

Congreso Nacional de Ingeniería Municipal 2023

NUEVAS TECNOLOGIAS AL ALCANCE DE LA INGENIERIA MUNICIPAL

USO DE HERRAMIENTAS DE SIMULACION DE TRANSPORTE EN EL PROYECTO DE CONEXIÓN ENTRE MARGENES DE LA RIA DE BILBAO MEDIANTE EL TUNEL SUBFLUVIAL DE LAMIAKO

Miguel de Ortuzar, Ingeniero de Caminos,
Jefe del Servicio de Planeamiento y Proyectos, Diputación Foral de Bizkaia

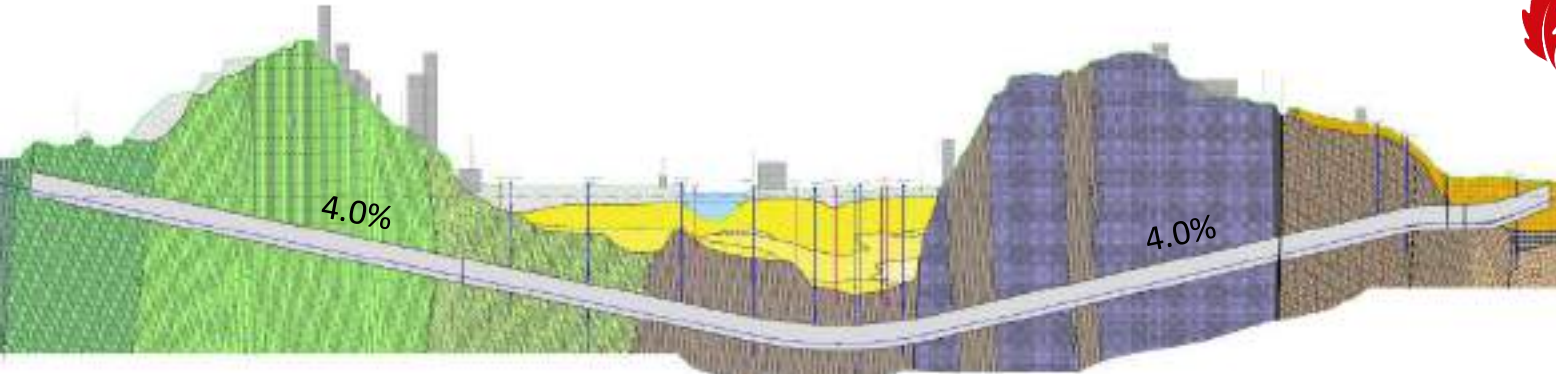
José María de Ortuzar, Ingeniero de Caminos,
Jefe de la Sección de Planeamiento, Diputación Foral de Bizkaia

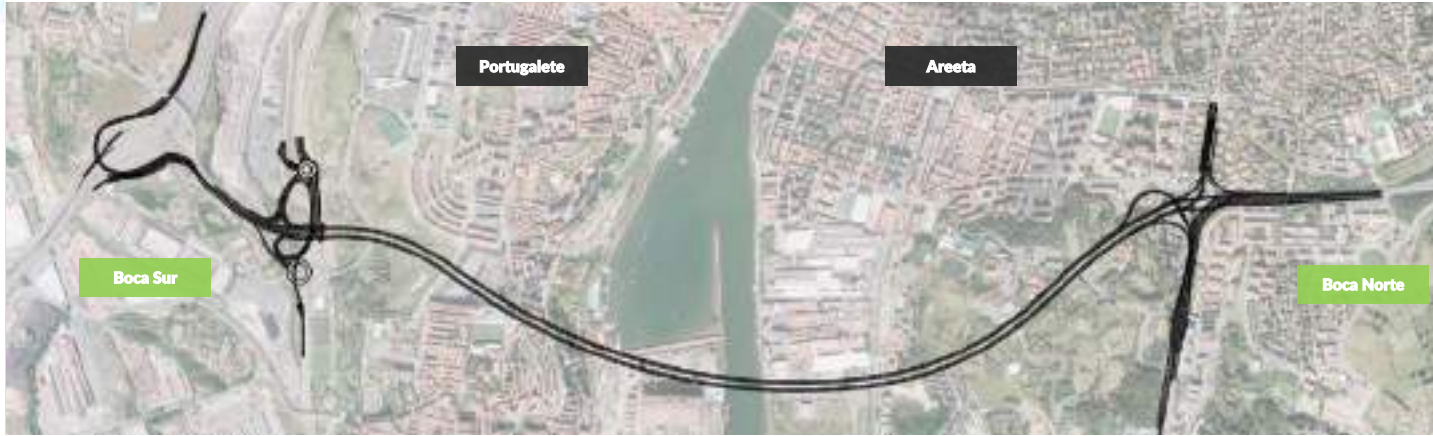
INDICE

- 1.- Objeto e Introducción
- 2.- Descripción del proyecto
- 3.- Modelos de transporte
- 4.- Modelos Macroscópicos
- 5.- Modelos Microscópicos
- 6.- Rentabilidad socio económica
- 7.- Impactos ambientales y cambio climático
- 8.- Conclusiones y recomendaciones

1.- Objeto e Introducción

1.- Objeto e Introducción

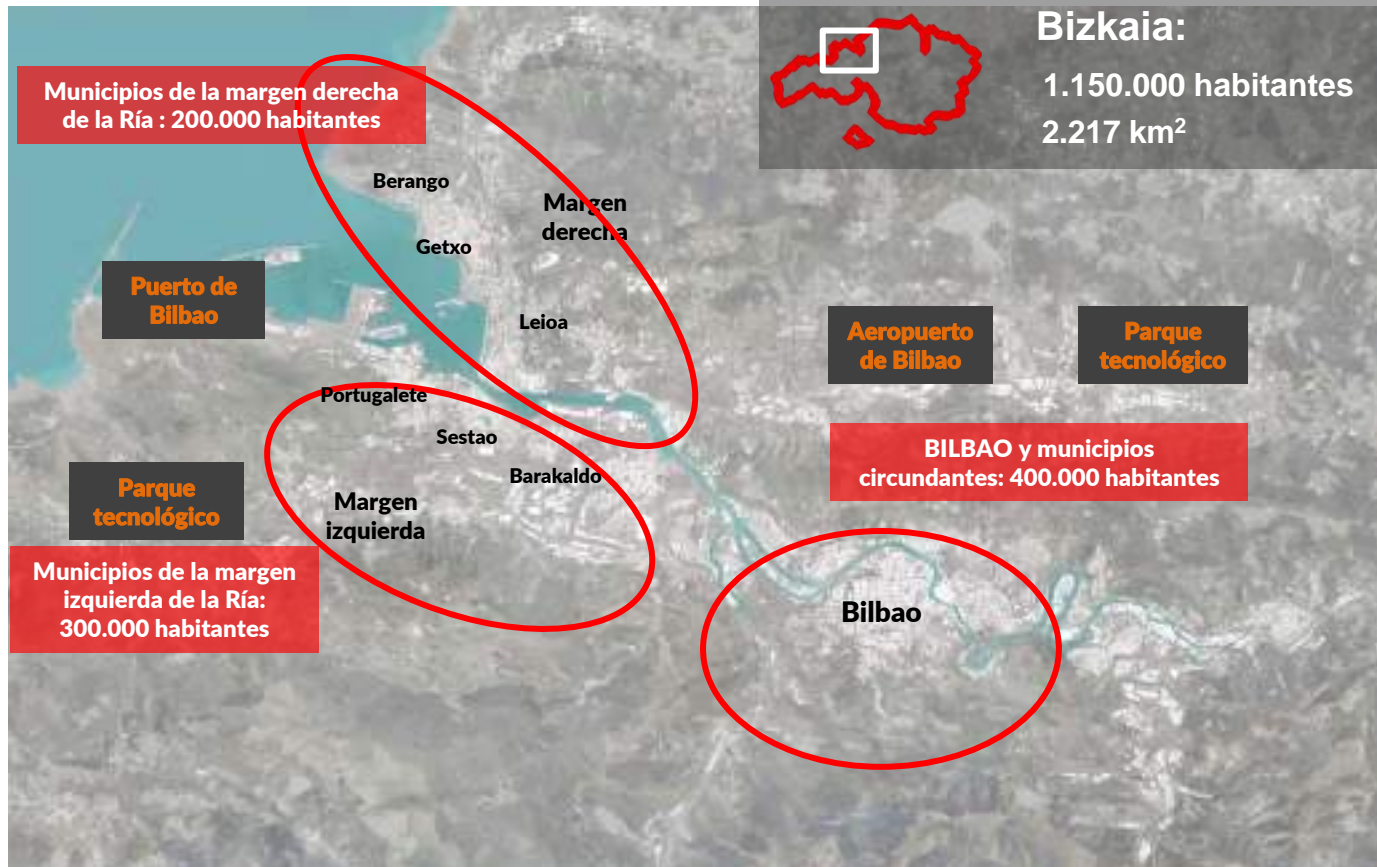




Objeto de los trabajos de simulación

- 1.- Cálculo de captación de usuarios por el subfluvial
- 2.- Enlaces: Diseño y Comprobación de su Funcionamiento
- 3.- Rentabilidad social (ahorros de tiempo, carburante, etc)
- 4.- Efectos ambientales (reducción emisiones GEI y otros)
- 5.- Apoyo para solicitud de financiación europea
 - 5.1 inputs para Análisis Coste Beneficio

1.- Objeto e Introducción



1.- Introducción y Objeto del proyecto



1.- Introducción y Objeto del proyecto



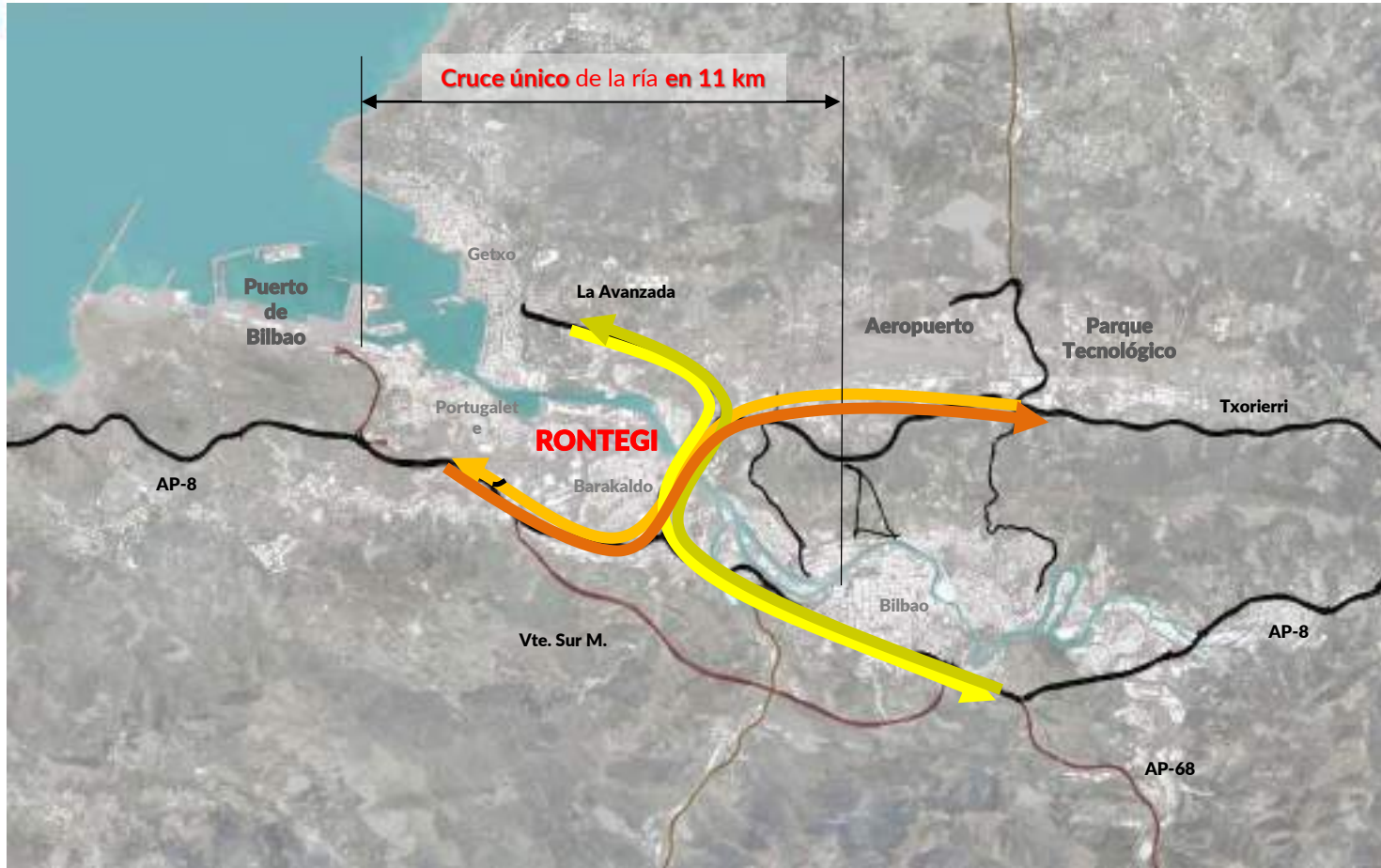
1.- Introducción y Objeto del proyecto

Retos: Capacidad



1.- Introducción y Objeto del proyecto

Retos: Falta de mallado



1.- Introducción y Objeto del proyecto

Retos: Vulnerabilidad



1.- Introducción y Objeto del proyecto

Retos: Sobrerrecorrido



1.- Introducción y Objeto del proyecto

Alternativas



2.- Descripción del proyecto

2.- Descripción del proyecto

<https://www.bizkaia.eus/es/web/comunicacion/noticias/-/news/detailView/22536>

(VIDEO)

3.- Modelos de transporte

3.- Modelos de transporte

- MODELO MACROSCOPICO: MACROSIMULACIONES
- MODELO MICROSCOPICO: MICROSIMULACIONES
- RENTABILIDAD SOCIAL
- MEDIO AMBIENTE
- VULNERABILIDAD

4.- Modelos Macroscópicos

- Reproducir la realidad
- Poder hacer predicciones en diferentes escenarios:
 - incluyendo nuevas infraestructuras
 - para diferentes momentos temporales
- Debe abarcar todo el ámbito espacial en el cual la obra tenga efecto
- La modelización de tráfico macro recuerda a la de un fluido
- En el proyecto se ha usado el Modelo Macroscópico de Bizkaia elaborado por parte de la empresa SyT colaboradora del Diputación construido sobre el software VISUM de la firma PTV.

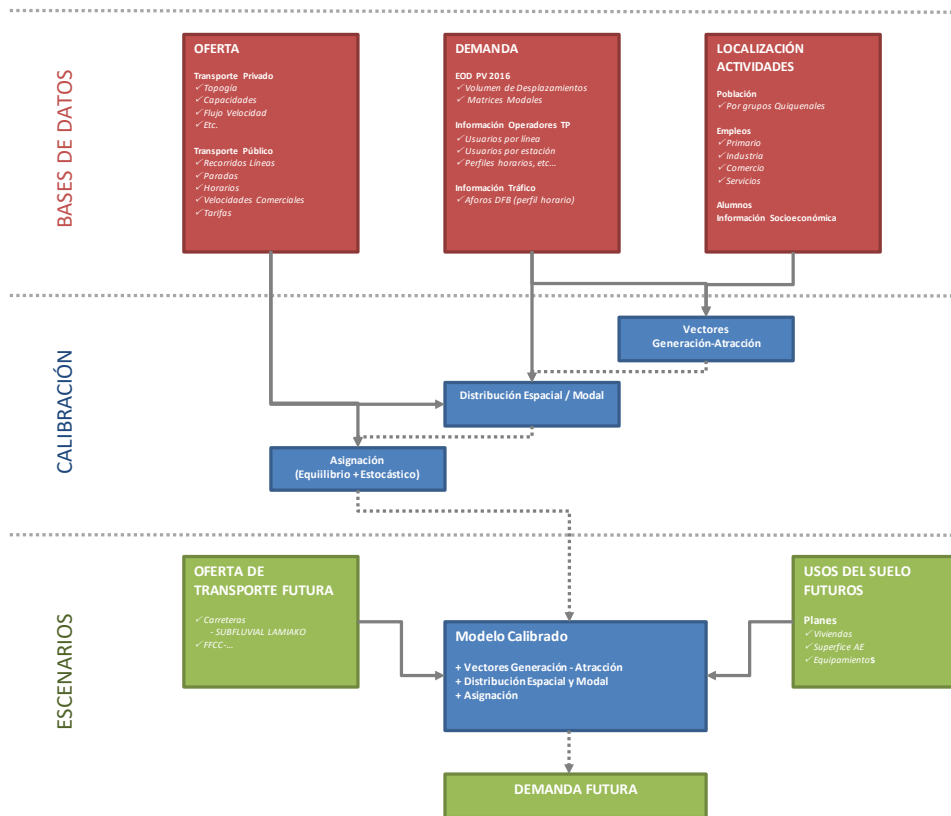
4.- Modelos Macroscópicos

Modelo clásico de 4 etapas



4.- Modelos Macroscópicos

Elaboración del modelo



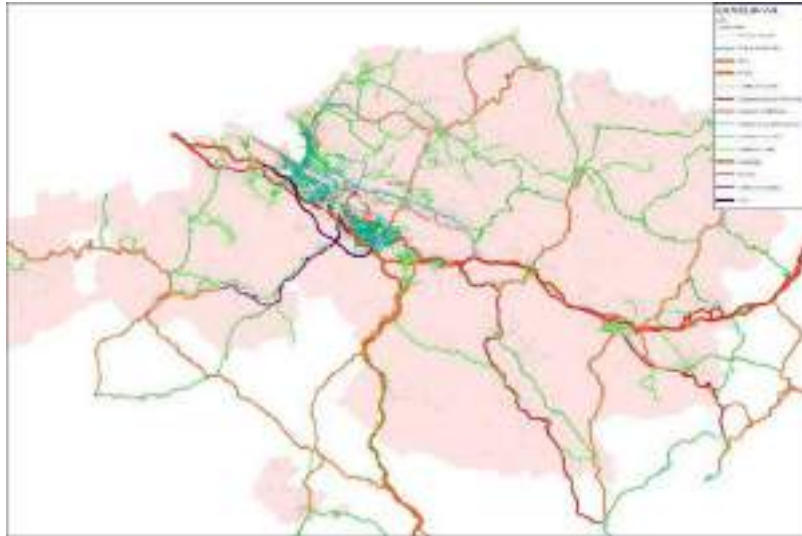
4.- Modelos Macroscòpics

Àmbito y Bases de datos (demografía, actividad etc)



4.- Modelos Macroscópicos

Bases de datos



Redes de transporte (viaria, ferroviaria, etc.) y sus aforos de tráfico



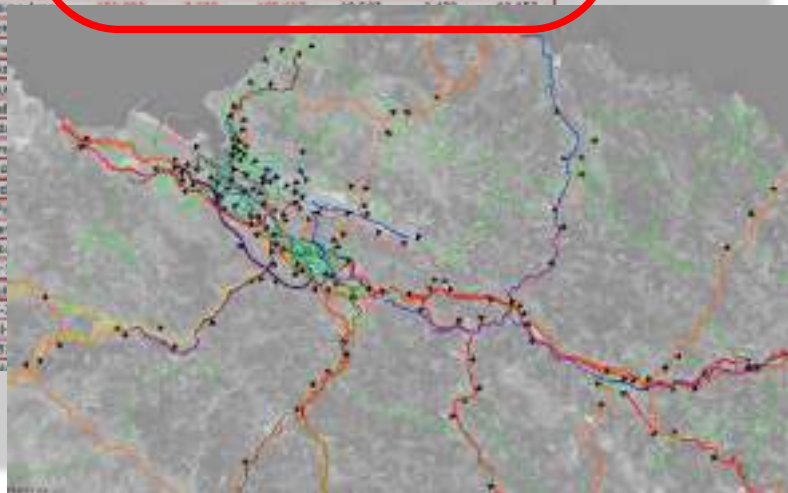
Redes de Servicio público de transporte y sus usuario, paradas (autobús, metro, etc.

4.- Modelos Macroscópicos

Calibración

Tabla 23 IMD Laborable en afloros de tráfico

ID	TIPO	Aflor	A. CARRETERA	C. USUAR	E. TRAMO	Valores OBServados			Valores MODelizados		
						LIG OBS	PES OBS	IMD OBS	LIG MOD	PES MOD	IMD MOD
1	20	106A	M-634	Galdakao	Irubide - Galdakao	11.790	1.191	11.790	9.522	481	30.802
2	20	111A	M-634	Galdakao	Ei Gado - Frisne	20.107	3.661	21.056	70.604	5.530	32.114
3	20	113A	M-634	Izarra	Azconbista - E. La Plaza	10.113	3.648	21.750	24.554	3.332	27.868
4	20	113B	M-634	Izarra	E. Izarra - Durango	20.058	3.105	26.190	26.050	3.773	85.133
5	20	113A	M-634	Beriz	Maldia - Olatueta	8.882	788	10.970	8.993	1.509	30.470
6	20	164A	M-240	Lerma	969a - Lerma	16.052	1.227	18.914	18.480	3.129	33.400
7	20	164B	M-240	Lerma	Lerma - Arrozbista	8.024	1.068	8.092	8.450	953	9.403
8	20	165A	M-240	Igorre	Lerma - Igorre	15.991	2.205	18.597	17.980	2.887	30.178
9	20	182A	A-8	Dierrena	E. Puerto - E. San Fuentz	75.186	7.552	81.130	67.467	6.325	73.592
10	20	182B	M-444	Santurtzi	A-8 - Puerto Santurtzi	17.065	6.716	21.721	15.225	5.942	24.167
11	20	19A	M-634	Bilbao	Berriutu - Zorroze	8.853	1.194	8.894	9.187	770	9.957
12	20	3A	M-634	Bilbao	Hortegi - Erabilan	26.817	1.178	28.114	26.450	1.558	38.941
13	20	21A	A-8	Bilbao	E. Kastrexona - E. Cruces	221.445	8.157	330.792	117.290	4.120	121.408
14	20	34A	A-8	Bilbao	E. Juan de Gura - E. San...	...	...	...	...	...	...
15	20	32A	M-634	Berriolde	Berriolde - Dorret	...	...	...	...	...	...
16	20	34B	M-634	Trapagarán	Ujarte - Zabalá	...	...	...	...	...	...
17	20	37A	M-634	Trapagarán	Trapagarán - San Az	...	...	...	...	...	...
18	20	39A	M-634	Ortuella	Trapagarán - Ortu	...	...	...	...	...	...
19	20	39A	M-634	Ortuella	Nocedal - Ortuell	...	...	...	...	...	...
20	20	40A	M-634	Ortuella	E. Caza - Noced	...	...	...	...	...	...
21	20	40C	M-634	Albentz	E. Caza - Laz Carn	...	...	...	...	...	...
22	20	50A	BI-536	Zalla	Artrabe-Lizaso	...	...	...	...	...	...
23	20	60A	BI-536	Zalla	Lizaso-Balmased	...	...	...	...	...	...
24	20	61A	BI-536	Balmaseda	Balmaseda N - La P.	...	...	...	...	...	...
25	20	80C	M-633	Lona	M-633 - Aempuar	...	...	...	...	...	...
26	20	88C	M-633	Derio	E. Derio - E. Idoke	...	...	...	...	...	...
27	21	103A	BI-2120	Murgia	Zabalando - Int. BI	...	...	...	...	...	...
28	21	103D	BI-651	Murgia	Murgia-Lizaso	...	...	...	...	...	...
29	21	103H	BI-651	Murgia	Int. BI-654 - Int. BI-	...	...	...	...	...	...
30	21	105	BI-651	Murgia	Int. BI-2120 - Int. BI	...	...	...	...	...	...
31	21	103A	BI-653	Muhika	Lansuri - Int. BI-3	...	...	...	...	...	...
32	21	103A	M-434	Cortezubi	Cortezubi - E. Bala	...	...	...	...	...	...



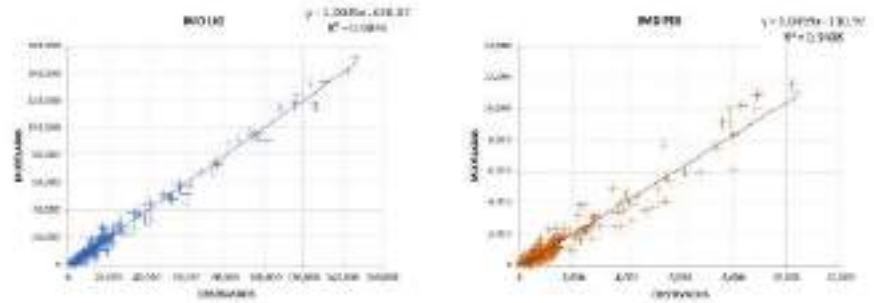
4.- Modelos Macroscópicos

Calibración

Calibración IMD laborable

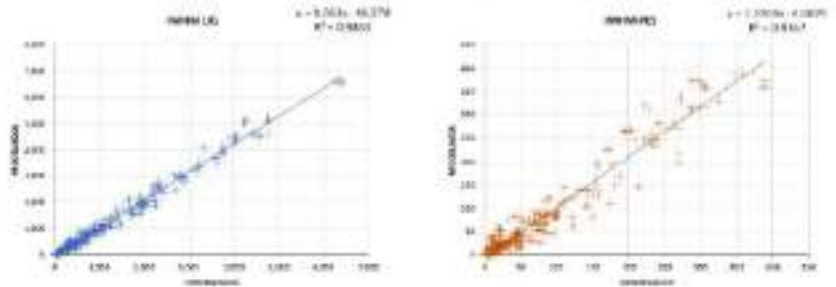
Calibración VELOCIDADES

Figura 52 IMD Laborable en aforos de tráfico en toda el área de estudio



Calibración Hora punta

Figura 55 HPM Laborable en aforos de tráfico en toda el área de estudio



Correlación Mapa de Velocidades GPS- Alineación Modelo HPM

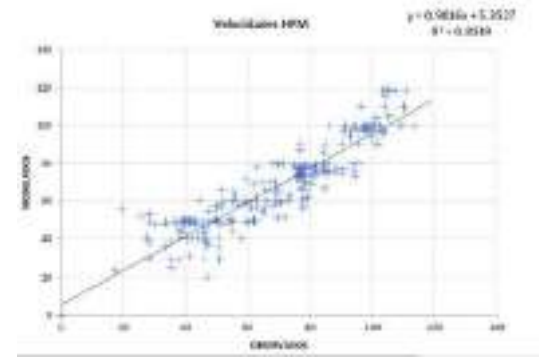
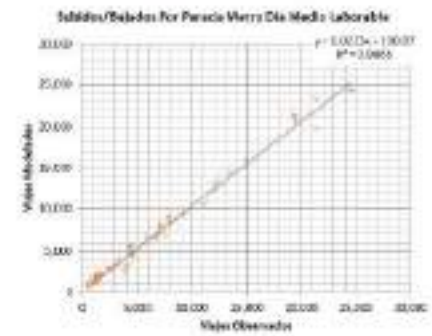


Gráfico de dispersión Viajeros por parada de Metro



Calibración servicio público

4.- Modelos Macroscópicos

ESCENARIOS

Escenarios temporales

- Año base de calibración
- 2028
- 2038
- 2048

Otros Escenarios

- Sin proyecto
- De dimensionamiento
- Posibilista/pesimista

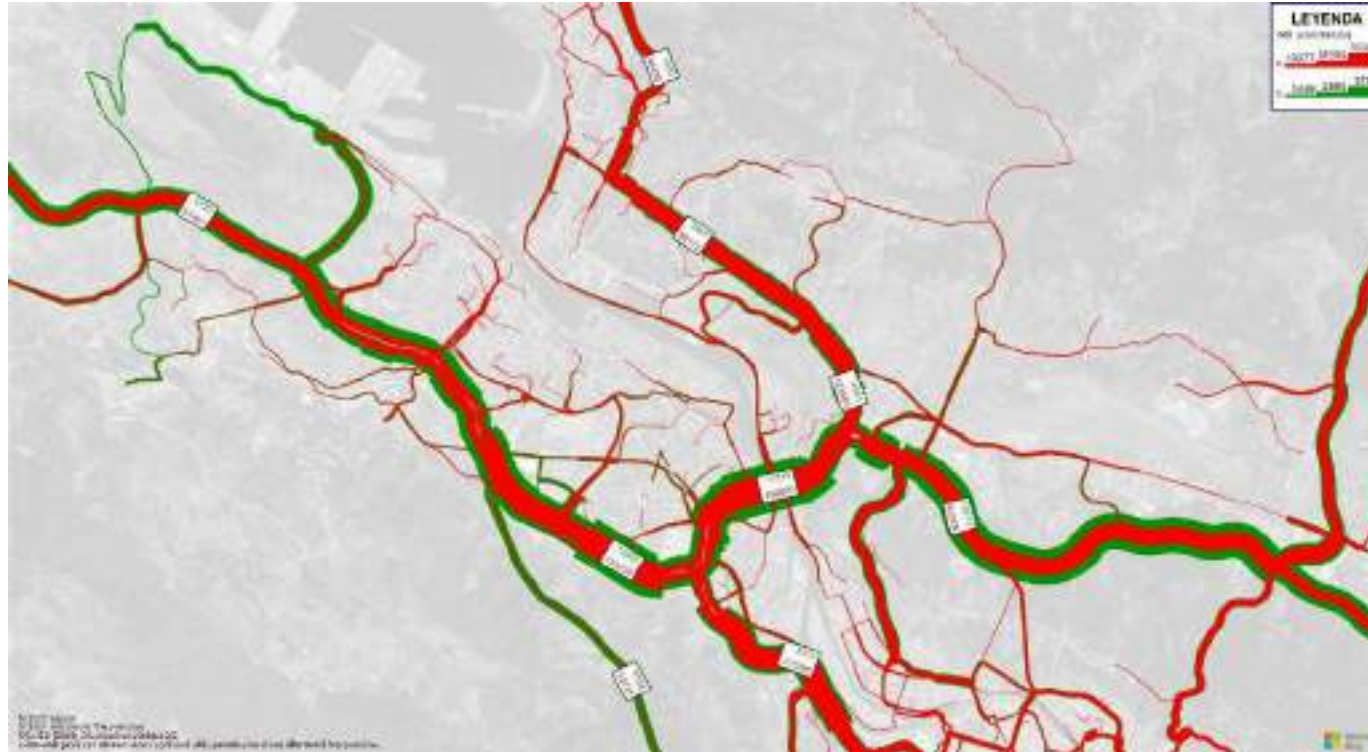
Nuevas infraestructuras a incorporar en años futuros

CRTA	ACTUACIÓN	MMBM Año	Impacto Subf. (1)
SUBPROGRAMA REDUCCIÓN DE IMPACTO EN LA RED EXISTENTE			
BI-10	Reducción de impacto en medio urbano: Variante de Rekalde	2038	(+)
ELIMINACIÓN DE CUELLOS DE BOTELLA			
BI-10	Eliminación de cuellos de botella entre Sestao y Cruces (Sentido Bilbao)	2028	0
BI-11	Eliminación de cuellos de botella Enekuri-Kukularra/Txorierrri	2028	(-)
BI-637	Eliminación de cuellos de botella E. Universidad - Kukularra	2028	(-)
BI-30	Eliminación de cuellos de botella E. Barakaldo-Kukularra (Puente de Rontegi, ambos sentidos)	2028	0
BI-30	Eliminación de cuellos de botella E Asua-Túneles Artxanda (ambos sentidos)	2028	0
AP-8	Eliminación de cuellos de botella Tercer carril en la AP-8, Larrea-Etxano	2038	0
A-8	Eliminación de cuellos de botella: Tercer carril Gallarta - El Haya	2038	0

4.- Modelos Macroscópicos

Resultados

(varios ejemplos)



IMD AÑO BASE
SIN PROYECTO

4.- Modelos Macroscópicos

Resultados

(varios ejemplos)



IMD 2028
CON PROYECTO

4.- Modelos Macroscópicos Resultados

(varios ejemplos)



4.- Modelos Macroscópicos Resultados

(varios ejemplos)

Enlace MI



Enlace MD

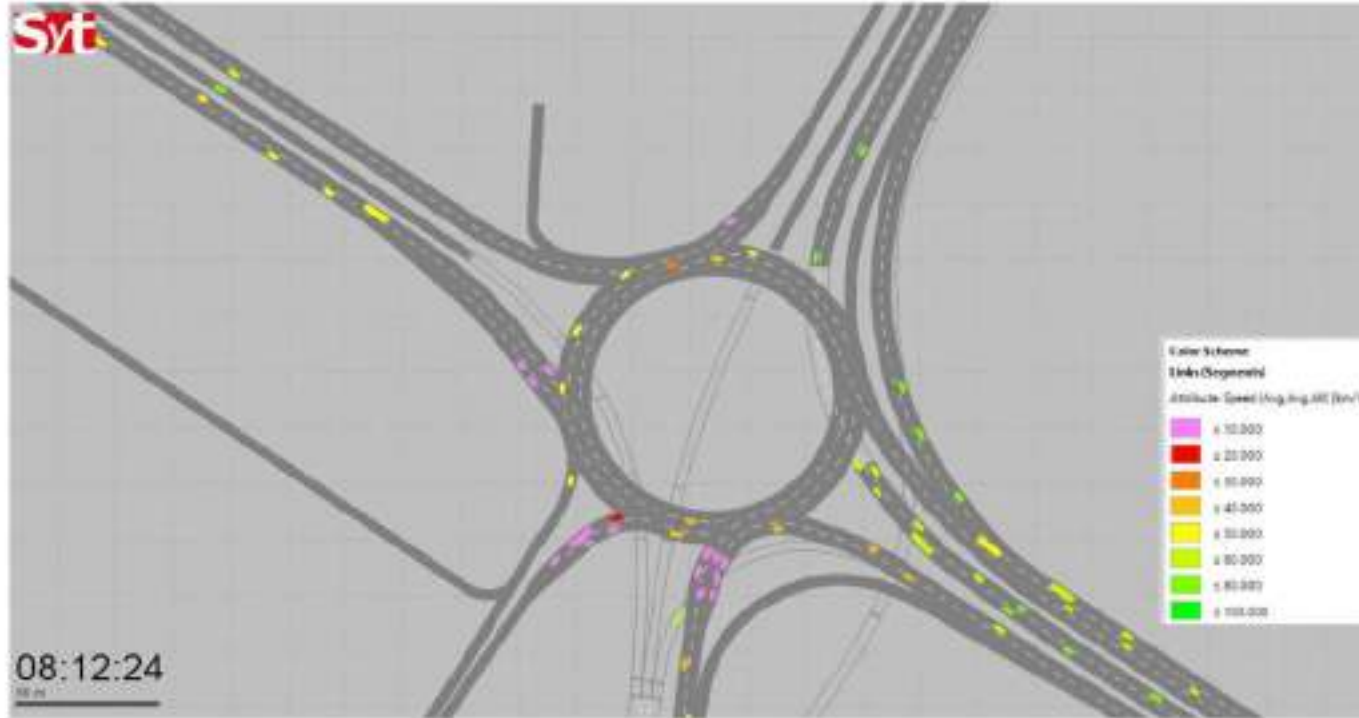


5.- Modelos Microscópicos

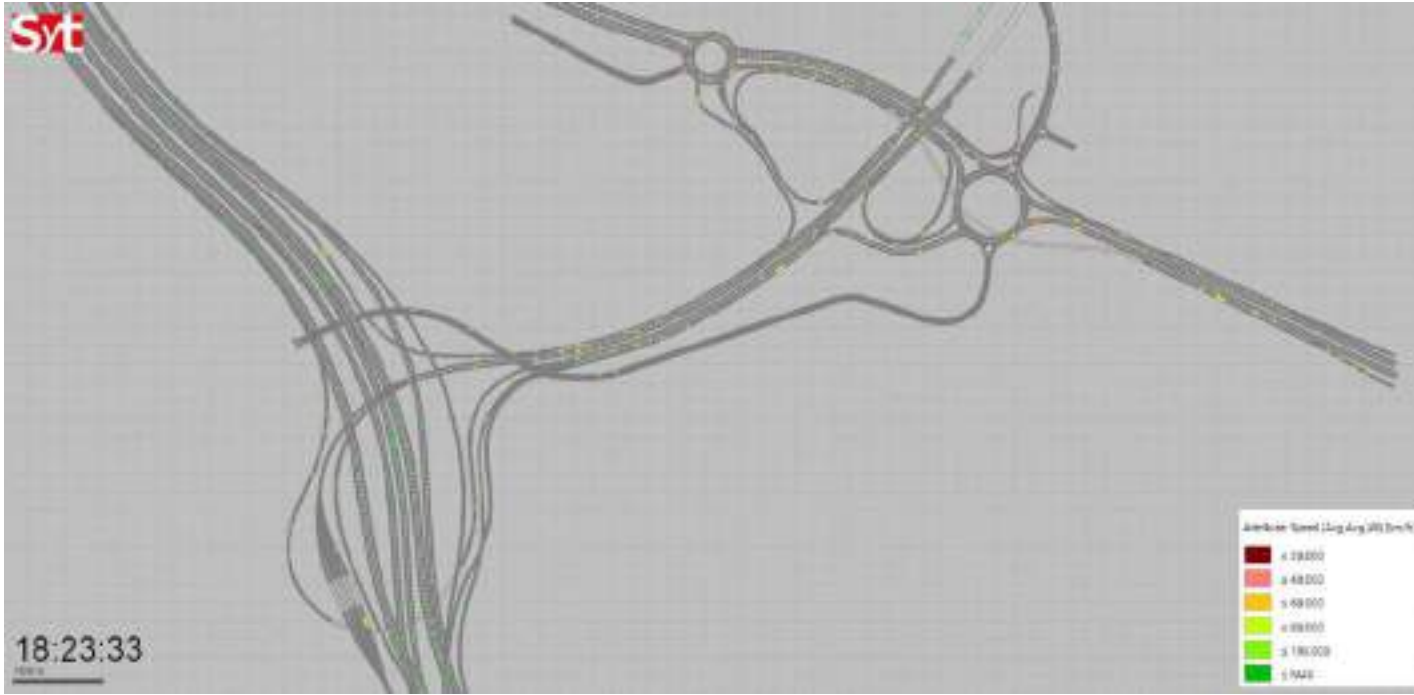
5.- Modelos Microscópicos

- Modeliza cada vehículo
- Usa modelos teóricos
- También requiere calibración.
- Parte de resultados obtenidos en el modelo macro
- En el proyecto se han elaborado modelos microscópicos de cada enlace por parte de la empresa SyT colaboradora de la Diputación construidos sobre el software VISSIM de la firma PTV

5.- Modelos Microscópicos



5.- Modelos Microscópicos



5.- Modelos Microscópicos

Resultados

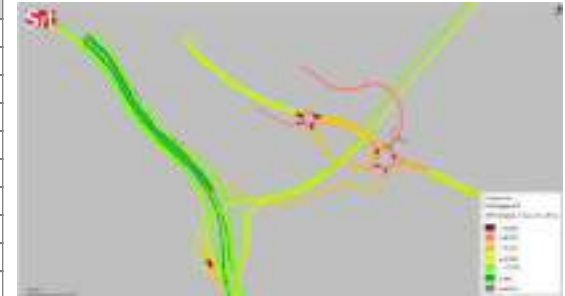
(varios ejemplos)

ROTONDA DE NERVACERO

		VEH (v/h)	DEM (s)	NdS	COLA med (m)
Portugalete	Nervacero	4	5,5	A	2,3
Portugalete	A8/VSM	98	5,7	A	2,3
Portugalete	GI Ballonti	837	5,9	A	2,3
Portugalete	Portugalete	0	0,0	A	2,3
Nervacero	A8/VSM	46	10,8	B	1,1
Nervacero	GI Ballonti	4	9,1	A	1,1
Nervacero	Portugalete	10	9,6	A	1,1
Nervacero	Nervacero	0	0,0	A	1,1
Subfluvial	GI Ballonti	107	12,3	B	6,4
Subfluvial	Portugalete	574	11,5	B	6,4
Subfluvial	Nervacero	0	0,0	A	6,4
Subfluvial	A8/VSM	0	0,0	A	6,4
GI Ballonti	Portugalete	382	6,1	A	1,6
GI Ballonti	Nervacero	15	6,0	A	1,6
GI Ballonti	A8/VSM	580	6,0	A	1,6
GI Ballonti	GI Ballonti	0	0,0	A	1,6
		2.656	7,5	A	3,1

ROTONDA DE GALINDO

		VEH (v/h)	DEM (s)	NdS	COLA med (m)
GI Nervacero	Subfluvial	0	0,0	A	0,4
GI Nervacero	Salcedillo	6	6,8	A	0,4
GI Nervacero	Sest/Barak	1	1,2	A	0,4
GI Nervacero	CC Ballonti	131	6,0	A	0,4
GI Nervacero	GI Nervacero	0	0,0	A	0,4
A8/VSM	Salcedillo	24	4,4	A	2,1
A8/VSM	Sest/Barak	677	5,2	A	2,1
A8/VSM	CC Ballonti	235	5,6	A	2,1
A8/VSM	GI Nervacero	34	5,5	A	2,1
A8/VSM	Subfluvial	0	0,0	A	2,1
Salcedillo	Sest/Barak	14	6,7	A	0,4
Salcedillo	CC Ballonti	0	0,0	A	0,4
Salcedillo	GI Nervacero	29	7,2	A	0,4
Salcedillo	Subfluvial	6	5,8	A	0,4
Salcedillo	Salcedillo	12	6,6	A	0,4
Sest/Barak	CC Ballonti	151	2,6	A	5,7
Sest/Barak	GI Nervacero	751	10,3	B	11,1
Sest/Barak	Subfluvial	538	10,4	B	11,1
Sest/Barak	Salcedillo	39	9,3	A	11,1
Sest/Barak	Sest/Barak	0	0,0	A	11,1
CC Ballonti	GI Nervacero	162	5,3	A	4,2
CC Ballonti	Subfluvial	75	24,0	C	7,0
CC Ballonti	Salcedillo	9	28,2	D	7,0
CC Ballonti	Sest/Barak	84	23,7	C	7,0
CC Ballonti	CC Ballonti	0	0,0	A	7,0
		2.977	8,5	A	6,6
Pasante GI Ballonti		884	0,2	A	0,0



RESULTADOS

- NIVELES DE SERVICIO (NdS)
- LONGITUD DE COLAS (m)

6.- Rentabilidad socio económica

6.- Rentabilidad socio económica

Precios unitarios y otros parámetros						(2021=1 de enero de 2022)	
Id concepto (usado para identificarlo en las notas)	Concepto	Valor	Tipo cambio (u.m./euros)	Unidad monetaria del valor	Tasa actualización del valor	Precio aplicado (en €2017) o Valor Parámetro	Unidad temporal
1	Valor del tiempo Ligeros	23,0300	1 Euro	1 Euro	1,098	25,30	2013
2	Valor del tiempo Pesados	34,5300	1 Euro	1 Euro	1,098	37,93	2013
3	Precio Gasolina Bizkaia (M. Energia)	0,7650	1 €/l	1 €/l	1,00	0,77	2021
4	Precio Gasóleo Bizkaia (M. Energia)	0,7580	1 €/l	1 €/l	1,00	0,76	2021
5	Coste amortización veh Ligero	0,0500	1 €/km	1 €/km	1,098	0,05	2013
6	Coste amortización veh Pesado	0,0530	1 €/km	1 €/km	1,098	0,06	2013
7	Factor consumo lubricante Lig	0,0120	1 l/100 km	1 l/100 km	1,00	0,01	2016
8	Factor consumo lubricante Pes	0,0080	1 l/100 km	1 l/100 km	1,00	0,01	2016
9	Coste lubricante	5,2700	1 €/l	1 €/l	1,098	5,79	2013
10	Coste neumático ligeros	0,0051	1 €/km	1 €/km	1,098	0,01	2013
11	Coste neumático pesados	0,0301	1 €/km	1 €/km	1,098	0,03	2013
12	Coste herido leve	6.100,00	1 €/acc	1 €/acc	1,05	6.388,01	2011
13	Coste herido grave	219.000,00	1 €/herido	1 €/herido	1,05	229.339,94	2011
14	Coste fallecido	1.400.000,00	1 €/fallecido	1 €/fallecido	1,05	1.466.100,07	2011
15	Precio por tonelada CO2	79,72	1 €/t	1 €/t	1,00	79,72	2021
16	Fallecidos 2013	15	1 uf	1 uf	1,00	15,00	2013
17	Heridos Graves 2013	106	1 uf	1 uf	1,00	106,00	2013
18	Heridos Leves 2013	1.403	1 uf	1 uf	1,00	1.403,00	2013
19	Total veh.km 2013	3.222.974.838	1 uf	1 uf	1,00	3.222.974.838	2013
20	IM (10^8 km)	0,47	1 uf	1 uf	1,00	0,47	2013
21	IH Graves (10^8 km)	3,29	1 uf	1 uf	1,00	3,29	2013
22	IH Leves (10^8 km)	43,53	1 uf	1 uf	1,00	43,53	2013
23	Inversion Elegido	2,00	1 uf	1 uf	1,00	2,00	2016
24	Demanda elegida	1,00	1 uf	1 uf	1,00	1,00	2016
25	Consumo combustible (cm3/km) LV	56,73	1 uf	1 uf	1,00	56,73	2016
26	Consumo combustible (cm3/km) HGV	205,84	1 uf	1 uf	1,00	205,84	2016
27	Consumo comb (€/km) LV	0,04	1 €/km	1 €/km	1,00	0,04	2016
28	Consumo comb (€/km) HGV	0,16	1 €/km	1 €/km	1,00	0,16	2016
29	voc LV	0,10	1 €/km	1 €/km	1,00	0,10	2016
30	voc HGV	0,25	1 €/km	1 €/km	1,00	0,25	2016
31	Emisiones comb (€/km) LV	0,00075	1 €/km	1 €/km	16,68	0,01251	2013
32	Ruido	1,95	1 €/1000km	1 €/1000km	1,16	2,26	2010
33	Emisiones	3,30	1 ct€/km	1 ct€/km	1,16	3,83	2010
34	Greenhouse gases	3,50	1 ct€/km	1 ct€/km	1,16	4,06	2010

INPUTS DEL ANALISIS COSTE BENEFICIO

- Ahorros de tiempo
- Reducción de consumo de carburantes, lubricantes, etc,
- Reducción de accidentalidad
- Reducción de emisiones

ESTOS INPUTS DEBEN MONETIZARSE

Parámetros básicos	
Concepto	Valor inicial
Unidad monetaria del resultado	Euro
Tipo de cambio con el euro de la moneda utilizada (eur/u.m.)	1,00
Escala (u.m.)	1.000
Año referencia tasa descuento	2023
Año de referencia de los precios	1 de enero 2017
Tasa de descuento real	4,50%
Año inicio primera inversión	2023
Años duración inversión	4
Año inicio explotación	2027
Duración explotación total	36

7.- Impactos ambientales y cambio climático

7.- Impactos ambientales y cambio climático

Reducción de consumos de operación de vehículos

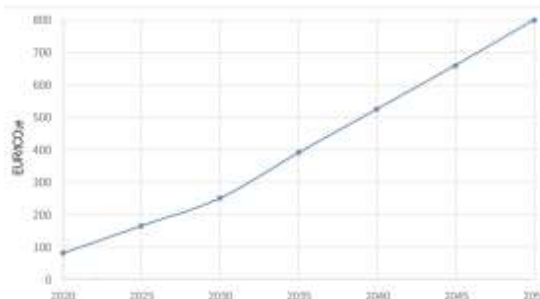
Ton/Año	2026	2038	2048
CO	-82,2	-79,8	-79,7
NO _x	-38,6	-30,4	-32,2
NMOVC	-11,9	-11,5	-11,5
CH ₄	-0,9	-8,8	-0,9
PM	-1,1	-1,1	-1,1
Emissiones lubricantes CO ₂	-16,2	-15,8	-15,8
Emissiones combustible CO ₂	-5.111,6	-5.098,4	-5.163,6

Tabla 1: Ahorros anuales de emisiones y GEI (ton/año). Fuente: elaboración propia.

Litro/Año	2026	2038	2048
Consumo de combustible	-1.945.121	-1.908.256	-1.960.882

Tabla 2: Ahorros anuales de consumo de energía - combustible (litro/año). Fuente: elaboración propia.

Shadow cost of carbon for GHG emissions and reductions in EUR/CO₂e, 2016-prices



8.- Conclusiones y recomendaciones

8.- Conclusiones y recomendaciones

- El diseño de infraestructuras viarias con modelos de tráfico resulta fundamental.
- Los modelos MACROSCOPICOS en una fase inicial, ofrecen unos primeros resultados de usuarios/día, así como de usuarios en puntas de mañana y tarde.
- También ofrecen información sobre ejes viarios que se cargan o descargan de tráfico con la nueva infraestructura diseñada
- Es importante volver a utilizar modelos MACROSCÓPICOS con diseños de conexiones y enlaces más elaborados que en la fase inicial que pueden servir para comparar alternativas y confirmar los resultados.
- Es necesario dedicar unos recursos a entender los resultados del modelo y buscar explicaciones: porque se cargan y descargan ciertos ejes, quienes son los usuarios, que rutas hacían antes, etc..
- Con los modelos MICROSCOPICOS que a veces requieren abarcar amplias zonas, se puede verificar el diseño de enlaces , detectar problemas y optimizar soluciones o plantear fases para diferentes escenarios temporales.
- Los modelos de tráfico son el elemento esencial para estimar ahorros de tiempo en estudios de Coste beneficio (CBA) de la solución elegida, así como para comparar alternativas. (hemos usado modelos macroscópicos)
- Para analizar cuestiones ambientales que también se valoran en los estudios de Coste Beneficio, como reducción de emisiones, también han resultado fundamentales los modelos de tráfico.
- También se puede trabajar la fiabilidad de un sistema metropolitano cuando se introducen nuevas infraestructuras frente a accidentes, episodios de efectos climáticos extremos, etc..
- Es una herramienta fundamental para apoyar la búsqueda de financiación, bien sea para demostrar su efecto neutral o positivo frente a cambio climático, acreditar su rentabilidad social, o justificar la rentabilidad económica en caso de colaboración con iniciativa privada.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

MOLTES GRÀCIES PER LA VOSTRA ATENCIÓ

ESKERRIK ASKO ESKEINI DIGUZUEN ARRETAGATIK