

Nuevas dinámicas de Movilidad en Cuenca

Un Enfoque Metodológico

PONENTE:

Ing. Elina Avila Ordóñez, PhD



ALCALDÍA DE
CUENCA
2023 - 2027

Agenda

1. Introducción
2. Método
3. Resultados

Diagnóstico de movilidad

Estudio integral sobre la manera en que las personas (y bienes) se desplazan en un territorio.



¿Qué hay detrás?

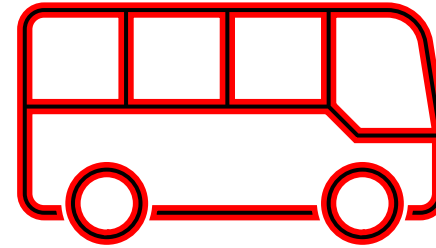
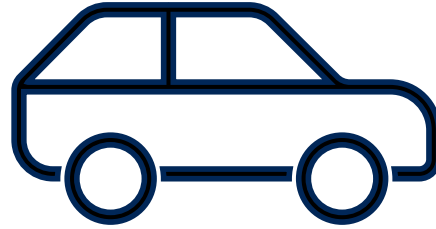
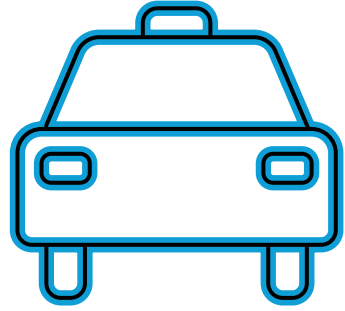
Población





¿Qué hay
detrás?

Infraestructura



¿Qué hay detrás?

Modos de Transporte

¿Qué hay detrás?

Motivo del Viaje





¿Qué hay detrás?

Patrones de Viaje

¿Quién? (población)

¿Cuándo? (día, hora)

¿De dónde a dónde? (origen – destino)

¿Por qué? (motivo de viaje)

¿Cómo? (modo de transporte – ruta)

Diagnosticar la movilidad de un territorio es un problema complejo

- **Varias variables**
- **Difíciles de recolectar**
- **Dinámico**
- **Millones de datos**

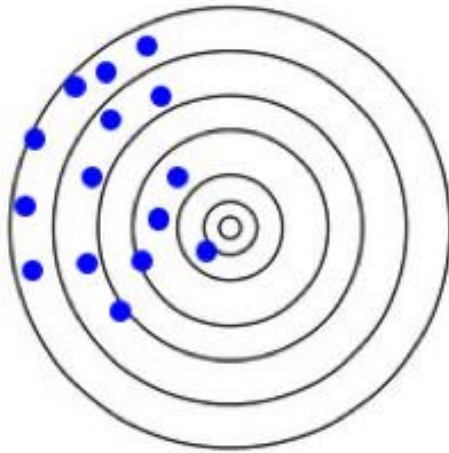
... pero necesario!

¿Alternativa?

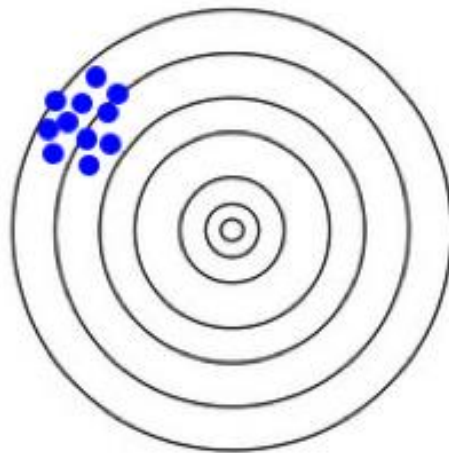
Generar un Modelo de Transporte
asistido por el Computador

Modelo

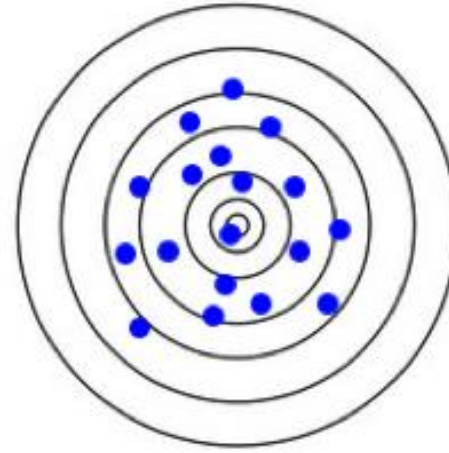
- Abstracción de la realidad
 - Características primordiales
- Precisión y exactitud
- Errores



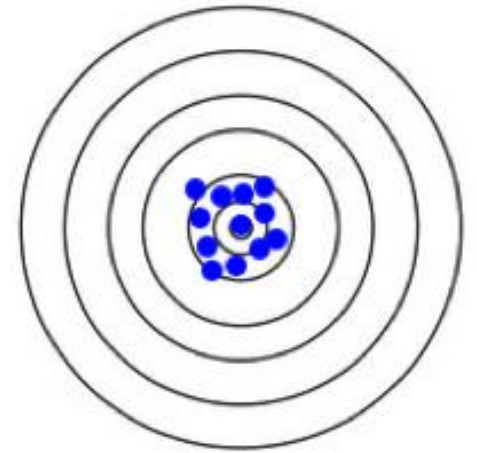
Impreciso
Inexacto



Preciso
Inexacto



Impreciso
Exacto



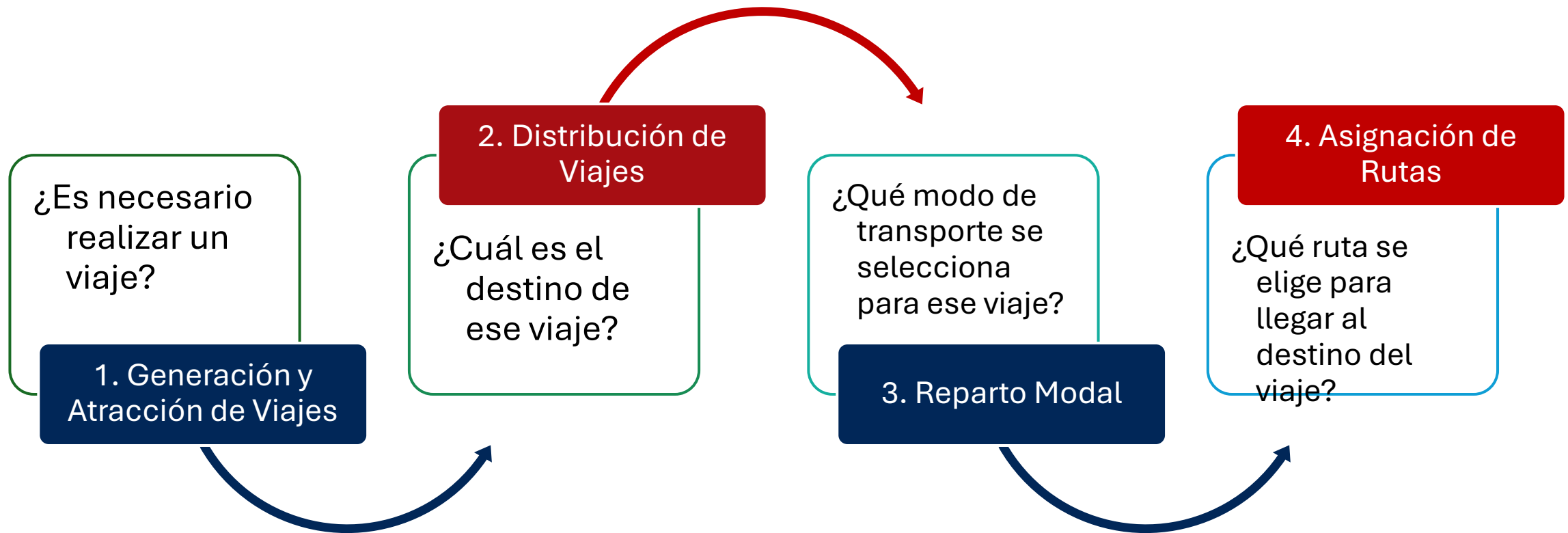
Preciso
Exacto

Ventajas de contar con un Modelo



- Entender
- Experimentar
- Emprender

Modelo Clásico de Transporte de Cuatro Etapas



Mc. Nally, M. G. (2007). The four-step model. In Handbook of transport modelling. En D. Henscher, & K. Button, *Handbook of transport Modelling* (págs. 35-53). UK: Emerald Group Publishing Limited. doi:<https://doi.org/10.1108/9780857245670>



Modelo DashMov

Modelo de Transporte

Personalización Metodológica



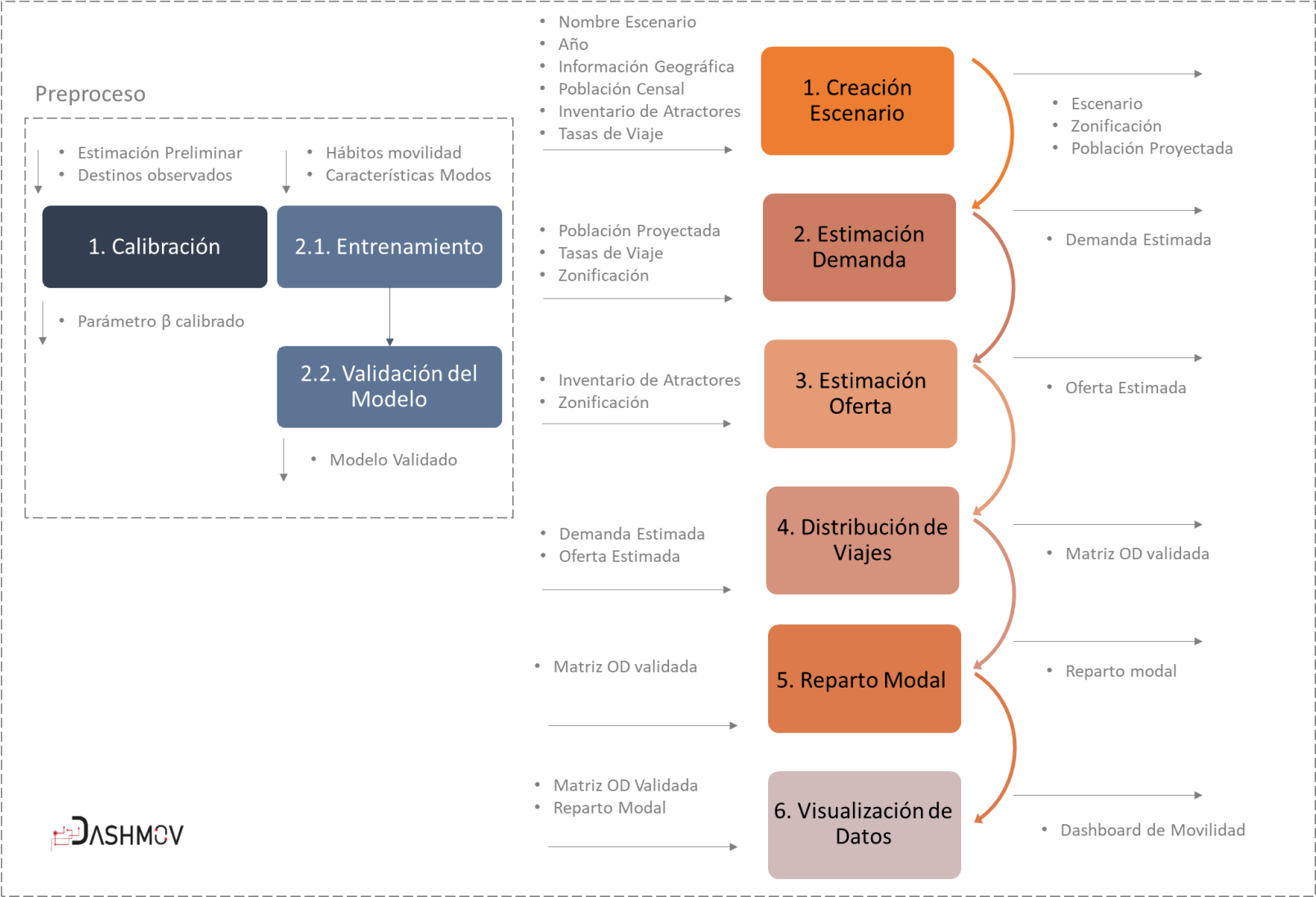
Modelo ajustado al caso de estudio

Con consideraciones computacionales

Orientada a los datos existentes

Incluye visualización de resultados

Modelo DashMov



Calibración

Entrenamiento con
Inteligencia
Artificial

Modelo DashMov

Preproceso

- Estimación Preliminar
- Destinos observados

1. Calibración

Parámetro β calibrado

- Hábitos movilidad
- Características Modos

2.1. Entrenamiento

2. Validación del
Modelo

- Modelo Validado

- Nombre Escenario
- Año
- Información Geográfica
- Población Censal
- Inventario de Atractores
- Tasas de Viaje

1. Creación
Escenario

- Población Proyectada
- Tasas de Viaje
- Zonificación

2. Estimación
Demanda

- Inventario de Atractores
- Zonificación

3. Estimación
Oferta

- Demanda Estimada
- Oferta Estimada

4. Distribución de
Viajes

- Matriz OD validada

5. Reparto Modal

- Matriz OD Validada
- Reparto Modal

6. Visualización de
Datos

- Escenario
- Zonificación
- Población

- Demanda

- Oferta Estimada

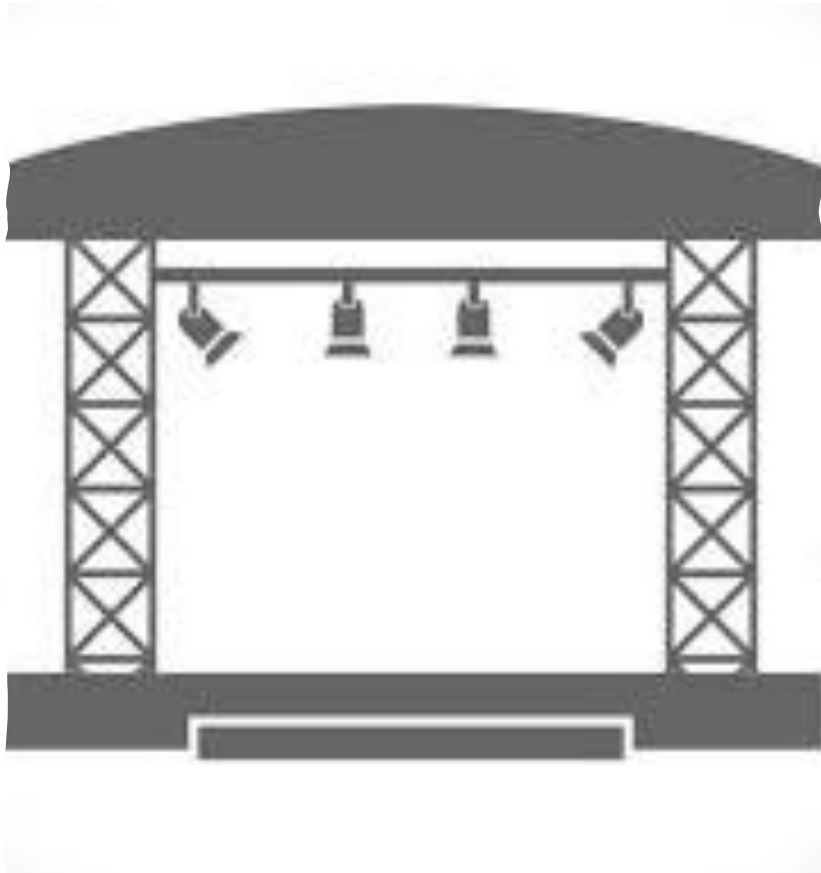
- Matriz

- Dashboard de Movilidad

Estimaciones en
base a modelos
asistidos por el
Computador

Visualización a
través de un
Dashboard

1. Creación Escenario



- Escenario = Experimento (problema dinámico)
- Modela una realidad planteada
- Nombre
- Año
- Información Geográfica
- Población Censal más reciente
- Atractores
- Tasas de Viaje
- Modos de Transporte

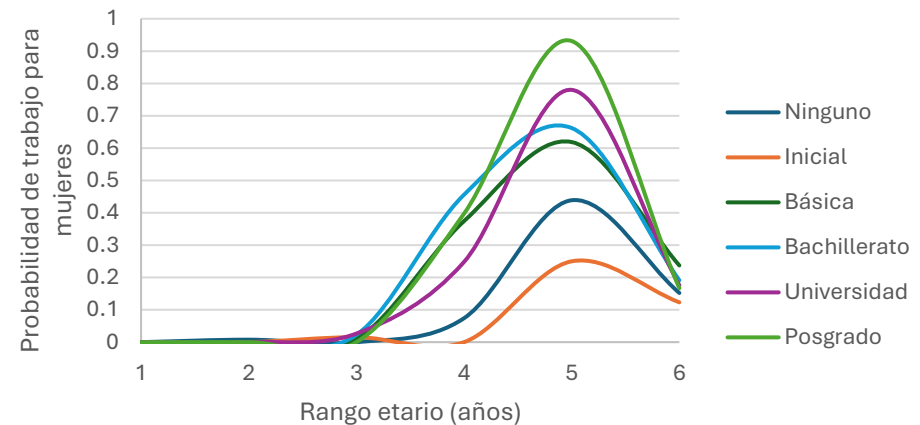
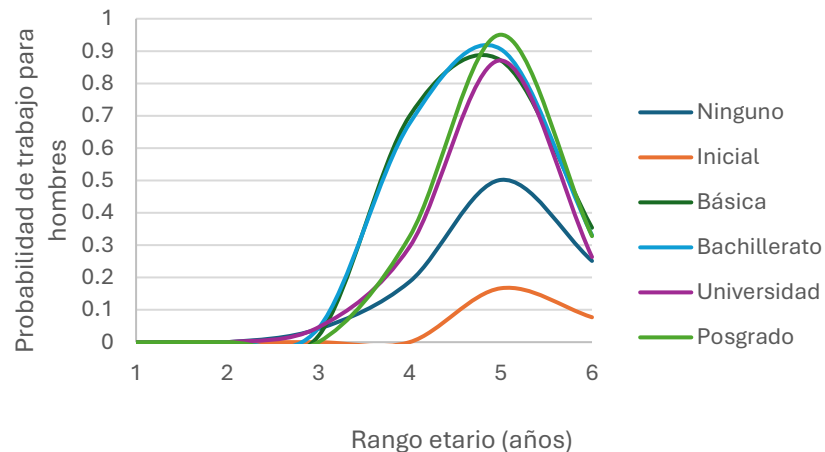
2. Estimación de la Demanda

- Población Proyectada
 - Varias características
- Tasas de Viaje
- Zonificación



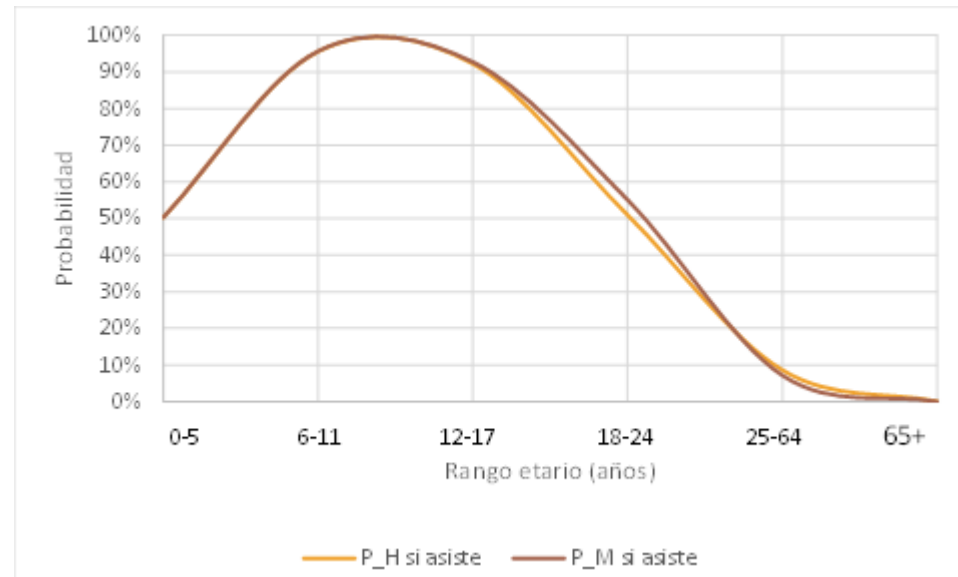
2. Estimación de la Demanda

- La estimación se basa en tasas de viaje diferenciadas por motivo de viaje
- **Laboral** -> info censal + rango etario, sexo al nacer, nivel de instrucción+ modelo de probabilidad, a priori-> curvas de probabilidad



2. Estimación de la Demanda

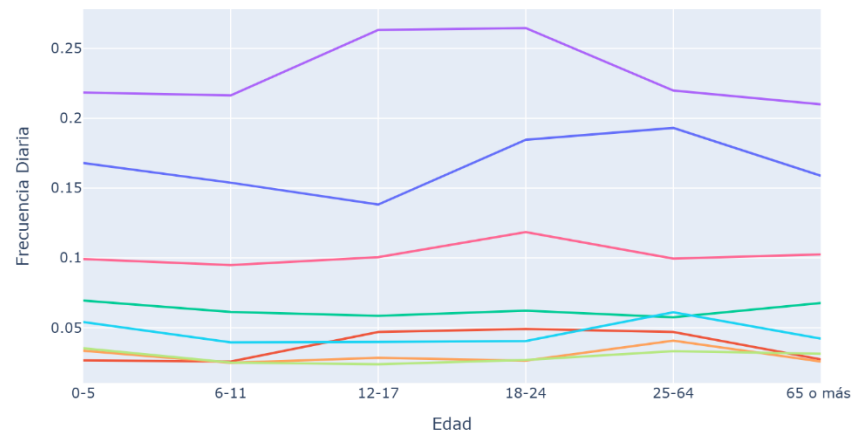
- La estimación se basa en tasas de viaje diferenciadas por motivo de viaje
- **Estudio** -> info censal + rango etario, sexo al nacer+ modelo de probabilidad, a priori-> curvas de probabilidad



2. Estimación de la Demanda

- La estimación se basa en tasas de viaje diferenciadas por motivo de viaje
- **Otros Motivos** -> encuestas -> frecuencias de viaje

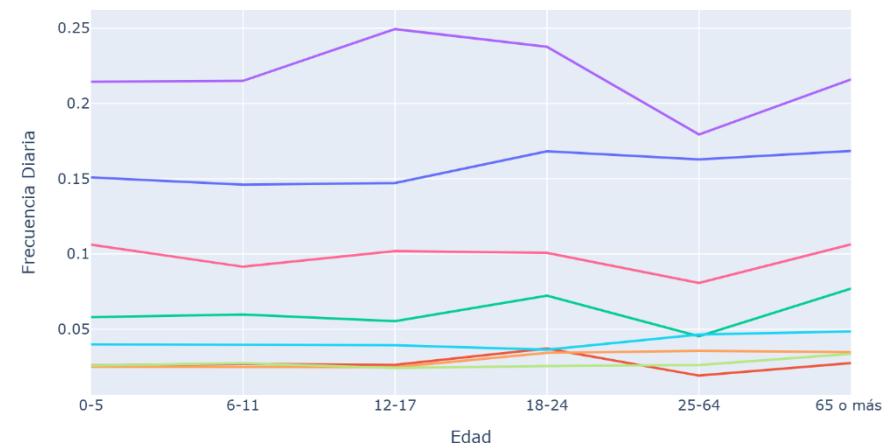
Frecuencia Diaria por Grupo Etario para Hombres



Motivo de Viaje

- Compras
- Deporte
- Ocio
- Conexión destino externo
- Gestiones Administrativas
- Salud
- Culto
- Gestiones Financieras

Frecuencia Diaria por Grupo Etario para Mujeres



Motivo de Viaje

- Compras
- Deporte
- Ocio
- Conexión destino externo
- Gestiones Administrativas
- Salud
- Culto
- Gestiones Financieras

MOTIVO DE VIAJE	DEMANDA ESTIMADA
Compras	81,633
Salud	14,615
Deporte	49,616
Estudio	151,183
Gestiones Administrativas	14,879
Gestiones Financieras	22,117
Culto	26,467
Ocio	93,802
Conexión Destino Externo	19,538
Laboral	233,850
Total	707,702

2. Estimación de la Demanda

Alto nivel de estratificación

1. Zona
2. Sexo al Nacer
3. Rango Etario
4. Motivo de Viaje

3. Estimación de la Oferta

- Inventario de Atractores
- Zonificación



3. Estimación de la Oferta

- Oferta, nivel de atracción por motivo de viaje
 - Inventario de Atractores
1. **Generales** - > nombre, **ubicación**, tipo
 2. **Sobre la atención** -> días de apertura, horarios, jornadas
 3. **Sobre la atracción** -> atracción estimada, día y franja
 4. **Sobre los visitantes** -> rango etario, sexo al nacer
 5. **Sobre la atracción laboral** -> atracción estimada, día y franja

3. Estimación de la Oferta

Motivo Compras



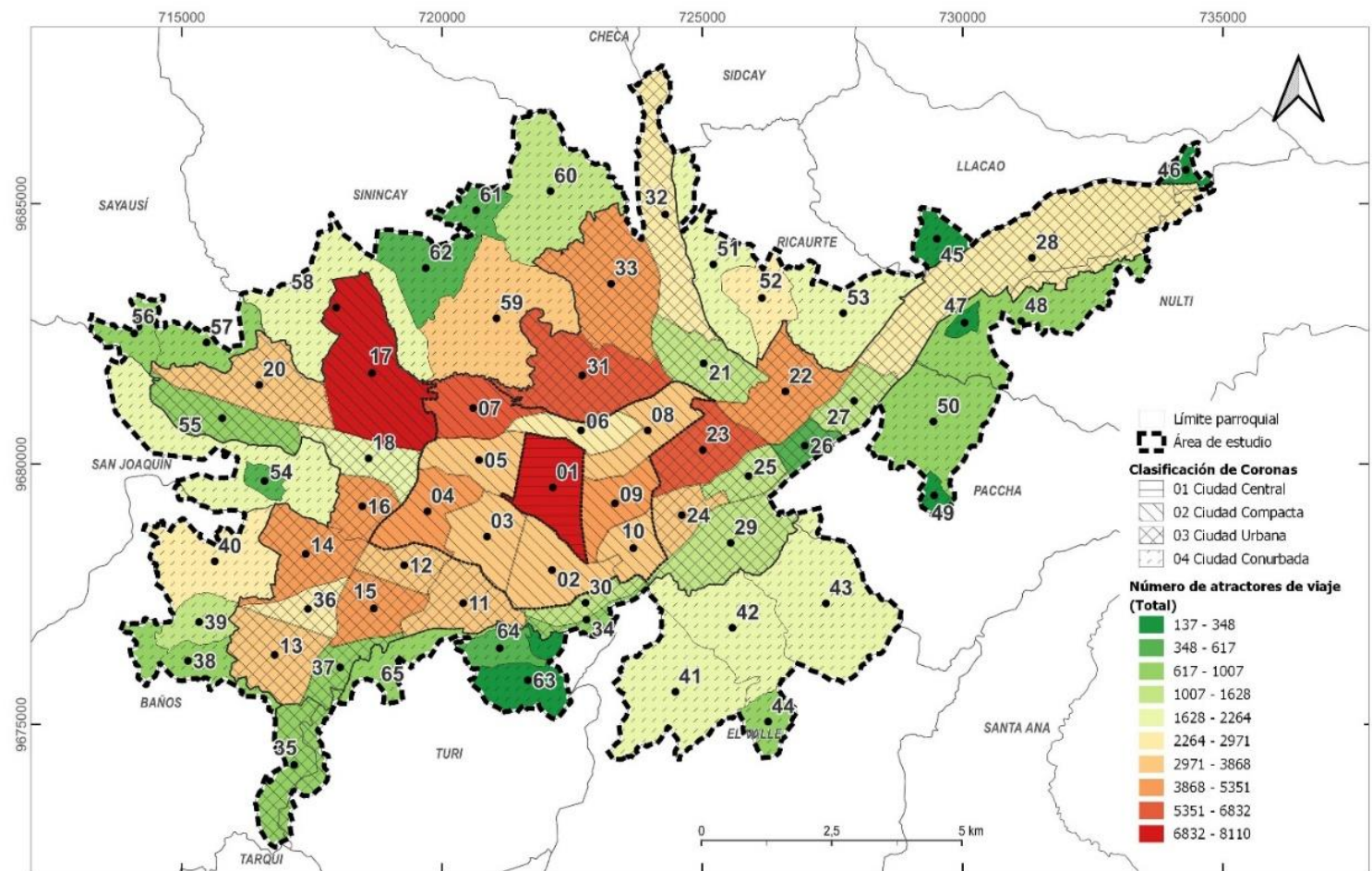
Motivo Laboral





- Inventario de Atractores -> **2025**

Tipo de Atractor	00 Datos	01	02	03 Fuente	04	05	Total
	2020	Actualizació n 2025	Levantamie nto Oficina	Secundaria	Imputación Parcial	Imputación Total	
01 Vivienda	0	0	0	152,125	0	0	152,125
03 Comercio y/o Servicios	3,646	1,401	617	0	38	0	5,702
05 Mercado	0	8	6	1	1	0	16
06 Supermercado	0	0	0	37	0	0	37
07 Salud	78	63	13	0	27	0	181
08 Educación	18	485	12	17	0	0	532
10 Terminal	0	0	0	4	0	0	4
11 Parque y Plaza	0	0	0	92	232	0	324
13 Cementerio	8	4	0	0	7	10	29
14 Templo	0	55	0	37	22	0	114
15 Industria	0	0	0	501	2	0	503
16 Deporte	30	6	1	1	3	1	42
17 Gestión Administrativa	0	3	1	126	11	0	141
18 Finanzas	1	18	264	0	0	0	283
19 Ocio y recreación	18	13	126	0	63	0	220
Total	3,799	2,056	1,040	152,941	406	11	160,253



Zonas	06 Cristo Rey	13 Narancay Alto	20 Putushi	27 Río Cuenca	34 Colinas del Vergel	41 El Valle 1	48 Nulti 2	55 San Joaquín 2	62 Sinincay 5
01 Centro Histórico	07 Bellavista	14 Misicata Norte	21 Parque Industrial	28 Capulispamba	35 Narancay Bajo	42 El Valle 2	49 Paccha 1	56 SAYSUÍ 1	63 Turi 1
02 Ejido Este	08 Aeropuerto	15 Río Tarquí	22 Machangara	29 Rayoloma	36 Misicata Sur	43 El Valle 3	50 Paccha 2	57 SAYSUÍ 2	64 Turi 2
03 Ejido Oeste	09 Cementerio	16 Parque del Dragón	23 Totoracocha	30 Jardín Botánico	37 Guzho	44 El Valle 4	51 Ricaurte 1	58 Sinincay 1	65 Turi 3
04 Coliseo Mayor	10 Paraíso	17 Cebollar	24 Monay	31 Miraflores	38 Baños 1	45 Llacao 1	52 Ricaurte 2	59 Sinincay 2	
05 San Sebastián	11 Iberia	18 El Arenal	25 Iess	32 Ochoa León	39 Baños 2	46 Llacao 2	53 Ricaurte 3	60 Sinincay 3	
	12 Fatima	19 Ordoñez Lasso	26 Cdra Los Ingenieros	33 Patamarca	40 Baños 3	47 Nulti 1	54 San Joaquín 1	61 Sinincay 4	

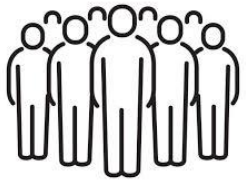


4. Distribución de Viajes

- Demanda Estimada
- Oferta Estimada

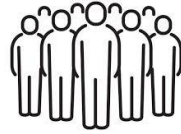
Ilustremos el proceso de
manera **simplificada...**

Zona X



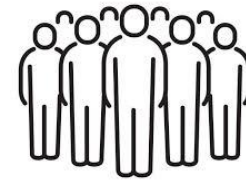
100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

Zona Y



5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

Zona Z



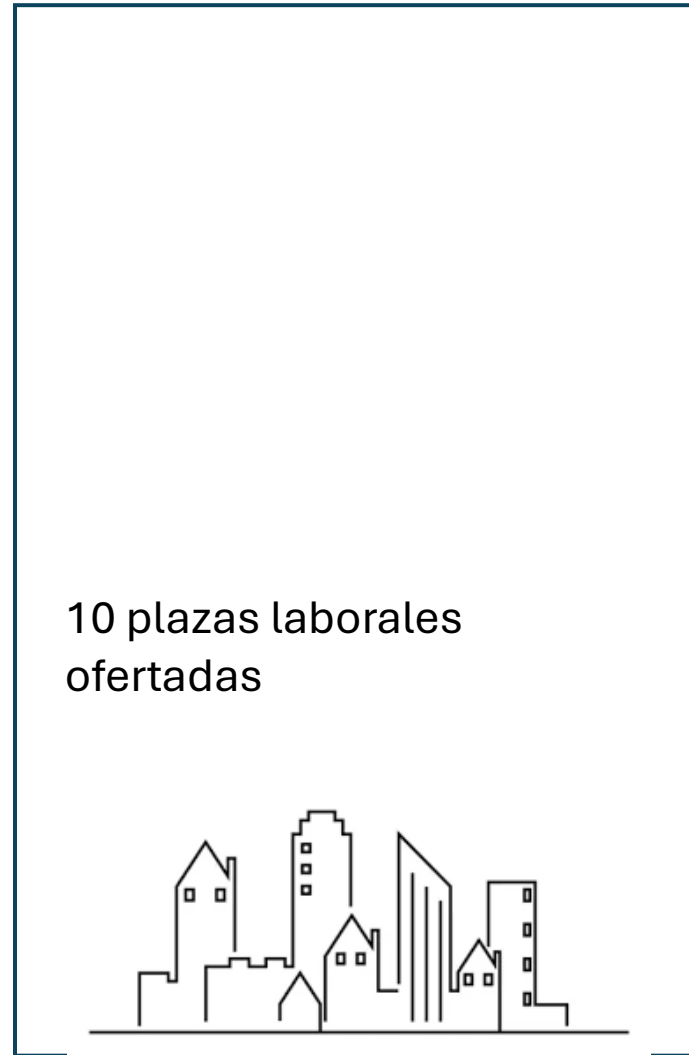
100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

Demanda de Viajes por Motivo Laboral

Zona X



Zona Y



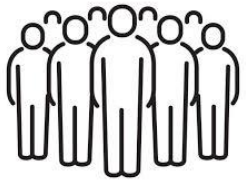
Zona Z



Oferta (atracción) por Motivo Laboral

¿Dónde trabajan las
personas de las zonas X, Y y,
Z?

Zona X

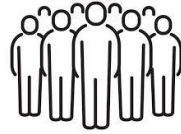


100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

80 plazas laborales
ofertadas



Zona Y

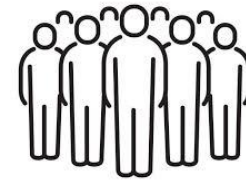


5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

10 plazas laborales
ofertadas



Zona Z



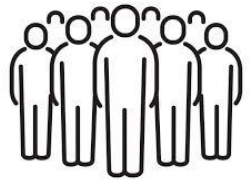
100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

115 plazas
laborales ofertadas



Oferta y Demanda

Zona X



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral



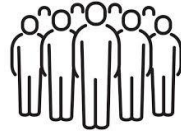
80 personas
trabajan
aquí.
Sobran 20

80 plazas laborales
ofertadas

Oferta consumida



Zona Y

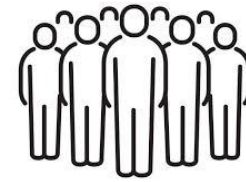


5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

10 plazas laborales
ofertadas



Zona Z



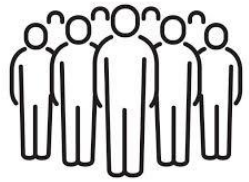
100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

115 plazas
laborales ofertadas



Distribución I

Zona X



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral



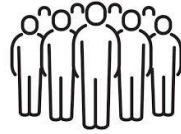
80 personas
trabajan
aquí.
Sobran 20

80 plazas laborales
ofertadas

Oferta consumida



Zona Y



5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral



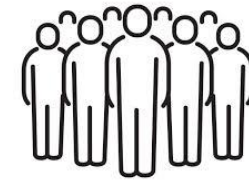
5 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

10 plazas laborales
ofertadas

5 Oferta consumida
Sobran 5 plazas



Zona Z



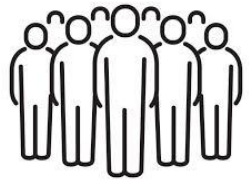
100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

115 plazas
laborales ofertadas



Distribución II

Zona X



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral



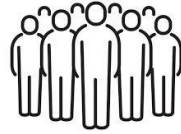
80 personas
trabajan
aquí.
Sobran 20

80 plazas laborales
ofertadas

Oferta consumida



Zona Y



5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral



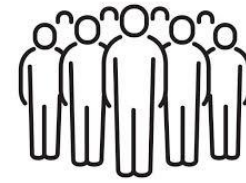
5 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

10 plazas laborales
ofertadas

5 Oferta consumida
Sobran 5 plazas



Zona Z



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral



100 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

115 plazas
laborales ofertadas

100 Oferta consumida
Sobran 15 plazas

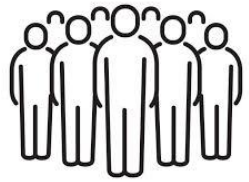


Distribución II

Zona X

Zona Y

Zona Z



100
personas
que viajan
por motivo
laboral

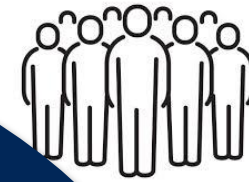
80 personas
trabajan
aquí.
Sobran 20

80 plazas laborales
ofertadas

Oferta consumida



Personas



100
personas
que viajan
por motivo
laboral

100 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

100 plazas
laborales ofertadas

Oferta consumida

Sobran 15 plazas



¿Dónde trabajan las
personas que no trabajan
en sus zonas?

Distribución II

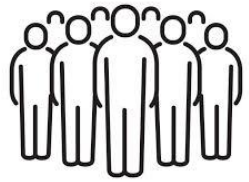
Distancias

	X	Y	Z
X	0	1	2
Y	1	0	3
Z	2	3	0

La zona más cercana para X es Y
Luego, de Y es Z.

Principio de racionalidad.

Zona X



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral



80 personas
trabajan
aquí.
Sobran 20

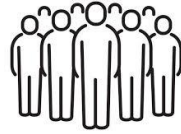
5 trabajan en Y

80 plazas laborales
ofertadas

Oferta consumida



Zona Y



5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral



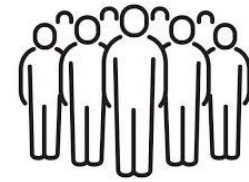
5 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

10 plazas laborales
ofertadas

5 Oferta consumida
Sobran 5 plazas



Zona Z



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral



100 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

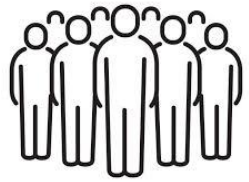
115 plazas
laborales ofertadas

100 Oferta consumida
Sobran 15 plazas



Distribución II

Zona X



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

80 personas
trabajan
aquí.

Sobran 15

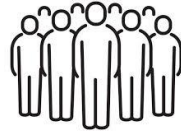
5 trabajan en Y

80 plazas laborales
ofertadas

Oferta consumida



Zona Y



5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

5 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

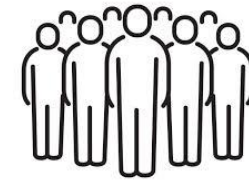
10 plazas laborales
ofertadas

5 Oferta consumida

Sobran 0 plazas



Zona Z



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

100 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

115 plazas
laborales ofertadas

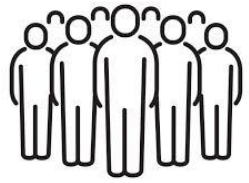
100 Oferta consumida

Sobran 15 plazas



Distribución II

Zona X



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

80 personas
trabajan
aquí.
Sobran 15

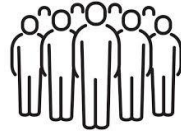
5 trabajan en Y

80 plazas laborales
ofertadas

Oferta consumida



Zona Y



5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

5 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

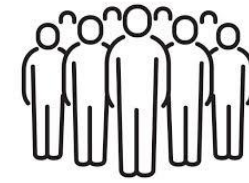
15 trabajan en Z

10 plazas laborales
ofertadas

5 Oferta consumida
Oferta consumida



Zona Z



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

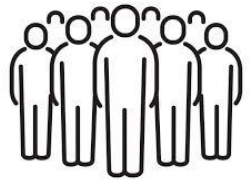
100 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

115 plazas
laborales ofertadas
100 Oferta consumida
Sobran 15 plazas



Distribución II

Zona X



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

80 personas
trabajan
aquí.

Sobran 0

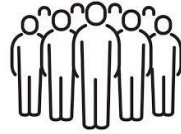
5 trabajan en Y

80 plazas laborales
ofertadas

Oferta consumida



Zona Y



5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

5 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

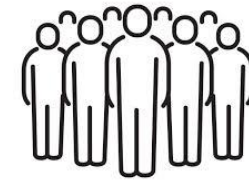
15 trabajan en Z

10 plazas laborales
ofertadas

5 Oferta consumida
Sobran 0 plazas



Zona Z



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

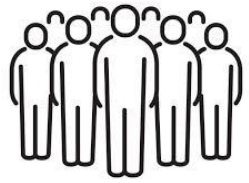
100 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

115 plazas
laborales ofertadas
100 Oferta consumida
Sobran 0 plazas



Distribución II

Zona X



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

80 personas
trabajan
aquí.

Sobran 0

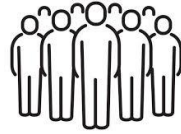
5 trabajan en Y

80 plazas laborales
ofertadas

Oferta consumida



Zona Y



5 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

5 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

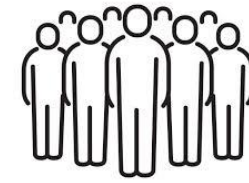
15 trabajan en Z

10 plazas laborales
ofertadas

5 Oferta consumida
Oferta consumida



Zona Z



100 personas
que necesitan
viajar por
motivo laboral

100 personas
trabajan aquí.
Demanda
total

115 plazas
laborales ofertadas
100 Oferta consumida
Oferta consumida



Distribución II

Ahora, el modelo más
realista...

- Se emplea una variación del Modelo de Gravedad (Ortúzar & Willumsen, 2024), al que le nombramos **Modelo de Gravedad Estratificado de Restricción Simple con Capacidad, Calibración y Balance**
- **Estratificado**: Zona, Día, Franja Horaria, Sexo al Nacer, Rango Etario y Motivo de Viaje.
- **Restricción Simple** : Se distribuyen a lo mucho un número de viajes igual a la demanda
- **Con Capacidad**: Se distribuyen solo los viajes que puedan ser asumidos por la oferta
- **Calibración**: Irracionalidad -> preproceso... calibración del parámetro β
- **Balance**: Todo viaje retorna a su origen

Modelo de Gravedad Estratificado de Restricción Simple con Capacidad, Calibración y Balance

Alto nivel de estratificación = Alta complejidad computacional

65 Zonas

2 Sexos al Nacer

6 Rangos Etarios

10 Motivos de Viaje

7 Días de la Semana

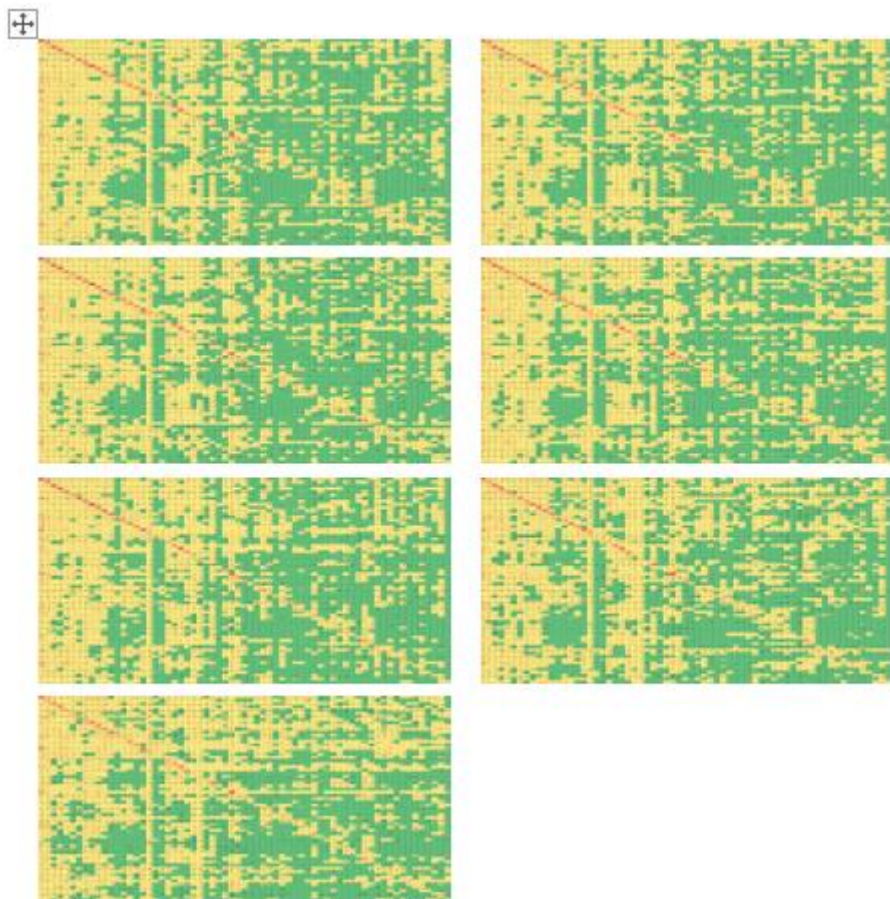
19 Franjas Horarias

10 Modos de Transporte

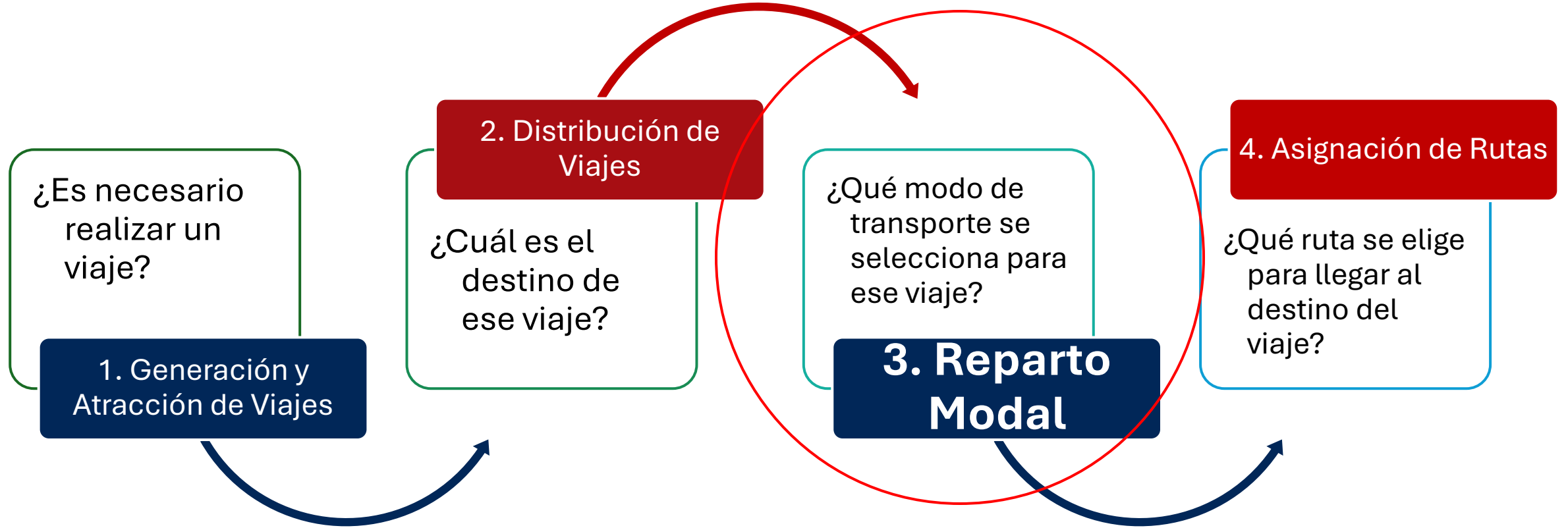
De esta manera, se construyen matrices OD de **65x65**, es decir, de **4,225** celdas. A su vez, cada celda (par OD) debería estratificarse haciendo que cada una cuente con **159,600** estratificaciones

$(2 \times 6 \times 10 \times 7 \times 19 \times 10)$, dando un total de celdas de **674,310,000** por escenario.

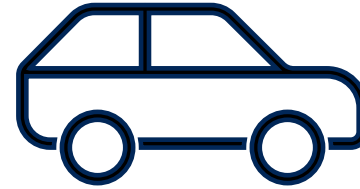
(solo para la distribución de viajes)



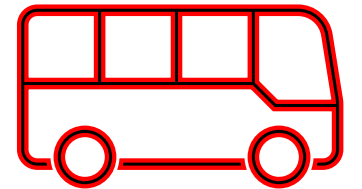
Cientos de estratificaciones.
Aquí, por día de la semana.



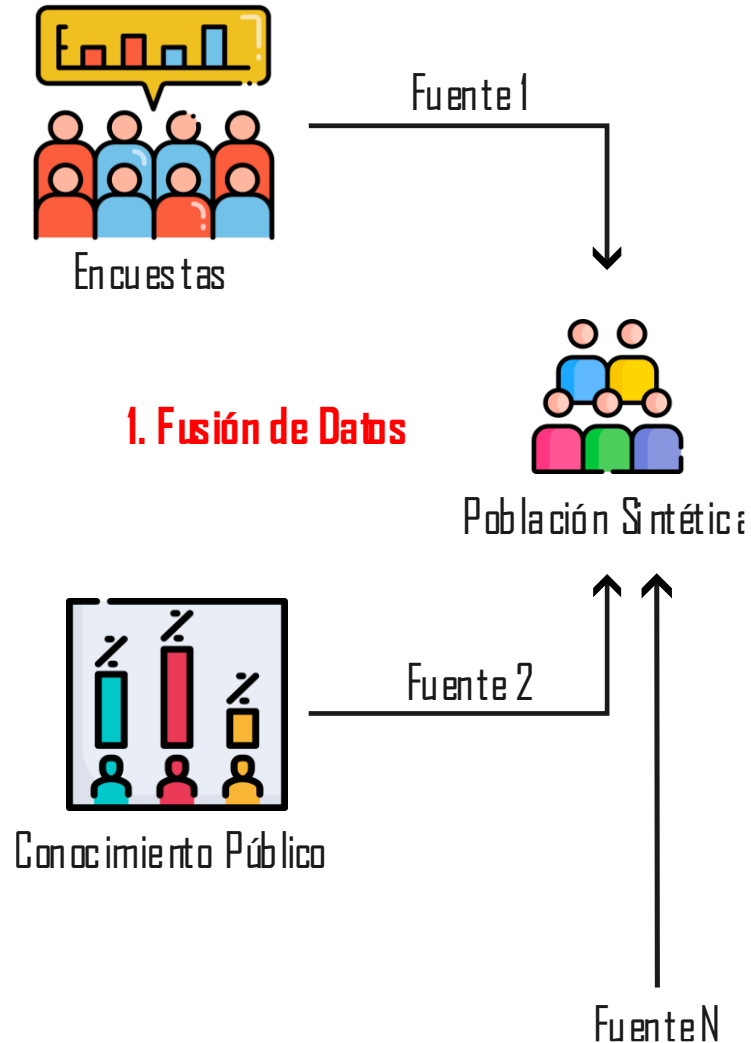
Mc. Nally, M. G. (2007). The four-step model. In Handbook of transport modelling. En D. Henscher, & K. Button, *Handbook of transport Modelling* (págs. 35-53). UK: Emerald Group Publishing Limited. doi:<https://doi.org/10.1108/9780857245670>



5. Estimación del Reparto Modal



5. Estimación del Reparto Modal

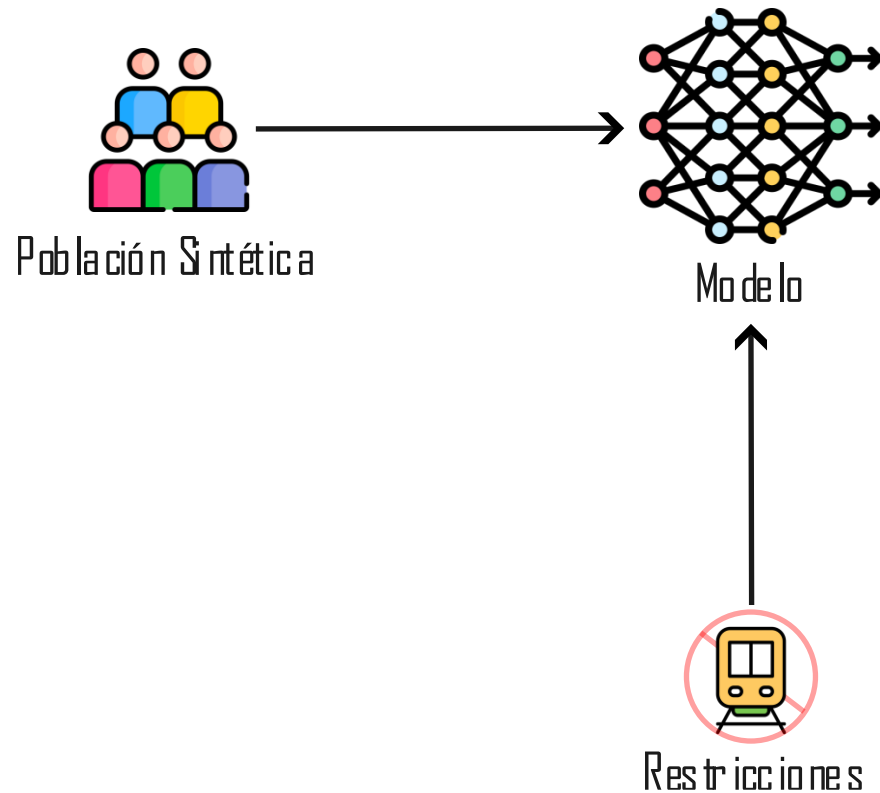


Modelado – PASO 1: Fusión de datos

- El modelo de aprendizaje profundo requiere ser entrenado con grandes volúmenes de datos, provenientes de encuestas, información en sitios web públicos, datos de proyectos similares, suposiciones y restricciones de movilidad conocidas.
- Todas las fuentes deben ser validadas y llevadas a un formato común. Hay datos que faltan en una fuente pero que pueden ser imputados a partir de otra.

5. Estimación del Reparto Modal

2. Calibración de Modelo

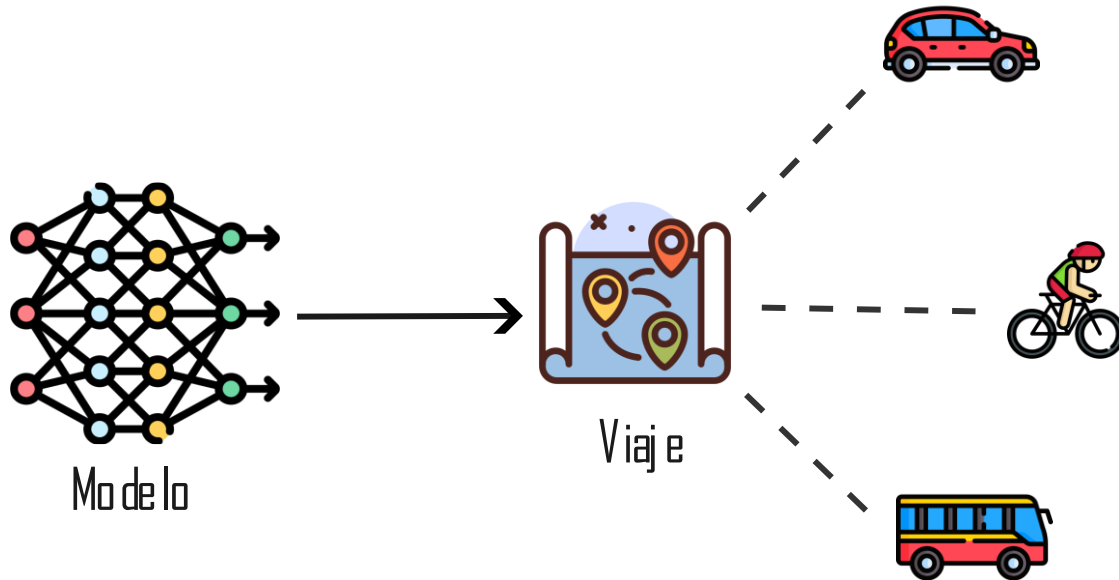


Modelado – PASO 2: Calibración del Modelo

- Con los datos de entrenamiento se calibran los parámetros del modelo (pesos de las conexiones entre neuronas) validando las salidas contra los resultados esperados.
- Existen restricciones sobre los modos de transporte disponibles en diferentes horarios, zonas, días de la semana.

5. Estimación del Reparto Modal

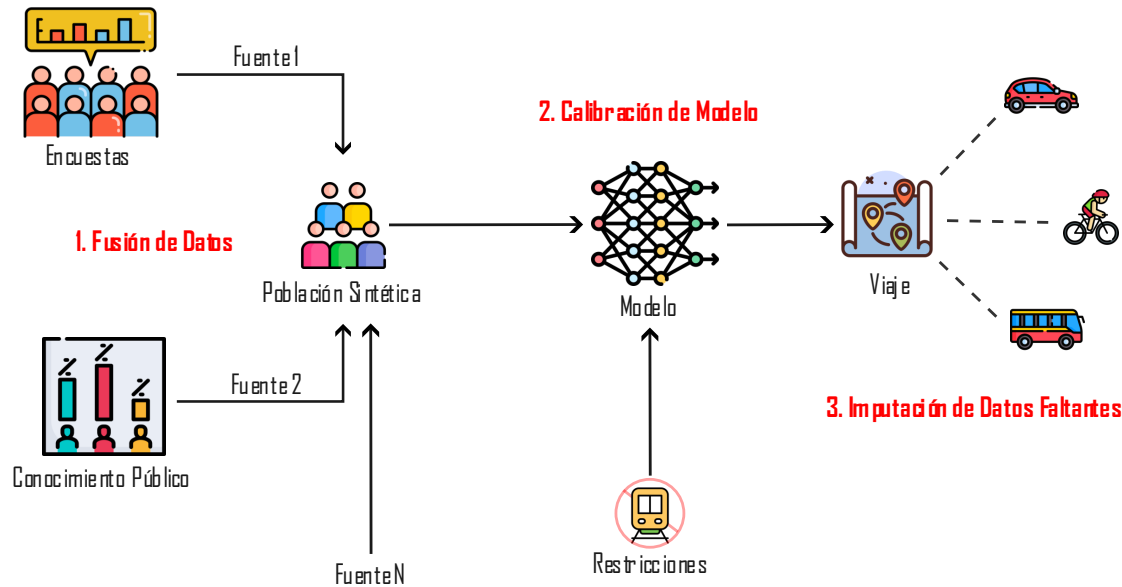
Modelado – PASO 3: Imputación de datos faltantes



- El modelo es usado para “etiquetar” cada viaje con el modo de transporte, según las probabilidades obtenidas. El resultado depende de variables como el día de la semana, el origen, el destino, la hora del día, el motivo de viaje, el sexo al nacer, el rango etario, etc.
- Existe ahora una matriz OD por cada modo de transporte.

3. Imputación de Datos Faltantes

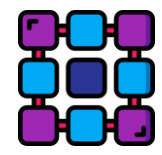
5. Estimación del Reparto Modal



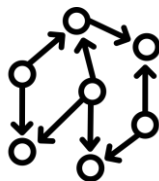
Modelo persistido

- El modelo es guardado para ser utilizado en escenarios futuros.
- Este modelo puede ser re-entrenado cada vez que nueva información (encuestas) está disponible. Su confiabilidad y precisión mejora con el tiempo.
- Se pueden comparar modelos antes de utilizarlos.

5. Estimación del Reparto Modal



Matriz OD

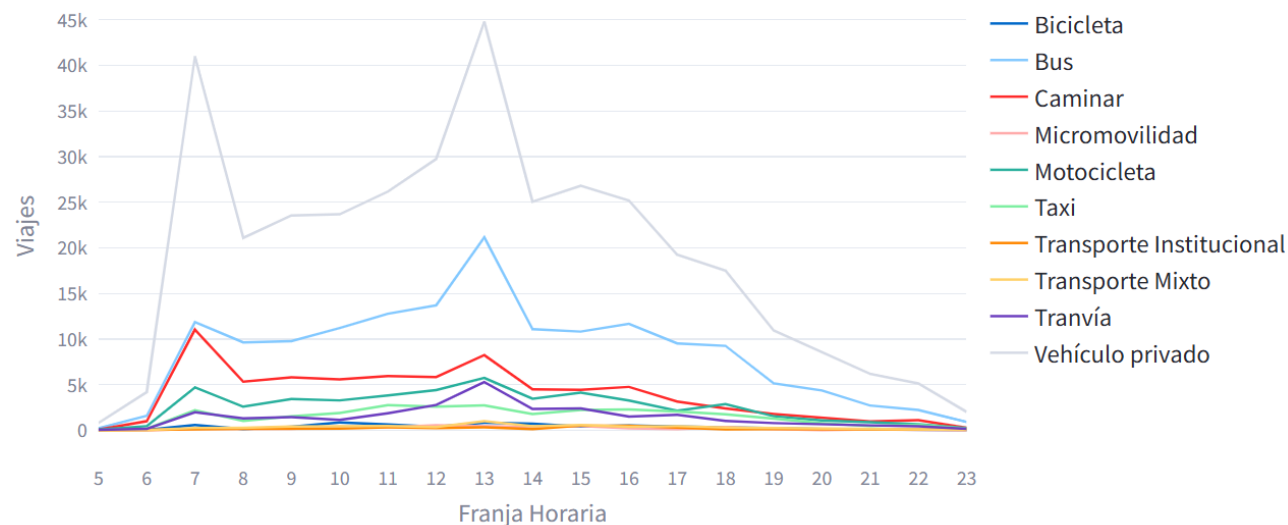
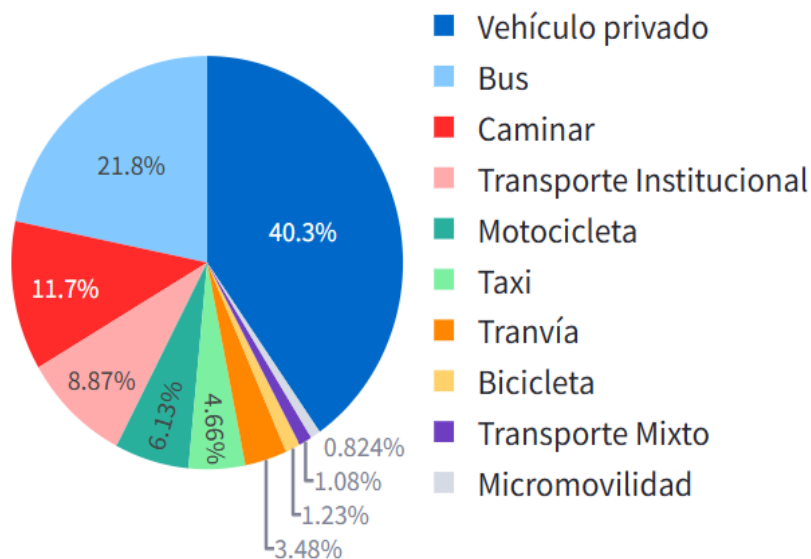


Modelo



Matriz Extendida

Resultados

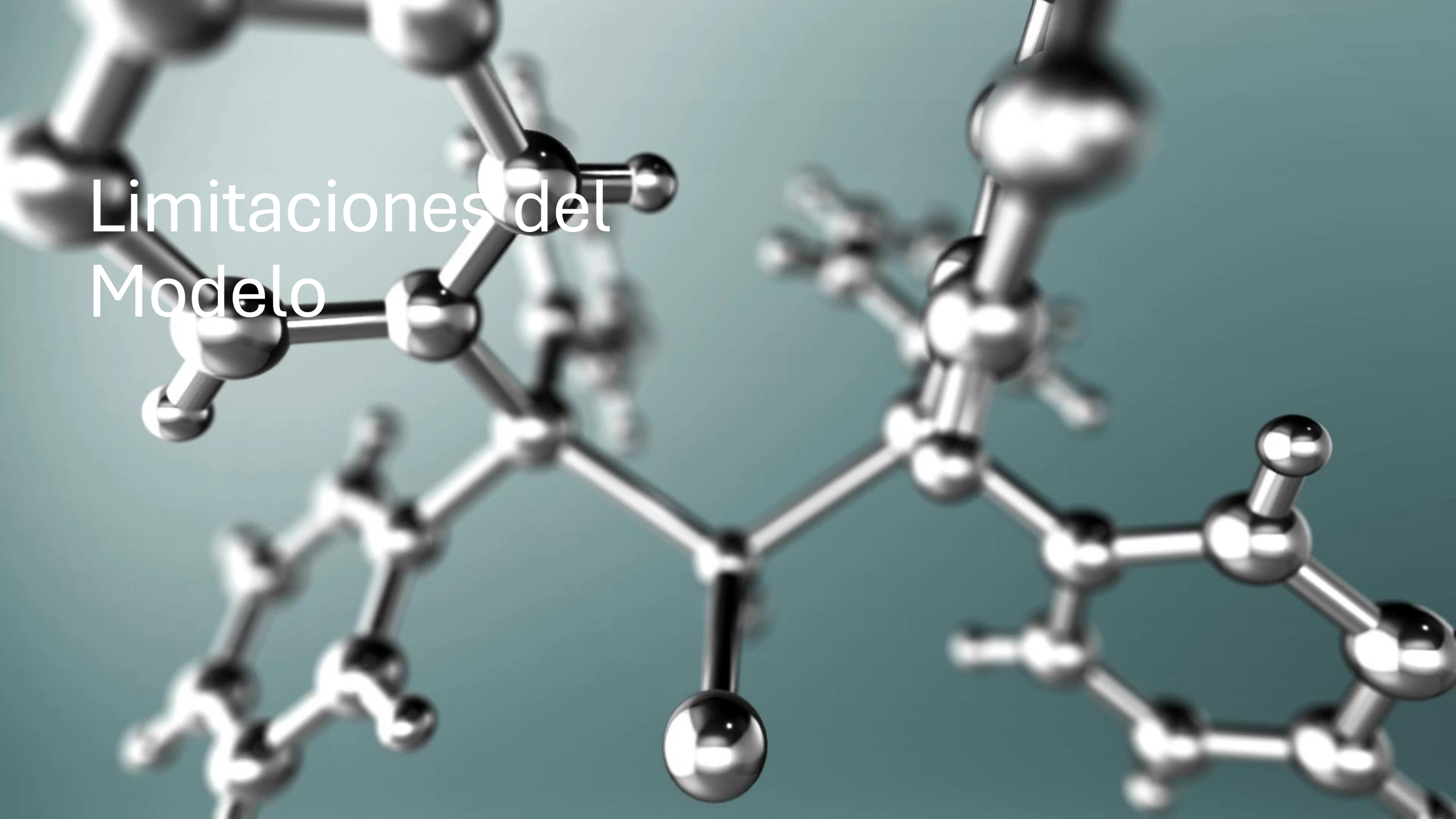


¿Qué hacer con tantos números?

Descubrir patrones de movilidad
Proceso asistido por el computador
y hacerlos visibles a través de un
Dashboard

Identificar las nuevas dinámicas
de Movilidad de Cuenca

datosmov.Cuenca.gob.ec



Limitaciones del Modelo

Limitaciones

*Dependencia de
datos secundarios
con rezagos
temporales*

*Zonas como
unidades mínimas*

*Actualización de la
oferta a partir de
los atractores de
viaje*

*Exclusión de la
oferta informal y de
condiciones
laborales atípicas*

*Simplificaciones
de la estimación de
la Demanda*

*Supuestos
simplificadores en
la distribución y el
reparto modal*

*Calibración de
parámetros*

*Estimación de
variables con base
en promedios
agregados*

*Estabilidad
temporal*

*Temas
computacionales*

“Un modelo no debe ser visto como un resultado estático ni ser abandonado una vez construido. Por el contrario, debe considerarse un instrumento vivo, concebido con los datos y supuestos disponibles en el momento de su creación, pero susceptible de revisión, calibración y refinamiento continuo a medida que se dispone de nueva información y se profundiza en el conocimiento del fenómeno. Este proceso de actualización permite reducir progresivamente la brecha entre el modelo y la realidad, fortaleciendo su capacidad predictiva y su utilidad para la toma de decisiones.”

Equipo Desarrollador DashMov, 2025

Ing. Elina Avila Ordóñez, Ph.D
Directora

Equipo Técnico

Ing. Patricia Cazorla Vanegas, MsC
Experta en Movilidad y Transporte

Ing. Iván Mendoza Vázquez, Ph.D
Experto en Análisis de Datos

Ing. Geovanny Campoverde Llanos, Mgtr.
Experto en Software

Ing. Daniel Campoverde Carrión, Mgtr.
Experto en Software

Arq. Bernarda Arias Valladares, Mgtr.
Experta en ordenamiento territorial

Equipo Administrativo

Ing. Gabriel Bernal Medina
Ayudante administrativo

Agradecimiento

Al GAD Municipal de Cuenca, que desde el año 2020 hasta el día de HOY:

Decidido construir un Modelo de Transporte para Cuenca.

Financiado el estudio que permite la construcción de este Modelo.

Facilitado la recolección de datos.

Creído en el Talento Humano Local.

Convertido a **Cuenca** en la única ciudad de nuestro país en contar con un Modelo de Demanda de Transporte.