

CLASE AUXILIAR Nº2 TRÁNSITO Y EJES EQUIVALENTES

Cálculo de las solicitudes de tránsito.

El tránsito (volumen y características) es una variable fundamental en la ingeniería vial, pues constituye un antecedente básico para:

- La categorización de una carretera.
- El diseño geométrico de calzada principal e intersecciones.
- El diseño de pavimentos.

Por los caminos circulan vehículos muy diversos, en cuanto a sus tipos, dimensiones, pesos y composición de ruedas.

Los procedimientos de diseño de pavimentos consideran al tránsito de acuerdo a las siguientes características:

- Volumen y composición (TMDA).
- Peso (estratigrafía de pesos por eje).
- Crecimiento (tasas de crecimiento vehicular)

TMDA

El tránsito medio diario anual (TMDA) es el indicador que define el total de vehículos que circula como promedio diario en un año. Si del TMDA se resta el tránsito liviano, quedan sólo los camiones y buses, que son los que interesan para el diseño de los pavimentos. El tránsito pesado medio diario anual, TMDAC, es el indicador adecuado para calcular las solicitudes de diseño sólo cuando no existen variaciones estacionales significativas en los demás parámetros que intervienen en el comportamiento del pavimento; si ello no es así, como por ejemplo, en zonas donde en invierno existe penetración de la helada en el suelo de la subrasante o cuando existan variaciones significativas del nivel freático, el TMDAC debe desagregarse dividiendo el año en periodos durante los cuales los otros factores se mantienen sensiblemente constantes.

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL TRANSITO PESADO
EN CARRETERAS UNIDIRECCIONALES DE DOS Y MAS PISTAS**

TMDA Por dirección	2 PISTAS		3 o MAS PISTAS		
	Interna	Externa	Interna ¹	Central	Externa
2.000	6	94	6	12	82
4.000	12	88	6	18	76
6.000	15	85	7	21	72
8.000	18	82	7	23	70
10.000	19	81	7	25	68
15.000	23	77	7	28	65
20.000	25	75	7	30	63
25.000	27	73	7	32	61
30.000	28	72	8	33	59
35.000	30	70	8	34	58
40.000	31	69	8	35	57
50.000	33	67	8	37	55
60.000	34	66	8	39	53
70.000	--	--	8	40	52
80.000	--	--	8	41	51
100.000	--	--	9	42	49

¹ Porcentaje combinado para una o más pistas

Estratigrafía de Pesos por Eje




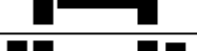




Uno de los principales aportes del ensayo AASHO Road Test, fue establecer un procedimiento para transformar los diferentes tipos y pesos de ejes que circulan por un camino, a un eje patrón único. El sistema ideado en esa prueba ha demostrado su conveniencia, a tal punto que la mayoría de los métodos y análisis desarrollados con posterioridad han adoptado tanto el concepto como el procedimiento de cálculo.

Factor de Ejes Equivalentes

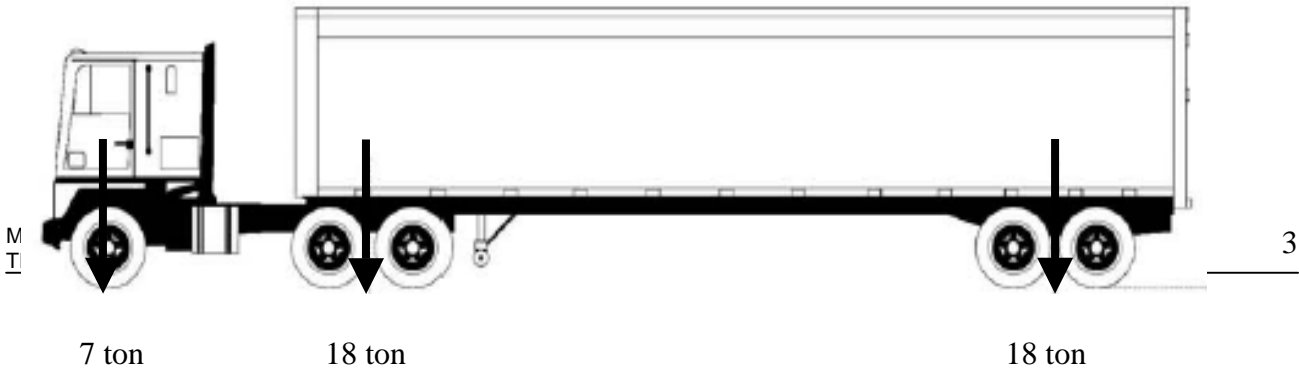
AASHTO transforma los diferentes ejes que circulan por una ruta, a un eje simple de rueda doble (E.S.R.D) de 80 KN (18 Kips) de peso, considerado como eje patrón. El factor de equivalencia es el cociente que resulta entre el número de ejes de una configuración y peso, necesarios para originar una determinada pérdida de serviciabilidad, respecto del número de ejes patrón requeridos para producir la misma pérdida de serviciabilidad; el valor de este cociente es el Factor de Ejes Equivalentes.

PESOS MAXIMOS POR EJE Y SUS COMBINACIONES

Tipo de Eje	Tipo de Rodado	Ton	Tolerancia Ton
Simple	Simple	7	0,35
Simple	Doble	11	0,60
Doble	Simple	14	0,70
Doble	Uno doble + uno simple	16	0,75
Doble	Doble	18	0,90
Triple	Simples	19	0,95
Triple	Dos dobles + uno simple	23	1,10
Triple	Doble	25	1,20

EJES CONVENCIONALES			
EJE		Límite (Tons.)	Tolerancia (Kg.)
	Simple	7	350
	Doble	11	600
	Simples	14	700
	Doble y Simple	16	750
	Dobles	18	900
	Simples	19	950
	Doble Doble y Simple	23	1100
	Dobles	25	1200
Peso Bruto Total del Vehículo (Tara + Carga)		45	1400

Factor EE x =
$$\frac{\text{(Número de ejes de X peso (kN) que causan una determinada pérdida de serviciabilidad)}}{\text{(Número de ejes de 80 kN que causan la misma pérdida de serviciabilidad)}}$$



Cálculo del Factor de Equivalencia para Pavimentos Flexibles

$$\log\left(\frac{1}{FEE}\right) = 4,79 \times \log(18 + 1) - 4,79 \times \log(L_x + L_2) + 4,33 \times \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4,2 - p_t}{4,2 - 1,5}\right)$$

$$\beta_x = 0,40 + \frac{0,08 \times (L_x + L_2)^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} \times L_2^{3,23}}$$

Cálculo del Factor de Equivalencia para Pavimentos Rígidos

$$\log\left(\frac{1}{FEE}\right) = 4,62 \times \log(18 + 1) - 4,62 \times \log(L_x + L_2) + 3,28 \times \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4,5 - p_t}{4,5 - 1,5}\right)$$

$$\beta_x = 0,40 + \frac{3,63 \times (L_x + L_2)^{5,20}}{(D + 1)^{4,46} \times L_2^{3,52}}$$

donde:

FEE: factor de eje equivalente.

L_x : Peso del eje en kips (kilo libras)

L_2 : código del eje.

β_x : factor que depende del tipo y código del eje, y del número estructura SN o espesor de la losa según se trate de pavimento flexible o rígido respectivamente.

β_{18} : valor de β para el eje equivalente.

SN: Número Estructural (Structural Number), en pulgadas.

D: Espesor de la losa, en pulgadas.

p_t : Índice de Serviciabilidad Final

MANUAL DE CARRETERAS VOL. Nº 3 DISEÑO	FACTORES DE EJES EQUIVALENTES EJES SIMPLES - RUEDA DOBLE		3.603.202 A1	
			Junio 2002	
RANGOS KN	FLEXIBLES		RIGIDOS	
	pf = 2,0	pf = 2,5	pf = 2,0	pf = 2,5
< 30	0,007	0,008	0,008	0,008
30 - 40	0,028	0,032	0,030	0,030
40 - 50	0,083	0,092	0,085	0,086
50 - 60	0,20	0,21	0,198	0,200
60 - 70	0,41	0,43	0,406	0,409
70 - 80	0,76	0,77	0,753	0,756
80 - 90	1,29	1,27	1,30	1,29
90 - 100	2,07	1,95	2,10	2,07
100 - 110	3,17	2,85	3,23	3,14
110 - 120	4,70	4,00	4,80	4,60
120 - 130	6,60	5,50	6,80	6,40
130 - 140	9,20	7,20	9,40	8,70
140 - 150	12,4	9,50	12,8	11,5
150 - 160	16,5	12,3	17,0	15,0
160 - 170	21,6	15,6	22,2	19,3
170 - 180	27,9	19,7	28,6	24,6
Los factores de pavimentos flexibles son para NE = 120 mm (5") y los rígidos para H = 230 mm (9")				

MANUAL DE CARRETERAS		FACTORES DE EJES EQUIVALENTES EJES DOBLES - RUEDA DOBLE		3.603.202 A2
VOL. Nº 3 DISEÑO				Diciembre 2001
RANGOS KN	FLEXIBLES		RIGIDOS	
	pf = 2,0	pf = 2,5	pf = 2,0	pf = 2,5
< 50	0,004	0,004	0,008	0,008
50 - 60	0,014	0,016	0,029	0,029
60 - 70	0,03	0,03	0,06	0,06
70 - 80	0,05	0,06	0,10	0,10
80 - 90	0,09	0,10	0,17	0,17
90 - 100	0,14	0,16	0,27	0,27
100 - 110	0,22	0,24	0,41	0,41
110 - 120	0,33	0,36	0,60	0,61
120 - 130	0,47	0,50	0,86	0,86
130 - 140	0,66	0,69	1,20	1,19
140 - 150	0,89	0,92	1,63	1,61
150 - 160	1,20	1,21	2,16	2,13
160 - 170	1,60	1,50	2,80	2,70
170 - 180	2,00	2,00	3,60	3,50
180 - 190	2,60	2,40	4,60	4,40
190 - 200	3,20	3,00	5,70	5,40
200 - 210	3,90	3,60	7,10	6,60
210 - 220	4,80	4,30	8,60	7,90
220 - 230	5,80	5,10	10,50	9,50
230 - 240	7,00	6,00	12,60	11,3
240 - 250	8,40	7,00	15,00	13,30
250 - 260	9,90	8,10	17,80	15,60
260 - 270	11,7	9,30	21,00	18,2
270 - 280	13,60	10,70	24,60	21,10
280 - 290	15,90	12,30	28,70	24,50
Los factores de pavimentos flexibles son para NE = 120 mm (5") y los rígidos para H = 230 mm (9")				

MOP - DGOP - DIRECCION DE VIALIDAD - CHILE

MANUAL DE

CARRETERAS

VOL. N° 3 DISEÑO

FACTORES DE EJES EQUIVALENTES
EJES TRIPLES - RUEDA DOBLE

3.603.202 A3

Junio 2002

RANGOS KN	FLEXIBLES		RIGIDOS	
	pf = 2,0	pf = 2,5	pf = 2,0	pf = 2,5
< 60	0,002	0,002	0,007	0,007
60 - 70	0,007	0,008	0,019	0,020
70 - 80	0,012	0,013	0,034	0,034
80 - 90	0,020	0,022	0,055	0,056
90 - 100	0,031	0,035	0,087	0,087
100 - 110	0,047	0,053	0,130	0,131
110 - 120	0,069	0,078	0,189	0,191
120 - 130	0,10	0,11	0,27	0,27
130 - 140	0,14	0,15	0,37	0,37
140 - 150	0,19	0,21	0,50	0,50

AÑO	TMDA POR SENTIDO EN EL AÑO						EE ASFALTO (miles)	
	LIVIANOS	C. SIMPLE	C. MULT	BUS INTER	BUS URB	TOTAL	DEL AÑO	ACUMUL
2000	11.592	397	369	27	314	12.698	509	509
2001	12.798	415	390	28	328	13.958	535	1.044
2002	14.129	434	411	30	342	15.346	563	1.607
2003	15.598	453	434	32	358	16.874	592	2.199
2004	17.220	474	457	34	374	18.559	623	2.822
2005	19.011	495	483	36	391	20.415	656	3.478
2006	20.437	512	509	38	408	21.904	688	4.166
2007	21.970	530	536	40	426	23.502	722	4.888
2008	23.617	549	565	43	445	25.218	758	5.646
2009	25.389	568	596	45	464	27.061	796	6.442
2010	27.293	588	628	48	485	29.041	836	7.278
2011	28.657	606	662	50	505	30.481	877	8.155
2012	30.090	625	697	53	527	31.993	920	9.075
2013	31.595	644	735	56	550	33.580	965	10.040
2014	33.174	664	775	59	573	35.246	1.013	11.052
2015	34.833	685	817	62	598	36.995	1.063	12.115
2016	36.575	706	861	66	624	38.831	1.115	13.230
2017	38.404	728	907	70	651	40.759	1.170	14.400
2018	40.324	750	956	73	679	42.782	1.228	15.628
2019	42.340	774	1.008	77	708	44.906	1.289	16.917

MANUAL DE CARRETERAS		EJES EQUIVALENTES POR VEHICULO				3.603.202 C	
VOL. N° 3 DISEÑO		Junio 2002					
PLAZA LOCALIZACION	PISTAS	CAMINO SIMPLE pf = 2,0 pf = 2,5		CAMION MULTIPLE pf = 2,0 pf = 2,5		BUS pf = 2,0 pf = 2,5	
PAVIMENTOS FLEXIBLES							
CHACALLUTA	12	0,47	0,45	2,66	2,49	1,86	1,77
RUTA 5 N km.2.081	34	0,52	0,52	2,16	2,03	1,47	1,41
LA NEGRA	12	0,36	0,35	1,88	1,78	1,68	1,35
RUTA 5 N km 1.351	34	0,49	0,48	2,02	1,93	2,04	1,93
LA SERENA	34	0,28	0,28	1,71	1,62	1,63	1,56
RUTA 5 N km 475							
LAMPA	12	0,38	0,38	1,97	1,88	1,71	1,65
RUTA 5 N km 27,5	34	0,41	0,41	2,03	1,93	1,81	1,75
CURACAVI	12	0,30	0,30	1,60	1,53	2,03	1,95
RUTA 68 km 55	34	0,30	0,30	1,45	1,39	2,11	2,03
EL MONTE	12	0,34	0,33	1,62	1,57	1,73	1,68
RUTA 78	34	0,34	0,34	1,67	1,58	1,74	1,68
SAN FRANCISCO	12	0,71	0,70	2,01	1,92	1,90	1,84
RUTA 5 S km 63	34	0,62	0,61	2,93	2,78	2,00	1,92
CONCEPCION	12	0,57	0,56	2,77	2,61	1,61	1,54
RUTA 148 km 10	34	0,30	0,30	2,30	2,16	1,38	1,33
LOS HORCONES	34	1,21	1,17	4,22	3,78	2,08	1,94
RUTA 160 km 60							
LOS ANGELES	12	0,33	0,32	2,58	2,41	1,88	1,78
RUTA 5 S km 500	34	0,27	0,27	3,33	3,16	1,66	1,59
PAVIMENTOS RIGIDOS							
CHACALLUTA	12	0,47	0,46	3,72	3,59	1,93	1,89
RUTA 5 N km.2.081	34	0,53	0,53	2,88	2,76	1,53	1,51
LA NEGRA	12	0,50	0,50	3,12	3,02	2,44	2,38
RUTA 5 N km 1.351	34	0,49	0,48	2,63	2,56	2,06	2,02
LA SERENA	34	0,19	0,19	2,17	1,94	1,62	1,70
RUTA 5 N km 475							
LAMPA	12	0,46	0,46	2,81	2,74	1,88	1,87
RUTA 5 N km 27,5	34	0,38	0,38	2,71	2,61	1,86	1,84
CURACAVI	12	0,31	0,30	2,02	1,98	2,12	2,09
RUTA 68 km 55	34	0,30	0,30	1,68	1,64	2,06	2,03
EL MONTE	12	0,32	0,31	2,31	2,24	1,65	1,64
RUTA 78	34	0,47	0,46	2,73	2,65	1,65	1,64
SAN FRANCISCO	12	0,76	0,75	2,65	2,41	2,12	2,09
RUTA 5 S km 63	34	0,68	0,67	3,91	3,80	2,06	2,03
CONCEPCION	12	0,47	0,47	3,39	3,30	1,50	1,48
RUTA 148 km 10	34	0,23	0,22	2,57	2,49	1,34	1,32

LOS HORCONES RUTA 160 km 60	34	1,15	1,14	4,95	4,78	2,34	2,28
LOS ANGELES RUTA 5 S km 500	12 34	0,37 0,25	0,36 0,25	3,37 4,48	3,27 4,32	2,12 1,71	2,06 1,69
Pistas 12 : pista o pistas con tránsito alejándose de Santiago Pistas 34 : pista o pistas con tránsito acercándose a Santiago estadística 1999							

MOP - DGOP - DIRECCION DE VIALIDAD - CHILE

MANUAL DE CARRETERAS		FORMULARIO DE CALCULO EJES EQUIVALENTES PARA DISEÑO					3.603.202 E																																																																																																																																																																																																						
VOL. Nº 3 DISEÑO							Junio 2002																																																																																																																																																																																																						
<div>CAMINO : EJEMPLO SECTOR EJEMPLO</div> <div>AÑO PUESTA EN SERVICIO : 2000 AÑOS VIDA UTIL : 20 FACTOR DE PISTA : 0,73</div>																																																																																																																																																																																																													
TMDA/SENT EN AÑO : 1999		V. LIVIANOS	C. SIMPLE	C. MULT	BUS INTER	BUS URB																																																																																																																																																																																																							
EE/VEH (ASF) :		10.500	380	350	25	300																																																																																																																																																																																																							
TASA CREC. (%) :		0	0,75	3,4	1,6	1,0																																																																																																																																																																																																							
1999	2005	10,4	4,5	5,5	6,3	4,5																																																																																																																																																																																																							
2006	2010	7,5	3,5	5,4	5,8	4,4																																																																																																																																																																																																							
2011	2019	5,0	3,1	5,4	5,5	4,3																																																																																																																																																																																																							
<table><tr><th rowspan="2">AÑO</th><th colspan="6">TMDA POR SENTIDO EN EL AÑO</th><th colspan="2">EE ASFALTO (miles)</th></tr><tr><th>LIVIANOS</th><th>C. SIMPLE</th><th>C. MULT</th><th>BUS INTER</th><th>BUS URB</th><th>TOTAL</th><th>DEL AÑO</th><th>ACUMUL</th></tr><tr><td>2000</td><td>11.592</td><td>397</td><td>369</td><td>27</td><td>314</td><td>12.698</td><td>509</td><td>509</td></tr><tr><td>2001</td><td>12.798</td><td>415</td><td>390</td><td>28</td><td>328</td><td>13.958</td><td>535</td><td>1.044</td></tr><tr><td>2002</td><td>14.129</td><td>434</td><td>411</td><td>30</td><td>342</td><td>15.346</td><td>563</td><td>1.607</td></tr><tr><td>2003</td><td>15.598</td><td>453</td><td>434</td><td>32</td><td>358</td><td>16.874</td><td>592</td><td>2.199</td></tr><tr><td>2004</td><td>17.220</td><td>474</td><td>457</td><td>34</td><td>374</td><td>18.559</td><td>623</td><td>2.822</td></tr><tr><td>2005</td><td>19.011</td><td>495</td><td>483</td><td>36</td><td>391</td><td>20.415</td><td>656</td><td>3.478</td></tr><tr><td>2006</td><td>20.437</td><td>512</td><td>509</td><td>38</td><td>408</td><td>21.904</td><td>688</td><td>4.166</td></tr><tr><td>2007</td><td>21.970</td><td>530</td><td>536</td><td>40</td><td>426</td><td>23.502</td><td>722</td><td>4.888</td></tr><tr><td>2008</td><td>23.617</td><td>549</td><td>565</td><td>43</td><td>445</td><td>25.218</td><td>758</td><td>5.646</td></tr><tr><td>2009</td><td>25.389</td><td>568</td><td>596</td><td>45</td><td>464</td><td>27.061</td><td>796</td><td>6.442</td></tr><tr><td>2010</td><td>27.293</td><td>588</td><td>628</td><td>48</td><td>485</td><td>29.041</td><td>836</td><td>7.278</td></tr><tr><td>2011</td><td>28.657</td><td>606</td><td>662</td><td>50</td><td>505</td><td>30.481</td><td>877</td><td>8.155</td></tr><tr><td>2012</td><td>30.090</td><td>625</td><td>697</td><td>53</td><td>527</td><td>31.993</td><td>920</td><td>9.075</td></tr><tr><td>2013</td><td>31.595</td><td>644</td><td>735</td><td>56</td><td>550</td><td>33.580</td><td>965</td><td>10.040</td></tr><tr><td>2014</td><td>33.174</td><td>664</td><td>775</td><td>59</td><td>573</td><td>35.246</td><td>1.013</td><td>11.052</td></tr><tr><td>2015</td><td>34.833</td><td>685</td><td>817</td><td>62</td><td>598</td><td>36.995</td><td>1.063</td><td>12.115</td></tr><tr><td>2016</td><td>36.575</td><td>706</td><td>861</td><td>66</td><td>624</td><td>38.831</td><td>1.115</td><td>13.230</td></tr><tr><td>2017</td><td>38.404</td><td>728</td><td>907</td><td>70</td><td>651</td><td>40.759</td><td>1.170</td><td>14.400</td></tr><tr><td>2018</td><td>40.324</td><td>750</td><td>956</td><td>73</td><td>679</td><td>42.782</td><td>1.228</td><td>15.628</td></tr><tr><td>2019</td><td>42.340</td><td>774</td><td>1.008</td><td>77</td><td>708</td><td>44.906</td><td>1.289</td><td>16.917</td></tr></table>									AÑO	TMDA POR SENTIDO EN EL AÑO						EE ASFALTO (miles)		LIVIANOS	C. SIMPLE	C. MULT	BUS INTER	BUS URB	TOTAL	DEL AÑO	ACUMUL	2000	11.592	397	369	27	314	12.698	509	509	2001	12.798	415	390	28	328	13.958	535	1.044	2002	14.129	434	411	30	342	15.346	563	1.607	2003	15.598	453	434	32	358	16.874	592	2.199	2004	17.220	474	457	34	374	18.559	623	2.822	2005	19.011	495	483	36	391	20.415	656	3.478	2006	20.437	512	509	38	408	21.904	688	4.166	2007	21.970	530	536	40	426	23.502	722	4.888	2008	23.617	549	565	43	445	25.218	758	5.646	2009	25.389	568	596	45	464	27.061	796	6.442	2010	27.293	588	628	48	485	29.041	836	7.278	2011	28.657	606	662	50	505	30.481	877	8.155	2012	30.090	625	697	53	527	31.993	920	9.075	2013	31.595	644	735	56	550	33.580	965	10.040	2014	33.174	664	775	59	573	35.246	1.013	11.052	2015	34.833	685	817	62	598	36.995	1.063	12.115	2016	36.575	706	861	66	624	38.831	1.115	13.230	2017	38.404	728	907	70	651	40.759	1.170	14.400	2018	40.324	750	956	73	679	42.782	1.228	15.628	2019	42.340	774	1.008	77	708	44.906	1.289	16.917
AÑO	TMDA POR SENTIDO EN EL AÑO						EE ASFALTO (miles)																																																																																																																																																																																																						
	LIVIANOS	C. SIMPLE	C. MULT	BUS INTER	BUS URB	TOTAL	DEL AÑO	ACUMUL																																																																																																																																																																																																					
2000	11.592	397	369	27	314	12.698	509	509																																																																																																																																																																																																					
2001	12.798	415	390	28	328	13.958	535	1.044																																																																																																																																																																																																					
2002	14.129	434	411	30	342	15.346	563	1.607																																																																																																																																																																																																					
2003	15.598	453	434	32	358	16.874	592	2.199																																																																																																																																																																																																					
2004	17.220	474	457	34	374	18.559	623	2.822																																																																																																																																																																																																					
2005	19.011	495	483	36	391	20.415	656	3.478																																																																																																																																																																																																					
2006	20.437	512	509	38	408	21.904	688	4.166																																																																																																																																																																																																					
2007	21.970	530	536	40	426	23.502	722	4.888																																																																																																																																																																																																					
2008	23.617	549	565	43	445	25.218	758	5.646																																																																																																																																																																																																					
2009	25.389	568	596	45	464	27.061	796	6.442																																																																																																																																																																																																					
2010	27.293	588	628	48	485	29.041	836	7.278																																																																																																																																																																																																					
2011	28.657	606	662	50	505	30.481	877	8.155																																																																																																																																																																																																					
2012	30.090	625	697	53	527	31.993	920	9.075																																																																																																																																																																																																					
2013	31.595	644	735	56	550	33.580	965	10.040																																																																																																																																																																																																					
2014	33.174	664	775	59	573	35.246	1.013	11.052																																																																																																																																																																																																					
2015	34.833	685	817	62	598	36.995	1.063	12.115																																																																																																																																																																																																					
2016	36.575	706	861	66	624	38.831	1.115	13.230																																																																																																																																																																																																					
2017	38.404	728	907	70	651	40.759	1.170	14.400																																																																																																																																																																																																					
2018	40.324	750	956	73	679	42.782	1.228	15.628																																																																																																																																																																																																					
2019	42.340	774	1.008	77	708	44.906	1.289	16.917																																																																																																																																																																																																					

Tasa de Crecimiento

El cálculo de las solicitudes para diseño debe considerar que habitualmente el TMDA varia ano a año, por lo que se debe contar con un estudio previo que determine las tasas de variación del volumen de tránsito, normalmente diferentes para cada tipo de vehículo.

Tasas de Crecimiento por tipo de vehículos (%)
(valores utilizados en evaluaciones sociales)

	AUTO	CAMIONETA	C2E	C+2E	BUS
Cam. Pav.	8,0	7,5	6,5	5,5	7,5
Cam. No Pav.	6,0	6,0	4,0	4,5	5,0

Proyección del Tránsito

$$TMDA_t = TMDA_0 \times (1 + i)^t$$

$$TMDA_t = \exp(a + t \times b)$$

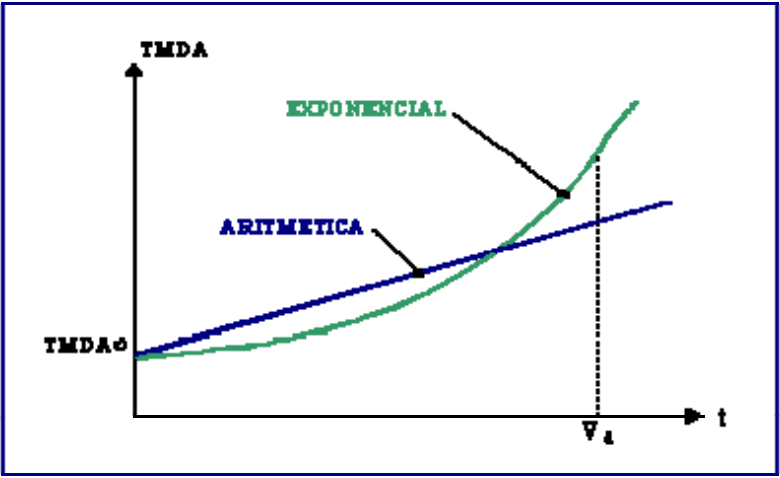
$$a = \ln TMDA_0$$

$$b = \ln(1 + i)$$

$$i = \exp(b) - 1$$

Para la determinación del TMDA según tipo de vehículo, para el período de diseño se debe establecer:

- tasa de crecimiento.
- la forma de crecimiento.
 - Aritmética.
 - exponencial.



$$TMDA_j = TMDA_{j0} \left[\frac{(1 + i_j)^n - 1}{i_j} \right]$$

- donde:
- | | | |
|----------|---|--|
| $TMDA_j$ | = | TMDA del vehículo tipo j para el período de diseño. |
| $TMDA_0$ | = | TMDA del vehículo j en el año inicial del período de evaluación. |
| n | = | años del período de diseño. |
| i_j | = | tasa de crecimiento para el vehículo tipo j |

ANEXO
CENSO NACIONAL DE TRANSITO
DIRECCION DE VIALIDAD

I. OBJETIVOS

Desde el año 1966 se ha censado sistemáticamente la red de carreteras chilenas, con la finalidad de tener un conocimiento global del tránsito que por ella circula y determinar las principales características de la utilización de los caminos nacionales.

Esta información, ya sea en cuanto a magnitud, cualidad y calidad, es de gran importancia para la toma de decisiones en labores de: Planeamiento, Diseño, Construcción y Conservación de Caminos que la Dirección de Vialidad debe realizar.

Como se ha hecho en ocasiones anteriores, publicamos los resultados obtenidos de la Elaboración del Censo Nacional de Tránsito efectuado en 2002. Esta información se obtuvo a través de aproximadamente 800 estaciones de control ubicadas en diferentes puntos del país y fue complementada con datos provenientes de Plazas de Peajes y de instrumentos clasificadores de tránsito ubicados a lo largo del Territorio Nacional.

II. METODOLOGÍA DEL PLAN NACIONAL DE CENSOS

2.1 PERIODICIDAD DEL CENSO

El Plan Nacional de Censos de Tránsito se realiza en cada año par y contempla tres muestras que se toman en verano, invierno y primavera.

Estas temporadas son representativas para la gran mayoría de los caminos censados. Las fechas en que se toman estas muestras se han establecido según estos tres períodos representativos del año.

Verano: Enero -Abril

Invierno: Mayo - Agosto

Primavera: Septiembre - Diciembre

Para los caminos que presentan características especiales en las fechas determinadas para realizar los muestreos, se han utilizado discrecionalmente coeficientes de corrección estacionales, a fin de obtener valores más reales del número de pasadas de vehículos y determinar un TMDA (Tránsito Medio Diario Anual), representativo. Hay que señalar, que en este análisis no se han considerado los días de fines de semana ni festivos.

2.2 PROCEDIMIENTO

Se ha aceptado en este estudio el hecho de que es posible seleccionar ciertos caminos "TIPOS" que son representativos del comportamiento de otros caminos similares en una misma zona.

Al decir representativos queremos señalar que desde el punto de vista del tránsito que por ellos circula tendrán: similar variación horaria, similar variación semanal y similar variación estacional.

Por lo tanto, si se posee información completa y exacta de estos caminos "TIPOS", es posible determinar de ellos, coeficientes que permitan corregir los datos obtenidos sobre la base de muestras tomadas en los demás caminos de la zona.

2.3 SELECCION DE LAS ZONAS Y CAMINOS TIPOS

La selección de zonas y caminos "TIPOS" se basa en dos factores fundamentales:

a) Factores Climáticos.

Estos, en algunas zonas, afectan directamente: la transitabilidad de los caminos, la producción agropecuaria, el tránsito turístico, etc.

b) Actividad Productiva Preponderante.

La actividad productiva de un área otorga características particulares al tránsito, condiciona el tipo de vehículos que circula y determina los días y horas de mayor o menor intensidad vehicular.

Para los efectos del Plan Nacional de Censos y considerando los factores mencionados anteriormente, se ha dividido el país en las siguientes zonas:

- I. NORTE GRANDE : Tarapacá – Antofagasta – Atacama
- II. NORTE CHICO : Coquimbo y Norte de Aconcagua
- III. ZONA CENTRAL NORTE : Aconcagua – Valparaíso – Santiago
- IV. ZONA CENTRAL SUR : O'Higgins a Maule
- V. ZONA DEL BIOBIO : Ñuble a Biobío
- VI. ZONA SUR : Malleco a Chiloé
- VII. ZONA AUSTRAL : Aisén y Magallanes

2.4 ESTACIONES DE CONTROL

Para obtener los datos requeridos y alcanzar los objetivos propuestos, el Plan Nacional de Censos contempla dos tipos de Estaciones de Control: Estaciones de Control Permanente y Estaciones de Muestreo.

ESTACIONES DE CONTROL PERMANENTE

Los caminos "TIPOS" seleccionados en este estudio han sido controlados por Estaciones de Control Permanente, entendiéndose por tal: Plazas de Peaje con datos diarios y horarios clasificados e Instrumentos Automáticos Contadores de Tránsito, que registran las pasadas de vehículos en forma continua, con algunas excepciones involuntarias.

ESTACIONES DE MUESTREOS

En el Plan Nacional de Censos se ha dispuesto de aproximadamente 830 Estaciones de Muestreo, con la finalidad de controlar el tránsito vehicular en los caminos, principales y secundarios, considerándose la clasificación por categorías de caminos definida por la Dirección de Vialidad.

Las estaciones de Muestreo, según se establezcan en Intersecciones de Caminos o Secciones determinadas de ello, se denominan Estaciones de Muestreo Interseccionales o Estaciones de Control Directo, respectivamente.

Los Censos realizados en estas Estaciones tienen una duración de 12 a 24 horas, según la importancia asignada a cada estación.

Para el año 2002 de un total aproximado de 830 estaciones de muestreo se dispuso un 20% de 24 horas (00 – 24 horas) y el 80% restante de 12 horas (07 – 19 horas). La ubicación geográfica de cada estación se puede visualizar en Planos Regionales Anexos.

ELABORACION DE DATOS

De lo expuesto en los puntos anteriores, se observa que, sobre la base de la información proporcionada por los dos tipos de Estaciones de Control, es posible obtener los coeficientes de comportamiento que permitan corregir o expandir los datos obtenidos sobre la base de los tres muestreos del año y transformarlos en Promedios diarios Anuales.

EXPANSION DE 12 A 24 HORAS

Los coeficientes de expansión horaria de 12 a 24 horas, son los factores por los que se debe multiplicar el tránsito censado en las Estaciones de Muestreos de 12 horas (asimiladas a los caminos tipos señalados anteriormente), para calcular estimativamente el tránsito en 24 horas, se obtienen de los valores registrados en estaciones permanentes (ver cuadros 11.2 y 11.3) o de estaciones de muestreo de 24 horas, calculándose el cuociente: tránsito 0-24 horas / tránsito 7-19 horas (ec.1).

(1)

donde:

C.E. = Coef. expansión diaria

T.D. = Tránsito diario (0 – 24 horas)

T12 = Tránsito en 12 horas (7 – 19 horas)

Considerando que en la información primaria de las Estaciones de Control Permanentes no existe diferencia, dentro de la gama vehículo liviano para autos y camionetas ni dentro de los vehículos pesados entre remolques y semiremolques, se optó por usar el mismo coeficiente indistintamente para ambos tipos de vehículos.

CORRECCIONES ESTACIONALES

Las Estaciones de Control Permanente (Instrumentos Contadores y Plazas de Peajes), también proporcionan elementos de comparación entre el tránsito observado un día de control y el promedio diario de la temporada (ec. 2). De esta comparación resultan factores de corrección que se han llamado "Coeficientes de corrección estacionales". Estos permiten ajustar los datos obtenidos en los muestreos realizados en caminos similares, para obtener valores representativos de los tránsitos medios estacionales.

Los coeficientes estacionales se aplican discrecionalmente sólo a aquellos muestreos en que se tienen elementos de juicio suficiente como para calificarlos de no representativos del promedio de la estación a la que pertenecen.

En esta ocasión no fue necesario aplicar correcciones estacionales, esto porque el tránsito censado en 24 horas se consideró representativo del tránsito de la estación; o porque las correcciones que deberían realizarse no eran significativas, o bien, porque las tres muestras se compensaban mutuamente.

(2)

C.C.E. = Coef. corrección estacional

T.D. = Tránsito diario

TMD(T) = Tránsito medio de la temporada

III. INTERPRETACIÓN DE LOS CUADROS DE RESULTADOS DEL PLAN NACIONAL DE CENSOS.

Los resultados del Plan Nacional de Censos 2002 se presentan en el formato que a continuación se explica.

REGION

En el extremo izquierdo del cuadro de resultados se indica la Región del País a la cual pertenecen los puntos y valores indicados.

ESTACION DE CONTROL

La columna "Estación de Control" permite identificar claramente al Punto, mediante códigos establecidos. Este código consta de ocho dígitos, de los cuales los dos primeros indican la Región, los tres siguientes indican el número del punto, los dos siguientes determinan la rama y el último la muestra correspondiente (1=Verano; 2=Invierno y 3=Primavera).

Ejemplo: (03 - 005 - 02 - 1)

Punto de Control----> 005

Rama o Acceso -----> 02

Muestra-----> 1

Corresponde al Punto de Control N°5, bifurcación N°2 y a la primera muestra del año, ubicado en la Tercera Región.

3.3 NOMBRE DEL CAMINO

Esta columna permite identificar el Camino donde se encuentra establecida la Estación de Control, los flujos de tránsito asociados a ella y el lugar geográfico de ubicación. Cada rama o bifurcación queda enmarcada, y a su vez cada una de ellas tiene tres líneas horizontales con la siguiente información:

CAMINO

Corresponde al nombre del camino donde está ubicada la Estación de Control.

DE/A

Esta línea indica el nombre de la ciudad o lugar de referencia de origen y/o destino por esta bifurcación o sección de camino.

LUGAR

En esta línea se señala el nombre del lugar geográfico donde se ha establecido la Estación de Control.

3.4 ROL

Corresponde a la identificación del **camino según la clasificación vigente dictada por la Dirección de Vialidad.**

3.5 CAMINO ASIMILABLE

En esta columna se especifica a qué Estación de Control Permanente (Instrumento Automático o Plaza de Peaje) o Estación de Muestreo de 24 horas fue asimilada la Estación de 12 horas, para los efectos de su expansión a 24 horas.

La información señalada ha sido codificada en forma similar a la explicada en el punto 3.2; es decir:

(03 - 005 - 02 - 1)

Región -----> 03

Punto de Control -----> 005

Rama o acceso -----> 02

Muestra -----> 1

NOTA: De acuerdo al contenido de la columna "Estación de Control" se distinguen los siguientes casos especiales:

Punto de Control

Corresponde a un punto de 24 horas, que no requiere asimilación

PPP

El punto de control fue asimilado a una Plaza de Peaje.

III

El punto de Control fue asimilado a un Instrumento Contador.

MIN

El punto de Control fue expandido con un coeficiente denominado mínimo (1.15).

3.6 EPOCA

Aquí se señala la época del año en que se efectuó cada una de las tres muestras. Para tal efecto se utilizó la siguiente simbología:

Estación del Año

V : Verano

I : Invierno

P : Primavera

3.7 TRANSITO CLASIFICADO

Las siete columnas ubicadas a la derecha del "Camino Tipo Asimilable" expresan el tránsito registrado en cada época del año, de acuerdo con la siguiente clasificación de vehículos:

Autos, Station Wagons

Camionetas

Camiones Simples de 2 Ejes

Camiones simples de más de 2 Ejes

Semi-remolques

Remolques

Buses, Taxibuses

Los jeeps y similares está agrupados en el tipo AUTOS, STATION WAGONS.

El tránsito registrado por el tipo de vehículos según esta clasificación corresponde al tránsito en ambos sentidos durante 24 horas.

3.8 TOTAL 24 HORAS

Esta columna señala por cada bifurcación y por época del año el Tránsito Total (en ambos sentidos), controlados en las Estaciones de Muestreo de 24 horas, o el Tránsito Total en 24 horas, obtenido mediante la aplicación de coeficientes de expansión a las Estaciones de Muestreos de 12 horas.

3.9 TRANSITO ANTERIOR

Para cada una de las bifurcaciones y por cada época del año se incluyen los valores correspondientes registrados en el censo anterior (año 2000).

3.10 TRANSITO DIARIO ANUAL, DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL Y TASA DE CRECIMIENTO RESPECTO AL CENSO ANTERIOR.

Después de las tres líneas de información de cada bifurcación se incluye una cuarta línea con los siguientes resultados anuales.

TRANSITO MEDIO DIARIO ANUAL "TMDA"

Corresponde al promedio anual de los valores del tránsito diario registrado en cada época del año, debidamente expandidos y corregidos estacionalmente.

Para el cálculo del TMDA no se consideran aquellos puntos en que falte alguna muestra.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL

Muestra la distribución porcentual del tránsito en cada bifurcación, clasificado de acuerdo a lo establecido en el punto 3.7.

TASA DE CRECIMIENTO

Finalmente, por cada una de las bifurcaciones consideradas se muestra la Tasa de Crecimiento respecto del Censo anterior (ec. 3)

(3)

Donde:

TC = Tasa de Crecimiento

TAC = Tránsito Actual

TAN = Tránsito Anterior

NOTA: No se indican tasas de crecimiento inferiores a "0", como tampoco las superiores a 35 %.