



Escola de Camins

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Annexos

Anàlisi del control semafòric actuat en
interseccions aïllades

Treball realitzat per:

Carles Illera López

Dirigit per:

Álvaro Jorge Maia Seco

Francesc Soriguera Martí

Grau en:

Enginyeria Civil

Barcelona, 19 de Juny de 2014

Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori

TREBALL FINAL DE GRAU

Índex

Annex 1	A3
Annex 2	A4
Annex 3	A5
Annex 4	A6
Annex 5	A7
Annex 6	A8
Annex 7	A10
Annex 8	A12
Annex 9	A13
Annex 10	A14
Annex 11	A15
Annex 12	A17
Annex 13	A19

Annex 1

Vehicles lleugers:

	Valor mitjà	Desviació	Mínim	Màxim
Longitud	4 m	0.50 m	3.50 m	0.50 m
Amplada	2 m	0 m	2 m	0 m
Velocitat desitjada	50 km/h	5 km/h	40 km/h	60 km/h
Acceleració màxima	3 m/s ²	0.2 m/s ²	2.6 m/s ²	3.4 m/s ²
Desacceleració normal	4 m/s ²	0.25 m/s ²	3.50 m/s ²	4.50 m/s ²
Desacceleració màxima	6 m/s ²	0.50 m/s ²	5 m/s ²	7 m/s ²
Acceptació velocitat	1.10	0.10	0.90	1.30
Min. Distància entre vehicles	1 m	0.30 m	0.50 m	1.50 m
Temps màxim "Give Away"	10 Secs	2.50 Secs	5 Secs	15 Secs
Acceptació orientació	100%	0%	100%	100%
Factor de sensibilitat	1.00	0.00	1.00	1.00
Mínim headway	0 Secs	0 Secs	0 Secs	0 Secs

Taula A1. Atributs pels vehicles lleugers

Vehicles pesats:

	Valor mitjà	Desviació	Mínim	Màxim
Longitud	8 m	2 m	6 m	10 m
Amplada	2.25 m	0.2 m	2 m	2.8 m
Velocitat desitjada	45 km/h	5 km/h	40 km/h	50 km/h
Acceleració màxima	1 m/s ²	0.5 m/s ²	0.6 m/s ²	1.8 m/s ²
Desacceleració normal	3.5 m/s ²	1 m/s ²	2.50 m/s ²	4.80 m/s ²
Desacceleració màxima	5 m/s ²	0.50 m/s ²	4 m/s ²	6 m/s ²
Acceptació velocitat	1.05	0.10	1.00	1.10
Min. Distància entre vehicles	1.5 m	0.50 m	1 m	2.50 m
Temps màxim "Give Away"	35 Secs	10 Secs	20 Secs	60 Secs
Acceptació orientació	100%	0%	100%	100%
Factor de sensibilitat	1.00	0.00	1.00	1.00
Mínim headway	0 Secs	0 Secs	0 Secs	0 Secs

Taula A2. Atributs pels vehicles pesats

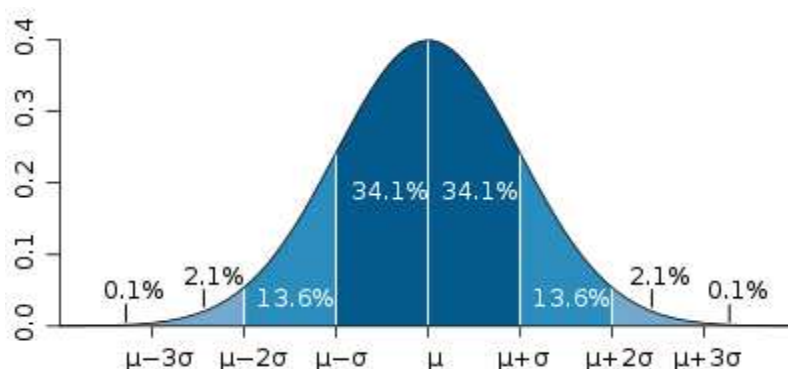


Figura A1. Distribució normal

Annex 2

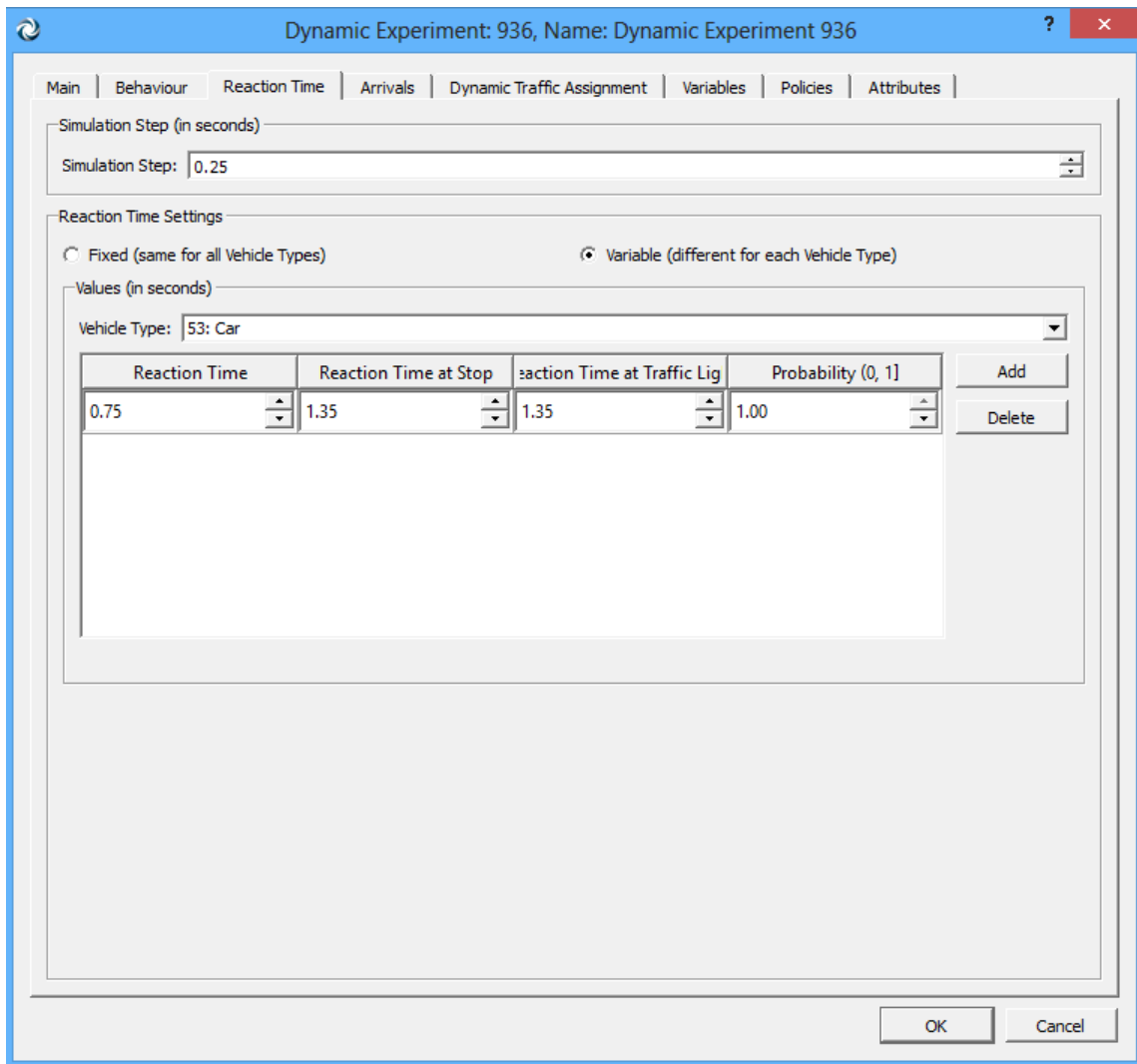


Figura A2. Input per definir al programa Aimsun el temps de reacció normal i el temps de reacció a senyals lluminoses.

Annex 3

Els intervals de temps entre les arribades de dos vehicles consecutius, headway, en seccions d'entrada es representen a partir d'una distribució exponencial (Cowan, 1975). Si definim el flux mitjà d'entrada (en vehicles/segon) com λ , es pot definir el headway mitjà d'entrada com $1/\lambda$ (segons/vehicles).

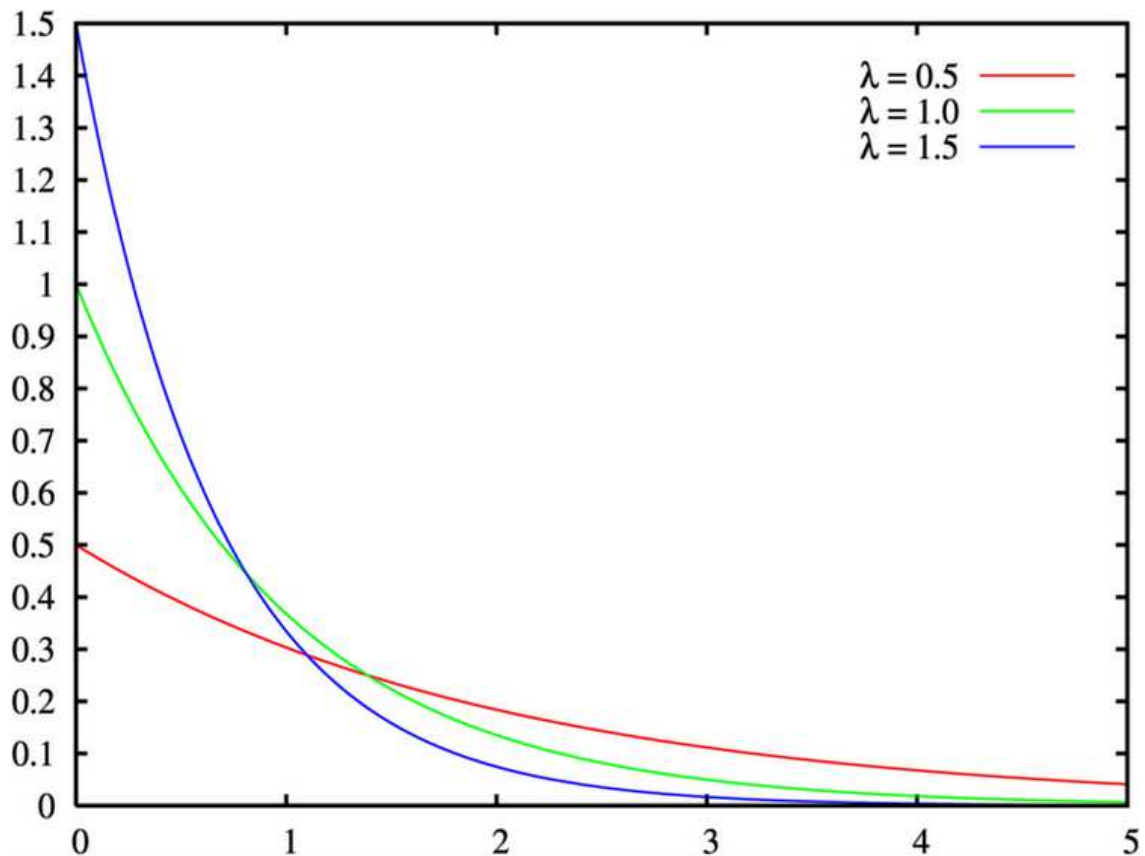


Figura A3. Distribució exponencial (Cowan, 1975)

L'algoritme per calcular el temps entre vehicles (t) es el següent:

```
u = random (0,1)
if ( $\lambda > 0.0$ )
    t = ((-1/  $\lambda$ )·ln(u))
else
    t = max_float
endif
```

Annex 4

Resultats corresponents a l'estudi realitzat per obtenir el número de replicacions òptim. La taula mostra de forma numèrica el gràfic 3.1.

Time	1 seed	5 seeds	10 seeds	20 seeds	30 seeds	100 seeds
7:10	12.82	13.83	14.74	14.76	14.66	14.50
7:20	14.72	15.63	14.75	14.87	14.46	14.56
7:30	13.27	14.69	14.68	14.77	14.73	15.11
7:40	18.45	18.46	18.57	18.41	18.37	18.20
7:50	17.03	18.62	19.35	19.27	19.42	19.92
8:00	23.52	22.71	24.63	23.15	22.51	22.83
8:10	25.95	22.48	22.42	22.43	23.05	23.19
8:20	22.74	21.70	20.86	22.45	21.94	22.92
8:30	22.35	20.42	21.18	21.43	21.30	21.40
8:40	28.50	25.48	25.09	24.14	25.02	24.32
8:50	22.95	24.39	23.01	23.58	23.96	23.98
9:00	19.60	20.32	20.08	20.02	20.06	20.09
9:10	18.09	18.71	19.85	19.54	19.21	19.67
9:20	19.69	18.90	19.32	18.85	19.27	19.23
9:30	15.15	16.37	16.75	16.92	16.97	17.30
9:40	19.15	17.32	16.50	16.71	16.73	16.91
9:50	15.94	15.77	15.46	16.13	16.49	16.75
10:00	12.39	15.33	14.93	15.04	15.18	15.95
	19.02	18.95	19.01	19.02	19.07	19.27

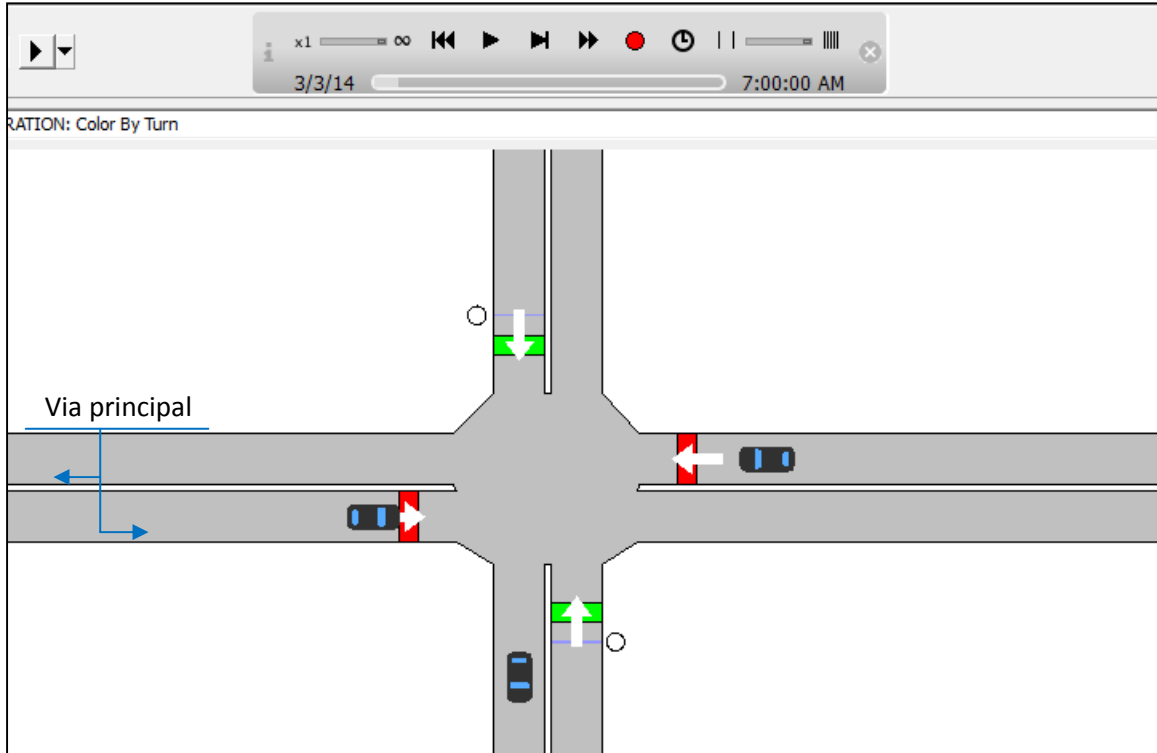
Taula A3. Resultats de l'estudi realitzat per la determinació del número òptim de seeds necessàries per les simulacions d'anàlisi

	1 seed	5 seeds	10 seeds	20 seeds	30 seeds	100 seeds
E_{REL} (100 seeds)	0.0823	0.0378	0.0335	0.0199	0.0164	0

Taula A4. Error relatiu respecta (solució base) de cadascuna de les situacions d'estudi

Annex 5

A) Simulació realitzada amb Warm-Up de 15 minuts:



Imatge A4. Simulació amb Warm-Up de 15 minuts (moment inicial: 7:00h)

B) Simulació realitzada sense cap Warm-Up inicial:

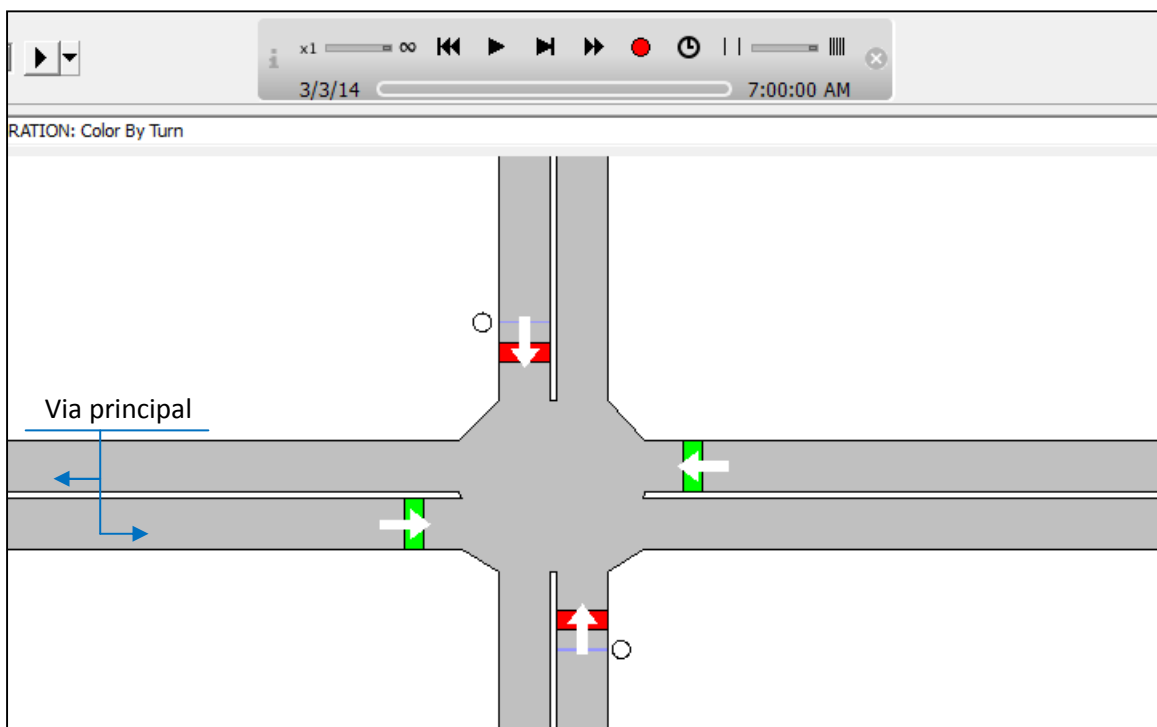


Figura A5. Simulació sense cap Warm-Up inicial (moment inicial: 7:00h)

Annex 6

Escenari A1 // Taxa de saturació 75%

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 30m	Actuada
7:10	14.66	12.15	12.09	9.31
7:20	14.46	13.36	13.19	9.94
7:30	14.73	14.30	13.58	11.12
7:40	18.37	17.32	16.84	14.73
7:50	19.42	18.61	18.08	15.87
8:00	22.51	21.81	20.81	18.58
8:10	23.05	21.37	21.26	18.36
8:20	21.94	21.06	20.77	18.30
8:30	21.30	20.95	20.02	16.82
8:40	25.02	23.74	22.87	20.51
8:50	23.96	22.50	21.74	18.76
9:00	20.06	19.71	19.15	16.12
9:10	19.21	18.80	18.24	15.60
9:20	19.27	17.61	17.34	14.85
9:30	16.97	15.96	15.56	13.47
9:40	16.73	15.94	16.10	13.28
9:50	16.49	15.29	15.22	12.77
10:00	15.18	14.62	14.87	11.98
	19.07	18.06	17.66	15.02

Taula A5. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari A1 amb taxa de saturació 75%, repartició 70-30% i 100% vehicles lleugers (L1)

Escenari A2 // Taxa de saturació 110%

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 40m	Actuada
7:10	24.35	21.50	21.25	12.01
7:20	24.03	22.50	21.00	13.06
7:30	26.18	24.69	25.06	14.89
7:40	32.88	31.89	30.99	25.93
7:50	38.06	37.21	37.26	33.20
8:00	70.99	67.20	65.80	64.20
8:10	100.63	91.71	90.45	88.86
8:20	126.65	112.16	112.35	110.84
8:30	131.36	111.31	112.51	110.16
8:40	140.03	118.22	118.07	116.57
8:50	189.84	161.64	161.43	160.94
9:00	188.34	151.87	152.58	151.06
9:10	141.91	105.33	105.67	102.31
9:20	87.29	57.47	56.63	52.31
9:30	44.63	32.85	32.88	22.91
9:40	31.37	28.33	28.86	20.29
9:50	29.40	28.77	27.68	19.75
10:00	27.57	26.41	26.13	16.55
	80.86	68.39	68.14	63.10

Taula A6. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari A2 amb taxa de saturació 110%, repartició 70-30% i 100% vehicles lleugers (L1)

Annex 7

Escenari A3 // Taxa de saturació 75%

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Actuada
7:10	8.22	5.90	4.83
7:20	9.54	7.39	5.90
7:30	10.52	8.57	7.77
7:40	12.65	11.61	10.33
7:50	15.27	13.76	12.88
8:00	16.27	15.00	14.31
8:10	17.74	16.61	14.67
8:20	17.80	16.11	13.63
8:30	16.96	15.26	13.17
8:40	17.95	16.58	14.71
8:50	18.95	16.52	14.31
9:00	14.86	13.39	12.16
9:10	13.88	12.89	11.23
9:20	13.74	12.73	10.89
9:30	12.24	10.98	9.50
9:40	11.71	10.22	9.03
9:50	11.38	10.57	8.90
10:00	10.98	9.23	8.14
	13.93	12.41	10.91

Taula A7. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari A3 amb taxa de saturació 75%, repartició 90-10% i 100% vehicles lleugers (L1)

Escenari A4 // Taxa de saturació 110%

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 20m	Actuada
7:10	12.91	11.84	11.92	7.48
7:20	12.89	12.73	12.78	8.69
7:30	14.63	14.35	13.97	9.71
7:40	18.97	19.09	19.11	15.57
7:50	22.65	22.10	22.04	18.68
8:00	34.45	33.45	34.07	27.48
8:10	41.11	40.34	39.29	30.16
8:20	45.28	44.30	43.54	32.51
8:30	41.25	39.50	38.44	25.18
8:40	45.21	43.31	42.37	28.56
8:50	58.73	56.07	53.66	39.49
9:00	46.25	43.37	43.06	23.54
9:10	38.38	37.08	37.01	17.74
9:20	31.36	31.05	30.34	15.56
9:30	22.66	21.30	20.74	13.40
9:40	17.98	17.19	17.07	13.13
9:50	17.52	17.14	16.41	12.29
10:00	15.59	14.92	15.16	10.76
	29.88	28.84	28.39	19.44

Taula A8. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari A4 amb taxa de saturació 110%, repartició 90-10% i 100% vehicles lleugers (L1)

Annex 8

Escenari A5 // Taxa de saturació 110%

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 40m	Actuada
7:10	23.54	24.67	23.96	13.17
7:20	25.47	25.11	25.12	13.55
7:30	27.81	26.11	26.19	15.65
7:40	34.31	32.24	31.84	21.12
7:50	38.76	37.41	37.50	25.88
8:00	73.84	69.95	69.30	59.18
8:10	108.18	100.81	99.88	88.33
8:20	142.48	130.71	128.94	116.06
8:30	150.21	133.74	131.65	119.15
8:40	167.02	145.92	144.13	130.54
8:50	227.15	200.68	199.25	184.35
9:00	240.64	205.53	204.55	186.78
9:10	188.47	150.84	149.68	126.62
9:20	116.20	81.63	76.62	53.24
9:30	51.49	35.23	34.67	20.99
9:40	33.00	29.66	29.00	17.92
9:50	30.60	29.29	29.16	18.06
10:00	29.03	28.06	27.71	16.47
	94.90	82.64	81.62	68.17

Taula A9. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari A5 amb taxa de saturació 110%, repartició 50-50% i 100% vehicles lleugers (L1)

Annex 9

Escenari B1 // Taxa de saturació 110%

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 40m	Actuada
7:10	24.35	21.50	21.25	12.01
7:20	24.03	22.50	21.00	13.06
7:30	26.18	24.69	25.06	14.89
7:40	32.88	31.89	30.99	25.93
7:50	38.06	37.21	37.26	33.20
8:00	70.99	67.20	65.80	64.20
8:10	100.63	91.71	90.45	88.86
8:20	126.65	112.16	112.35	110.84
8:30	131.36	111.31	112.51	110.16
8:40	140.03	118.22	118.07	116.57
8:50	189.84	161.64	161.43	160.94
9:00	188.34	151.87	152.58	151.06
9:10	141.91	105.33	105.67	102.31
9:20	87.29	57.47	56.63	52.31
9:30	44.63	32.85	32.88	22.91
9:40	31.37	28.33	28.86	20.29
9:50	29.40	28.77	27.68	19.75
10:00	27.57	26.41	26.13	16.55
	80.86	68.39	68.14	63.10

Taula A10. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari B1 amb taxa de saturació 110%, repartició 70-30% i 100% vehicles lleugers (L2)

Annex 10

Escenari C1 // Taxa de saturació 110%

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 40m	Actuada
7:10	22.89	18.79	18.02	11.15
7:20	23.97	20.50	18.65	12.24
7:30	25.95	20.70	20.29	13.63
7:40	30.64	26.00	25.39	18.65
7:50	34.22	30.25	29.87	23.34
8:00	49.13	44.93	42.86	38.92
8:10	56.20	51.57	50.41	45.07
8:20	58.27	51.51	50.67	45.19
8:30	46.75	37.45	38.45	35.12
8:40	55.41	46.26	47.25	43.49
8:50	69.09	55.59	57.02	55.35
9:00	47.51	38.56	38.39	34.14
9:10	35.93	29.53	29.51	23.29
9:20	31.91	29.11	27.81	19.67
9:30	29.36	25.13	24.92	16.44
9:40	28.79	23.87	24.44	16.50
9:50	28.38	24.39	23.19	15.50
10:00	27.32	21.64	21.78	14.87
	38.98	33.10	32.72	26.81

Taula A11. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari C1 amb taxa de saturació 110%, repartició 70-30% i 100% vehicles lleugers (L3)

Annex 11

Escenari B2 // Taxa de saturació 110% (amb sensor D2' i D3')

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 40m	Actuada
7:10	22.97	20.57	20.55	12.15
7:20	23.78	21.71	22.28	12.84
7:30	24.33	23.76	23.38	14.40
7:40	29.72	27.92	28.08	20.41
7:50	34.15	32.94	32.40	25.85
8:00	54.85	51.41	50.06	45.74
8:10	75.45	69.97	69.09	62.55
8:20	95.24	85.75	85.15	78.43
8:30	101.36	87.80	86.57	78.96
8:40	106.98	91.09	89.31	80.23
8:50	142.17	122.13	121.32	111.12
9:00	145.93	119.02	117.18	104.04
9:10	113.98	84.03	82.71	66.44
9:20	70.47	46.99	45.95	29.17
9:30	37.31	29.26	28.75	18.00
9:40	29.49	26.79	26.56	17.21
9:50	27.59	26.01	25.91	16.95
10:00	25.64	24.20	23.51	14.81
	64.52	55.07	54.38	44.96

Taula A12. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari B2 amb taxa de saturació 110%, repartició 70-30% i 100% vehicles lleugers (L2)

Escenari B3 // Taxa de saturació 110% (sense sensor D2' i D3')

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 40m	Actuada
7:10	22.97	20.57	20.91	11.34
7:20	23.78	21.71	21.58	12.76
7:30	24.33	23.76	22.24	13.67
7:40	29.72	27.92	28.54	19.07
7:50	34.15	32.94	33.07	23.95
8:00	54.85	51.41	49.51	42.93
8:10	75.45	69.97	67.70	60.76
8:20	95.24	85.75	84.09	76.90
8:30	101.36	87.80	86.74	76.83
8:40	106.98	91.09	88.06	78.45
8:50	142.17	122.13	118.57	109.51
9:00	145.93	119.02	115.67	100.84
9:10	113.98	84.03	80.27	64.12
9:20	70.47	46.99	44.51	26.24
9:30	37.31	29.26	29.17	16.49
9:40	29.49	26.79	26.74	15.85
9:50	27.59	26.01	25.63	15.57
10:00	25.64	24.20	23.10	14.38
	64.52	55.07	53.67	43.31

Taula A13. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari B3 amb taxa de saturació 110%, repartició 70-30% i 100% vehicles lleugers (L2)

Annex 12

Escenari D1 // Taxa de saturació 75% - 10% pesats

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 40m	Actuada
7:10	13.88	13.01	12.65	9.03
7:20	15.79	13.67	13.24	10.06
7:30	15.77	14.90	14.17	10.90
7:40	19.58	18.38	18.17	13.73
7:50	21.41	20.38	20.12	15.94
8:00	24.70	23.65	23.95	17.37
8:10	26.46	25.82	25.64	19.01
8:20	24.55	23.85	23.83	17.58
8:30	20.86	20.36	19.21	15.89
8:40	26.04	25.28	24.20	19.40
8:50	26.88	25.30	25.08	18.75
9:00	21.80	21.25	20.32	15.70
9:10	21.83	21.69	20.72	14.96
9:20	20.17	19.49	19.08	14.71
9:30	18.42	17.57	17.61	12.81
9:40	17.63	17.15	17.14	13.16
9:50	16.85	16.58	16.18	12.52
10:00	16.42	15.79	15.13	11.64
	20.50	19.67	19.25	14.62

Taula A14. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari D1 amb taxa de saturació 75%, repartició 70-30% i 10% vehicles pesats

Escenari D2 // Taxa de saturació 110% - 10% pesats

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 40m	Actuada
7:10	24.87	23.58	22.10	12.33
7:20	25.21	23.80	23.26	14.18
7:30	27.19	25.10	25.00	15.24
7:40	32.36	30.79	30.38	23.15
7:50	38.40	37.59	36.59	30.88
8:00	60.60	56.97	56.21	51.24
8:10	73.28	67.13	68.65	62.64
8:20	79.76	73.85	72.37	65.51
8:30	80.98	71.31	71.05	64.96
8:40	86.56	75.70	75.20	71.02
8:50	108.77	96.03	95.17	92.78
9:00	97.34	80.60	78.23	74.89
9:10	66.45	56.88	48.26	45.29
9:20	44.61	41.01	36.79	28.96
9:30	31.19	29.83	29.30	20.21
9:40	30.64	28.84	28.26	20.10
9:50	29.32	28.55	28.46	19.00
10:00	28.16	25.67	25.39	16.63
	53.65	48.51	47.26	40.50

Taula A15. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari D2 amb taxa de saturació 110%, repartició 70-30% i 10% vehicles pesats

Annex 13

Escenari E1 // Taxa de saturació 110% - 20% pesats

Temps	Temps fixos	Semi-actuada	Semi-actuada D2 = 40m	Actuada
7:10	24.36	22.52	22.54	12.48
7:20	25.73	22.29	23.27	13.81
7:30	27.70	26.79	25.64	15.94
7:40	31.84	31.10	29.79	23.79
7:50	37.48	36.50	35.82	30.31
8:00	59.08	57.50	54.14	51.36
8:10	74.05	70.47	67.15	63.26
8:20	75.81	70.22	68.11	61.88
8:30	69.84	62.89	62.06	51.28
8:40	77.90	72.92	72.84	60.19
8:50	100.57	92.00	90.72	78.21
9:00	89.09	76.67	75.89	49.61
9:10	70.42	57.18	55.89	33.22
9:20	51.61	45.53	44.97	26.62
9:30	38.04	33.18	30.71	21.62
9:40	31.40	30.42	29.88	21.21
9:50	30.31	30.49	29.33	20.18
10:00	27.92	26.28	26.03	17.43
	52.40	48.05	46.93	36.24

Taula A16. Eficiència de les estratègies d'estudi per a l'escenari E1 amb taxa de saturació 110%, repartició 70-30% i 20% vehicles pesats

