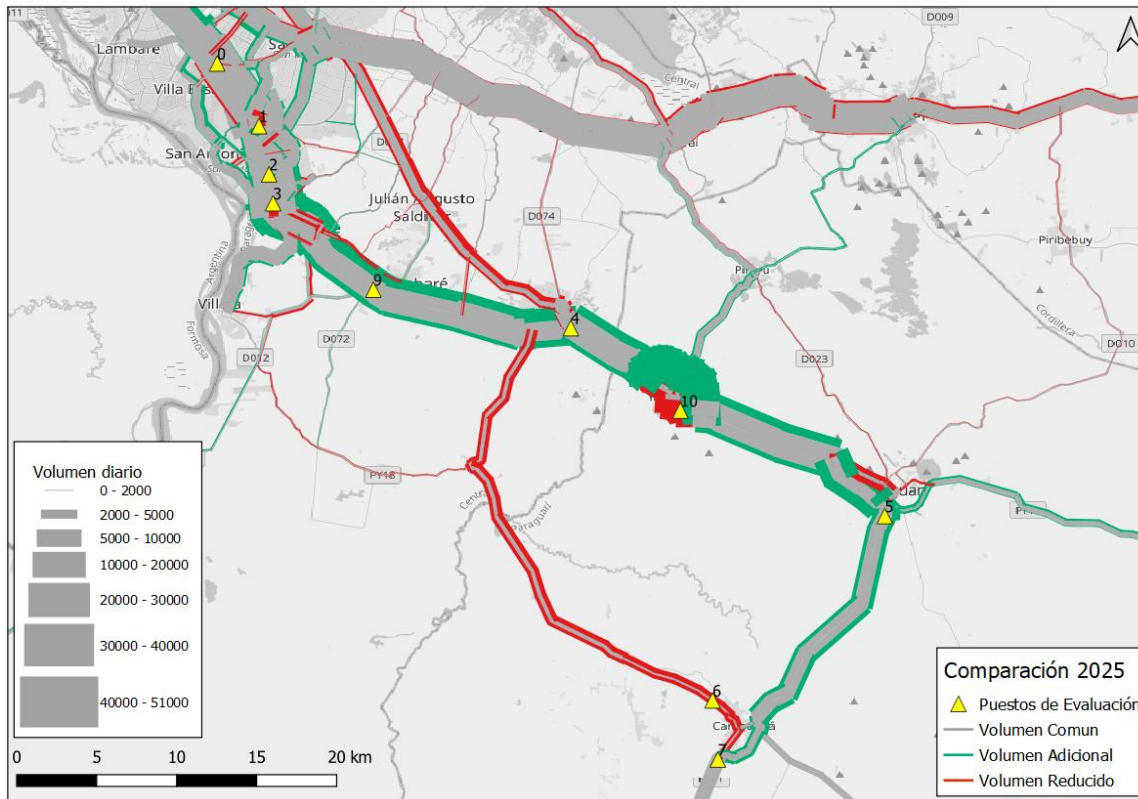
- Con el modelo calibrado, se puede alterar la Red Vial conforme los Escenarios a ser analizados.
- Costanera Sur: Base y con Proyecto Implementado



EVALUACIÓN DE ESCENARIOS – COMPARACIÓN BASE - ESCENARIO



EVALUACIÓN DE ESCENARIOS – COMPARACIÓN BASE - ESCENARIO



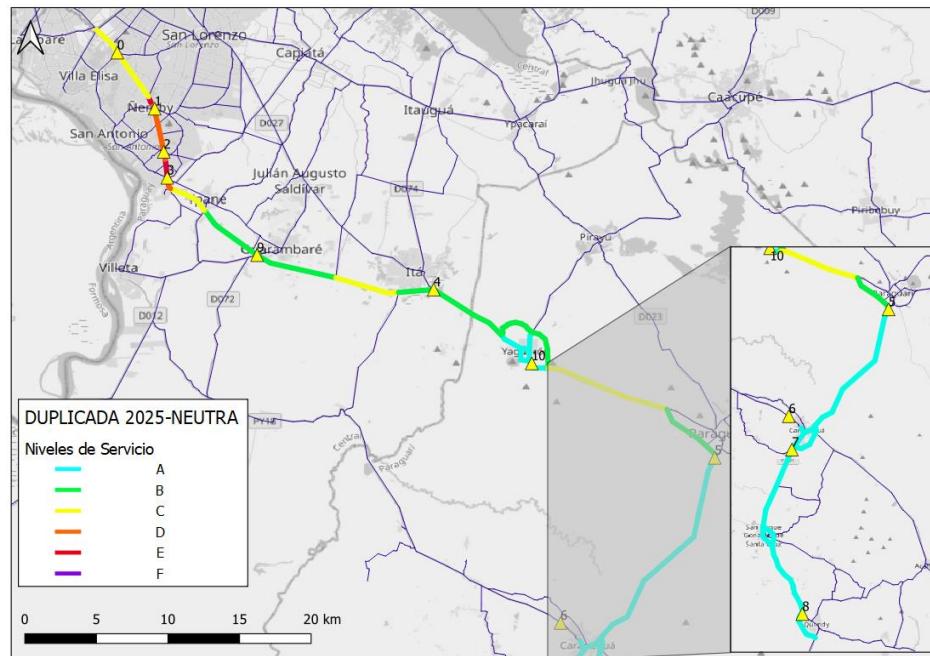
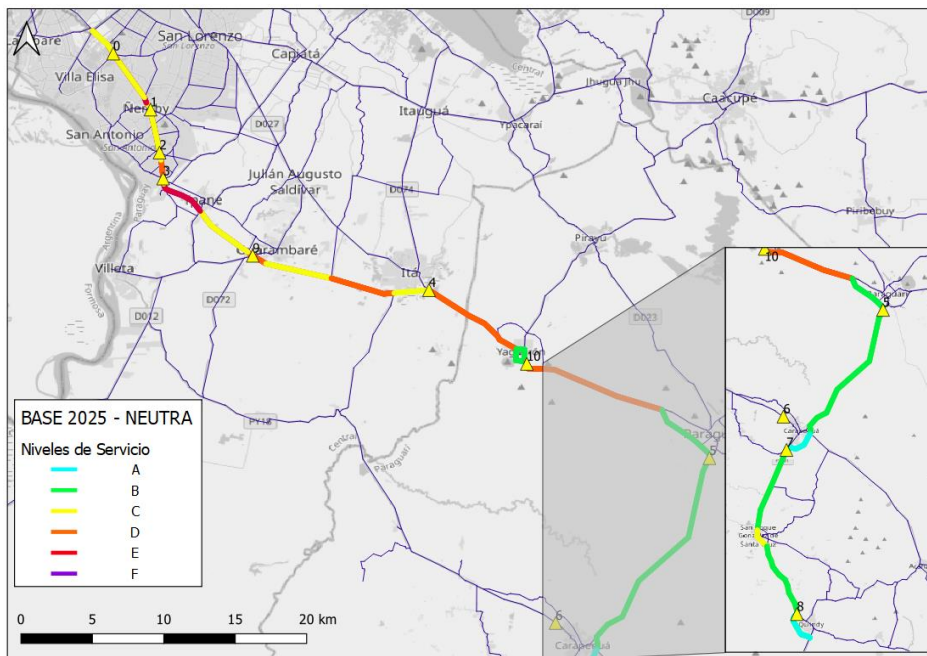
Duplicación Ruta PY01

Diferencia Base x Escenario Duplicado



EVALUACIÓN DE ESCENARIOS – COMPARACIÓN BASE - ESCENARIO

- Evaluación por Nivel de Servicio por tramo
- Base x Duplicación Ruta PY01



EVALUACIÓN DE ESCENARIOS – MICROSIMULACIÓN

- Puente de la Integración (Ciudad del Este)
- Microsimulación: Acceso al Puente con Ruta PY07



CONCLUSIÓN

- Método más directo para utilizar en la planificación de demanda de tránsito
- Elaboración de Modelo y Calibración
- Permite realizar la evaluación de nuevos proyectos, alternativas, horizontes futuros
- Los resultados pueden ser utilizados para:
 - Cálculo de pavimento,
 - Costos de operación,
 - Nivel de Servicio,
 - Estimación de recaudación en peajes,
 - Análisis financieros y de costo-beneficio.

¡Muchas Gracias!

M.Sc. Vanessa Sandoval
vanesandoval.07@gmail.com



AZIMUTH CONSULTORÍA

M.Sc. Guilherme Nakao
guinakao@gmail.com