

Subject: Comentarios MIR-Proy NOM-012-SCT-2-2014

Date: viernes 13 de junio de 2014 14:23:54 Hora de verano central

From: Patricia Vizcaya Angeles

To: cofemer@cofemer.gob.mx

CC: Leonardo Gomez, Lic. Patricia Vizcaya Angeles, sergio.dominguez@cofemer.gob.mx

BCC: Antonio Jorge Capiz, Lic Oscar D Moreno Martinez, 'Lorena Vizcaya Contreras',
sergxxdoming@gmail.com

LIC. VIRGILIO ANDRADE MARTINEZ

TITULAR DE LA COMISIÓN FEDERAL DE MEJORA REGULATORIA.

En relación al NUEVO envío de MIR DE ALTO IMPACTO CON ANALISIS DE IMPACTO EN LA COMPETENCIA Y ANALISIS DE RIESGO, del Anteproyecto de NOM-012-SCT-2-2014, publicada el 3 de junio del presente en la página de esa H. Comisión y en particular al anexo denominado:

31691.177.59.I.ANEXO 3. REVISIÓN DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO REGULATORIO (MIR), SUS AMPLIACIONES Y CORRECCIONES, DEL PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA DE PESO Y DIMENSIONES.pdf

Me permito comentarle, que las inconsistencias de manera preliminar a los anexos que soportan la presente MIR de Alto Impacto y que en esencia son los que a continuación se describe:

“El Texas Transportation Institute (TTI) fue contratado como experto para llevar a cabo la revisión de la MIR, ampliaciones y correcciones del Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana de Peso y Dimensiones de los Vehículos de Autotransporte Federal.”

El propósito del estudio era analizar: El cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados

El análisis del cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados se basa en comparar los costos de operación vehicular y costos de deterioro de pavimento para los vehículos T3-S2-R4 con 81.5 y 75.5 toneladas.

Tabla 6-2 Costo de operación vehicular y costo de deterioro de pavimento de la unidad T3-S2-R4

Costo de Operación				Costo de Deterioro de Pavimentos			
Vehículo Tipo T3-S2-R4				Vehículo Tipo T3-S2-R4			
Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Operación Vehicular / km (COV/km)	COV/ton-km	Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Deterioro de Pavimentos / km (CDP/km)	CDP/ton-km
(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)		(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)	
25	0	10.5410	0.4216	25	0	0.0424	0.0017
30	5	11.0368	0.3679	30	5	0.1062	0.0035
35	10	11.5508	0.3300	35	10	0.2274	0.0065
40	15	12.0827	0.3021	40	15	0.4341	0.0109
45	20	12.6307	0.2807	45	20	0.7591	0.0169
50	25	13.1922	0.2638	50	25	1.2395	0.0248
55	30	13.7648	0.2503	55	30	1.9155	0.0348
60	35	14.3463	0.2391	60	35	2.8289	0.0471
65	40	14.9349	0.2298	65	40	4.0230	0.0619
70	45	15.5294	0.2218	70	45	5.5412	0.0792
75	50	16.1293	0.2151	75	50	7.4261	0.0990
80	55	16.7352	0.2092	80	55	9.7193	0.1215
85	60	17.3496	0.2041	85	60	12.4605	0.1466
90	65	17.9804	0.1998	90	65	15.6873	0.1743

Fuente: IMT

“Del análisis efectuado se observa que incrementar el PBV en las unidades T3-S2-R4 a 81.5 toneladas tiene efectos negativos para la sociedad y se estimó que el costo es del orden de \$97 a \$161 millones de pesos por año. A este monto se le debe añadir aproximadamente más de 9,000 millones

de pesos, que es el costo de remplazar una parte significativa de los puentes de las carreteras del país."

"El impacto del incremento en costos de operación generado por la reducción de 6 toneladas de PBV en camiones tipo T3-S2-R4 en el precio de los bienes de consumo final es mínimo (menos del 0.01% del valor de las mercancías transportadas)."

Tabla Resumen Impacto del incremento en el PBV en 6 toneladas

Tipo de efecto causado por el incremento en 6 toneladas en vehículos T3-S2-R4	Rango en millones de pesos por año
Disminución en costos operación vehicular	\$ 147 - \$ 245
Incremento en el costo de deterioro de pavimentos	\$ 244 - \$ 406
<i>Costo adicional neto cuantificable</i>	<i>\$ 97 - \$ 161</i>

—El ITT no hizo ningún estudio técnico, solo actualizó el estudio No. 52 del año 1994 y utilizó volúmenes vehículos del 2005.

—El costo de \$9,000 millones de deterioro de puentes que se agrega en las conclusiones sin ningún sustento, no es válido ya que el estudio No 52 del IMT dice que el costo de puentes está incluido en el costo de deterioro de pavimentos.

4. Costo de Deterioro de la Infraestructura (CDI).

En este capítulo se describe el desarrollo de las curvas de costo de deterioro de la infraestructura carretera (CDI) por ton-km de carga transportada contra el peso bruto vehicular (PBV), para los cinco tipos de vehículos de carga más comunes.

El costo de deterioro de infraestructura/ton-km calculado en este capítulo incluye tanto el deterioro de los pavimentos como el de los puentes. El deterioro de los primeros se evalúa utilizando los criterios para el diseño de pavimentos flexibles del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (Refs 5 y 6). El deterioro de los puentes se evalúa mediante criterios similares a los anteriores.

Fallas del estudio del ITT

Tabla 6.2 Costo de operación vehicular y costo de

Costo de Operación Vehículo Tipo T3-S2-R4			
Peso Bruto Vehicular	Carga útil	Costo de Operación vehicular - ton (CDI/ton)	Coeficiente
20	10	12.5411	0.6270
25	15	13.2356	0.5293
30	20	13.9528	0.3309
40	30	12.8827	0.3021
45	35	12.6307	0.2807
50	40	13.1933	0.2638
55	45	13.7848	0.2503
60	50	14.3463	0.2391
65	55	14.9249	0.2298
70	60	15.5204	0.2219
75	65	16.1329	0.2152
80	70	16.7352	0.2092
85	75	17.3554	0.2037
90	80	17.9554	0.1986

Fuente: ITT

$$\frac{16.7352}{80} = 0.2092$$

✓ Para calcular el costo de deterioro de pavimentos el ITT utiliza el PBV.

✗ Para determinar el costo de operación vehicular el ITT utilizó el PBV.

✓ Para calcular el costo de mover bienes en un País se debe utilizar la Carga útil.

Fallas del estudio del ITT

El estudio original del No. 52 del IMT utiliza correctamente el peso de la carga transportada.

Tabla 2.4 COSTO DE OPERACIÓN VEHICULAR PARA EL VEHICULO T3S2R4

PBV (ton)	CV (ton)	CDP \$/km (3600L)	CDV \$/ton-km (3600L)	CDV \$/ton-km (3600L)	CDV \$/ton-km (3600L)
25	0	1057	0.4216	0.4216	0.4216
30	5	1114	0.485	0.485	0.485
35	10	1167	0.547	0.547	0.547
40	15	1225	0.611	0.611	0.611
45	20	1287	0.675	0.675	0.675
50	25	1352	0.740	0.740	0.740
55	30	1420	0.805	0.805	0.805
60	35	1491	0.871	0.871	0.871
65	40	1565	0.938	0.938	0.938
70	45	1642	1.005	1.005	1.005
75	50	1722	1.073	1.073	1.073
80	55	1805	1.142	1.142	1.142
85	60	1891	1.212	1.212	1.212
90	65	1980	1.283	1.283	1.283
95	70	2072	1.355	1.355	1.355
100	75	2167	1.428	1.428	1.428
105	80	2265	1.502	1.502	1.502
110	85	2366	1.577	1.577	1.577
115	90	2470	1.653	1.653	1.653
120	95	2577	1.730	1.730	1.730
125	100	2687	1.808	1.808	1.808

$$\frac{4560}{55} = 82.90$$

NOTAS

1. CV = Carga útil en el vehículo en toneladas.
2. CDP = Costo de operación vehicular, calculado por el costo de operación.
3. CDV = Costo de operación vehicular, calculado por el costo de operación.
4. Los valores en la tabla son los valores de costo de operación vehicular por tonelada de carga útil.

Anexo 19: W.R-ITT 2006

Si la tabla del ITT fuera corregida, el resultado sería:

Costo de operación				Costo de deterioro a pavimentos				
T3S2R4								
PBV	CARGA ÚTIL	COSTO OPERACIÓN	CDV/ton-km	CDV/ton-km Carga útil	PBV	CARGA ÚTIL	COSTO OPERACIÓN	CDV/ton-km
25	0	10 541	0.4216		25	0	0.0424	0.0017
30	5	11 068	0.3679	2.2074	30	5	0.1062	0.0039
35	10	11 598	0.3300	1.1551	35	10	0.2274	0.0065
40	15	12 087	0.3021	0.8055	40	15	0.4341	0.0109
45	20	12 610	0.2807	0.6315	45	20	0.7391	0.0169
50	25	13 152	0.2638	0.5277	50	25	1.2395	0.0248
55	30	13 704	0.2503	0.4588	55	30	1.9155	0.0348
60	35	14 261	0.2391	0.4099	60	35	2.8289	0.0471
65	40	14 839	0.2298	0.3734	65	40	4.023	0.0619
70	45	15 424	0.2218	0.3451	70	45	5.5412	0.0792
75	50	16 023	0.2151	0.3226	75	50	7.4261	0.099
80	55	16 732	0.2092	0.3043	80	55	9.7193	0.1215
85	60	17 446	0.2041	0.2892	85	60	12.4605	0.1466
90	65	18 160	0.1998	0.2766	90	65	15.6873	0.1743

Costo dividido entre la carga útil.

PBV	CDV \$/ton-km	CDP \$/ton-km
T3-S2-R4 75 Stons	0.3208	0.1014
T3-S2-R4 81.5 tons	0.3028	0.1293

Anexo 19: W.R-ITT 2006

Resultados con el error corregido

Resumen Impacto del incremento en el PBV en 6 toneladas	
Tipo de efecto causado por el incremento en 6 toneladas en vehículos T3-S2-R4	Rango en millones de pesos por año
Disminución en costos de operación vehicular	\$ 299 - \$ 498
Incremento en el costo de deterioro de pavimentos	\$ 244 - \$ 406
Ahorro neto cuantificable	\$ 55 - \$ 92

Es decir habría un ahorro para el país de mover las 6 toneladas adicionales para el T3S2R4.

Esto es totalmente congruente con el estudio original No52 del IMT del cual se baso el ITT.



Conclusión ANTP

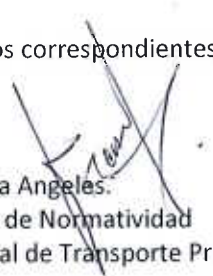
El único estudio técnico que ha sido realizado por la SCT para determinar la conveniencia de mover mayor peso (6 toneladas) en T3S2R4 fue realizado por el IMT en 1992 y concluía que era conveniente para el país ya que existía un beneficio a nivel país a pesar de que existiera un mayor gasto por mantenimiento de pavimentos y puentes.

Como se ha expuesto, el estudio realizado por el ITT en el 2006 se basó en el realizado por el IMT, limitándose a la actualización de datos técnicos y volúmenes de tránsito y con la situación descrita que afecta el análisis final que se presenta como conclusión del estudio.

Lo anterior, con la finalidad de que sea tomado en cuenta en la solicitud que esa H. Comisión realice a la SCT, para ampliaciones y correcciones como lo determina la legislación de la materia.

(se anexan estudios correspondientes)

Saludos.


Lic. Patricia Vizcaya Angeles.
Gerente Jurídico y de Normatividad
Asociación Nacional de Transporte Privado, A.C.
Nextel: 10417320
Tels. 5524-3314- 55343598
p.vizcaya@antp.org.mx

Aviso de privacidad de información:

La información contenida en este correo electrónico así como cualquier archivo adjunto y/o documentos vinculados al mismo, está dirigida únicamente para el uso del individuo (s) o entidad a la que fue enviada y puede contener información privilegiada, confidencial o de propiedad intelectual protegido por la ley. Cualquier difusión, distribución o copia de este correo electrónico en su contenido está prohibida. Esta notificación sirve como aviso de privacidad de información de ANTP (Mayor información visita: http://www.antp.org.mx/?page_id=685) y de manifiesto de cualquier acuerdo de confidencialidad o no divulgación.

Si usted recibió esta comunicación por error o no es el destinatario al que fue enviado, por favor de notifica al remitente de inmediato y borra este mensaje desde su servidor.



COMENTARIOS AL ESTUDIO DEL ITT

Usuarios ^{ANTP}
del transporte de carga

Junio de 2014

Estudio del ITT

“El Texas Transportation Institute (TTI) fue contratado como experto para llevar a cabo la revisión de la MIR, ampliaciones y correcciones del Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana de Peso y Dimensiones de los Vehículos de Autotransporte Federal.”

El propósito del estudio era analizar: El cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados

El análisis del cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados se basa en comparar los **costos de operación vehicular** y **costos de deterioro de pavimento** para los vehículos T3-S2-R4 con 81.5 y 75.5 toneladas.

Costo de operación y costo de deterioro de pavimentos que utilizó el ITT para comparar el costo país.

Tabla 6-2 Costo de operación vehicular y costo de deterioro de pavimento de la unidad T3-S2-R4

Costo de Operación				Costo de Deterioro de Pavimentos			
Vehículo Tipo T3-S2-R4				Vehículo Tipo T3-S2-R4			
Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Operación Vehicular / km (COV/km)	COV/ton-km	Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Deterioro de Pavimentos / km (CDP/km)	CDP/ton-km
(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)		(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)	
25	0	10.5410	0.4216	25	0	0.0424	0.0017
30	5	11.0368	0.3679	30	5	0.1062	0.0035
35	10	11.5508	0.3300	35	10	0.2274	0.0065
40	15	12.0827	0.3021	40	15	0.4341	0.0109
45	20	12.6307	0.2807	45	20	0.7591	0.0169
50	25	13.1922	0.2638	50	25	1.2395	0.0248
55	30	13.7648	0.2503	55	30	1.9155	0.0348
60	35	14.3463	0.2391	60	35	2.8289	0.0471
65	40	14.9349	0.2298	65	40	4.0230	0.0619
70	45	15.5294	0.2218	70	45	5.5412	0.0792
75	50	16.1293	0.2151	75	50	7.4261	0.0990
80	55	16.7352	0.2092	80	55	9.7193	0.1215
85	60	17.3496	0.2041	85	60	12.4605	0.1466
90	65	17.9804	0.1998	90	65	15.6873	0.1743

Fuente: IMT

Costos a 75.5 y a 81.5 tons según estudio ITT

Tabla 6-3 Costos de Operación y Deterioro para los PBV estudiados

PBV	COV \$/ton-km (*)	CDP \$/ton-km (*)
T3-S2-R4 de 75.5	0.2144	0.1014
T3-S2-R4 de 81.5	0.2076	0.1293

(*) Valores en Pesos 2006.

Resultados obtenidos por el ITT

Tabla Resumen Impacto del incremento en el PBV en 6 toneladas

Tipo de efecto causado por el incremento en 6 toneladas en vehículos T3-S2-R4	Rango en millones de pesos por año
Disminución en costos operación vehicular	\$ 147 - \$ 245
Incremento en el costo de deterioro de pavimentos	\$ 244 - \$ 406
<i>Costo adicional neto cuantificable</i>	\$ 97 - \$ 161

“Del análisis efectuado se observa que incrementar el PBV en las unidades T3-S2-R4 a 81.5 toneladas tiene efectos negativos para la sociedad y se estimó que el costo es del orden de \$97 a \$161 millones de pesos por año. A este monto se le debe **añadir aproximadamente más de 9,000 millones de pesos**, que es el costo de remplazar una parte significativa de los puentes de las carreteras del país.”

“El impacto del incremento en costos de operación generado por la reducción de 6 toneladas de PBV en camiones tipo T3-S2-R4 en el precio de los bienes de consumo final es mínimo (menos del 0.01% del valor de las mercancías transportadas).”

Fallas del estudio del ITT

- El ITT no hizo ningún estudio técnico, solo actualizó el estudio No. 52 del año 1994 y utilizó volúmenes vehículos del 2005.
- El costo de \$9,000 millones de deterioro de puentes que se agrega en las conclusiones sin ningún sustento, no es válido ya que el estudio No 52 del IMT dice que el costo de puentes está incluido en el costo de deterioro de pavimentos.

4. Costo de Deterioro de la Infraestructura (CDI).

En este capítulo se describe el desarrollo de las curvas de costo de deterioro de la infraestructura carretera (CDI) por ton-km de carga transportada contra el peso bruto vehicular (PBV), para los cinco tipos de vehículos de carga más comunes.

El costo de deterioro de infraestructura/ton-km calculado en este capítulo incluye tanto el deterioro de los pavimentos como el de los puentes. El deterioro de los primeros se evalúa utilizando los criterios para el diseño de pavimentos flexibles del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (Refs 5 y 6). El deterioro de los puentes se evalúa mediante criterios similares a los anteriores.

Fallas del estudio del ITT

Tabla 6-2 Costo de operación vehicular y costo de

Costo de Operacion			
Vehículo Tipo T3-S2-R4			
Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Operación Vehicular / km (COV/km)	COV/ton-km
(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)	
25	0	10.5410	0.4216
30	5	11.0368	0.3679
35	10	11.5508	0.3300
40	15	12.0827	0.3021
45	20	12.6307	0.2807
50	25	13.1922	0.2638
55	30	13.7648	0.2503
60	35	14.3463	0.2391
65	40	14.9349	0.2298
70	45	15.5294	0.2218
75	50	16.1293	0.2151
80	55	16.7352	0.2092
85	60	17.3496	0.2041
90	65	17.9804	0.1998

Fuente: IMT

$$\frac{16.7352}{80} = 0.2092$$



Para calcular el costo de deterioro de pavimentos el ITT utiliza el PBV.



Para determinar el costo de operación vehicular el ITT utilizó el PBV.



Para calcular el costo de mover bienes en un País se debe utilizar la Carga útil.

Fallas del estudio del ITT



El estudio original del No. 52 del IMT utiliza correctamente el peso de la carga transportada.

Tabla B.4 COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA EL VEHICULO TIPO "T3-S2-R4"

PBV (ton)	1 CR (ton)	2COV SI/Km (\$ac91)	COV SI/ ton-Km	3COV CI/Km (\$ac91)	COV CI/ ton-km
(4) 25	0	3387	-	3838	-
30	5	3474	695	3926	785
35	10	3567	357	4019	402
40	15	3665	244	4117	274
45	20	3767	188	4220	211
50	25	3873	155	4326	173
55	30	3982	133	4434	148
60	35	4093	117	4545	130
65	40	4206	105	4658	116
70	45	4321	96	4774	106
75	50	4439	89	4891	98
80	55	4560	83	5012	91
85	60	4648	78	5137	86
90	65	4814	74	5266	81
95	70	4951	71	5403	77
100	75	5099	68	5552	74
105	80	5268	66	5721	72
110	85	5583	66	5936	70
115	90	5845	65	6298	70
120	95	7854	83	8306	87

$$\frac{4560}{55} = 82.90$$

NOTAS:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo en toneladas
- (2) COV_SI = Costos de operación vehicular, sin incluir impuestos
- (3) COV_CI = Costos de operación vehicular, incluyendo impuestos
- (4) Las cantidades en negritas corresponden al rango de PBVs (pesos) observados para C3 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3)

Si la tabla del ITT fuera corregida, el resultado sería:

Costo de operación					Costo de deterioro a pavimentos			
T3S2R4								
PBV	CARGA UTIL	COSTO OPERACIÓN	COV/ton-km	COV/ton-km Carga útil	PBV	CARGA UTIL	COSTO OPERACIÓN	COV/ton-km
25	0	10.541	0.4216	----	25	0	0.0424	0.0017
30	5	11.0368	0.3679	2.2074	30	5	0.1062	0.0035
35	10	11.5508	0.3300	1.1551	35	10	0.2274	0.0065
40	15	12.0827	0.3021	0.8055	40	15	0.4341	0.0109
45	20	12.6307	0.2807	0.6315	45	20	0.7591	0.0169
50	25	13.1922	0.2638	0.5277	50	25	1.2395	0.0248
55	30	13.7648	0.2503	0.4588	55	30	1.9155	0.0348
60	35	14.3463	0.2391	0.4099	60	35	2.8289	0.0471
65	40	14.9349	0.2298	0.3734	65	40	4.023	0.0619
70	45	15.5294	0.2218	0.3451	70	45	5.5412	0.0792
75	50	16.1293	0.2151	0.3226	75	50	7.4261	0.099
80	55	16.7352	0.2092	0.3043	80	55	9.7193	0.1215
85	60	17.3496	0.2041	0.2892	85	60	12.4605	0.1466
90	65	17.9804	0.1998	0.2766	90	65	15.6873	0.1743

Costo dividido entre la carga útil.

PBV	COV \$/ton-km	CDP \$/ton-km
T3-S2-R4 75.5tons	0.3208	0.1014
T3-S2-R4 81.5 tons	0.3028	0.1293

Resultados con el error corregido

Resumen Impacto del incremento en el PBV en 6 toneladas	
Tipo de efecto causado por el incremento en 6 toneladas en vehículos T3-S2-R4	Rango en millones de pesos por año
Disminución en costos de operación vehicular	\$ 299 - \$ 498
Incremento en el costo de deterioro de pavimentos	\$ 244 - \$ 406
Ahorro neto cuantificable	\$ 55 - \$ 92

Es decir habría un ahorro para el país de mover las 6 toneladas adicionales para el T3S2R4.

Esto es totalmente congruente con el estudio original No52 del IMT del cual se baso el ITT.

Conclusión ANTP

El único estudio técnico que ha sido realizado por la SCT para determinar la conveniencia de mover mayor peso (6 toneladas) en T3S2R4 fue realizado por el IMT en 1992 y concluía que era conveniente para el país ya que existía un beneficio a nivel país a pesar de que existiera un mayor gasto por mantenimiento de pavimentos y puentes.

Como se ha expuesto, el estudio realizado por el ITT en el 2006 se basó en el realizado por el IMT, limitándose a la actualización de datos técnicos y volúmenes de tránsito y con la situación descrita que afecta el análisis final que se presenta como conclusión del estudio.

Muchas Gracias.

**REVISIÓN DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO
REGULATORIO (MIR), SUS AMPLIACIONES Y CORRECCIONES,
DEL PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA DE PESO Y
DIMENSIONES DE LOS VEHÍCULOS DE AUTOTRANSPORTE
FEDERAL**

Preparado para la

**Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Dirección General de Autotransporte Federal**

y la

Comisión Federal de Mejora Regulatoria

Por



26 de Julio de 2006

Tabla de Contenido

Resumen Ejecutivo	RE 1
1. Antecedentes	1
Estructura del documento de Opinión.....	1
2. Revisión y Análisis del Anteproyecto de Norma.....	3
3. Revisión y Análisis de la MIR con sus ampliaciones y Correcciones.....	10
3.1. La Manifestación de Impacto Regulatorio – MIR	10
3.2. Análisis de la MIR Ampliaciones y Correcciones	11
3.3. Análisis de las Peticiones Puntuales de COFEMER.....	25
4. Revisión y análisis de los comentarios emitidos por otras organizaciones	36
Comentarios de la CANACAR en su carta del 3 de Septiembre del 2004	36
Comentarios de la CANAPAT en su carta de 17 de Febrero de 2006	36
Comunicado de la CONATRAM en su carta del 12 de Febrero de 2003.....	37
Comunicado de la ANTP del 24 de noviembre de 2004.....	37
Comentarios a los Anexos de los comunicados de la ANTP	46
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	57
6. Anexos	60
Anexo 1 Metodología y Cálculo de Efectos Cuantificables	61
Anexo 2 Evaluación del Daño Potencial causado a Pavimentos por un aumento del Peso Bruto Vehicular de 75.5 toneladas a 81.5 toneladas.	78
Anexo 3 Investigación de Información e Impactos no Cuantificables.....	85
Anexo 4 Fórmula de Puentes en México	90
Anexo 5 Comentarios sobre el sistema de suspensión neumática y su relación con el coeficiente de impacto	94
Anexo 6 Análisis y comentario sobre los cambios realizados en las disposiciones de seguridad de los Tractocamiones articulados con semirremolques de longitudes mayores a los 14.63 m.97	
Anexo 7 Acciones Regulatorias Específicas y Diferencias entre la Norma vigente y el proyecto de Norma preparada por la SCT	99
Anexo 8 Análisis y comentario del Dr. Ray James respecto al informe “Evaluación de la capacidad de carga de superestructuras de puentes tipo con base en el factor de valuación de puentes”	103

Lista de Tablas

Tabla 2-1 Resumen de los cambios observados en el Proyecto de Norma	3
Tabla 3-1 Peso y Dimensiones Máximas Autorizadas en México, Estados Unidos y Canadá	18
Tabla 3-2 Resumen Impacto del cambio en el PBV en 6 toneladas	27
Tabla 3-3 Resumen Impacto del cambio en caminos tipo “C”	28
Tabla 3-4 Tasas de Accidentes Fatales entre 1995 y 1999 en los Estados Bajo Análisis.	34
Tabla 6-1 Cálculo de las cargas netas de las unidades T3-S2-R4 de 81.5 ton y 75.5 ton de PBV	63
Tabla 6-2 Costo de operación vehicular y costo de deterioro de pavimento de la unidad T3-S2-R4.....	64
Tabla 6-3 Costos de Operación y Deterioro para los PBV estudiados	64
Tabla 6-4 Calculo de Costos por Cambio en el PBV de 6 toneladas.....	66
Tabla 6-5 Resumen Costo de Operación Vehicular (COV).....	66
Tabla 6-6 Resumen Costo de Deterioro de Pavimentos (CDP)	67
Tabla 6-7 Año de construcción y la carga de diseño utilizada para el diseño de puentes.....	67
Tabla 6-8 Resumen Puentes Existentes en la red de carreteras	68
Tabla 6-9 Resumen Impacto del cambio en el PBV en 6 toneladas	69
Tabla 6-10 Cálculo de las cargas netas de las unidades T3-S2-R4 de 67 ton y T3-S2 de 44 ton de PBV	70
Tabla 6-11 Costo de operación vehicular y costo de deterioro de pavimento de la unidad T3-S2.....	71
Tabla 6-12 Costos de operación y deterioro de pavimento para los PBV estudiados.....	71
Tabla 6-13 Comparación de los costo de operación vehicular y costo de deterioro de pavimento entre los T3-S2-R4 y los T3-S2	72
Tabla 6-14 Resumen comparación de los costo de operación vehicular entre los T3-S2-R4 y los T3-S2 ...	73
Tabla 6-15 Resumen comparación de los costo de deterioro de pavimento	73
Tabla 6-16 Cálculo de las cargas netas de las unidades T3-S2-R4 de 67 ton y T3-S3 de 49 ton de PBV	74
Tabla 6-17 COV y CDP para los T3-S3	74
Tabla 6-18 Comparación de los COV y CDP entre los T3-S2-R4 y los T3-S3.....	76
Tabla 6-19 Resumen Comparación de los COV entre los T3-S2-R4 y los T3-S3.....	76
Tabla 6-20 Resumen Comparación de los CDP entre los T3-S2-R4 y los T3-S3	77
Tabla 6-21 Resumen Impacto del cambio en caminos tipo “C”	77
Tabla 6-22 Condiciones de Pavimento utilizadas.....	81
Tabla 6-23 Tasas de Accidentes Fatales entre 1995 y 1999 en los Estados Bajo Análisis.	85
Tabla 6-24 Fórmula de Puentes para los distintos tipos de caminos	91
Tabla 6-25 PBV Máximo Autorizado de las configuraciones más comunes para cada tipo de camino	91
Tabla 6-26 Acciones Regulatorias Específicas - MIR 6 de mayo 2004	99
Tabla 6-27 Diferencias entre la Norma vigente y el proyecto de Norma preparada por la SCT - Noviembre 2004.....	101

Resumen Ejecutivo

Antecedentes

El “Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal” fue modificado en 19 de octubre de 2000. Para responder a esta nueva versión del Reglamento donde se incluye una nueva clasificación de la red vial, en el año 2002 se inició el proceso Normativo para realizar las actualizaciones a la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-1995 sobre el Peso y Dimensiones Máximas con los que Pueden Circular los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal” de fecha 7 de enero de 1997.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) generó el Anteproyecto de Actualización de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-012-SCT-2-1995, así como su respectiva Manifestación de Impacto Regulatorio (MIR), los cuales fueron remitidos a la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER) el 6 de mayo de 2004. Durante ese año, la COFEMER requirió a la SCT realizar ampliaciones y correcciones a la MIR, a lo cual la SCT presentó información adicional. En agosto del 2004 considerando que la respuesta de la SCT no atendió a lo requerido por COFEMER, solicitó a la SCT designar un experto para que realizara una revisión de la MIR.

El Texas Transportation Institute (TTI) fue contratado como experto para llevar a cabo la revisión de la MIR, ampliaciones y correcciones del Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana de Peso y Dimensiones de los Vehículos de Autotransporte Federal.

TTI analizó el Anteproyecto de Norma, los comentarios de COFEMER, los comentarios de otras organizaciones, estudios y otra información relevante para preparar su opinión.

Análisis de Impactos

TTI encontró que existen dos cambios directos de la Norma vigente y un cambio con respecto a las condiciones actuales de operación que requieren ser evaluados¹. Estos cambios son:

¹ Nota: Según el oficio 103-3612 de fecha 8 de julio del 2004 donde se da una explicación detallada sobre el proceso que se llevo a cabo y se concluye que el periodo venció el 8 de agosto del 2002, se concluye que la cláusula temporal de la Norma que permite el incremento en el PBV de 6 toneladas ya venció, por lo tanto no puede considerarse como un cambio en la Norma propuesta. Sin embargo, ya que es un importante cambio respecto a la situación actual, TTI considera conveniente analizar el impacto de este tema.

Cambios directos:

- La disposición que fija la distancia entre ejes para semirremolques de más de 14.63 m
- Desautorización de circulación de los camiones doblemente articulados en los caminos tipo C.

Cambio con respecto a la operación actual:

- El cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados

Para determinar el impacto en términos monetarios del la desautorización de circulación de los camiones doblemente articulados en los caminos tipo “C” y el cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados, TTI desarrolló un análisis costo-beneficio.

El análisis del cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados se basa en comparar los costos de operación vehicular y costos de deterioro de pavimento para los vehículos T3-S2-R4 con 81.5 y 75.5 toneladas.

El análisis para determinar la magnitud en términos monetarios de la prohibición de la circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado en carreteras tipo “C”, se realizó comparando los costos de operación vehicular y de deterioro de pavimento al transferir la carga que actualmente se mueve en tractocamiones doblemente articulados en carreteras tipo “C” con los costos de transportar la misma carga en camiones tipo T3-S2 y T3-S3.

Ambos análisis siguieron procedimientos similares, primero se determinaron los volúmenes vehiculares por clasificación de vehículo utilizando “Datos Viales 2006” que contiene información del año 2005. El total de vehículos –kilómetro (veh-km) se convirtió a toneladas-kilómetro (ton-km) utilizando factores de conversión para vehículos con 75.5 y 81.5 toneladas de PBV en el caso del análisis del cambio en 6 toneladas, y vehículos T3-S2-R4 de 67 toneladas, T3-S2 de 44 toneladas y T3-S3 de 49 toneladas para el análisis de la prohibición de tractocamiones doblemente articulados en carreteras tipo “C”. Estos factores de conversión presentan el peor caso posible y presumen que los diferentes tipos de vehículos estarían cargados con el máximo peso autorizado.

Para determinar los costos de operación y costos de deterioro de pavimento se utilizó la actualización a 2006 de la publicación técnica No 52 de 1994 del IMT², que proporciona costos por ton-km. Los costos de operación vehicular fueron calculados por el IMT en base al programa “Vehicle Operating Cost (VOC)” desarrollado por el Banco Mundial y calibrado por dicho Instituto para las condiciones particulares de México. Los costos de deterioro de pavimento fueron calculados usando los criterios para el diseño de pavimentos flexibles del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

² Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan sobre las Carreteras Nacionales. Instituto Mexicano del transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, Qro. 1994.

Además se realizó un análisis de sensibilidad con diferentes proporciones de vehículos vacíos para determinar el rango de costos para diferentes proporciones de vehículos que circulan sin carga en la red nacional. Se incluyó el cálculo correspondiente al promedio del periodo 1991-2003 del porcentaje de camiones vacíos.

Los resultados de estos cálculos arrojan el siguiente resultado:

Tabla Resumen Impacto del incremento en el PBV en 6 toneladas

Tipo de efecto causado por el incremento en 6 toneladas en vehículos T3-S2-R4	Rango en millones de pesos por año
Disminución en costos operación vehicular	\$ 147 - \$ 245
Incremento en el costo de deterioro de pavimentos	\$ 244 – \$ 406
<i>Costo adicional neto cuantificable</i>	<i>\$ 97 - \$ 161</i>

El resultado de la estimación del costo neto anual para el país del cambio de 6 toneladas de PBV es de entre \$97 y \$161 millones de pesos a valores de 2006. A este monto se le debe añadir aproximadamente más de 9,000 millones de pesos, que es el costo de remplazar una parte significativa de los puentes de las carreteras del país.

Tabla Resumen Impacto del cambio en caminos tipo “C”

Tipo de Efecto causado por la prohibición de la circulación de configuraciones tipo TX-SY-RZ en carreteras tipo “C”	Rango en millones de pesos por año
Incremento en costos operación vehicular	\$ 7 – \$15
Incremento en el costo de deterioro de pavimentos	\$ 26 – \$45
<i>Costo neto cuantificable</i>	<i>\$ 33 - \$60</i>

El costo neto anual de este a cambio se estima entre 33 y 60 millones de pesos (valores de 2006) dependiendo del porcentaje de camiones vacíos. Aunque el costo de operación y el costo de mantenimiento de carreteras se incrementan con este cambio, el incremento no es considerable. Además hay que tomar en cuenta la reducción en accidentes al prohibir la circulación de vehículos doblemente articulados en carreteras tipo “C”, que han sido definidas como “Red Secundaria” y cuyo diseño geométrico no permite la circulación segura de vehículos de las dimensiones de tractocamiones doblemente articulados, que es un beneficio no cuantificado.

Conclusiones

- El Anteproyecto de Actualización de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-012-SCT-2-1995 no genera un amplio impacto, según definición del Sistema de Elaboración de Manifestaciones de Impacto Regulatorio.
- Del análisis efectuado se observa que incrementar el PBV en las unidades T3-S2-R4 a 81.5 toneladas tiene efectos negativos para la sociedad y se estimó que el costo es del orden de \$97 a \$161 millones de pesos por año. A este monto se le debe añadir aproximadamente más de 9,000 millones de pesos, que es el costo de remplazar una parte significativa de los puentes de las carreteras del país.

- Mantener el PBV máximo autorizado para las unidades T3-S2-R4 en 66.5 toneladas, no genera un amplio impacto, según la definición del Sistema de Elaboración de Manifestaciones de Impacto Regulatorio.
- El impacto del incremento en costos de operación generado por la reducción de 6 toneladas de PBV en camiones tipo T3-S2-R4 en el precio de los bienes de consumo final es mínimo (menos del 0.01% del valor de las mercancías transportadas).
- Por lo que hace al costo neto de prohibir la circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado (TX-SY-RZ) en carreteras tipo “C” se estima entre 33 y 60 millones de pesos por año (valores de 2006) dependiendo del porcentaje de camiones vacíos. Aunque el costo de operación y el costo de mantenimiento de carreteras se incrementan con este cambio, el incremento no es considerable. Además existen beneficios en seguridad al prohibir estos vehículos en caminos con diseños geométricos inferiores.
- Ya que el costo neto cuantificable de la prohibición de la circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado (TX-SY-RZ) en carreteras tipo “C” es tan reducido comparado con el tamaño de la economía nacional, no se considera que tenga incidencia en la competitividad o impacte en los precios de consumo final o de exportación.
- La desautorización del tránsito de tractocamiones doblemente articulados en las carreteras tipo “C” no tiene un amplio impacto según la definición de “amplio impacto” del Sistema de Elaboración de Manifestaciones de Impacto Regulatorio, ni afecta el abasto de mercancías en alguna región del país.
- El PBV de las unidades vehiculares, no puede ser mayor al derivado de la formula de puentes, ya que un peso superior a este conlleva el deterioro acelerado de los puentes y una posible falla de los mismos. De acuerdo con la fórmula de puentes utilizada en México, el PBV máximo autorizado para la configuración T3-S2-R4 debe ser de 66.5 toneladas.
- En el ámbito internacional es evidente que los pesos máximos autorizados en México, son sustancialmente mayores a los de Estados Unidos y Canadá, y ya que el peso bruto vehicular máximo en Estados Unidos, con quien se intercambia la gran mayoría del comercio por autotransporte, es aproximadamente la mitad de aquel actualmente en vigor en México, por lo que el impacto del cambio de Norma en los precios de bienes de exportación por autotransporte es nulo.
- La regulación relativa a los pesos y dimensiones propuesta en el anteproyecto es la más adecuada ya que el criterio utilizado para determinar el PBV máximo autorizado para cada unidad es la sumatoria de las descargas por eje, excepto cuando este valor sobrepase el máximo permitido por la formula de puentes. El PBV no puede ser superior al resultado de la formula de puentes ya que un peso superior a éste, conlleva un deterioro acelerado de los puentes y la posible falla de los mismos.

- Las carreteras tipo “ET” y “A” tienen las mismas características en lo que refiere al diseño de la estructura de pavimentos y puentes, que son los criterios bajo los cuales se determina en PBV máximo autorizado. De acuerdo con lo anterior, los límites de peso bruto vehicular para carreteras tipo “ET” y carreteras tipo “A” deben de ser los mismos, sin que existan costos o eficiencias asociadas con esta forma de determinar pesos vehiculares.

Recomendaciones

- No obstante el incremento en 6 toneladas en el PBV máximo trae una disminución en el costo de operación, el incremento en el costo del deterioro del pavimento es mayor, por lo que para minimizar el efecto para la economía nacional, es recomendable que se regrese al peso originalmente permitido para los camiones tipo T3-S2-R4 de 66.5 toneladas.
- Ya que la prohibición de la circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado en carreteras tipo “C” tiene un impacto cuantificable muy reducido y que por otro lado proporciona beneficios a la seguridad vial, se recomienda que se desautorice la circulación de los tractocamiones doblemente articulados de los caminos tipo “C”. Esta medida facilitará la fiscalización de la Norma propuesta.
- Considerando que la suspensión neumática no reduce el coeficiente de impacto y que los pesos brutos vehiculares superan los determinados por la fórmula de puentes, se recomienda reconsiderar la tolerancia otorgada a aquellas unidades con suspensión neumática.
- Ya que el PBV máximo que se ha estado utilizando en México en los últimos años es mayor al de diseño de puentes, se recomienda realizar un estudio detallado del impacto de los pesos actuales sobre los puentes existentes de la red carretera nacional y de la inversión necesaria para el reemplazo y/o rehabilitación de los mismos.
- No se ha demostrado que el uso de suspensión neumática en los vehículos de autotransporte tenga un efecto que evite daño a los puentes, por lo que no es aconsejable incrementar el PBV autorizado, basándose en el coeficiente de impacto en los puentes. Una medida más razonable sería la de penalizar a través de una reducción en el PBV autorizado a aquellas unidades que utilizan sistemas de suspensión que aumentan el daño a pavimentos.
- Considerando que la mayoría de los semirremolques de 16.15 metros (53 pies) provienen de Estados Unidos y no todos tienen suspensión deslizable y que estos únicamente están permitidos en caminos tipo “ET”, se recomienda la eliminación de la cláusula a) de las disposiciones de seguridad del punto 5.2.1.5 del Anteproyecto de Norma.

1. Antecedentes

El “Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal” fue modificado en 19 de octubre de 2000, y una de los principales cambios que sufrió fue la introducción de una nueva estructura de clasificación de los caminos en México. En el Reglamento vigente, se incorporó el tipo de camino ET (o Eje de Transporte) con el fin de definir una sub-red de caminos por donde se autoriza la circulación de vehículos de carga con configuración “tractor-semirremolque” con semirremolques de 53 pies (16.15 metros).

Para responder a esta nueva versión del Reglamento donde se incluye una nueva clasificación de la red vial, en el año 2002 se inició el proceso Normativo para realizar las actualizaciones a la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-1995 sobre el Peso y Dimensiones Máximas con los que Pueden Circular los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal” de fecha 7 de enero de 1997.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) generó el Anteproyecto de Actualización de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-012-SCT-2-1995, así como su respectiva Manifestación de Impacto Regulatorio (MIR), los cuales fueron remitidos a la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER) el 6 de mayo de 2004.

Durante el año 2004, la COFEMER requirió a la SCT realizar ampliaciones y correcciones a la MIR. En julio de 2004 la SCT presentó a la COFEMER información adicional respondiendo a la solicitud de correcciones. En agosto del 2004 considerando que la respuesta de la SCT no atendió a lo requerido por COFEMER, solicitó a la SCT designar un experto para que realizara una revisión de la MIR.

El Texas Transportation Institute (TTI) fue contratado como experto para llevar a cabo la revisión de la MIR, ampliaciones y correcciones del Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana de Peso y Dimensiones de los Vehículos de Autotransporte Federal. TTI es el instituto de investigación de transporte basado en una universidad, más grande del mundo. TTI es parte del Sistema de la Universidad de Texas A&M (TAMUS) y cuenta con más de 600 personas dedicadas a la investigación y soporte en las diferentes modalidades de transporte. TTI realiza proyectos interdisciplinarios donde trabajan en conjunto con el personal investigador de otras áreas del TAMUS.

Estructura del documento de Opinión

La primera sección del reporte presenta los antecedentes del proyecto. La sección 2 presenta el análisis del Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-1995 sobre el Peso y Dimensiones Máximas con los que Pueden Circular los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal. En este análisis se identifican los cambios propuestos con respecto a la Norma vigente y se identifican aquellos con un posible impacto en el sistema de autotransporte de México.

En la siguiente sección del reporte (Sección 3) se presenta el resultado de la revisión y análisis de la MIR con sus ampliaciones y correcciones, así como comentarios de COFEMER. Esta sección del reporte presenta un resumen de los argumentos de la SCT y COFEMER y presenta la opinión del TTI sobre cada uno de los puntos en discusión.

Los comentarios emitidos por otras organizaciones sobre la MIR y el Anteproyecto de Norma son analizados y el resultado de este proceso es presentado en la Sección 4 del reporte con un resumen de los puntos de vista de las diferentes organizaciones y comentarios de TTI al respecto.

La Sección 5 del reporte se presenta las conclusiones de TTI sobre la Manifestación de Impacto Regulatorio (MIR), sus ampliaciones y correcciones, del proyecto de Norma oficial mexicana de peso y dimensiones de los vehículos de autotransporte federal.

Además el presente reporte cuenta con 8 Anexos donde se describe a detalle el análisis de varios temas. Estos Anexos incluyen:

- Anexo 1 Metodología y Cálculo de Efectos Cuantificables
- Anexo 2 Evaluación del Daño Potencial causado a Pavimentos por un aumento del Peso Bruto Vehicular de 75.5 toneladas a 81.5 toneladas.
- Anexo 3 Investigación de Información e Impactos no Cuantificables
- Anexo 4 Fórmula de puentes en México
- Anexo 5 Comentarios sobre el sistema de suspensión neumática y su relación con el coeficiente de impacto
- Anexo 6 Análisis y comentario sobre los cambios realizados en las disposiciones de seguridad de los Tractocamiones articulados con semirremolques de longitudes mayores a los 14.63 metros
- Anexo 7 Acciones Regulatorias Específicas y Diferencias entre la Norma vigente y el proyecto de Norma preparada por la SCT
- Anexo 8 Análisis y comentario del Dr. Ray James del TTI respecto al informe titulado “Evaluación de la capacidad de carga de superestructuras de puentes tipo con base en el factor de valuación de puentes”.

2. Revisión y Análisis del Anteproyecto de Norma

El objetivo de esta sección del reporte es presentar los resultados del análisis del proyecto de Norma para así identificar el o los posibles impactos de las modificaciones sobre el sistema de autotransporte en México. Para lograr este objetivo, se analizó el proyecto de Norma PROY-NOM-012-SCT-2-2003 y se le comparó con la Norma vigente NOM-012-SCT-2-1995.

En la siguiente tabla, se presenta un resumen de los cambios observados. Los mismos fueron comentados y clasificados de acuerdo a su potencial de impacto. Es importante destacar que la determinación de la magnitud de las consecuencias de dichos cambios son presentadas en otras secciones del reporte de opinión.

Tabla 2-1 Resumen de los cambios observados en el Proyecto de Norma

PROY-NOM-012-SCT-2-2003	Comentario del TTI	Potencial de Impacto
3 – Definiciones		
Se agrega la definición de “Circulación en Convoy”: Cuando dos o más vehículos transitan uno detrás del otro sin guardar una distancia de separación entre ellos, que permita que cualquier otro vehículo lo rebase de uno en uno.	Definición que aporta claridad y facilita la comprensión de la Norma	Nulo
Se agrega la definición de “Convertidor”: Sistema de acoplamiento que se engancha a un semirremolque y que le agrega una articulación a los vehículos de tractocamión semirremolque remolque y camión remolque.	Definición que aporta claridad y facilita la comprensión de la Norma	Nulo
5 – Especificaciones		
5.1.1.3 Se agrega el término “configuración de ejes”	Agrega claridad a la Norma	Nulo

PROY-NOM-012-SCT-2-2003	Comentario del TTI	Potencial de Impacto
5.1.2.1 Se suprime el siguiente párrafo: El peso bruto vehicular para el tractocamión doblemente articulado (T3-S2-R4) que traslada carga seca o fluida por los caminos tipo “A” o “B”, podrá incrementarse a 72.5 toneladas por un periodo de 5 años si se cuenta con un sistema auxiliar de frenos, independientes del sistema de balatas; ambas disposiciones se aplicaran a la entrada en vigor de la presente Norma y posteriormente al plazo de referencia el peso deberá ajustarse a 66.5 toneladas.	Según la información analizada. La cláusula temporal de la Norma que permite el incremento en el PBV de 6 toneladas ya venció, por lo tanto no se considera un cambio en la Norma propuesta. Sin embargo, ya que es un importante cambio respecto a la situación actual, TTI considera conveniente analizar el impacto de este tema.	Evaluado en los Anexos 1 y 2.
5.1.2.2 Se suprime el siguiente párrafo: Cualquier incremento mayor, estará sujeto al resultado que se obtenga de los estudios y análisis técnicos que se realicen para poder determinar las ventajas y/o desventajas sobre el daño de pavimentos y puentes por el uso de suspensión neumática.	Facilita la aplicación de la Norma. La supresión de este párrafo elimina la posibilidad de controversias y discusiones.	Nulo
5.2.1.1 Se agrega “este ancho máximo no incluye los espejos retrovisores”	Añade claridad a la Norma y a su fiscalización. Esta disposición hace que tanto la definición de ancho, así como el valor indicado, compatible con la Norma vigente de los Estados Unidos ³ .	Nulo

³ *Federal Size Regulations for Commercial Motor Vehicles*. U.S. Department of transportation. Federal Highway Administration.

PROY-NOM-012-SCT-2-2003	Comentario del TTI	Potencial de Impacto
5.2.1.5 Se agrega una disposición de seguridad: a) La posición de los ejes traseros del semirremolque deberán tener la misma distancia con respecto a los ejes tractivos del tractocamión, que la distancia que tiene un tractocamión acoplado a un semirremolque de 14.63 m Se suprimen los puntos a y b de la lista de disposiciones de seguridad. a) El semirremolque deberá contar con un sistema de suspensión deslizable. b) Cuando la combinación vehicular, transite en tramos carreteros de menor especificación a las carreteras “A4”, el eje o ejes del semirremolque deberán ubicarse en la posición máxima delantera de la cremallera o más cercana al tractocamión.	Existe un posible impacto por este cambio ya que no todos los semirremolques provenientes de los Estados Unidos de 53 pies (16.15 m) tienen un sistema de suspensión deslizable que cumple con la distancia propuesta en la disposición de seguridad a) del punto 5.2.1.5. El Anexo 6 presenta un análisis detallado de este asunto.	Probable
5.2.1.7 Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Simplemente agrega la categoría de caminos tipo “ET”. La cual no existía en momento de la redacción de la Norma vigente y que fue introducida en el <i>Reglamento sobre el Peso, Dimensiones, y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal</i> publicado en el 2000.	Nulo
5.2.1.8 Se agrega el termino “ET” y la frase “ni se sobrepasen las dimensiones máximas permitidas por el tipo de carretera para la combinación.	Añade claridad a la Norma.	Nulo

PROY-NOM-012-SCT-2-2003	Comentario del TTI	Potencial de Impacto
5.2.1.9 Se agrega la ultima parte del punto III referente a las disposiciones de seguridad que deben cumplir los camiones que transportan carga sobresaliente que dice: “Cuando el vehiculo circule en horario nocturno, deberán colocarse en la carga sobresaliente, dos reflejantes y/o dos lámparas que emitan luz roja, además de dos indicadores de peligro que emitan luz roja y visible desde 150 m, además de las luces que requiere el Reglamento de Transito en las Carreteras Federales vigente. ”	Agrega claridad a la Norma y evita malentendidos.	Nulo
10 – Procedimiento de Evaluación de la Conformidad de la Norma.		
Se agrega la totalidad de este punto el cual se divide en: Objetivo, Unidades, Procedimiento y Dependencias y Organismos que intervienen en la verificación.	Adiciona claridad a la fiscalización de la Norma.	Nulo
11 – Vigencia		
Se omite la totalidad del siguiente punto: “La presente Norma oficial Mexicana entrara en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.”	La supresión de este punto podría causar dudas en la fecha de entrada en vigor de la nueva Norma, el TTI opina que debe de incluirse la fecha que se determine.	Nulo
13 – Apéndice Normativo		
Tabla “A”. Pesos Máximos Autorizados por Tipo de Eje y Camino (Toneladas) Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Simplemente agrega la categoría de caminos tipo “ET”. La cual no existía en momento de la redacción de la Norma vigente y que fue introducida en el <i>Reglamento sobre el Peso, Dimensiones, y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal</i> . Reglamento Publicado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) en el 2000.	Nulo

PROY-NOM-012-SCT-2-2003	Comentario del TTI	Potencial de Impacto
Tabla “1B”Autobús. Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado por Tipo de Vehículo y Camino (Toneladas). Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Comentado en el punto anterior (Apéndice Normativo, Tabla “A”)	Nulo
Tabla “2B” Camión Remolque. Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado por Tipo de Vehículo y Camino (Toneladas). Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Anteriormente comentado en el punto Apéndice Normativo, Tabla “A”	Nulo
Tabla “3B” Tractocamión Articulado. Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado por Tipo de Vehículo y Camino (Toneladas). Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Anteriormente comentado en el punto Apéndice Normativo, Tabla “A”	Nulo
Tabla “4B” Tractocamión Doblemente Articulado. Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado por Tipo de Vehículo y Camino (Toneladas).		
Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Anteriormente comentado en el punto Apéndice Normativo, Tabla “A”	Nulo
Se prohíbe la circulación de esta configuración en caminos tipo “C”	El TTI considera que este cambio puede traer consigo un potencial impacto y por eso será objeto de un análisis más detallado	Probable
Se elimina el párrafo final que indica: “El Peso Bruto Vehicular para este tipo de unidades que trasladan carga seca o fluida por caminos tipo A y B, podrá incrementarse a 72.5 ton. por un periodo de 5 años, si cuenta con un sistema auxiliar de frenos independiente del sistema de balatas; ambas disposiciones se aplicaran a la entrada en vigor de la presente Norma y posteriormente al plazo de referencia, el peso deberá ajustarse al valor ajustado.”	Según la información analizada. La cláusula temporal de la Norma que permite el incremento en el PBV de 6 toneladas ya venció, por lo tanto no se considera un cambio en la Norma propuesta, sin embargo ya que es un importante cambio respecto a la situación actual, TTI considera conveniente analizar el impacto de este tema.	Evaluado en los Anexos 1 y 2.

PROY-NOM-012-SCT-2-2003	Comentario del TTI	Potencial de Impacto
Tabla “1C” Autobús. Largo Máximo Autorizado por Tipo de Vehículo y Camino (Metros).		
Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Anteriormente comentado en el punto Apéndice Normativo, Tabla “A”	Nulo
Tabla “2C” Camión Remolque. Largo Máximo Autorizado por Tipo de Vehículo y Camino (Metros).		
Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Anteriormente comentado en el punto Apéndice Normativo, Tabla “A”	Nulo
Se aumenta el largo máximo autorizado para esta configuración en caminos “ET4” y “ET2” a 31.00 metros	El aumento del largo máximo autorizado puede causar consecuencias tanto positivas como negativas. Las mismas no son cuantificables y su impacto total es de escasa magnitud. Por esto el TTI considera que si bien este cambio puede traer consigo un impacto, el mismo no será analizado en detalle.	Nulo
Tabla “3C” Tractocamión Articulado. Largo Máximo Autorizado por Tipo de Vehículo y Camino (Metros).		
Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Anteriormente comentado en el punto Apéndice Normativo, Tabla “A”	Nulo
Se aumenta el largo máximo autorizado para esta configuración en caminos “ET4” y “ET2” a 23.00 metros	El aumento del largo máximo autorizado puede causar consecuencias tanto positivas como negativas. Las mismas no son cuantificables y su impacto total es de escasa magnitud. Por esto el TTI considera que si bien este cambio puede traer consigo un impacto, el mismo no será analizado en detalle.	Nulo
Tabla “4C” Tractocamión Doblemente Articulado. Largo Máximo Autorizado por Tipo de Vehículo y Camino (Metros).		
Se agrega la categoría de caminos tipo “ET”	Anteriormente comentado en el punto Apéndice Normativo, Tabla “A”	Nulo

PROY-NOM-012-SCT-2-2003	Comentario del TTI	Potencial de Impacto
Se aumenta el largo máximo autorizado para la configuración tipo T3-S3-S2 en caminos “ET4” y “ET2” a 31.00 metros Como se menciono con anterioridad, se prohíbe la circulación de esta configuración en caminos tipo “C”	El aumento del largo máximo autorizado puede causar consecuencias tanto positivas como negativas. Las mismas no son cuantificables y su impacto total es de escasa magnitud. Por esto el TTI considera que si bien este cambio puede traer consigo un impacto, el mismo no será analizado en detalle.	Nulo

3. Revisión y Análisis de la MIR con sus ampliaciones y Correcciones

3.1. *La Manifestación de Impacto Regulatorio – MIR*

El Título Tercero A de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo (LFPA) requiere que los anteproyectos de disposiciones jurídicas de carácter general elaborados por la administración pública federal sean remitidos a la COFEMER para su revisión y dictamen, junto con una manifestación de impacto regulatorio (MIR) en los casos en que impliquen costos de cumplimiento para los particulares.

Según el manual de la MIR⁴, éste es un documento que presenta un estudio exhaustivo que tiene como principal objetivo desarrollar mediante investigaciones analíticas y transparentes los siguientes aspectos:

- La justificación de expedir una determinada regulación, mediante la identificación de la problemática o situación que el anteproyecto pretende resolver o abordar.
- Analizar los riesgos que representa dicha problemática o situación.
- Verificar que la autoridad que pretende emitir el anteproyecto esté facultada para hacerlo y que el anteproyecto sea congruente con el marco jurídico nacional.
- Identificar y analizar las alternativas posibles del anteproyecto para hacer frente a la problemática o situación.
- Estimar los costos y beneficios esperados para los particulares de aprobarse y aplicarse el anteproyecto.

El Sistema de Elaboración de Manifestaciones de Impacto Regulatorio (MIR) un anteproyecto será considerado de amplio impacto si cumple con cualquiera de estos dos puntos:

- Crea costos de cumplimiento anuales mayores a \$800 millones de pesos para los productores de bienes, proveedores de servicios o para los consumidores; o,
- Impone costos significativos sobre un sector o rama específica de la economía, un grupo de consumidores, o un área geográfica específica. La determinación de si los costos son significativos depende de la proporción de agentes afectados, así como del monto de los costos anuales esperados.

El objetivo de esta sección del reporte es presentar los resultados del análisis de la MIR, la solicitud de ampliaciones y correcciones de la COFEMER, las aclaraciones presentados por la SCT en varios documentos y emitir una opinión respecto del desarrollo de la MIR.

⁴ Fuente: <http://www.apps.cofemer.gob.mx/documentos/pdf/ManualMIR.pdf>

Aparte de la MIR del 6 de mayo de 2004, las aclaraciones y ampliaciones del 9 de julio de 2004 y los comentarios de la COFEMER del 20 de mayo del mismo año, TTI analizó los siguientes documentos relacionados:

- Oficio 103-3612 del 8 de julio del 2004 de la Dirección General de Autotransporte Federal de la SCT a la COFEMER
- Memorando de fecha 19 de Agosto del 2004 del Ing. Carlos González Narváez al Lic. David Quezada Bonilla
- Solicitud de COFEMER para la contratación del experto oficio COFEME/04/1711 del 20 de agosto de 2004
- Oficio 103-4825 del 6 de septiembre de 2004 del Ing. Carlos González Narváez al Lic. David Quezada Bonilla
- Oficio 103-5957 del 15 de Noviembre del 2004 de la Dirección General de Autotransporte Federal de la SCT a la COFEMER
- Oficio 4.- 219, de mayo de 2005 de la SCT a COFEMER

A continuación se presentan los puntos clave de la MIR original, seguido de los comentarios de COFEMER, la ampliación de la MIR y respuesta de la SCT a los comentarios de COFEMER y finalmente los comentarios de TTI. Siguiendo lo estipulado en el Manual de la MIR en donde se menciona que “la tarea del experto es revisar al menos los aspectos de la MIR respecto de los cuales la COFEMER solicitó ampliaciones y correcciones”, y para facilitar el análisis de los puntos clave, únicamente se transcriben los comentarios de aquellos puntos de la MIR en lo que existe controversia o algún punto en discusión.

3.2. Análisis de la MIR Ampliaciones y Correcciones

Punto 2 de la MIR - Describa la problemática o situación que da origen al anteproyecto y presente la información estadística sobre la existencia de dicha problemática o situación.

MIR 6 de mayo 2004

“La Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-1995 fue publicada en el DOF el 7 de enero de 1997 y si bien fue revalidada por el CCNN-TT en diciembre del 2002, se requiere adecuarla a las modificaciones regulatorias que se derivan del Decreto que Modifica y Adiciona al Reglamento de Peso y Dimensiones publicado el 19 de octubre de 2000; por ejemplo a la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2 vigente es necesario incluir el peso y dimensiones máximos permitidos para las transportaciones que circulen en las carreteras tipo ET, así como precisar algunas definiciones y especificaciones para su mejor entendimiento y aplicación”.

COFEMER 20 de mayo 2004

“... esta sección de la MIR podría enriquecerse con una explicación sobre la efectividad de la NOM vigente por cuanto a la verificación de las disposiciones relativas a peso, dimensión y seguridad”

“... esta sección podría enriquecerse al considerar el universo de vehículos de autotransporte que circulan en el país de acuerdo a su configuración vehicular, así como las afectaciones reales que éstos causan cuando transitan por caminos y puentes de jurisdicción federal”

Considerando que el establecimiento del peso y dimensiones máximas de los vehículos debe derivar directamente de estudios que evalúen la relación entre las características de los vehículos de carga y los daños a las carreteras y puentes nacionales, será necesario presentar los resultados de tales estudios que sustenten los elementos técnicos establecidos en la NOM. Lo anterior permitiría determinar el verdadero alcance del problema que se plantea y la necesidad de modificar las especificaciones de peso y dimensión.

Ampliación de la MIR, SCT 9 de julio 2004

“..las verificaciones efectuadas en los Centros de Control y en los operativos instrumentados por esta Secretaría, en promedio se tiene 0.7% de vehículos sobrecargados y 0.34% con exceso de dimensiones”.

“... en el año 2003 el autotransporte federal de carga, registró 154,069 tractocamiones de 2 y 3 ejes y 176,500 remolques y semirremolques de 2 o más ejes. De la relación tractocamión y remolques o semirremolques existentes se desprende que la mayoría del parque vehicular circula con combinaciones sencillas tractor semirremolque o Tractor-remolque (T-S o T-R), siendo el uso de configuraciones de doble semirremolque muy reducidas y en la mayoría utilizadas para transportar volumen y sólo un número reducido porque requiere transportar mayor peso. Las configuraciones de dos semirremolques no se encuentran registradas como tales, ya que es elección del transportista el conformar unidades sencillas o dobles”.

“En lo referente a los daños reales que las distintas configuraciones vehiculares provocan cuando transitan por caminos y puentes de Jurisdicción Federal, se enlistan los estudios elaborados por el Instituto Mexicano del Transporte al respecto”.

Comentario de TTI

La pregunta de esta sección de la MIR requiere de una descripción de la problemática o situación que da origen al anteproyecto y de presentar información estadística sobre la existencia de dicha problemática o situación. Desde nuestro punto de vista la situación que lleva al anteproyecto de la Norma se genera por el cambio en el Reglamento de Peso y Dimensiones publicado el 19 de octubre de 2000; donde se incluye un nuevo esquema de clasificación de las carreteras del país y se añade un nuevo tipo de camino, que es el ET. La Norma vigente no indica los pesos y dimensiones máximos permitidos para los vehículos que circulan en caminos tipo ET, por lo que el cambio en el reglamento requiere de una nueva versión de la Norma.

Con relación a la “efectividad de la NOM” solicitada por la COFEMER, la SCT presenta en la ampliación de la MIR datos estadísticos sobre infracciones en pesos y dimensiones

a nivel nacional de donde se desprende que son mínimas las infracciones por sobrepeso o sobredimensionamiento de los vehículos de autotransporte.

Sobre la solicitud de COFEMER de enriquecer esta sección considerando el universo de vehículos de autotransporte que circulan en el país y las afectaciones reales a los caminos y puentes, la SCT proporcionó las estadísticas de vehículos registrado e indica que la mayoría del parque vehicular circula con combinaciones sencillas tractor semirremolque o tractor-remolque (T-S o T-R), y que el número de configuraciones de doble semirremolque es muy reducido. TTI considera que la información proporcionada por la SCT responde a la solicitud de COFEMER, sin embargo, este inciso de la MIR requiere de una descripción de la situación que da origen al anteproyecto de Norma, lo cual queda explicado al mencionar que la principal razón es el cambio en Reglamento.

Finalmente sobre la solicitud de COFEMER de presentar estudios que evalúen la relación entre las características de los vehículos de carga y los daños a las carreteras y puentes nacionales, TTI considera que no son necesarios para describir la situación que da origen al anteproyecto, objeto de esta sección de la MIR, ya que no existe problemática sino una situación: Esta situación es que debido al cambio en el Reglamento, es necesario definir una nueva Norma que establezca los pesos máximos y dimensiones para vehículos de autotransporte en la nueva clasificación de caminos del país.

Punto 4 de la MIR - ¿Qué otras alternativas al anteproyecto se consideraron durante su elaboración?

MIR 6 de mayo 2004

“No existe otra alternativa, ya que de conformidad con lo que se establece en el Artículo 5° del Reglamento de Peso y Dimensiones, los vehículos de autotransporte federal y transporte privado, se ajustarán a las Normas correspondientes de conformidad con lo previsto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Además de que únicamente se trata de actualizar algunas especificaciones de la Norma vigente y hacerla congruente con el Decreto que reforma al Reglamento de Peso y Dimensiones de Vehículos, publicado en el DOF el 19 de octubre de 2000”.

COFEMER 20 de mayo 2004

“..aclarar la razón por la cual, con motivo de la revisión quinquenal y la subsecuente ratificación de la NOM-012 en el año 2002, no se reflejaron en dicha NOM diversos conceptos contenidos en las reformas al Reglamento del año 2000”

“.. el numeral 6 de la NOM (Métodos de prueba) establece que "para el control del peso y dimensiones de los vehículos, se utilizarán sistemas de medición, manuales o electrónicos o bien, las tecnologías más avanzadas que se dispongan en el mercado". Sin embargo, el procedimiento de evaluación de la conformidad (PEC) no abunda sobre tales procesos y sistemas de medición, dejando a las autoridades con una facultad discrecional para evaluar el cumplimiento en la forma que consideren más conveniente”

Ampliación de la MIR, SCT 9 de julio 2004

“El Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre (CCNN-TT), con fundamento en el artículo 39 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, acordó ratificar la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-1995 publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de enero de 1997, en virtud de que el Proyecto de Norma publicado el 25 de enero de 2002, no siguió el procedimiento que marca el artículo 46 de la Ley en comento, para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas”.

“Al mismo tiempo determinó necesario iniciar nuevamente en el Subcomité respectivo, los trabajos de análisis y evaluación de la Norma vigente, cuyos resultados se reflejan en el actual proyecto de Norma turnado a esa COFEMER, donde únicamente se incluyen las disposiciones que establece la modificación del Reglamento de Peso y Dimensiones de los Vehículos expedido el 19 de octubre del 2000. Cabe señalar que la ampliación de la vigencia de la Norma, resultaba imprescindible para evitar un vacío legal”.

Procedimiento de Evaluación de Conformidad

“..en el procedimiento se indicó, que las verificaciones se efectuarán en Centros Fijos y Móviles de Control de Peso y Dimensiones, entendiéndose que las instalaciones operadas por esta Secretaría cuentan con equipo de pesaje y medición de vehículos, mismos que son certificados por la Procuraduría Federal del Consumidor”.

Comentario de TTI

Sobre el primer comentario de la COFEMER relacionado con la revisión quinquenal de la NOM-012 del 2002 y la inclusión o no de los conceptos contenidos en el Reglamento del año 2000; después de analizar la información presentada en la ampliación de la MIR, TTI coincide con la SCT en el sentido que no existe alternativa ya que como se comenta anteriormente, el proyecto de Norma surge de un cambio en el Reglamento.

Sobre el Procedimiento de Evaluación de Conformidad (PEC) y la posible discrecionalidad en la evaluación del cumplimiento de la Norma, después de analizar la PEC y la información adicional presentada por la SCT, desde el punto de vista de TTI los métodos de prueba mencionados en el PEC son suficientemente claros y precisos. Las dos variables a medir son el peso y la longitud de los vehículos y los métodos para llevar a cabo estas mediciones quedan claramente definidos.

Punto 6 de la MIR - Si existen disposiciones jurídicas vigentes directamente aplicables a la problemática materia del anteproyecto, enumérelas y explique por qué son insuficientes para atender la problemática identificada.

MIR 6 de mayo 2004

“Ordenamiento: El Reglamento de Peso y Dimensiones de Vehículos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26/01/1994, modificaciones del 7/05/1996, 8/08/2000 y 19/08/2000; y Norma respectiva de 7/02/19”.

“Razones por las que es insuficiente para atender la problemática identificada: En virtud de que el Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de octubre de 2000, modifica la clasificación de carreteras incorporando un nuevo tipo de caminos denominados carreteras tipo ET al Reglamento”.

COFEMER 20 de mayo 2004

“Cabe mencionar que durante el análisis del anteproyecto en mención, se ubicaron dos versiones anteriores al anteproyecto que nos ocupa, mismas que fueron recibidas el 17 de noviembre de 2000 y el 9 de enero de 2002 por esta Comisión y dictaminadas el día 29 de enero de 2001 y el 21 de enero de 2002, respectivamente”.

“Para realizar un adecuado análisis del presente anteproyecto resulta necesario que la SCT explique las razones por las que ninguna de las dos versiones anteriores se publicó en el Diario Oficial de la Federación como NOM definitiva. Asimismo, deberá presentar una justificación de las diferencias entre dichas versiones y el presente anteproyecto de NOM”.

Ampliación de la MIR, SCT 9 de julio 2004

“En relación con las 2 versiones al anteproyecto que nos ocupa, dictaminadas por COFEMER el día 29 de enero de 2001 y el 21 de enero de 2002, respectivamente, se aclara que, el anteproyecto del 21 de enero del 2002 sustituía al primero y sí fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de enero de 2002 para consulta pública, procedimiento que tuvo que ser interrumpido ya que en el seno del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, se recibió la inconformidad de que el anteproyecto no había seguido el procedimiento ni los lineamientos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para la elaboración de Normas, específicamente lo indicado en el Artículo 46, que señala que los anteproyectos deben presentarse directamente al Comité Consultivo Nacional de Normalización respectivo, razón por la cual el pleno del Comité determinó que el Proyecto de Norma iniciara nuevamente su elaboración y como ya se indicó anteriormente, para evitar un vacío legal se ratificó la Norma vigente”.

“Toda vez que los anteproyectos enunciados anteriormente no fueron realizados conforme al procedimiento legal se estima innecesario presentar la justificación solicitada respecto a las diferencias entre dichas versiones y el presente anteproyecto de Norma”.

Comentario de TTI

TTI considera que este punto queda aclarado con la información presentada por la SCT en la MIR y sus ampliaciones.

Punto 8 de la MIR - Acciones Regulatorias Específicas

MIR 6 de mayo 2004

La SCT presenta la descripción, artículos aplicables y justificación de los puntos que contienen cambios a la Norma. El Anexo 7 presenta los puntos presentados por la SCT en la MIR organizados en una tabla para facilitar su análisis.

COFEMER 20 de mayo 2004

“En la respuesta a la pregunta 8 del formulario de la "MIR, se identifican las diversas modificaciones que se realizan a la Norma vigente, sin embargo no se presenta una justificación técnica y legal acerca de las medidas propuestas con respecto a las diferencias de la Norma vigente. Así por ejemplo, se observaron algunas modificaciones que será preciso justificar:...”.

Ampliación de la MIR, SCT 9 de julio 2004

La SCT presentó una tabla comparativa entre la Norma vigente y el Proyecto propuesto (Anexo 7). La SCT comenta “no existe modificación alguna entre un ordenamiento y otro; que los 10 aspectos incluidos son únicamente precisiones de los cuales 8 son para dar mayor claridad a la Norma y evitar discrecionalidad, uno para otorgar mayores facilidades para que los transportistas puedan hacer uso de unidades vehiculares con mayor longitud en los caminos clasificados como ET, que prevé el Reglamento y que de no incluirse en la Norma pudiera complicarse el uso de este beneficio y en otro punto, evitar confusión y gastos de vigilancia innecesaria al clasificar vehículos que ya no operan en el servicio de autotransporte”.

Comentario de TTI

Del análisis de la información presentada por la SCT, TTI tiene los siguientes comentarios a lo requerido por COFEMER:

- a) *Eliminación del segundo párrafo del numeral 5.1.2.2 de la norma vigente.* A la justificación presentada por la SCT se le debe de añadir que este proceso de otorgar incrementos de peso a base de estudios es difícil de administrar y fiscalizar, aparte de que no es posible otorgar incrementos de peso superiores a la Norma ya que se incrementan costos de mantenimiento de infraestructura y se crea mayor inseguridad en las carreteras.
- b) *Inclusión del peso bruto vehicular máximo autorizado de acuerdo a la configuración vehicular para los caminos tipo ET4 y ET2.* Uno de los principales objetivos de la propuesta de Norma es definir los pesos brutos vehiculares para las carreteras tipo “ET”. SCT podría ampliar su comentario explicando que dado que el diseño de pavimentos en las carreteras tipo “ET” y “A” son los mismos, los pesos brutos vehiculares para los caminos ET son los mismos que para los caminos tipo “A”.
- c) *Inclusión de dimensiones máximas autorizadas distintas en los caminos ET y A y trato idéntico que se da al peso bruto vehicular máximo autorizado en dicho tipos de camino.* TTI considera que SCT debe de indicar que ya que los diseños geométricos

en carreteras tipo “ET” son superiores a los de las carreteras tipo “A”, los largos máximos permitidos en carreteras tipo “ET” son mayores a aquellos de las carreteras tipo “A”, esto permite una circulación más segura de las unidades.

El peso bruto vehicular está determinado por las características de diseño de pavimentos y puentes y no por el diseño geométrico, por lo que la relación entre pesos brutos máximos y longitudes de vehículos por tipo de carretera no requieren tener un trato idéntico.

- d) *Desautorización de tractocamiones doblemente articulados para circular en caminos tipo C.* Dado que las configuraciones doblemente articuladas de 23.50 metros si pueden existir, aunque en un número muy reducido. TTI opina que la justificación de este cambio está relacionado a la seguridad de circulación de este tipo de vehículos en caminos tipo C.

Una recomendación para la justificación de este cambio, podría ser la siguiente: Según el Reglamento de Peso y Dimensiones publicado el 19 de octubre de 2000, los caminos tipo “C” son definidos como: “Red Secundaria.- Son carreteras que atendiendo a sus características prestan servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, estableciendo conexiones con la red primaria”. Esto implica que las condiciones de estos caminos no son las óptimas para su uso como corredores de carga. El diseño geométrico de caminos tipo “C” es incongruente con los requerimientos de configuraciones de mayor longitud y peso. Si bien pueden existir configuraciones doblemente articuladas de longitud igual o menor a 23.5 metros y peso bruto vehicular máximo de 58.0 toneladas (para el caso del T3-S2-R4), las mismas se presentan en reducidas ocasiones. Por lo tanto eliminando las configuraciones doblemente articuladas incrementa el nivel de seguridad de este tipo de caminos y facilita la aplicación y fiscalización de la Norma.

- e) *Incorporación de especificaciones de seguridad como la señalada en el numeral 5.2.1.5, inciso a):* TTI considera que existe un posible impacto por este cambio ya que no todos los semirremolques provenientes de los Estados Unidos de 53 pies (16.15 m) tienen un sistema de suspensión deslizable que cumple con la distancia propuesta en la disposición de seguridad a) del punto 5.2.1.5. El Anexo 6 presenta un análisis detallado de este asunto.
- f) *Incorporación del PEC.* TTI considera que el PEC indica con claridad el sistema de medición y fiscalización y no requiere justificación

Punto 9 la MIR - Indique si se revisó la manera como se regula en otros países la materia objeto del anteproyecto.

MIR 6 de mayo 2004

“Sí se revisaron las disposiciones en materia de peso y dimensiones que aplican nuestros socios comerciales: Canadá, Estados Unidos y Europa, encontrándose que existe cierto nivel de concordancia en cuanto a las dimensiones, no así en lo referente al peso máximo

permitido en donde su regulación autoriza límites superiores, si bien las configuraciones vehiculares son diferentes ya que en nuestro país en virtud de la importancia que tiene el autotransporte en la movilización de bienes y personas y de su capacidad y características del parque vehicular con que se cuenta, se ha procurado flexibilizar el tipo de combinaciones vehiculares utilizadas, a fin de incrementar su productividad y optimizar la flota”.

COFEMER 20 de mayo 2004

“.. esta afirmación no concuerda con la información proporcionada por la DGAF respecto del peso bruto vehicular máximo permitido en Estados Unidos, Canadá, Europa y México, siendo México el país más flexible en cuanto a peso se refiere (75.5 toneladas máximas, en ciertos supuestos, frente a 36.28 permitidas en Estados Unidos, por ejemplo)”.

“...conviene que la SCT indique, con base en cifras oficiales de las oficinas de transporte (centrales, así como estatales o provinciales) de los Estados Unidos y Canadá, el grado de concordancia de las especificaciones de pesos y dimensión seleccionadas y la forma en que ello facilitaría el libre tránsito de vehículos de procedencia extranjera que deben cumplir con estas especificaciones. Otro aspecto que debe tomarse en cuenta para establecer este grado de concordancia es considerar las características de las carreteras mexicanas frente a las de nuestros socios comerciales norteamericanos (extensión de la red carretera, tipificación y durabilidad)”.

Ampliación de la MIR, SCT 9 de julio 2004

“En relación con la observación en este rubro, es correcta, ya que por un error de mecanografía en la pregunta 9 de la MIR, se señalan “límites superiores”, debiendo decir “límites inferiores”.

La SCT presenta la información solicitada, misma que se desprende de estudios efectuados por el Departamento de Transporte de Estados Unidos (DOT), en el año 2000, por la Oficina de Transporte de Canadá (Transport Canada) en 1998; así como del informe trilateral (Estados Unidos, Canadá y México) presentado al Subcomité de Normas sobre Transporte Terrestre del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en diciembre de 1998. La SCT presenta un resumen de la información como se muestra a continuación.

Tabla 3-1 Peso y Dimensiones Máximas Autorizadas en México, Estados Unidos y Canadá

ESPECIFICACIÓN	MÉXICO	ESTADOS UNIDOS	CANADÁ
Peso Bruto Vehicular	75.5 ton	36.3 ton	47.6 ton
Longitud	31 m	----- ^{(*)1}	25 m ^{(*)2}
Ancho	2.60 m	2.60 m	2.60 m

^{(*)1} Se regula únicamente el largo el semirremolque (máximo 53 pies = 16.10 m), no el largo total.

^{(*)2} Dimensión máxima autorizada en la Provincia de Alberta, en las demás Provincias se autorizan 23 m.

“Como se aprecia México es el país más flexible en cuanto a peso se refiere (75,5 ton. de peso bruto vehicular), en relación con nuestros socios comerciales en donde se autorizan como máximo 36.38 ton. en Estados Unidos y 47.6 ton en Canadá”.

“Cabe señalar que en las negociaciones del Tratado de Libre Comercio, México siempre mantuvo la posición de que en el propósito de contar con un mayor grado de armonización en materia de peso y dimensiones, Estados Unidos y Canadá debían incrementar su peso máximo autorizado a los niveles que se permiten en México, a lo cual no estuvieron de acuerdo, indicando entre otros motivos, que no era conveniente para la conservación de su infraestructura carretera y de puentes, por lo cual se concluyó, dentro del Subcomité del TLCAN, que las disposiciones en materia de peso y dimensiones no van a impedir la circulación de vehículos entre México, Estados Unidos y Canadá, ya que el intercambio comercial se realizará a través de aquellas unidades vehiculares que cumplan con las disposiciones Normativas en cada uno de los países”.

Comentario de TTI

Después de analizar la información sobre la reglamentación de pesos máximos autorizados y longitudes de camiones en Estados Unidos y Canadá, es evidente que aquellos autorizados en México son substancialmente mayores a los de estos países. El peso máximo propuesto para México de 75.5 toneladas es 58.6% mayor a aquel permitido en Canadá y el doble de aquel permitido en Estados Unidos, principal socio comercial de México para el intercambio de mercancías por autotransporte. No existe concordancia entre las especificaciones de pesos máximos permitidos en los otros dos países de Norte América con aquellas de la Norma vigente ni con la Norma propuesta.

Tanto la Norma vigente como la propuesta no conducen al libre tránsito de vehículos entre México y los Estados Unidos, ya que los pesos máximos vehiculares de la Norma vigente y los de la propuesta son substancialmente mayores a aquellos en ese país, lo que lleva a un deterioro más acelerado de las carreteras nacionales con respecto a aquellas en Estados Unidos y Canadá, además de que hace ineficiente al autotransporte entre México y su vecino del norte ya que los remolques de exportación deben de ir cargados de origen con el peso máximo autorizado en Estados Unidos o realizar un transvase al llegar a la frontera antes de cruzar para disminuir el peso. Ambas acciones conllevan costos adicionales.

Punto 11 de la MIR. Presente la lista de personas u organizaciones y autoridades consultadas

Punto 12 de la MIR. Presente la lista de personas, organizaciones y autoridades consultadas

MIR 6 de mayo 2004

La SCT circuló el borrador a grupos o personas interesadas y recepción de comentarios, realizó un seminario o conferencia por invitación, recibió comentarios no solicitados y realizó una consulta intra-gubernamental.

La SCT informa que no se formaron grupos de trabajo o comité técnico para la elaboración conjunta del anteproyecto, ni se realizó un seminario o conferencia abierto al público, ni se realizó consulta con autoridades internacionales o de otros países.

COFEMER 20 de mayo 2004

“En las preguntas 11 y 12 de la MIR se mencionan las personas y organizaciones consultadas, pero no las principales opiniones de estos sujetos, a favor o en contra de las medidas propuestas. Se solicita presentar esta información”.

Ampliación de la MIR, SCT 9 de julio 2004

“De conformidad con el Artículo 62 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la revisión de esta Norma forma parte de los trabajos elaborados por el Comité Nacional de Normalización de Transporte Terrestre y el Subcomité No. 2 “Especificaciones de Vehículos, Partes, Componentes y Elementos de Identificación”, dentro del cual como consta en las minutas que obran en expediente abierto de esta Dirección General, los diversos integrantes en el mismo aprobaron el Proyecto de Norma definitivo que se turnó a la COFEMER, habiéndose firmado por todos los representantes de las diversas organizaciones participantes en dicho Subcomité”.

“La única discrepancia existente es en lo relativo a las 6 toneladas adicionales solicitadas por la Asociación Nacional de Transporte Privado para las combinaciones T3-S2-R4, mismo que fue argumentado mediante un estudio presentado al Subcomité antes mencionado, del cual se emitió un dictamen elaborado por las Direcciones Generales de Servicios Técnicos y Conservación de Carreteras y el Instituto Mexicano del Transporte, en el cual se concluye que no es factible técnicamente acceder a la petición formulada por dicha Asociación, lo cual fue respaldado por los integrantes del Comité, quienes en pleno acordaron aprobar el Proyecto de Norma con las especificaciones contenidas en la versión turnada a esa COFEMER”.

Comentario de TTI

La información presentada por la SCT en la Ampliación de la MIR responde a lo solicitado en los puntos 11 y 12 de la MIR y por COFEMER.

Punto 13 de la MIR ¿Qué recursos públicos, ya asignados o adicionales, serán necesarios para asegurar la aplicación del anteproyecto?

MIR 6 de mayo 2004

“No se requieren recursos adicionales, a los que actualmente se destinan para las actividades de Inspección, Verificación o Certificación de la Norma de Peso y Dimensiones vigente. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes dispondrá de los inspectores de vías generales de comunicación con que se cuenta para supervisar su cumplimiento; así como de los Centros de Control de Peso y Dimensiones de Calamanda, Nuevo Laredo y próximamente Mexicali, a los que se le sumaran los cuatro adicionales que se tiene autorizado construir en este año, en los estados de Tlaxcala, Jalisco, Sonora y

San Luís Potosí. Así mismo se prevé la utilización de las básculas de pesaje instaladas en las APIS”.

COFEMER 20 de mayo 2004

“Algunos de los aspectos que pudieran complementar la información presentada en la sección 13 de la MIR, se relaciona con la suficiencia (o insuficiencia) de los recursos y de la infraestructura instalada para llevar a cabo la vigilancia de la NOM, considerando los vehículos que se encuentran en operación. De esta forma podrían estimarse el número probable de actos de vigilancia que puede realizar la SCT en los siete centros de control de peso y dimensiones que se tienen proyectados, a través de inspectores de vías generales de comunicación, elementos de la Policía Federal Preventiva y observadores acreditados existentes”.

Ampliación de la MIR, SCT 9 de julio 2004

“Como ya se indicó en este apartado de la Manifestación de Impacto Regulatorio, no se requieren recursos adicionales a los que actualmente se destinan para las actividades de Inspección, Verificación o Certificación de la Norma de Peso y Dimensiones vigente. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes dispone de los inspectores de vías generales de comunicación con que se cuenta para supervisar su cumplimiento, así como de los Centros de Control de Peso y dimensiones en Calamanda, Nuevo Laredo y próximamente Mexicali, a los que se le sumarán los cuatro adicionales que se tiene autorizado construir en este año, en los estados de Tlaxcala, Jalisco, Sonora y San Luís Potosí, asimismo se prevé la utilización de las básculas de pesaje instaladas en las APIS; así como de los elementos de la Policía Federal Preventiva para apoyar el ingreso de los vehículos a los sitios de pesaje. De esta manera se tienen cubierto los principales ejes carreteros por los que circulan los vehículos de autotransporte”.

Comentario de TTI

La información presentada por la SCT en la Ampliación de la MIR responde a lo solicitado en el punto 13 de la MIR.

Punto 16 de la MIR. Efectos Generales del Anteproyecto. ¿Cuáles serían los efectos del anteproyecto sobre la competencia en los mercados y sobre el comercio nacional e internacional?

MIR 6 de mayo 2004

“No se afecta el comercio nacional e internacional, ya que no se modifican especificaciones a la Norma vigente y el intercambio comercial con nuestros socios comerciales se efectúa cumpliendo con las Normas que en materia de peso y dimensiones aplica cada país”.

“En relación con la Norma que se actualiza no se tienen efectos negativos a los consumidores ya que las especificaciones no se modificaron para exigir mayores requerimientos y únicamente se precisan aspectos para mejorar su observancia”.

“Con el presente proyecto se da equidad y uniformidad a los pesos que utilizan los pequeños y grandes transportistas, y se amplía la participación de un mayor número de empresas, para atender la demanda de carga existente, con lo cual se promueve el desarrollo económico y la modernización de la flota vehicular”.

COFEMER 20 de mayo 2004

“En la pregunta 16 de la MIR se menciona que el anteproyecto de NOM no afectará el comercio nacional o internacional, ya que no se modifican las especificaciones de la NOM vigente. Tal afirmación es inexacta, en el sentido de que no se modifican especificaciones, considerando que el análisis realizado por esta Comisión en la sección 8 de la MIR ha identificado diversas modificaciones”.

“En este mismo orden de ideas, se deberá informar a esta Comisión si con motivo de la revisión quinquenal y la subsecuente ratificación de la NOM-012, debe entenderse, como parece ser el caso, que el numeral 5.1.2.1, segundo párrafo permitiría que el peso bruto vehicular para el tractocamión doblemente articulado (T3-S2-R4) podrá incrementarse hasta 72.5 toneladas por un periodo adicional de cinco años, es decir hasta el año 2007”.

Ampliación de la MIR, SCT 9 de julio 2004

“La observación del primer párrafo de este punto, como ya quedó debidamente demostrado anteriormente, no es aplicable, ya que no se modifican especificaciones a la Norma vigente, sino únicamente se hacen precisiones para atender el mandato estipulado en el Reglamento de Peso y Dimensiones de los vehículos”.

“Respecto al párrafo segundo del numeral 5.1.2.1., se considera que la apreciación de esa Comisión no es correcta, toda vez que la ratificación de la Norma NOM-012-SCT-2-1995 siguió el procedimiento legal que se indica en el Artículo 51 párrafo 4 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el cual textualmente señala que “las Normas Oficiales Mexicanas deberán ser revisadas cada 5 años a partir de la fecha de su entrada en vigor, debiendo notificarse al Secretariado Técnico de la Comisión Nacional de Normalización los resultados de la revisión, dentro de los 60 días naturales posteriores a la terminación del periodo quinquenal correspondiente. De no hacerse la notificación, las Normas perderán su vigencia y las Dependencias que las hubieran expedido, deberán publicar su cancelación en el Diario Oficial de la Federación. La Comisión podrá solicitar a la Dependencia dicha cancelación.”

“Por su parte el artículo 39 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, señala que “Para dar cumplimiento a lo establecido en el párrafo 4° del Artículo 51 de la Ley, las Normas Oficiales Mexicanas cuyo plazo de vigencia quinquenal venza en el transcurso del año siguiente, deberán ser revisadas en el seno del Comité Consultivo Nacional de Normalización que las elaboró y, en su caso, incluirse en el Programa Nacional de Normalización de ese año, para llevar a cabo su modificación o cancelación”.

“Las Dependencias competentes, con base en la opinión del Comité Consultivo Nacional de Normalización correspondiente, notificarán al Secretariado Técnico de la Comisión Nacional de Normalización, las Normas Oficiales Mexicanas que, después de haber sido

revisadas no requieran ser modificadas o canceladas, así como las razones de tal determinación”.

Dicho procedimiento se atendió mediante oficio 103.-4298 de fecha 25 de septiembre de 2002, en el cual se le comunicó a la Comisión Nacional de Normalización el resultado de la revisión quinquenal efectuada a las Normas Oficiales Mexicanas, entre ellas la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-1995, emitidas por el Comité Consultivo Nacional de Normalización durante el periodo comprendido del primero de enero de 1993 al primero de agosto de 1997, a fin de dar continuidad a la vigencia de las Normas emitidas durante ese periodo por el CCNN-TT”.

“Al respecto, toda vez que la Norma no requirió modificación alguna, se ratificó dando continuidad a su vigencia, por lo que al haber sido publicada el 7 de enero de 1997 en el Diario Oficial de la Federación y entrar en vigor al día siguiente de su publicación, los 5 años que se establecen en el segundo párrafo del numeral 5.1.2.1, concluyeron el 8 de enero de 2002”.

“Con base en lo anterior, se estima que no es correcta la apreciación de la COFEMER respecto al citado numeral 5.1.2.1, ya que al haberse dado continuidad a la vigencia de la Norma en comento y no tratarse de una nueva Norma, no es procedente establecer otro periodo adicional de cinco años para las unidades T3-S2-R4, siendo que éste concluyó su vigencia desde el día 8 de enero de 2002, fecha inclusive anterior a la ratificación de la Norma”.

Comentario de TTI

Sobre los efectos del Anteproyecto de Norma, como se menciona en el análisis de la sección anterior de este reporte y tomando en consideración las condiciones actuales de operación de las unidades doblemente articuladas, TTI encontró que existen dos cambios directos de la Norma vigente y un cambio con respecto a las condiciones actuales de operación que requieren ser evaluados⁵. Estos cambios son:

Cambios directos:

- La disposición que fija la distancia entre ejes para semirremolques de más de 14.63 m
- Desautorización de circulación de los camiones doblemente articulados en los caminos tipo C.

Cambio con respecto a la operación actual:

- El cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados

⁵ Nota: Según el oficio 103-3612 de fecha 8 de julio del 2004 donde se da una explicación detallada sobre el proceso que se llevo a cabo y se concluye que el periodo venció el 8 de agosto del 2002, se concluye que la cláusula temporal de la Norma que permite el incremento en el PBV de 6 toneladas ya venció, por lo tanto no puede considerarse como un cambio en la Norma propuesta. Sin embargo, ya que es un importante cambio respecto a la situación actual, TTI considera conveniente analizar el impacto de este tema.

Punto 19 de la MIR. Costos Cuantificables

Punto 20 de la MIR. Costos No Cuantificables

MIR 6 de mayo 2004

“Descripción: Toda vez que no se modificaron las especificaciones respecto a la Norma actual, no se generan costos adicionales que requieran cuantificarse, ya que las disposiciones que se incluyen únicamente precisan aspectos para su mejor observancia, incluyendo la definición para el uso de los caminos tipo ET, ya que en este caso se autorizan el mismo peso y configuraciones que en los caminos tipo "A".

Grupo Afectado: Ninguno

Cuantificación:

Costo: Monto Esperado: 0

Rango del Costo: Límite Inferior: 0

Rango del Costo: Límite Superior: 0”

COFEMER 20 de mayo 2004

“De conformidad con el artículo 45, segundo párrafo de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, cuando la Norma pudiera tener un efecto sustancial sobre un sector específico y tomando en cuenta que las modificaciones propuestas podrían generar este efecto sobre el sector de autotransporte terrestre, esta Comisión considera necesario que la MIR incluya un análisis en términos monetarios del valor presente de los costos y beneficios potenciales del anteproyecto y de las alternativas consideradas”.

Ampliación de la MIR, SCT 9 de julio 2004

“Como se ha mencionado anteriormente el Proyecto de Norma no contiene modificaciones que impliquen costos adicionales a los usuarios, sino al contrario con los aspectos que se incluyen, se facilita la operación de vehículos de mayores dimensiones que el propio Reglamento de Peso y Dimensiones prevé, pero que al no estar incluidos en la Norma se dificulta su operación. Asimismo se facilita la interpretación de algunos preceptos para dar mayor claridad y transparencia a la aplicación de la Norma.

En razón de lo anterior se estima innecesaria la elaboración del estudio de costos solicitado”.

Comentario de TTI

Dado que la SCT considera que la vigencia del permiso temporal del incremento en 6 toneladas para las unidades T3-S2-R4 ya venció, no se incluyó un análisis de este asunto. Como se indica anteriormente, ya que este es un cambio con respecto a la situación actual, TTI considera necesario analizarlo.

3.3. Análisis de las Peticiones Puntuales de COFEMER

Como se indica en la sección anterior, TTI realizó un análisis exhaustivo para emitir una opinión sobre la MIR y las ampliaciones y correcciones, solicitadas por la COFEMER y lo que la SCT respondió al respecto. En esta sección del reporte se presenta la respuesta de TTI a lo solicitado de COFEMER en su oficio COFEME/04/1711, del 20 de agosto de 2004.

COFEMER solicitó que el experto desarrollara un análisis en términos monetarios del valor presente de los costos y beneficios potenciales del anteproyecto y de las alternativas consideradas que determine los efectos de la nueva regulación sobre el sector autotransporte, destacando el impacto que tendrán los siguientes puntos:

- a) La incidencia de la regulación propuesta en la competitividad del transporte nacional y sus efectos sobre la economía mexicana.
- b) Determinar las posibles afectaciones en el abasto nacional y su impacto en las distintas zonas del país que se derivarían de la desautorización del tránsito de los tractocamiones doblemente articulados en las carreteras tipo C.
- c) Señalar si la regulación propuesta resulta ser eficiente en un contexto internacional.

La COFEMER también solicitó del experto que determinara si la regulación relativa a los pesos y dimensiones propuesta en el anteproyecto resulta la más adecuada desde el punto de vista técnico, considerando:

- El daño a la infraestructura carretera y en puentes federales que se observa según la descarga por eje, detectando posibles áreas de oportunidad en las que pudiera existir un ajuste en la regulación de tal forma que se beneficie a algunos tipos de vehículos.
- Compatibilidad técnica de la regulación con los estándares internacionales observados en aquellos países que son los principales socios comerciales de México.
- Análisis sustentado con evidencia estadística sobre la inseguridad y afectaciones a la infraestructura que se observa en los caminos y puentes federales por motivo del peso y las dimensiones establecidos para los distintos tipos de unidades vehiculares.

A continuación se presentan los resultados del análisis de TTI a estos puntos.

a) La incidencia de la regulación propuesta en la competitividad del transporte nacional y sus efectos sobre la economía mexicana.

Según lo comentado en la página 23, los efectos que fueron evaluados en términos monetarios son:

- El cambio en el Peso Bruto Vehicular (PVB) máximo autorizado para configuraciones T3-S2-R4 en carreteras tipo “ET”, “A” y “B”
- La prohibición de la circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado (TX-SY-RZ) en carreteras tipo “C”

Para evaluar la incidencia de estos dos aspectos en términos monetarios se realizaron cálculos para cuantificar costos de operación de transporte, costos del deterioro de pavimentos y costos a puentes y estructuras causados por los mismos. Estos costos, además de ser los de mayor relevancia, pueden ser cuantificables con la información existente y en el tiempo previsto para desarrollar la opinión.

El detalle del cálculo en términos económicos para ambos cambios se presenta en el Anexo 1 y 2, y el proceso se resume a continuación.

Incremento de 6 toneladas en el Peso Bruto Vehicular (PVB) máximo autorizado para configuraciones T3-S2-R4 en carreteras tipo “ET”, “A” y “B”

Para estimar el impacto de este incremento se calculó el total de vehículos-kilómetro (veh-km) de camiones tipo T3-S2-R4 que circulan en la red carretera nacional. La fuente de información para este cálculo fue la publicación anual de la SCT que contiene información de volúmenes vehiculares por clasificación de vehículo “Datos Viales”. Se utilizó la versión de “Datos Viales 2006” que contiene información del año 2005. El total de veh-km se convirtió a toneladas-kilómetro (ton-km) utilizando factores de conversión para vehículos con 75.5 toneladas de PVB y para vehículos de 81.5 toneladas. Esta conversión presume que ambos tipos de vehículos estarían cargados con el máximo peso autorizado.

Para determinar los costos de operación y costos de deterioro de pavimento se utilizó la actualización a 2006 de la publicación técnica No 52 de 1994 del IMT⁶, que proporciona costos por ton-km. Los costos de operación vehicular fueron calculados por el IMT en base al programa “Vehicle Operating Cost (VOC)” desarrollado por el Banco Mundial y calibrado por dicho Instituto para las condiciones particulares de México. Los costos de deterioro de pavimento fueron calculados usando los criterios para el diseño de pavimentos flexibles del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Además se realizó un análisis de sensibilidad con diferentes proporciones de vehículos vacíos para determinar el rango de costos para diferentes proporciones de vehículos que circulan sin carga en la red nacional. Se incluyó el cálculo correspondiente al promedio del periodo 1991-2003 del porcentaje de camiones vacíos.

Los resultados de estos cálculos arrojan el siguiente resultado:

⁶ Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan sobre las Carreteras Nacionales. Instituto Mexicano del transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, Qro. 1994.

Tabla 3-2 Resumen Impacto del cambio en el PBV en 6 toneladas

Tipo de Efecto causado por el incremento en 6 toneladas en vehículos T3-S2-R4	Rango en millones de pesos por año
Disminución en costos operación vehicular	\$ 147 - \$ 245
Incremento en el costo de deterioro de pavimentos	\$ 244 – \$ 406
<i>Costo adicional neto cuantificable</i>	<i>\$ 97 - \$ 161</i>

El resultado de la estimación del costo neto adicional para el país por el incremento de 6 toneladas de PBV es de entre \$97 y \$161 millones de pesos a valores de 2006. A este monto se le debe añadir aproximadamente más de 9,000 millones de pesos (ver Anexo 1), que es el costo de remplazar una parte significativa de los puentes de las carreteras del país.

Incidencia en la competitividad del transporte y efectos sobre la economía mexicana

Del resultado del cálculo descrito anteriormente se concluye que no obstante el incremento en 6 toneladas en el PBV trae una disminución en el costo de operación, el incremento en el costo del deterioro del pavimento es mayor, por lo que para minimizar el efecto para la economía de México, es recomendable que se mantenga el peso permitido para los camiones tipo T3-S2-R4 de 66.5 toneladas.

Impacto en el precio de los bienes de consumo final

El valor de las mercancías del comercio internacional México-Estados Unidos transportadas en autotransporte en 2005 fue de 195 mil millones de dólares⁷. El impacto del incremento en costos de operación generado por la no aceptación de 6 toneladas más en el PBV en camiones tipo T3-S2-R4 en el precio de los bienes de consumo final es mínimo, ya que suponiendo que el costo de operación se repercutiera en su totalidad, representaría un 0.01% del valor de las mercancías transportadas. Si al valor de las mercancías de comercio exterior se le agrega el de las mercancías de transporte interno en el país, el impacto del cambio en la regulación en el precio de los bienes de consumo final sería aún más pequeño.

Impacto en el precio de los bienes de exportación

Considerando que el peso bruto vehicular máximo en Estados Unidos, con quien se intercambia la gran mayoría del comercio por autotransporte, es aproximadamente la mitad de aquel actualmente en vigor en México, el impacto por no autorizar el incremento de 6 toneladas en la Norma en los precios de bienes de exportación por autotransporte es nulo. Los embarcadores y/o transportistas nacionales que exportan directamente a ese país requieren cargar el vehículo con el peso autorizado en Estados Unidos o cargar al máximo autorizado en México y realizar un transvase en la frontera antes de cruzar para reducir el peso del camión al nivel autorizado. Ambas alternativas generan costos adicionales, por lo que se deduce que el efecto de no autorizar las 6 toneladas es nulo en lo relacionado al transporte de exportación.

⁷ U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, Transborder Freight Dataset.

Prohibición de la circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado (TX-SY-RZ) en carreteras tipo “C”

Siguiendo un procedimiento similar al descrito anteriormente, se realizó el cálculo del impacto en el costo de operación de transporte y de mantenimiento a las carreteras por la prohibición de circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado (TX-SY-RZ) en carreteras tipo “C”. La descripción del cálculo detallado se muestra en el Anexo 1. Para determinar la magnitud en términos monetarios de este cambio se calcularon los costos de operación vehicular y de mantenimiento de carreteras al transferir la carga que actualmente se mueve en tractocamiones doblemente articulados en carreteras tipo “C” y se compararon con los costos de operación vehicular y de mantenimiento de carretera al transportar la misma carga en camiones tipo T3-S2 y T3-S3.

El resultado del cálculo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3-3 Resumen Impacto del cambio en caminos tipo “C”

Tipo de Efecto causado por la prohibición de la circulación de configuraciones tipo TX-SY-RZ en carreteras tipo “C”	Rango en millones de pesos por año
Incremento en costos operación vehicular	\$ 7 – \$15
Incremento en el costo de deterioro de pavimentos	\$ 26 – \$45
<i>Costo neto cuantificable</i>	<i>\$ 33 - \$60</i>

El costo neto de este cambio se estima entre 33 y 60 millones de pesos (valores de 2006) dependiendo del porcentaje de camiones vacíos. Aunque el costo de operación y el costo de mantenimiento de carreteras se incrementan con este cambio, el incremento no es considerable. Además hay que tomar en cuenta la reducción en accidentes al prohibir la circulación de vehículos doblemente articulados en carreteras tipo “C”, que han sido definidas como “Red Secundaria” y cuyo diseño geométrico no permite la circulación segura de vehículos de las dimensiones de tractocamiones doblemente articulados.

Incidencia en la competitividad del transporte y efectos sobre la economía mexicana, impacto en el precio de los bienes de consumo final y de exportación.

Ya que el costo neto cuantificable de este cambio en la Norma es tan reducido comparado con el tamaño de la economía nacional, no se considera que tenga incidencia en la competitividad o impacte en los precios de consumo final o de exportación.

b) Determinar las posibles afectaciones en el abasto nacional y su impacto en las distintas zonas del país que se derivarían de la desautorización del tránsito de los tractocamiones doblemente articulados en las carreteras tipo C.

En relación a las posibles afectaciones de abasto debido a la desautorización del tránsito de los tractocamiones doblemente articulados en las carreteras tipo C, TTI considera que no existen afectaciones ya que cualquier unidad que no sea combinación doblemente articulada puede circular en carreteras tipo “C”. La totalidad de las regiones del país se pueden abastecer por autotransporte. El análisis de la red carretera indica que la mayoría de las regiones del país están servidas por más de un tipo de carretera y en caso que se requiriera abastecer alguna región remota en la que exista únicamente carreteras tipo “C”, el abastecimiento se puede realizar en forma segura utilizando unidades sencillas. Los caminos tipo “C” son definidos como “Red Secundaria - Carreteras que atendiendo a sus características prestan servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, estableciendo conexiones con la red primaria”. Esto implica que las condiciones de estos caminos no son las óptimas para usarse como corredores de carga ya que el diseño geométrico es incongruente con los requerimientos de las configuraciones de mayor longitud y peso.

Como se muestra en el análisis detallado del Anexo 1, el volumen actual de camiones doblemente articulados en caminos tipo “C” es reducido (14.7 millones ton-km o el 7% del total de ton-km de esa unidad), y el costo neto de la desautorización de los vehículos doblemente articulados en carreteras tipo “C” se estima entre 33 y 60 millones de pesos por año. En resumen, no se considera que la desautorización del tránsito de tractocamiones doblemente articulados en las carreteras tipo “C” tenga un amplio impacto, según la definición de “amplio impacto” del Sistema de Elaboración de Manifestaciones de Impacto Regulatorio, ni que impacte el abasto de mercancías en alguna región del país.

c) Señalar si la regulación propuesta resulta ser eficiente en un contexto internacional.

Después de analizar la información sobre la reglamentación de pesos máximos autorizados y longitudes de camiones en Estados Unidos y Canadá, es evidente que aquellos autorizados en México son substancialmente mayores a los de estos países. El peso bruto vehicular (PBV) máximo propuesto para México de 75.5 toneladas es 58.6% mayor a aquel permitido en Canadá y el doble de aquel permitido en Estados Unidos, principal socio comercial de México para el intercambio de mercancías por autotransporte. No existe concordancia entre las especificaciones de pesos máximos permitidos en los otros dos países de Norte América con aquellas de la Norma vigente ni con la Norma propuesta. La gran diferencia en los PBV máximos entre México y Estados Unidos resulta ineficiente para el transporte de mercancías por camión entre los dos países

La supuesta ventaja relativa de la Norma vigente y la propuesta con respecto a las regulaciones de otros países es que al permitir mayor PBV en México, el costo de operación de transporte es menor. Sin embargo esta supuesta ventaja queda eliminada al incrementarse el costo de mantenimiento de carreteras. Está demostrado que el efecto de incrementar las cargas en los pavimentos no es lineal sino exponencial, lo que se llama la regla de la cuarta potencia. Una descripción detallada del efecto del incremento en el PBV en los pavimentos se presenta en el Anexo 2. Por lo mismo se considera que tanto la Norma vigente como la propuesta tienen una desventaja contra aquellas de los socios comerciales de México, donde se protege más la infraestructura carretera. Otra desventaja de la Norma vigente y la propuesta en nuestro país, con respecto a aquella del principal socio comercial de México, es que al permitir camiones más pesados y largos en México el riesgo de accidentes en sus carreteras es mayor. El Anexo 3 presenta evidencia estadística al respecto.

TTI considera que el mayor PBV autorizado en México, no ofrece ventajas a la industria nacional de exportación dado que la regulación en Estados Unidos, con quien se realiza casi la totalidad del comercio internacional por autotransporte, permite un PBV máximo mucho menor al de México. Tomando en cuenta esta disparidad en las normas de pesos, los industriales nacionales que exportan tienen dos alternativas:

1. cargar en origen el camión con el peso máximo autorizado en Estados Unidos (80,000 libras o 36.3 toneladas) para que la caja ingrese a ese país sin problemas. Este PBV que es mucho menor que el autorizado en México hace que la supuesta ventaja en México por la disminución en el costo de operación vehicular quede eliminada.
2. cargar el vehículo con el máximo permitido en México y al llegar a frontera hacer un transvase para reducir el peso y cumplir con lo permitido en Estados Unidos. Esta opción conlleva costos de transvase adicionales al flete más los inconvenientes de tiempo adicional requerido y el manejo adicional de la mercancía, entre otros.

d) Determinar los costos y eficiencia derivados de sujetar el peso bruto vehicular máximo para los caminos ET4 y ET2 a los mismos pesos que aplican para los caminos tipo A4 y A2.

Las carreteras tipo “ET” y “A” tienen las mismas características en lo que refiere al diseño de la estructura de pavimentos y puentes, que son los criterios bajo los cuales se determina en PBV máximo autorizado. La diferencia entre estos tipos de carreteras radica en que tienen criterios de diseño geométrico diferentes, lo que permite longitudes vehiculares mayores en carreteras tipo “ET” que en aquellas tipo “A”.

Tomando en cuenta que ambos tipos de carretera tienen las mismas características de diseño de estructuras de pavimentos y puentes, los límites de peso bruto vehicular

para carreteras tipo “ET” y carreteras tipo “A” deben de ser los mismos, sin que existan costos o eficiencias asociadas con esta forma de determinar pesos vehiculares.

d-1) Determinar los costos que se derivan al establecer una regulación con trato diferenciado entre la descarga por eje de los distintos tipos de vehículos considerados en el anteproyecto.

Los efectos de cada configuración vehicular sobre la carpeta asfáltica y puentes varían en función del peso bruto máximo, las distancias entre ejes y las cargas por eje. Para determinar los límites de peso máximo y descargas por eje es necesario tomar en cuenta la resistencia de los puentes, así como el impacto que tiene la descarga por eje sobre los pavimentos.

El Anexo 4 presenta un análisis detallado de la teoría y aplicación de la “formula de puentes” la cual se utiliza para determinar el peso máximo permitido en puentes, que es función del peso y longitud de los vehículos.

Para garantizar la seguridad de los usuarios de la red carretera, evitar el deterioro y destrucción de puentes, y minimizar el daño de pavimentos, el PBV máximo para cada configuración vehicular queda definido por el menor entre el peso derivado de la formula de puentes y el de la suma de descargas de eje.

El PBV no puede ser mayor al derivado de la formula de puentes, ya que un peso superior a este conlleva el deterioro acelerado de los puentes y una posible falla de los mismos. Para todas las combinaciones vehiculares diferentes a las T3-S2-R2 y T3-S2-R4, el PBV queda determinado por el peso de la suma de descargas por eje. Para las unidades T3-S2-R2 y T3-S2-R4, el PBV máximo queda definido por la formula de puentes, ya que el peso de la suma de descargas por eje sobrepasa el valor derivado de la formula de puentes.

Utilizando el procedimiento de cálculo de costos de operación y deterioro de pavimento presentado a detalle en el Anexo 1, se determinó que el costo neto cuantificable de incrementar el PBV en las unidades T3-S2-R4 a 81.5 toneladas, sería del orden de los 97 a 161 millones de pesos por año. A este monto se le debe añadir aproximadamente más de 9,000 millones de pesos (ver Anexo 1), que es el costo de reemplazar una parte significativa de los puentes de las carreteras del país.

Determinar si la regulación relativa a los pesos y dimensiones propuesta en el anteproyecto resulta la más adecuada desde el punto de vista técnico, considerando:

El daño a la infraestructura carretera y en puentes federales que se observa según la descarga por eje, detectando posibles áreas de oportunidad en las que pudiera existir un ajuste en la regulación de tal forma que se beneficie a algunos tipos de vehículos.

La regulación relativa a los pesos y dimensiones propuesta en el anteproyecto si resulta la más adecuada ya que el criterio utilizado para determinar el PBV máximo autorizado para cada unidad es la sumatoria de las descargas por eje, excepto cuando este valor sobrepase el máximo permitido por la formula de puentes. Como se menciona anteriormente, el PBV no puede ser superior al resultado de la formula de puentes ya que un peso superior a éste, conlleva un deterioro acelerado de los puentes y la posible falla de los mismos. Por esta razón el PBV máximo de algunas unidades está limitado por la sumatoria de las descargas por eje mientras que para otras, por la formula de puentes determina el limite máximo.

Compatibilidad técnica de la regulación con los estándares internacionales observados en aquellos países que son los principales socios comerciales de México.

Casi la totalidad del comercio internacional de México por autotransporte se realiza con Estados Unidos. La regulación de este país especifica que el peso bruto vehicular máximo para la circulación por la red de carreteras interestatales debe de ser 80,000 libras o 36.3 toneladas. La regulación mexicana propuesta admite un PBV máximo de hasta 66.5 toneladas, casi el doble de aquel permitido en el principal socio comercial. La regulación mexicana en vigencia y la propuesta tienen pesos brutos vehiculares máximos mucho mayores a las de Estados Unidos, principal socio comercial por autotransporte, por lo que la normatividad de México no es compatible con los estándares observados en ese país.

Cabe señalar que la formula puente utilizada en México en la actualidad con la aplicación a los caminos tipo ET, A y B permite un PBV máximo para las combinaciones T3-S2-R4 de 66.5 ton. Para el caso de combinaciones sencillas T3-S2 y T3-S 3 dicha formula permite 46.0 y 48.5 ton. de PBV máximo respectivamente.

A lo anterior, habría que agregar que para el caso de México, existe una disposición que permite una sobrecarga adicional por el uso de suspensión neumática. Como se muestra en el análisis del Anexo 5, el permitir mayores cargas por incorporar este tipo de suspensión no se encuentra fundamentado y obedece entre otros criterios a una errónea interpretación de diseño de puentes usada por los ingenieros de diseño.

De acuerdo con este análisis, un buen sistema de suspensión tiene un efecto favorable sobre el daño a pavimentos pero no así el daño a puentes, por lo que no es aconsejable

incrementar el PBV autorizado basándose en el coeficiente de impacto de los puentes. Una medida más razonable sería la de penalizar a través de una reducción en el PBV autorizado a aquellas unidades que utilizan sistemas de suspensión que aumentan el daño a pavimentos.

En este contexto, entre más alejada se encuentre la Norma en México de la del principal socio comercial, se tendrán mayores ineficiencias en el autotransporte nacional de exportación. TTI considera que eventualmente se resolverá el conflicto de libre circulación de autotransporte entre los países de Norte América. Cuando esto suceda, la industria de autotransporte nacional que exporta carga no podrá tomar ventaja de la apertura al tener que limitar el PBV al máximo autorizado en el país vecino del norte, o como se indicó anteriormente, hacer transvase de mercancía en la frontera para bajar el PBV de las unidades de exportación y cumplir con la normatividad de Estados Unidos, con los costos e ineficiencias relacionados a esta operación.

Análisis sustentado con evidencia estadística sobre la inseguridad y afectaciones a la infraestructura que se observa en los caminos y puentes federales por motivo del peso y las dimensiones establecidos para los distintos tipos de unidades vehiculares.

Inseguridad

Ya que la circulación de vehículos de carga con configuraciones más largas y pesadas es poco común en el mundo, no existe información estadística detallada sobre seguridad de este tipo de vehículos. El análisis de la literatura realizado por TTI al respecto encontró que en 2004 se publicó un estudio donde se analizó la seguridad de vehículos de combinaciones más largas (LCV por sus siglas en inglés). El estudio incluyó el análisis de 13 estados de la Unión Americana y fue solicitado por la Asociación de Gobernadores del Oeste⁸, y elaborado por el Departamento de Transporte de Estados Unidos. Este estudio utilizó información estadística de los años 1995 a 1999 y analizó dos tipos de tasas de accidentes: una basada en el número de accidentes y la otra basada en el número de camiones involucrados en el accidente. Esta segunda tasa es siempre mayor a la primera porque en algunos de los accidentes intervienen más de un camión. En los trece estados bajo análisis, ambas tasas de accidentes son mayores para los vehículos multi trailer que para las combinaciones sencillas (Tabla 3-4)

⁸ USDOT, *Western Uniformity Scenario Analysis, A Regional Truck Size and Weight Scenario Requested by the Western Governors' Association*, Washington D.C., April 2004.

Tabla 3-4 Tasas de Accidentes Fatales entre 1995 y 1999 en los Estados Bajo Análisis.

Clasificación de Carretera	Número de accidentes fatales por cada 100 millones de vehiculo-milla recorrido		Número de camiones involucrados en accidentes fatales por cada 100 millones de vehiculo-milla recorrido	
	Trailer Sencillo	Multi Trailer	Trailer Sencillo	Multi Trailer
Interestatal Rural	1.35	1.78	1.50	1.83
Otro Rural	4.58	6.22	4.73	6.36
Interestatal Urbana	1.85	1.03	2.01	1.39
Otro urbano	2.81	2.12	2.84	2.13
Total	2.75	3.02	2.88	3.13

Afectaciones a la Infraestructura

El efecto de incrementar las cargas por eje en los pavimentos no es lineal sino exponencial. Esto quiere decir que los daños en pavimentos causados por incremento en las cargas se incrementan a una tasa más acelerada que el incremento de las cargas.

Según los resultados de pruebas llevadas a cabo por la Asociación Americana de Oficiales de Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO por sus siglas en inglés), el método más común para medir el daño en pavimentos es convertir los volúmenes de tráfico (cargas de llantas con magnitudes y repeticiones diferentes) a un número correspondiente de “cargas equivalentes”. La carga equivalente más comúnmente utilizada en Estados Unidos es la de 80 kN o 18,000 libras que es la carga equivalente de un eje sencillo (ESAL). Los ESALs son calculados con ecuaciones que dependen del tipo de pavimentos (flexibles o rígidos) y de la estructura del pavimento.

La ecuación para el cálculo de cargas equivalentes es complicada, por lo que como una regla generalizada para el cálculo del daño del pavimento causado por una carga en particular se utiliza la regla de la cuarta potencia.

Siguiendo esta regla de la cuarta potencia, una carga de un eje sencillo de 44.4 kN o 10,000 libras requeriría aplicarse más de 12 veces para causar el mismo daño en el pavimento que una carga de 80kN o 18,000 libras. La carga de un eje sencillo de 18,000 libras, hace 3,000 veces más daño al pavimento que un eje de 2,000 libras.

Los vehículos pesados como camiones y autobuses son causantes de la mayoría del daño al pavimento. Considerando que un vehículo de pasajeros pesa entre 2,000 y 7,000 libras, aun cuando este cargado solo generaría 0.003 ESALs mientras que un camión tipo tractor-semitrremolque genera 3 ESALs, dependiendo de la estructura y tipo del pavimento⁹.

⁹ Curso de diseño de pavimentos. Universidad de Washington
http://training.ce.washington.edu/ptc/Modules/04_design_parameters/04-1_body.htm

De la información estadística aquí presentada se concluye que los vehículos más largos tienen una tasa de accidentes mayores que aquellos combinaciones sencillas y que entre más pesado el vehículo genera un mayor daño al pavimento. El Anexo 3 presenta información más detallada sobre estos factores y otros que afectan a las configuraciones de vehículos más largas.

4. Revisión y análisis de los comentarios emitidos por otras organizaciones

El principal objetivo de esta sección del reporte es presentar los resultados del análisis de los comentarios emitidos por otras organizaciones a la propuesta de cambio de Norma.

Los mismos han sido estudiados para así determinar su validez y ya que muchos de ellos expresan las mismas ideas, estos han sido agrupados para evitar la duplicación de información.

La fuente de comentarios incluye básicamente dos documentos. Un comunicado de la Cámara Nacional del Autorransporte de Carga (CANACAR) del 3 de Septiembre de 2004 y un varios documentos de la Asociación Nacional de Transporte Privado (ANTP) con todos sus anexos y cartas de otras organizaciones afiliadas del 24 de Noviembre de 2004, 15 de junio del 2005 y 17 de junio del 2005.

Comentarios de la CANACAR en su carta del 3 de Septiembre del 2004

Comentarios de TTI:

El documento de la CANACAR menciona que el Anteproyecto de Norma no sufre modificaciones sustantivas, que no existe impacto en la economía y por lo que recomienda que no es necesario la designación de un experto. Como se menciona en la sección anterior, TTI considera que si existe un posible impacto debido a dos de los cambios en la Norma, por lo que es necesario realizar una evaluación para determinar la magnitud del impacto.

Comentarios de la CANAPAT en su carta de 17 de Febrero de 2006

Comentarios de TTI:

En este documento la Cámara Nacional del Autotransporte de Pasaje y Turismo (CANAPAT) expresa su opinión respecto al Anteproyecto de Norma, a la operación de las unidades doblemente articuladas y respecto a la reclasificación de algunos tramos carreteros realizada durante el 2000. Los puntos más importantes de dicho comunicado son los siguientes:

- Las unidades de mayores dimensiones ocasionan en un alto riesgo de colapso de puentes y un acelerado deterioro de los caminos.
- Estas unidades representan un alto riesgo de accidentes y de seguridad vial en carreteras que no poseen las condiciones físicas de permitir tales vehículos.
- Varios tramos que fueron reclasificados en el 2000 no cuentan con las características necesarias para soportar las unidades doblemente articuladas.

- El tránsito de dos o más unidades doblemente articuladas juntas, imposibilitan la maniobra de rebase y causan un aumento en el riesgo de accidentes y en la seguridad vial en general.
- El diseño de la mayoría de las carreteras del país no tuvo en cuenta la operación de unidades doblemente articuladas por las mismas.

Respecto a los puntos recién mencionados, TTI expresa que la mayoría de los mismos pueden ser reales pero es imposible la cuantificación monetaria de los mismos. Los efectos sobre la seguridad vial son tratados en el Anexo 3.

Comunicado de la CONATRAM en su carta del 12 de Febrero de 2003

En este comunicado, la Confederación Nacional de Transportistas Mexicanos, A.C. (CONATRAM) expresa su inconformidad con las modificaciones propuestas por la CONCAMIN y la ANTP. En la misma sostienen que dicha institución promueve la adición de medidas que protejan la infraestructura del país y la seguridad de los usuarios. Declaran que un aumento en el PBV autorizado ocasionaría un aumento en el deterioro de la infraestructura, mayor contaminación, problemas de seguridad de los usuarios y una competencia desleal.

Con respecto a lo recién enunciado, TTI expresa que, al igual que en el caso anterior, varias de estos efectos son tratados en distintas secciones de este reporte. En cuanto al tema de la contaminación, no está claro si ocasionara una mayor contaminación. Este tema no será tratado en este informe dadas las limitantes de tiempo, información y dificultad de su cuantificación.

Comunicado de la ANTP del 24 de noviembre de 2004

En comunicado de la ANTP a la COFEMER enviado el día 24 de Noviembre de 2004 y publicado en el sitio oficial de la COFEMER (<http://www.cofemer.gob.mx/>) en la misma fecha, contiene un extenso análisis de las observaciones de la SCT en su oficio 103.-5957 del 15 de Noviembre de 2004.

Para facilitar la comprensión, primero se resume el comunicado de la ANTP que contiene 18 elementos el cual es analizado y comentado por TTI (organizados de la letra A. a la R.). A continuación del análisis de ese documento, se procede a analizar y comentar los anexos publicados en el sitio de Internet de la COFEMER el día 4 de Abril de 2006.

A. Punto 3.- Definiciones

Comentario de la ANTP

“La definición de convoy es muy ambigua y completamente discrecional...”

Comentario de TTI

Asunto que ya ha sido analizado y comentado la sección 2 (*Revisión y Análisis del Anteproyecto de Norma*). Se comentó que la definición aporta claridad a la Norma y que el impacto de esta nueva definición es nulo.

B. Punto 5.1.1.3 - Concentración de carga por eje o configuración de ejes

Comentario de la ANTP

“En este punto por parte de la SCT discrecionalmente se reduce la carga útil al full en 6 toneladas como se muestra en las siguiente TABLA “A” donde un full puede cargar 80 toneladas de PBV con suspensión mecánica y 89 toneladas de Peso Bruto vehicular (PBV) con la tolerancia de la suspensión neumática”

Comentario de TTI

Como lo indica el punto 5.1.1.2 de la Norma vigente, así como de proyecto de Norma, las concentraciones máximas de carga que se autorizan para el tractocamión doblemente articulado (full) se rigen de acuerdo con la resistencia de puentes. Es por esto, que el PBV máximo no está determinado por la sumatoria de los pesos máximos autorizados para cada combinación de ejes. El mismo queda determinado por la aplicación de la formula de puentes, el cual, en este caso, es menor a los valores de 80 y 89 toneladas que menciona la ANTP.

C. Punto 5.2.1.1. – “ será de 2.60 m. este ancho máximo no incluye los espejos retrovisores.

Comentario de la ANTP

“Se requiere análisis fundamentado si este incremento en el ancho de las unidades afecta la seguridad, como se puede observar sin ningún fundamento técnico determinan que no hay problema de seguridad, lo que debe cuestionar la decisión de la SCT. También se demuestra que no les interesa la seguridad”.

Comentario de TTI

Asunto que ya ha sido analizado y comentado en la Sección 2. *Revisión y Análisis del Anteproyecto de Norma* donde se menciona que añade claridad a la norma y a su fiscalización. Esta disposición hace que tanto la definición de ancho, así como el valor indicado sean compatibles con la Norma vigente de los Estados Unidos, país con el que México realiza el mayor intercambio comercial por autotransporte.

- D. Punto 5.2.1.5 – “...a) La posición de los ejes traseros del semirremolque deberán tener la misma distancia con respecto a los ejes tractivos del tractocamión, que la distancia que tiene un tractocamión acoplado a un semirremolque de 14.63 m.**

Comentario de la ANTP

“Se requiere análisis fundamentado ya que no es clara debido a que se circulan combinaciones de 53 (16.15 m) y no solo de 48 pies (14.63 m), así como de menores dimensiones 40,3, 35 pies entre otras, lo cual puede generar discrecionalidad.”

Comentario de TTI

Asunto que ya ha sido analizado y comentado en la Sección 2 (*Revisión y Análisis del Anteproyecto de Norma*) donde se menciona que existe un posible impacto por este cambio ya que varios semirremolques provenientes de los Estados Unidos tienen un largo de 53 pies y si bien muchos poseen suspensión deslizable, la distancia típica entre los ejes traseros del tractocamión y los del semirremolque es mayor a la misma distancia de los semirremolques de 48 pies. En el Anexo 6 se presentan comentarios más detallados al respecto.

- E. Punto 5.2.1.8 – “no excede de 14.63 m, ni se sobrepasan las dimensiones máximas permitidas por tipo de carreteras para la combinación.**

Comentario de la ANTP

Seguridad

No se menciona en artículos y fracciones el 5.2.1.7 (de la NOM vigente) para las combinaciones vehiculares que trasladan automóviles sin rodar que transitan en caminos “ET”, “A”, “B” se permite 1.00 m de carga sobresaliente, en la parte posterior del ultimo semirremolque o remolque de la combinación...

“Se requiere un estudio fundamentado sobre el efecto en seguridad ya que se está permitiendo un metro más de longitud con respecto a la longitud máxima permitida, una muestra

Comentario de TTI

Asunto que ya ha sido analizado y comentado en la Sección 2 (*Revisión y Análisis del Anteproyecto de Norma*) donde se menciona que este punto añade claridad a la Norma. TTI considera que no es necesario estudio alguno para fundamentar esta clarificación en la Norma.

- F. Punto 13.- Apéndice Normativo**

Comentario de la ANTP

“Se elimina la circulación de las unidades doblemente articuladas, actualmente permitida en la norma vigente, creando nuevos requisitos y procedimientos y

especificaciones más estrictas, con el efecto económico negativo y aumento en la discrecionalidad para nuestro país.

“Actualmente es permitida en la norma vigente la circulación de las unidades doblemente articuladas además de señalar una restricción no fundamentada, va en contra del principio de retroactividad de la ley en contra de la productividad que estas configuraciones vehiculares hoy permiten ser más competitivo al sector.

En cuanto a la tabla “A” de la Norma actual de Pesos y dimensiones vigente y la propuesta pesos máximos autorizados por tipo de eje y camino, para el full y en específico para la combinación vehicular T3-S2-R4, permite 80 toneladas sin tomar en cuenta la tolerancia por suspensión neumática, que permitiría llegar a 89 toneladas de peso bruto vehicular”.

Comentario de TTI

Respecto al a la limitación a la circulación de las unidades doblemente articuladas, la misma se analiza y comenta en el Anexo 1. En la siguiente sección del documento se presenta el procedimiento y calculo para estimar los efectos del cambio.

Con respecto al los pesos máximos autorizados por combinación de ejes y sus relación con el PBV máximo autorizado, este tema ya ha sido tratado en el punto b) de esta sección, donde se menciona: Como lo indica el punto 5.1.1.2 de la Norma vigente, así como de proyecto de Norma, las concentraciones máximas de carga que se autorizan para el tractocamión doblemente articulado (full) se rigen de acuerdo con la resistencia de puentes. Es por esto, que el PBV máximo no está determinado por la sumatoria de los pesos máximos autorizados para cada combinación de ejes. El mismo queda determinado por la aplicación de la formula de puentes, el cual, en este caso, es menor a los valores de 80 y 89 toneladas que menciona la ANTP.

G. TABLA 4C – No autoriza la circulación de configuraciones doblemente articuladas por caminos tipo “C”.

Comentario de la ANTP

“Se están creando nuevos requisitos al regular la circulación del full no dejándolo circular en carreteras tipo “C”.....”

“Por otra parte pretenden confundir con la incorporación de los caminos ET y por el otro limitan la circulación de full en caminos tipo “C”, siendo contradictorio con el reglamento de Peso y Dimensiones, ya que este permite la circulación de los fulles en todas las carreteras, generando discrecionalidad en su interpretación”.

“No se presenta por parte de la SCT el efecto económico al país ya que esta NOM es de alto impacto debido a la limitación de la circulación del full en”

Comentario de TTI

Como ya ha sido expresado en el punto anterior existe el impacto potencial por este cambio y la estimación del mismo se presenta en la nueva sección.

H. Impacto por la reducción del PBV del T3-S2R4 (6 toneladas menos de carga útil)

Comentario de la ANTP respecto al los Antecedentes del Peso Bruto Vehicular (PBV) del T3-S2-R4

La ANTP presenta cuatro incisos:

- Antecedentes del Peso Bruto Vehicular (PBV) del T3-S2-R4
- Económicos
- Seguridad del Full (T3-S2-R4)
- Infraestructura Carretera

Comentario de TTI

Los impactos del cambio en PBV es analizado en la siguiente sección del documento a detalle. Algunos comentarios específicos sobre los puntos de la ANTP son:

Comentario de TTI sobre los aspectos Económicos mencionados por la ANTP

- En el calculo se expresa que “La productividad del autotransporte de carga para el año 2002, movilizo 411.1 millones de toneladas...”. Más adelante se calcula que el T3-S2-R4 tiene un total de toneladas movilizadas igual a 84.53 millones de toneladas/año. Esto indicaría que el T3-S2-R4 seria el responsable del 20.6% (84.53/411.1) del total de la carga transportada en el país. Según datos proporcionados por la Subdirección de Ingeniería de Transito de la Dirección de Vialidad y Proyectos de la Dirección General de Servicios Técnicos, el T3-S2-R4 representa un 1.4% de los camiones que circulan en red carretera.
- No contempla la reducción de los costos de mantenimiento de pavimentos y puentes el cual es una ganancia para el estado y por ende para la sociedad en su conjunto.
- Asume un factor de utilización de las unidades del 100 por ciento o cual es prácticamente imposible. Esto quiere decir que se supone que las 12,468 unidades realizan 10 viajes por mes durante los 12 meses del año.
- La cantidad de viajes por mes, la distancia recorrida y el costo unitario son factores que son supuestos, sin que señale la fuente de estos datos.
- No considera el transporte de camiones vacíos.
- Estos valores asumen que el transporte se realiza por completo en caminos tipo “ET”, “A” o “B” ya que comparan valores de PBV que se utilizan son los permitidos para estos tipos de caminos.

Comentario de TTI sobre la Seguridad del Full (T3-S2-R4) mencionada por la ANTP

Ya que cada tipo de configuración circula en distintos ambientes, es imposible comparar los accidentes. La cantidad de accidentes está relacionada con el tipo de carretera por donde circula la unidad, el tipo y volumen de tránsito y la habilidad del conductor.

Comentario de TTI sobre la Infraestructura Carretera mencionada por la ANTP

Independientemente de que las unidades doblemente articuladas sean las que menos perjudican el pavimento, ante una reducción del PBV máximo autorizado, el deterioro de la carretera será menor; lo que resulta en beneficios para el estado y la sociedad en general.

Respecto al medio ambiente, este análisis se basa en las mismas bases que el análisis económico por lo que contiene los mismos defectos.

En cuanto a la flexibilidad, este tema ya ha sido abordado con antelación en donde desde el punto de vista de TTI, no se está limitando la flexibilidad al establecer estándares de seguridad.

I. Punto 1.1 - Los criterios para fijar el peso y dimensiones son los mismos para todos los caminos, no hay trato diferenciado.

Comentario de la ANTP

“En este punto la SCT no presenta ningún estudio..... y hace trato diferenciado en cuanto a la descarga por eje, por ello es necesario el análisis de un experto que determine el efecto a la infraestructura carretera.....”

“Cabe mencionar que el Instituto Mexicano del Transporte ya analizó dicho impacto donde las configuraciones menores dañan menos nuestra infraestructura, así como en seguridad donde los vehículos menores tienen un índice de mayor siniestralidad”.

“Por otra parte vemos con gran preocupación que el estudio efectuado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM sobre el efecto que producen las unidades doblemente articuladas.... No tomándose en cuenta este, así como la seguridad, productividad y competitividad de nuestro país”.

“Con el cambio de clasificación de carreteras si se da trato diferenciado para los diferentes caminos promoviendo mayor cantidad de viajes con vehículos de menor capacidad que dañan más la infraestructura carretera, generan ineficiencias.....”

Comentario de TTI

El tema del PBV máximo autorizado ya ha sido comentado con anterioridad y se repite: Las concentraciones máximas de carga que se autorizan para el tractocamión doblemente articulado (full) se rigen de acuerdo con la resistencia de puentes. Es por esto que el PBV máximo no está determinado por la sumatoria de los pesos máximos autorizados para cada combinación de ejes. El mismo queda determinado por la aplicación de la formula de puentes.

Respecto al estudio titulado “Evaluación de la capacidad de Carga de Superestructuras de Puentes Tipo con Base en el Factor de Evaluación de Puentes” elaborado por los señores Roberto Gómez Martínez y José Alberto Escobar Sánchez; el mismo es analizado en detalle en la sección de los anexos de los comentarios de la ANTP de este reporte.

J. Punto 1.2 - Eliminación de los fulles en caminos tipo “C”, por no existir semirremolques con esas dimensiones.

Comentario de la ANTP

“Se están creando nuevos requisitos al regular la circulación del full no dejándolo circular en carreteras tipo “c” como hasta estos momentos se permite, también siendo discrecional su restricción ya que hay unidades articuladas que se no les permiten transitar en caminos tipo “C” como muestra comparando la Norma Actual y el proyecto de Norma”

“Por otra parte pretenden confundir con la incorporación de los caminos ET y por el otro limitan la circulación del full en caminos tipo “C”

“No se presenta por parte de la SCT el efecto económico al país que ya que esta NOM es de alto impacto.....”

Comentario de TTI

Como ya ha sido expresado en varias ocasiones, existe el potencial de impacto de este cambio y el mismo es analizado en el Anexo 1.

K. Punto 1.3 Cláusula temporal que termino su vigencia en 2002, por lo tanto ya no se incluyo en el proyecto.

Comentario de la ANTP

“..... no está en estos momentos la discusión de la temporalidad de ninguna cláusula.....”

Comentario de TTI

Como se indica anteriormente, después de analizar la información presentada por la SCT, en particular el oficio 103-3612 de fecha 8 de julio del 2004 donde se da una explicación detallada sobre el proceso que se llevo a cabo, se concluye que el periodo de la cláusula de referencia venció el 8 de agosto del 2002.

L. Punto 1.4 - Se ratificó en tiempo y forma la vigencia de la Norma Oficial Mexicana NOM-012SCT-211995, sobre el peso y dimensiones máximos de los vehículos, para la revisión quinquenal que establece la ley.

Comentario de la ANTP

“Este punto no se cumplió en tiempo y forma”

Comentario de TTI

Ver comentario del punto k.

M. Punto 2. - Impacto del Autotransporte en la economía.

Comentario de la ANTP

“Como la SCT lo menciona en su punto 2, el autotransporte impacta en cualquier actividad de la economía por lo que resulta inexacto que exprese.....”

Comentario de TTI

En el Anexo 1 se presenta un análisis cuantificado de los posibles impactos del proyecto de Norma.

N. Punto 2.1 - En la elaboración de la norma participaron todos los agentes interesados, que tienen que ver con el tema.

Comentario de la ANTP

“En este punto consideramos que no participaron todos los interesados, dándose un trato discriminatorio.....”

Comentario de TTI

Asunto que no amerita comentario del experto.

O. Punto 2.2 - Consenso del proyecto de norma del 100% excepto en el peso de una configuración de 15 aprobadas, por 6 toneladas de diferencia.

Comentario de la ANTP

“Consideramos incorrecto el punto de vista de la SCT ya que el término por consenso implica que el 100% de los participantes haya aprobado dicho proyecto lo cual no coincide por lo expresado por la SCT”

Comentario de TTI

Asunto que no amerita comentario del experto.

P. Punto 2.3 - Los estudios presentados tienen vigencia

Comentario de la ANTP

“A la fecha no conocemos dichos estudios..... “

Comentario de TTI

Asunto que no requiere comentario

Q. Punto 2.4 - Estudios requeridos por COFEMER, para proyectos de norma que no fueron concluidos.

Comentario de la ANTP

“Condición similar a punto 1.3 de estos comentarios”

Comentario de TTI

Como se indica anteriormente, utilizando datos actualizados, TTI desarrolló la metodología y procesos para analizar el impacto de los cambios propuestos a la Norma.

R. Punto 2.5 - México autoriza pesos y dimensiones superiores a los de nuestros socios comerciales, que cuentan con mejor infraestructura carretera.

Comentario de la ANTP

“Consideramos que el proyecto de Norma, es incongruente con el MIR, ya que las condiciones que fue elaborada en las condiciones de la infraestructura carretera (sic) nacional en donde ya se permite desde los años 80 cargas de 77.5 toneladas al full de acuerdo con el Reglamento de Capitulo de Explotación de Camino de las Vías Generales de Comunicación y la actual Norma de peso y dimensiones permite 81.50 toneladas, por lo que no es necesariamente congruente con ninguna reglamentación internacional sobre la capacidad, peso y dimensiones de los vehículos”.

“Por lo que si ya tenemos una ventaja competitiva contra los demás países no entendemos el porque se tenga que perder con todos los costos ya mencionados” Cabe mencionar que en la tabla que muestra la SCT no considera los permisos especiales que otorga USA que van desde 150 mil lbs. (69 toneladas) a 250 mil lbs. (113.6 toneladas) de PBV, sin mencionar que permite combinaciones vehiculares triples las cuales son una ventaja competitiva para ese país y que el nuestro no la tiene. Además no se menciona a Australia que puede cargar 79 toneladas en unidades doblemente articuladas y 115.5 en combinaciones triples”.

Comentario de TTI

No queda claro cual es el argumento de la ANTP en la primera parte de su comentario. Sobre la supuesta “ventaja competitiva” al tener limites de peso bruto vehicular máximo más elevados que aquellos de nuestros socios comerciales por autotransporte, TTI considera que considerar esto como una “ventaja” indica que no se está tomando en cuenta todas las implicaciones que esta medida conlleva. Como se indica en la sección anterior de este reporte, esta medida tiene ciertos beneficios para un sector y costos adicionales para otro.

Finalmente sobre los permisos especiales que se otorgan en Estados Unidos, como su nombre lo indica son “especiales” y éstos son otorgados con un costo y la mayoría son para un viaje específico entre un origen y un destino predeterminado. Estos permisos no son para circulación general como implica el comentario de la ANTP.

Comentarios a los Anexos de los comunicados de la ANTP

Los anexos que se analizan en esta sección incluyen:

- A. Conservación de la Infraestructura Carretera
- B. Descarga por eje
- C. Seguridad
- D. Productividad y economía
- E. Análisis del impacto por modificar la norma de peso y dimensiones
- F. Estudio titulado “Evaluación de la capacidad de carga de superestructuras de puentes tipo con base en el factor de valuación de puentes”.
- G. Documentos referentes al posible daño a puentes
- H. Cartas de diferentes organizaciones que requieren se mantenga 81.50 toneladas en forma permanente en unidades doblemente articuladas
- I. Documentos de la coalición contra camiones más grandes en USA
- J. Posición de la ANTP sobre el full
- K. Pesos permitidos en USA y permisos especiales por estado para carga de más de 80,000 lbs.
- L. Formula de puente, cláusula del abuelo en USA y efectos económicos en USA si se baja de peso
- M. Dictamen de la COFEMER
- N. Propuesta
- O. Peso y dimensiones de vehículos pesados en la Unión Europea

Respecto al estudio titulado “Evaluación de la capacidad de Carga de Superestructuras de Puentes Tipo con Base en el Factor de Evaluación de Puentes” elaborado por los señores Roberto Gómez Martínez y José Alberto Escobar Sánchez; el mismo es analizado en detalle en la sección de los anexos de los comentarios de la ANTP de este reporte.

Anexo A. Conservación de la Infraestructura Carretera

Comentario de la ANTP

“El full o doble trailer (T3-S2-R4) es la configuración que más cuida la infraestructura carretera, al tener menor descarga por llanta al pavimento.”

“Como se muestra, la unidad que tiene menor descarga por llanta es el full y de mayor descarga al pavimento son las unidades menores como el trailer sencillo, camión unitario y autobuses de pasajeros.”

“Ejemplo de descarga a puentes de 50 m. de claro al paso de vehículos”

“Como se observa en los ejemplos las unidades que mayor descarga tiene sobre puentes iguales son las sencillas, sin que a estas se les pretenda restringir.”

Costo de deterioro de carreteras de acuerdo con estudio del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), con diferentes tipos de vehículos de uso común en México.

“Como se observa, las unidades que menos deterioran las carreteras y que cuestan menos su mantenimiento al país, son las doblemente anticuadas (T3-S2-R4), Fuente: IMT”

Comentario del TTI

Es importante tener en claro que la propuesta de norma pretende inhabilitar la circulación de unidades doblemente articuladas únicamente en los caminos tipo “C”. Para la red de caminos tipo “ET”, “A” y “B”, la cual concentra la mayoría de los viajes, las unidades doblemente articuladas sí estarían habilitadas para circular. Para estos tipos de caminos, el anteproyecto de Norma pretende que el límite del peso bruto vehicular (PBV) sea 66.5 toneladas en caso de suspensión mecánica y 75.5 ton para suspensión neumática.

Teniendo en cuenta esto, TTI presenta el análisis detallado de este tema con datos actualizados se presenta en el Anexo 1 de este reporte.

Anexo B. Descarga por eje

Comentario de la ANTP

“La suma de los pesos permitidos por eje de acuerdo TABLA “A”, PESOS MAXIMOS PERMITIDOS POR TIPO DE EJE Y CAMINO que es igual para la norma vigente como para el PROY-NOM-012-SCT-2-2003 propuesta por la SCT, da el peso total permitido por eje.”

“Por lo que para la configuración T3-S2-R4, el peso de acuerdo a la descarga por eje con suspensión mecánica es de 80.00 toneladas y para la misma configuración con suspensión neumática es de 89.00 toneladas. Por lo cual consideramos discrecional que no se le permita al full cargar 81.50 toneladas de peso bruto vehicular.”

Comentario de TTI

Como fue expresado en el comentario anterior, el límite en el PBV de las unidades doblemente articuladas está regido de acuerdo con la resistencia de puentes. Es por eso que el PBV máximo no responde a la sumatoria de los pesos máximos autorizados de las combinaciones de ejes.

Anexo C. Seguridad

Comentario de la ANTP

“El desarrollo en el aspecto seguridad ha sido muy importante, ya que las unidades doblemente articuladas o fulles (T3-S2-R4) requieren:

- Operadores más capacitados
- vehículos equipados con tecnología de punta...”

“Adicional a esto podemos decir que la unidad doblemente articulada o full (T3-S2-R4) es a más segura, debido a que se presenta un evento cada 2.49 millones de kilómetros recorridos; en una configuración de tractocamión sencillo (T-S) cada 748 mil km y en una configuración tipo C o camión cada 200 mil km.”

Comentario de TTI

Independientemente de los resultados mostrados en la comparación entre las distintas configuraciones, la cual no sería realista ya que estas unidades se mueven en ambientes diferentes y por lo tanto no serían comparables, el objetivo del análisis debe de ser comparar las unidades doblemente articuladas con distintos PBV. En el Anexo 4 de este reporte se presenta un análisis detallado basado en información estadística y de costos actualizados.

Anexo D. Productividad y economía

Comentario de la ANTP

“Ejemplo real de movimiento de 565 ton en un mes con un recorrido de 1000 km.”

“Comentarios de la productividad del full

- Seguridad
- Medio Ambiente
- Competitividad
- Infraestructura carretera”

Comentario de TTI

En el Anexo 1 se presenta el cálculo del impacto del cambio propuesto en la red de carreteras del país y en los costos de operación con información actualizados de costos y estadísticas de volúmenes de tráfico

Anexo E. Análisis del impacto por modificar la norma de peso y dimensiones

Comentario de la ANTP

“Diferencia de 6.0 ton por viaje, pérdida de competitividad 11.5 % efecto por vehículo (peso).”

“Efecto tarifa por tonelada no cambia, le afecta principalmente al autotransporte, que merma el ingreso por viaje. Mayor costo país”

“Ahorro de más de 27 millones de litros de diesel”

“El impacto anual mínimo que se tendría por el cambio propuesto a la Norma que rigen el peso y las dimensiones, sería:

- Económico: Más de \$1300 millones/año

- Ecológico: Millones de toneladas de partículas a la atmósfera por la combustión de 27.1 millones de litros de diesel
- Social: Mayor inflación, mayor impacto \$ a las zonas marginadas
- Vías de comunicaciones: Mayor deterioro en las carreteras por mayor frecuencia de uso de configuraciones sencillas.”

“El no permitir la circulación de las unidades doblemente articuladas o fulles en las carreteras tipo “C”, generaría:

- Falta de conectividad en la red federal de carreteras
- Uso obligatorio de autopistas de cuota que el consumidor final tendrá que pagar
- Las empresas y negocios no están junto a las carreteras de cuota
- Pérdida de competitividad al costar más los productos hechos en México
- Mayor impacto económico a las zonas más marginadas
- Uso obligado de carreteras de cuota”

“El incremento en costo estimado por el uso obligado de autopistas de cuota pasaría del 10% al 60%, aproximadamente 20 mil millones de pesos.”

“Tendremos gran impacto inflacionario, secesión y desempleo en los diferentes sectores industriales, como el de alimentos, construcción, agrícola, minero, metalúrgico, químico, entre otros igualmente importantes.”

Comentario de TTI

Tanto el cambio en el PBV máximo autorizado como los efectos de la inhabilitación de uso de caminos tipo “C” para las unidades doblemente articuladas, se analizan a detalle en el Anexo 1 del reporte.

Anexo F. Estudio titulado “Evaluación de la capacidad de carga de superestructuras de puentes tipo con base en el factor de valuación de puentes”.

Comentario de TTI

El Dr. Ray James, experto en puentes y estructuras de TTI analizó el documento de referencia y preparó el siguiente comentario. El documento original en idioma inglés se presenta en Anexo 8

Comentarios sobre el reporte de Julio de 2002 titulado “Evaluación de la capacidad de carga de superestructuras de puentes tipo y con base en el factor de valuación de puentes.”

Ray James
13 de Junio de 2006

Un breve análisis del reporte en cuestión fue realizado con el objetivo de identificar si el mismo respalda un aumento en los límites de los pesos bruto vehiculares. Varias inquietudes son descritas a continuación:

- 1) El estudio consta de la simulación de la carga de puentes de dos carriles, generalmente simplemente apoyados, con pares de camiones. Al menos uno de cada par de camiones es un camión tipo “diseño” de 3 ejes (HS-20 de 32.7 ton). No hay ningún caso con combinaciones de dos vehículos “reales”. La razón de combinar un vehículo hipotético (como lo es la configuración HS-20) con un vehículo real como el T3-S3 o el T3-S2-R4 no es obvia. Sería más lógico estudiar cual sería la respuesta de la estructura a la carga de dos vehículos reales y compararla con la producida por las cargas de diseño.
 - a. Parece que los ejes de los dos camiones están aproximadamente alineados entre ellos longitudinalmente en vez de ubicarlos en la posición longitudinal que causa el máximo momento absoluto en el claro. Por ejemplo, el eje crítico (“la carga más grande”) del IMT de 66.5 ton es el tercer eje, mientras que el eje crítico del HS-20 es el segundo eje. En la figura 3.4 del informe de referencia, posiblemente mostrando la posición crítica, los dos camiones parecen estar posicionados de tal forma que sus segundos ejes están alineados, mientras viajan en el mismo sentido. Si el estudio no consideró los camiones moviéndose en distintas direcciones y alineó los segundos ejes, los momentos calculados para la carga viva son aproximadamente 7% más bajos.
- 2) Los caso de cargas que involucran a los T3-S2-R4 (o T3-S3) apareados con un HS-20 pueden representar las cargas de diseño para caminos tipo “C” y “D” diseñadas entre 1980 y 2001, sin embargo, el subtítulo indica que el reporte involucra los caminos tipo “A” y “B” los cuales usan cargas de diseño más pesadas (pares de T3-S2-R4 o T3-S3). No queda claro porque fueron estudiados estos estados de cargas o lo que puede ser concluido sobre los mismos.
- 3) Esta implícito en la figura 3.4 del informe de referencia que las configuraciones HS-20 estudiadas tienen una distancia entre ejes de aproximadamente 13-14 m. No me parece claro porque fue usado esta distancia entre ejes si el procedimiento de diseño de puentes en México es la de AASHTO. El vehículo de diseño utilizado por la AASHTO para puentes simplemente apoyados es un HS-20 con una distancia entre ejes de 28 pies (8.53 m). Una distancia entre ejes menor del camión de diseño tipo HS-20 causa momentos críticos mayores que la distancia entre ejes mayor aparentemente usada en este estudio.
- 4) Solamente un solo Puente continuo fue estudiado y no hay ninguna indicación que el momento negativo producido por las cargas fue estudiado.
- 5) Los efectos de la fatiga no fueron considerados.
- 6) Siendo los demás factores iguales, los puentes más críticos para soportar sobrepesos, serían los casos de menor peso propio como los son los puentes de vigas I de hierro o los “steel plate girder”, los cuales son representados únicamente por dos ejemplos y su estudio indica que las solicitaciones resultantes serían mayores a las admisibles. Es esperado que las otras estructuras estudiadas,

debido al mayor cociente entre peso muerto y peso vivo de sus diseños, no sean las más críticas. Esto quiere decir que estos tipos de puentes sufrirán cocientes menores para los mismos camiones con sobrepeso que los puentes con vigas de hierro más críticos.

Estas inquietudes llevan a la conclusión que este reporte no justifica un aumento de los límites legales de los pesos en las carreteras Mexicanas. Aunque un aumento de cargas fuera posible, este estudio no aborda las preguntas adecuadas, y los resultados del mismo, especialmente las sobre-solicitaciones resultantes en los puentes con vigas de hierro, sugerirían que los limite de peso no debieran ser incrementados.

Anexo G. Documentos referentes al posible daño a puentes

Comentarios de TTI:

Referente al estudio titulado “Comparación de Solicitaciones en un Puente de 50 m de Claro”. El hecho que las solicitaciones causadas por la carga de cuatro unidades T3-S3 (condición de carga 2) sean mayores a las causadas por dos unidades T3-S2-R4 (condición de carga 1) no demuestra que las solicitaciones causadas por las unidades doblemente articuladas (T3-S2-R4) en las estructuras de los puentes estén dentro de los valores admisibles o que las mismas deban ser aceptadas. Más aun, a partir de los resultados obtenidos en el estudio, se debería regular la circulación de los vehículos tipo T3-S3 (evitar la circulación en convoy sobre puentes) para evitar que tal escenario se produjese en la vida real.

Referente a la carta del 22 de Marzo de 2001 del Ing. Víctor Mejía Garza en donde expresa lo siguiente:

“También cabe recordar que la discusión principal en este tema para que el full no continúe con 72.5 ton PBV no es la rentabilidad, seguridad y menos daño a los pavimentos, sino el posible daño a puentes de más de 25 mts...”

Mientras existan puentes en donde las solicitaciones causadas por las cargas vivas reales, independientemente del tipo de configuración o del PBV de las mismas, no garanticen la seguridad de los usuarios de las carreteras, las mismas no deberían ser permitidas. Si bien, como se menciona anteriormente, el posible daño a puentes de las unidades doblemente articuladas es una condición indispensable para determinar su aceptación, ésta no es suficiente ya que los otros factores (rentabilidad, seguridad, y daño a pavimento) también afectarían el costo o beneficio general para el país.

Referente a las ideas expresadas en la carta del 6 de Septiembre de 2000 del Dr. Francisco J. Sánchez Sesma en donde dice:

“El programa de investigación a desarrollar que propone-este Instituto incluirá estudios experimentales en puentes que permitan ratificar o

rectificar hipótesis de trabajo basadas en información bibliográfica y en la experiencia de los investigadores que participen. Con los resultados del citado programa de investigación se tendría un mejor conocimiento del comportamiento estructural de los puentes y se permitiría avanzar hacia mejores reglamentos, incluido el de pesos y dimensiones de los vehículos.”

Como fue comentado por el Dr. Ray James de TTI, el estudio contiene varias imprecisiones que lo alejaría de su objetivo principal. El mismo Instituto de Ingeniería de la UNAM indica, en su documento enviado el 23 de Febrero de 2000 en la sección *Diseño Estructural de Superestructuras de Puentes*, lo siguiente:

“Así, para carreteras tipo A4, A2 y B4 se recomienda emplear “la condición más desfavorable que resulte de aplicar la carga de camión T3-S3 Tipo I (48.5 t) o T3-S2-R4 Tipo I (72.5 t) en todos los carriles de tránsito, debiéndose analizar las diferentes condiciones de simultaneidad para definir la que gobierne el diseño, afectando dichas condiciones por los coeficientes respectivos de acuerdo con el número de carriles cargados”.”

Por lo anterior se concluye que el análisis realizado está incompleto.

Anexo H. Cartas de diferentes organizaciones que requieren se mantenga 81.50 toneladas en forma permanente en unidades doblemente articuladas

Comentario de TTI

La siguiente lista muestra las organizaciones que enviaron sus comentarios respecto a este tema.

- Cámara Nacional de la Industria de Aceites, jabones y detergentes
- Asociación Mexicana de Transportistas
- Cámara Minera de México
- Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos
- Cámara de la Industria Harinera del Distrito Federal y Estado de México
- Asociación de Transportistas de Carga d la Zona Centro del Estado de Veracruz, A.C.
- Cámara Nacional de la Industria de la Cerveza y la Malta
- Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel
- Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólera
- CANACERO
- Cámara de la Industria de Transformación de Nuevo León
- Cámara Nacional del Cemento
- Cementos Apasco, S.A. de C.V.
- APM División de IMSA-MEX S.A. de C.V.

De las mismas se desprenden los siguientes comentarios.

- La totalidad de ellas se inclinan por la determinación del PBV máximo de 72.5 ton más la tolerancia que otorga la suspensión neumática. Tema central de este análisis y que ya ha sido extensamente tratado.
- Varias de las cartas demuestran su inconformidad con la clasificación de los caminos tipo “ET” ya que consideran de todos los ejes carreteros que permitan la exportación e importación de productos deben pertenecer a esta clase de caminos.
- En particular la Cámara Minera de México expresa su inconformidad al trato de las revolvedoras de cemento. Según esta organización, se les debe dar el mismo trato que el que se les da en Estados Unidos.
- Esta organización también expresa su preocupación relacionada con la suspensión tipo mixta, en donde no existe normativa alguna que la considere.
- Varias organizaciones tratan el tema de la tolerancia de los 150 km. Medida que ha sido incluida en el reglamento.

Anexo I. Documentos de la coalición contra camiones más grandes en USA

Documento de la Coalición

Este documento presenta una conferencia del Sr. Hugo Rojas, Coordinador de la Zona Occidental de la Coalición Contra Camiones Más Grandes de los Estados Unidos (CABT por sus siglas en inglés), del 23 de Octubre del año 2000. En su presentación, el Sr. Rojas comenta que la CABT tiene representación en 34 estados de la Unión Americana y que los proponentes de leyes para incrementar el peso y dimensiones de camiones no han recibido soporte para pasar las leyes respectivas. Comenta sobre dos ejemplos en los estados de Minnesota e Idaho donde se realizaron esfuerzos para incrementar el peso y que estos fueron infructíferos. También menciona datos sobre el estudio “Comprehensive Truck Size and Weight Study” del Departamento de Transporte de Estados Unidos donde se concluye que “Los Resultados que bajo condiciones de uso generalmente irrestricto y similar al de los tractocamiones solos, se espera que las combinaciones multitractocamion – de la forma en que están diseñadas y configuradas actualmente – experimenten un índice general de accidentes fatales un 11 por ciento más que los tractocamiones solos.” Se menciona que el estudio antes mencionado presenta cifras sobre costos de reemplazo de puentes, reconstrucción de intersecciones y accesos a carreteras. Finalmente menciona que la CABT arguye que cualquier discusión futura sobre la “armonización” debe basarse en el hecho que los camiones convencionales de 36,300 Kg. (80,000 libras) representan lo más parecido a un vehículo existente o que probablemente existirá de NAFTA.

Comentario de TTI

Este documento presenta la posición de un grupo que se opone a incrementar el peso y la longitud de camiones en Estados Unidos. La presentación expone el punto de vista de éste grupo con soporte de información de estudios que fueron elaborados por el Departamento de Transporte de Estados Unidos, y presenta casos en donde algunos estados de éste país han tratado de incrementar el peso de camiones y no lo han logrado.

La CABT está formada por organizaciones ciudadanas, dependencias de seguridad estatales y locales, grupos de ciudadanos mayores, de seguridad vial, ambientalistas y de negocios.

Anexo J. Posición de la ANTP sobre el full

Comentario de TTI

La mayoría de los argumentos contenidos en dicho documento (relativos al impacto de las unidades doblemente articuladas en la infraestructura carretera, la seguridad, la productividad, el costo adicional y la mano de obra) ya han sido tratados con antelación, y son analizados por TTI en los Anexos 1 y 3 de este reporte. En cuanto a los pesos permitidos en Estados Unidos, este punto ya se comentó indicando que los pesos máximos en el principal socio de México por autotransporte son menores a los permitidos en México, lo que implica que los embarques de exportación en el trayecto doméstico tengan que ir cargados con la norma de Estados Unidos o que requieran un transvase antes de cruzar la frontera, lo que trae costos adicionales. Por ultimo, sobre la posición de la ANTP en el sentido que los “los fulles es un ejemplo claro de competitividad con las cajas de 53 pies” es importante resaltar que tanto la Norma vigente como la propuesta no se permite el acoplamiento de semirremolques o remolques con longitudes mayores a 12,80 metros, esto quiere decir que no está permitido el acoplamiento de remolques o semirremolques de 53 pies (16.15 m).

Anexo K. Pesos permitidos en USA y permisos especiales por estado para carga de más de 80,000 lbs.

Comentario de TTI

El documento que se presenta en el Anexo de titulo “Schedule of Fees for Jurisdictions Under the International Registration Plan” es un listado por estado de la Unión Americana y de algunas provincias de Canadá con las tarifas de impuesto estatal que se deben de pagar por el registro de la unidad de autotransporte. El documento incluye una lista de 48 estados y tres provincias en Estados Unidos y Canadá respectivamente con los pesos máximos permitidos e indica aquellos que tienen permiso para circular por arriba de las 80,000 libras. De los 48 estados, 16 permiten pesos arriba de las 80,000 libras con un permiso y tarifa especial. Cabe mencionar que, en base a la lista presentada en el documento, los tres principales estados de la Unión Americana con los que México tiene frontera y se realiza más del 98% del intercambio comercial por autotransporte no autorizan cargas mayores a las 80,000 libras. Como se comenta anteriormente los permisos especiales se otorgan para circular con pesos arriba de las 80,000 libras son para viajes específicos y condiciones especiales y no para uso generalizado.

Anexo L. Formula de puente, cláusula del abuelo en USA y efectos económicos en USA si se baja de peso

Comentario de TTI

Este artículo trata sobre la realidad en los Estados Unidos, la cual se aleja de la realidad de México. Es importante mencionar que el límite del PBV para el sistema interestatal de carreteras en Estados Unidos es de 80,000 lbs (36.3 ton). Este valor equivale a menos de la mitad del PBV aceptado en México. Aun ante estas condiciones no se ha podido demostrar que el aumento del PBV generaría un beneficio para ese país.

Anexo M. Dictamen de la COFEMER

En este oficio de fecha 20 de Agosto de 2004, la COFEMER solicita a la SCT efectuar la designación de un experto para que revise la MIR. En dicho oficio también se hace referencia a las respuestas de la SCT a la solicitud de COFEMER relacionados con las secciones 2, 4, y 19 de la MIR. Siguiendo la solicitud de la SCT, y no obstante ya haber comentado respecto a estos cuestionamientos, a continuación se presentan comentarios de TTI los puntos del comunicado de COFEMER

a) Sección 2 de la MIR.-

- *La determinación del peso bruto vehicular máximo permitido para los distintos vehículos.* La SCT requiere expandir esta sección. TTI opina que no obstante la supresión del segundo párrafo del numeral 5.1.2.1 se debe a que el periodo de 5 años de referencia ya venció, es oportuno realizar un análisis que evalúe el impacto de pasar de 66.5 toneladas a 72.5 toneladas de Peso Bruto Vehicular (PBV).
- *La eliminación del segundo párrafo del numeral 5.1.2.2. de la NOM.* La SCT presenta suficiente fundamento para el cambio.
- *Lo contenido en el numeral 13.- Apéndice Normativo.* SCT requiere explicar la fuente de los datos de longitudes y pesos. TTI considera que se debe de indicar que ya que los diseños geométricos en carreteras tipo “ET” son superiores a los de las carreteras tipo “A”, los largos máximos permitidos en carreteras tipo “ET” son mayores a aquellos de las carreteras tipo “A”, esto permite una circulación más segura de las unidades. El peso bruto vehicular está determinado por las características de diseño de pavimentos y puentes y no por el diseño geométrico, por lo que la relación entre pesos brutos máximos y longitudes de vehículos por tipo de carretera no requieren tener un trato idéntico.
- *La desautorización de los tractocamiones doblemente articulados en las carreteras tipo C, que se observa en la Tabla 4C del anteproyecto.* La justificación de la SCT requiere mayor detalle ya que las configuraciones doblemente articuladas de 23.50 metros si pueden existir, aunque en un número muy reducido. TTI opina que la justificación de este cambio está relacionado a la seguridad de circulación de este tipo de vehículos en caminos tipo “C”.
- *Sección 4 de la MIR.-*TTI opina que la SCT presentó la información requerida para aclarar este punto.

Sección 19 de la MIR Costos Cuantificables.- TTI considera que existen dos cambios en la Norma sobre los cuales se debieron de haber estimado la magnitud de los costos y beneficios, y determinar el efecto de los mismos. Estos cambios son:

- o El cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados, y
 - o Desautorización de circulación de los camiones doblemente articulados en los caminos tipo C.
- *Los estudios técnicos remitidos por la SCT son previos a las reformas efectuadas al Reglamento del 19 de octubre de 2000.* TTI opina que no obstante los estudios que se presentaron son previos al 2000, muchos de los conceptos incluidos en los estudios son validos. SCT debe de complementar los estudios presentados con análisis específicos de dos cambios arriba indicados

La COFEMER considera que la regulación propuesta podría tener un amplio impacto en la economía o un efecto sustancial sobre un sector específico. La SCT no presentó el análisis de impacto de los cambios a la Norma. TTI realizó un análisis detallado de los dos cambios importantes de la Norma y encontró que no tienen un amplio impacto.

Anexo N. Propuesta

Comentario de la ANTP

“No pretendemos cargar más de lo que se ha permitido en la actual norma. Por lo que proponemos que se mantenga el Peso Bruto Vehicular de 81.5 toneladas de manera permanente para la combinación T3-S2-R4 Full, como una ventaja competitiva con nuestro principal socio comercial.”

Comentario de TTI:

Este tema ha sido analizado y comentado en varias ocasiones a lo largo de este análisis y TTI opina que el aumentar el peso máximo permitido no necesariamente trae una ventaja competitiva, ya que éste cambio conlleva tanto costos como beneficios que deben de ser evaluados en su conjunto. En cuanto a las características enunciadas para los vehículos propuestos, su análisis está fuera del alcance del trabajo encomendado al TTI.

Anexo O. Peso y dimensiones de vehículos pesados en la Unión Europea

Comentario de TTI:

Este reporte trata sobre posibles mejoras obtenidas a través del uso de combinaciones de mayor longitud. Según el mismo, el largo total alcanzaría los 25.25 metros, valor que está muy por debajo de los límites Mexicanos. Cabe resaltar que el estudio muestra los beneficios de combinaciones más largas, el cual no ha sido discutido por ninguna organización, y no por combinaciones más pesadas, que es el tema central de nuestro análisis.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Después de haber realizado un análisis exhaustivo del anteproyecto de Norma, la Manifestación de Impacto Regulatorio (MIR), sus ampliaciones y correcciones, los comentarios emitidos por otras organizaciones y haber desarrollado los análisis del impacto de los cambios propuestos en Anteproyecto de Actualización de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-012-SCT-2-1995, TTI concluye lo siguiente:

- El Anteproyecto de Actualización de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-012-SCT-2-1995 no genera un amplio impacto, según definición del Sistema de Elaboración de Manifestaciones de Impacto Regulatorio
- Del análisis de la propuesta de Norma, TTI encontró que existen dos cambios directos de la Norma vigente y un cambio con respecto a las condiciones actuales de operación que requieren ser evaluados¹⁰. Estos cambios son:

Cambios directos:

- o La disposición que fija la distancia entre ejes para semirremolques de más de 14.63 m
- o Desautorización de circulación de los camiones doblemente articulados en los caminos tipo C.

Cambio con respecto a la operación actual:

- o El cambio en el peso máximo vehicular para los vehículos doblemente articulados

- Los análisis detallados realizados por TTI requieren ser incluidos en la MIR
- Del análisis efectuado se observa que incrementar el PBV en las unidades T3-S2-R4 a 81.5 toneladas tiene efectos negativos para la sociedad y se estimó que el costo es del orden de \$97 a \$161 millones de pesos por año. A este monto se le debe añadir aproximadamente más de 9,000 millones de pesos, que es el costo de remplazar una parte significativa de los puentes de las carreteras del país.
- Mantener el PBV máximo autorizado para las unidades T3-S2-R4 en 66.5 toneladas, no genera un amplio impacto, según la definición del Sistema de Elaboración de Manifestaciones de Impacto Regulatorio.

¹⁰ Nota: Según el oficio 103-3612 de fecha 8 de julio del 2004 donde se da una explicación detallada sobre el proceso que se llevo a cabo y se concluye que el periodo venció el 8 de agosto del 2002, se concluye que la cláusula temporal de la Norma que permite el incremento en el PBV de 6 toneladas ya venció, por lo tanto no puede considerarse como un cambio en la Norma propuesta. Sin embargo, ya que es un importante cambio respecto a la situación actual, TTI considera conveniente analizar el impacto de este tema.

- El impacto del incremento en costos de operación generado por la reducción de 6 toneladas de PBV en camiones tipo T3-S2-R4 en el precio de los bienes de consumo final es mínimo (menos del 0.01% del valor de las mercancías transportadas).
- Por lo que hace al costo neto de prohibir la circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado (TX-SY-RZ) en carreteras tipo “C” se estima entre 33 y 60 millones de pesos por año (valores de 2006) dependiendo del porcentaje de camiones vacíos. Aunque el costo de operación y el costo de mantenimiento de carreteras se incrementan con este cambio, el incremento no es considerable. Además existen beneficios en seguridad al prohibir estos vehículos en caminos con diseños geométricos inferiores.
- Ya que el costo neto cuantificable de la prohibición de la circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado (TX-SY-RZ) en carreteras tipo “C” es tan reducido comparado con el tamaño de la economía nacional, no se considera que tenga incidencia en la competitividad o impacte en los precios de consumo final o de exportación.
- La desautorización del tránsito de tractocamiones doblemente articulados en las carreteras tipo “C” no tiene un amplio impacto según la definición de “amplio impacto” del Sistema de Elaboración de Manifestaciones de Impacto Regulatorio, ni afecta el abasto de mercancías en alguna región del país.
- El PBV de las unidades vehiculares, no puede ser mayor al derivado de la formula de puentes, ya que un peso superior a este conlleva el deterioro acelerado de los puentes y una posible falla de los mismos. De acuerdo con la fórmula de puentes utilizada en México, el PBV máximo autorizado para la configuración T3-S2-R4 debe ser de 66.5 toneladas.
- En el ámbito internacional es evidente que los pesos máximos autorizados en México, son sustancialmente mayores a los de Estados Unidos y Canadá, y ya que el peso bruto vehicular máximo en Estados Unidos, con quien se intercambia la gran mayoría del comercio por autotransporte, es aproximadamente la mitad de aquel actualmente en vigor en México, por lo que el impacto del cambio de Norma en los precios de bienes de exportación por autotransporte es nulo.
- La regulación relativa a los pesos y dimensiones propuesta en el anteproyecto es la más adecuada ya que el criterio utilizado para determinar el PBV máximo autorizado para cada unidad es la sumatoria de las descargas por eje, excepto cuando este valor sobrepase el máximo permitido por la formula de puentes. El PBV no puede ser superior al resultado de la formula de puentes ya que un peso superior a éste, conlleva un deterioro acelerado de los puentes y la posible falla de los mismos.
- Las carreteras tipo “ET” y “A” tienen las mismas características en lo que refiere al diseño de la estructura de pavimentos y puentes, que son los criterios bajo los cuales se determina en PBV máximo autorizado. De acuerdo con lo anterior, los limites de

peso bruto vehicular para carreteras tipo “ET” y carreteras tipo “A” deben de ser los mismos, sin que existan costos o eficiencias asociadas con esta forma de determinar pesos vehiculares.

Recomendaciones

- No obstante el incremento en 6 toneladas en el PBV máximo trae una disminución en el costo de operación, el incremento en el costo del deterioro del pavimento es mayor, por lo que para minimizar el efecto para la economía nacional, es recomendable que se regrese al peso originalmente permitido para los camiones tipo T3-S2-R4 de 66.5 toneladas.
- Ya que la prohibición de la circulación de configuraciones tipo tractocamión doblemente articulado en carreteras tipo “C” tiene un impacto cuantificable muy reducido y que por otro lado proporciona beneficios a la seguridad vial, se recomienda que se desautorice la circulación de los tractocamiones doblemente articulados de los caminos tipo “C”. Esta medida facilitará la fiscalización de la Norma propuesta.
- Considerando que la suspensión neumática no reduce el coeficiente de impacto y que los pesos brutos vehiculares superan los determinados por la formula de puentes, se recomienda reconsiderar la tolerancia otorgada a aquellas unidades con suspensión neumática.
- Ya que el PBV máximo que se ha estado utilizando en México en los últimos años es mayor al de diseño de puentes, se recomienda realizar un estudio detallado del impacto de los pesos actuales sobre los puentes existentes de la red carretera nacional y de la inversión necesaria para el reemplazo y/o rehabilitación de los mismos.
- No se ha demostrado que el uso de suspensión neumática en los vehículos de autotransporte tenga un efecto que evite daño a los puentes, por lo que no es aconsejable incrementar el PBV autorizado, basándose en el coeficiente de impacto en los puentes. Una medida más razonable seria la de penalizar a través de una reducción en el PBV autorizado a aquellas unidades que utilizan sistemas de suspensión que aumentan el daño a pavimentos.
- Considerando que la mayoría de los semirremolques de 16.15 metros (53 pies) provienen de Estados Unidos y no todos tienen suspensión deslizable y que estos únicamente están permitidos en caminos tipo “ET”, se recomienda la eliminación de la cláusula a) de las disposiciones de seguridad del punto 5.2.1.5 del Anteproyecto de Norma.

6. Anexos

Anexo 1 Metodología y Cálculo de Efectos Cuantificables

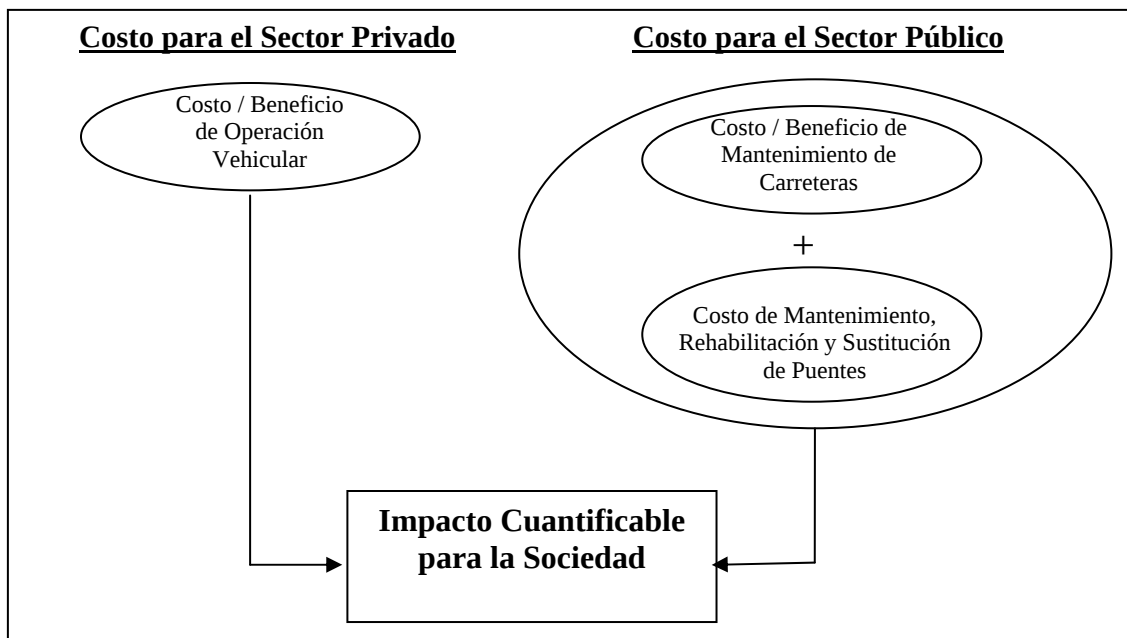
La metodología para estimar en términos monetarios los efectos de los cambios en la regulación se presentan a continuación. De las secciones anteriores se concluye que los dos cambios de la regulación que requieren un análisis son:

- A. El cambio de 6 toneladas en el Peso Bruto Vehicular (PBV) máximo autorizado para unidades T3-S2-R4 en carreteras tipo “ET”, “A” y “B”.
- B. La circulación de configuraciones doblemente articuladas ($T_XS_YR_Z$) en carreteras tipo “C”.

Los cambios en regulaciones que incrementan el peso vehicular afectan los costos de mantenimiento y rehabilitación de carreteras que llevan a cabo las dependencias gubernamentales y también afectan los márgenes de seguridad en puentes. Por otro lado, incrementar el peso vehicular para camiones que mueven ciertos productos incrementa la productividad de este modo de transporte al reducir los costos de operación.

TTI desarrolló una metodología para realizar el cálculo de los costos y beneficios de los cambios arriba mencionados. La siguiente figura muestra los efectos de los cambios y su relación con los distintos sectores de la sociedad.

Figura 6-1 Cálculo de Costos y Beneficios Cuantificables



A. El cambio de Peso Bruto Vehicular (PBV) máximo autorizado para unidades T3-S2-R4 en carreteras tipo “ET”, “A” y “B”.

Para cuantificar el impacto creado por el incremento de 6 toneladas en los vehículos doblemente articulados es necesario determinar:

1. El diferencial en el costo de operación vehicular e incremento en el costo en mantenimiento de pavimentos de las carreteras.
2. Costo de rehabilitación o sustitución de puentes para soportar la carga adicional de 6 toneladas.

1. El diferencial en el costo de operación vehicular e incremento en el costo en mantenimiento de pavimentos de las carreteras.

Para calcular estos costos es necesario determinar el volumen de vehículos doblemente articulados que circulan por la red carretera nacional. La fuente más actualizada para esta información es la publicación Datos Viales 2006¹¹. Dicha publicación, muestra los conteos del tránsito efectuados en el año 2005 en todas las estaciones permanentes más las 5000 estaciones de aforos distribuidas en toda la red carretera nacional pavimentada. Esta publicación contiene información detallada sobre:

- Ubicación de la carretera
- Nombre de la carretera
- Lugar de aforo
- Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)
- Porcentaje por tipo de vehículo

Con esta información se calcula la cantidad de vehículos-kilómetro (veh-km) en cada estado para las unidades T3-S2-R4. Para determinar los veh-km, se tomaron los valores del TDPA para cada estación de aforo de cada carretera tipo “ET”, “A” y “B” del país y se lo multiplico por el porcentaje de configuraciones doblemente articuladas de ese tramo y por la longitud del tramo en kilómetros. La siguiente ecuación muestra con mayor claridad este cálculo:

$$\text{veh - km} = \sum_i (\text{TDPA}_i * \% \text{ de unidades doblemente articuladas}_i * \text{longitud del tramo(km)}_i)$$

i = estación de aforo

El resultado de este cálculo arrojó un valor de 206 millones de veh-km/año de unidades T3-S2-R4. Este valor fue comparado contra el cálculo que realizó la Subdirección de Ingeniería de Tránsito de la Dirección de Vialidad y Proyectos de la Dirección General de Servicios Técnicos¹² en 2004 y ambos cálculos son consistentes.

¹¹ *Datos Viales 2006*. Dirección General de Servicios Técnicos. Subsecretaría de Infraestructura. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. México D.F. 2006. Información correspondiente a 2005.

¹² *Clasificación Vehicular Ponderada y Vehículos-Kilómetro*. Subdirección de Ingeniería de Tránsito. Dirección de Vialidad y Proyectos. Dirección General de Servicios Técnicos

Una vez determinado el total de veh-km de unidades T3-S2-R4 que circulan en el país, es necesario calcular el total de veh-km requeridos para transportar la carga en unidades T3-S2-R4 de 73.5 toneladas. El calculo asume que ambas categorías de vehículos van cargados a su peso máximo (75.5 y 81.5 toneladas). Para transformar el número de unidades de 81.5 toneladas a su equivalente en unidades de 75.5 toneladas, es necesario multiplicar la cantidad de veh-km de unidades de 81.5 por un Factor de Conversión (FC); ya que para transportar la misma carga se requiere un número mayor de unidades de 75.5 toneladas de PBV. Para este caso, el factor de conversión es 1.12 y su valor está determinado por la siguiente ecuación:

$$FC = \frac{\text{Carga Neta del T3 – S2 – R4 (81.5 ton)}}{\text{Carga Neta del T3 – S2 – R4 (75.5 ton)}}$$

El cálculo de los valores de la carga neta para cada configuración es mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 6-1 Cálculo de las cargas netas de las unidades T3-S2-R4 de 81.5 ton y 75.5 ton de PBV

	T3-S2-R4 (81.5 ton)	T3-S2-R4 (75.5 ton)
PBV (ton)	81.5	75.5
Tara (ton) (*)	25.0	25.0
Carga Neta (ton)	56.5	50.5

(*) Fuente: IMT ver Tabla 6-2

$$FC = \frac{\text{Carga Neta de T3 – S2 – R4 (81.5ton)}}{\text{Carga Neta de T3 – S2 – R4 (75.5ton)}} = \frac{56.5}{50.5} = 1.12$$

Para obtener el valor de los costos es necesario convertir los veh-km a toneladas-km (ton-km) multiplicando los veh-km por el PBV de cada tipo de unidad. Los costos de operación y mantenimiento por ton-km se obtuvieron del Instituto Mexicano del Transporte (IMT). El IMT presentó a TTI una actualización del modelo incluido en la Publicación Técnica No. 52 de 1994 realizado por dicho instituto¹³. El modelo del IMT utiliza para el calculo de los costos de operación, el programa “Vehicle Operating Cost (VOC)” desarrollado por el Banco Mundial y calibrado por dicho instituto para las condiciones particulares de México. En cuanto al costo de deterioro de pavimentos, el mismo fue evaluado por el IMT, utilizando los criterios para el diseño de pavimentos flexibles del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Para determinar los costos de operación vehicular (COV) y de deterioro de pavimentos (CDP) en el análisis, los mismos fueron divididos por el peso bruto vehicular (PBV). De esta manera, se obtiene el costo por ton-km movida. A continuación se muestran las tablas con los valores de los costos de operación y de deterioro de pavimentos por ton-km para la unidad tipo tractocamión doblemente articulado (T3-S2-R4).

¹³ Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan sobre las Carreteras Nacionales. Instituto Mexicano del transporte. Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Querétaro, Qro. 1994.

Tabla 6-2 Costo de operación vehicular y costo de deterioro de pavimento de la unidad T3-S2-R4

Costo de Operacion				Costo de Deterioro de Pavimentos			
Vehículo Tipo T3-S2-R4				Vehículo Tipo T3-S2-R4			
Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Operación Vehicular / km (COV/km)	COV/ton-km	Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Deterioro de Pavimentos / km (CDP/km)	CDP/ton-km
(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)		(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)	
25	0	10.5410	0.4216	25	0	0.0424	0.0017
30	5	11.0368	0.3679	30	5	0.1062	0.0035
35	10	11.5508	0.3300	35	10	0.2274	0.0065
40	15	12.0827	0.3021	40	15	0.4341	0.0109
45	20	12.6307	0.2807	45	20	0.7591	0.0169
50	25	13.1922	0.2638	50	25	1.2395	0.0248
55	30	13.7648	0.2503	55	30	1.9155	0.0348
60	35	14.3463	0.2391	60	35	2.8289	0.0471
65	40	14.9349	0.2298	65	40	4.0230	0.0619
70	45	15.5294	0.2218	70	45	5.5412	0.0792
75	50	16.1293	0.2151	75	50	7.4261	0.0990
80	55	16.7352	0.2092	80	55	9.7193	0.1215
85	60	17.3496	0.2041	85	60	12.4605	0.1466
90	65	17.9804	0.1998	90	65	15.6873	0.1743

Fuente: IMT

En la tabla anterior se puede observar que el peso muerto o tara (unidad sin carga alguna) usado para la unidad T3-S2-R4 es de 25 toneladas.

Para obtener los costos en los PBV deseados, se realizó una interpolación lineal entre los valores más cercanos. A continuación se muestran los costos correspondientes a los PBV en estudio.

Tabla 6-3 Costos de Operación y Deterioro para los PBV estudiados

PBV	COV \$/ton-km (*)	CDP \$/ton-km (*)
T3-S2-R4 de 75.5	0.2144	0.1014
T3-S2-R4 de 81.5	0.2076	0.1293

(*) Valores en Pesos 2006.

Las graficas a continuación, muestran los costos de Operación y Deterioro de Pavimentos por ton-km movida y su relación con el PBV.

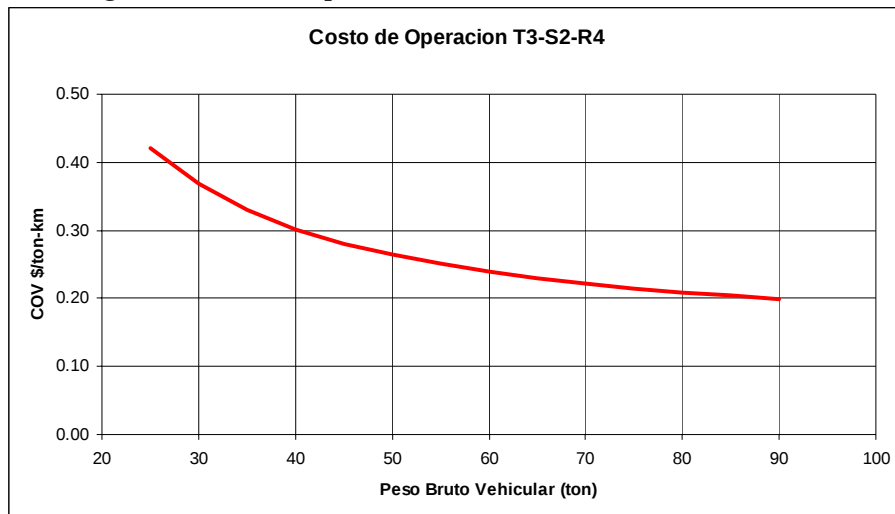
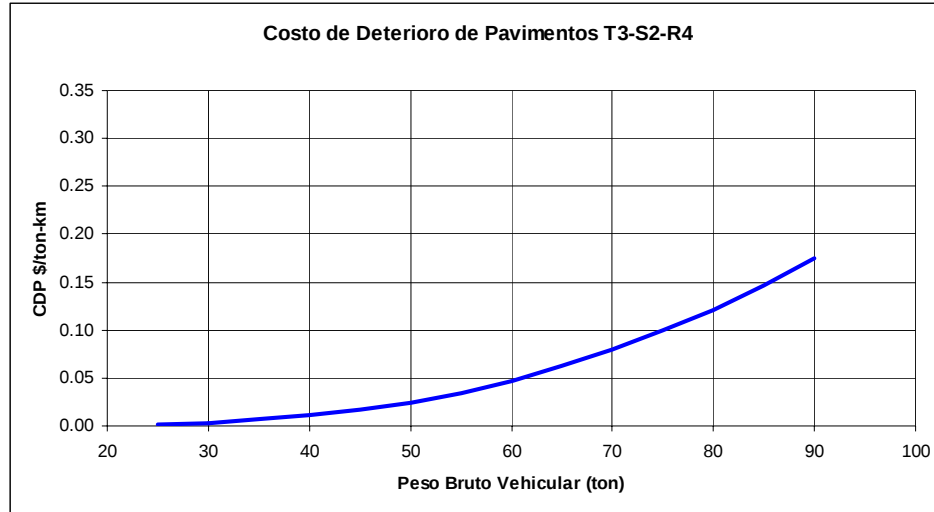
Figura 6-2 Costo de operación vehicular de las unidades T3-S2-R4


Figura 6-3 Costo de deterioro de pavimento de las unidades T3-S2-R4



De las graficas de costo de deterioro de pavimentos, se observa que la relación entre el PBV y el daño a pavimentos no es lineal, a medida que aumenta el PBV, el daño aumenta en mayor proporción.

Una vez obtenidos los costos de operación y deterioro de pavimento para los PBV bajo análisis, es necesario incluir en el cálculo el porcentaje de vehículos que no llevan carga. Para esto, se considero un rango de 0 a 40 por ciento de camiones vacíos a modo de evaluar su influencia en el resultado final. También se realizó el cálculo con el promedio de camiones vacíos en el periodo 1991-2003 que resulto ser de 30.7%¹⁴. Los resultados del procedimiento antes descrito se presentan en la siguiente tabla.

¹⁴ Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 2003. Documento Técnico No 33. Sanfandila, Qro, 2004

Tabla 6-4 Calculo de Costos por Cambio en el PBV de 6 toneladas

	T3-S2-R4 (81.5 ton)						T3-S2-R4 (75.5 ton)					
	Porcentaje de Vacíos						Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	30.7%	0%	10%	20%	30%	40%	30.7%
Factor de conversión							1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
veh-km/año (millones) (1)	206.0	206.0	206.0	206.0	206.0	206.0	230.5	230.5	230.5	230.5	230.5	230.5
PBV	81.5	81.5	81.5	81.5	81.5	81.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5
ton-km/año (millones) (2)	16,789	15,110	13,431	11,752	10,073	11,635	17,401	15,661	13,921	12,181	10,441	12,059
Costo Operacion Vehicular (COV) (Pesos/ton-km) (3)	0.2076	0.2076	0.2076	0.2076	0.2076	0.2076	0.2144	0.2144	0.2144	0.2144	0.2144	0.2144
Total COV (millones de pesos/año)	3,485	3,137	2,788	2,440	2,091	2,415	3,731	3,358	2,985	2,612	2,238	2,585
Costo Deterioro de Pavimento (CDP) (Pesos/ton-km) (3)	0.1293	0.1293	0.1293	0.1293	0.1293	0.1293	0.1014	0.1014	0.1014	0.1014	0.1014	0.1014
Total CDP (millones de pesos/año)	2,171	1,954	1,737	1,520	1,302	1,504	1,764	1,588	1,412	1,235	1,059	1,223

(1) Fuente: *Datos Viales 2006*. Dirección General de Servicios Técnicos. Subsecretaría de Infraestructura. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. México D.F. 2006. Información correspondiente a 2005.

(2) Este valor representa el producto del total de la carga movida (incluye la carga transportada más el peso del camión) por la distancia recorrida ponderada por la cantidad de camiones vacíos.

(3) Valor proporcionado por el IMT (Ver Tabla 6-3)

Del calculo anterior se desprende que el costo de operación para los vehículos T3-S2-R4 de 75.5 toneladas es mayor que el de aquellos vehículos con 81.5 toneladas. Para el total de vehículos de este tipo que circulan en la red carretera de México, el incremento de 6 toneladas en el PBV significa una reducción en el costo de operación de entre 147 y 245 millones de pesos por año, dependiendo del porcentaje de vehículos vacíos; siendo el valor correspondiente al promedio del porcentaje de vacíos del periodo 1991-2003 igual a 170 millones de pesos anuales. Este impacto beneficia al sector privado al reducir los costos de operación. En la tabla siguiente se muestra el resumen de los costos de operación.

Tabla 6-5 Resumen Costo de Operación Vehicular (COV)

	Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	Promedio 91-03 (*)
T3-S2-R4 (81.5 ton)	\$ 3,485	\$ 3,137	\$ 2,788	\$ 2,440	\$ 2,091	\$ 2,415
T3-S2-R4 (75.5 ton)	\$ 3,731	\$ 3,358	\$ 2,985	\$ 2,612	\$ 2,238	\$ 2,585
Disminución en COV (millones de pesos/año)	\$ 245	\$ 221	\$ 196	\$ 172	\$ 147	\$ 170

(*) Fuente: Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 2003. Documento Técnico No 33. Sanfandila, Qro, 2004

El incremento en costo de deterioro de pavimento causado por aumentar 6 toneladas de PBV en vehículos T3-S2-R4, se ubica entre los 244 y 406 millones de pesos por año, dependiendo del porcentaje de vehículos vacíos; siendo el valor correspondiente al

promedio del porcentaje de vacíos del periodo 1991-2003 igual a 282 millones de pesos anuales

Tabla 6-6 Resumen Costo de Deterioro de Pavimentos (CDP)

	Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	30.7
T3-S2-R4 (81.5 ton)	\$ 2,171	\$ 1,954	\$ 1,737	\$ 1,520	\$ 1,302	\$ 1,504
T3-S2-R4 (75.5 ton)	\$ 1,764	\$ 1,588	\$ 1,412	\$ 1,235	\$ 1,059	\$ 1,223
Incremento en CDP (millones de pesos/año)	\$ 406	\$ 366	\$ 325	\$ 284	\$ 244	\$ 282

(*) Valor correspondiente al promedio de los años 1991 a 2003. Fuente: Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 2003. Documento Técnico No 33. Sanfandila, Qro, 2004

2. Costo de rehabilitación o sustitución de puentes para soportar la carga adicional de 6 toneladas.

La construcción de los puentes existentes en la red de carreteras el país fue realizada a lo largo del siglo pasado. Un porcentaje muy significativo de los mismos fueron construidos utilizando cargas de diseño muy diferentes a las actuales. La siguiente tabla muestra el año de construcción y la carga de diseño utilizada para cada periodo.

Tabla 6-7 Año de construcción y la carga de diseño utilizada para el diseño de puentes

Año	Cantidad de Puentes Construidos	Proporción del total	Cargas de Diseño
Hasta 1972	3783	58%	H15 para caminos normales y HS20 para caminos troncales
1972 - 1980	958	15%	HS20 para todos los caminos
1980 - 2001	1627	25%	T3-S3 (48.5 ton) o T3-S2-R4 (66.5 ton) en todos los carriles para caminos tipo A y B o uno de los camiones anteriores más un camión tipo HS20 para caminos C y D.
2001 en adelante	196	3%	IMT 66.5 o IMT 20.5 dependiendo del tipo de camino

Fuente: Documento de la SCT titulado *Cargas de diseño de Puentes*

Como se puede observar, las cargas de diseño de puentes fueron durante mucho tiempo los camiones tipo H15-44 y HS20-44 (ver características de peso y distancia entre ejes en Anexo 4). Estos camiones son los mismos que los utilizados en los Estados Unidos y su peso es significativamente menor a los pesos utilizados en México. De acuerdo a un documento publicado por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos¹⁵, los camiones de 7, 8 y 9 ejes tienen prohibida su circulación en puentes diseñados con cargas de diseño tipo H15-44.

¹⁵ *Bridge Formula Weights*. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation. Washington D.C. Enero 1994

Considerando que todos aquellos puentes diseñados bajo criterios de carga H15-44 están muy por debajo de las cargas actuales y siguiendo el criterio de la reglamentación de Estados Unidos, TTI recomienda que los puentes existentes en la red de carreteras tipo “ET”, “A” y “B” que fueron diseñados con carga de diseño tipo H15-44, sean reemplazados. En cuanto a los puentes diseñados utilizando los camiones tipo HS20-44, es estima que será necesario implementarse algún tipo de tarea de rehabilitación. TTI recomienda que se realice un estudio más profundo de este tema para determinar con mayor precisión los puentes a reemplazar/rehabilitar y la inversión necesaria para ello.

No obstante lo anterior, para determinar de forma muy preliminar el costo de reemplazo de puentes, se siguió la siguiente metodología:

- Se obtuvo la base de datos del Sistema de Puentes de México (SIPUMEX), proporcionada por la SCT, la cual contiene la totalidad de los puentes existentes en el país.
- Se clasificaron los puentes según el año de construcción
- Se estimó la cantidad de puente a ser reemplazados (aquellos diseñados con cargas de diseño tipo H15-44).
- Estas cantidades fueron multiplicadas por el costo de reemplazo. Los valores utilizados para este cálculo fueron suministrados por la SCT según un promedio de los costos de reemplazo de puentes de los últimos años. El valor utilizado fue de 160,000 pesos por cada metro lineal de puente a reemplazar.

La siguiente tabla muestra los resultados del procedimiento recién descrito.

Tabla 6-8 Resumen Puentes Existentes en la red de carreteras

	Año				Total
	Hasta 1972	1972 - 1980	1980 - 2001	2001 en adelante	
Cantidad de Puentes Construidos (1)	3,783	958	1,627	196	6,564
Cantidad total de metros construidos	123,255	41,722	67,687	11,499	244,163
Cantidad de metros a ser reemplazados (2)	61,628	-	-	-	61,628
Cantidad de metros a ser rehabilitados (3)	61,628	41,722	-	-	103,350

(1) Esta cantidad no incluye los puentes peatonales ya que no poseen ningún significado en este análisis.

(2) Debido a la escasez de tiempo e información, se asumió que un 50% de los puentes construidos antes de 1972 fueron diseñados utilizando el camión tipo H15-44 como carga de diseño

(3) Por la misma razón que la recién enunciada, se asumió que el otro 50% de los puentes construidos antes de 1972 fueron diseñados como el camión HS20-44.

Una vez obtenidos la cantidad de metros a reemplazar (aproximadamente 60,000 metros) y el costo de reemplazo (160,000 pesos por metro lineal de puente), se calculó la inversión necesaria. La misma resulta en 9,600 millones de pesos. Es importante notar

que esta cifra es el resultado de un cálculo preliminar y no incluye el costo de rehabilitación de puentes.

Resumen de Costos por el cambio en el PBV

Una vez obtenidos los costos de operación, mantenimiento de pavimentos y rehabilitación y sustitución de puentes, es posible determinar el impacto del cambio de 6 toneladas en el PBV. La Tabla 6-9 muestra un resumen de las consecuencias de dicho cambio.

Tabla 6-9 Resumen Impacto del cambio en el PBV en 6 toneladas

	Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	Promedio 91-03
Disminución en COV (millones de pesos/año)	\$ 245	\$ 221	\$ 196	\$ 172	\$ 147	\$ 170
Incremento en CDP (millones de pesos/año)	\$ (406)	\$ (366)	\$ (325)	\$ (284)	\$ (244)	\$ (282)
Saldo Neto Producido por el cambio en el PBV en 6 toneladas (millones de pesos/año)	\$ (161)	\$ (145)	\$ (129)	\$ (113)	\$ (97)	\$ (112)

Esto significa que el cambio de 77.5 toneladas a 81.5 toneladas de PBV en las unidades T3-S2-R4 significaría un costo para el país de entre 97 y 161 millones de pesos al año. Tomando el promedio del porcentaje de vehículos vacíos del periodo 1991-2003, el costo sería de 112 millones de pesos anuales. A este valor hay que sumarle el costo correspondiente a la rehabilitación y reemplazo de puentes que asciende a más de 9,600 millones de pesos.

B. Circulación de configuraciones TXSYRZ en carreteras tipo “C”

El análisis de este cambio tiene un procedimiento similar al descrito anteriormente. Se comparan los costos de operación con los de mantenimiento de pavimentos. Los costos de rehabilitación y sustitución de puentes no se han tomado en cuenta en este cálculo ya que no se tiene disponible una base de datos única que indique la ubicación y características de los puentes en carreteras tipo “C”. El cálculo asume que la carga transportada en las unidades doblemente articuladas que transitan en los caminos tipo “C” será transferida a unidades T3-S2 o T3-S3 por lo que el análisis se divide en dos secciones.

De acuerdo a la normativa vigente, las unidades doblemente articuladas poseen características de peso y dimensiones diferentes en caminos tipo “C”. Esto se debe a que estos caminos, tal como lo indica el reglamento, pertenecen a la red secundaria de caminos; los cuales utilizan criterios de diseño geométrico inferiores a los caminos tipo “ET”, “A” y “B”. Por lo tanto, es de esperarse que el número de unidades doblemente articuladas que transitan en estos caminos sea reducido, ya que para que cumplan con los

límites máximos de longitud permitidos, deberían de utilizar semirremolques y remolques no más largos de 8.5 metros aproximadamente¹⁶.

Al igual que en el análisis anterior, se utilizara la base de datos “Datos Viales 2006”, pero esta vez, se utilizan únicamente aquellos tramos que pertenecen a la red de caminos tipo “C”. El cálculo del total de veh-km de vehículos doblemente articulados en caminos tipo “C” resultó ser 14.7 millones de veh-km. Este valor representa el 7 por ciento del total de veh-km de esta configuración en la red de carreteras del país.

Comparación entre el T3-S2-R4 y el T3-S2

El factor de conversión entre las unidades doblemente articuladas T3-S2-R4 y las T3-S2 es igual a 1.56, valor que fue calculado usando la siguiente ecuación:

$$FC = \frac{\text{Carga Neta del T3 – S2 – R4 (67 ton)}}{\text{Carga Neta del T3 – S2 (44 ton)}}$$

El cálculo de los valores de la carga neta para cada configuración es mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 6-10 Cálculo de las cargas netas de las unidades T3-S2-R4 de 67 ton y T3-S2 de 44 ton de PBV

	T3-S2-R4 (67 ton)	T3-S2 (44 ton)
PBV (ton)	67	44
Tara (ton) (*)	25	17
Carga Neta (ton)	42	27

(*) Fuente: IMT (ver tabla en siguiente pagina)

$$FC = \frac{\text{Carga Neta de T3 – S2 – R4 (67 ton)}}{\text{Carga Neta de T3 – S2 (44ton)}} = \frac{42}{27} = 1.56$$

Los costos de operación y de deterioro de pavimentos para la unidad T3-S2 para distintos PBV son mostrados en las siguientes tablas.

¹⁶ A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C. 2004. Pagina 35.

Tabla 6-11 Costo de operación vehicular y costo de deterioro de pavimento de la unidad T3-S2

Costo de Operacion				Costo de Deterioro de Pavimentos			
Vehículo Tipo T3-S2				Vehículo Tipo T3-S2			
Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Operación Vehicular / km (COV/km)	COV/ton-km	Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Deterioro de Pavimentos / km (CDP/km)	CDP/ton-km
(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)		(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)	
17	0	8.4347	0.4962	17	0	0.0652	0.0038
20	3	8.7089	0.4354	20	3	0.1457	0.0073
25	8	9.1811	0.3672	25	8	0.4259	0.0170
30	13	9.6705	0.3223	30	13	0.9933	0.0331
35	18	10.1769	0.2908	35	18	1.9845	0.0567
40	23	10.7001	0.2675	40	23	3.5451	0.0886
45	28	11.2385	0.2497	45	28	5.8193	0.1293
50	33	11.7898	0.2358	50	33	8.9431	0.1789
55	38	12.3518	0.2246	55	38	13.0386	0.2371
60	43	12.9224	0.2154	60	43	18.2105	0.3035

Fuente: IMT

En la tabla anterior se puede observar que el peso muerto o tara (unidad sin carga alguna) usado para la unidad T3-S2 es de 17 toneladas. Para obtener los costos de operación y deterioro de pavimento de las unidades T3-S3-R4 y T3-S2 (67 y 44 toneladas respectivamente), se realizó una interpolación lineal entre los valores más cercanos de la tabla. A continuación se muestran los costos correspondientes a los PBV bajo estudio

Tabla 6-12 Costos de operación y deterioro de pavimento para los PBV estudiados

PBV	COV \$/ton-km (*)	CDP \$/ton-km (*)
T3-S2-R4 de 67 ton	0.2265	0.0691
T3-S2 de 44 ton	0.2533	0.1212

(*) Valores en Pesos 2006.

Las siguientes graficas, muestran los costos de Operación y Deterioro de Pavimentos por ton-km movida y su relación con el PBV.

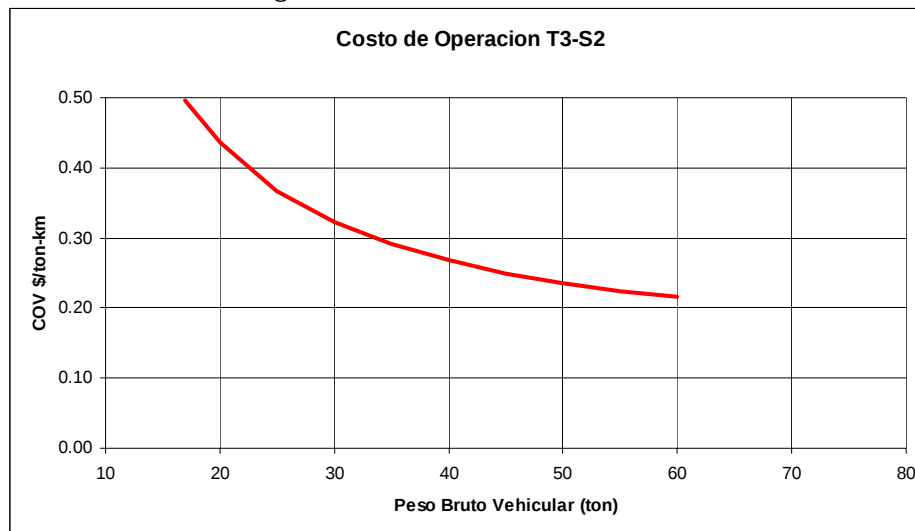
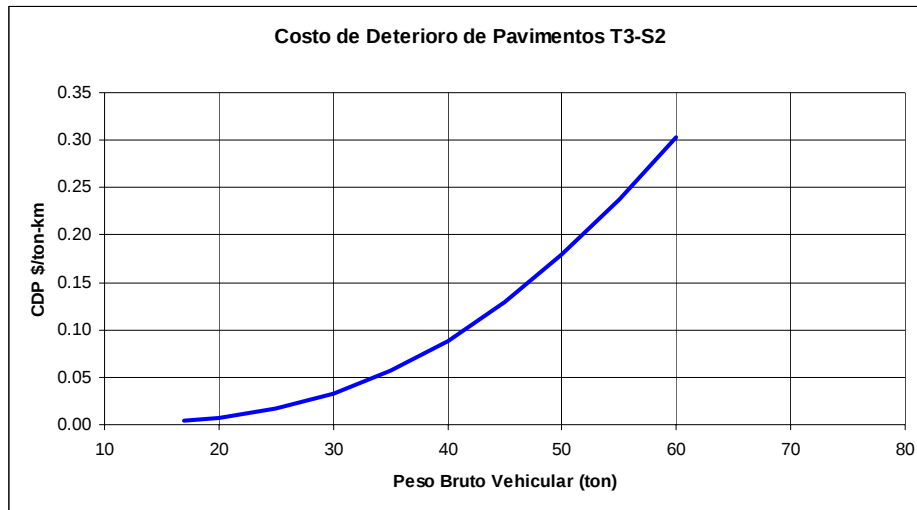
Figura 6-4 COV de las unidades T3-S2


Figura 6-5 CDP de las unidades T3-S2



Una vez obtenidos los costos de operación y deterioro para los PBV bajo análisis, se calculan los costos totales de operación y mantenimiento. Los mismos son presentados en la siguiente tabla. Para este caso, se analizaron distintos escenarios para el porcentaje de vehículos vacíos, calculando también el promedio del porcentaje de camiones vacíos en el periodo 1991-2003¹⁷.

Tabla 6-13 Comparación de los costo de operación vehicular y costo de deterioro de pavimento entre los T3-S2-R4 y los T3-S2

	T3-S2-R4 (67 ton)						T3-S2 (44 ton)					
	Porcentaje de Vacíos						Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	30.7%	0%	10%	20%	30%	40%	28.5%
Factor de conversión							1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
veh-km/año (millones) (1)	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8
PBV	67	67	67	67	68	67	44	44	44	44	44	44
ton-km/año (millones) (2)	981.7	883.5	785.4	687.2	597.8	680.3	1,003	903	802	702	602	717
Costo Operacion Vehicular (COV) (Pesos/ton-km) (3)	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.253	0.253	0.253	0.253	0.253	0.253
Total COV (millones de pesos/año)	222	200	178	156	135	154	254	229	203	178	152	182
Costo Deterioro de Pavimento (CDP) (Pesos/ton-km) (3)	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121
Total CDP (millones de pesos/año)	68	61	54	47	41	47	122	109	97	85	73	87

(1) Fuente: *Datos Viales 2006*. Dirección General de Servicios Técnicos. Subsecretaría de Infraestructura. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. México D.F. 2006. Información correspondiente a 2005.

(2) Este valor representa el producto del total de la carga movida (incluye la carga transportada más el peso del camión) por la distancia recorrida ponderada por la cantidad de camiones vacíos.

(3) Valor proporcionado por el IMT (Ver Tabla 6-12)

¹⁷ Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 2003. Documento Técnico No 33. Sanfandila, Qro, 2004

Del cálculo mostrado anteriormente se desprende que el incremento en el costo de operación por restringir la circulación de los vehículos doblemente articulados en los caminos tipo “C”, pasando de unidades T3-S2-R4 a unidades T3-S2, oscila entre los 17 y 32 millones de pesos por año, dependiendo del porcentaje de vehículos vacíos. Para el promedio de vacíos en el periodo 1991- 2003 el valor es de 28 millones de pesos por año.

Tabla 6-14 Resumen comparación de los costo de operación vehicular entre los T3-S2-R4 y los T3-S2

	Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	Promedio 91-03 (*)
T3-S2-R4 (67 ton)	\$ 222	\$ 200	\$ 178	\$ 156	\$ 135	\$ 154
T3-S2 (44 ton)	\$ 254	\$ 229	\$ 203	\$ 178	\$ 152	\$ 182
Incremento en COV (millones de pesos/año)	\$ 32	\$ 29	\$ 25	\$ 22	\$ 17	\$ 28

(*) Fuente: Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 2003. Documento Técnico No 33. Sanfandila, Qro, 2004

Análogamente, el costo en el deterioro del pavimento por restringir la circulación de los vehículos doblemente articulados en los caminos tipo “C”, pasando de unidades T3-S2-R4 a unidades T3-S2, está entre 32 y 54 millones de pesos al año, dependiendo del porcentaje de vehículos vacíos. Para el promedio de vacíos en el periodo 1991 - 2003 el valor es de 40 millones de pesos por año. En la tabla siguiente se muestra el resumen de los costos de deterioro de pavimento.

Tabla 6-15 Resumen comparación de los costo de deterioro de pavimento entre los T3-S2-R4 y los T3-S2

	Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	Promedio 91-03 (*)
T3-S2-R4 (67 ton)	\$ 68	\$ 61	\$ 54	\$ 47	\$ 41	\$ 47
T3-S2 (44 ton)	\$ 122	\$ 109	\$ 97	\$ 85	\$ 73	\$ 87
Incremento en CDP (millones de pesos/año)	\$ 54	\$ 48	\$ 43	\$ 38	\$ 32	\$ 40

(*) Fuente: Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 2003. Documento Técnico No 33. Sanfandila, Qro, 2004

Comparación entre el T3-S2-R4 y el T3-S3

Considerando que la restricción de vehículos T3-S2-R4 en caminos tipo C podría también hacer que la carga de estos vehículos se transfiera a camiones tipo T3-S3, se desarrollo el análisis correspondiente. Para este caso, el factor de conversión entre las unidades doblemente articuladas y los T3-S3 es para este caso igual a 1.35, valor que fue calculado usando la siguiente ecuación:

$$FC = \frac{\text{Carga Neta del T3 – S2 – R4 (67 ton)}}{\text{Carga Neta del T3 – S3 (49 ton)}}$$

El cálculo de los valores de la carga neta para cada configuración es mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 6-16 Cálculo de las cargas netas de las unidades T3-S2-R4 de 67 ton y T3-S3 de 49 ton de PBV

	T3-S2-R4 (67 ton)	T3-S2-R4 (49 ton)
PBV (ton)	67	49
Tara (ton) (*)	25	18
Carga Neta (ton)	42	31

(*) Fuente: IMT ver Tabla 6-17

$$FC = \frac{\text{Carga Neta de T3 - S2 - R4 (67 ton)}}{\text{Carga Neta de T3 - S3 (49ton)}} = \frac{42}{31} = 1.35$$

Los costos de operación y de deterioro de pavimentos para la unidad T3-S3 para distintos PBV son mostrados en las siguientes tablas.

Tabla 6-17 COV y CDP para los T3-S3

Costo de Operación				Costo de Deterioro de Pavimentos			
Vehículo Tipo T3-S3				Vehículo Tipo T3-S3			
Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Operación Vehicular / km (COV/km)	COV/ton-km	Peso Bruto Vehicular	Carga Útil	Costo de Deterioro de Pavimentos / km (CDP/km)	CDP/ton-km
(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)		(ton)	(ton)	(pesos 2006/km)	
18	0	8.8130	0.4896	18	0	0.0549	0.0031
20	2	8.9970	0.4499	20	2	0.0928	0.0046
25	7	9.4702	0.3788	25	7	0.2749	0.0110
30	12	9.9608	0.3320	30	12	0.6492	0.0216
35	17	10.4688	0.2991	35	17	1.3126	0.0375
40	22	10.9937	0.2748	40	22	2.3714	0.0593
45	27	11.5340	0.2563	45	27	3.9346	0.0874
50	32	12.0873	0.2417	50	32	6.1084	0.1222
55	37	12.6514	0.2300	55	37	8.9922	0.1635
60	42	13.2242	0.2204	60	42	12.6751	0.2113
65	47	13.8043	0.2124	65	47	17.2342	0.2651
70	52	14.3911	0.2056	70	52	22.7335	0.3248

Fuente: IMT

La interpolación lineal entre los valores de COV y CDP del T3-S3 más cercanos al valor estudiado (45 y 50 toneladas) resultó en un COV de 0.2444 \$/ton-km y en un CDP de 0.1158 \$/ton-km. Los valores de los costos de operación vehicular y de deterioro de pavimento las unidades T3-S2-R4 ya han sido presentados en la comparación anterior.

Las siguientes graficas, muestran los COV y CDO por ton-km movida y su relación con el PBV para las unidades T3-S3.

Figura 6-6 COV de las unidades T3-S3

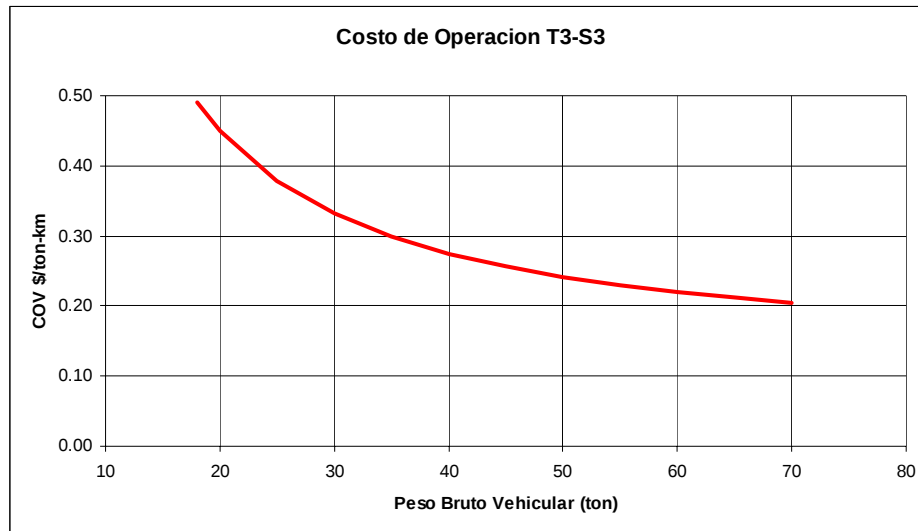
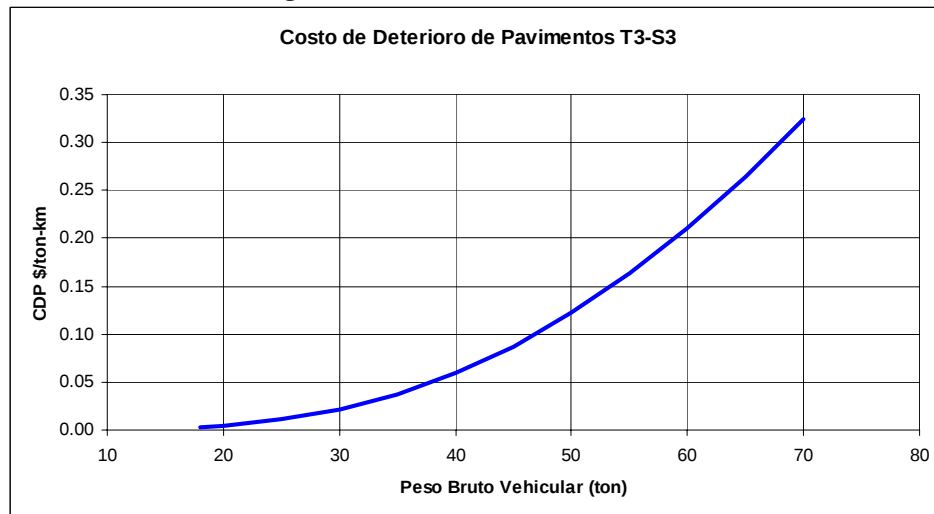


Figura 6-7 CDP de las unidades T3-S3



Al igual que en el caso anterior, la siguiente tabla presenta los COV y CDP para la comparación entre los T3-S2-R4 y los T3-S3.

Tabla 6-18 Comparación de los COV y CDP entre los T3-S2-R4 y los T3-S3

	T3-S2-R4 (67 ton)						T3-S3 (49 ton)					
	Porcentaje de Vacíos						Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	30.7%	0%	10%	20%	30%	40%	30.8%
Factor de conversión							1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
veh-km/año (millones) (1)	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
PBV	67	67	67	67	68	67	49	49	49	49	49	49
ton-km/año (millones) (2)	982	884	785	687	598	680	973	875	778	681	584	673
Costo Operacion Vehicular (COV) (Pesos/ton-km) (3)	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244
Total COV (millones de pesos/año)	222	200	178	156	135	154	238	214	190	166	143	165
Costo Deterioro de Pavimento (CDP) (Pesos/ton-km) (3)	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116
Total CDP (millones de pesos/año)	68	61	54	47	41	47	113	101	90	79	68	78

(1) Fuente: *Datos Viales 2006*. Dirección General de Servicios Técnicos. Subsecretaría de Infraestructura. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. México D.F. 2006. Información correspondiente a 2005.

(2) Este valor representa el producto del total de la carga movida (incluye la carga transportada más el peso del camión) por la distancia recorrida ponderada por la cantidad de camiones vacíos.

(3) Valor proporcionado por el IMT

Del cálculo mostrado anteriormente se desprende que el incremento en el costo de operación por restringir la circulación de los vehículos doblemente articulados en los caminos tipo “C”, pasando de unidades T3-S2-R4 a unidades T3-S3, oscila entre los 7 y 15 millones de pesos por año, dependiendo del porcentaje de vehículos vacíos. Para el promedio de vacíos en el periodo 1991- 2003 el valor es de 10 millones de pesos por año.

Tabla 6-19 Resumen Comparación de los COV entre los T3-S2-R4 y los T3-S3

	Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	Promedio 91-03 (*)
T3-S2-R4 (67 ton)	\$ 222	\$ 200	\$ 178	\$ 156	\$ 135	\$ 154
T3-S3 (49 ton)	\$ 238	\$ 214	\$ 190	\$ 166	\$ 143	\$ 165
Incremento en COV (millones de pesos/año)	\$ 15	\$ 14	\$ 12	\$ 11	\$ 7	\$ 10

(*) Fuente: Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 2003. Documento Técnico No 33. Sanfandila, Qro, 2004

Análogamente, el incremento costo en el deterioro del pavimento por restringir la circulación de los vehículos doblemente articulados en los caminos tipo “C”, pasando de unidades T3-S2-R4 a unidades T3-S3, va de 26 a 45 millones de pesos al año, dependiendo del porcentaje de vehículos vacíos. Para el promedio de vacíos en el periodo 1991 el valor fue de 31 millones de pesos por año. En la tabla siguiente se muestra el resumen de los costos de deterioro de pavimentos.

Tabla 6-20 Resumen Comparación de los CDP entre los T3-S2-R4 y los T3-S3

	Porcentaje de Vacíos					
	0%	10%	20%	30%	40%	Promedio 91-03 (*)
T3-S2-R4 (67 ton)	\$ 68	\$ 61	\$ 54	\$ 47	\$ 41	\$ 47
T3-S3 (49 ton)	\$ 113	\$ 101	\$ 90	\$ 79	\$ 68	\$ 78
Incremento en CDP (millones de pesos/año)	\$ 45	\$ 40	\$ 36	\$ 31	\$ 26	\$ 31

(*) Fuente: Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 2003. Documento Técnico No 33. Sanfandila, Qro, 2004

Resumen del Impacto de la desautorización de unidades doblemente articuladas en caminos tipo “C”

Como ha sido mostrado en el desarrollo de este punto, la desautorización de unidades doblemente articuladas en caminos tipo “C” trae consigo un incremento tanto en el costo de operación vehicular como en el costo de deterioro de pavimento, sin importar si las carga se traspasa a unidades T3-S2 o T3-S3. Considerando la opción que trae menor monto en el costo de operación que beneficiaría a los transportistas es el utilizar vehículos tipo T3-S3, estas unidades son las emplearon para estimar el impacto general de este cambio.

La siguiente tabla muestra un resumen de los costos asociados a este cambio. Como puede verse, el impacto total varía entre 34 y 60 millones de pesos al año, dependiendo del porcentaje de vacíos. Para el caso en que se usa el promedio entre 1991 y 2003 de los porcentajes de vacíos, el valor es igual a 41 millones de pesos anuales.

Tabla 6-21 Resumen Impacto del cambio en caminos tipo “C”

	0%	10%	20%	30%	40%	Promedio 91-03 (*)
Incremento en COV (millones de pesos/año)	\$ 15	\$ 14	\$ 12	\$ 11	\$ 7	\$ 10
Incremento en CDP (millones de pesos/año)	\$ 45	\$ 40	\$ 36	\$ 31	\$ 26	\$ 31
Saldo Neto Producido por la Prohibición de vehículos tipo TSR en caminos tipo “C” (millones de pesos/año)	\$ 60	\$ 54	\$ 48	\$ 42	\$ 34	\$ 41

(*) Fuente: Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en 2003. Documento Técnico No 33. Sanfandila, Qro, 2004

Es importante notar que este cálculo no incluye los costos que se tendrían por la disminución en accidentes y otros elementos de seguridad vial al prohibir la circulación de unidades doblemente articuladas de caminos tipo “C”.

Anexo 2 Evaluación del Daño Potencial causado a Pavimentos por un aumento del Peso Bruto Vehicular de 75.5 toneladas a 81.5 toneladas.

Las cargas en pavimentos y puentes y los efectos del medio ambiente son los principales causantes del deterioro de los mismos. La necesidad de regular el peso vehicular en carretera está motivada por la necesidad de las entidades gubernamentales de proteger pavimentos y estructuras de los efectos causados por estas cargas. El modelo más simple de estructura de pavimentos asegura que cada carga individual produce un daño no recuperable en el pavimento. Este daño es acumulativo durante la vida del pavimento y cuando llega a un máximo, se considera que el pavimento ha llegado al final de su vida útil.

El efecto de incrementar las cargas por eje en los pavimentos no es lineal sino exponencial. Esto quiere decir que los daños en pavimentos causados por incremento en las cargas se incrementan a una tasa más acelerada que el incremento de las cargas.

Según los resultados de pruebas llevadas a cabo por la Asociación Americana de Oficiales de Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO por sus siglas en inglés), el método más común para medir el daño en pavimentos es convertir los volúmenes de tráfico (cargas de llantas de magnitudes y repeticiones diferentes) a un número equivalente de “cargas equivalentes” La carga equivalente más comúnmente utilizada en Estados Unidos es la de 80 kN o 18,000 libras carga equivalente de un eje sencillo (ESAL). Los ESALs son calculados con ecuaciones que dependen del tipo de pavimentos (flexibles o rígidos) y de la estructura del pavimento.

La ecuación para el cálculo de cargas equivalentes es complicada, por lo que como una regla generalizada para el cálculo del daño del pavimento causado por una carga en particular se utiliza la regla de la cuarta potencia.

Siguiendo esta regla una carga de un eje sencillo de 44.4 kN o 10,000 libras requeriría aplicarse más de 12 veces para causar el mismo daño en el pavimento que una carga de 80kN o 18,000 libras. Una carga de eje sencillo de 18,000 libras hace más de 3,000 veces más daño al pavimento que uno de 2,000 libras.

Los vehículos pesados como camiones y autobuses son responsables de la mayoría del daño al pavimento. Considerando que un vehículo de pasajeros pesa entre 2,000 y 7,000 libras, aun cuando esté cargado sólo generaría 0.003 ESALs mientras que un camión tipo tractor-semitrailer genera 3 ESALs, dependiendo de la estructura y tipo del pavimento¹⁸.

Este análisis pretende evaluar el daño potencial en el pavimento debido al aumento en el Peso Bruto Vehicular (PBV). Para este análisis se utilizó el programa WESLEA Versión

¹⁸ Curso de diseño de pavimentos. Universidad de Washington
http://training.ce.washington.edu/ptc/Modules/04_design_parameters/04-1_body.htm

3.0 (Timm, Newcomb, and Birgisson, 1999). WESLEA (Waterways Experimental Station Layered Elastic Analysis) es un programa del Cuerpo de Ingenieros de los EEUU que ha sido adaptado para ser usado en ambiente Windows. WESLEA calcula la respuesta del pavimento para distintos tipos de configuraciones de tráfico y evalúa los daños con respecto al fisuramiento por fatiga y ahuellamiento mediante el uso de la regla de Miner (1945) que está determinada por la siguiente ecuación.

$$D_r = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i} \quad (1)$$

Donde:

D_r es el daño acumulado durante la vida útil de diseño de todos los grupos de carga,

n_i es el número de ciclos de carga pronosticado para el grupo de carga i

N_i es el número de ciclos de carga para alcanzar el fallo del grupo de carga i .

Respecto a la carga del tráfico, las cargas de las ruedas aplicadas al pavimento son expresadas en términos de una configuración particular de ruedas. Debido a la simetría de casi todos los ejes, solamente la mitad de los ejes deben ser modelados. La configuración considerada (T3-S2-R4) tiene un eje simple (medio eje doble) y cuatro ejes tandem. Por esto es que el eje tandem fue utilizado en este análisis para modelar el tráfico. El peso del eje tandem fue calculado de la siguiente manera:

- PBV 75.5 ton : 75.5 ton / 4.25 ejes tandem = 17.76 ton -----Tipo A
- PBV 81.5 ton : 81.5 ton / 4.25 ejes tandem = 19.18 ton -----Tipo B

La Figura 6-8 ilustra la configuración del eje tandem considerado en este análisis. Se asumió una distancia típica entre llantas. Para el calculo de la presión de las llantas, se asumió un valor de 10.16 cm. (4 pulgadas) para el radio del mismo. Debido a que el eje tandem está compuesto de 4 llantas, la presión fue calculada a 6.85 kg/cm² (97.4 psi) ⁽¹⁹⁾ para el Tipo A y 7.39 kg/cm² (105.1 psi) para el camión tipo B respectivamente. Tal como lo muestra la Figura 6-9, las deformaciones críticas fueron calculadas en la fibra inferior de la capa de asfalto y capa superior de la sub-rasante (ubicaciones críticas) para predecir la vida del pavimento en términos de fisuramiento por fatiga y ahuellamiento. Por lo tanto existen 8 posiciones críticas a para evaluar el comportamiento del pavimento ⁽²⁰⁾.

¹⁹ Comentario: Este numero fue calculado de la siguiente manera: 17.76 ton /8 (Cantidad de neumáticos por cada eje tandem) = 2.222 ton por llanta. Presión de la llanta = 2222 kg / (10.16²)/pi = 6.85 kg/cm²

²⁰ Cuatro ubicaciones en la fibra inferior de la capa de material asfáltico y cuatro ubicaciones en la capa superior de la sub-rasante.

Figura 6-8 Configuración del eje tandem.

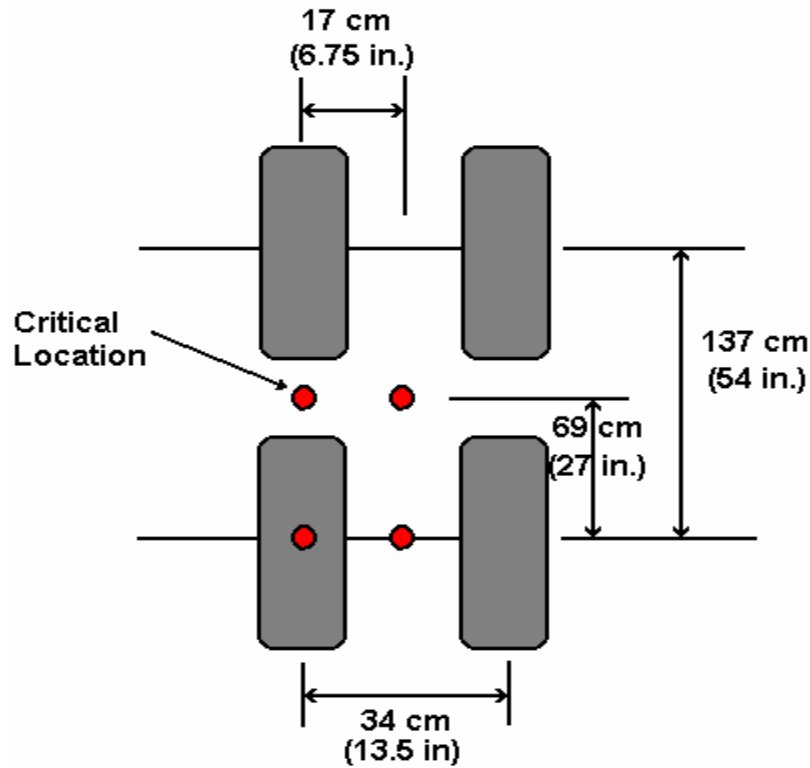
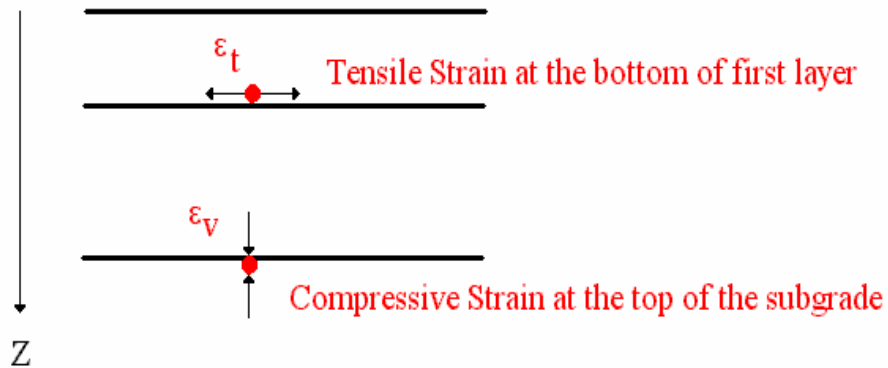


Figura 6-9 Deformaciones críticas para evaluar la vida del pavimento.



La cantidad admisible de ciclos de carga con respecto al fisuramiento por fatiga está determinada por (Asphalt Institute, 1982):

$$(N_f)^c = 7.9488 \times 10^{-2} \left(\frac{1}{\varepsilon_{ac}} \right)^{3.29} \left(\frac{1}{E_{ac}} \right)^{0.854} \quad (2)$$

Donde,

ε_{ac} = es la Deformación Unitaria pronosticada en la fibra inferior de la capa de asfalto y

E_{ac} = es el módulo del concreto asfáltico.

La cantidad admisible de ciclos de carga con respecto al ahuellamiento está determinada por (Asphalt Institute, 1982):

$$(N_f)^r = 1.365 \times 10^{-9} \left(\frac{1}{\varepsilon_z} \right)^{-4.477} \quad (3)$$

Donde,

ε_z = Deformación Unitaria vertical la fibra inferior de la capa sub-rasante,

$(N_f)^r$ = cantidad de ciclos de carga admisibles basadas en un limite para ahuellamiento de 12.5 mm.

La Tabla 6-22 muestra los valores de modulo y espesor de los pavimentos usados en este análisis. Se hace notar que se usaron varios espesores de concreto asfáltico para investigar el efecto del espesor de capa en el comportamiento del pavimento. Adicionalmente, se hace notar que dos análisis fueron hechos bajo las mismas condiciones de pavimento y aplicaciones de carga (20,000 por año) para así comparar directamente el daño del pavimento causado por la diferencia del PBV de 6 toneladas.

Tabla 6-22 Condiciones de Pavimento utilizadas.

Capa	Espesor (cm)	Mr (kg/cm ²)	Cociente de Poisson
Concreto asfáltico	7, 10, 13	20,000	0.35
Base	20	1,400	0.35
Sub-base	30	800	0.4
Sub-rasante	Infinito	600	0.4

Los resultados de este análisis son presentados en las Figuras 7-10 a 7-13. El daño acumulado D_r definido en la ecuación (1) fue comparado con el fisuramiento por fatiga y ahuellamiento en las Figuras 7-10 y 7-11. A medida que el D_r se acerca a uno, el daño a los pavimentos es más severo.

Conclusión

Un PBV de 81.5 toneladas ocasiona mayores daños que uno de 75.5 toneladas al producir mayores deformaciones criticas en los puntos críticos. También se encontró que el pavimento sufrió mayores daños por efecto del fisuramiento por fatiga que por ahuellamiento. Esto podría ser atribuido a espesores de capas relativamente fino o a módulos bajos.

Las figuras 5 y 6 comparan la vida del pavimento, que es el inverso del daño acumulado. Como ya fue comentado, el pavimento tiende a fallar antes por motivo de fisuramiento por fatiga que por ahuellamiento. Nuevamente, el camión tipo B (81.5 ton) disminuye la vida del pavimento en un factor de entre 1.26 a 1.39 en este análisis. Cabe mencionar que capas de pavimento más gruesas extienden la vida del pavimento al proveer una mejor distribución de cargas a través de las capas.

Figura 6-10 Comparación de daño acumulado en términos de fisura por fatiga.

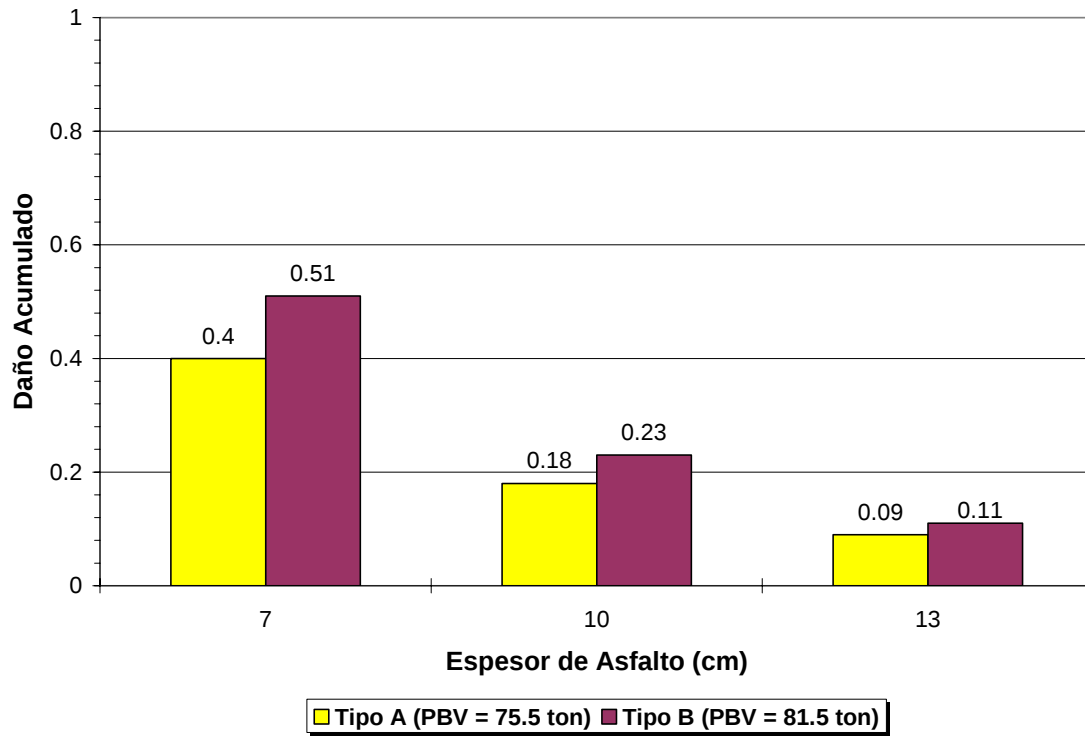


Figura 6-11 Comparación de daño acumulado en términos de ahuellamiento.

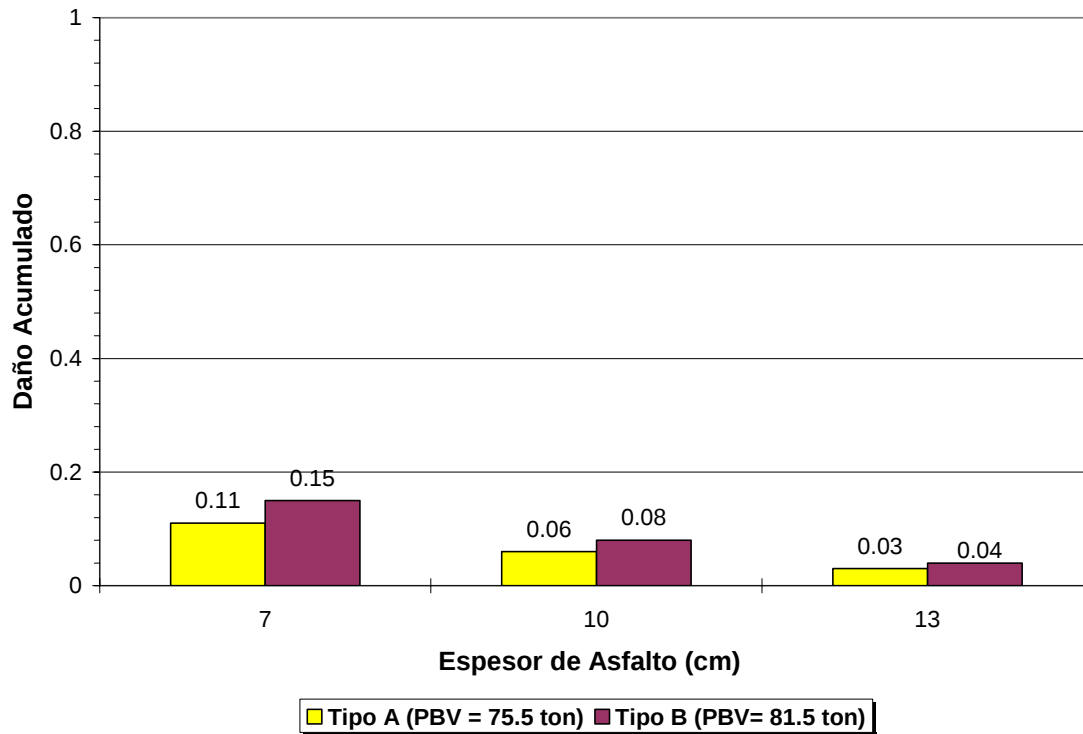


Figura 6-12 Comparación de la vida del pavimento en términos de fisura por fatiga.

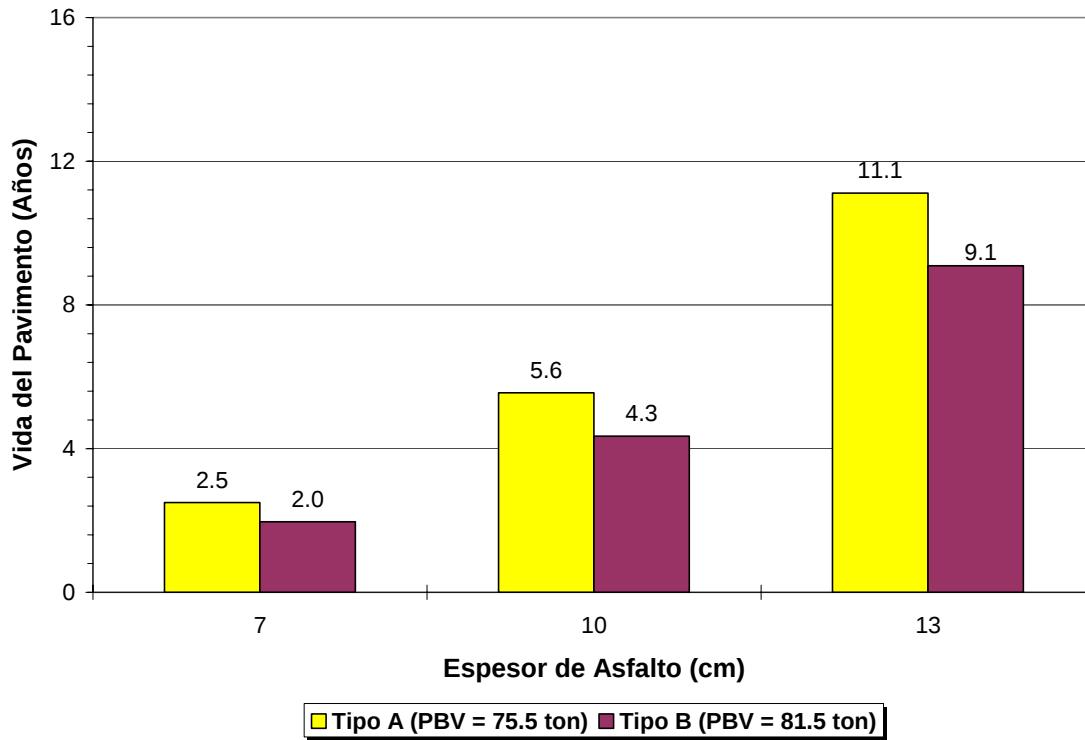
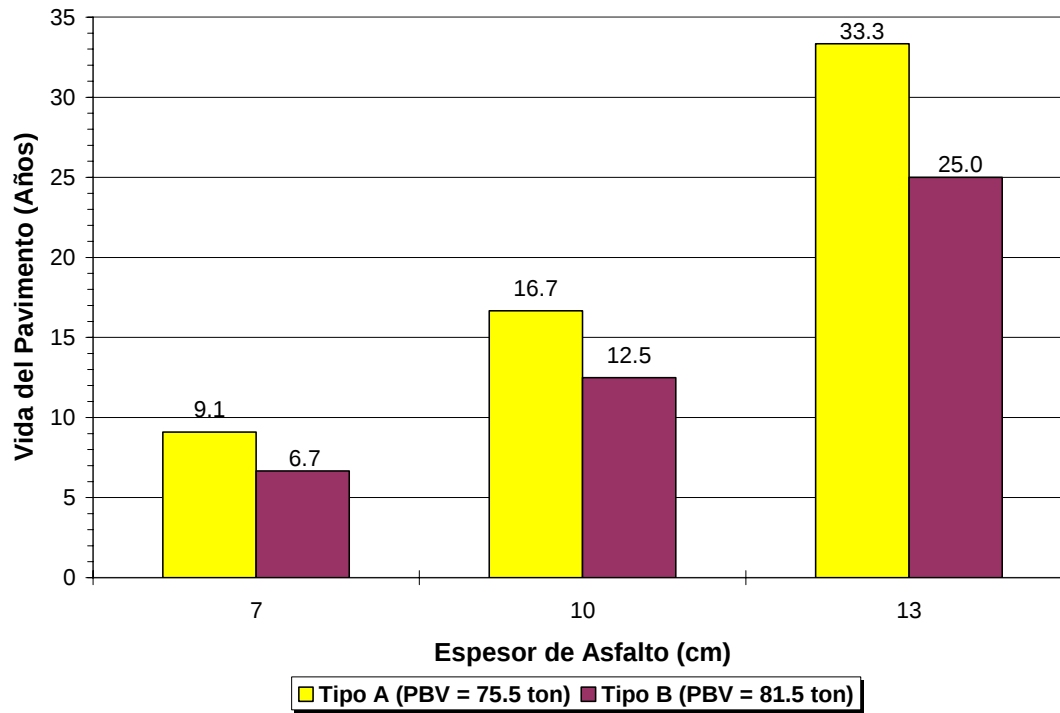


Figura 6-13 Comparación de la vida del pavimento en términos de ahuellamiento.



Referencias:

1. Timm, DH, DE Newcomb and B. Birgisson (1999) "Mechanistic-Empirical Flexible Pavement Thickness Design: The Minnesota Method," Staff Paper, MN/RC-P99-10, Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN.
2. Asphalt Institute (1982). "Research and Development of the Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS-1) Ninth Edition." Research Report No. 82-2, Asphalt Institute, Lexington, KY.
3. Miner, M.A. (1945). "Cumulative Damage in Fatigue." Transportation of the ASME, 67, A159-A164.

Anexo 3 Investigación de Información e Impactos no Cuantificables

Este documento presenta el resultado de la investigación de literatura relativa a impactos no cuantificables causados por vehículos de carga más pesados o largos.

Seguridad

Ya que no existen muchos vehículos de carga con grandes longitudes y pesos por arriba de los límites de las carreteras interestatales en Estados Unidos, existe poca información sobre los impactos en la seguridad vial de estos camiones. Se han llevado a cabo varios esfuerzos para aislar los datos sobre accidentes de los vehículos de combinación más largos (Longer Combination Vehicles - LCV por sus siglas en inglés), sin embargo al no existir mucha información en Estados se han utilizado datos de Canadá y Australia, donde la utilización de LCVs es más común. El problema de utilizar información de estos países es que los vehículos no operan bajo las mismas condiciones que en Estados Unidos, o en su defecto como en México ya que Canadá y Australia tienen densidades de tráfico, mecanismos de fiscalización y redes de carreteras muy diferentes.

En 2004 se publicó un estudio donde se analizó la seguridad de vehículos de combinaciones más largas. El estudio incluyó el análisis de 13 estados de la Unión Americana y fue solicitado por la Asociación de Gobernadores del Oeste²¹ y elaborado por el Departamento de Transporte de Estados Unidos. Este estudio utilizó información estadística de los años 1995 a 1999 y analizó dos tipos de tasas de accidentes: una basada en el número de accidentes y la otra basada en el número de camiones involucrados en el accidente. Esta segunda tasa es siempre mayor a la primera porque en algunos de los accidentes intervienen más de un camión. En los trece estados bajo análisis, ambas tasas de accidentes son mayores para los vehículos multi trailer que para las combinaciones sencillas (Tabla 6-23)

Tabla 6-23 Tasas de Accidentes Fatales entre 1995 y 1999 en los Estados Bajo Análisis.

Clasificación de Carretera	Número de accidentes fatales por cada 100 millones de vehiculo-milla recorrido		Número de camiones involucrados en accidentes fatales por cada 100 millones de vehiculo-milla recorrido	
	Trailer Sencillo	Multi Trailer	Trailer Sencillo	Multi Trailer
Interestatal Rural	1.35	1.78	1.50	1.83
Otro Rural	4.58	6.22	4.73	6.36
Interestatal Urbana	1.85	1.03	2.01	1.39
Otro urbano	2.81	2.12	2.84	2.13
Total	2.75	3.02	2.88	3.13

²¹ USDOT, *Western Uniformity Scenario Analysis, A Regional Truck Size and Weight Scenario Requested by the Western Governors' Association*, Washington D.C., April 2004.

Percepción Pública

El Estudio Completo de Pesos y Dimensiones de Camiones²² (Comprehensive Truck Size and Weight Study - CTSW) desarrollado por el Departamento de Transporte de Estados Unidos utilizó reuniones de grupo para determinar la percepción del público sobre los camiones que operan en la vialidad con vehículos de pasajeros. Los conductores de vehículos de pasajeros mencionaron consistentemente que los grandes vehículos comerciales están entre las tres o cuatro principales preocupaciones sobre seguridad vial. Muchos de los participantes en estas reuniones de grupo consideran que los operadores de camiones manejan a altas velocidades, grandes distancias y muchas horas, por lo que no son seguros. También muchos de los participantes indicaron que consideran que los camiones son demasiado grandes comparado con los vehículos de pasajeros que transitan en las mismas vialidades. Los participantes han visto o han experimentado interacciones peligrosas con camiones grandes en carreteras y han visto noticias donde se involucran camiones en accidentes que refuerzan sus preocupaciones sobre seguridad.

La discusión en Estados Unidos durante el estudio CTSW relacionadas al cambio en las dimensiones y el peso de los vehículos indican que el público prefiere o mantener el status quo o cambiar la ley para incluir mayores restricciones a los camiones. Los participantes en las reuniones se oponen a que se permitan camiones o trailers más largos por que se percibe que éstos son menos seguros, obstruyen más la visión y son más difíciles de maniobrar. Comentaron que la longitud de los camiones es un aspecto muy visible en la seguridad. Muchos de los participantes indicaron que tenían dudas sobre la seguridad de los camiones doblemente articulados comparados con los sencillos y otros participantes indicaron que estos vehículos doblemente articulados se deberían usar únicamente bajo condiciones limitadas y muy estrictas.

Como parte del estudio de CTSW, los conductores de vehículos de pasajeros comentaron que tenían dudas sobre los beneficios económicos resultantes de incrementar las dimensiones de los camiones y que más bien reducirían la seguridad. Adicionalmente veían poca evidencia de que las reglas actuales se estuvieran fiscalizando adecuadamente ya que pocas veces veían a los camiones ser inspeccionados o detenidos por exceder los límites de velocidad.

Estabilidad y Control del Vehículo

El desempeño del sistema de frenos juega un papel importante en aproximadamente una tercera parte de los accidentes de camiones²³. La forma de medición más clara para el sistema de frenos de un camión es la distancia requerida para detener totalmente un vehículo totalmente cargado. Además, los camiones requieren de frenar en una forma estable sin moverse de su carril o perder el control direccional debido a que las llantas se

²² U.S. Department of Transportation, Comprehensive Truck Size and weight Study, <http://www.fhwa.dot.gov/reports/tswstudy/TSWfinal.htm>

²³ Improved Brake Systems for Commercial Vehicles,” USDOT (HS 807 706), April 1991.

patinan o resbalan. Los frenos también tienen que ser capaces de disipar la gran cantidad de energía cinética que tiene un camión cuando desciende una pendiente.

La habilidad del camión para detenerse en distancias cortas depende principalmente del número de frenos en el vehículo, su ajuste y estado de mantenimiento, y las propiedades de las llantas. Si los frenos del vehículo son del tamaño adecuado (que cumplan con los requerimientos federales de los estados Unidos), son generalmente capaces de detener todas las ruedas del vehículo cuando está totalmente cargado. Sin embargo, cuando los frenos no están adecuadamente ajustados o con el mantenimiento debido, el vehículo va a requerir una distancia mayor para frenarse. Un desbalance en los frenos puede causar inestabilidad de frenado o problemas en bajadas con pendientes pronunciadas. Además al incrementar la carga a un vehículo sin incrementar el número de ejes y frenos degrada el desempeño en el frenado.

Además del desempeño en el frenado, existen otros factores de seguridad que están ligados al peso, como por ejemplo la estabilidad, la fuerza de impacto, la aceleración y la velocidad (especialmente en pendientes), conflictos entre camiones y vehículos de pasajeros (como por ejemplo el tiempo que requiere para cruzar una intersección), y las demandas del operador del camión, como por ejemplo la calidad del manejo. En el año 2000 se llevó a cabo una conferencia-taller en Irving California²⁴ donde se tocaron estos puntos y otros relacionados al aseguramiento de la carga, materiales peligrosos y dinámica de la carga.

En esta conferencia-taller también se analizaron opciones de diseño que, en algunos casos, su aplicación podría contrarrestar algunas de las preocupaciones relacionadas al incremento en el peso de los camiones. Éstas incluyen: bajar el centro de gravedad del vehículo para mejorar las propiedades de estabilidad y el control, mejoras en los sistemas de frenos, implementación de tecnologías de ITS como sistemas de alerta de proximidad o control de velocidad activo, el uso de ejes direccionales e incrementar el ancho del vehículo a 102 pulgadas.

Sobre estos temas, los expertos de TTI presentan los siguientes comentarios prácticos al respecto. El diseño de vehículos que reducen la altura del centro de gravedad vendría con un costo adicional substancial y llevaría varios años su implementación, si es que es práctico. Con relación al sistema de frenado, las principales mejoras a los vehículos en Estados Unidos son los requerimientos federales para sistemas anti-bloqueo (antilock) para camiones más grandes. No obstante los sistemas de ITS están disponibles en Estados Unidos y podrían estar en México, sin embargo el costo adicional y la baja penetración de estos sistemas en el mercado hacen muy difícil su implementación. El uso de trailers más anchos (102 pulgadas) sería una mejora, sin embargo estos seguramente ya están siendo utilizados en México ya que los trailers que se usan en Estados Unidos cruzan la frontera constantemente. En el mercado de Estados Unidos las unidades

²⁴ U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Workshop Proceedings, Federal Truck Size and Weight Policy: Looking Beyond the Comprehensive Truck Size and Weight Study, Washington D.C. May 2000.

motrices (tractores) se han mantenido con anchos de 96 pulgadas ya que muchas veces tienen que circular en carreteras con geometría restringida.

Los participantes de la conferencia-taller apoyan la idea del programa de permisos especiales para vehículos más largos en los Estados Unidos. El programa se percibe como un método para generar una percepción de seguridad y asegurarse de que los usuarios de este tipo de vehículos paguen por su uso. Los participantes del taller recomendaron que estos programas de permisos incorporen tecnologías de ITS. Sobre este punto TTI opina que no obstante estos programas han trabajado razonablemente bien en Estados Unidos y Canadá, no necesariamente experimentarían el mismo éxito en México.

Permisos Para Sobrecargas Divisibles

En estados Unidos 21 estados permiten la operación de camiones con cargas divisibles con sobre peso bajo permisos especiales del “abuelo”. Las leyes del “abuelo” consisten en permitir que sigan operando, sin permitir que se expanda su uso. Sin embargo la interpretación de cargas divisibles contra las no divisibles varía de estado a estado. La Administración Federal de Carreteras (FHWA por sus siglas en inglés) define cargas no divisibles como aquellas que “exceden longitud o peso y que al separarse en cargas más pequeñas o vehículos pueden 1) poner en riesgo el uso para el que se pretendía el vehículo.... 2) destruya el valor de la carga o el vehículo, o 3) requiere de más de ocho horas de trabajo desmantelarla usando el equipo adecuado²⁵.

Esta definición deja muchas ambigüedades para determinar cuales cargas son divisibles. Por ejemplo algunos estados consideran equipos que han sido soldados en el sitio como cargas no divisibles, mientras que otros consideran lo contrario. Además la prueba sobre el esfuerzo requerido par desmantelar un equipo recae en el solicitante del permiso, y existe una variación substancial sobre lo que cada estado considera para demostrar que el desmantelar una carga requiere más de ocho horas de trabajo. Ejemplos de cargas no divisibles son grúas, equipo pesado de construcción, casas prefabricadas, barcos y lanchas y partes de plantas de energía.

Los permisos de cargas divisibles aplican a todos los otros materiales y son usados generalmente para operaciones regulares en un PBV especificado, otorgándose en forma trimestral o anual. Estos permisos aplican para el sistema vial completo o para carreteras especificas y por lo general tienen restricciones relativas a la temporada del año o condiciones de clima extremo. Aproximadamente la mitad de los estados han aplicado para tener autoridad de ofrecer permisos de carga por arriba de las 80,000 libras en la red de carreteras interestatales.

²⁵ Fuente: parte 658 del Título 23 del Código de Regulaciones Federales

TTI no recomienda el uso de permisos de sobre carga divisibles por las siguientes razones:

- 1) Es difícil predecir el número de autotransportistas que van a solicitar permisos y por lo tanto es imposible evaluar el costo que estas sobrecargas tienen para el estado;
- 2) Vigilar y fiscalizar estas cargas es difícil ya que por lo general se utilizarán los mismos vehículos para mover cargas dentro del peso reglamentario que para las cargas con sobre peso;
- 3) Causarían un cuantioso daño a pavimentos de carreteras y puentes;
- 4) Presentarían un precedente para solicitudes adicionales de autotransportistas y posiblemente embarcadores; y
- 5) La definición de cargas divisibles y no divisibles es sumamente difícil de reglamentar

Camiones Extremadamente largos y pesados en Canadá y Australia

Se ha argumentado que se debe de incrementar el peso de los camiones en México ya que Australia y Canadá han permitido esas cargas. Es importante resaltar que la mayoría sino es que todos estos camiones más pesados o largos operan bajo un sistema reglamentario más restringido o en áreas de muy baja población. Para que los camiones mexicanos pudieran operen en Canadá tendría que cruzar el territorio de los Estados Unidos, por lo que esta justificación es nula. Además el uso de los grandes camiones en Canadá y Australia es únicamente en áreas remotas y se los conoce como trenes de la carretera.

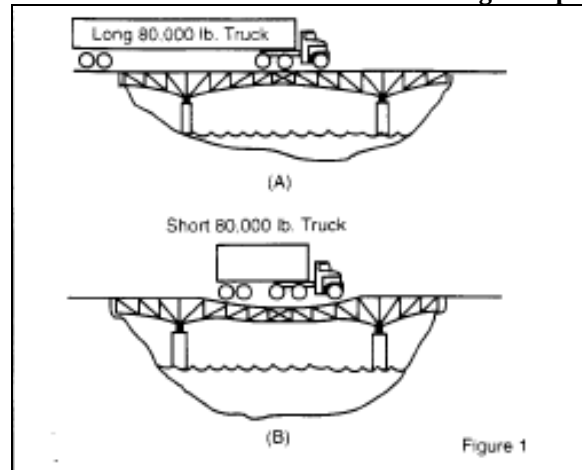
Los “trenes de la carretera” de Australia consisten de una combinación de trailers que son jalados por una unidad motriz. Son utilizados más en Australia que en Canadá para el transporte de mercancías a áreas remotas que únicamente son accesibles por largas carreteras con tramos extensos sin curvaturas. La razón por la que se usan este tipo de vehículos es por la falta de otros modos de transporte, como el ferrocarril, para servir la zona y que las carreteras son planas, sin curvaturas y sin ciudades o pueblos que se tengan que cruzar. Estas circunstancias se presentan en abundancia en Australia y Canadá, pero difícilmente en otros lugares, México en especial. Estos vehículos no tienen la suficiente maniobrabilidad para ser utilizados en forma segura cerca de centros de población o en carreteras con tráfico normal de vehículos de pasajeros por su extrema longitud, pobre aceleración y dificultad de frenado.

Anexo 4 Fórmula de Puentes en México

Los cambios en regulaciones que incrementan el peso vehicular afectan los costos del mantenimiento y rehabilitación de carreteras que tiene que llevar a cabo las dependencias gubernamentales. También los cambios en las regulaciones sobre el peso de camiones afectan los márgenes de seguridad en puentes. La introducción de vehículos más pesados incrementa el número de puentes que deben de ser reemplazados o rehabilitados para que los vehículos más pesados puedan circular seguramente por ellos. Esto también conlleva un costo para las dependencias encargadas de la rehabilitación y mantenimiento de puentes²⁶.

El impacto que causa el paso de un vehículo sobre un puente no sólo depende de su peso bruto sino que también depende del peso por eje y de la distancia entre los mismos. Esto puede ser claramente observado en la siguiente figura.

Figura 6-14 Efecto de la concentración de cargas en puentes



Fuente: Federal Highway Administration²⁷

Aunque ambas configuraciones tienen el mismo Peso Bruto Vehicular (PBV), el peso del vehículo más largo está distribuido en una mayor distancia, mientras que el peso del vehículo más corto tiene el peso concentrado en una distancia pequeña. Para determinar el PBV y el peso por eje máximos que pueden utilizarse sin causar daño a los puentes, es necesario utilizar lo que se denomina la “fórmula de puentes”.

La fórmula de puente utilizada en México en la actualidad con aplicación a los caminos tipo “ET”, “A” y “B” puede ser observada en la siguiente tabla.

²⁶ Transportation Research Board Special Report 225, Truck Weight Limits, Washington D.C., 1990

²⁷ *Bridge Formula Weights*. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation. Washington D.C. Enero 1994

Tabla 6-24 Fórmula de Puentes para los distintos tipos de caminos

Tipo de Camino	Fórmula de Puentes
ET, A y B	$PBV = 870 * \left[\left(\frac{DE * N}{N - 1} \right) + 3.66 * N + 11 \right]$

Fuente: SCT

Donde:

PBV es el Peso Bruto Vehicular en kilogramos

DE es la Distancia entre ejes en metros

N es el Número de Ejes

De esta fórmula se desprende que el PBV máximo autorizado aumenta con la cantidad de ejes y con la distancia entre ejes. La siguiente tabla muestra el PBV máximo para las combinaciones T3-S2, T3-S3 y T3-S2-R4 en los caminos tipo “ET”, “A” y “B” según lo establecido por la fórmula de puentes.

Tabla 6-25 PBV Máximo Autorizado de las configuraciones más comunes para cada tipo de camino

Tipo de Camino	PBV máximo (toneladas)		
	T3-S2(*)	T3-S3	T3-S2-R4.
ET	46.0	48.5	66.5
A	46.0	48.5	66.5
B	45.8	48.5	64.0

Fuente: SCT

(*) El límite establecido en la Norma es menor al indicado en este caso ya que para este caso, el factor limitante del PBV es el daño a pavimentos

Cabe recordar que actualmente la Norma otorga una tolerancia para configuraciones con suspensión neumática que aumenta los límites de los PBV. Esta tolerancia, es analizada en el Anexo 5 del reporte. En la tabla anterior, se puede observar que el limite en el PBV de la configuración T3-S2-R4 para caminos tipo “ET” y “A” es de 66.5 toneladas.

La aplicación de la fórmula de puentes es fundamental para poder garantizar la seguridad de los usuarios de las carreteras federales. El punto 5.1.1.2 de la normativa vigente así como en el proyecto de Norma indican que “las concentraciones máximas de carga que se autorizan para el tractocamión doblemente articulado, se rigen de acuerdo con la resistencia de puentes”. Esto implica que el PBV máximo autorizado para la configuración T3-S2-R4 debe ser 66.5 toneladas.

Fórmula de puentes en los Estados Unidos y su comparación con la de México

La fórmula de puentes utilizada en los Estados Unidos posee la misma naturaleza que la empleada en México, variando únicamente los coeficientes de las variables. Esta diferencia, se debe a dos razones:

- La fórmula de puentes de los estados Unidos utiliza distintas unidades de medida (libras y pies)
- Durante el diseño de la fórmula se evitó sobrecargar los puentes tipo HS-20 en más de un 5 % y los puentes tipo H-15 en más de un 30 %. Los puentes tipo HS-

20 y tipo H15 son aquellos que usan como carga viva de diseño, los camiones HS20-44 y H15-44 respectivamente. Las características de estos camiones pueden ser observadas en la Figura 6-15 .

Al limitar la sobrecarga en los puentes utilizando los valores expresados, se evitaba la necesidad de realizar cuantiosas inversiones en los puentes tipo HS-20 y aunque un la sobrecarga en puentes tipo H-15 disminuiría la vida útil de estos, los mismos serian remplazados en el transcurso de los años²⁸.

La fórmula de puentes empleada en los Estados Unidos es la siguiente²⁹:

$$PBV = 500 * \left[\left(\frac{DE * N}{N - 1} \right) + 12 * N + 36 \right]$$

Donde:

PBV es el peso bruto vehicular máximo en libras

DE es la distancia entre ejes en pies

N es el número de ejes

Si aplicamos esta fórmula de puentes para el caso del T3-S2-R4 utilizado en México en caminos tipo “ET” (*DE* = 28.89 m = 94.77 pies, *N* = 9), la misma nos da el siguiente resultado:

$$PBV = 500 * \left[\left(\frac{94.77 * 9}{9 - 1} \right) + 12 * 9 + 36 \right]$$

$$PBV = 125,308 \text{ _ libras _ o _ } 56.8 \text{ _ toneladas}$$

El valor resultante (56.8 toneladas) es un 15% menor al permitido en México para esta unidad (66.5 toneladas). Esto quiere decir que si en algún momento estas unidades son permitidas en los Estados Unidos, la fórmula de puentes de aquel país las limitaría a un PBV máximo de 56.8 toneladas.

Es importante destacar que en los Estados Unidos la fórmula de puentes aclara específicamente que determinadas configuraciones no pueden transitar en los puentes tipo H15-44. Estas configuraciones son los T3-S2 con distancia total entre ejes menores a 11.58 metros, los T2-S1-R2 (doblemente articulado) con distancia total entre ejes menores a 13.72 metros, los C3-R3 (camión con remolque) con distancia total entre ejes menores a 13.72 metros y las configuraciones con 7, 8 y 9 ejes³⁰. Esto es particularmente importante ya que en México se utilizó hasta 1972 el camión tipo HS15-44 como carga máxima para el diseño de puentes de carreteras comunes no troncales³¹. Esto significa

²⁸ Truck Weights and Limits. Issues and Options. Transportation Research Board. National Research Council. Washington D.C. 1990 Pagina 39.

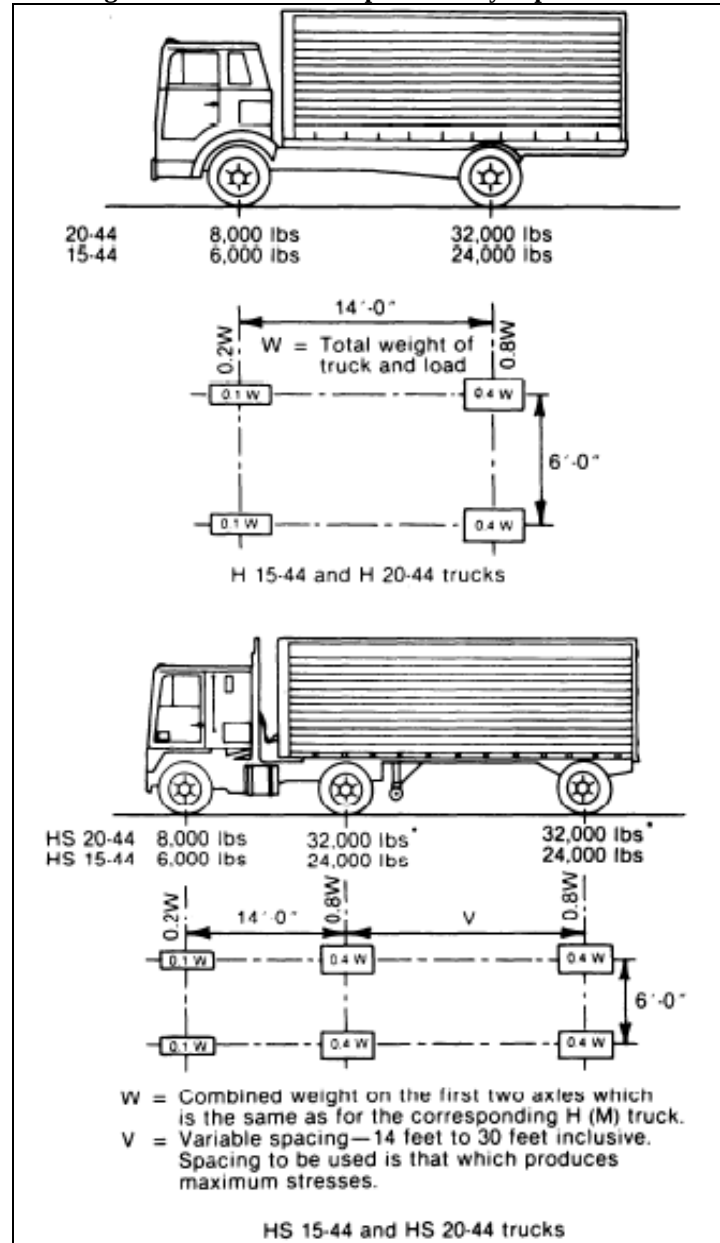
²⁹ *Bridge Formula Weights*. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation. Washington D.C. Enero 1994

³⁰ *Bridge Formula Weights*. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation. Washington D.C. Enero 1994

³¹ Fuente: SCT documento *Cargas de diseño de Puentes*

que las configuraciones recién enunciadas no deberían ser permitidas en los puentes tipo H15-44 que existen en la actualidad en red federal de carreteras. La siguiente figura muestra las características de los camiones tipo H15-44 y tipo HS20-44.

Figura 6-15 Camiones Tipo H15-44 y Tipo HS20-44



Fuente: <http://www.fs.fed.us/na/wit/pdf/timberbridgespub/WIT-02-0001.ch6.pdf>

Anexo 5 Comentarios sobre el sistema de suspensión neumática y su relación con el coeficiente de impacto

Se ha sugerido que la suspensión neumática puede reducir significativamente las cargas de puentes y por lo tanto los camiones con este tipo de suspensión estarían autorizados a transportar mayores cargas. Este es un error conceptual que probablemente tiene origen en prácticas antiguas no fundamentadas y en una errónea interpretación del proceso de diseño de puentes usado por los ingenieros proyectistas.

El procedimiento de diseño de puentes para cargas de camiones se compone de los siguientes pasos:

- Identificación de las cargas gravitacionales de cada componente del puente (llamada carga muerta o peso propio CM)
- Identificación del vehiculo de diseño (dado por las especificaciones de cada país) para el tipo y ubicación del puente.
- Identificación de la contribución del vehiculo de diseño en la carga de cada componente del puente, desde la cimentación hasta la superestructura (llamada carga viva CV)
- Identificación del coeficiente de impacto (CI), que representa una aproximación empírica de la carga dinámica. Las cargas dinámicas son estimadas por una carga estática equivalente ($CV \cdot CI$).
- Cálculo del efecto total sobre cada componente $CM + CV \cdot (1 + CI)$.
- Se verifica el cálculo mediante el método de tensiones admisibles o últimas dependiendo de la filosofía de diseño.

El coeficiente de impacto (CI) representa un estimado del efecto dinámico de las cargas (valuado como un porcentaje de las cargas vivas) y es necesario para simular el efecto de estas cargas dinámicas sobre la estructura.

Este coeficiente de impacto es usado en la reglamentación actual Mexicana de la siguiente manera³²:

- 75% para los elementos que integren una junta de dilatación en la calzada
- 40% cuando el elemento mecánico es producido por un solo eje (desglosado) del modelo IMT 66.5 o del modelo IMT 20.5.
- 30% cuando el elemento mecánico es producido por dos o tres ejes desglosados del modelo IMT 66.5 o IMT 20.5.
- 25% cuando el elemento mecánico es producido por más de tres ejes (desglosado del modelo IMT 66.5).

La mayoría de los componentes del puente son diseñados con coeficientes de impacto que varían entre 25 y 40%, con algunos elementos con valores menores. Esto es

³² Secretaria de Comunicaciones y Transporte. Publicación No N-PRY-CAR-6-01-003/01. Pagina 18.

compatible con la norma AASHTO con excepción de que ésta no considera impactos mayores al 30% y no hay ningún valor especial para la junta de dilatación. Cabe aclarar que las juntas de dilatación son severamente cargadas por las ruedas de los camiones y los sistemas de suspensión tienen un efecto muy significativo en el daño a pavimentos y las juntas de dilatación.

No debería concluirse que puede haber un sistema de suspensión perfecta que elimina toda la carga dinámica de los puentes, permitiendo un 25%-75% de aumento de peso

Es importante destacar que el principal propósito de los sistemas de suspensión es el de reducir golpes y vibraciones al vehículo y su carga, particularmente respecto a los golpes y vibraciones con frecuencia alta. Estas cargas de frecuencia alta pueden ser varias veces el valor de la carga estática, valores que son ampliamente mayores al 75% (usado en el peor caso). Los distintos sistemas de suspensiones pueden tener diferentes efectos y aquellos sistemas que son más benéficos para la carga y el vehículo, son probablemente favorables para el puente también (incluyendo el pavimento y las juntas de dilatación), pero solamente en términos de la reducción de cargas de frecuencia alta aplicadas al puente.

Un buen sistema de suspensión tiene un efecto favorable sobre el daño a pavimentos pero no así sobre el daño a puentes. Posiblemente sea apropiado el incentivar el uso de suspensión neumática a través de algún cambio en la regulación pero no es aconsejable incrementar el PBV autorizado basándose en el coeficiente de impacto de los puentes. Una medida más razonable sería la de penalizar, a través de una reducción en el PBV autorizado, a aquellas unidades que utilizan sistemas de suspensión que aumentan el daño a pavimentos.

Aunque es común que se crea que el coeficiente de impacto es el resultante de las vibraciones del sistema de suspensión que son causadas por las rugosidades del pavimento, no son los golpes y vibraciones de frecuencia alta (causantes de daños en los pavimentos) los que son modelados por el coeficiente de impacto usado por los calculistas. La calzada y superestructura del puente son elementos masivos y no son fácilmente estimulados por las vibraciones de frecuencia alta, sin importar si han sido efectivamente reducidas por la suspensión. En otras palabras, los golpes y vibraciones de frecuencia alta causadas por los vehículos, no son un factor significativo en el diseño de superestructuras de los puentes. El coeficiente de impacto representa también una forma que tiene el calculista de considerar las cargas dinámicas de frecuencia baja que ocurren cuando los vehículos en movimiento pasan sobre estructuras elásticas como lo son los puentes. Ni siquiera el sistema de suspensión más avanzado podría cambiar significativamente este efecto de la carga. Por ejemplo, un estudio realizado en 2004 por Sennah, et. al, muestra que los coeficientes de impacto recomendados para un tipo de puentes fueron obtenidos mediante el paso de fuerzas concentradas a través de la estructura sin considerar ningún sistema de suspensión, lo que representaría una suspensión “perfecta”. Los coeficientes de impacto estudiados en esa investigación, no están relacionados a la respuesta de la suspensión sino a la respuesta del puente. Es más, Kim y Novak (1997) usaron filtros de baja frecuencia para filtrar las frecuencias altas

causadas por los golpes y vibraciones en mediciones de impacto realizadas en puentes de vigas tipo I. Las conclusiones de este análisis indican que el coeficiente de impacto se reduce a medida que el peso del camión aumenta y que los coeficientes de impacto medidos son significativamente menores a los usados por los procedimientos AASHTO.

En 2003, Li, et. al estudiaron la interacción entre los sistemas de suspensión de vagones de ferrocarril con vibraciones del puente. Se observó que la magnitud de la masa no amortiguada tiene un efecto predecible sobre la frecuencia del sistema ferrocarril/puente. No se estudió la diferencia entre suspensión mecánica o neumática. Tampoco se estudió las diferencias en la amplitud de la reacción; sólo se estudió la frecuencia de la reacción resultante de los cambios en los parámetros considerados.

También en 2003, Nasif, et al, usaron una simulación tridimensional en computadora para medir la respuesta de puentes y concluyeron que la rugosidad del pavimento y presión del neumático/ respuesta de la suspensión son factores importantes en la carga dinámica de los puentes pero no discuten los efectos de los distintos tipos de suspensiones. En el estudio se indica que el coeficiente de impacto medido fue del 33%.

Referencias:

Khaled M. Sennah, M.ASCE; Xuesheng Zhang, and John B. Kennedy, F.ASCE. Impact Factors for Horizontally Curved Composite Box Girder Bridges **J. Bridge Engrg.**, Volume 9, Issue 6, pp. 512-520 (November/December 2004)

Sangjin Kim and Andrzej S. Nowak, Fellow, ASCE. Load Distribution and Impact Factors for I-Girder Bridges **J. Bridge Engrg.**, Volume 2, Issue 3, pp. 97-104 (August 1997)

Jianzhong Li, Mubiao Su, and Lichu Fan, Natural Frequency of Railway Girder Bridges under Vehicle Loads, **J. Bridge Engrg.**, Volume 8, Issue 4, pp. 199-203 (July/August 2003)

Hani H. Nassif, P.E., M.ASCE; Ming Liu, P.E.; and Oguz Ertekin, Model Validation for Bridge-Road-Vehicle Dynamic Interaction System, **J. Bridge Engrg.**, Volume 8, Issue 2, pp. 112-120 (March/April 2003)

Anexo 6 Análisis y comentario sobre los cambios realizados en las disposiciones de seguridad de los Tractocamiones articulados con semirremolques de longitudes mayores a los 14.63 m.

Introducción:

El objetivo de esta tarea es el determinar las diferencias, si existen, entre la Normativa existente y la propuesta que están siendo consideradas por la SCT.

Norma existente:

- El semirremolque deberá contar con un sistema de suspensión deslizable.
- Cuando la combinación vehicular, transite en tramos carreteros de menor especificación a las carreteras “A4”, el eje o ejes del semirremolque deberán ubicarse en la posición máxima delantera de la cremallera o más cercana al tractocamión.

Anteproyecto de Norma propuesto:

- La posición de los ejes traseros del semirremolque deberán tener la misma distancia con respecto a los ejes tractivos del tractocamión, que la distancia que tiene un tractocamión acoplado a un semirremolque de 14.63m

Análisis sobre la posición de los ejes:

Debido a que varios de los semirremolques de 53 pies usados en México forman parte de la flota de semirremolques de los Estados Unidos, el siguiente análisis usa un documento que guía el diseño de carreteras en los EEUU. Este documento es publicado por la American Association of State Highway and Transportation Officials’ (AASHTO’s) y se titula “*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* (2001)”. Las figuras 6 -16 y 6- 17 contenidas en este documento, muestran un semirremolque de 48 pies con una distancia entre el los ejes traseros del tractocamión y los ejes del semirremolque de 40.5 pies (12.34 metros) y una distancia de 43.5 pies (13.26 metros) para el semirremolque de 53 pies. Estos son vehículos típicos de diseño y representan valores que se aproximan a la realidad pero no pretenden cubrir todas las posibles opciones que existen en la realidad.

Sin contactar a los fabricantes de semirremolques o midiendo los mismos, no es posible determinar si los ejes de un semirremolque de 53 pies son capaces de moverse hasta ubicarse hasta los 12.34 m (40.5 pies) requeridos.

Conclusión sobre la posición de los ejes en semirremolques

El propósito de la propuesta es reducir la invasión del carril opuesto o contrario a bajas velocidades de los semirremolques de 53 pies para así igualar las condiciones del semirremolque de 48 pies. A menos que la propuesta exija que el centro de gravedad de la carga sea más alto que la Norma actual, no se espera que la estabilidad y demás aspectos de seguridad de los vehículos cargados cambien.

La propuesta es más específica que la Norma vigente y su fiscalización deberían de ser igual o tal vez más fácil que la de la Norma vigente. Hasta podría ser monitoreada automáticamente mediante el uso de clasificadores de vehículos y equipos de pesaje en movimiento ya que la distancia entre ejes es uno de los componentes de los resultados de estos equipos. Podría haber un impacto pequeño en el deterioro del pavimento debido a que el tandem trasero absorbería más carga cuando los ejes son movidos hacia delante. Incluso con una relación exponencial entre la carga y el daño al pavimento, el impacto sería mínimo y hasta imperceptible.

Por otro lado, la propuesta no especifica cual debe ser la distancia máxima permitida, ya que hace referencia a la distancia “que tiene un tractocamión acoplado a un semirremolque de 14.63 m,” y esta no queda especificada en la norma.

En base a lo anterior y considerando que la mayoría de los semirremolques de 16.15 metros (53 pies) provienen de Estados Unidos y no todos tienen suspensión deslizante y que estos únicamente están permitidos en caminos tipo “ET”, se recomienda la eliminación de esta cláusula.

Figura 6-16 Vehículo de Diseño AASHTO con semirremolque de 48 pies

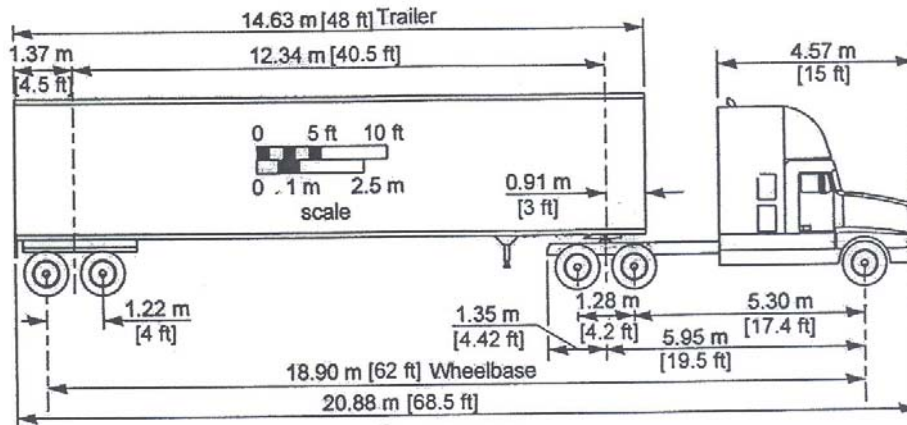
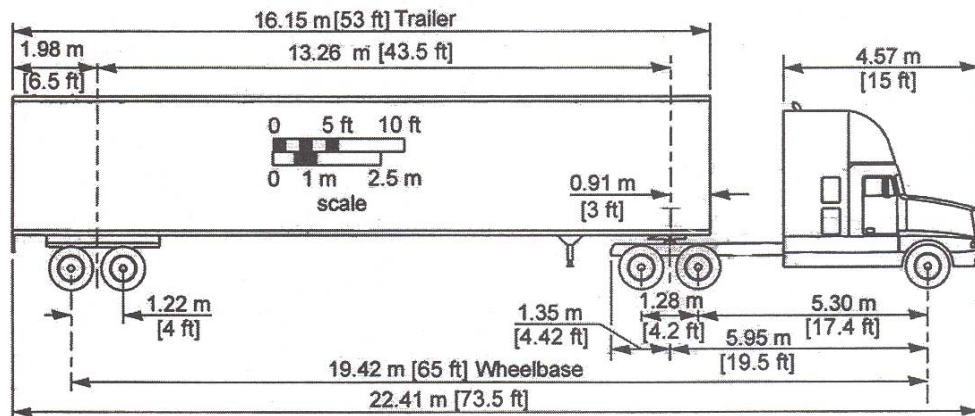


Figura 6-17 Vehículo de Diseño AASHTO con semirremolque de 53 pies



Anexo 7 Acciones Regulatorias Específicas y Diferencias entre la Norma vigente y el proyecto de Norma preparada por la SCT

Tabla 6-26 Acciones Regulatorias Específicas - MIR 6 de mayo2004

Descripción y Artículos Aplicables	Justificación
Se incluyen las definiciones: Convertidor.- Sistema de acoplamiento que se engancha a un semirremolque y que le agrega una articulación a los vehículos de tractocamión Semirremolque -remolque y camión - remolque. Circulación en convoy.- Cuando dos o más vehículos transitan uno detrás de otro sin guardar una distancia de separación entre ellos, que permita que cualquier otro vehículo rebase de uno en uno. Artículos aplicables: 3. DEFINICIONES	Es importante incluir estas definiciones para hacer más entendibles y aplicables las especificaciones que contiene el proyecto de Norma.
Se elimina el párrafo: "El peso bruto vehicular para el tractocamión doblemente articulado (T3-S2-R4), que traslada carga seca o fluida por caminos tipo "A" o "B", podrá incrementarse a 72,50 ton. por un período de 5 años si cuenta con un sistema auxiliar de frenos, independiente del sistema de balatas; ambas disposiciones se aplicarán a la entrada en vigor de la presente Norma y posteriormente al plazo de referencia, el peso deberá ajustarse a 66,50 ton." Artículos aplicables: Puntos: 5.1.2.1	En virtud de haber concluido el pasado 7 de enero de 20002, el período de 5 años que se establecía en el párrafo de la Norma publicada el 7 de enero de 1997.
Se establece que en la medición del ancho máximo no se deben incluir los espejos retrovisores. Artículos aplicables: Punto 5.2.1.1	Se precisa esta disposición, a fin de no confundir la aplicación de la especificación del ancho máximo, que no debe incluir a los espejos retrovisores.
La posición de los ejes traseros del semirremolque deberán tener la misma distancia con respecto a los ejes tractivos del tractocamión, que la distancia que tiene un tractocamión acoplado a un semirremolque de 14,63 m. Artículos aplicables: Punto 5.2.1.5 inciso a)	Esta disposición se incluye a fin de que la operación de unidades acopladas con semirremolques de más de 14.63 m, se efectúe de manera segura evitando que durante su tránsito en caminos con curvas cerradas invadan el carril contrario o adyacente, en mayor magnitud que en una posición de ejes diferente.

Se precisa que independientemente de que se permita un exceso de largo de 2,50 m en las plataformas (semirremolques) de 14,63 m la configuración tipo tractocamión semirremolque, debe cumplir con el largo máximo autorizado por tipo de vehículo y camino. Artículos aplicables: Punto 5.2.1.8.	Los tubos, varillas, láminas, postes y perfiles, se fabrican en medidas estándar que rebasan las dimensiones de las plataformas de los semirremolques donde se transportan, por lo tanto a las transportaciones se les permita un volado trasero, el cual con esta precisión evita que sea superior al de la dimensión máxima autorizada por tipo de vehículo y camino, a fin de no afectar la seguridad.
En este punto se hace la observación de que además de las luces que establece la Norma deben colocarse en la carga sobresaliente para circular en horario nocturno, las luces que señala el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales vigente Artículos aplicables: Punto 5.2.1.9 párrafo III	Las especificaciones de la Norma no deben rebasar ninguna disposición que se contemple en otros Reglamentos vigentes.
Se incorpora en la Norma el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad Artículos aplicables: Punto 10	Justificación: La Norma Oficial Mexicana Ratificada por el CCNN-TT y que actualmente está vigente no contienen PEC, no obstante que cuando se emitió de acuerdo con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización presenta: Métodos de Prueba, Observancia obligatoria y Vigilancia.
Se agregan los pesos y dimensiones máximos por tipo de vehículo y camino para las carreteras tipo Ejes de Transporte "ET" Artículos aplicables: Apéndice Normativo: Tablas "A", "B" y "C"	Con la incorporación del peso y dimensiones máximos que los vehículos deben cumplir cuando transitan por los caminos tipo ET, la Norma se complementa a lo dispuesto en el Reglamento de Peso y Dimensiones vigente.
No podrán circular configuraciones vehiculares diferentes a las indicadas" Artículos aplicables: Tablas 4.2.1 a 4.2.4	Considerando que existe una gran variedad de tipos de vehículos, las configuraciones de la Norma son gráficos descriptivos, por lo tanto consideramos que debe eliminarse dicha leyenda.

Tabla 6-27 Diferencias entre la Norma vigente y el proyecto de Norma preparada por la SCT -
Noviembre 2004

CONTENIDO DE LA NORMA VIGENTE	PRECISIONES DEL PROYECTO DE NORMA	COMENTARIO
3.- DEFINICIONES	3.- DEFINICIONES - Circulación en Convoy - Convertidor	Se incorporó la definición de Circulación en Convoy y Convertidor , que no contenía la Norma vigente para dar mayor claridad a la Norma.
5.1.1.3 ...la concentración de carga por eje no exceda lo establecido en la tabla "A" de cargas por eje, o bien la resistencia de puentes.	5.1.1.3 ...la concentración de carga por eje o configuración de ejes , no exceda lo establecido en la tabla "A" de cargas por eje.	Se agrega el término de configuración de ejes para dar mayor facilidad a la verificación.
5.1.2.2. ... Cualquier incremento mayor, estará sujeto al resultado que se obtenga de los estudios y análisis técnicos, que se realicen para poder determinar las ventajas y/o desventajas sobre el daño de pavimentos y puentes por el uso de suspensión neumática	5.1.2.2 Se elimina el párrafo	Este precepto fue incluido de manera experimental, habiéndose concluido que no es factible otorgar un incremento de peso superior al determinado en la Norma.
5.2.1.1 ..., será de 2.60 m.	5.2.1.1. ...será de 2,60 m, este ancho máximo no incluye los espejos retrovisores.	Se incorporó ese texto para evitar discrecionalidad en la interpretación de la Norma.
5.2.1.5 ... a) El semirremolque deberá contar con un sistema de suspensión deslizable. b) Cuando la combinación vehicular, transite en los tramos carreteros de menor especificación a las carreteras "A4"; el eje o ejes del semirremolque deberán ubicarse en la posición máxima delantera de la cremallera o más cercana al tractocamión.	5.2.1.5 ... Por el siguiente inciso único: a) La posición de los ejes traseros del semirremolque deberán tener la misma distancia con respecto a los ejes tractivos del tractocamión, que la distancia que tiene un tractocamión acoplado a un semirremolque de 14,63 m.	Se sustituyen los incisos a) y b), para dar una mayor claridad a la Norma. Todos los vehículos de 14.63 m. de longitud pueden cumplir con esta disposición.

CONTENIDO DE LA NORMA VIGENTE	PRECISIONES DEL PROYECTO DE NORMA	COMENTARIO
5.2.1.8 ... no exceda de 14.63 m.	5.2.1.8 ... no exceda de 14,63 m, ni se sobrepasen las dimensiones máximas permitidas por tipo de carretera para la combinación.	Para dar mayor claridad al precepto y evitar discrecionalidad.
5.2.1.9 ... III.- ... y visible desde 150 m	5.2.1.9 ... III.- ... y visible desde 150 m, además de las luces que requiere el Reglamento de Tránsito en los Carreteras Federales vigente	Se de mayor claridad a la Norma y se evita discrecionalidad.
	10.- PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LA NORMA	Se incorporó el PEC al Proyecto de Norma, con lo cual se cumple con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
14.- APÉNDICE NORMATIVO Considera únicamente caminos tipo “A”, “B”, “C” y “D”	13.- APÉNDICE NORMATIVO Incluye caminos tipo “ET”, autorizando en éstos una mayor dimensión en las combinaciones C-R, T-S y T-S-S. La combinación C-R, pasa de 28.50 m en un camino tipo “A” a 31 m en camino “ET”; la configuración T-S pasa de 20.80m en caminos “A” a 23 m en camino tipo “ET” y el T-S-S de 25 en caminos “A” a 31 en “ET”.	Se da mayor facilidad a los transportistas al permitirles circular con mayor longitud en los caminos donde es factible por sus características geométricas (alineamiento horizontal y vertical, acotamientos, grados de curvatura, ancho de carril, etc.)
TABLA 4C Se autoriza una longitud máxima de 23.50 m a las configuraciones T-S-R en caminos tipo “C”.	TABLA 4C No autoriza la circulación de configuraciones doblemente articuladas por caminos tipo “C”	Esta disposición se elimina porque las configuraciones de 23.50 m. ya no existen, creando confusión y mayores costos a la vigilancia, ya que algunos transportistas pretenden utilizarlos con configuraciones de mayores dimensiones, poniendo en riesgo la seguridad de los usuarios.

Anexo 8 Análisis y comentario del Dr. Ray James respecto al informe “Evaluación de la capacidad de carga de superestructuras de puentes tipo con base en el factor de valuación de puentes”

Comments on the July 2002 Report, “Evaluación de la capacidad de carga de superestructuras de puentes tipo con base en el factor de valuación de puentes.”

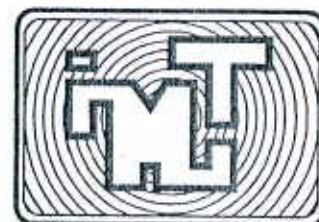
Ray James
13 June 2006

A brief review of the subject report was conducted, with the objective of assessing how this report might support an increase in truck weight regulations. Several concerns are noted below:

- 1) The study involves the simulation of loadings of two-lane bridges, mostly simply supported, by pairs of trucks. At least one truck in each pairs studied is a 3-axle “design” truck (HS-20 configuration, 32.7 t). There are no studies of combinations of two “real” vehicles. The point of combining a hypothetical design vehicle (like the HS-20 configuration) with an actual vehicle like the T3-S2 or the T3-S2-R4 is not obvious. It would seem logical to study the response of the structure to a pair of two real vehicles, in comparison to the response to design loadings.
 - a. It appears that the axles of the two trucks are approximately aligned with each other longitudinally, rather than placed in the longitudinal position to cause the absolute maximum moment in a simple span. For example, the critical axle (“nearest large load”) of the IMT 66.5 is the third axle, while the critical axle of the HS-20 is the second axle. In the Figura 3.4, presumably showing the critical positioning, the two trucks appear to be positioned so that their second axles align, while traveling in the same direction. If the study did not address trucks traveling different directions, and aligned the second axles, the calculated live load moment will be approximately 7% too low.
- 2) The load cases involving the T3-S2-R4 (or T3-S3) paired with an HS-20 may represent the design loadings for C/D highways designed in 1980-2001, however the subtitle indicates the report addresses highway types A/B, which use heavier design loadings (pairs of T3-S2-R4 or T3-S3). It is not clear why this load case is studied or what can be concluded from these load cases.
- 3) It is implied in Figura 3.4 of the report that the HS-20 configurations studied have a wheelbase of about 13-14 m. It is not clear to me why this longer wheelbase is used in this study, if the AASHTO design philosophy is the basis of the design procedure used for the bridges designed in Mexico. The AASHTO design vehicle for simply-supported spans is an HS-20 with a wheel base of 28 ft (8.53 m), and the vehicle used, while much heavier, is also a longer wheel base (13-14 m). The

- short-wheelbase HS-20 design truck will cause more critical moments than will the longer wheelbase vehicle apparently used in this study.
- 4) Only one continuous bridge is studied, and there is no indication that negative moment producing loadings are studied.
 - 5) The effects of fatigue are not addressed.
 - 6) Other factors equal, the most critical bridges for overloadings will be lightweight examples of steel I-beam and steel plate girder bridges, which are represented in the by only two examples, and the studies of these bridges indicate significant overstresses will result. It is expected that the other bridge types studied, because of the greater dead-load to live-load ratio characteristic of their designs, will be less critical. That is, these bridge types will experience smaller overstress ratios for the same truck overload as will the critical steel beam bridges.

These concerns together lead to the conclusion that this report does not justify increasing the legal truck weight limits on Mexican highways. While it may be possible to make a case for the increased loading, this study does not address the right questions, and the findings in this study, especially the reported overstresses on steel beam bridges, would suggest weight limits should not be increased.



ESTUDIO DE PESOS Y DIMENSIONES DE LOS VEHICULOS QUE CIRCULAN SOBRE LAS CARRETERAS NACIONALES

**ANALISIS ECONOMICO DE LOS EFECTOS DEL
PESO DE LOS VEHICULOS DE CARGA
AUTORIZADOS EN LA RED NACIONAL DE
CARRETERAS**

Instituto Mexicano del Transporte

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

**Publicación Técnica No.52
Querétaro, Qro. 1994**

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**Análisis Económico de los Efectos
del Peso de los Vehículos de Carga
Autorizados en la Red Nacional de
Carreteras**

**Publicación Técnica No.52
Querétaro, Qro. 1994**

Este trabajo fue elaborado por Alberto Mendoza Díaz y José Luis Gutiérrez Hernández. Los autores contaron con la colaboración de Oswaldo Reséndez Escalante, así como con los valiosos comentarios de Luis Domínguez Pommerencke, Oscar de Buen Richkarday y Alfonso Rico Rodríguez.

Indice

1. Introducción.	1
1.1. Etapas del "Estudio de Pesos y Dimensiones".	1
1.2. Objetivos Generales.	1
1.3. Alcances.	2
2. Antecedentes.	5
2.1. Reglamentación del peso.	5
2.2. Aspectos Más Relevantes de la Información Obtenida en las Estaciones de Pesos y Dimensiones.	7
2.2.1. Tipos de Vehículos de Carga Registrados en las Estaciones de Medición de Pesos y Dimensiones.	7
2.2.2. Edad de los Vehículos de Carga Registrados.	8
2.2.3. Pesos Brutos Vehiculares Registrados	8
2.2.4. Pesos Registrados por Eje.	9
3. Costo de Operación Vehicular (COV).	11
3.1. Vehículo Tipo "C2".	12
3.1.1. Datos de Entrada.	12
3.1.2. Análisis Realizados.	13
3.2. Conclusiones Relevantes para Todos los Tipos.	17
4. Costo de Deterioro de la Infraestructura (CDI).	25
4.1. Costo de Deterioro de Pavimentos.	25
4.1.1. Costo de Aplicación de un Eje Equivalente sobre un Kilómetro de Carretera por Concepto de Deterioro de Pavimentos.	26
4.1.2. Curvas de Costo de Deterioro de Pavimentos.	26
4.2.1. Costo de Aplicación de un Eje Equivalente sobre un Km de Carretera por Concepto de Deterioro de Puentes.	34
4.2.2. Curvas de Costo de Deterioro de Puentes.	34

4.3. Costo de Deterioro de Infraestructura.	35
4.4. Costo de Aplicación de un Eje Equivalente Sobre un Km de Carretera de la Red Básica Nacional.	37
5. Costo Total de Transporte de las Mercancías (CT).	39
5.1. Costo Total de Transporte de las Mercancías (CT).	39
5.2. Pesos que Minimizan los Costos Totales/Ton-Km y Pesos por Eje Correspondientes.	39
5.3. Sensibilidad de los Pesos Optimos a la Inclusión de Otros Tipos de Costos.	42
5.4. Aclaración.	44
6. Conclusiones y Recomendaciones.	45
6.1. Conclusiones.	45
6.1.1. Comparación del Costo de Operación Vehicular entre México y los Estados Unidos de América.	45
6.1.2. Conclusiones Adicionales.	46
6.2. Recomendaciones.	50
Referencias.	53
A N E X O A.	
RESULTADOS DEL MODELO DE COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA EL VEHICULO TIPO "C2	57
A N E X O B.	
ANALISIS DE COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE VEHICULOS	63
A N E X O C.	
DETERMINACION DEL COSTO DE APLICAR UN EJE EQUIVALENTE SOBRE UN KM DE CARRETERA POR CONCEPTO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS	83

A N E X O D.

ANALISIS DE COSTOS DE DETERIORO DE INFRESTRUCTURA PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE VEHICULOS	93
--	----

A N E X O E.

ANALISIS DE COSTOS TOTALES DE TRANSPORTE PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE VEHICULOS	103
---	-----

1. Introducción.

Con el fin de estudiar la situación del peso y las dimensiones del autotransporte de carga sobre las carreteras nacionales, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) decidió emprender el desarrollo del "Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan sobre las Carreteras Mexicanas". El presente informe es parte de los análisis comprendidos dentro de dicho estudio, iniciado en 1991, pero para el que se prevé una continuidad permanente.

1.1. Etapas del "Estudio de Pesos y Dimensiones"

De la manera como fue concebido el "Estudio de Pesos y Dimensiones" (Ref 1), éste se compone de tres etapas: (I) recopilar anualmente información referente a los pesos y dimensiones de los vehículos de carga que transitan por la red troncal nacional de carreteras (46,000 km, según la Ref 7), (II) analizar la información obtenida durante la etapa anterior, y (III) realizar una serie de análisis y presentar las conclusiones y recomendaciones más importantes derivadas de las etapas precedentes.

La recopilación de información durante 1991 fue realizada en 10 estaciones instaladas sobre carreteras troncales importantes de la República Mexicana. Esta parte del estudio fue llevada a cabo por la Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones (DGPSTyC) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). El procedimiento de recopilación de información sobre las estaciones se encuentra documentado en la Ref 2.

El desarrollo de las etapas 2 y 3 del estudio fue primordialmente encomendado al Instituto Mexicano del Transporte (IMT). Este informe es parte de los estudios comprendidos dentro de dichas etapas.

1.2. Objetivos Generales.

En las estaciones de medición de pesos y dimensiones instaladas por la DGPSTyC se identificó que, en general, los vehículos mexicanos de carga circulan con un cierto nivel de sobrepeso. En sí, esto refleja una tendencia de los autotransportistas a mover cargas mayores a las reglamentadas por tipo de vehículo.

Los pesos observados por encima de los reglamentados originaron el interés en desarrollar el presente tema, que se titula "Análisis Económico de los Efectos del Peso de los Vehículos de Carga Autorizados en la Red Nacional de Carreteras". El objetivo fundamental consiste en evaluar los impactos, principalmente económicos, producidos por distintos valores

máximos de pesos para cada uno de los 5 tipos de vehículos de carga más comunes registrados en las estaciones (C2, C3, T3-S2, T3-S3, T3-S2-R4). Las evaluaciones que se realizan están primordialmente enfocadas a definir los parámetros óptimos de peso que resulten en el menor costo global de transporte de las mercancías autotransportadas en el país.

Específicamente, para cada tipo de vehículo se realiza un análisis económico para definir el efecto de la variable "peso" en el costo global de transporte de las mercancías (por ton-km de carga movida). Primordialmente, éste se evalúa como la suma de los costos siguientes: (I) de operación, incurrido por el autotransportista, y (II) de deterioro de la infraestructura (pavimentos y puentes), incurrido por la colectividad (a través del Gobierno). Estos costos se calculan por separado y posteriormente se suman. Dado que el costo de operación/ton-km es decreciente con el peso bruto vehicular y los costos de deterioro de la infraestructura/ton-km son de naturaleza creciente, la suma de estos costos es una función estrictamente convexa que tiene un sólo mínimo. Para cada tipo de vehículo, el valor del "peso" que minimiza la suma de estos costos (por ton-km de carga movida) se asume que es el óptimo desde el punto de vista de la colectividad y se define en este trabajo como la "Perspectiva de la Colectividad". Por otra parte, para cada tipo de vehículo, el peso bruto vehicular máximo que minimiza el costo de operación correspondiente (por ton-km de carga movida) es el conveniente desde el punto de vista de los transportistas y se define como la "Perspectiva del Transportista".

1.3. Alcances.

A continuación se describen brevemente los capítulos de este trabajo.

En el Capítulo 2 se presentan algunos antecedentes importantes para el desarrollo de este estudio.

El desarrollo de los análisis se inicia a partir del Capítulo 3. En este capítulo se obtienen las curvas de costo de operación vehicular (COV) contra peso bruto vehicular (PBV), para los 5 tipos de vehículos de carga más comunes que se registraron en las distintas estaciones de medición de pesos y dimensiones instaladas durante 1991 (Refs 2 y 3). La obtención de estos costos de operación vehicular fue posible mediante el empleo del programa de computadora "Vehicle Operating Cost (VOC)" (Ref 4), disponible en el Instituto Mexicano Transporte (IMT). Este modelo fue desarrollado por el Banco Mundial y ya ha sido debidamente calibrado para las condiciones particulares de México (Ref 4). Como datos de entrada al programa se utilizaron: (I) condiciones promedio de las carreteras de la República Mexicana donde fueron instaladas las distintas estaciones de aforo, y (II) las características físicas, operativas y económicas de los distintos vehículos analizados.

En el capítulo 4 se describe el desarrollo de las curvas de costo de deterioro de la infraestructura (CDI/ton-km de carga movida) contra el peso bruto vehicular de cada tipo de vehículo (a distintos niveles de carga). Para poder obtener los costos de deterioro de la infraestructura (CDI) de cada tipo de vehículo, se hizo necesario estimar por separado: (I) las curvas de costo de deterioro de los pavimentos (CDP) contra peso bruto vehicular (PBV), y (II) las curvas de costo de deterioro de puentes (CDPu). Estas curvas fueron posteriormente sumadas. El cálculo de las curvas de costo de deterioro de pavimentos/ton-km de carga movida contra peso bruto vehicular fue realizado según los criterios de diseño de pavimentos del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (Refs 5 y 6). Adicionalmente, en la aplicación de este modelo se emplearon datos de entrada generados por algunas empresas de consultoría (Refs 7 y 8). El cálculo de los costos de deterioro de puentes (CDPu) fue realizado según un procedimiento análogo al de los pavimentos.

En el capítulo 5 se presentan las curvas de costo total de transporte de las mercancías (CT/ton-km de carga movida), las cuales resultan de la suma de los costos de operación vehicular y los costos de deterioro de la infraestructura obtenidos en los capítulos precedentes.

Finalmente, en el Capítulo 6 se señalan algunas conclusiones y recomendaciones derivadas de los análisis realizados.

2. Antecedentes.

Desde que se inició la operación de caminos en México, una de las mayores preocupaciones de los organismos federales encargados de regular el funcionamiento de las carreteras ha sido la de conocer las condiciones bajo las cuales ha venido operando la infraestructura carretera, para de esta manera intentar armonizar, dentro de lo económicamente posible, los criterios de diseño de los caminos con los requerimientos que impone el tráfico vehicular.

A continuación se describen algunos antecedentes importantes sobre el desarrollo de la reglamentación del peso bruto vehicular en México y la realidad actual de esta variable, según se detectó en las estaciones de encuesta instaladas por la Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones (DGPSTyC).

2.1. Reglamentación del peso.

En 1962 surgió el "Reglamento e Instructivo sobre el Peso y Dimensiones de Vehículos" (Ref 9), como una forma de regular la operación en carreteras. La Tabla 2.1 presenta los pesos máximos por eje autorizados en este reglamento. A su vez, en la Tabla 2.2 se muestran los pesos máximos autorizados por eje según el reglamento de 1978 (Ref 10).

Entre las dos versiones anteriores, el reglamento evolucionó principalmente en los siguientes aspectos (en relación con los pesos):

- a. Se han permitido mayores cargas por eje: (I) de 5 ton para el eje sencillo de 2 llantas en 1962 a 5.5 ton actualmente; (II) de 9 a 10 ton para el eje sencillo con 4 llantas; (III) de 14.5 a 18 ton para el tandem de dos ejes sencillos de 4 llantas cada uno; y (IV) se reglamentó el uso del eje triple (tres ejes sencillos con 4 llantas cada uno) con una carga máxima de 22.5 ton.
- b. Se permitió la circulación de las combinaciones mayores del tractor-semirremolque-remolque (T3-SX-RY).
- c. El peso bruto vehicular (PBV) máximo permitido aumentó de 34 a 77.5 ton.

De 1978 a la fecha, el reglamento ha seguido evolucionando principalmente en lo referente a las dimensiones máximas permitidas.

Tabla 2.1. **PESOS MAXIMOS AUTORIZADOS POR EJE (1962).**

TIPO DE EJE	CARGAS POR EJE (kg)	
	TIPO DE CAMINO	
	A	B
Simple de 2 llantas	5,000	5,000
Simple de 4 llantas	9,000	8,650
Tandem de 8 llantas	14,500	13,600

Tabla 2.2. **PESOS MAXIMOS AUTORIZADOS POR EJE (1978).**

TIPO DE EJE	CARGAS POR EJE (kg)		
	TIPO DE CAMINO		
	A	B	C
Simple de 2 llantas	5,500	5,000	4,000
Simple de 4 llantas	10,000	9,000	8,000
Doble de 8 llantas	18,000	15,000	14,000
Triple de 12 llantas	21,000	N.P	N.P

Notas:

N.P. No Permitido

2.2. Aspectos Más Relevantes de la Información Obtenida en las Estaciones de Pesos y Dimensiones.

Los datos recabados en las estaciones de medición de pesos y dimensiones instaladas por la Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones (DGPSTyC) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), constituyen el punto de partida para evaluar el impacto económico de la operación del transporte de carga a los niveles de peso registrados. A continuación se mencionan los aspectos más importantes del análisis de la información recabada en las estaciones de medición.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) ha recopilado información de pesos y dimensiones de los vehículos de carga en un conjunto de estaciones sobre las carreteras troncales principales de la República (libres y de cuota). A continuación se resumen los aspectos más relevantes en lo que se refiere a: (I) el tipo de vehículos registrados, (II) edades de los vehículos, (III) pesos brutos vehiculares registrados, y (IV) pesos por eje observados.

2.2.1. Tipos de Vehículos de Carga Registrados en las Estaciones de Medición de Pesos y Dimensiones.

En relación con este aspecto, cabe mencionar lo siguiente:

- a. Los vehículos tipo C2, C3, T3-S2, T3-S3 y otras combinaciones mayores del tractor T3 (particularmente la combinación T3-S2-R4), constituyen prácticamente el total de los vehículos de carga que circularon por las estaciones (resultaron ser los más comunes). Estos vehículos se observaron en las siguientes proporciones (globalmente para todas las estaciones): (I) 35% para el C2, (II) 22% para el C3, (III) 24% para el T3-S2, (IV) 15% para el T3-S3, (V) 2% para el T3-S2-R4, y (vi) 2% entre todos los demás tipos. Para estos tipos, el reglamento señala los siguientes pesos máximos permitidos: (I) 15.5 ton para el C2, (II) 23.5 ton para el C3, (III) 41.5 ton para el T3-S2, (IV) 46 ton para el T3-S3, y (V) 77.5 ton para el T3-S2-R4.
- b. Entre los tipos más comunes, el T3-S2, T3-S3 y T3-S2-R4 presentaron los mayores porcentajes de vehículos cargados (84%), seguidos por el C3 (78%) y el C2 (69%). Es decir, la proporción de cargados fue mayor para los tipos de mayor envergadura.
- c. A nivel global, 77% de los vehículos de carga que transitaron por las estaciones de medición lo hicieron con carga. El restante 23% transitó vacío.

2.2.2. Edad de los Vehículos de Carga Registrados.

La edad promedio de toda la flota vehicular de carga encuestada en las estaciones se presentó de la forma siguiente:

- a. Alrededor del 33% de la flota vehicular resultó con una edad de 0 a 5 años. Esto significa que más de la tercera parte de los vehículos encuestados son recientes.
- b. El 21% de los vehículos presentaron una edad entre 5 y 10 años. Estos vehículos se encuentran actualmente en vías de obsolescencia (hablando en términos generales, ya que específicamente esto depende del cuidado y mantenimiento que reciban las unidades durante el transcurso de su vida).
- c. El resto de la flota vehicular (46%) cuenta con más de 10 años de vida y algunos hasta con 60 años. Estos vehículos se consideran obsoletos.
- d. Las combinaciones del T3 con semirremolque y remolque (T3-SX-RY) mostraron, en promedio, una edad menor que los demás tipos de vehículos (seguidos por el T3-S3, C2, T3-S2 y C3).

2.2.3. Pesos Brutos Vehiculares Registrados (PBVs).

Los pesos brutos para los vehículos encuestados mostraron las siguientes tendencias:

- a. Para los tipos más comunes, tanto el peso medio como la dispersión de los pesos alrededor de la media (variancia), mostraron un incremento en la dirección de los tipos de mayor tamaño; o sea, con un mayor número de ejes (de C2 hacia T3-SX-RY).
- b. Los tipos de vehículos que circularon con más peso (T3-S3 y T3-SX-RY) resultaron aquéllos cuyas flotas son las más recientes. Este aspecto va ligado con el hecho de que estos tipos son los que actualmente cuentan con los motores más potentes.
- c. Para los tipos más comunes, se registraron los siguientes porcentajes que excedieron los pesos brutos vehiculares máximos permisibles correspondientes: (I) 12% para el vehículo tipo C2, (II) 23% para el C3, (III) 29% para el T3-S2, (IV) 43% para el T3-S3 y (V) 2% para el T3-S2-R4. Globalmente, alrededor del 23% de los vehículos encuestados en las estaciones de medición excedió el peso bruto vehicular máximo permisible correspondiente. Considerando sólo los cargados, el porcentaje global de sobrecargados fue del 29% (25% mayor).

- d. Asimismo, para los tipos más comunes, se registraron los siguientes pesos brutos vehiculares máximos: (I) 24 ton para el C2, (II) 36 ton para el C3, (III) 60 ton para el T3-S2, (IV) 72 ton para el T3-S3, y (V) 84 ton para el T3-S2-R4. Estos pesos representan niveles de sobrepeso del orden del 50%, con excepción del T3-S2-R4 para el cual dicho exceso resultó mucho más reducido (menos del 10%).
- e. También para los tipos más comunes, se registraron los siguientes pesos brutos vehiculares promedio considerando sólo los excedidos: (I) 23 ton para el C2, (II) 28 ton para el C3, (III) 49 ton para el T3-S2, (IV) 59 ton para el T3-S3 y (V) 79 ton para el T3-S2-R4.

2.2.4. Pesos Registrados por Eje.

Los pesos registrados por eje mostraron las siguientes tendencias:

- a. El tipo de vehículo que tuvo mayor proporción de ejes sencillos simples excedidos respecto al máximo reglamentado (5.5 ton) fue el vehículo C3 (con un 3% de los ejes registrados).
- b. El 19% de los ejes sencillos duales de los vehículos tipo C2 excedieron el máximo permisible de 10 ton.
- c. Respecto al eje doble (tandem), el tipo de vehículo para el cual una mayor proporción de estos ejes violó el reglamento es el T3-S3 (26%), seguido del T3-S2 (24%), C3 (19%) y el T3-S2-R4 (4%).
- d. Alrededor del 28% de los ejes triples de los vehículos tipo T3-S3 excedieron el peso máximo permisible (22.5 ton).
- e. Globalmente, se confirma que los valores máximos permisibles se violan más frecuentemente a medida que los arreglos de ejes son más grandes. Por orden decreciente de porcentaje de ejes excedidos, los tipos de ejes pueden listarse de la siguiente forma: (I) triple (28%), (II) doble o tandem (20%), (III) sencillo dual (19%), y (IV) sencillo simple (1%).
- f. Finalmente, para cada tipo de arreglo, se registraron los siguientes pesos máximos: (I) 9 ton para el eje sencillo simple, (II) 17 ton para el eje sencillo dual, (III) 33 ton para el eje doble (tandem) y (IV) 44 ton para el eje triple. Estos pesos por eje representan niveles de sobrepeso superiores al 60%.

Los altos niveles de violaciones anteriormente observados tanto en los pesos brutos vehiculares como en los pesos por eje permitidos, son indicativos de que la reglamentación mexicana no es muy congruente con la realidad de los pesos brutos vehiculares comúnmente observados sobre las carreteras nacionales.

3. Costo de Operación Vehicular (COV).

En este capítulo se describe el desarrollo de las curvas de costo de operación vehicular/ton-km contra peso bruto vehicular (PBV), para los 5 tipos de vehículos de carga más comunes que circulan sobre la red troncal nacional de carreteras (C2, C3, T3-S2, T3-S3 y T3-S2-R4, según las Refs 2 y 3).

Las curvas obtenidas representan el costo incurrido por el transportista, por ton-km transportada, para distintos valores de carga movida (o peso bruto vehicular). Para cada tipo de vehículo, la preferencia de los transportistas será fijar los pesos brutos vehiculares máximos autorizados a los valores que minimicen el costo de operación vehicular/ton-km, aunque éstos no representen el menor costo de transporte de las mercancías para la sociedad en su conjunto. Por lo tanto, en este trabajo a esta perspectiva se le denomina como "Perspectiva del Transportista".

Como se indicó anteriormente, los costos de operación vehicular utilizados en este capítulo fueron calculados mediante el programa de computadora "Vehicle Operating Costs (VOC)" (Ref. 11). Los distintos modelos empleados por este programa (p. ej. consumo de combustible, deterioro de partes) fueron desarrollados por el "Banco Mundial", a través de estudios en países en desarrollo similares a México (Refs 12 a 14). Estos modelos ya han sido calibrados para las condiciones particulares de México (Ref 4). La Ref 11 presenta una descripción detallada de todas las variables utilizadas por el modelo, así como de los datos de entrada requeridos.

El costo de operación vehicular calculado por el modelo "Vehicle Operating Costs (VOC)" no es muy sensible al peso bruto vehicular (PBV) para valores muy elevados de este parámetro (Ref 4). En general, los costos de operación vehicular obtenidos mediante este modelo, para un vehículo dado, sólo parecen confiables hasta para un peso bruto vehicular correspondiente a un sobrepeso total del 70% en relación con el peso bruto vehicular máximo especificado por el fabricante. Este nivel de sobrepeso incluye prácticamente todos los valores de peso bruto vehicular registrados en las estaciones de medición de pesos y dimensiones para cada tipo de vehículo. Para porcentajes mayores de sobrepeso, el modelo subestima demasiado los requerimientos de refacciones de los vehículos, y por lo tanto, subestima el valor real del costo de operación vehicular.

En relación con los costos unitarios utilizados en la determinación del costo de operación vehicular, fueron realizados dos tipos de corridas del modelo: uno, considerando el pago de los impuestos (o derechos) que gravitan sobre la economía del transportista; y otro, para el cual estos conceptos no fueron considerados. El primer tipo de corrida permite incluir en la evaluación del costo de operación vehicular, todos los costos incurridos

por el transportista ("Perspectiva del Transportista"). El segundo tipo de corrida fue realizado con el fin de obtener el costo de operación vehicular que será sumado a los demás costos incurridos (de deterioro de la infraestructura) para la determinación del costo total/ton-km de transporte de las mercancías ("Perspectiva de la Colectividad"). Para este último, no se incluyeron impuestos ya que, desde una perspectiva colectiva o social, estos conceptos no son costos sino sólo transferencias de dinero que el país no gasta; es decir, que no forman parte del consumo. El costo total/ton-km de transporte de las mercancías puede ser utilizado para revisar la reglamentación nacional actual.

A continuación se describen, para el vehículo tipo "C2", los datos de entrada al modelo utilizados en la determinación de las curvas del costo de operación vehicular por ton-km para distintos valores del peso bruto vehicular (o la carga movida), así como algunos de los análisis elaborados. Para los demás tipos de vehículos, se realizaron supuestos y análisis similares. En el Anexo A de este informe se incluyen algunas de las corridas realizadas del modelo "Vehicle Operating Costs (VOC)".

3.1. Vehículo Tipo "C2".

3.1.1. Datos de Entrada.

Los aspectos más relevantes para este tipo de vehículo con relación a los tipos de datos de entrada más importantes utilizados por el modelo "Vehicle Operating Costs (VOC)", son:

- a. Características de la Carretera. Se utilizaron las propiedades promedio de los corredores de la red básica nacional sobre los cuales se realizaron las encuestas de pesos y dimensiones (Refs 2 y 16).
- b. Características del Vehículo. Se utilizaron las características de un camión DINA S-500 con motor PERKINS T6 3544 HT turbocargado de 150 hp de potencia máxima, con carrocería (de redilas) de 8 m de largo, peso propio de alrededor de 6 ton y capacidad máxima de alrededor de 14 ton (según el fabricante). Este vehículo fue seleccionado porque es típico dentro de los de este tipo que cuentan con una mayor capacidad de carga. El peso bruto vehicular observado durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones para este vehículo osciló entre las 6 y 24 ton (Refs 2 y 3). Este último valor representa un sobrepeso del 55% en relación con el peso bruto vehicular máximo autorizado correspondiente (15.5 ton) y de más del 70% en relación con la capacidad máxima especificada por el fabricante (Ref 10).

- c. Utilización del Vehículo. Para la determinación de estos datos, se utilizaron las recomendaciones en las Refs 3 y 17.
- d. Costos Unitarios. En el modelo fueron ingresados, para los casos en que se excluyeron e incluyeron impuestos, costos unitarios vehiculares correspondientes a 1991, incluyendo el precio del vehículo nuevo, el costo del combustible y los lubricantes, el costo de las llantas y el costo por el tiempo de los operarios. Las corridas en el Anexo A muestran los valores asumidos para algunos de estos datos.

3.1.2. Análisis Realizados.

Mediante el modelo "Vehicle Operating Costs (VOC)" fueron obtenidos los costos de operación vehicular/km para distintos valores del peso bruto del vehículo tipo C2. Específicamente, para obtener dichos pesos brutos vehiculares, se fue variando la carga transportada por el vehículo. La Tabla 3.1, a continuación, resume los costos de operación vehicular/km obtenidos para ambos casos (excluyendo e incluyendo los impuestos).

A partir de esta tabla, son evidentes los siguientes aspectos:

- a. Tanto para el caso en que se excluyen los impuestos como para el caso en que se incluyen, el costo de operación vehicular/km aumenta a medida que se incrementa la carga transportada. Sin embargo, para ambos casos, el costo de operación vehicular/ton-km disminuye consistentemente, hasta para valores excesivos de peso bruto vehicular (35 ton, o sea 150% de exceso en relación con el peso bruto vehicular máximo especificado por el fabricante o 126% en relación con el máximo reglamentado). Dado que el transportista mexicano generalmente cobra por ton-km, éste tenderá a incrementar su ganancia en la medida en que sobrecargue su vehículo (casi independientemente del vehículo C2 de que se trate). Obviamente, sus utilidades serán mayores en la medida en que opere vehículos que puedan transportar mayores niveles de carga y sobrecarga (de mayor capacidad).
- b. El efecto de incluir en los costos unitarios los conceptos correspondientes a alta vehicular, permiso, fianza, revalidación del vehículo (cada 2 años) e impuesto sobre la renta (ISR), resulta en un incremento de los costos de operación vehicular que oscila entre

Tabla 3.1. COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA EL VEHICULO TIPO "C2".

PBV (ton)	¹ CR (ton)	² COV SI/km (\$MX91)	COV SI/ ton-km	³ COV CI/km (\$MX91)	COV CI/ ton-km
(4) 6	0	998	-	1148	-
7	1	1014	1014	1164	1164
10	4	1069	267	1220	305
15	9	1184	132	1334	148
20	14	1316	94	1467	105
25	19	1463	77	1614	85
30	24	1627	68	1778	74
35	29	1828	63	1979	68
40	34	2309	68	2460	72
41	35	2938	84	3089	88

Notas:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo, en ton.
- (2) COV SI = Costo de Operación Vehicular sin incluir impuestos, en pesos mexicanos de 1991.
- (3) COV CI = Costo de Operación Vehicular incluyendo impuestos, en pesos mexicanos de 1991.
- (4) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de pesos brutos vehiculares (posibles) observados para C2 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3). Las cantidades que no se encuentran en negrillas corresponden a pesos brutos vehiculares no observados en campo y sólo sirven para ilustrar las tendencias de los costos de operación vehicular.

el 15 y el 10%, respectivamente, para valores del peso bruto vehicular (PBV) entre 5 y 24 ton (entre 0 y 19 ton de carga movida).

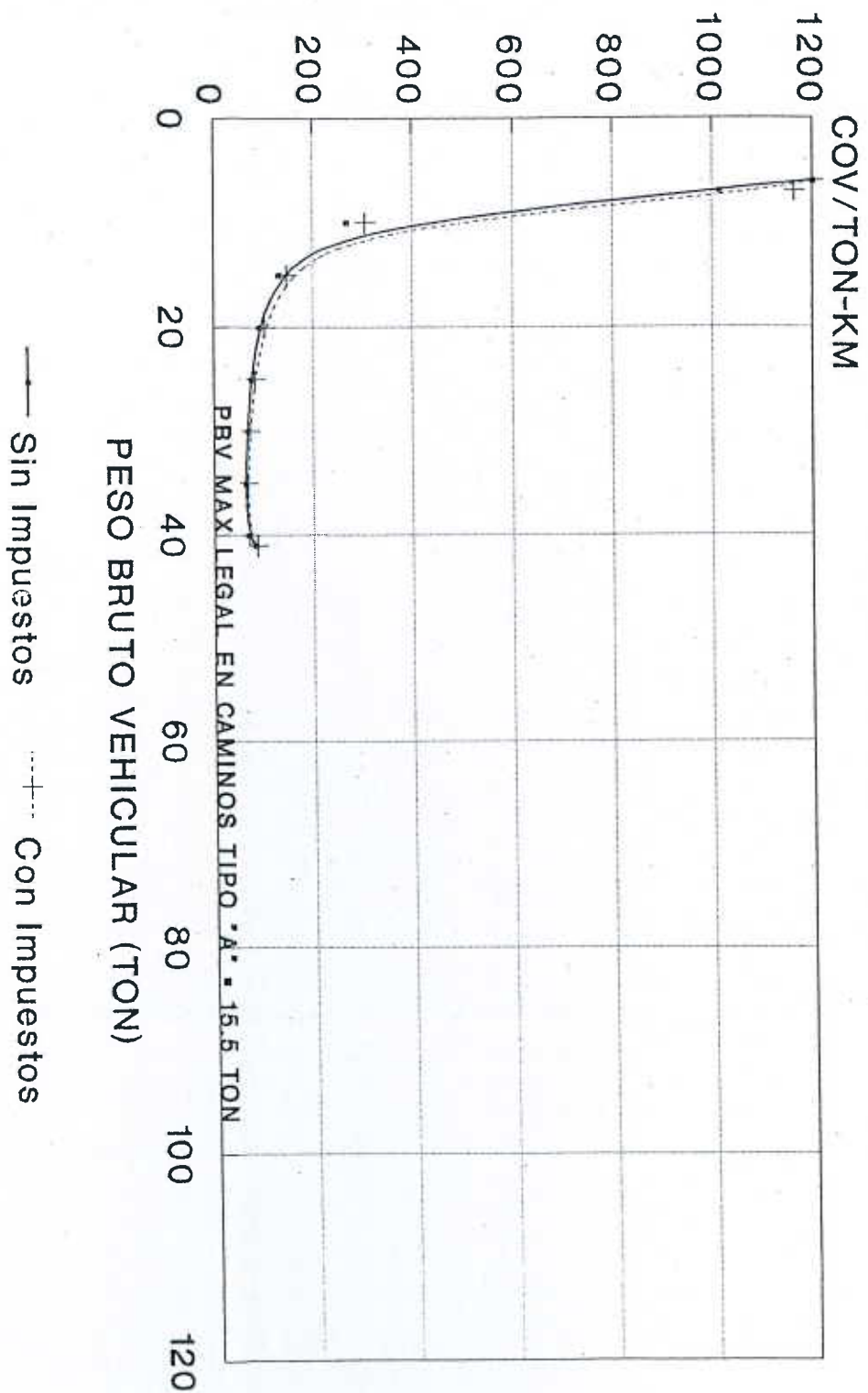
- c. La Fig 3.1 ilustra lo indicado en los dos incisos anteriores: (I) la tendencia decreciente de los costos de operación vehicular/ton-km (COV/ton-km) a mayores niveles de carga movida, y (II) el efecto en los costos de operación vehicular del pago de impuestos. En esta figura, sólo las curvas de costo de operación vehicular que incluyen impuestos representan estrictamente la "Perspectiva del Transportista", ya que éstos gravitan directamente sobre la economía del transportista, como cualquier otro costo.

Adicionalmente, de un sondeo entre los transportistas de Querétaro (Ref 18), se obtuvo que la tarifa que éstos cobran (a mediados de 1991) por ton-km transportada en C2 (a camión lleno), oscila entre \$235 (para distancias de entre 300 y 400 km) y \$130 (para distancias arriba de los 1000 km). Esta variabilidad obedece, primordialmente, a la oportunidad existente de hacer el "viaje de regreso" con carga. También pudo detectarse que existe una variabilidad en las tarifas cobradas entre las distintas empresas, lo cual obedece al esquema de libre competencia existente en este sector. Asimismo, las tarifas por ton-km cobradas por transportar la carga en C2, son prácticamente insensibles a los tonelajes que se desean mover.

Para la tarifa de \$130/ton-km, se obtuvo la gráfica en la Fig 3.2. Esta figura muestra la variación del costo de operación vehicular/ton-km (incluyendo impuestos), la tarifa/ton-km y la utilidad/km del transportista ((tarifa/ton-km - costo de operación vehicular/ton-km) x peso de la carga), para distintos valores de carga movida (o peso bruto vehicular). Una figura similar fue obtenida para la tarifa de \$235/ton-km, la cual se incluye en el Anexo B de este informe. A partir de estas figuras, resulta lo siguiente:

- a. Para la tarifa de \$130/ton-km (tarifa baja), los ingresos y los egresos de los transportistas se igualan (utilidad/km nula) para una carga de 10.5 ton; o sea, un peso bruto vehicular de 16.5 ton. Estos niveles de carga representan un sobrepeso del 18% en relación con el peso bruto vehicular máximo especificado por el fabricante y del 10% en relación con el máximo reglamentado. Para niveles de carga menores a los anteriores, los transportistas registran pérdidas. Como se dijo anteriormente, la utilidad máxima se obtiene para valores excesivos de peso bruto vehicular (35 ton, o ligeramente mayor).
- b. Para la tarifa de \$235/ton-km (tarifa alta), los ingresos y los egresos de los transportistas se igualan (utilidad/km nula) para una carga de 5.3 ton; sea, un peso bruto de 11.3 ton. Estos

COV/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "C2"



CARGA MOVIDA = PBV - (PESO PROPIO VEH = 6 ton)

Figura 3.1

niveles de carga se encuentran por debajo tanto del peso bruto vehicular máximo especificado por el fabricante como del máximo reglamentado. Similarmente que para la tarifa de \$130/ton-km, la utilidad máxima se obtiene para valores excesivos de peso bruto vehicular (35 ton, o ligeramente mayor).

- c. Para los pesos brutos vehiculares máximos especificados por el fabricante o el reglamento, la tarifa mínima para C2 que equilibra los ingresos y los egresos de los transportistas (utilidad/km nula) es de alrededor de \$149/ton-km.

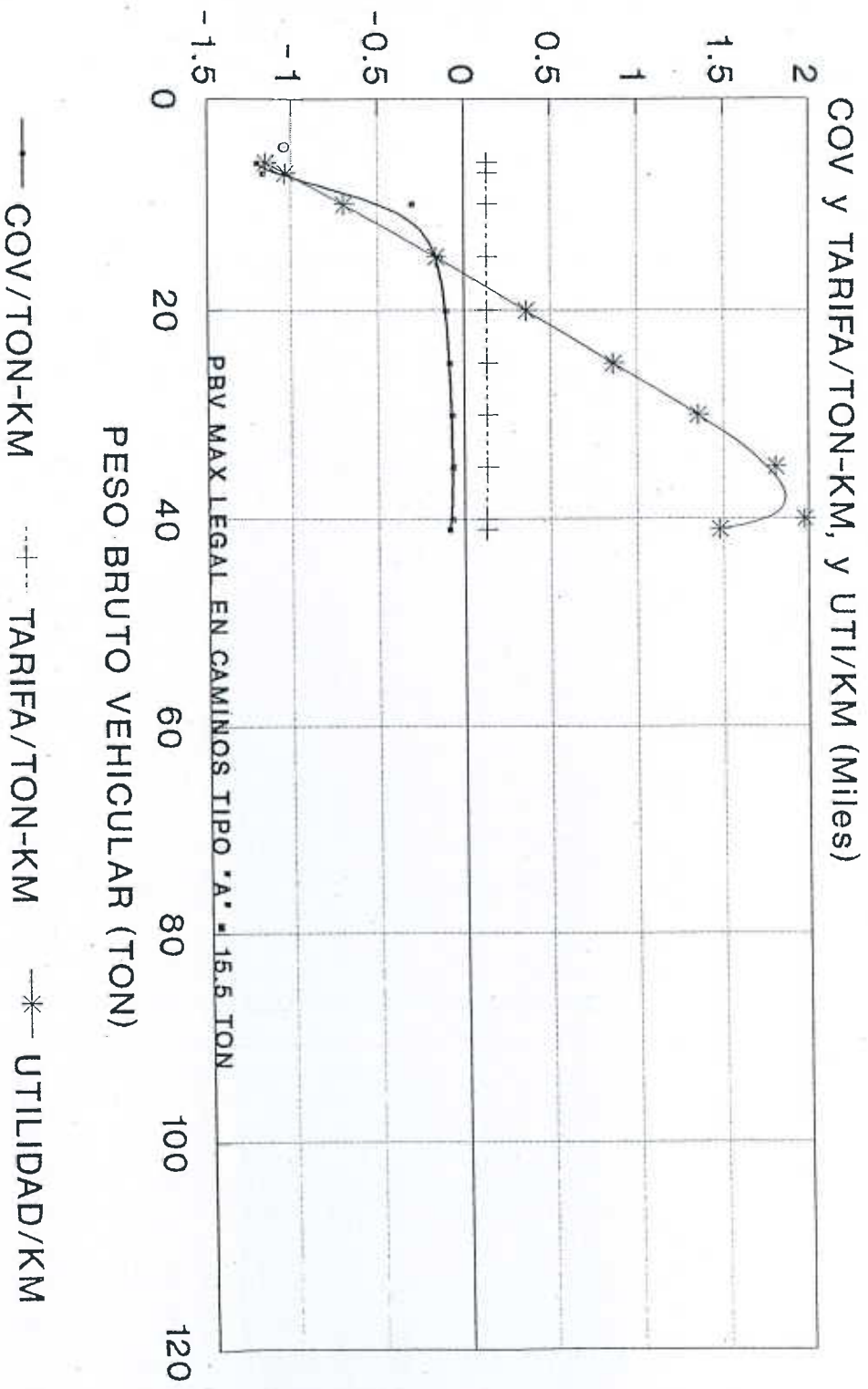
En resumen, los incisos anteriores parecen demostrar que, para la tarifa baja (recorridos largos, principalmente), los transportistas registran pérdidas si respetan los pesos brutos vehiculares máximos especificados por el fabricante o el reglamento. Para la tarifa alta, obtienen una utilidad un tanto marginal. Estos resultados son válidos para la mayoría de los autotransportistas nacionales, los cuales no conocen con suficiente precisión sus costos de operación. Obviamente, no son válidos para las pocas empresas que llevan un registro adecuado de sus costos, implantan estrategias para abatirlos y adoptan políticas tarifarias congruentes con sus costos y el nivel de competencia.

3.2. Conclusiones Relevantes para Todos los Tipos.

Para los demás tipos de vehículos (C3, T3-S2, T3-S3 y T3-S2-R4), fueron realizados análisis similares a los mostrados anteriormente para el "C2". En el Anexo B se presenta, para todos los tipos, un juego de tablas y figuras similares a las mostradas anteriormente para el "C2". Algunas conclusiones relevantes para todos los tipos de vehículos, surgidas de estos análisis, son:

- a. Las corridas del modelo "Vehicle Operating Costs (VOC)" indicaron que los conceptos que más contribuyen al costo de operación vehicular para los cinco tipos de vehículos, por orden decreciente de importancia, son: (I) el salario de los operarios; (II) las refacciones (el deterioro de las partes); (III) el consumo de combustible; (IV) el consumo de llantas; y (V) la depreciación del vehículo, o los indirectos más los impuestos (para el caso en que se incluye el pago de estos últimos).
- b. La gráfica en la Fig 3.3 muestra las curvas obtenidas de costo de operación vehicular/ton-km (sin incluir impuestos) contra peso bruto vehicular, para los cinco tipos de vehículos más comunes. Estas curvas son decrecientes hasta para los mayores valores de peso bruto vehicular observados (para cada tipo de vehículo). Las curvas se vuelven crecientes para valores excesivamente elevados de sobrepeso (más del 150%).

COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV VEHICULO TIPO "C2", TARIFA BAJA



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=6 ton)

Figura 3.2

COV/TON-KM vs PBV
(EXCLUYENDO IMPUESTOS)

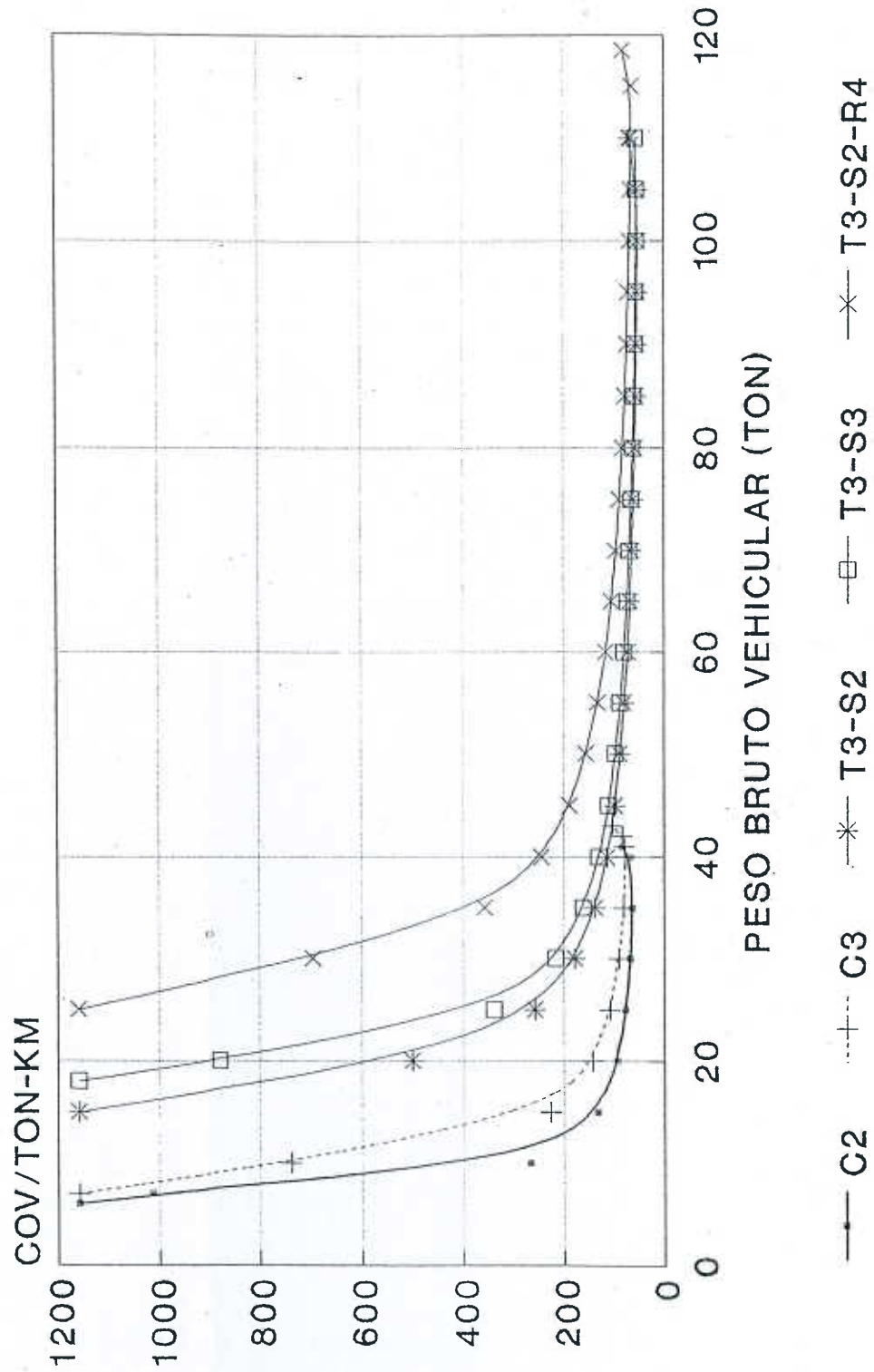


Figura 3.3

- c. De la gráfica en la Fig 3.3 puede apreciarse que, para bajos tonelajes de peso bruto vehicular (menos de 30 ton), el costo de operación vehicular/ton-km es menor para los vehículos de menor envergadura. Asimismo, el costo de operación vehicular/ton-km tiende a disminuir en la dirección de mayores tonelajes y a hacerse más pequeño para los vehículos más grandes. De esto, se infiere que la conveniencia de utilizar determinado tipo de vehículo, desde el punto de vista del costo de operación vehicular, depende del tonelaje de carga que se desee transportar: para tonelajes bajos, conviene utilizar vehículos de baja capacidad; para grandes tonelajes, conviene utilizar vehículos de gran envergadura.
- d. Para todos los tipos de vehículos anteriormente analizados, lo más conveniente aparentemente para el transportista consiste en sobrecargar su vehículo, incluso hasta niveles exagerados de sobrepeso. Este último aspecto es una práctica frecuentemente observada entre los transportistas.
- e. En general, para todos los tipos de vehículos y para la tarifa baja (recorridos largos principalmente), los transportistas prácticamente no obtienen utilidades si respetan los pesos brutos vehiculares máximos especificados por el fabricante o el reglamento. Para la tarifa alta, obtienen una utilidad un tanto marginal. Estos resultados son válidos para la mayoría de los autotransportistas nacionales, muchos de los cuales no conocen con suficiente precisión sus costos de operación y con frecuencia no los reflejan adecuadamente en sus tarifas.
- f. El sobrepeso contribuye mucho a que las tarifas cobradas por los transportistas sean menores, independientemente del tipo de vehículo que utilicen. Por esta razón, es de esperarse que la implantación de un sistema eficiente de detección y control del sobrepeso, o un decremento en las cargas máximas autorizadas por eje, traigan como consecuencia el incremento de las tarifas/ton-km.
- g. Las Tablas 3.2 a 3.4 presentan, para cada tipo de vehículo, el costo de operación vehicular/ton-km y las utilidades/km generadas para las tarifas alta y baja, para el peso bruto vehicular máximo autorizado, el peso promedio de los vehículos sobrecargados (Ref 2) y los mayores niveles de peso bruto vehicular (o carga movida) registrados (Ref 2), respectivamente. A partir de estas tablas, es evidente que la mayor rentabilidad para los autotransportistas al operar vehículos de mayor envergadura reside en obtener, con esto, menores costos de operación vehicular/ton-km; y en que, para kilometrajes similares recorridos, estos vehículos pueden mover mayores cantidades de carga. Así, el autotransportista obtiene un mayor nivel de ingresos/unidad con unidades de mayor envergadura y por lo tanto, una mayor utilidad/unidad. Cabe mencionar que el máximo tonelaje que puede transportar una unidad de gran envergadura (p. ej. T3-S2)

también puede ser movido mediante varias unidades de menor capacidad (p. ej. C2). Sin embargo, en este último caso, el transportista incurrirá en un costo de operación vehicular/ton-km ligeramente mayor, y además, enfrentará una mayor cantidad de problemas de tipo operativo (principalmente logísticos).

Tabla 3.2. **COSTO DE OPERACION VEHICULAR/TON-KM Y UTILIDAD/KM PARA EL PESO BRUTO MAXIMO AUTORIZADO PARA CADA TIPO DE VEHICULO.**

TIPO DE VEHICULO	PBV P_S (1) (ton)	CAR P_S (2) (ton)	COV SI/ ton-km (3)	COV CI/ ton-km (4)	UTILIDAD/km (7)	
					T_BA(5)	T_AL(6)
C2	15.5	9.5	\$128	\$144	\$ (8)	\$ 865
C3	23.5	15.5	119	129	(8)	1,333
T3-S2	41.5	26.5	110	120	0	2,385
T3-S3	46	29	108	119	29	2,639
T3-S2-R4	77.5	52.5	86	95	1,313	6,038

Notas:

- (1) PBV_P_S = Peso Bruto Vehicular promedio de los vehículos sobrecargados, en ton.
- (2) CAR_P_S = Carga promedio de los vehículos sobrecargados, en ton.
- (3) COV_SI/ton-km = Costo de Operación Vehicular/ton-km sin incluir impuestos, en pesos mexicanos de 1991.
- (4) COV_CI/ton-km = Costo de Operación Vehicular/ton-km incluyendo impuestos, en pesos mexicanos de 1991.
- (5) T_BA = Tarifa Baja, en pesos mexicanos de 1991.
- (6) T_AL = Tarifa Alta, en pesos mexicanos de 1991.
- (7) Corresponde a los costos de operación vehicular que incluyen impuestos.
- (8) Se obtienen pérdidas en vez de utilidades.

Tabla 3.3. COSTO DE OPERACION VEHICULAR/TON-KM Y UTILIDAD/KM PARA EL PESO PROMEDIO DE LOS VEHICULOS SOBRECARGADOS.

TIPO DE VEHICULO	PBV P S (1) (ton)	CAR P S (2) (ton)	COV SI/ ton-km (3)	COV CI/ ton-km (4)	UTILIDAD/km (7)	
					T_BA ⁽⁵⁾	T_AL ⁽⁶⁾
C2	23	17	\$84	\$ 93	\$ 629	\$2,414
C3	28	20	98	106	380	2,180
T3-S2	49	34	90	97	782	3,842
T3-S3	59	42	82	89	1,302	5,082
T3-S2-R4	79	54	84	92	1,512	6,372

Notas:

- (1) PBV_P_S = Peso Bruto Vehicular promedio de los vehículos sobrecargados, en ton.
- (2) CAR_P_S = Carga promedio de los vehículos sobrecargados, en ton.
- (3) COV_SI/ton-km = Costo de Operación Vehicular/ton-km sin incluir impuestos, en pesos mexicanos de 1991.
- (4) COV_CI/ton-km = Costo de Operación Vehicular/ton-km incluyendo impuestos, en pesos mexicanos de 1991.
- (5) T_BA = Tarifa Baja, en pesos mexicanos de 1991.
- (6) T_AL = Tarifa Alta, en pesos mexicanos de 1991.
- (7) Corresponde a los costos de operación vehicular que incluyen impuestos

Tabla 3.4 COSTO DE OPERACION VEHICULAR/TON-KM Y UTILIDAD/KM PARA LOS MAYORES NIVELES DE PESO BRUTO VEHICULAR (O CARGA MOVIDA) REGISTRADOS.

TIPO DE VEHICULO	PBV MAX (1) (ton)	CAR MAX (2) (ton)	COV SI/ ton-km (3)	COV CI/ ton-km (4)	UTILIDAD/km ⁽⁷⁾	
					T_BA ⁽⁵⁾	T_AL ⁽⁶⁾
C2	24	18	\$80	\$89	\$ 738	\$2,628
C3	36	28	80	86	1,092	3,612
T3-S2	60	45	73	79	1,845	5,895
T3-S3	72	55	67	73	2,585	7,535
T3-S2-R4	84	59	79	87	1,947	7,257

Notas:

- (1) PBV_MAX = Peso Bruto Vehicular máximo registrado, en ton.
- (2) CAR_MAX = Carga Máxima registrada, en ton.
- (3) COV_SI/ton-km = Costo de Operación Vehicular/ton-km sin incluir impuestos, en pesos mexicanos de 1991.
- (4) COV_CI/ton-km = Costo de Operación Vehicular/ton-km incluyendo impuestos, en pesos mexicanos de 1991.
- (5) T_BA = Tarifa Baja, en pesos mexicanos de 1991.
- (6) T_AL = Tarifa Alta, en pesos mexicanos de 1991.
- (7) Corresponde a los costos de operación vehicular que incluyen impuestos.



4. Costo de Deterioro de la Infraestructura (CDI).

En este capítulo se describe el desarrollo de las curvas de costo de deterioro de la infraestructura carretera (CDI) por ton-km de carga transportada contra el peso bruto vehicular (PBV), para los cinco tipos de vehículos de carga más comunes.

El costo de deterioro de infraestructura/ton-km calculado en este capítulo incluye tanto el deterioro de los pavimentos como el de los puentes. El deterioro de los primeros se evalúa utilizando los criterios para el diseño de pavimentos flexibles del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (Refs 5 y 6). El deterioro de los puentes se evalúa mediante criterios similares a los anteriores.

Los análisis en este capítulo consideran las características para los puentes y pavimentos que son típicas de la red básica nacional. En la Ref 7, esta última se define como la red de carreteras que: (I) conecta entre sí todas las capitales de los Estados; (II) conecta entre sí los principales centros económicos y éstos con los principales puertos y fronteras nacionales; (III) incluye los caminos concesionados hasta 1994; y (IV) incluye las carreteras por las que fluyen, o fluirán en el futuro, los volúmenes de tránsito más importantes del país. La longitud de la red básica nacional definida según esos criterios es de 38,471 km. Prácticamente el total de los pavimentos de la red básica nacional son del tipo flexible.

4.1. Costo de Deterioro de Pavimentos.

Específicamente, para cada peso bruto vehicular de cada tipo de vehículo, el costo de deterioro de pavimentos (en un km de carretera) por ton-km de carga transportada se obtuvo multiplicando el número de "ejes equivalentes" que dicho vehículo representa, por el costo de aplicar un "eje equivalente" sobre un km de carretera por concepto de deterioro de pavimentos y dividiéndolo entre el tonelaje de carga transportado por el vehículo (para el nivel de peso considerado).

Por lo tanto, inicialmente fue necesario determinar el costo de aplicación de un "eje equivalente" sobre un km de carretera por concepto de deterioro de pavimentos. Un "eje equivalente" se define como el eje simple dual (con dos llantas gemelas a cada lado) que transmite al pavimento una carga de 8.2 ton, con una presión de inflado de 5.8 kg/cm^2 .

4.1.1. Costo de Aplicación de un Eje Equivalente sobre un Kilómetro de Carretera por Concepto de Deterioro de Pavimentos.

La Ref 8 presenta una división de la red básica nacional en tramos homogéneos, de acuerdo con el tránsito promedio diario anual sobre cada tramo (TPDA) o el número de repeticiones de ejes equivalentes durante los próximos 10 años y el valor relativo de soporte (VRS) de la capa de apoyo del pavimento. Para cada uno de estos tramos, fueron obtenidos los espesores equivalentes requeridos de pavimento, utilizando los procedimientos de diseño del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (Refs 5 y 6). Asimismo, la Ref 8 presenta los costos constructivos/km correspondientes a 1990, para distintos espesores de pavimento. De esta manera, fue posible obtener el costo/km de construcción del pavimento requerido sobre cada tramo. Dividiendo este costo entre el número de repeticiones de ejes equivalentes, se obtuvo el costo del pavimento por eje equivalente-km, para cada tramo. Posteriormente, se calculó el promedio ponderado de estos costos por la longitud de los tramos y al valor resultante se le aplicó una tasa de inflación del 25% con el fin de hacerlo congruente con los costos de operación vehicular calculados para 1991 en el capítulo anterior. Para tomar en cuenta posibles sobrecostos por financiamiento en la construcción del pavimento (p. ej. debidos a créditos bancarios), al valor obtenido se le aplicó un factor de 1.5, con lo cual se obtuvo un costo por eje equivalente-km de \$84. El procedimiento de obtención de este valor se ilustra en el Anexo C. Este valor considera que, durante la vida útil del pavimento, se realizarán las acciones de conservación necesarias para evitar sobrecostos de operación vehicular por abatimiento significativo del nivel de servicio de la superficie de rodamiento. En esencia, este valor representa el costo de aplicar un eje equivalente sobre un km de carretera por concepto de deterioro de pavimentos.

4.1.2. Curvas de Costo de Deterioro de Pavimentos.

Para cada tipo de vehículo, las curvas de costo de deterioro de pavimentos (CDP) por ton-km de carga transportada fueron obtenidas de acuerdo al siguiente procedimiento:

- a. Inicialmente, un peso bruto vehicular determinado (correspondiente a un cierto nivel de carga transportada) fue repartido entre los distintos ejes de acuerdo con las distribuciones observadas en las estaciones de medición de pesos y dimensiones (Ref 2).
- b. Para el peso de cada uno de los ejes, fueron obtenidos sus correspondientes "coeficientes de daño" o "factores de equivalencia". La sumatoria de los "coeficientes de daño" de todos los ejes del vehículo es igual al número de "ejes equivalentes" que dicho vehículo

representa. (Se define como "coeficiente de daño" al valor que representa el deterioro generado en un pavimento, por una carga impuesta sobre su superficie de rodamiento, en relación con el efecto producido por una carga estandarizada de 8.2 ton/eje dual sencillo).

- c. Posteriormente, se multiplicó la sumatoria de los "coeficientes de daño" de todos los ejes del vehículo por el costo de aplicar un eje equivalente sobre un km de carretera por concepto de deterioro de pavimentos.
- d. El costo unitario (por vehículo) de deterioro del pavimento/km de carretera (obtenido según se describe en el inciso anterior) fue finalmente dividido entre el tonelaje de carga transportado por el vehículo para el nivel de peso considerado.
- e. El procedimiento en los incisos anteriores fue repetido para cada peso bruto vehicular considerado.

A manera de ejemplo, la Tabla 4.1 muestra los costos unitarios de deterioro del pavimento/km de carretera (CUDP/km) y los costos de deterioro del pavimento/ton-km, para distintos pesos brutos del vehículo tipo "C2". Esta tabla también presenta los costos de deterioro de puentes (CDPu) y totales de deterioro de infraestructura (CDI), los cuales serán referidos en secciones posteriores de este capítulo. La Figura 4.1 ilustra la curva de costo de deterioro de pavimentos/ton-km (CDP/ton-km) contra peso bruto para este tipo de vehículo.

Para los demás tipos de vehículos se prepararon tablas y figuras similares a las anteriores, las cuales se incluyen en el Anexo D de este informe. A partir de estas tablas y figuras, resultó evidente lo siguiente:

- a. Para todos los tipos de vehículos, las curvas de costo de deterioro de pavimentos/ton-km vs peso bruto vehicular son crecientes a partir de muy bajos valores de carga transportada y se comportan de manera exponencial.
- b. La Tabla 4.2 muestra el costo de deterioro de pavimentos/ton-km y el costo unitario de deterioro de pavimentos/km de carretera, para el peso bruto máximo autorizado de cada tipo de vehículo. La información en esta tabla evidencia que, si se respetasen los pesos brutos máximos reglamentados, el daño ocasionado por el C2, por ton-km de carga transportada, sería bastante mayor que para los otros tipos, los cuales, asu vez, tendrían costos de deterioro (por ton-km), aparte de más bajos, muy similares entre sí. El daño unitario (por vehículo) sobre los pavimentos sería mayor en la dirección de los vehículos más grandes.

Tabla 4.1. **COSTOS DE DETERIORO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA PARA EL VEHICULO TIPO "C2".**

PBV (tn)	¹ CR (ton)	² CUDP/km (\$MX91)	³ CDP/ ton-km	⁴ CUDPu/km (\$MX91)	⁵ CDPu/ ton-km	⁶ CUDI/km (\$MX91)	⁷ CDI/ ton-km
(8) ⁶	0	-	-	-	-	-	-
7	1	6	6.0	0	0.5	6	6.5
10	4	35	8.7	3	0.6	38	9.3
15	9	215	23.7	15	1.7	230	25.4
20	14	675	48.2	48	3.5	723	51.6
25	19	1509	79.4	108	5.7	1617	85.1
30	24	2748	114.5	195	8.1	2943	122.6
35	29	4380	151.1	309	10.7	4689	161.7
40	34	6363	187.2	449	13.2	6812	200.4
41	35	6797	194.3	483	13.8	7280	208.1

Notas:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo, en ton.
- (2) CUDP/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Pavimento/km de carretera.
- (3) CDP = Costo de Deterioro de Pavimento.
- (4) CUDPu/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Puentes/km de carretera.
- (5) CDPu = Costo de Deterioro de Puentes.
- (6) CUDI = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Infraestructura Carretera.
- (7) CDI = Costo de Deterioro de la Infraestructura Carretera.
- (8) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de pesos brutos vehiculares (posibles) observados para C2 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3). Las cantidades que no se encuentran en negrillas corresponden a pesos brutos vehiculares no observados en campo y sólo sirven para ilustrar las tendencias de los costos de deterioro de infraestructura.

CDI/TON-KM vs PBV VEHICULO TIPO "C2"

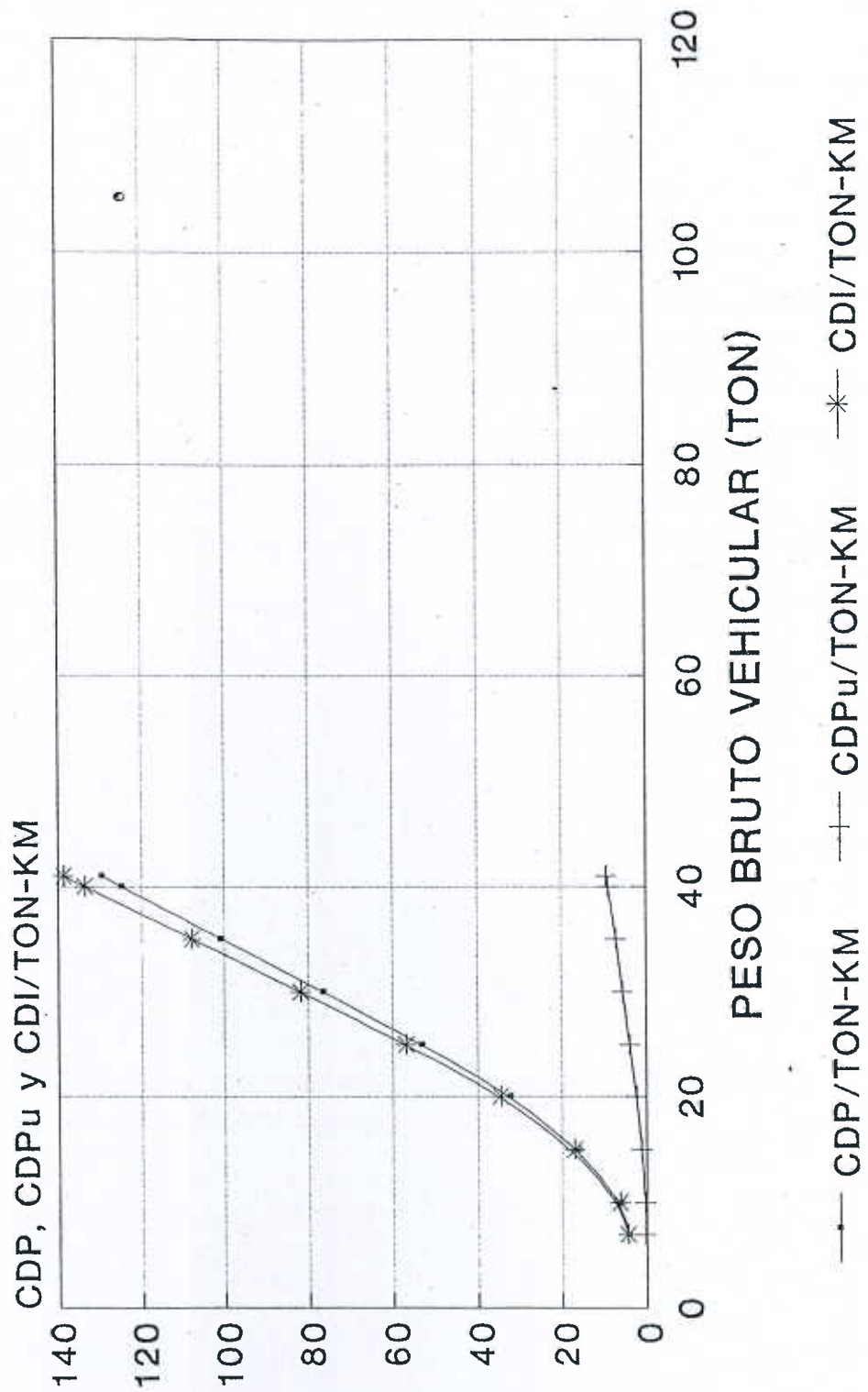


Figura 4.1

Tabla 4.2. **COSTO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS/TON-KM Y COSTO UNITARIO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS/KM DE CARRETERA PARA EL PESO BRUTO MAXIMO AUTORIZADO PARA CADA TIPO DE VEHICULO.**

TIPO DE VEHICULO	PBV M P (1) (ton)	CAR M P (2) (ton)	CDP/ ton-km (3)	CUDP/km (4)
C2	15.5	9.5	\$26	\$ 261
C3	23.5	15.5	17	257
T3-S2	41.5	26.5	17	446
T3-S3	46	29	15	425
T3-S2-R4	77.5	52.5	17	869

Notas:

- (1) PBV_P_S = Peso Bruto Vehicular máximo permitido, en ton.
- (2) CAR_P_S = Carga máxima permitida, en ton.
- (3) CDP/ton-km = Costo de Deterioro del Pavimento/ton-km.
- (4) CUDP/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro del Pavimento/km.

- c. Las Tablas 4.3 y 4.4 muestran, para cada tipo de vehículo, el costo de deterioro de pavimentos/ton-km y el costo unitario de deterioro de pavimentos/km de carretera, para el peso promedio de los vehículos sobrecargados (Ref 2) y los mayores niveles de peso bruto vehicular (o carga movida) registrados (Ref 2), respectivamente. A partir de estas tablas es evidente que, ante los niveles de sobrepeso que actualmente se observan, el tipo de vehículo que más daño unitario ocasiona a los pavimentos es el T3-S3, seguido por el T3-S2, C2 y finalmente el T3-S2-R4 y C3. Sin embargo, por ton-km transportada, el más crítico es el C2, seguido muy cercanamente por el T3-S3 y el C3 y finalmente el T3-S2 y el T3-S2-R4.
- d. Cabe enfatizar que para las situaciones que representan sobrepeso vehicular (Tablas 4.3 y 4.4), el mayor costo unitario de deterioro del pavimento/km de carretera se obtuvo para el T3-S3. Esto es indicativo de las excesivas sobrecargas que los transportistas han comúnmente aplicado a este tipo de vehículo, las cuales han rebasado ampliamente la ventaja de contar con un eje adicional en el eje triple, en relación con el T3-S2.
- e. En los distintos análisis realizados se observaron las siguientes tendencias generales: el daño unitario (por vehículo) sobre los pavimentos tiende a ser mayor en la dirección de los vehículos más grandes; sin embargo, por ton-km de carga transportada, el daño tiende a ser mayor en la dirección de los vehículos más pequeños (con un menor número de ejes y que, por lo tanto, concentran más la carga).
- f. Tomando en consideración las proporciones de los distintos tipos de vehículos que circularon por las estaciones de medición de pesos y dimensiones, así como el nivel de carga que éstos transportaban, la Ref 22 calcula que, del daño global experimentado por la red carretera, las siguientes proporciones son atribuibles a cada tipo de vehículo: (I) 35% al T3-S2, (II) 25% al C2, (III) 20% al T3-S3, (IV) 15% al C3, y (V) 5% al T3-S2-R4. Por ton-km transportada, las proporciones que se reportan son las siguientes: (I) 42% al C2, (II) 23% al T3-S2, (III) 20% al C3, (IV) 13% al T3-S3, y (v) 2% al T3-S2-R4. Como puede observarse, el T3-S2 y el C2 figuran dentro de los primeros lugares en este enfoque, lo cual se debe al efecto combinado de su frecuencia y nivel de carga.

Tabla 4.3. **COSTO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS/TON-KM Y COSTO UNITARIO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS/KM DE CARRETERA PARA EL PESO PROMEDIO DE LOS VEHICULOS SOBRECARGADOS.**

TIPO DE VEHICULO	PBV P S (1) (ton)	CAR P S (2) (ton)	CDP/ ton-km (3)	CUDP/km (4)
C2	23	17	\$68	\$1176
C3	28	20	27	554
T3-S2	49	34	27	941
T3-S3	59	42	29	1212
T3-S2-R4	79	54	18	927

Notas:

- (1) PBV_P_S = Peso Bruto Vehicular promedio de los vehículos sobrecargados, en ton.
- (2) CAR_P_S = Carga promedio de los vehículos sobrecargados, en ton.
- (3) CDP/ton-km = Costo de Deterioro del Pavimento/ton-km.
- (4) CUDP/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro del Pavimento/km.

Tabla 4.4. COSTO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS/TON-KM Y COSTO UNITARIO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS/KM DE CARRETERA PARA LOS MAYORES NIVELES DE PESO BRUTO VEHICULAR (O CARGA MOVIDA) REGISTRADOS.

TIPO DE VEHICULO	PBV MAX (1) (ton)	CAR MAX (2) (ton)	CDP/ ton-km (3)	CUDP/km (4)
C2	24	18	\$72	\$1343
C3	36	28	51	1458
T3-S2	60	45	44	1935
T3-S3	72	55	47	2550
T3-S2-R4	84	59	21	1215

Notas:

- (1) PBV_MAX = Peso Bruto Vehicular máximo registrado, en ton.
- (2) CAR_MAX = Carga Máxima registrada, en ton.
- (3) CDP/ton-km = Costo de Deterioro del Pavimento/ton-km.
- (4) CUDP/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro del Pavimento/km.

4.2. Costo de Deterioro de Puentes.

Al igual que para el caso de los pavimentos, el costo de deterioro de puentes (CDPu) por ton-km de carga transportada (en un km de carretera), para cada peso de cada tipo de vehículo, se obtuvo multiplicando el número de "ejes equivalentes" que dicho vehículo representa por el costo de aplicar un "eje equivalente" sobre un km de carretera por concepto de deterioro de puentes y dividiéndolo entre el tonelaje de carga transportado por el vehículo (para el nivel de peso bruto considerado).

4.2.1. Costo de Aplicación de un Eje Equivalente sobre un Km de Carretera por Concepto de Deterioro de Puentes.

Asumiendo un costo/m² de puente de 3 millones de pesos a 1991 (Ref 8), se obtuvo un costo de aplicación de un "eje equivalente" sobre un km de puente igual a \$1094 (incluyendo un sobre costo por financiamiento del 50%). Este valor considera que, durante la vida útil del puente, se realizarán las acciones de conservación necesarias para evitar sobre costos de operación vehicular por abatimiento significativo del nivel de servicio de la superficie de rodamiento.

Los costos de aplicación de un eje equivalente sobre un km de carretera por concepto de deterioro de puentes se obtuvieron de multiplicar los costos anteriores por la relación existente entre la longitud de puentes en la red básica nacional (excluyendo la longitud de pavimentos) y la longitud de ésta. Sobre la red básica nacional existe una relación de .005 km de puente/km de carretera (hay alrededor de 210 km de puentes en los 46,000 km de red troncal nacional, según la Ref 8). A partir de esta relación, se obtuvo un costo de alrededor de \$6 por aplicación de un "eje equivalente" sobre un km de carretera por concepto de deterioro de puentes.

4.2.2. Curvas de Costo de Deterioro de Puentes.

Para cada tipo de vehículo, las curvas de costo de deterioro de puentes por ton-km de carga transportada fueron obtenidas siguiendo un procedimiento similar al utilizado para los pavimentos, pero empleando en este caso el costo de \$6 por aplicación de un "eje equivalente".

A manera de ejemplo, la anteriormente mostrada Tabla 4.1 presenta los costos unitarios de deterioro de puentes/km de carretera (CUDPu/km) y los costos de deterioro de puentes/ton-km para el vehículo tipo "C2". Asimismo, la Fig 4.1 incluye la curva de costo de deterioro de puentes/ton-km contra peso bruto para este vehículo tipo.

Para los demás tipos de vehículos se prepararon tablas y figuras similares a las anteriores (las cuales se muestran en el Anexo D). A partir de estas tablas y figuras, resultó evidente lo siguiente en relación con el deterioro en puentes:

- a. Para todos los tipos de vehículos, las curvas de costo de deterioro de puentes/ton-km vs peso bruto son crecientes a partir de muy bajos valores de carga transportada y se comportan de manera exponencial.
- b. Los daños unitarios calculados sobre los puentes (y costos correspondientes) guardan, comparativamente entre los diferentes tipos de vehículos, proporciones similares a las obtenidas para los pavimentos. Esto, a pesar de que los costos unitarios de deterioro de puentes/km y los costos de deterioro de puentes/ton-km resultaron bastante menores (14 veces) que los costos unitarios de deterioro de pavimentos/km y los costos de deterioro de pavimentos/ton-km, respectivamente. Similarmente que para los pavimentos, el daño por ton-km transportada es mayor en la dirección de los vehículos más pequeños y con ejes más cercanos entre sí. Estos resultados son congruentes con una serie de análisis presentados en la Ref 8 sobre los esfuerzos máximos generados por distintas combinaciones de vehículos, a distintos niveles de carga, sobre los diferentes tipos de puentes existentes en la red básica nacional. También son congruentes con los principios de la reglamentación norteamericana sobre pesos máximos autorizados, la cual se basa en la Fórmula Puente B (Ref 21). Esta permite menores pesos máximos para vehículos con un menor número de ejes y con una menor distancia entre ejes extremos.

4.3. Costo de Deterioro de Infraestructura.

La Tabla 4.1 presenta los costos unitarios de deterioro de infraestructura/km de carretera (CUDI/km) y los costos de deterioro de infraestructura/ton-km para el vehículo tipo "C2". Estos costos corresponden a la suma de los respectivos costos de deterioro de pavimentos y puentes. Para los demás tipos de vehículos se prepararon tablas similares a ésta (las cuales se incluyen en el Anexo D). La Fig 4.2 resume las curvas de costo de deterioro de infraestructura/ton-km (CDI/ton-km) contra peso bruto para todos los tipos de vehículos. De esta figura puede apreciarse que, para niveles similares de peso bruto vehicular, el costo de deterioro de infraestructura/ton-km es mayor para los vehículos de menor envergadura. Por lo tanto, desde el punto de vista del deterioro de la infraestructura, lo que conviene es transportar la carga nacional en vehículos de gran envergadura (con un mayor número de ejes). Como se observó del análisis de los costos de operación vehicular/ton-km

CDI/TON-KM vs PBV

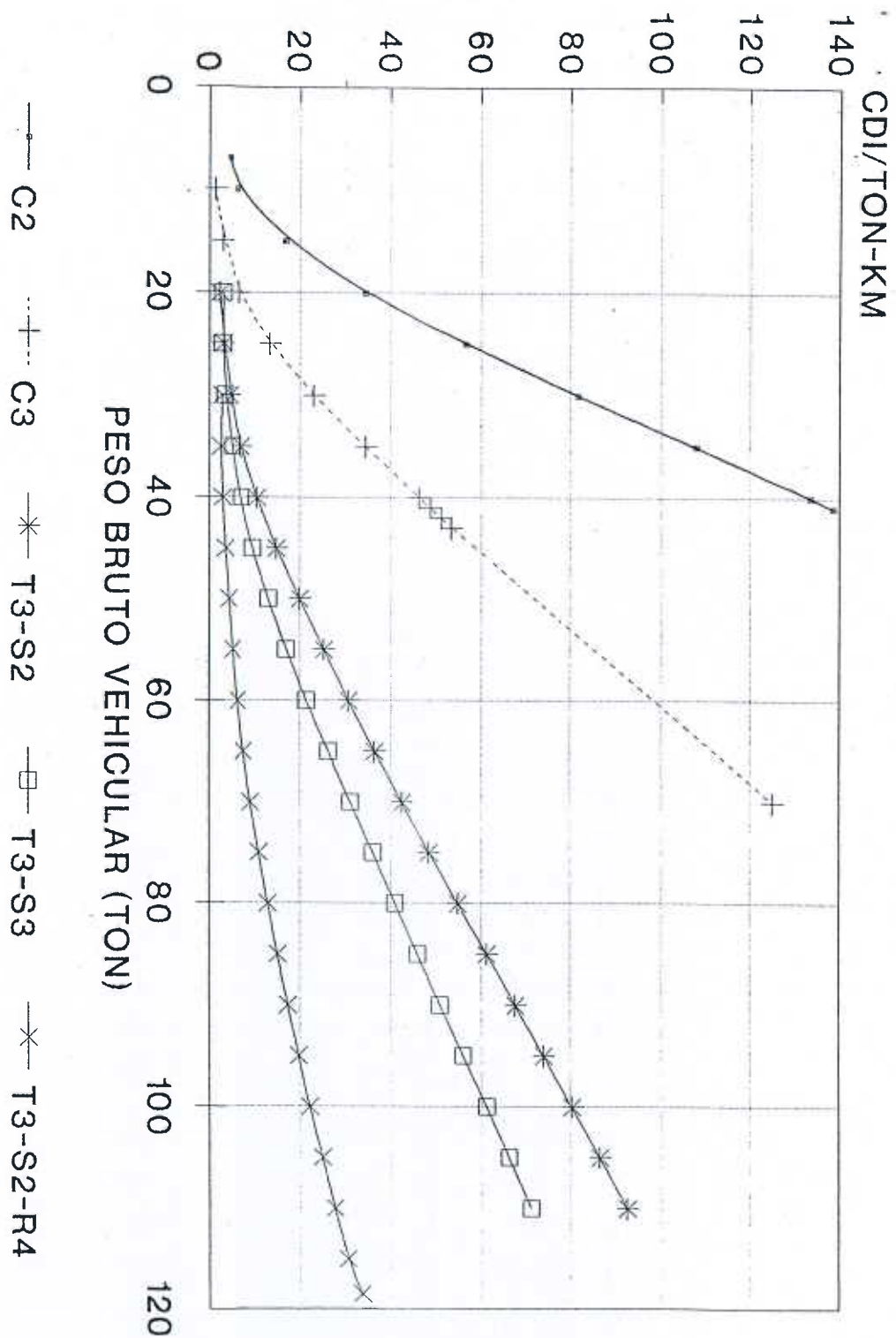


Figura 4.2

en el capítulo anterior, esto también es lo más conveniente para el autotransportista.

4.4. COSTO DE APLICACION DE UN EJE EQUIVALENTE SOBRE UN KM DE CARRETERA DE LA RED BASICA NACIONAL.

De acuerdo con los análisis anteriores, el costo promedio de aplicar un eje equivalente sobre un km de la red básica nacional (costo de deterioro de pavimentos más puentes) es de \$90.

Sobre algunas autopistas de cuota, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), a través de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CPFISC), actualmente cobra, en teoría, alrededor de \$266 por la aplicación, sobre un km de carretera, de un eje de 10 ton (eje sencillo dual máximo permisible en México). Esta cantidad representa un costo de \$116 por eje equivalente-km, asumiendo un "coeficiente de daño" de 2.29 para un eje de 10 ton. La tarifa anterior sólo se cobra "en teoría", ya que durante la medición de pesos y dimensiones se observó que, sobre tramos de la red básica nacional, frecuentemente circulan ejes sencillos duales con sobrecargas hasta del 70% (17 ton/eje sencillo dual). Asumiendo un "coeficiente de daño" de 16 para un eje sencillo dual de 17 ton, se deduce que para estos niveles de sobrecarga, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en realidad sólo cobra \$17/eje equivalente-km.

Adicionalmente, en términos del daño generado, el sistema de cobro de peajes actual lleva implícito un subsidio cruzado de los automóviles (los cuales unitariamente casi no causan daño) hacia los vehículos de carga. Sobre las carreteras libres, la colectividad a través del gobierno prácticamente subsidia toda la conservación; es decir, la reparación del daño ocasionado por los pesados vehículos de carga.

5. Costo Total de Transporte de las Mercancías (CT).

En este capítulo se presentan, para los cinco tipos de vehículos de carga más comunes, las curvas de costo total de transporte de las mercancías (CT) por ton-km de carga transportada contra el peso bruto vehicular. Asimismo, se describe la obtención de los pesos que minimizan el costo total/ton-km y se analiza la sensibilidad de los valores obtenidos a la inclusión de otros tipos de costos.

5.1. Costo Total de Transporte de las Mercancías (CT).

Para el vehículo tipo "C2", la Fig 5.1 ilustra las curvas de costo de operación vehicular/ton-km (excluyendo impuestos), costo de deterioro de infraestructura/ton-km (incluyendo acciones de conservación sobre las superficies de rodamiento) y la suma de estos costos. La curva correspondiente a dicha suma prácticamente representa la curva de costo total de transporte de las mercancías (CT/ton-km) para este tipo de vehículo. En el Anexo E se muestran, para los distintos tipos de vehículos, el procedimiento de obtención de estas curvas, así como figuras similares a la anterior.

5.2. Pesos que Minimizan los Costos Totales/Ton-Km y Pesos por Eje Correspondientes.

A partir de las figuras anteriormente referidas fueron obtenidos los pesos que minimizan los costos totales/ton-km, para los cinco tipos de vehículos. En la Tabla 5.1 se resumen estos pesos óptimos, así como los pesos máximos autorizados actualmente, los pesos promedio de los vehículos sobrecargados y los pesos máximos registrados en las estaciones de medición de pesos y dimensiones. En esta tabla, es evidente lo siguiente:

- a. Los pesos óptimos obtenidos son mayores que los máximos permitidos actualmente (entre un 15 y un 30%, dependiendo del tipo de vehículo).
- b. Con excepción del T3-S2-R4, los pesos óptimos son bastante similares a los pesos promedio de los vehículos sobrecargados.

CT/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "C2"

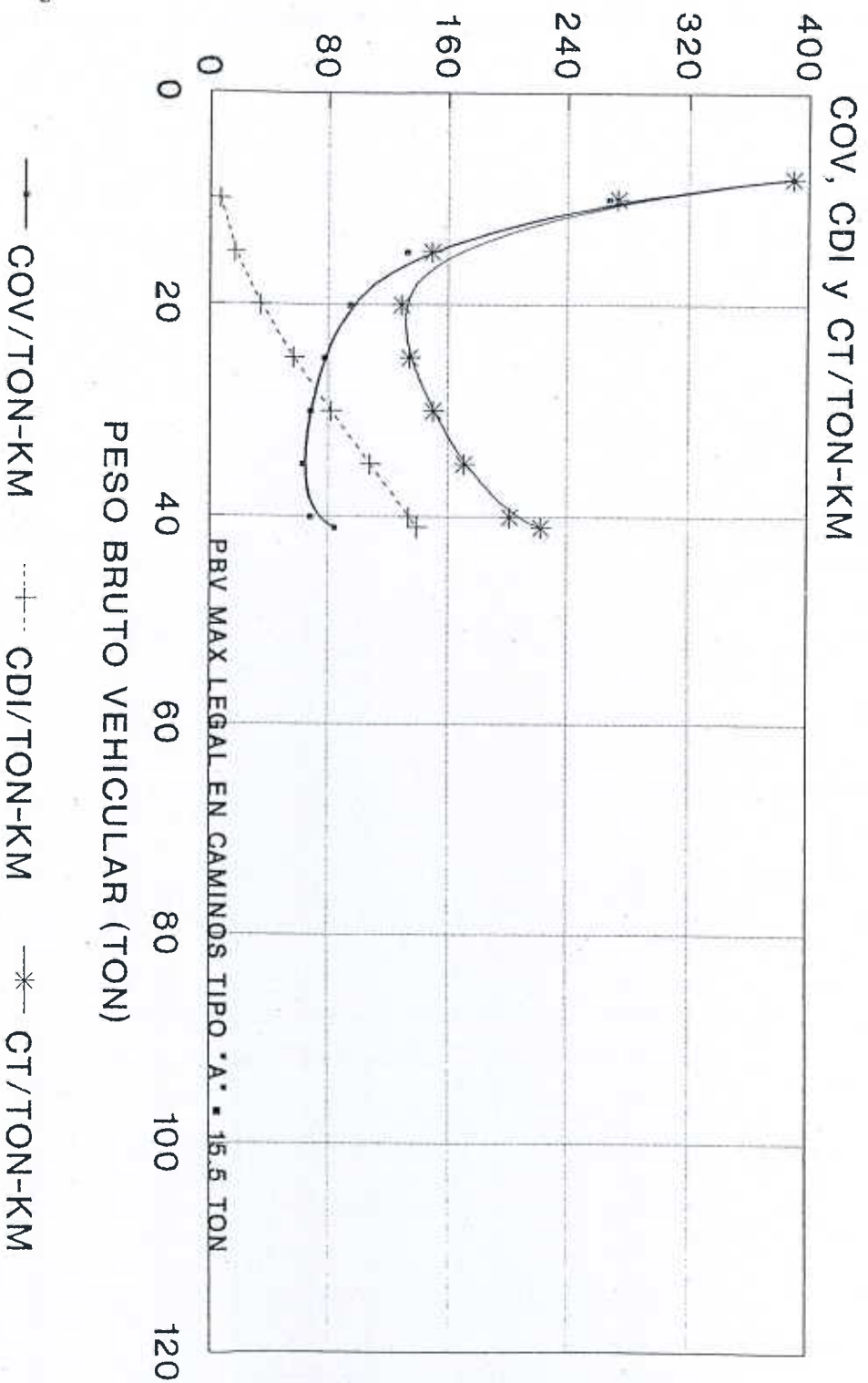


Figura 5.1

Tabla 5.1. PESOS MAXIMOS PERMITIDOS, PESOS PROMEDIO DE LOS VEHICULOS SOBRECARGADOS, PESOS MAXIMOS REGISTRADOS Y PESOS QUE MIMINIZAN EL COSTO TOTAL/TON-KM PARA CADA TIPO DE VEHICULO.

TIPO DE VEHICULO	PBV MAX PE (1) (ton)	PBV P S (2) (ton)	PBV MAX (3) (ton)	PBV MIN OP ton-km (4)
C2	15.5	23	24	20
C3	23.5	28	36	30
T3-S2	41.5	49	60	50
T3-S3	46	59	72	60
T3-S2-R4	77.5	79	84	90

Notas:

- (1) PBV_MAX_PE = Peso Bruto Vehicular máximo permitido, en ton.
- (2) PBV_P_S = Peso Bruto Vehicular promedio de los vehículos sobrecargados, en ton.
- (3) PBV_MAX = Peso Bruto Vehicular máximo registrado, en ton.
- (4) PBV_MIN_OP = Peso Bruto Vehicular que minimiza el costo total/ton-km, en ton.

- c. Con excepción del T3-S2-R4, los pesos óptimos se encuentran por debajo de los máximos registrados en las estaciones de medición de pesos y dimensiones. El porcentaje de vehículos que exceden dichos óptimos en estas estaciones, aún es considerable: (I) 8.4% para el C2, (II) 8.6% para el C3, (III) 13.2% para el T3-S2, y (IV) 19.8% para el T3-S3.

Para los diferentes tipos de ejes, la Tabla 5.2 muestra las cargas máximas por eje más congruentes con los pesos óptimos obtenidos y con un daño uniforme por eje sobre las carreteras. Las cargas por eje en la Tabla 5.2 representan "coeficientes de daño" de alrededor de 5.

De alguna manera, los relativamente elevados pesos brutos vehiculares y pesos por eje óptimos obtenidos, son una consecuencia de los altos costos de operación en que actualmente incurre el autotransporte nacional.

5.3. Sensibilidad de los Pesos Óptimos a la Inclusión de Otros Tipos de Costos.

La Tabla 5.3 muestra la variación de los pesos óptimos al adicionar en los costos totales/ton-km porcentajes de los costos de deterioro de infraestructura/ton-km entre el 0 y el 100%. Esto tiene por objeto analizar la sensibilidad de los pesos óptimos obtenidos ante la inclusión de otros costos de comportamiento similar a los costos de deterioro de infraestructura/ton-km (crecientes al aumentar el peso bruto vehicular) y que también gravitan en torno al costo total de transporte de las mercancías (p. ej. deterioro de alcantarillas, congestionamiento de las vías, accidentes). A partir de la Tabla 5.3, es evidente lo siguiente:

- a. Incrementos en los costos de deterioro de infraestructura/ton-km u otros costos de comportamiento similar a éstos, producen reducciones de los pesos óptimos obtenidos.
- b. La inclusión de los costos anteriores no afecta muy significativamente los pesos óptimos, incluso si dichos costos fueran hasta del orden del 40% de los costos de deterioro de infraestructura/ton-km. Por lo tanto, hasta tal orden de magnitud, su inclusión en el análisis no representaría una variación significativa de los pesos brutos vehiculares y pesos por eje óptimos en las Tablas 5.1 y 5.2, respectivamente. Para un escenario en que estos costos fuesen mayores del 40% de los costos de deterioro de infraestructura/ton-km, los óptimos obtenidos se acercarían a los pesos máximos actualmente reglamentados.

Tabla 5.2. **CARGAS POR EJE CORRESPONDIENTES A LOS PESOS BRUTOS VEHICULARES OPTIMOS.**

TIPO DE EJE	CARGA/EJE (ton)
EJE S SIM ¹	6
EJE S DUAL ²	12
EJE DOBLE ³	22
EJE TRIPLE	27.5

Notas:

- (1) EJE S SIM = Eje sencillo simple.
 (2) EJE S DUAL = Eje sencillo dual.
 (3) EJE DOBLE = Eje tandem.

Tabla 5.3. **SENSIBILIDAD DE LOS PESOS OPTIMOS A LA INCLUSION EN LOS COSTOS TOTALES/TON-KM DE DETERMINADOS NIVELES ADICIONALES DE COSTO DE DETERIORO DE INFRAESTRUCTURA/TON-KM.**

TIPO DE VEHICULO	PBVs OPTIMOS PARA DISTINTOS PORCENTAJES DE INCREMENTO ADICIONAL DE CDI/ton-km					
	0 %	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
C2	20	20	20	15	15	15
C3	30	30	25	25	25	25
T3-S2	50	50	50	45	45	45
T3-S3	60	60	55	50	50	50
T3-S2-R4	90	85	85	80	80	80

- c. La relativamente baja sensibilidad de los pesos óptimos obtenidos a la adición de otros costos de comportamiento similar a los costos de deterioro de infraestructura/ton-km, se debe primordialmente a la forma de las curvas de costo de operación vehicular/ton-km (rápidamente decrecientes inicialmente y prácticamente horizontales posteriormente).

5.4. Aclaración.

Como se indicó anteriormente, los pesos óptimos obtenidos resultaron un tanto mayores que los máximos actualmente reglamentados. Esto de ninguna manera significa que dichos máximos deban incrementarse, ya que no lo permiten el estado físico y la capacidad estructural deficientes de buena parte de la red troncal nacional (Ref 8). Por lo tanto, los óptimos obtenidos sólo deben verse como valores indicativos de que, dado lo que cuesta operar vehículos de carga y construir y conservar carreteras, sería conveniente contar eventualmente con la infraestructura adecuada que permitiese pesos de las magnitudes actualmente reglamentadas, pero con superficies de rodamiento en muy buen estado. Este estudio, así como otros en la literatura (Refs 8 y 21), recomiendan adoptar una actitud de gran cautela en lo referente a permitir pesos máximos mayores a los actualmente reglamentados. Lo anterior, debido a los problemas prácticos que pudieran presentarse para generar los recursos económicos necesarios para reforzar la infraestructura, particularmente los puentes.

Cabe destacar que, si los pesos máximos permitidos se aumentasen, a menos que pudieran generarse los recursos necesarios para cubrir los costos adicionales de deterioro de puentes y pavimentos, la condición del sistema carretero se deterioraría, incrementándose los costos de operación vehicular, los tiempos de viaje y los accidentes, el consumo de combustibles y deteriorándose el comfort de los conductores y pasajeros de los vehículos. Adicionalmente, la posición competitiva del autotransporte en relación con el ferrocarril se vería reforzada, con lo cual el primero tendería a absorber la demanda del segundo. Finalmente, una política de incremento de los pesos máximos reglamentados sólo podría ser razonable si se complementase con los mecanismos necesarios que permitiesen aplicar a los usuarios cobros proporcionales al daño ocasionado por sus vehículos a la infraestructura.

6. Conclusiones y Recomendaciones.

En este capítulo se sintetizan las conclusiones más importantes derivadas de este estudio y se indican algunas recomendaciones relevantes.

6.1. Conclusiones.

En esta sección se presentan: (I) algunos comentarios referentes a las diferencias en costos de operación vehicular (COV) entre México y los Estados Unidos de América (derivados de los análisis realizados sobre el costo de operación vehicular), y (II) las conclusiones adicionales de este estudio.

6.1.1. Comparación del Costo de Operación Vehicular entre México y los Estados Unidos de América.

Los conceptos que más contribuyen en México al costo de operación vehicular para los cinco tipos de vehículos más comunes, por orden decreciente de importancia, son: (I) el salario de los operarios; (II) el mantenimiento y las refacciones; (III) el consumo de combustible; y (IV) el consumo de llantas.

En los Estados Unidos de América (en adelante referidos como EUA), la Ref 21 indica que los conceptos más importantes son: (I) el salario de los operarios (incluyendo prestaciones), (II) los gastos del vehículo (incluyendo depreciación, mantenimiento y refacciones), (III) los indirectos (incluyendo ciertas actividades destinadas a ofrecer un mejor servicio al cliente), y (IV) el consumo de combustible. En términos de conceptos, éstos son prácticamente los mismos que para México. Sin embargo, la diferencia fundamental estriba en los montos por refacciones, mantenimiento y consumo de llantas. En México, éstos son más del doble que en los EUA (Ref 21) y llegan a constituir hasta el 60% de los costos de operación vehicular.

Las diferencias entre los dos países residen en las diferentes formas de explotación de las unidades. En los EUA se utilizan vehículos bastante nuevos (se amortizan y se reponen muy rápidamente) y las superficies de rodamiento se encuentran en bastante buen estado (en promedio). En México, por otra parte, la mayoría de los vehículos se encuentran obsoletos o en vías de obsolescencia (alrededor del 65%, según la Ref 2), las superficies de rodamiento se encuentran mucho más deterioradas y varios de los caminos principales son más sinuosos. Por estas razones, en los EUA los vehículos no requieren de tanto mantenimiento y refacciones como en México.

Además, en los EUA, los vehículos generalmente no se sobrecargan, en tanto que en México frecuentemente circulan con elevados niveles de sobrecarga (Refs 2 y 21), lo cual es indicativo de que el transporte de carga en México circula mucho más lentamente que en los EUA. Esto representa dos estrategias diferentes entre los dos países para el manejo de la carga por autotransporte: "muchos viajes rápidos con poca carga" o "pocos viajes lentos con mucha carga". De los niveles de sobrecarga observados (Ref 2), es evidente que en México se presentan mayores niveles de deterioro de la infraestructura que en los EUA.

El precio de los vehículos nuevos de carga en México (tanto unidades motrices como remolques) llega a ser hasta de un 30% mayor que en los EUA (Ref 21). En vehículos usados, en los EUA se consiguen unidades con precios hasta del 30% de lo que las mismas se consiguen en México. El costo por consumo de llantas es más significativo en México que en los EUA, a pesar de que la distancia promedio anual recorrida por los vehículos de carga en los EUA es más del 30% mayor que en México (Ref 21). Esto se debe, primordialmente, al mejor estado promedio de las superficies de rodamiento en los EUA que en México y a que las llantas son más caras en México que en los EUA.

Adicionalmente, en los EUA se invierten mucho más recursos que en México en actividades destinadas a ofrecer un mejor servicio al cliente (p. ej. consolidación, almacenamiento y distribución oportuna de la carga, captación de fletes). Las percepciones de los operarios en los EUA son más del doble que en México (Ref 21).

6.1.2. Conclusiones Adicionales.

En México prácticamente no existe un control efectivo de pesos brutos vehiculares, a pesar de existir una reglamentación al respecto (Ref 2). En los EUA, se controla eficientemente el peso bruto de los vehículos de carga, a pesar de que la reglamentación es variable entre Estados (Ref 21). La reglamentación norteamericana está primordialmente dirigida a proteger la integridad de la infraestructura existente, particularmente de los puentes (predomina el criterio de protección de la infraestructura).

Para todos los tipos de vehículos, aparentemente lo que más conviene al transportista es sobrecargar su vehículo, incluso hasta niveles considerables de sobrepeso. Esta es una práctica frecuentemente observada entre los transportistas mexicanos (Ref 2). Sin embargo, hasta este momento se desconoce cual es el efecto de la sistemática sobrecarga en la vida útil de los vehículos.

Para todos los tipos de vehículos y para los niveles bajos registrados de tarifas, los transportistas prácticamente no obtienen utilidades si respetan los pesos máximos especificados por el fabricante o el reglamento. Para

la tarifa alta, obtienen una utilidad un tanto marginal. Estos resultados son válidos para la mayoría de los autotransportistas nacionales, los cuales no conocen con suficiente precisión sus costos de operación y con frecuencia no los reflejan adecuadamente en sus tarifas.

El sobrepeso contribuye mucho a que las tarifas cobradas por los transportistas sean menores, independientemente del tipo de vehículo que utilicen. Por esta razón, es de esperar que la implantación de un sistema eficiente de detección y control del sobrepeso o un decremento en las cargas máximas autorizadas por eje, traigan como consecuencia el incremento de las tarifas.

Desde el punto de vista del costo de operación vehicular, la conveniencia de utilizar determinado tipo de vehículo depende del tonelaje de carga que se desee transportar. Para tonelajes bajos, conviene utilizar vehículos de baja capacidad; para grandes tonelajes, conviene utilizar vehículos de gran envergadura.

La mayor rentabilidad para los autotransportistas al operar vehículos de mayor envergadura reside en obtener menores costos de operación vehicular/ton-km y en que, para kilometrajes similares recorridos, estos vehículos pueden mover mayores cantidades de carga. Así, el autotransportista obtiene un mayor nivel de ingresos/unidad con unidades de mayor envergadura y, por lo tanto, una mayor utilidad/unidad. Obviamente, esto sólo si el transportista cuenta con la demanda suficiente para mantener trabajando una unidad de gran envergadura a su máxima capacidad.

El máximo tonelaje que puede transportar una unidad de gran envergadura (p. ej. un T3-S2) también puede ser movido mediante varias unidades de menor capacidad (p. ej. C2). Sin embargo, en este último caso, el transportista incurrirá en un costo de operación vehicular/ton-km ligeramente mayor y, además, enfrentará una mayor cantidad de problemas de tipo operativo y logístico.

Para niveles similares de carga movida, el costo de deterioro de pavimentos/ton-km (CDP/ton-km) es mayor para los vehículos de menor envergadura. Por lo tanto, desde el punto de vista de un menor deterioro de los pavimentos, lo que conviene es transportar la carga nacional en vehículos de gran envergadura (por su mayor número de ejes). Como se evidenció anteriormente, esto también es lo más conveniente para el autotransportista (si cuenta con la suficiente demanda).

Para los pesos máximos actualmente reglamentados, el daño ocasionado por el vehículo tipo C2, por ton-km de carga transportada, es bastante mayor que para los otros tipos, los cuales, a su vez, tienen costos de deterioro (por ton-km), aparte de más bajos, muy similares entre sí.

Obviamente, el daño unitario (por vehículo) sobre los pavimentos es mayor en la dirección de los vehículos más grandes.

En los distintos análisis realizados se observaron las siguientes tendencias generales: el daño unitario (por vehículo) sobre los pavimentos es mayor en la dirección de los vehículos más grandes; sin embargo, por ton-km de carga transportada, el daño es mayor en la dirección de los vehículos más pequeños (con un menor número de ejes y que, por lo tanto, concentran más la carga).

Según los niveles de sobrepeso registrados en las 10 estaciones de medición de pesos y dimensiones instaladas durante 1991 (Ref 2), el tipo de vehículo que más daño unitario (por vehículo) ocasiona a los pavimentos es el T3-S3, seguido por el T3-S2, C2 y finalmente el T3-S2-R4 y C3. Sin embargo, por ton-km transportada, el más crítico es el C2, seguido muy cercanamente por el T3-S3 y el C3, y finalmente el T3-S2 y el T3-S2-R4.

Cabe enfatizar que para las situaciones que representan sobrepeso vehicular, el mayor costo unitario (por vehículo) de deterioro del pavimento/km de carretera se obtuvo para el T3-S3. Esto es indicativo de las excesivas sobrecargas que los transportistas han comúnmente aplicado a este tipo de vehículo; las cuales han rebasado ampliamente la ventaja de contar con un eje adicional en el eje triple, en relación con el T3-S2.

Considerando las proporciones de los distintos tipos de vehículos que circularon por las estaciones de medición de pesos y dimensiones así como el nivel de carga que éstos transportaban, del daño global experimentado por la red carretera, las siguientes proporciones son atribuibles a cada tipo de vehículo: (I) 35% al T3-S2, (II) 25% al C2, (III) 20% al T3-S3, (IV) 15% al C3, y (V) 5% al T3-S2-R4. Por ton-km transportada, las proporciones corresponden de la siguiente forma: (I) 42% al C2, (II) 23% al T3-S2, (III) 20% al C3, (IV) 13% al T3-S3, y (V) 2% al T3-S2-R4. Como puede observarse, el T3-S2 y el C2 figuran dentro de los primeros lugares en este enfoque, lo cual se debe al efecto combinado de su frecuencia y nivel de carga.

Los costos unitarios de deterioro de puentes/km (CUDPu/km) y los costos de deterioro de puentes/ton-km (CDPu/ton-km) son bastante menores (14 veces) que los costos unitarios de deterioro de pavimentos/km (CUDP/km) y los costos de deterioro de pavimentos/ton-km (CDP/ton-km), respectivamente.

Sobre los puentes, el daño por ton-km transportada es mayor en la dirección de los vehículos más pequeños y con ejes más cercanos entre sí. Estos resultados son congruentes con los principios de la reglamentación norteamericana sobre pesos máximos autorizados, la cual se basa en la Fórmula Puente B (Ref 21). Esta permite menores pesos máximos para

vehículos con un menor número de ejes y con una menor distancia entre ejes extremos.

El costo promedio al aplicar un eje equivalente sobre un km de la red básica nacional (costo de deterioro de pavimentos más puentes) es de \$90.

Sobre algunas autopistas de cuota, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) actualmente cobra, en teoría, alrededor de \$266 por la aplicación, sobre un km de carretera, de un eje de 10 ton (eje sencillo dual máximo permisible en México). Esta cantidad representa un costo de \$116 por eje equivalente-km, asumiendo un "coeficiente de daño" de 2.29 para un eje de 10 ton. La tarifa anterior sólo se cobra "en teoría", ya que durante la medición de pesos y dimensiones se observó que, sobre tramos de la red básica nacional, frecuentemente circulan ejes sencillos duales con sobrecargas hasta del 70% (17 ton/eje sencillo dual). Asumiendo un "coeficiente de daño" de 16 para un eje sencillo dual de 17 ton se deduce que, para estos niveles de sobrecarga, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en realidad sólo cobra \$17/eje equivalente-km, ya que el daño sobre la infraestructura aumenta exponencialmente en relación con la carga. Esto indica que, para los mayores niveles de sobrepeso observados, el peaje que actualmente cobra la Secretaría de Comunicaciones y Transportes sobre las autopistas de cuota es muy marginal y no es congruente con el daño ocasionado. Sobre las carreteras libres, la colectividad a través del gobierno prácticamente subsidia toda la reparación del daño ocasionado por los pesados vehículos de carga.

En términos del daño generado, el sistema de peaje actual lleva implícito un subsidio cruzado de los automóviles (los cuales unitariamente casi no causan daño) hacia los vehículos de carga.

Considerando los costos actuales de operar vehículos de carga y construir y conservar carreteras en México, el mínimo costo total de las mercancías autotransportadas (CT) se obtiene para una carga por eje sencillo dual de 12 ton (muy cercana al promedio del sobrepeso que circula sobre las carreteras nacionales). Para los otros tipos de ejes, los pesos óptimos son: (I) 6 ton para el eje sencillo simple, (II) 22 ton para el eje doble (tandem), y (III) 27.5 ton para el eje triple.

El hecho de que los pesos óptimos obtenidos hayan resultado mayores que los máximos reglamentados de ninguna manera significa que estos últimos deban incrementarse, ya que no lo permiten el estado físico y la capacidad estructural deficientes de buena parte de la red troncal nacional (Ref 8). Por lo tanto, dichos óptimos sólo deben verse como valores indicativos de que sería conveniente llegar eventualmente a tener la infraestructura adecuada que permitiese pesos de las magnitudes actualmente reglamentadas pero con superficies de rodamiento en muy buen estado. En este estudio se recomienda adoptar una actitud de gran cautela en lo

referente a permitir pesos máximos mayores a los actualmente reglamentados, debido a los problemas prácticos que pudieran presentarse para generar los recursos económicos necesarios para reforzar la infraestructura, particularmente los puentes.

De alguna manera, los relativamente elevados pesos brutos vehiculares y pesos por eje óptimos obtenidos son una consecuencia de los altos costos de operación en que actualmente incurre el autotransporte nacional.

Los pesos óptimos obtenidos prácticamente no varían si se incluyen en este análisis otros costos de comportamiento similar a los costos de deterioro de infraestructura/ton-km (crecientes al aumentar el peso bruto vehicular) que también gravitan en torno al costo total de transporte de las mercancías (p. ej. deterioro de alcantarillas, congestionamiento de las vías, accidentes).

Los costos totales de transporte de las mercancías (CT/ton-km) podrían reducirse si se redujeran sus costos componentes: (I) costos de operación vehicular/ton-km, y/o (II) costos de deterioro de infraestructura/ton-km (y otros costos de comportamiento similar a los costos de deterioro de infraestructura/ton-km). Lo anterior es equivalente a desplazar hacia abajo las curvas correspondientes en la Fig 5.1 (Capítulo 5). Lo primero podría obtenerse mediante la aplicación de una estrategia de explotación de las unidades similar a los EUA (con vehículos bastante nuevos, que no requiriesen de mucho mantenimiento, que operaran prácticamente sin sobrepesos y sobre superficies de rodamiento mejoradas). Lo segundo se obtendría construyendo una infraestructura más económica y durable.

La Ref 17 indica que la inversión necesaria para reforzar los pavimentos de manera que pudieran permitirse los pesos óptimos anteriores, sería difícilmente alcanzable (7.321 billones de pesos). Para el caso de los puentes, dicho incremento implicaría la construcción de puentes completos, la reposición de superestructuras y el reforzamiento incluso de las más recientes (con una inversión adicional de alrededor de 4 billones de pesos). Estas cantidades contrastan con los presupuestos anuales de alrededor de 260 mil millones de pesos ejercidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes durante 1990 y 1991 en acciones de adecuación de la red troncal nacional.

6.2. Recomendaciones.

Ante el problema tan complejo que representa definir una normatividad de pesos adecuada, dados los tantos y tan diversos intereses que entran en juego, sería aventurado recomendar cualquier línea de acción. Sin embargo, pudiera ser conveniente analizar cuáles podrían ser las implicaciones y consecuencias de una política de reglamentación ante cualquiera de las dos estrategias siguientes:

- a. Que se observe estrictamente el cumplimiento de los pesos máximos actualmente reglamentados con el fin de reducir el daño ocasionado a la infraestructura.
- b. Que se permitan pesos mayores a los actualmente reglamentados pero que se cobren peajes proporcionales al daño ocasionado.

Ambas estrategias están dirigidas a mantener en buenas condiciones la infraestructura carretera. La implantación de cualquiera de ellas resultaría en incrementos del costo de operación vehicular y por lo tanto de las tarifas del autotransporte. Sin embargo, el efecto de tener superficies de rodamiento en mal estado se traduce en mucho mayores incrementos de dicho costo.

La primera estrategia requeriría la implantación de un sistema eficiente de detección y control del sobrepeso que reduzca al mínimo las posibilidades de corrupción.

La segunda estrategia tendría que apoyarse en estudios cuidadosos que analicen la factibilidad de: (I) contar con los recursos financieros graduales para poner a punto la red principal del transporte de carga, de manera que pueda soportar un más alto nivel de pesos; y (II) establecer un sistema de peaje basado en el principio de proporcionalidad entre cuotas y costos de los daños ocasionados por los vehículos a la infraestructura.

En ambos casos, habría que hacer un análisis concienzudo de los impactos económicos que la adopción de cualquiera de estas estrategias pudiera tener en los transportistas, en los usuarios del servicio y en la propia colectividad.

En caso de que se optara por la segunda estrategia, convendría estudiar la factibilidad de implantar un sistema eficiente de cobro de peajes, mucho más generalizado que el existente, que abarque además de las autopistas de cuota, aquellos tramos de carreteras federales más intensamente utilizados por el transporte de carga. En el resto de la red habría que estudiar la conveniencia de aplicar rigurosamente el actual reglamento (u otro más restrictivo en lo referente a pesos) con el fin de evitar daños mayores causados por aquellos vehículos que eventualmente trataran de eludir el pago de peaje.

Se estima conveniente también estudiar fuentes complementarias de financiamiento destinadas a la reparación de los daños ocasionados a la infraestructura, entre las que pueden citarse impuestos a los combustibles, permisos y tenencias, con la condición de que los recursos así obtenidos fueran destinados a la red carretera federal exclusivamente.

Se sugiere igualmente, analizar el comportamiento de los distintos componentes de los costos de operación vehicular ante distintas estrategias del manejo de la carga, con el fin de generar recomendaciones

- dirigidas a los transportistas nacionales que permitan mejorar su eficiencia y rentabilidad actuales.

• Convendría, por último, realizar un estudio económico-financiero que tomara en cuenta los diferentes grados de organización de los transportistas de carga, con el fin de establecer las estrategias más convenientes para la reposición del parque vehicular obsoleto (alrededor del 46%, según la Ref 2).

Referencias.

1. De Buen R, Oscar; " Estudio de Pesos y Dimensiones de los Vehículos que Circulan sobre las Carreteras Mexicanas: Términos de Referencia"; Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Sanfandila, Qro; 1990.
2. Mendoza D, Alberto y A. Cadena R; "Análisis Estadístico del Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga que Circulan por la Red Nacional de Carreteras"; Informe en Elaboración; Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Sanfandila, Qro; 1992.
3. Mendoza D, Alberto; "Relación Peso/Potencia de los Vehículos de Carga en México"; Publicación Técnica No. 26; Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Sanfandila, Qro; 1991.
4. Aguerrebere S, Roberto y F. Cepeda; "Elementos de Proyecto y Costos de Operación en Carreteras"; Publicación Técnica No. 20; Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Sanfandila, Qro; 1991.
5. Corro C, Santiago, R. Magallanes y G. Prado; "Instructivo para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras"; Publicación No. 444; Instituto de Ingeniería (II), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); México, D.F; 1981.
6. Corro C, Santiago; "Diseño de Pavimentos Flexibles, Comportamiento de los Tramos Experimentales"; Publicación No. 240; Instituto de Ingeniería (II), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); México, D.F; 1970.
7. "Definición de la Red Básica de Carreteras en la República Mexicana"; Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones (DGPSTC), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); México, D.F; 1990.
8. "Estudio de Pesos y Flujos de Vehículos de Carga de Tres y más Ejes en la Red Federal de Carreteras"; Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones (DGPSTC), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); México, D.F; 1991.
9. "Reglamento para la Operación de Vehículos sobre las Carreteras Nacionales"; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); México, D.F, 1962.

10. "Capítulo sobre Explotación de Caminos", "Ley de Vías Generales de Comunicación"; Dirección General del Autotransporte Federal (DGAF), SCT; México, D.F., 1980.
11. Archondo-Callao, Rodrigo; [Modelo de Costos de Operación Vehicular], "Vehicle Operating Cost Model", Versión 3.0; Transportation Department, World Bank; Washington, D.C; 1989.
12. Chesher, A. y R. Harrison; [Costos de Operación Vehicular, Evidencia de Países en Desarrollo], "Vehicle Operating Costs, Evidence from Developing Countries"; Transportation Department, World Bank; Washington, D.C; 1987.
13. Watanatada T, Harral, Clell G. y otros, [El Modelo de Estándares de Diseño y Mantenimiento de Carreteras, Volumen 1: Descripción del Modelo HDM-III], "The Highway Design and Maintenance Standards Model, Volume 1: Description of the HDM-III Model"; Transportation Department, World Bank; Washington, D.C; 1987.
14. Bein, P; [Adaptación del Modelo de Costos de Usuarios del HDM-III al Sistema de Información para la Administración de Pavimentos de Saskatchewan], "Adapting the HDM-III User Cost Model to Saskatchewan Pavement Management Information System", TRR 1229; Transportation Research Board; Washington, D.C; 1989.
15. [Manual de Capacidad de Carreteras 1965], "Highway Capacity Manual 1965"; Highway Research Board (HRB); Special Report 87; Washington, D.C; 1966.
16. "Estudio de las Características Geométricas y Tránsitos de los Corredores Seleccionados"; Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones (DGPSTC), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); México, D.F; 1991.
17. Gutiérrez H, José L; "Una Contribución de Campo al Conocimiento de la Utilización de Vehículos de Carga en Carreteras"; Tesis de Maestría en Sistemas de Transporte y Distribución de Carga; Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ); Querétaro, Qro; 1992.
18. Resendez E, Oswaldo; "Encuesta Realizada a Empresas Transportistas de la Región de Querétaro: Transportes Julián de Obregón, Transportes León-México, Transportes Tres Guerras, Transportes de Querétaro"; Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Sanfandila, Qro; 1991.
19. "La Construcción de Puentes en México"; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); México, D.F; 1985.

20. "Especificaciones de Puentes para Caminos"; Dirección General de Proyectos y Laboratorios (DGPYL), Secretaría de Obras Públicas (SOP); México, D.F.; 1960.
21. "Análisis de la Situación sobre el Peso y Dimensiones de los Vehículos de Carga en Otros Países"; Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones (DGPSTC), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); México, D.F.; 1991.
22. Bolaños J, Fernando; [Carga y Resistencia de los Pavimentos Flexibles, Método Simplificado], "Charge et Durabilite pour les Chaussees Souples, Methode Simplifiee"; Tesis de Maestría en Infraestructura de Transporte; París, Francia; Diciembre 17, 1991.

A N E X O A .

RESULTADOS DEL MODELO DE COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA EL VEHICULO TIPO "C2"

RESULTADOS DEL MODELO DE COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA EL VEHICULO TIPO "C2"

a) VEHICULO VACIO

Reporte de Datos de Entrada

Características de la Carretera.

1	Tipo de superficie.	1-Pav.; 0-No pav.	1.00
2	Rugosidad promedio. (IRI)	m/km.	3.70
3	Pendiente media ascendente.	%	2.50
4	Pendiente media descendente	%	2.50
5	Proporción de viaje ascendente	%	50.00
6	Curvatura horizontal promedio	grados/km	350.00
7	Sobreelevación promedio (peralte)	fracción	"0"
8	Altitud del terreno	m.	1000.00
9	Número efectivo de carriles	1-uno; 0-Más de uno	0.00

Características del Vehículo.

1	Peso del vehículo vacío	(kg)	6000.00
2	Carga útil	(kg)	0.00
3	Potencia máxima de operación	(Hp métrico)	105.00
4	Potencia máxima al freno	(Hp métrico)	200.00
5	Velocidad deseada	(km/hr)	90.00
6	Coeficiente aerodinámico de arrastre	(adimensional)	0.85
7	Area frontal proyectada	(m ²)	5.70
8	Velocidad calibrada del motor	(RPM)	1900.00
9	Factor de eficiencia energética	(adimensional)	1.00
10	Factor de ajuste decombustible	(adimensional)	1.15

Características de los Neumáticos.

1	Número de llantas por vehículo	(#)	6.00
2	Volúmen de hule utilizable por llanta	(dm ³)	7.60
3	Costo de renovación/costo de llanta nueva	(fracción)	0.30
4	Máximo número de renovaciones	(adimensional)	3.39
5	Término Cte. del modelo de desgaste	(dm ³ /m)	0.16
6	Coeficiente de desgaste	10E-3 (dm ³ /kj)	12.78

Datos Sobre la Utilización del Vehículo.

1	Número de km conducidos por año	(km)	100000.00
2	Número de horas conducidas por año	(hr)	1900.00
3	Indice de utilización horaria	(fracción)	0.80
4	Vida útil promedio de servicio	(años)	12.00
5	¿Usar vida útil constante?	1-Sí; 0-No	1.00
6	Edad del vehículo en kilómetros	(km)	600000.00
7	Número de pasajeros por vehículo	(#)	0.00

Costos Unitarios (En miles de pesos)

1	Precio del vehículo nuevo	\$	110150.00
2	Costo del combustible	\$/litro	0.49
3	Costo de los lubricantes	\$/litro	4.78
4	Costo por llanta nueva	\$/llanta	962.00
5	Tiempo de los operarios	\$/hr	11.00
6	Tiempo de los pasajeros	\$/hr	0.00
7	Mano de obra de mantenimiento	\$/hr	4.50
8	Retención de la carga	\$/hr	0.00
9	Tasa de interés anual	%	0.00
10	Costos indirectos por vehículo	\$	0.25

Reporte de Resultados.

Costos de Operación Total del Vehículo (%).

1	Consumo de Combustible	10.00
2	Uso de Lubricantes	1.51
3	Consumo de LLantas	13.71
4	Tiempo de los Operarios	15.42
5	Tiempo de los Pasajeros	0.00
6	Retención de la Carga	0.00
7	Mano de Obra de Mantenimiento	4.42
8	Refacciones	25.01
9	Depreciación	7.02
10	Intereses	1.00
11	Costos Indirectos	21.78

B) VEHICULO CARGADO

Reporte de Datos de Entrada (Vehículo Cargado).

Características de la Carretera.

1	Tipo de superficie.	1-Pav.; 0-No pav.	1.00
2	Rugosidad promedio. (IRI)	m/km.	3.70
3	Pendiente media ascendente.	%	2.50
4	Pendiente media descendente	%	2.50
5	Proporción de viaje ascendente	%	50.00
6	Curvatura horizontal promedio	grados/km	350.00
7	Sobreelevación promedio (peralte)	fracción "D"	
8	Altitud del terreno	m.	1000.00
9	Número efectivo de carriles	1-uno; 0-Más de uno	0.00

Características del Vehículo.

1	Peso del vehículo vacío	(kg)	6000.00
2	Carga útil	(kg)	30000.00
3	Potencia máxima de operación	(Hp métrico)	105.00
4	Potencia máxima al freno	(Hp métrico)	200.00

5	Velocidad deseada	(km/hr)	90.00
6	Coeficiente aerodinámico de arrastre	(adimensional)	0.85
7	Area frontal proyectada	(m ²)	5.70
8	Velocidad calibrada del motor	(RPM)	1900.00
9	Factor de eficiencia energética	(adimensional)	1.00
10	Factor de ajuste decombustible	(adimensional)	1.15

Características de los Neumáticos.

1	Número de llantas por vehículo	(#)	6.00
2	Volúmen de hule utilizable por llanta	(dm ³)	7.60
3	Costo de renovación/costo de llanta nueva	(fracción)	0.30
4	Máximo número de renovaciones	(adimensional)	3.39
5	Término Cte. del modelo de desgaste	(dm ³ /m)	0.16
6	Coeficiente de desgaste	10E-3 (dm ³ /kj)	12.78

Datos Sobre la Utilización del Vehículo.

1	Número de km conducidos por año	(km)	100000.00
2	Número de horas conducidas por año	(hr)	1900.00
3	Índice de utilización horaria	(fracción)	0.80
4	Vida útil promedio de servicio	(años)	12.00
5	¿Usar vida útil constante?	1-Sí; 0-No	1.00
6	Edad del vehículo en kilómetros	(km)	600000.00
7	Número de pasajeros por vehículo	(#)	0.00

Costos Unitarios (En miles de pesos)

1	Precio del vehículo nuevo	\$	110150.00
2	Costo del combustible	\$/litro	0.49
3	Costo de los lubricantes	\$/litro	4.78
4	Costo por llanta nueva	\$/llanta	962.00
5	Tiempo de los operarios	\$/hr	11.00
6	Tiempo de los pasajeros	\$/hr	0.00
7	Mano de obra de mantenimiento	\$/hr	4.50
8	Retención de la carga	\$/hr	0.00
9	Tasa de interés anual	%	0.00
10	Costos indirectos por vehículo	\$	0.25

Reporte de Resultados.

Costos de Operación Total del Vehículo (%).

1	Consumo de Combustible	20.59
2	Uso de Lubricantes	0.85
3	Consumo de Llantas	17.44
4	Tiempo de los Operarios	22.67
5	Tiempo de los Pasajeros	0.00
6	Retención de la Carga	0.00
7	Mano de Obra de Mantenimiento	2.50
8	Refacciones	14.76
9	Depreciación	8.87
10	Intereses	0.00
11	Costos Indirectos	12.32

A N E X O B.

**ANALISIS DE COSTOS DE OPERACION VEHICULAR
PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE VEHICULOS.**

Tabla B.1 COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA EL VEHICULO TIPO "C3"

PBV (ton)	1 CR (ton)	2COV_SI/Km (\$mx91)	COV_SI/ ton-Km	3COV_CI/Km (\$mx91)	COV_CI/ ton-km
(4)8	0	1440	-	1591	-
10	2	1478	739	1639	815
15	7	1588	227	1738	248
20	12	1713	143	1833	155
25	17	1852	109	2003	118
30	22	2008	91	2159	98
35	27	2193	81	2344	87
40	32	2494	78	2645	83
41	33	2619	79	2770	84
42	34	2848	84	2999	88
43	35	3606	103	3751	107

NOTAS:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo en toneladas
- (2) COV_SI = Costos de operación vehicular, sin incluir impuestos
- (3) COV_CI = Costos de operación vehicular, incluyendo impuestos
- (4) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de PBVs (posibles) observados para C3 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3)

Tabla B.2

COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA EL VEHICULO TIPO "T3-S2"

PBV (ton)	1 CR (ton)	2COV SI/Km (\$m ^x 91)	COV SI/ ton-Km	3COV CI/Km (\$m ^x 91)	COV CI/ ton-km
(4)15	0	2421	-	2672	-
20	5	2496	499	2747	549
25	10	2578	258	2829	283
30	15	2667	178	2928	195
35	20	2762	138	3013	151
40	25	2862	114	3114	125
45	30	2967	99	3218	107
50	35	3074	88	3326	95
55	40	3185	80	3436	86
60	45	3298	73	3549	79
65	50	3113	68	3665	73
70	55	3532	64	3783	69
75	60	3653	61	3905	65
80	65	3779	58	4031	62
85	70	3912	56	4163	59
90	75	4055	54	4306	57
95	80	4225	53	4467	56
100	85	4416	52	4667	55
105	90	4745	53	4997	56
110	95	6536	69	6789	71

NOTAS:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo en toneladas
- (2) COV_SI = Costos de operación vehicular, sin incluir impuestos
- (3) COV_CI = Costos de operación vehicular, incluyendo impuestos
- (4) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de PBVs (posibles) observados para C3 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3)

Tabla B.3

**COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA EL VEHICULO
TIPO "T3-S3"**

PBV (ton)	1 CR (ton)	2COV_SI/Km (\$mx91)	COV_SI/ ton-Km	3COV_CI/Km (\$mx91)	COV_CI/ ton-km
(4)17	0	2587	-	2888	-
20	3	2632	877	2934	978
25	8	2715	339	3016	377
30	13	2804	216	3105	239
35	18	2899	161	3200	178
40	23	2999	130	3301	144
45	28	3104	111	3405	122
50	33	3212	97	3513	106
55	38	3322	88	3624	95
60	43	3435	80	3737	87
65	48	3550	74	3852	80
70	53	3368	69	3969	75
75	58	3789	65	4090	71
80	63	3914	62	4215	67
85	68	4044	59	4345	64
90	73	4183	57	4484	64
95	78	4336	56	4637	59
100	83	4516	54	4818	58
105	88	4771	54	5073	58
110	93	5341	57	5732	62

NOTAS:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo en toneladas
- (2) COV_SI = Costos de operación vehicular, sin incluir impuestos
- (3) COV_CI = Costos de operación vehicular, incluyendo impuestos
- (4) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de PBVs (posibles) observados para C3 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3)

Tabla B.4

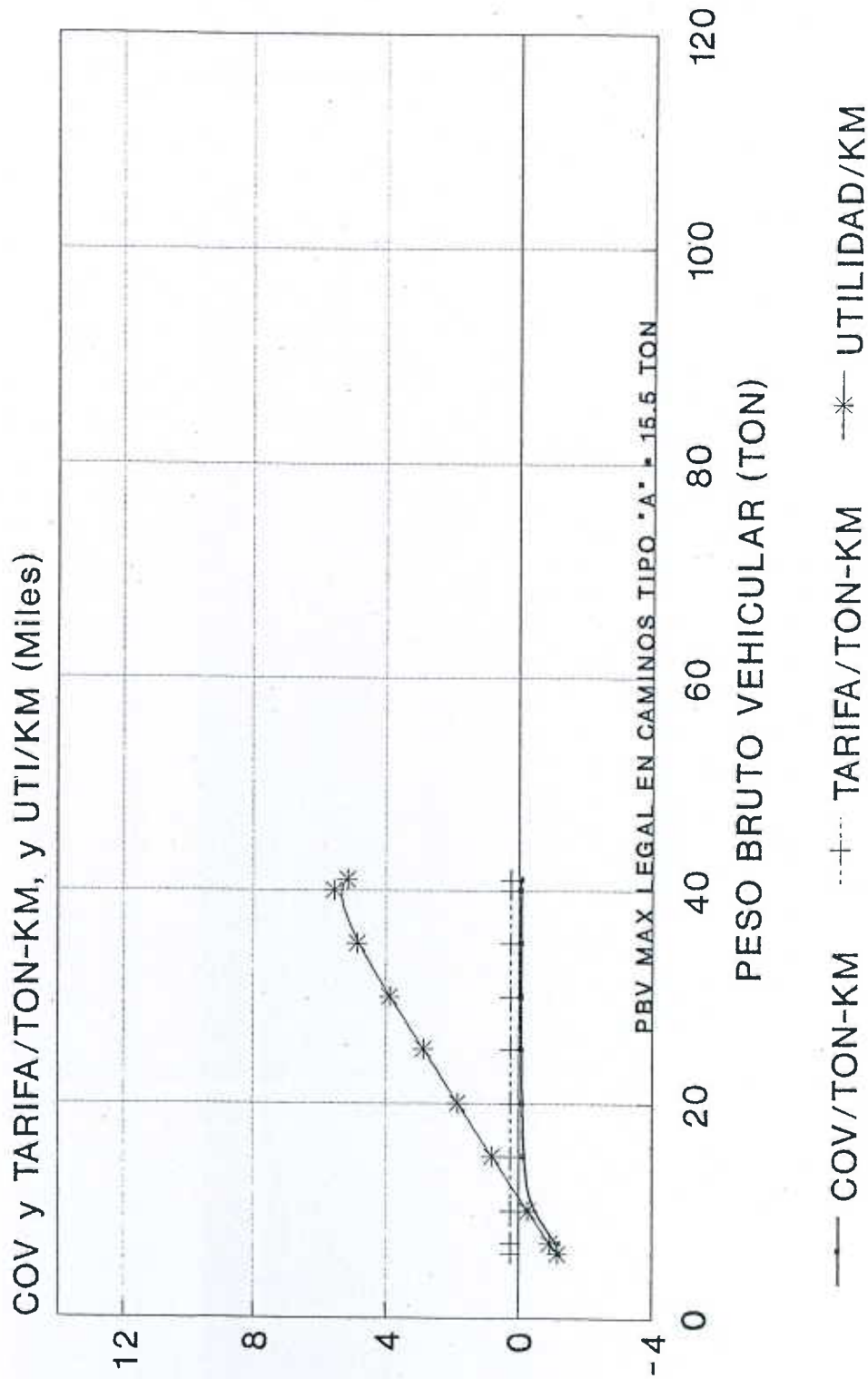
**COSTOS DE OPERACION VEHICULAR PARA EL VEHICULO
TIPO "T3-S2-R4"**

PBV (ton)	1 CR (ton)	2COV SI/Km (\$mx91)	COV SI/ ton-Km	3COV CI/Km (\$mx91)	COV CI/ ton-km
(4)25	0	3387	-	3838	-
30	5	3474	695	3926	785
35	10	3567	357	4019	402
40	15	3665	244	4117	274
45	20	3767	188	4220	211
50	25	3873	155	4326	173
55	30	3982	133	4434	148
60	35	4093	117	4545	130
65	40	4206	105	4658	116
70	45	4321	96	4774	106
75	50	4439	89	4891	98
80	55	4560	83	5012	91
85	60	4648	78	5137	86
90	73	4814	74	5266	81
95	78	4951	71	5403	77
100	75	5099	68	5552	74
105	80	5268	66	5721	72
110	85	5583	66	5936	70
115	90	5845	65	6298	70
120	95	7854	83	8306	87

NOTAS:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo en toneladas
- (2) COV_SI = Costos de operación vehicular, sin incluir impuestos
- (3) COV_CI = Costos de operación vehicular, incluyendo impuestos
- (4) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de PBVs (posibles) observados para C3 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3)

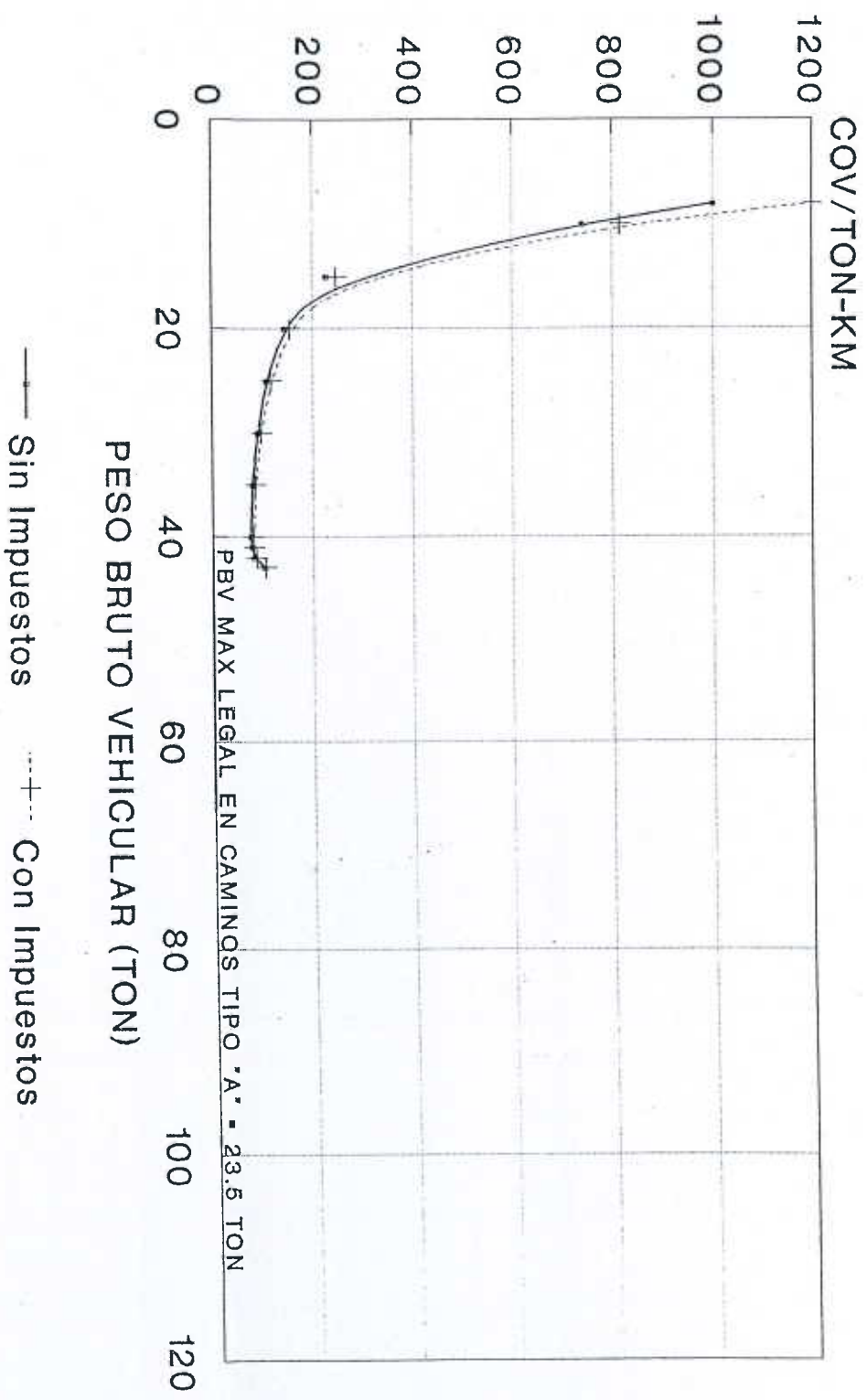
COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV VEHICULO TIPO "C2", TARIFA ALTA



CARGA MOVIDA=PBV-(PEO PROPIO VEH=6 ton)

Figura B.1

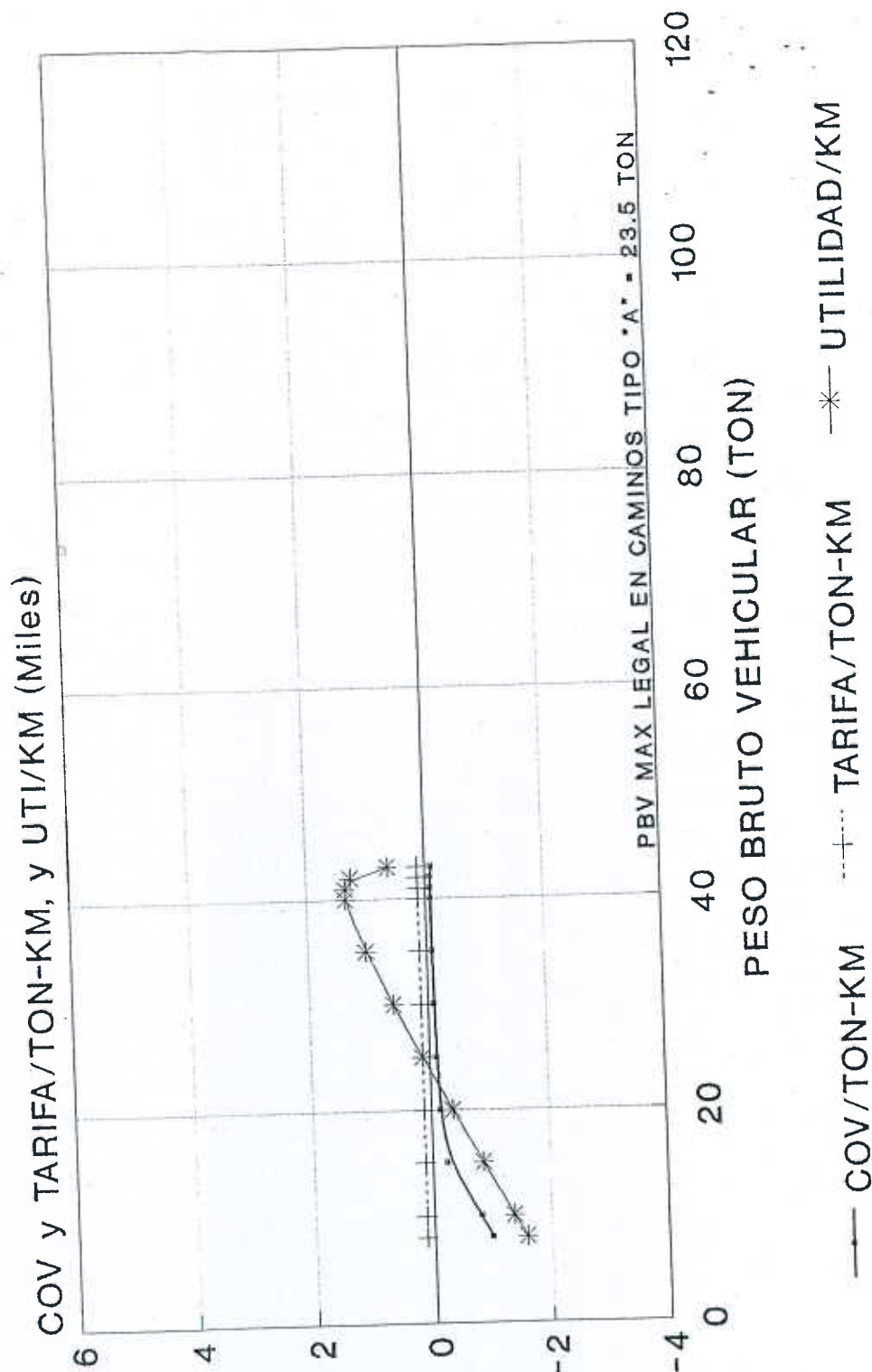
COV/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "C3"



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=8ton)

Figura B.2

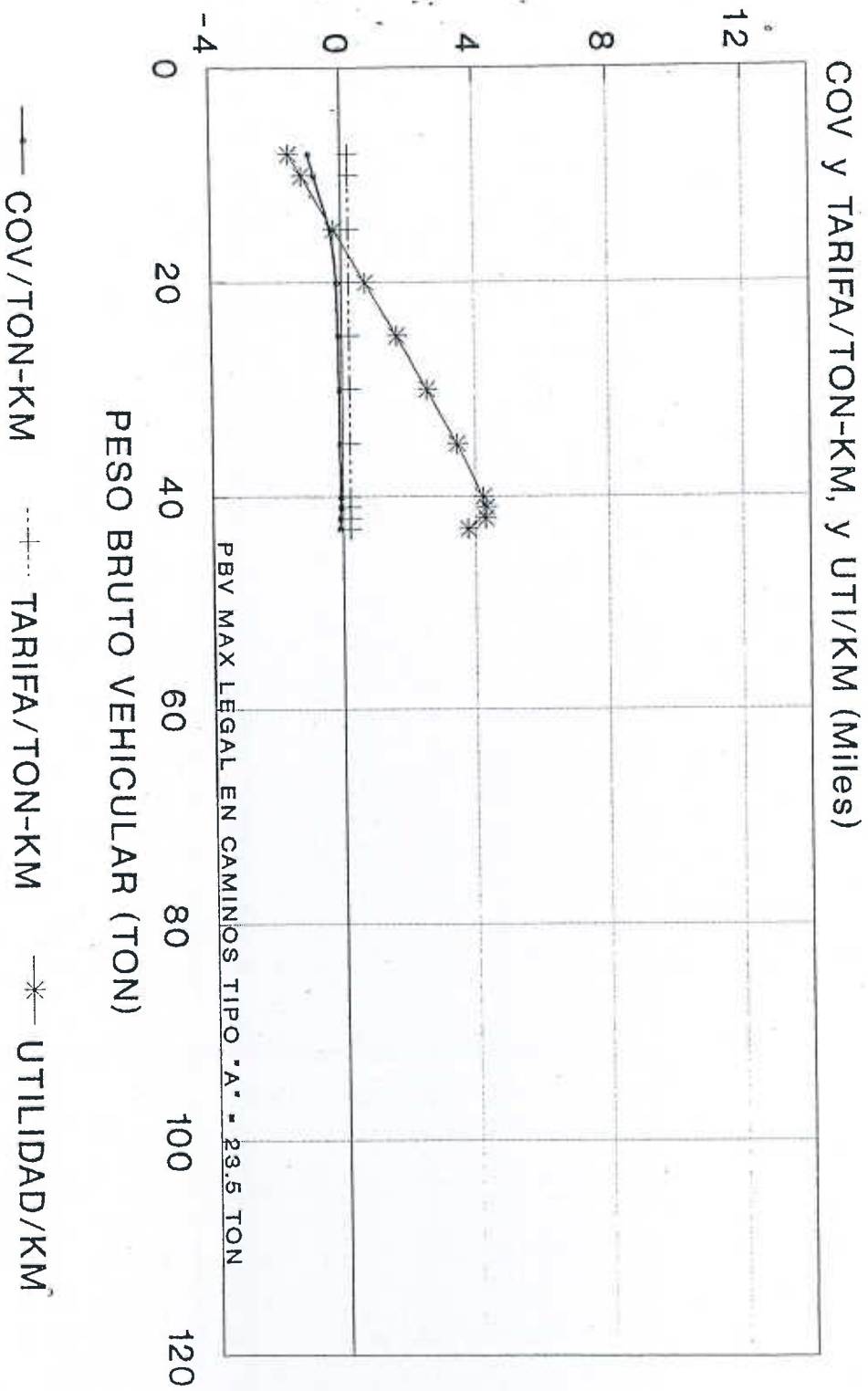
COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV VEHICULO TIPO "C3", TARIFA BAJA



CARGA MOVIDA=PBV-(PEO PROPIO VEH=8ton)

Figura B.3

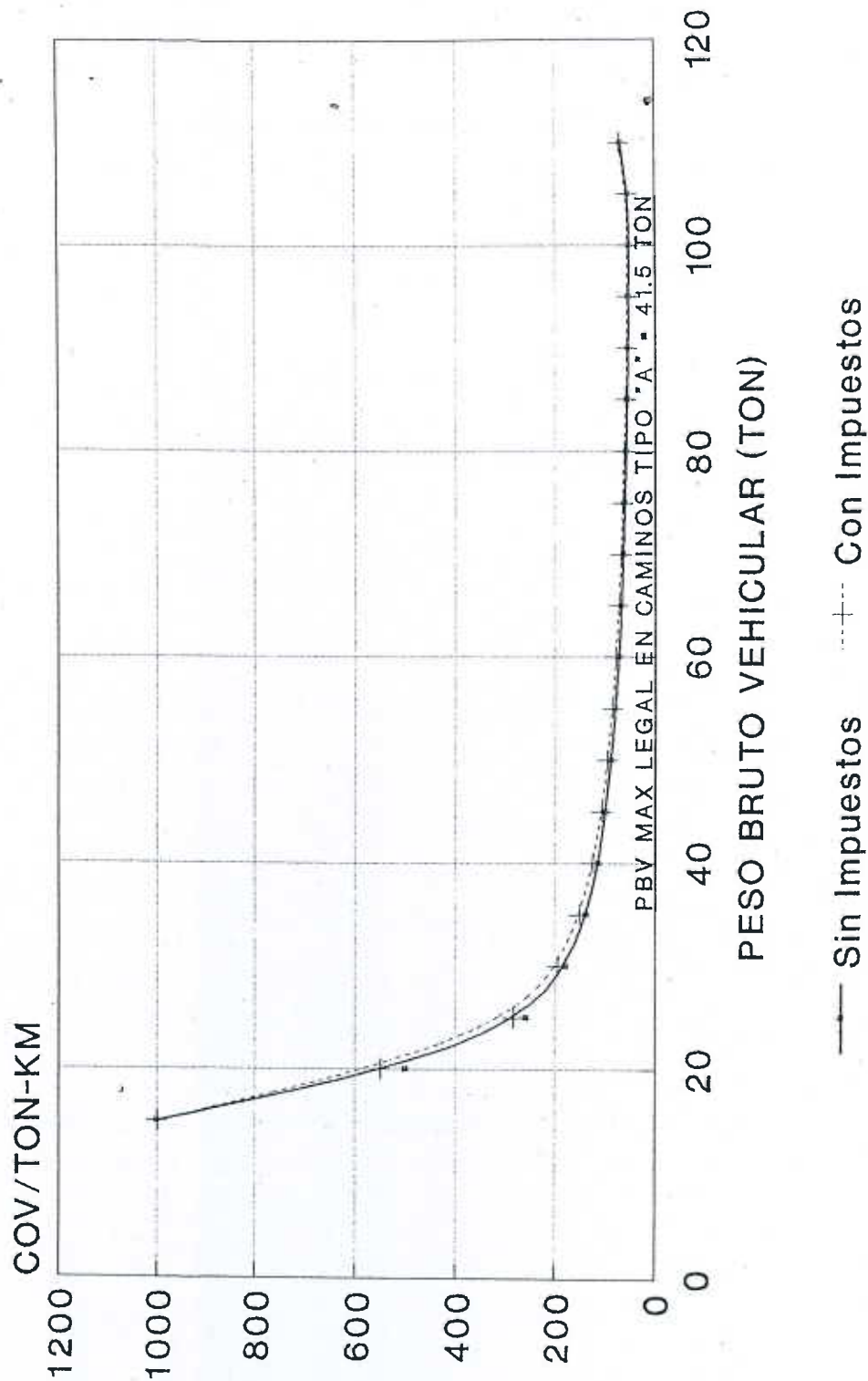
COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV VEHICULO TIPO "C3", TARIFA ALTA



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=8ton)

Figura B.4

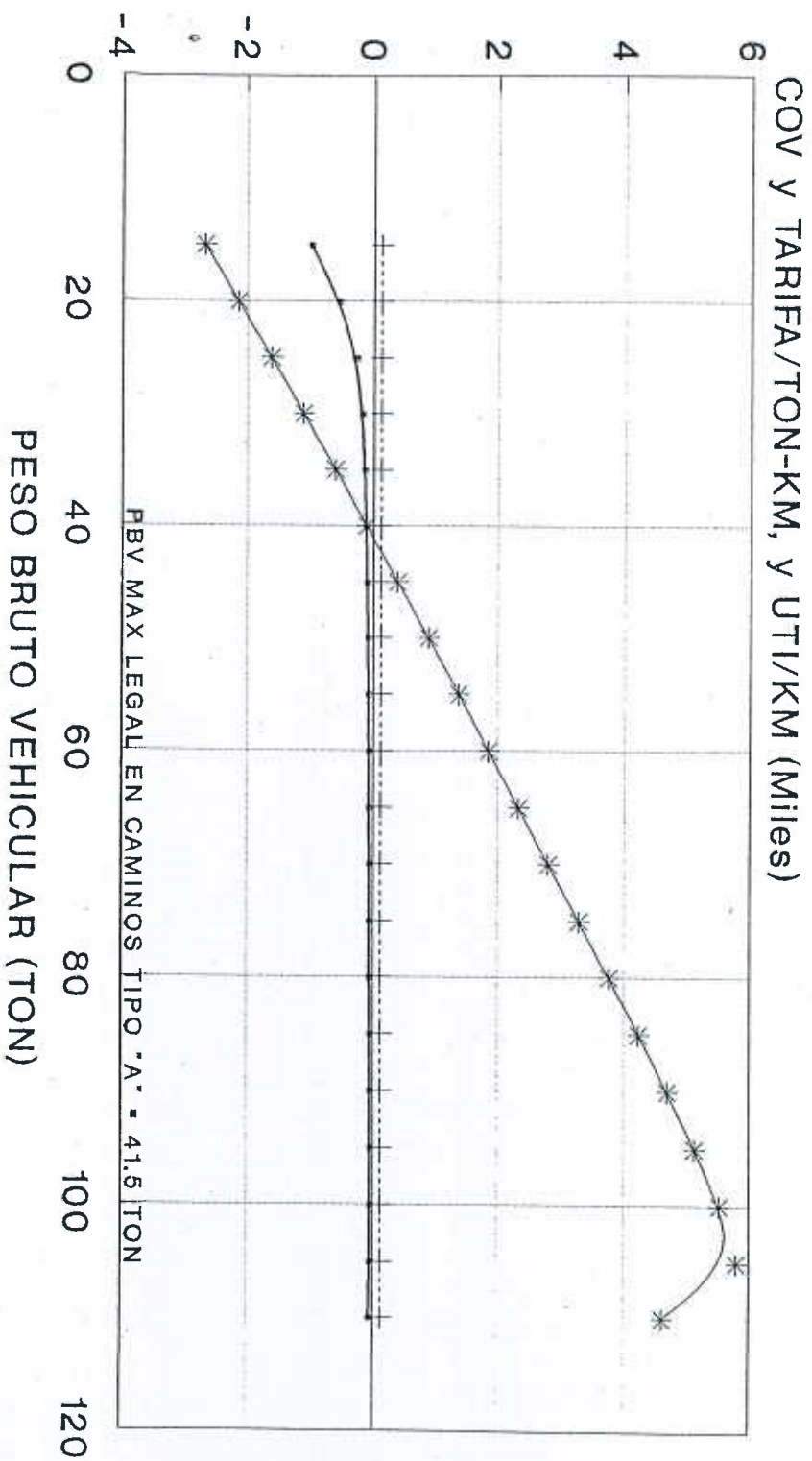
COV/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "T3-S2"



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=15ton)

Figura B.5

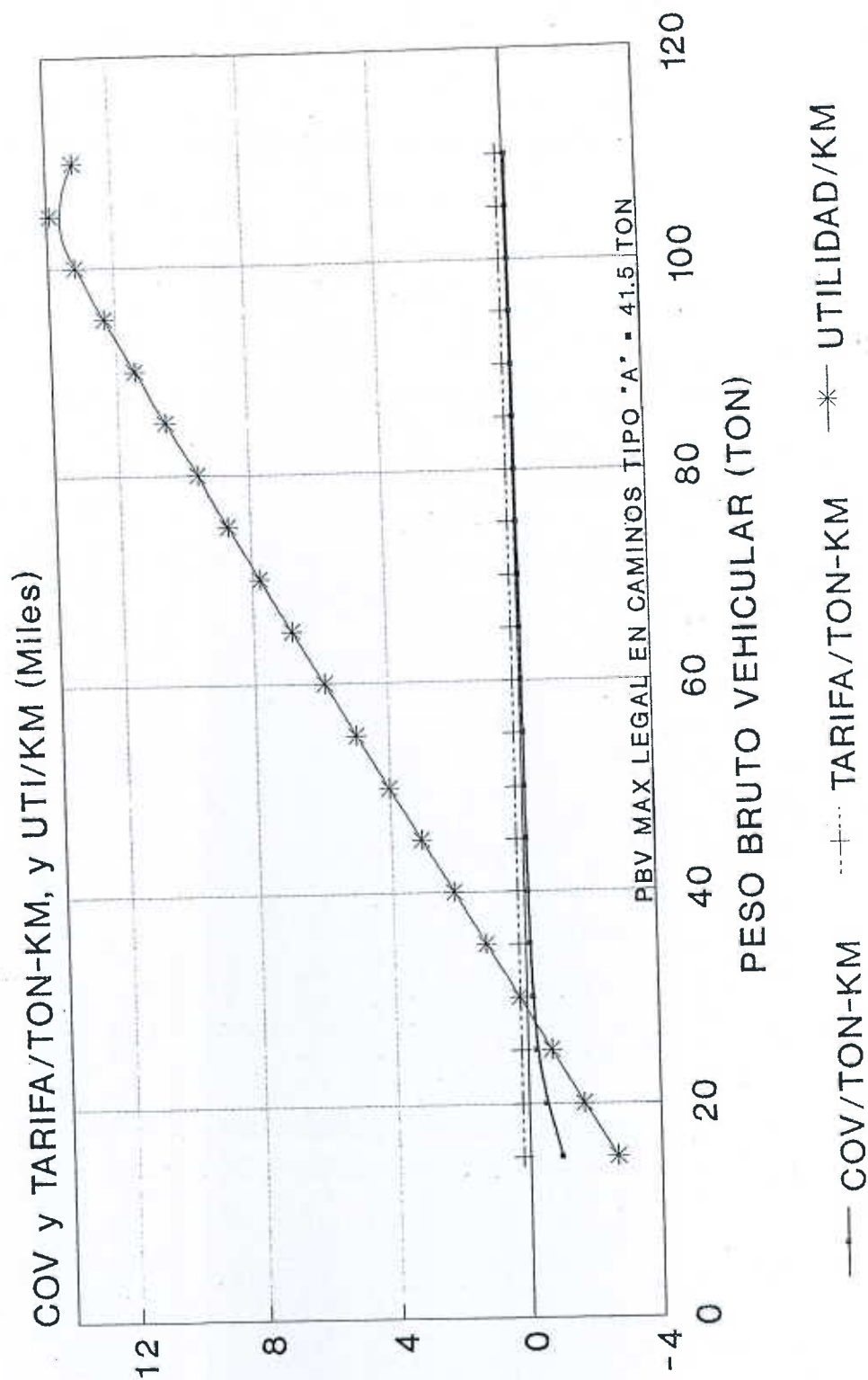
COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV VEHICULO TIPO "T3-S2", TARIFA BAJA



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=15ton)

Figura B.6

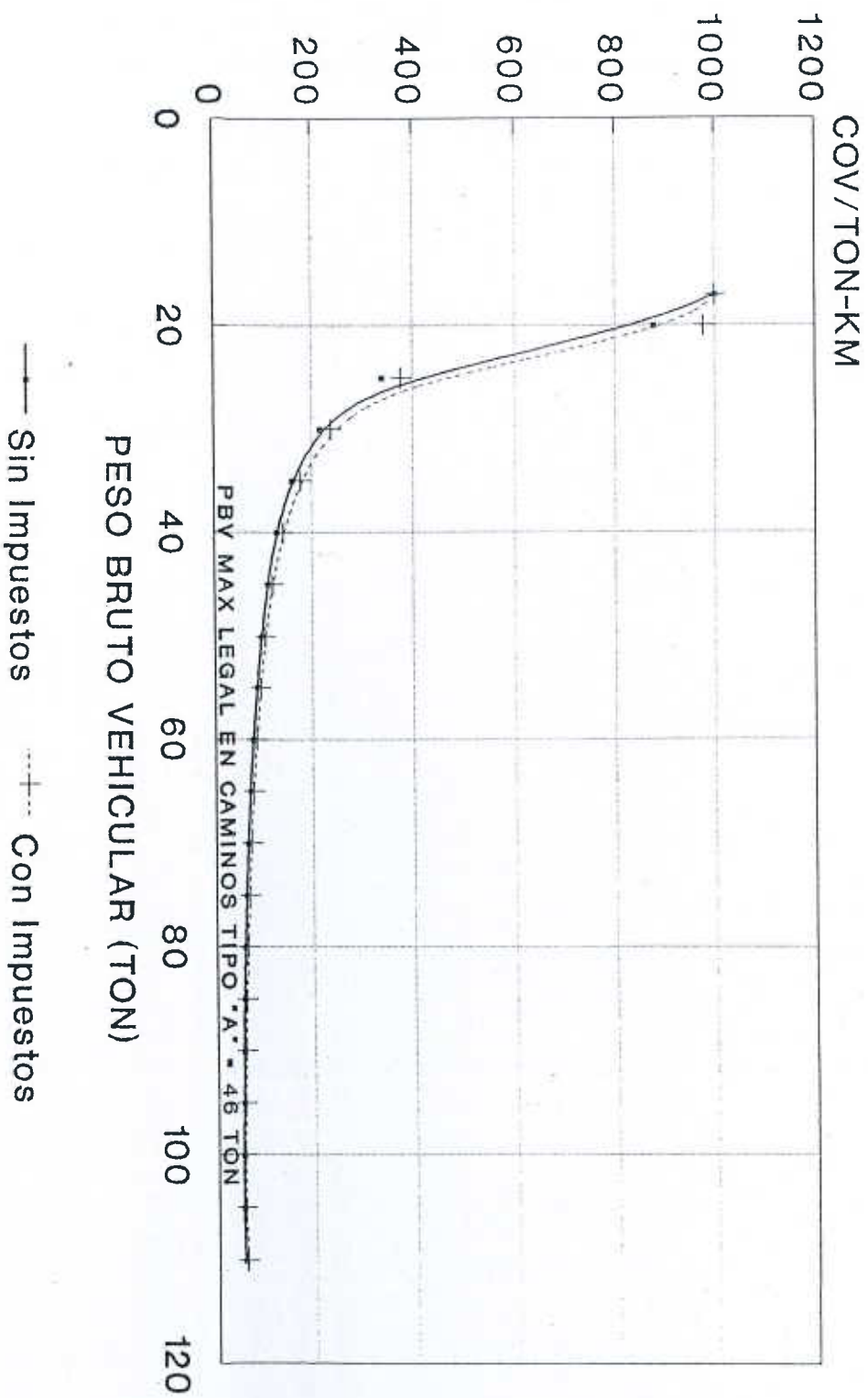
COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV VEHICULO TIPO "T3-S2", TARIFA ALTA



CARGA MOVIDA=PBV-(PEO PROPIO VEH=15ton)

Figura B.7

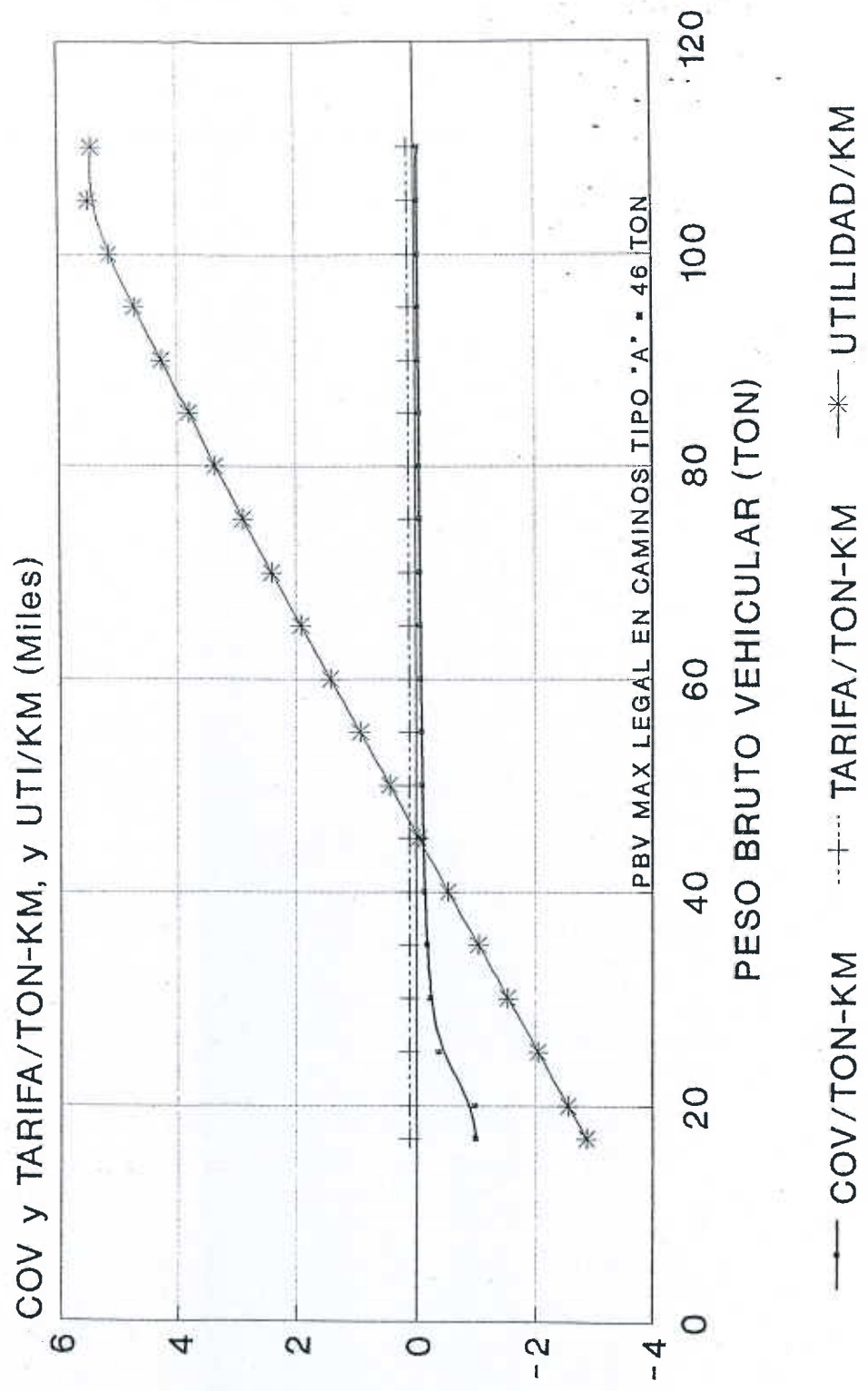
COV/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "T3-S3"



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=17ton)

Figura B.8

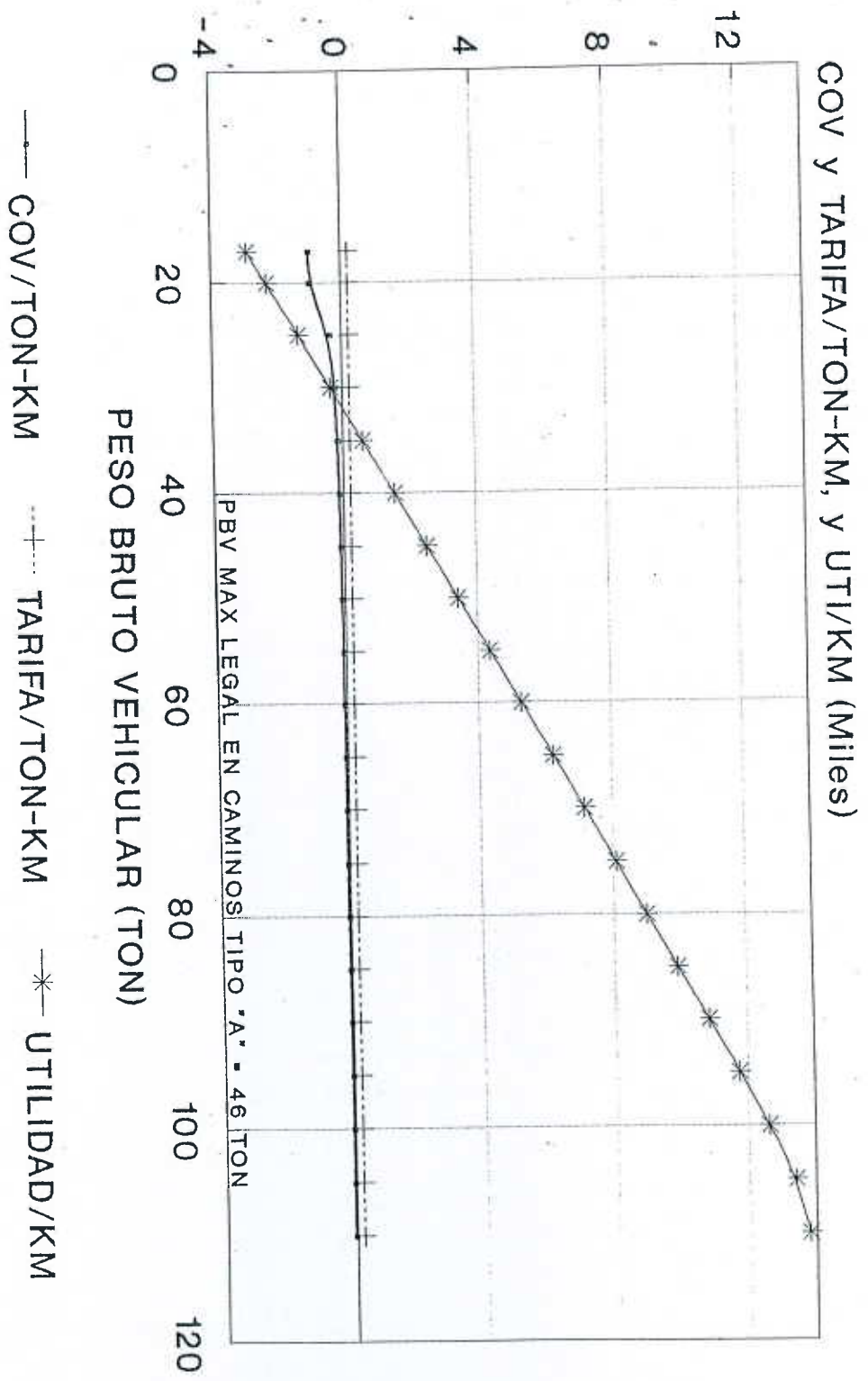
COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV
VEHICULO TIPO "T3-S3", TARIFA BAJA



CARGA MOVIDA=PBV-(PEO PROPIO VEH=17ton)

Figura B.9

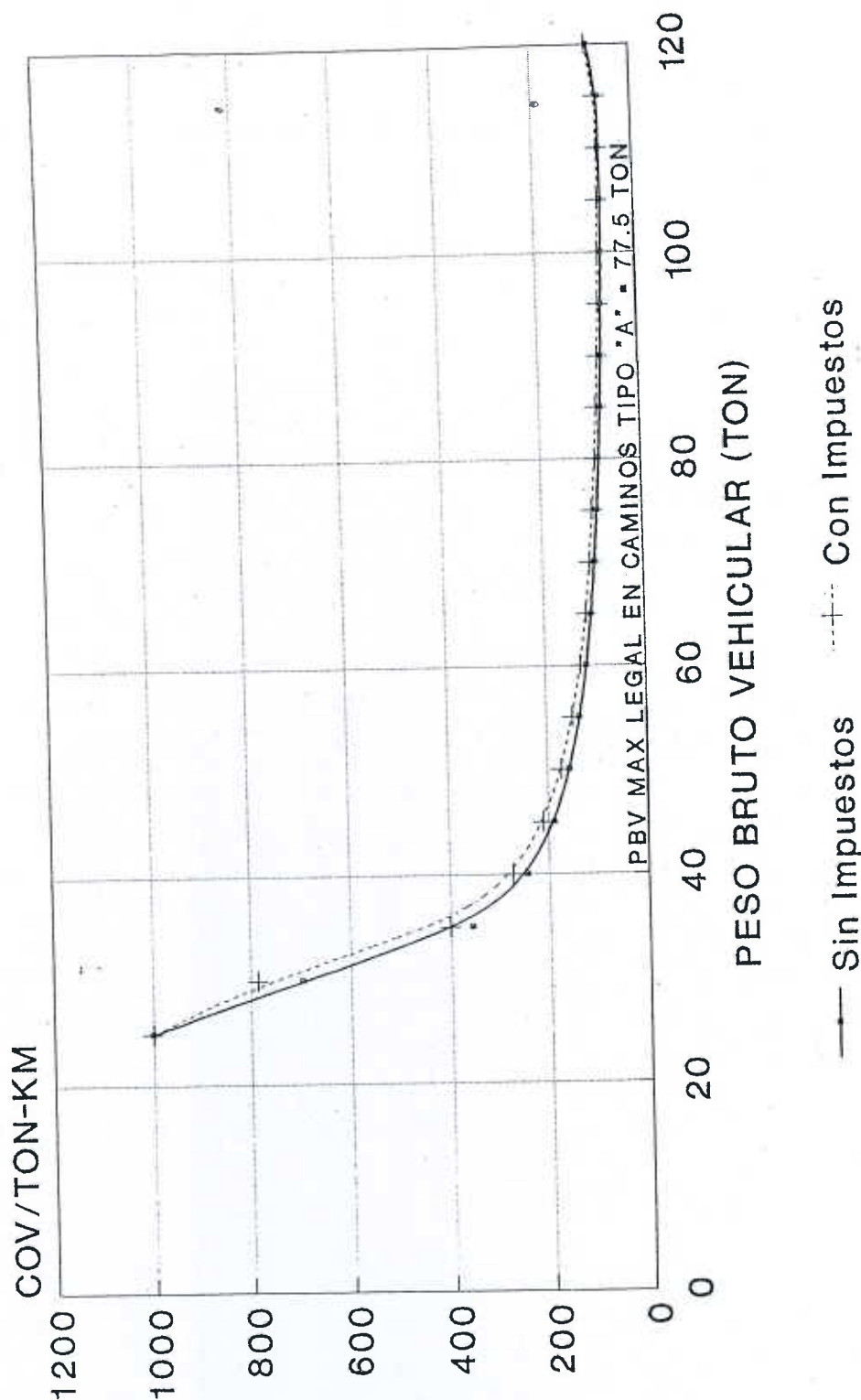
COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV VEHICULO TIPO "T3-S3", TARIFA ALTA



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=17ton)

Figura B.10

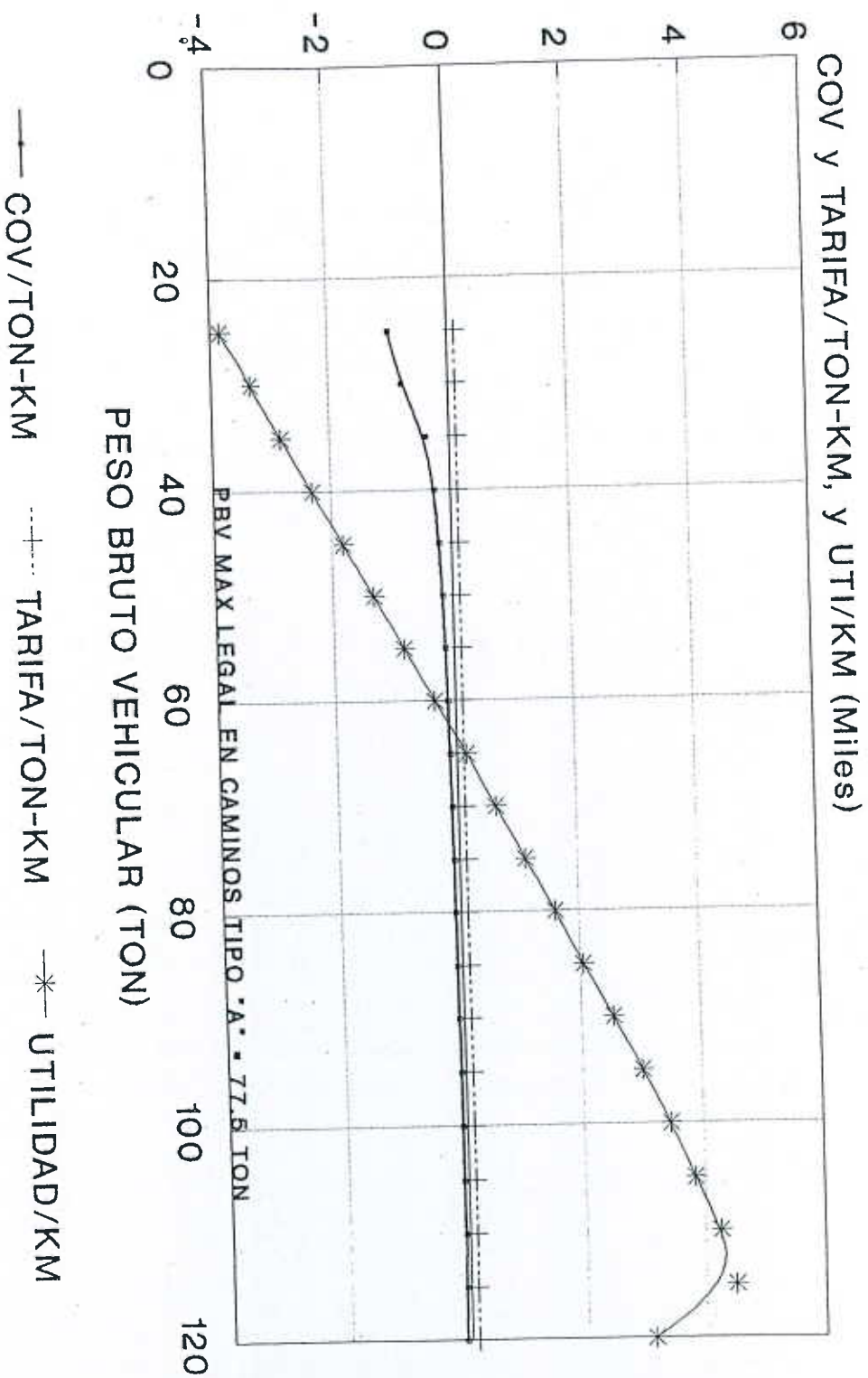
COV/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "T3-S2-R4"



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=25ton)

Figura B.11

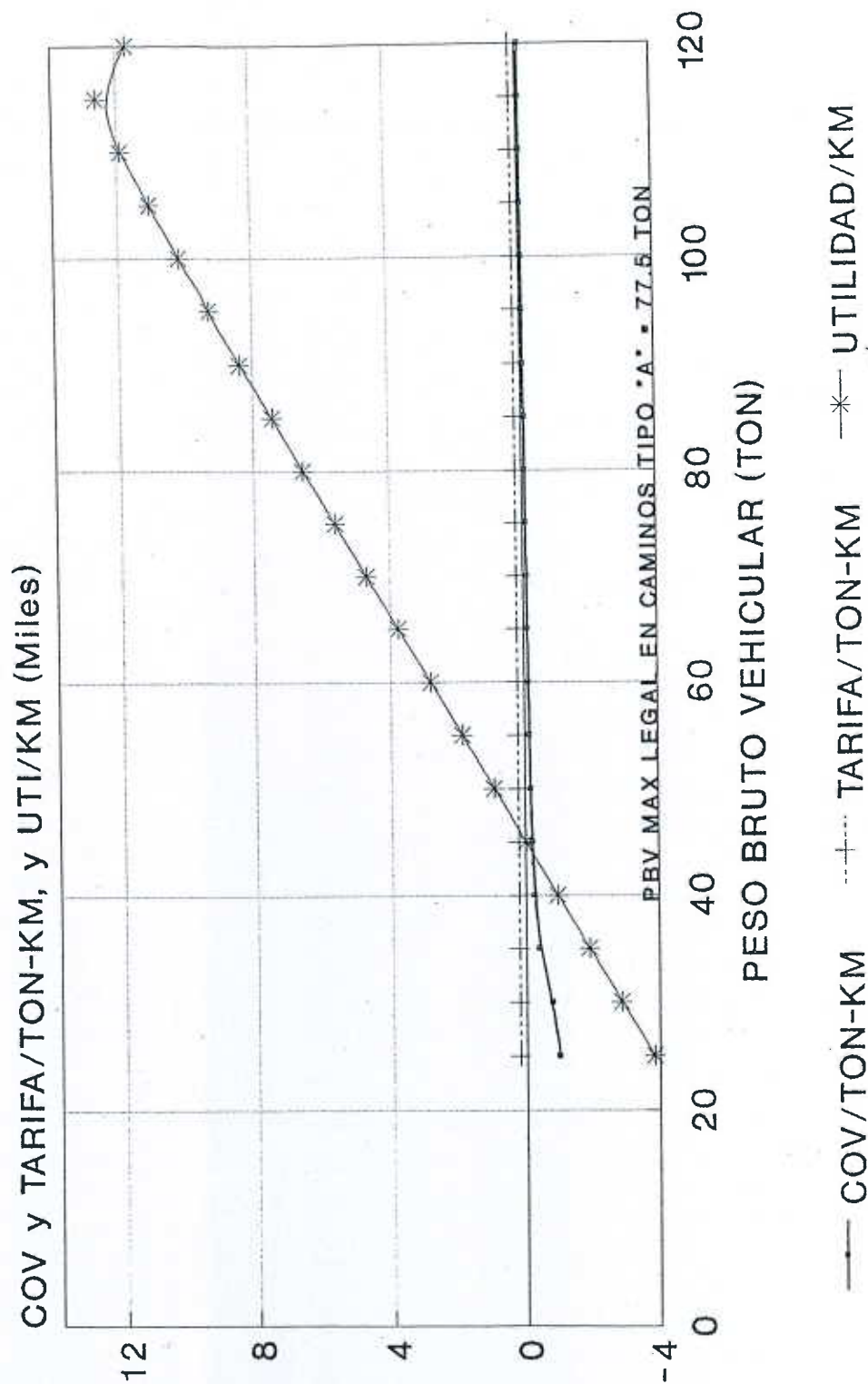
COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV VEHICULO TIPO "T3-S2-R4", TARIFA BAJA



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=25ton)

Figura B.12

COV y TARIFA/TON-KM, y UTI/KM vs PBV VEHICULO TIPO "T3-S2-R4", TARIFA ALTA



CARGA MOVIDA=PBV-(PESO PROPIO VEH=25ton)

Figura B.13

A N E X O C.

**DETERMINACION DEL COSTO DE APLICAR UN EJE
EQUIVALENTE SOBRE UN KM DE CARRETERA POR
CONCEPTO DE DETERIORO DE PAVIMENTOS.**

Tabla C.1 DETERMINACION DEL COSTO DE APLICAR UN EJE EQUIVALENTE SOBRE UN KILOMETRO DE CARRETERA SIN Y CON ACCIONES DE CONSERVACION EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LA RED BASICA NACIONAL.

CARRETERA	SECCION	LONGIT (km)	TPDA	SUM_L	VRS	ESP_NEC (cm)	COSTORM	CTKMA-EEQ (2)	COSTORM	CTKMA-EEQ (4)
Mex-Mor-Guadalajara	México-Toluca	66	32,837	107,594,178	10	56	346,000,000	3.22	420,000,000	3.90
	Toluca-Atzacmulco	65	11,377	39,411,769	3	102	621,859,459	15.78	695,859,459	17.66
	Atzacmulco-Est. Sta. Rosa	441	4,914	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
Guadalajara-Nogales	Est. Sta. Rosa-Guadalajara	35	17,699	79,035,222	3	102	621,859,459	7.87	695,859,459	8.80
	Guadalajara-Lim Edos Jal-Nay	116	6,877	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	Lim Edos Jal-Nay-Guasave	263	6,896	16,416,478	3	96	586,172,973	35.71	660,172,973	40.21
México-Cd. Juárez	Guasave-Los Mochis	55	12,533	39,327,242	3	96	586,172,973	14.91	660,172,973	16.79
	Los Mochis-Lim. Edos. Sin-Son	222	7,243	16,416,478	10	51	318,000,000	19.37	392,000,000	23.88
	Lim. Edos. Sin-Son-Hermosillo	252	7,247	16,416,478	10	51	318,000,000	19.37	392,000,000	23.88
México-Cd. Juárez	Hermosillo-Nogales	277	4,544	5,503,522	10	46	286,000,000	51.97	360,000,000	65.41
	México-Querétaro	211	24,698	107,594,178	3	105	639,702,703	5.95	713,702,703	6.63
	Querétaro-S.L. de la Paz	86	16,444	79,035,222	10	54	335,000,000	4.24	409,000,000	5.17
México-Matamoros	Sn. L. de la Paz-S.L.P.	118	16,444	79,035,222	10	54	335,000,000	4.24	409,000,000	5.17
	San Luis Potosí-Zacatecas	186	4,216	9,163,404	10	48	300,000,000	32.74	374,000,000	40.81
	Zacatecas-Cuencame	277	2,959	9,163,404	10	48	300,000,000	32.74	374,000,000	40.81
Zacatecas-Monclova	Cuencame-Torreón	111	4,527	5,503,522	10	48	300,000,000	54.51	374,000,000	67.96
	Torreón-Chihuahua	454	5,604	16,416,478	10	51	318,000,000	19.37	392,000,000	23.88
	Chihuahua-Ciudad Juárez	375	3,435	5,503,522	10	46	286,000,000	51.97	360,000,000	65.41
México-Matamoros	México-Pachuca	90	13,611	39,411,769	3	102	621,859,459	15.78	695,859,459	17.66
	Pachuca-Ciudad Valles	384	1,593	9,163,404	3	84	514,800,000	56.18	588,800,000	64.26
	Ciudad Valles-Matamoros	544	3,545	11,815,186	3	91	556,434,234	47.09	630,434,234	53.38
Zacatecas-Monclova	Zacatecas-Monclova	546	1,450	11,815,186	10	45	280,000,000	23.70	354,000,000	29.96
	Monterrey-Monclova	172	2,432	11,815,186	10	48	300,000,000	25.39	374,000,000	31.65
	Monclova-Piedras Negras	240	2,873	11,815,186	10	48	300,000,000	25.39	374,000,000	31.65
Morelos-Nvo. Laredo	Morelos-P. Negras-Nvo. Laredo	362	1,677	11,815,186	10	45	280,000,000	23.70	354,000,000	29.96
	Guadalajara-Aguascalientes	251	1,355	9,163,404	3	84	514,800,000	56.18	588,800,000	64.26
	Fresnillo-Durango	244	2,491	9,163,404	10	48	300,000,000	32.74	374,000,000	40.81
Durango-Torreón	Durango-Cuencame	144	2,590	9,163,404	10	48	300,000,000	32.74	374,000,000	40.81
	Morelia-Valle Santiago	89	3,746	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Valle Santiago-Salamanca	22	5,935	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
Morelia-Zacatecas	Salamanca-Irapuato-León	92	14,304	39,411,769	3	102	621,859,459	15.78	695,859,459	17.66
	León-Lim. Edos. Jal-Aguascal	101	6,745	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	Lim. Edos. Ajs-Jal-L. Eds. Ajs-Zac	94	4,398	9,163,404	3	91	556,434,234	60.72	630,434,234	68.80
Ags-Monterrey	Lim. Edos. Ajs-Zac-Zacatecas	74	4,398	9,163,404	10	48	300,000,000	32.74	374,000,000	40.81
	Ags.-Lim. Edos. Aguascal-Zac	27	3,105	9,163,404	3	91	556,434,234	60.72	630,434,234	68.80

Notas:

- TPDA Transito Promedio Diario Anual Vehicular
- SUM_L Sumatoria Total de Ejes Equivalentes Esperados en el Tramo
- VRS Valor Relativo de Soporte
- ESP_N Espesor Necesario de Pavimento

(1) Costo de Construcción de un kilómetro de pavimentos sin incluir acciones de conservación

(2) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilómetro de pavimento sin conservación

(3) Costo de Construcción de un kilómetro de pavimentos incluyendo acciones de conservación

(4) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilómetro de pavimento con conservación

Tabla C.2 DETERMINACION DEL COSTO DE APLICAR UN EJE EQUIVALENTE SOBRE UN KILOMETRO DE CARRETERA SIN Y CON ACCIONES DE CONSERVACION EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LA RED BASICA NACIONAL.

CARRETERA	SECCION	LONGIT (km)	TPDA	SUM_L	VRS	ESP_NEC (cm)	COSTO/KM (1)	CI/KM-EEQ (2)	COSTO/KM (3)	CI/KM-EEQ (4)
Monterrey-N. Laredo	Lim. Edos. Ags-jal-L. Eds. Jal-Gto	78	3,105	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Lim. Edos. Jal-Gto-Sn.L. Potosi	73	3,105	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
	S.L.P.-L. Edos. S.L.P.-Nvo. León	217	8,743	22,648,368	10	52	323,000,000	14.26	397,000,000	17.53
	Lim. Edos. S.L.P.-N. León-Coahuila	186	8,743	22,648,368	10	52	323,000,000	14.26	397,000,000	17.53
Monterrey-Reynosa	Lim. Edos. N. León-Coah-Monter.	140	9,577	22,648,368	10	52	323,000,000	14.26	397,000,000	17.53
	Monterrey-Sabinas-Nvo. Laredo	228	7,271	22,648,368	10	52	323,000,000	14.26	397,000,000	17.53
	Monterrey-Lim. Edos. N. León-Tms.	190	4,148	11,815,186	10	48	300,000,000	25.39	374,000,000	31.65
	Lim. Edos. N. León-Tms-Reynosa	35	4,148	11,815,186	10	48	300,000,000	25.39	374,000,000	31.65
S.L.P.-Barra de Nav.	S.L. Potosi-Lagos de Moreno	150	3,105	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	L. de Moreno-Tepat-Guadaluajara	211	7,503	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	Guadaluajara-Entronque Acatlán	34	16,185	79,035,222	10	54	335,000,000	4.24	409,000,000	5.17
	Entronque Acatlán-Tecolotlán	68	6,517	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
N. Laredo-Matamoros	Tecolotlán-Barra de Navidad	193	2,431	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
	Nvo. Laredo-Reynosa-Matamoros	328	3,158	11,815,186	10	48	300,000,000	25.39	374,000,000	31.65
	Saltillo-Torreón	277	2,814	11,815,186	3	91	558,434,234	47.09	630,434,234	53.36
	Durango-Lim. Edos. Dgo-Sin.	189	1,707	5,503,522	10	42	259,000,000	47.06	333,000,000	60.51
Mex-Mor-Manzanillo	Lim. Edos. Dgo-Sin-Mazatlán	130	1,707	5,503,522	3	80	491,009,009	89.22	565,009,009	102.66
	Toluca-Mor-Zam-L. Eds. Jal-Mich	338	4,230	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Lim. Edos. Jal-Mich. Jal-Col	149	3,644	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Lim. Edos. Jal-Col-V. Union, Sin.	131	6,039	16,416,478	3	96	586,172,973	35.71	660,172,973	40.21
México-Manzanillo	Ramal Cd. Guzman-Trapiche	85	4,583	5,503,522	10	47	293,000,000	53.24	367,000,000	66.68
	Trapiche-Colima	10	6,899	16,416,478	10	51	318,000,000	19.37	392,000,000	23.88
	México-San Martín Texmelucan	92	22,923	107,594,178	10	56	346,000,000	3.22	420,000,000	3.90
	Sn. Martín Texmelucan-Tlaxcala	25	3,040	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
México-Perote	Tlaxcala-Apizaco	18	7,588	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
	Apizaco-Zacatepec	73	4,800	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Zacatepec-Perote	46	5,787	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
	Jalapa-Perote	56	10,781	39,411,769	10	54	335,000,000	8.50	409,000,000	10.38
Jalapa-Monterrey	Perote-Nautla-Papanitla	216	4,412	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Papanitla-Poza Rica-Tuxpan	78	7,283	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	Tuxpan-Ozuluama-Tampico	191	3,392	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Tampico-Altamira	24	6,890	22,648,368	3	99	604,016,216	26.67	678,016,216	29.94
Mex-Taxco-Acapulco	Altamira-Cd. Vico-Montemorelos	421	4,821	11,815,186	3	91	556,434,234	47.09	630,434,234	53.36
	Montemorelos-Monterrey	82	18,723	79,035,222	10	49	307,000,000	3.88	381,000,000	4.82
	Mex.-Cuernavaca-Taxco-Iguala	191	3,056	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05

Notas: TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual Vehicular
SUM_L = Sumatoria Total de Ejes Equivalentes Esperados en el Tramo
VRS = Valor Relativo de Soporte
ESP_N = Espesor Necesario de Pavimento

(1) Costo de Construcción de un kilómetro de pavimentos sin incluir acciones de conservación
(2) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilómetro de pavimento sin conservación
(3) Costo de Construcción de un kilómetro de pavimentos incluyendo acciones de conservación
(4) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilómetro de pavimento con conservación

"MEXICO COMUNICA CON SEGURIDAD"

CIUDAD DE MEXICO

Av. Popocatepetl 506 B
Col. Xoco
03330 México, D.F.
Tels. 688 76 29
688 76 03
Fax 688 76 08

SAN FANDILA

Km 4+000, Carretera
Querétaro-Los Galindo
76700 San Fandila, Qro.
Tels. (42) 16 97 77
16 96 46
16 95 97
Fax (42) 16 96 71

Tabla C.3 DETERMINACION DEL COSTO DE APLICAR UN EJE EQUIVALENTE SOBRE UN KILOMETRO DE CARRETERA SIN Y CON ACCIONES DE CONSERVACION EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LA RED BASICA NACIONAL.

CARRETERA	SECCION	LONGIT (km)	TPDA	SUM_L	VRS	ESP_NEC (cm)	COSTO/KM (1)	CT/KM-EEQ (2)	COSTO/KM (3)	CT/KM-EEQ (4)
Mex-Oax-Tehuantepec	Iguala-Zumpango del Rio	86	7,181	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	Zumpango del Rio-Chilpancingo	14	10,649	39,411,769	3	102	621,859,459	15.78	695,859,459	17.66
	Chilpancingo-Acapulco	133	6,783	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	México-Guerravaca	79	21,238	107,594,178	10	56	346,000,000	3.22	420,000,000	3.90
	Guerravaca-Alpuyecá	26	10,623	39,411,769	10	54	335,000,000	8.50	409,000,000	10.38
	Alpuyecá-Amacuzac	22	8,370	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
	Amacuzac-Iguala	54	5,757	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
	México Tlaximanco	21	14,890	39,411,769	3	102	621,859,459	15.78	695,859,459	17.66
	Tlaximanco-Cuautla-Amayuca	114	7,253	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	Amayuca-I. De Matamoros-Huitzo	310	3,318	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
Tehuantepec-Acayucan	Huitzo-Oaxaca	31	7,835	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	Oaxaca-Tlaxirolula-Tehuantepec	251	2,599	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Tehuantepec-Entr. La Ventosa	40	5,187	18,345,938	3	97	592,120,721	32.28	666,120,721	36.31
	Ent. La Ventosa-Palis-Acayucan	181	3,920	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Ent. La Vent.-S.P. Tapanatepec	92	3,218	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	S.P. Tapan.-Mapasat-Tapachula	292	4,553	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Tapachula-Talisman	19	4,336	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Tapanatepec-Cintalapa	79	1,534	9,995,734	3	85	520,747,748	52.10	594,747,748	59.50
	Cintalapa-Ocozacoautla	50	3,899	9,995,734	10	47	293,000,000	29.31	367,000,000	36.72
	Ocozacoautla-Tuxtla Gtz	20	6,418	20,061,221	10	51	318,000,000	15.85	392,000,000	19.54
T. Gtz-Villahermosa	Arriaga-Las Cruces	49	1,600	9,995,734	10	44	273,000,000	27.31	347,000,000	34.71
	Tuxtla Gtz-S.C. Las Casas-Huixtl	379	4,437	9,995,734	10	47	293,000,000	29.31	367,000,000	36.72
	Ent. Escopetazo-Pichucalco	183	776	9,995,734	3	85	520,747,748	52.10	594,747,748	59.50
	Pichucalco-E. Teapa-Villaherm	76	3,478	9,995,734	3	90	550,486,486	55.07	624,486,486	62.48
	Villahermosa-Entr. Aerop.	12	12,261	42,924,688	3	102	621,859,459	14.49	695,859,459	16.21
	Ent. Aeropuerto-E. Est. Macuspana	34	5,906	20,061,221	3	97	592,120,721	29.52	666,120,721	33.20
	Ent. E. Macusp-Escárcega-Chetumal	528	2,160	9,995,734	3	90	550,486,486	55.07	624,486,486	62.48
	Chetumal-P.A.L. Sant-Pto Juárez	359	1,436	9,995,734	10	44	273,000,000	27.31	347,000,000	34.71
	Villaherm-Ocuilatzapoltan	18	5,644	20,061,221	3	97	592,120,721	29.52	666,120,721	33.20
	Ocuilatzap-Front-Camp-Mérida	604	4,210	9,995,734	10	47	293,000,000	29.31	367,000,000	36.72
Merida-Pto. Juárez	Campeche-Uman	176	2,245	9,995,734	10	47	293,000,000	29.31	367,000,000	36.72
	Merida-Valladolid-Pto. Juárez	321	1,367	9,995,734	10	44	273,000,000	27.31	347,000,000	34.71
	México-San Martín Texmelucan	91	41,654	107,594,178	10	56	346,000,000	3.22	420,000,000	3.90
	Sn.M. Texmelucan-Puebla (cuota)	34	15,975	79,035,222	10	54	335,000,000	4.24	409,000,000	5.17
	Sn.M. Texmelucan-Puebla (libre)	44	6,699	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
Mex-Puebla-Oaxaca										

Notas:

- TPDA Transito Promedio Diario Anual Vehicular
- SUM_L Sumatoria Total de Ejes Equivalentes Esperados en el Tramo
- VRS Valor Relativo de Soporte
- ESP_N Espesor Necesario de Pavimento

(1) Costo de Construcción de un kilometro de pavimentos sin incluir acciones de conservación

(2) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilometro de pavimento en conservación

(3) Costo de Construcción de un kilometro de pavimentos incluyendo acciones de conservación

(4) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilometro de pavimento con conservación

Tabla C.4 DETERMINACION DEL COSTO DE APLICAR UN EJE EQUIVALENTE SOBRE UN KILOMETRO DE CARRETERA SIN Y CON ACCIONES DE CONSERVACION EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LA RED BASICA NACIONAL.

CARRETERA	SECCION	LONGIT (km)	TPDA	SUM.L	VRS	ESP. NEC (ton)	COSTO/KM (1)	CT/KM-EEQ (2)	COSTO/KM (3)	CT/KM-EEQ (4)
Ver-Minat-Villaherm	Puebla-Amozoc	14	15,270	79,035,222	3	102	621,859,459	7.87	695,859,459	8.80
	Amozoc-Tecamachalco-Tehuacán	102	9,128	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	Tehuacán-Teot-de F.M.-Huitzo	205	2,648	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
	Huitzo-Oaxaca	31	7,835	20,061,221	10	51	318,000,000	15.85	392,000,000	19.54
	Veracruz-Covarr-Acayucan	246	4,695	9,995,734	3	90	550,486,486	55.07	624,486,486	62.42
Jalapa-Coatzacoalc	Acayucan-Minatitlán	39	11,600	42,924,688	3	102	621,859,459	14.49	695,859,459	16.21
	Benito Juárez-Cardenas	56	7,286	20,061,221	3	97	592,120,721	29.52	666,120,721	33.20
	Cárdenas-Villahermosa	48	13,041	42,924,688	3	102	621,859,459	14.49	695,859,459	16.21
	Jalapa-Veracruz	114	7,973	20,061,221	3	97	592,120,721	29.52	666,120,721	33.20
	Veracruz-Ent.Paso del Toro	22	12,953	42,924,688	3	102	621,859,459	14.49	695,859,459	16.21
Tijuana-C.S. Lucas	Ent.Paso del Toro-Est.La Tin.	49	4,688	9,995,734	3	90	550,486,486	55.07	624,486,486	62.48
	Ent.La Tinalá-Gabino Barrera	88	8,720	20,061,221	3	96	586,172,973	29.22	660,172,973	32.91
	Gabino Barrera-Sayula	158	5,425	16,416,478	3	97	592,120,721	36.07	666,120,721	40.58
	Tijuana-La Misión	60	6,612	16,416,478	10	51	318,000,000	19.37	392,000,000	23.88
	La Misión-Ensenada	47	13,141	39,327,242	10	51	318,000,000	8.09	392,000,000	9.97
Tijuana-Ensenada	Ensenada-R.S.Taboada	16	11,111	39,327,242	10	51	318,000,000	8.09	392,000,000	9.97
	R.S.T.-Loreto-Cabo Sn. Lucas	1547	1,533	5,503,522	10	42	259,000,000	47.06	333,000,000	60.51
	Ent.T.S.Lucas-Ent.T.Santos	132	835	5,503,522	10	42	259,000,000	47.06	333,000,000	60.51
	La Paz-Pichilingue	18	2,747	5,503,522	10	46	286,000,000	51.97	360,000,000	65.41
	Tijuana-Rosario	26	13,820	39,327,242	10	51	318,000,000	8.09	392,000,000	9.97
Hermosillo-Tijuana	Rosario-Ensenada	82	6,430	16,416,478	10	51	318,000,000	19.37	392,000,000	23.88
	S.A.-Pitiquito-Cab-Sn.L.R.Color	450	5,000	16,416,478	10	46	286,000,000	17.42	360,000,000	21.93
	Sn.L.Rio Colorado-Tehuantepec	35	7,056	16,416,478	10	51	318,000,000	19.37	392,000,000	23.88
	Tehuantepec-Mexicali	42	22,875	122,707,951	10	57	352,000,000	2.87	426,000,000	3.47
	Mexicali-Tecate	140	4,532	5,503,522	10	48	286,000,000	51.97	360,000,000	65.41
Imuris-E.Cd.Juárez	Tecate-Tijuana	49	6,136	16,416,478	10	51	318,000,000	19.37	392,000,000	23.88
	Ensenada-El Chinero	196	369	5,503,522	10	42	259,000,000	47.06	333,000,000	60.51
	Mexicali-El Faro	37	11,504	39,327,242	10	51	318,000,000	8.09	392,000,000	9.97
	El Faro-Sn.Felipe-Pio.Penasco	159	1,659	5,503,522	10	42	259,000,000	47.06	333,000,000	60.51
	Sonoyta-Puerto Peñasco	100	1,340	5,503,522	10	42	259,000,000	47.06	333,000,000	60.51
Yapachic-Chih-Ojin	Hermosillo-Bahía de Kino	107	3,333	5,503,522	10	46	286,000,000	51.97	360,000,000	65.41
	Hermosillo-San Nicolás	197	380	5,503,522	10	42	259,000,000	47.06	333,000,000	60.51
	Imuris-Aguia Prieta-E.Cd.Juárez	537	2,379	5,503,522	3	89	544,538,739	98.94	618,538,739	112.39
	Yapachic-A.L.Mateos-Cuautémoc	218	1,669	5,503,522	3	80	491,009,009	89.22	565,009,009	102.68
	Cuautémoc-Chihuahua	104	4,673	5,503,522	10	46	286,000,000	51.97	360,000,000	65.41
Notas:	Chihuahua-Aldama-Ojinaga	230	2,313	5,503,522	10	46	286,000,000	51.97	360,000,000	65.41
	TPDA	-	-	-	(1)	-	-	-	-	-
	SUM.L	-	-	-	(2)	-	-	-	-	-
	VRS	-	-	-	(3)	-	-	-	-	-
	ESP.N	-	-	-	(4)	-	-	-	-	-

Tabla C.5 DETERMINACION DEL COSTO DE APLICAR UN EJE EQUIVALENTE SOBRE UN KILOMETRO DE CARRETERA SIN Y CON ACCIONES DE CONSERVACION EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LA RED BASICA NACIONAL.

CARRETERA	SECCION	LONGIT (km)	TPDA	SUM_L	VRS	ESP NEG (cm)	COSTO/KM (1)	CT/KM-EEQ (2)	COSTO/KM (3)	CT/KM-EEQ (4)
Guadalupe-Jiménez G. Trias-Durango	Guadalupe-Parral-Jiménez	309	2,382	11,815,186	10	46	286,000,000	24.21	380,000,000	30.47
	G. Trias-Parral-Matam-Dgo	557	1,632	11,815,186	10	42	259,000,000	21.92	333,000,000	28.18
	Boquillas del C.-Nueva Rosita	275	2,267	11,815,186	10	48	300,000,000	25.39	374,000,000	31.65
Monterrey-Cd. Mier Montemorelos-China	Monterrey-Dr. Glez-Cd. Mier	156	4,522	11,815,186	10	48	300,000,000	25.39	374,000,000	31.65
	Montemorelos-General Terán-China	89	2,554	11,815,186	10	48	300,000,000	25.39	374,000,000	31.65
	Cadereyta-Allende	37	5,158	22,648,368	10	52	323,000,000	14.26	397,000,000	17.53
Est. Manuel-La Coma	Ent. S. Roberto-Linares	98	835	11,815,186	10	45	280,000,000	23.70	354,000,000	29.96
	Ent. Reyn(C. Vict-Matam)-Reynosa	120	1,675	11,815,186	10	45	280,000,000	23.70	354,000,000	29.96
	Ent. Manuel-Aldam-S. La Marina	148	2,479	11,815,186	3	91	556,434,234	47.09	630,434,234	53.36
Cd. Vict-S. L. Marina Cd. Victoria-S. L. P.	S. La Marina-E. N. Bravo-L. Coma	86	1,376	11,815,186	3	86	526,695,495	44.58	600,695,495	50.84
	Cd. Vict-Casas-Soto La Marina	121	1,234	11,815,186	3	86	526,695,495	44.58	600,695,495	50.84
	Cd. Vict-E. C/Carr(80)-Entronque	180	1,315	11,815,186	10	45	280,000,000	23.70	354,000,000	29.96
E.C.(80)-Ant. Morel Guanajuato-Durango	El Entronque-San Luis Potosí	58	7,980	22,648,368	10	52	323,000,000	14.26	397,000,000	17.53
	E.Carr/Carr(80)-Ant. Morelos	140	1,928	11,815,186	3	86	526,695,495	44.58	600,695,495	50.84
	Guanajuato-S. Papasquirol-V. Carr	252	1,339	11,815,186	10	42	259,000,000	21.92	333,000,000	28.18
Tepic-Tehuantepec	El Palmito-Bermejillo	159	311	11,815,186	10	45	280,000,000	23.70	354,000,000	29.96
	Zacatecas-Jalpa	149	2,430	11,815,186	10	46	286,000,000	24.21	360,000,000	30.47
	Tepic-Xalisco	7	8,435	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
Zac-Guadalupe Guad-Pto. Vallarta	Xalisco-Aquili-Serdán-Sayulita	130	4,873	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Sayulita-Puerto Vallarta	43	6,870	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	P. Vall.-Mel-Manz-Zih-B. Ejido	837	4,758	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
Guadalupe-Colima	Bajo del Ejido-Acapulco	19	10,289	39,411,769	10	54	335,000,000	8.50	409,000,000	10.38
	Acapulco-E. P. Angel-S. Cruz	644	1,260	9,163,404	10	44	273,000,000	29.79	347,000,000	37.87
	Salina Cruz-Tehuantepec	17	6,763	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
Morelia-Guadalupe	Entr. Malpaso-Jeréz-Guadalupe	268	4,049	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
	Guadalupe-Ameca	78	5,790	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
	Ameca-Mascota	80	3,260	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
Morelia-Uruapan	Entonque Acatlán-Cd. Guzmán	97	7,230	18,345,938	20	34	225,000,000	12.26	299,000,000	16.30
	Ent. Acatlán-Lim. Edos. Col-Jal	159	4,894	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
	Lim. Edos. Col-Jal-Colima	30	8,899	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
Morelia-Uruapan	Jiquilpan-Sahuayo-Jocotepec	98	1,607	9,163,404	3	84	514,800,000	56.18	588,800,000	64.26
	Jocotepec-Entronque Acatlán	21	5,721	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
	Jocotepec-Chapala	26	4,402	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
Morelia-Uruapan	Morelia-Morelos	5	8,275	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
	Morelos-Patzcuaro	50	5,084	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
	Pátzcuaro-Uruapan	54	3,552	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05

Notas:

- TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual Vehicular
- SUM_L = Sumatoria Total de Ejes Equivalentes Esperados en el Tramo
- VRS = Valor Relativo de Soporte
- ESP_N = Espesor Necesario de Pavimento

(1) Costo de Construcción de un kilómetro de pavimento sin incluir acciones de conservación
(2) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilómetro de pavimento sin conservación
(3) Costo de Construcción de un kilómetro de pavimentos incluyendo acciones de conservación
(4) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilómetro de pavimento con conservación

Tabla C.7 DETERMINACION DEL COSTO DE APLICAR UN EJE EQUIVALENTE SOBRE UN KILOMETRO DE CARRETERA SIN Y CON ACCIONES DE CONSERVACION EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LA RED BASICA NACIONAL.

CARRETERA	SECCION	LONGIT (km)	TPDA	SUM_L	VRS	ESP_NEC (cm)	COSTO/KM (1)	CT/KM-EEQ (2)	COSTO/KM (3)	CT/KM-EEQ (4)
Mexico-Tampico	Izucar de Matamoros-At-Pueb Mexico-Pachuca	67	8,698	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
Mexico-Tampico	Pach-Atot El Gde-Huej, de R Mexico-Piramide	88	13,611	39,411,769	3	102	621,859,459	15.78	695,859,459	17.66
		229	3,645	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
		53	3,593	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
	Piramide-Entronque Carr(130) Entronque Carr(130)-Tulancingo	68	6,307	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
		8	3,431	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
	Tulancingo-Xicotepec de J Xicotepec de J-Poza Rica	76	6,072	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
		82	4,424	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
Poza Rica-Veracruz	Tehuacan-El Alazan-Tempoal Nautla-J. Cardel	155	2,728	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
		122	3,133	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
	J. Cardel-Veracruz	42	7,973	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
Puebla-Huachinango	Puebla-Tlaxcala-Apizaco Apizaco-Lim-Edos. Tlax-Pue	55	8,962	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
		58	2,083	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
Pue-Mtz De La Torre	Amozoc-Teziutli-Tlapacoyan E. Carr(140/150)-Acatzingo	196	3,064	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
Puebla-Jalapa		15	5,648	18,345,938	10	51	318,000,000	17.33	392,000,000	21.37
	Acatzingo-Zacatepec	40	4,058	9,995,734	3	90	550,486,486	55.07	624,486,486	62.48
Puebla-Veracruz	Puebla-Cordoba Cordoba-La Tinaja, Ver	178	15,450	79,311,981	10	54	335,000,000	4.22	409,000,000	5.16
		64	11,241	42,924,688	3	102	621,859,459	14.49	695,859,459	16.21
	Tehuacan-Cd. Mendoza, Ver	65	3,305	9,995,734	10	47	293,000,000	29.31	367,000,000	36.72
Puebla-Veracruz	Cd. Mendoza-Cordoba E. Carr(140,150)-S.S. Saco	33	7,420	20,061,221	3	96	586,172,973	29.22	660,172,973	32.91
		74	1,864	9,995,734	3	84	514,800,000	51.50	588,800,000	58.91
Cordoba-Veracruz	Fortin-Tlaxotepec Tlaxotepec-Veracruz	60	4,099	9,995,734	3	90	550,486,486	55.07	624,486,486	62.48
		112	820	9,163,404	3	84	514,800,000	55.18	588,800,000	64.26
Tehuacan-Huajuapán	Tehuacan-Huajuapán de León Tlaxotait-G. Barrera-B. Juárez	118	588	9,163,404	10	44	273,000,000	29.79	347,000,000	37.87
Tlaxotalpan-Pro. Ang	B. Juárez-Chiltepec-Oaxaca Oaxaca-E. Zimatl-Oc. De Morelos	125	4,397	9,163,404	3	90	550,486,486	60.07	624,486,486	68.15
		222	1,488	9,163,404	3	84	514,800,000	56.18	588,800,000	64.26
Oax-Santiago Pinot	Oaxaca-E. Zimatl-Oc. De Morelos Oc. de Mor-Eju de Crespo-P. Ang	35	9,293	18,345,938	3	96	586,172,973	31.95	660,172,973	35.98
Mexico-Tuxtla Gtz	E. Carr(125/190)-Pinotepa. Nal	251	2,571	9,163,404	10	47	293,000,000	31.98	367,000,000	40.05
Cardenas-Raunales	Tuxtepec-Palomares Cardenas-Huimanguillo	268	698	9,163,404	10	44	273,000,000	29.79	347,000,000	37.87
		158	1,268	9,995,734	3	85	520,747,748	52.10	594,747,748	59.50
	Huimang-Alto Amacote-Raudales	21	5,233	20,061,221	3	97	592,120,721	29.52	666,120,721	33.20
Champoton-Escarcega		97	2,493	9,995,734	3	90	550,486,486	55.07	624,486,486	62.48
Merida-Progreso	Champoton-Escarcega	86	1,565	9,995,734	10	44	273,000,000	27.31	347,000,000	34.71
Merida-Valladolid	Merida-Progreso Merida-Motul-Tizimin-Valladol	33	6,332	20,061,221	10	51	318,000,000	15.85	392,000,000	19.54
		217	1,204	9,995,734	10	44	273,000,000	27.31	347,000,000	34.71
	Tizimin-Rio Lagartos	53	344	9,995,734	10	44	273,000,000	27.31	347,000,000	34.71

- Notas:
- TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual Vehicular
 - SUM_L = Sumatoria Total de Ejes Equivalentes Esperados en el Tramo
 - VRS = Valor Relativo de Soporte
 - ESP_N = Espesor Necesario de Pavimento
- (1) Costo de Construcción de un kilómetro de pavimentos sin incluir acciones de conservación
(2) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilómetro de pavimento sin conservación
(3) Costo de Construcción de un kilómetro de pavimentos incluyendo acciones de conservación
(4) Costo de Aplicación de un eje de 8.2 ton en un kilómetro de pavimento con conservación

A N E X O D.

ANALISIS DE COSTOS DE DETERIORO DE INFRAESTRUCTURA PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE VEHICULOS.

Tabla D.1. **COSTOS DE DETERIORO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA PARA EL VEHICULO TIPO "C3".**

PBV (tn)	¹ CR (ton)	² CUDP/km (\$MX91)	³ CDP/ ton-km	⁴ CUDPu/km (\$MX91)	⁵ CDPu/ ton-km	⁶ CUDI/km (\$MX91)	⁷ CDI/ ton-km
(8) ⁸	0	-	-	-	-	-	-
10	2	3	1.7	0	0.2	3	1.8
15	7	26	3.8	2	0.3	27	4.1
20	12	111	9.3	8	0.6	119	9.9
25	17	320	18.8	23	1.4	342	20.1
30	22	710	32.3	50	2.3	759	34.5
35	27	1302	48.3	93	3.5	1395	51.8
40	32	2082	65.1	144	4.5	2226	69.6
41	33	2258	68.4	164	5.0	2421	73.4
42	34	2436	71.7	174	5.1	2610	76.8
43	35	2621	74.9	189	5.4	2810	80.3

Notas:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo, en ton.
- (2) CUDP/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Pavimento/km de carretera.
- (3) CDP = Costo de Deterioro de Pavimento.
- (4) CUDPu/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Puentes/km de carretera.
- (5) CDPu = Costo de Deterioro de Puentes.
- (6) CUDI = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de la Infraestructura Carretera.
- (7) CDI = Costo de Deterioro de la Infraestructura Carretera.
- (8) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de PBVs (posibles) observados para C3 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3). Las cantidades que no se encuentran en negrillas corresponden a PBVs no observados en campo y sólo sirven para ilustrar las tendencias de los CDI.

Tabla D.2. **COSTOS DE DETERIORO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA PARA EL VEHICULO TIPO "T3-S2".**

PBV (ton)	¹ CR (ton)	² CUDP/k (\$MX91)	³ CDP/ ton-km	⁴ CUDPu/km (\$MX91)	⁵ CDPu/ ton-km	⁶ CUDI/km (\$MX91)	⁷ CDI/ ton-km
(8)15	0	-	-	-	-	-	-
20	5	15	3.0	2	0.2	17	3.2
25	10	41	4.1	3	0.3	44	4.4
30	15	95	6.3	8	0.5	102	6.8
35	20	198	9.9	15	0.8	213	10.7
40	25	369	14.9	27	1.1	396	15.9
45	30	626	20.9	45	1.5	671	22.4
55	40	1413	35.4	102	2.6	1515	38.0
60	45	1935	43.1	135	3.0	2070	46.1
65	50	2549	51.0	180	3.6	2729	54.6
70	55	3263	59.4	231	4.2	3494	63.6
75	60	4076	68.0	288	4.8	4364	72.8
80	65	4989	76.8	351	5.4	5340	82.2
85	70	5997	85.7	431	6.2	6428	91.8
90	75	7097	94.7	507	6.8	7604	101.4
95	80	8283	103.5	588	7.4	8871	110.9
100	85	9552	112.4	689	8.1	10241	120.5
105	90	10914	121.1	783	8.7	11682	129.8
110	95	12317	129.6	884	9.3	13200	138.9

Notas:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo, en ton.
- (2) CUDP/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Pavimento/km de carretera.
- (3) CDP = Costo de Deterioro de Pavimento.
- (4) CUDPu/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Puentes/km de carretera.
- (5) CDPu = Costo de Deterioro de Puentes.
- (6) CUDI = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de la Infraestructura Carretera.
- (7) CDI = Costo de Deterioro de la Infraestructura Carretera.
- (8) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de PBVs (posibles) observados para T3-S2 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3). Las cantidades que no se encuentran en negrillas corresponden a PBVs no observados en campo y sólo sirven para ilustrar las tendencias de los CDI.

Tabla D.3. **COSTOS DE DETERIORO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA PARA EL VEHICULO TIPO "T3-S3".**

PBV (ton)	¹ CR (ton)	² CUDP/k (\$MX91)	³ CDP/ ton-km	⁴ CUDPu/km (\$MX91)	⁵ CDPu/ ton-km	⁶ CUDI/km (\$MX91)	⁷ CDI/ ton-km
(8) 17	0	-	-	-	-	-	-
20	3	12	4.1	2	0.3	14	4.4
25	8	30	3.8	3	0.3	33	4.1
30	13	63	4.8	5	0.3	68	5.1
35	18	123	6.9	8	0.5	131	7.4
40	23	224	9.8	18	0.8	242	10.5
45	28	380	13.5	26	0.9	405	14.4
50	33	603	18.3	45	1.4	648	19.7
55	38	905	23.9	63	1.7	968	25.5
60	43	1289	30.0	90	2.1	1379	32.1
65	48	1758	36.6	129	2.7	1887	39.3
70	53	2304	43.5	167	3.2	2471	46.7
75	58	2919	50.4	209	3.6	3128	54.0
80	63	3602	57.2	255	4.1	3857	61.2
85	68	4364	64.2	317	4.7	4680	68.9
90	73	5202	71.3	372	5.1	5574	76.4
95	78	6116	78.5	434	5.6	6549	84.0
100	83	7098	85.5	510	6.2	7608	91.7
105	88	8148	92.6	581	6.6	8727	99.2
110	93	9263	99.6	656	7.1	9918	106.7

Notas:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo, en ton.
- (2) CUDP/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Pavimento/km de carretera.
- (3) CDP = Costo de Deterioro de Pavimento.
- (4) CUDPu/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Puentes/km de carretera.
- (5) CDPu = Costo de Deterioro de Puentes.
- (6) CUDI = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de la Infraestructura Carretera.
- (7) CDI = Costo de Deterioro de la Infraestructura Carretera.
- (8) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de PBVs (posibles) observados para T3-S3 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3). Las cantidades que no se encuentran en negrillas corresponden a PBVs no observados en campo y sólo sirven para ilustrar las tendencias de los CDI.

Tabla D.4. COSTOS DE DETERIORO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA PARA EL VEHICULO TIPO "T3-S2-R4".

PBV (ton)	¹ CR (ton)	² CUDP/k (\$MX91)	³ CDP/ ton-km	⁴ CUDPu/km (\$MX91)	⁵ CDPu/ ton-km	⁶ CUDI/km (\$MX91)	⁷ CDI/ ton-km
(8) 25	0	-	-	-	-	-	-
30	5	18	3.6	2	0.3	20	3.9
35	10	33	3.3	3	0.3	36	3.6
40	15	56	3.8	5	0.3	60	4.1
45	20	93	4.7	6	0.3	99	5.0
50	25	141	5.7	12	0.5	153	6.2
55	30	210	7.1	14	0.5	224	7.5
60	35	303	8.7	21	0.6	324	9.3
65	40	425	10.7	30	0.8	455	11.4
70	45	579	12.9	41	0.9	620	13.8
75	50	770	15.5	53	1.1	822	16.5
80	55	966	18.2	75	1.4	1041	19.5
85	60	906	21.3	81	1.4	1359	22.7
90	65	1578	24.3	117	1.8	1695	26.1
95	70	1932	27.6	137	2.0	2069	29.6
100	75	2331	31.1	170	2.3	2501	33.3
105	80	2781	34.8	204	2.6	2985	37.4
110	85	3285	38.7	230	2.7	3515	41.4
115	90	3848	42.8	270	3.0	4118	45.8
120	95	4461	47.0	314	3.3	4775	50.3

Notas:

- (1) CR = Carga movida por el vehículo, en ton.
- (2) CUDP/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de pavimento/km de carretera.
- (3) CDP = Costo de Deterioro de Pavimento.
- (4) CUDPu/km = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de Puentes/km de carretera.
- (5) CDPu = Costo de Deterioro de Puentes.
- (6) CUDI = Costo Unitario (por Vehículo) de Deterioro de la Infraestructura Carretera.
- (7) CDI = Costo de Deterioro de la Infraestructura Carretera.
- (8) Las cantidades en negrillas corresponden al rango de PBVs (posibles) observados para T3-S2-R4 durante las encuestas de medición de pesos y dimensiones (Refs 2 y 3). Las cantidades que no se encuentran en negrillas corresponden a PBVs no observados en campo y sólo sirven para ilustrar las tendencias de los CDI.

CDI/TON-KM vs PBV VEHICULO TIPO "C3"

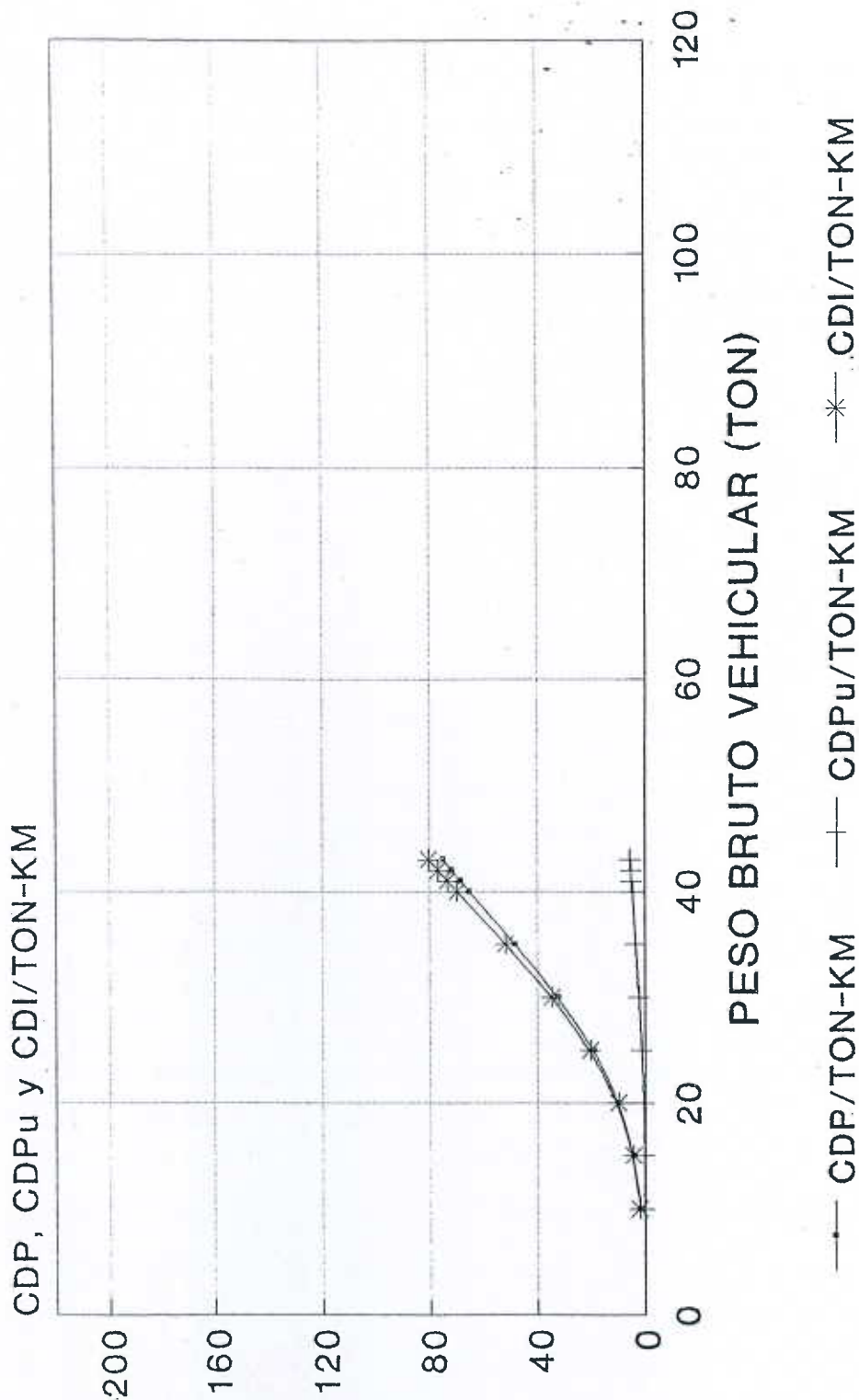


Figura D.1

CDI/TON-KM vs PBV VEHICULO TIPO "T3-S2"

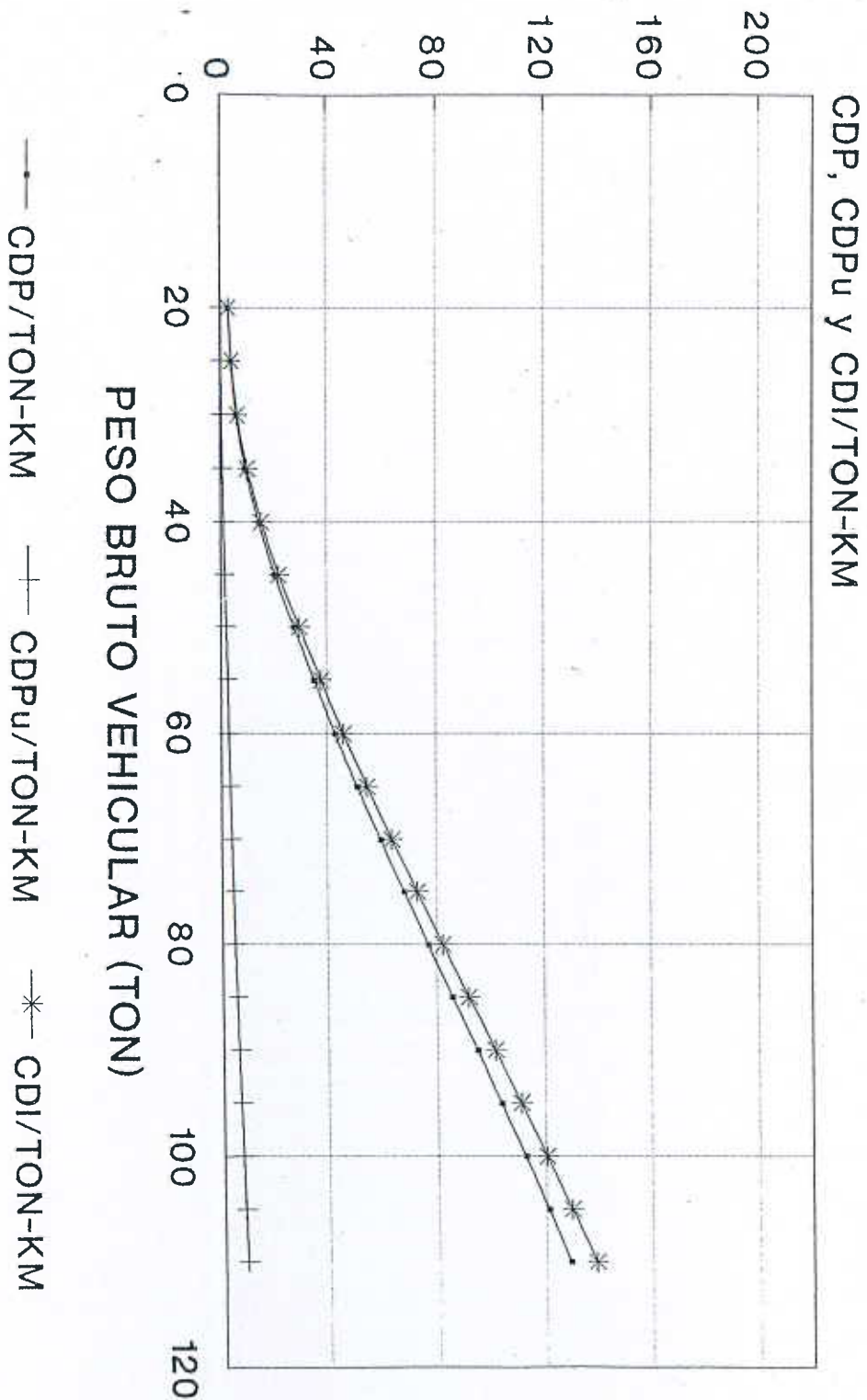


Figura D.2

CDI/TON-KM vs PBV VEHICULO TIPO "T3-S3"

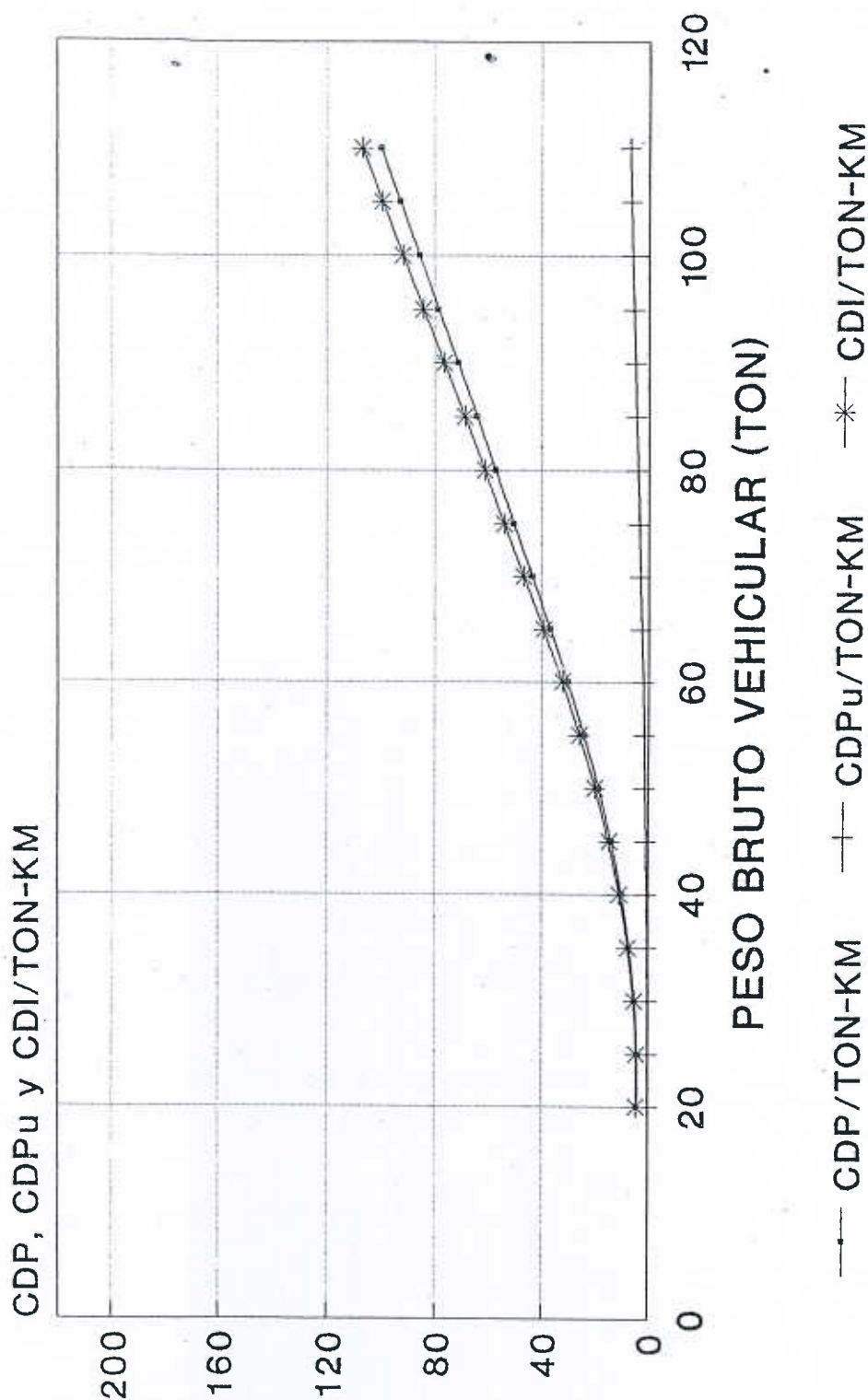


Figura D.3

CDI/TON-KM vs PBV VEHICULO TIPO "T3-S2-R4"

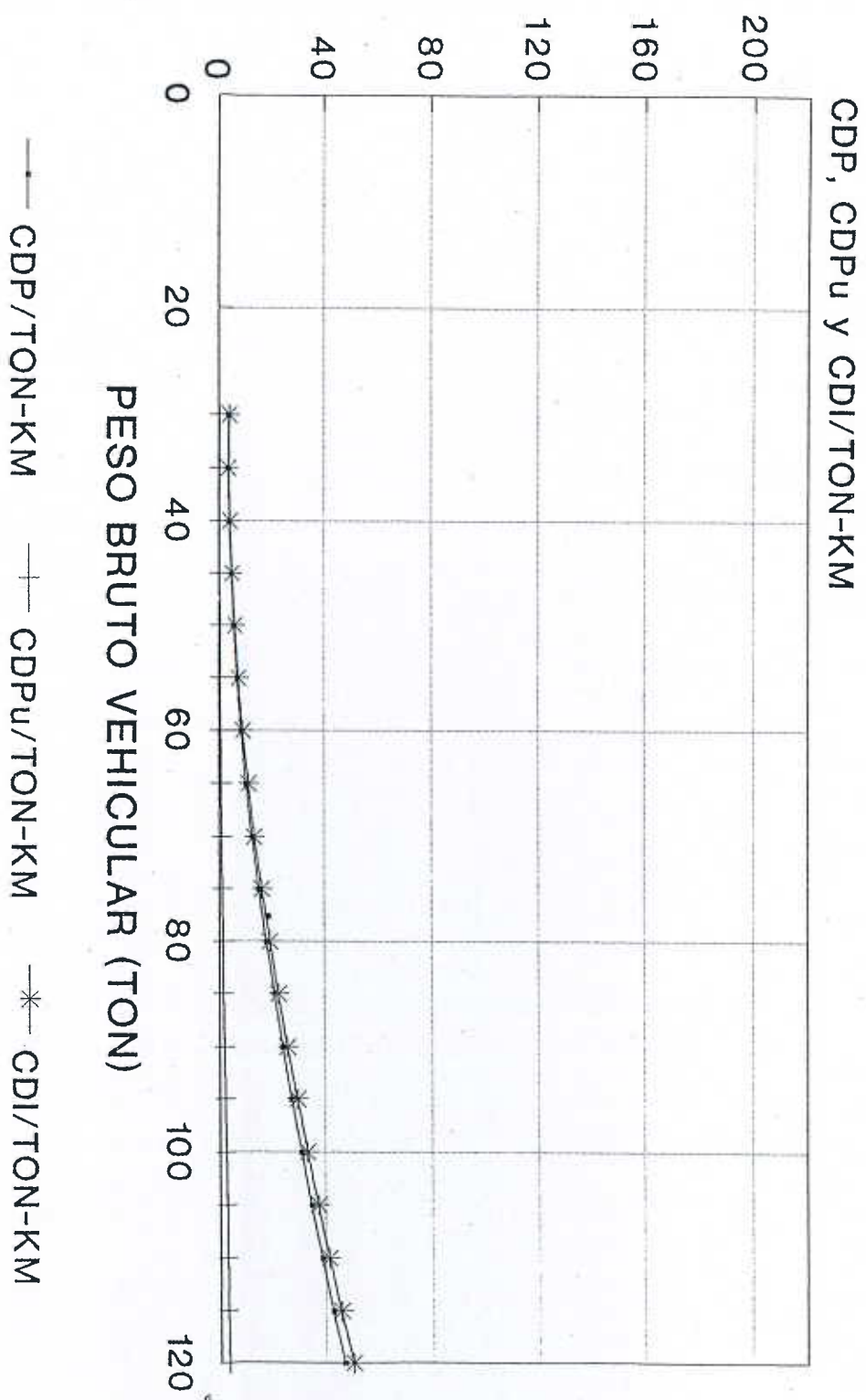


Figura D.4

A N E X O E.

**ANALISIS DE COSTOS TOTALES DE TRANSPORTE
PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE VEHICULOS.**

Tabla E-1. DETERMINACION DEL COSTO DE DETERIORO DE LA INFRAESTRUCTURA POR TON-KM TRANSPORTADA PARA EL VEHICULO TIPO "C2" (CDI/ton-km).

PBV	CA_MOV	E1	E2	EQII1	EQII2	SUM_L	CPS/TN-KM	CP/TN-KM	CPu/TN-KM	COV/TN-KM	GTS/TN-KM	CT/TN-KM
6	0	2.15	3.85	0.002	0.030	0.031	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	3,000,000	3,000,000
7	1	2.45	4.55	0.003	0.067	0.070	5.07	5.92	0.42	1014	1019.50	1020.34
10	4	3.35	6.65	0.015	0.399	0.414	7.45	8.69	0.62	267	275.07	276.31
15	9	4.83	10.17	0.090	2.456	2.546	20.36	23.76	1.70	132	154.06	157.46
20	14	6.30	13.70	0.311	7.718	8.029	41.29	48.18	3.44	94	138.73	145.62
25	19	7.76	17.24	0.790	17.167	17.957	68.05	79.39	5.67	77	150.72	162.06
30	24	9.23	20.77	1.646	31.066	32.712	98.14	114.49	8.18	68	174.31	190.67
35	29	10.69	24.31	2.992	49.144	52.136	129.44	151.02	10.79	63	203.23	224.80
40	34	12.15	27.85	4.927	70.822	75.749	160.41	187.15	13.37	68	241.78	268.51
41	35	12.44	28.56	5.392	75.529	80.921	166.47	194.21	13.87	84	264.34	292.08

Notas:

PBV	=	Peso Bruto Vehicular considerado
CA_M	=	Carga Movida para los distintos niveles de PBV
E1	=	Peso en el eje 1 (eje simple) para los distintos niveles de PBVs considerados
E2	=	Peso en el eje 2 (eje simple dual) para los distintos niveles de PBVs considerados
EQII1	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 1 (eje simple)
EQII2	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 2 (eje simple dual)
SUM_L	=	Sumatoria del número de ejes equivalentes que dicho vehículo representa a determinado nivel de PBV.
CPS/TN-KM	=	Costo de Deterioro de Pavimentos por ton-km sin incluir acciones de conservación
CP/TN-KM	=	Costo de Deterioro de Pavimentos por ton-km incluyendo acciones de conservación
CPu/TN-KM	=	Costo de Deterioro de Puentes por ton-km incluyendo acciones de conservación
COV/TN-KM	=	Costo de Operación Vehicular por ton-km (incluye impuestos)
CTS/TN-KM	=	Costo Total de Transporte de las mercancías cuando no se consideran acciones de conservación en los pavimentos.
CT/TN-KM	=	Costo Total de Transporte de las mercancías cuando se consideran acciones de conservación en los pavimentos.

Tabla E-2. DETERMINACION DEL COSTO DE DETERIORO DE LA INFRAESTRUCTURA POR POR TON-KM TRANSPORTADA PARA EL VEHICULO TIPO "C3" (CDI/ton-km).

PBV	CA_MOV	E1	E2	EQU1	EQU2	SUM_L	CPSTN-KM	CPPTN-KM	CPUTN-KM	COVTTN-KM	CTSTN-KM	CTTTN-KM
8	0	2.71	5.29	0.005	0.008	0.013	1000000	1000000	1000000	1000000	3000000	3000000
10	2	3.16	6.84	0.011	0.028	0.039	1.41	1.65	0.12	739	740.53	740.76
15	7	3.96	11.04	0.035	0.275	0.310	3.19	3.72	0.27	227	230.45	230.99
20	12	4.42	15.58	0.059	1.260	1.318	7.91	9.23	0.66	143	151.57	152.89
25	17	4.65	20.35	0.075	3.731	3.806	16.12	18.81	1.34	109	126.46	129.15
30	22	4.79	25.21	0.087	8.352	8.439	27.62	32.22	2.30	91	120.92	125.52
35	27	4.96	30.04	0.103	15.400	15.503	41.34	48.23	3.45	81	125.79	132.68
40	32	5.30	34.70	0.140	24.654	24.793	55.79	65.08	4.65	78	138.43	147.73
41	33	5.39	35.61	0.152	26.718	26.870	58.63	68.40	4.89	79	142.51	152.28
42	34	5.50	36.50	0.167	28.838	29.005	61.42	71.66	5.12	84	150.54	160.78
43	35	5.63	37.37	0.186	31.007	31.192	64.17	74.86	5.35	103	172.51	183.21

Notas:

PBV	=	Peso Bruto Vehicular considerado
CA_M	=	Carga Movida para los distintos niveles de PBV
E1	=	Peso en el eje 1 (eje simple) para los distintos niveles de PBVs considerados
E2	=	Peso en el eje 2 (eje doble dual) para los distintos niveles de PBVs considerados
EQU1	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 1 (eje simple)
EQU2	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 2 (eje doble dual)
SUM_L	=	Sumatoria del número de ejes equivalentes que dicho vehículo representa a determinado nivel de PBV.
CPSTN-KM	=	Costo de Deterioro de Pavimentos por ton-km sin incluir acciones de conservación
CPPTN-KM	=	Costo de Deterioro de Pavimentos por ton-km incluyendo acciones de conservación
CPUTN-KM	=	Costo de Deterioro de Puentes por ton-km incluyendo acciones de conservación
COVTTN-KM	=	Costo de Operación Vehicular por ton-km (incluye impuestos)
CTSTN-KM	=	Costo Total de Transporte de las mercancías cuando no se consideran acciones de conservación en los pavimentos.
CTTTN-KM	=	Costo Total de Transporte de las mercancías cuando se consideran acciones de conservación en los pavimentos.

Tabla E-4. DETERMINACION DEL COSTO DE DETERIORO DE LA INFRAESTRUCTURA POR TON-KM TRANSPORTADA PARA EL VEHICULO TIPO "T3-S3" (CDI/ton-km).

PBV	CA_MOV	E1	E2	E3	EQI11	EQI12	EQI13	SUM_L	CPSTN-KM	CPPTN-KM	CPuTN-KM	COV/TN-KM	CTSTN-KM	CTTN-KM
17	0	4.08	7.08	5.83	0.040	0.033	0.004	0.077	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	3,000,000	3,000,000
20	3	4.45	8.31	7.24	0.061	0.073	0.012	0.146	3.49	4.08	0.29	877	880.79	881.37
25	8	4.87	10.33	9.79	0.094	0.203	0.055	0.352	3.17	3.70	0.26	339	342.43	342.96
30	13	5.10	12.34	12.56	0.117	0.456	0.178	0.752	4.16	4.86	0.35	216	220.51	221.20
35	18	5.17	14.32	15.51	0.125	0.878	0.467	1.470	5.88	6.86	0.49	161	167.37	168.35
40	23	5.12	16.28	18.59	0.119	1.515	1.033	2.667	8.35	9.74	0.70	130	139.05	140.44
45	28	5.00	18.23	21.78	0.106	2.407	2.003	4.516	11.61	13.55	0.97	111	123.58	125.52
50	33	4.83	20.15	25.03	0.090	3.586	3.498	7.174	15.65	18.26	1.30	97	113.96	116.57
55	38	4.66	22.04	28.30	0.076	5.077	5.610	10.763	20.39	23.79	1.70	88	110.09	113.49
60	43	4.53	23.92	31.55	0.066	6.896	8.383	15.345	25.69	29.98	2.14	80	107.83	112.12
65	48	4.47	25.78	34.75	0.062	9.052	11.806	20.920	31.38	36.61	2.62	74	108.00	113.23
70	53	4.53	27.62	37.85	0.067	11.547	15.812	27.426	37.26	43.47	3.10	69	109.36	115.57
75	58	4.75	29.43	40.82	0.083	14.377	20.284	34.744	43.13	50.32	3.59	65	111.72	118.91
80	63	5.07	31.23	43.71	0.113	17.533	25.231	42.877	49.00	57.17	4.08	62	115.09	123.25
85	68	5.38	33.00	46.61	0.151	21.002	30.793	51.945	55.00	64.17	4.58	59	118.58	127.75
90	73	5.70	34.75	49.55	0.197	24.769	36.962	61.928	61.08	71.26	5.09	57	123.17	133.35
95	78	6.02	36.49	52.50	0.253	28.816	43.723	72.792	67.19	78.39	5.60	56	128.79	139.99
100	83	6.33	38.20	55.47	0.319	33.124	51.058	84.502	73.30	85.52	6.11	54	133.41	145.63
105	88	6.65	39.89	58.46	0.398	37.672	58.943	97.012	79.37	92.60	6.61	54	139.99	153.22
110	93	6.97	41.56	61.48	0.491	42.438	67.349	110.278	85.38	99.61	7.11	57	149.49	163.72

Notas:

PBV	=	Peso Bruto Vehicular considerado
CA_M	=	Carga Movida para los distintos niveles de PBV
E1	=	Peso en el eje 1 (eje simple) para los distintos niveles de PBVs considerados
E2	=	Peso en el eje 2 (eje doble dual) para los distintos niveles de PBVs considerados
E3	=	Peso en el eje 3 (eje doble dual) para los distintos niveles de PBVs considerados
EQI11	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 1 (eje simple)
EQI12	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 2 (eje doble dual)
EQI13	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 3 (eje doble dual)
SUM_L	=	Sumatoria del número de ejes equivalentes que dicho vehículo representa a determinado nivel de PBV.
CPSTN-KM	=	Costo de Deterioro de Pavimentos por ton-km sin incluir acciones de conservación.
CPPTN-KM	=	Costo de Deterioro de Pavimentos por ton-km incluyendo acciones de conservación.
CPuTN-KM	=	Costo de Deterioro de Puentes por ton-km incluyendo acciones de conservación.
COV/TN-KM	=	Costo de Operación Vehicular por ton-km (incluye impuestos).
CTSTN-KM	=	Costo Total de Transporte de las mercancías cuando no se consideran acciones de conservación en los pavimentos.
CTTN-KM	=	Costo Total de Transporte de las mercancías cuando se consideran acciones de conservación en los pavimentos.

Tabla E-4. DETERMINACION DEL COSTO DE DETERIORO DE LA INFRAESTRUCTURA POR TON-KM TRANSPORTADA PARA EL VEHICULO TIPO "T3-S2-R4" (CDI/ton-km).

PBV	CA_MOV	E1	E2	E3	E4	E5	EQII1	EQII2	EQII3	EQII4	EQII5	SUM_L	CPST-K	CPIT-K	CPUT-KM	COVT-KM	CTST-KM	CTIT-KM
25	0	4.11	7.64	5.77	3.93	3.53	0.042	0.048	0.012	0.002	0.001	0.105	100.000	100.000	100.000	100.000	300.000	100.000
30	5	4.48	9.08	6.97	4.85	4.62	0.063	0.111	0.031	0.005	0.004	0.213	3.07	3.59	0.26	695	698.33	698.84
35	10	4.73	10.49	8.18	5.81	5.79	0.081	0.218	0.067	0.012	0.012	0.391	2.82	3.29	0.23	357	698.05	698.52
40	15	4.88	11.87	9.40	6.82	7.03	0.095	0.383	0.130	0.028	0.032	0.668	3.21	3.74	0.27	244	247.48	248.01
45	20	4.95	13.22	10.63	7.87	8.33	0.101	0.619	0.232	0.056	0.073	1.082	3.89	4.54	0.32	188	192.22	192.87
50	25	4.95	14.54	11.88	8.96	9.67	0.101	0.936	0.385	0.104	0.149	1.676	4.83	5.63	0.40	155	160.23	161.03
55	30	4.90	15.82	13.14	10.10	11.03	0.097	1.344	0.603	0.183	0.275	2.502	6.00	7.01	0.50	133	139.50	140.51
60	35	4.82	17.08	14.42	11.28	12.40	0.089	1.848	0.903	0.305	0.466	3.611	7.43	8.67	0.62	117	125.05	126.29
65	40	4.72	18.31	15.70	12.51	13.76	0.081	2.453	1.301	0.485	0.737	5.057	9.10	10.62	0.76	105	114.86	116.38
70	45	4.62	19.51	17.00	13.78	15.09	0.073	3.159	1.814	0.742	1.098	6.887	11.02	12.86	0.92	96	107.94	109.77
75	50	4.54	20.68	18.32	15.09	16.38	0.067	3.968	2.457	1.099	1.552	9.143	13.17	15.36	1.10	89	103.26	105.46
80	55	4.48	21.81	19.65	16.45	17.61	0.063	4.876	3.249	1.579	2.094	11.862	15.53	18.12	1.29	83	99.82	102.41
85	60	4.48	22.92	20.99	17.85	18.77	0.063	5.880	4.205	2.211	2.709	15.067	18.08	21.09	1.51	78	97.59	100.60
90	65	4.54	24.00	22.34	19.29	19.83	0.067	6.975	5.341	3.023	3.373	18.778	20.80	24.27	1.73	74	96.53	100.00
95	70	4.67	25.04	23.71	20.78	20.79	0.077	8.153	6.671	4.046	4.057	23.004	23.66	27.60	1.97	71	96.63	100.58
100	75	4.91	26.06	25.09	22.31	21.63	0.097	9.409	8.208	5.314	4.721	27.749	26.64	31.08	2.22	68	96.86	101.30
105	80	5.15	27.05	26.48	23.89	22.43	0.123	10.733	9.964	6.858	5.418	33.096	29.79	34.75	2.48	66	98.27	103.23
110	85	5.40	28.00	27.89	25.51	23.20	0.153	12.119	11.950	8.711	6.151	39.085	33.11	38.63	2.76	66	101.87	107.38
115	90	5.65	28.93	29.31	27.17	23.94	0.188	13.557	14.176	10.906	6.916	45.743	36.59	42.69	3.05	65	104.64	110.74
120	95	5.89	29.83	30.75	28.88	24.66	0.229	15.039	16.650	13.473	7.706	53.097	40.24	46.95	3.35	83	126.60	133.30

Notas:

PBV	=	Peso Bruto Vehicular considerado
CA_M	=	Carga Movida para los distintos niveles de PBV
E1	=	Peso en el eje 1 (eje simple) para los distintos niveles de PBVs considerados
E2	=	Peso en el eje 2 (eje doble dual) para los distintos niveles de PBVs considerados
E3	=	Peso en el eje 3 (eje doble dual) para los distintos niveles de PBVs considerados
E4	=	Peso en el eje 4 (eje doble dual) para los distintos niveles de PBVs considerados
E5	=	Peso en el eje 5 (eje doble dual) para los distintos niveles de PBVs considerados
EQII1	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 1 (eje simple)
EQII2	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 2 (eje doble dual)
EQII3	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 3 (eje doble dual)
EQII4	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 4 (eje doble dual)
EQII5	=	Número de ejes equivalentes que representa el peso en el eje 5 (eje doble dual)
SUM_L	=	Sumatoria del número de ejes equivalentes que dicho vehículo representa a determinado nivel de PBV.
CPSTN-KM	=	Costo de Deterioro de Pavimentos por ton-km sin incluir acciones de conservación.
CPITN-KM	=	Costo de Deterioro de Pavimentos por ton-km incluyendo acciones de conservación.
CPUTN-KM	=	Costo de Deterioro de Puentes por ton-km incluyendo acciones de conservación.
COVTN-KM	=	Costo de Operación Vehicular por ton-km (incluye impuestos).
CTSTN-KM	=	Costo Total de Transporte de las mercancías cuando no se consideran acciones de conservación en los pavimentos.
CTITN-KM	=	Costo Total de Transporte de las mercancías cuando se consideran acciones de conservación en los pavimentos.

CT/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "C3"

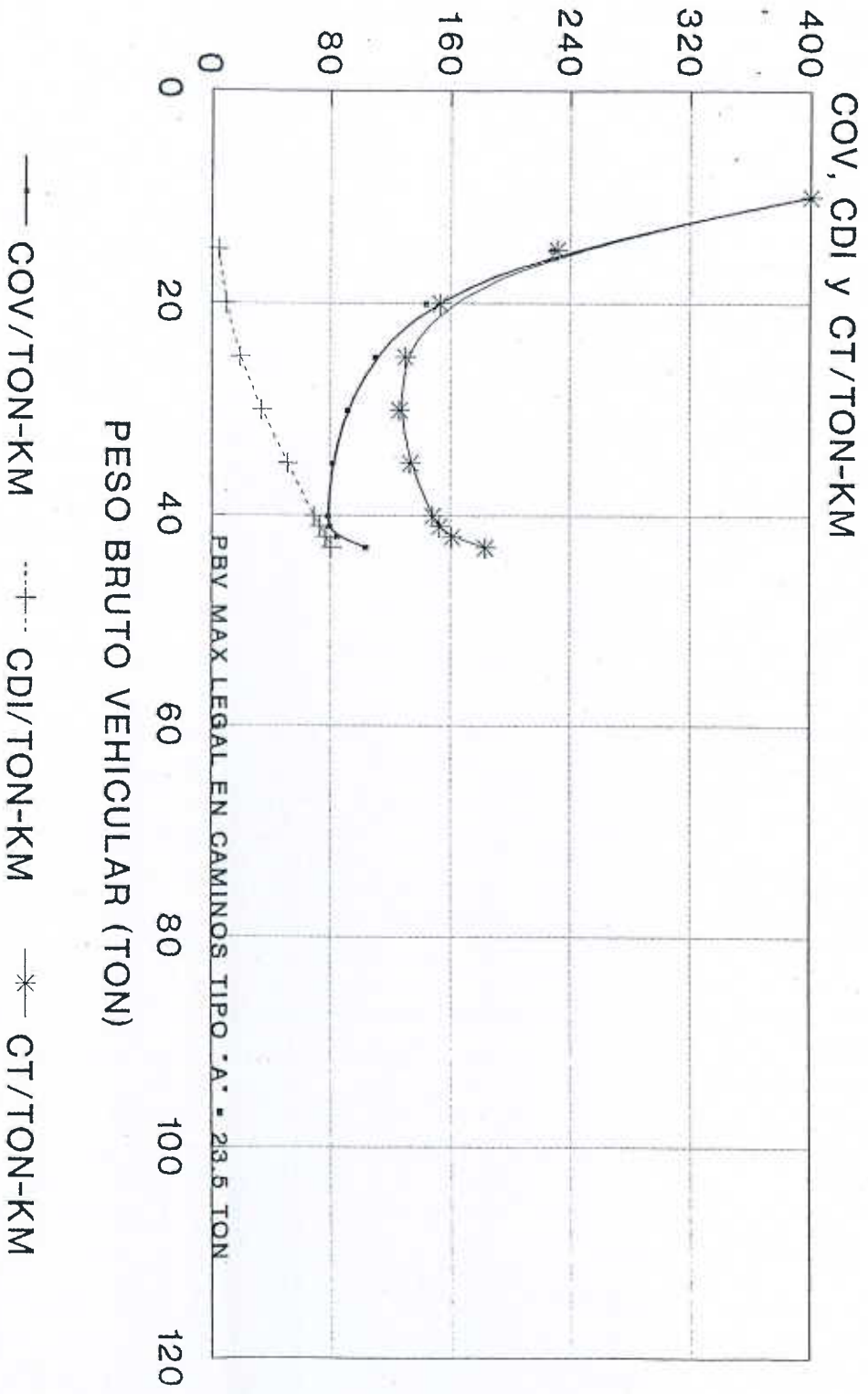


Figura E.1

CT/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "T3-S2"

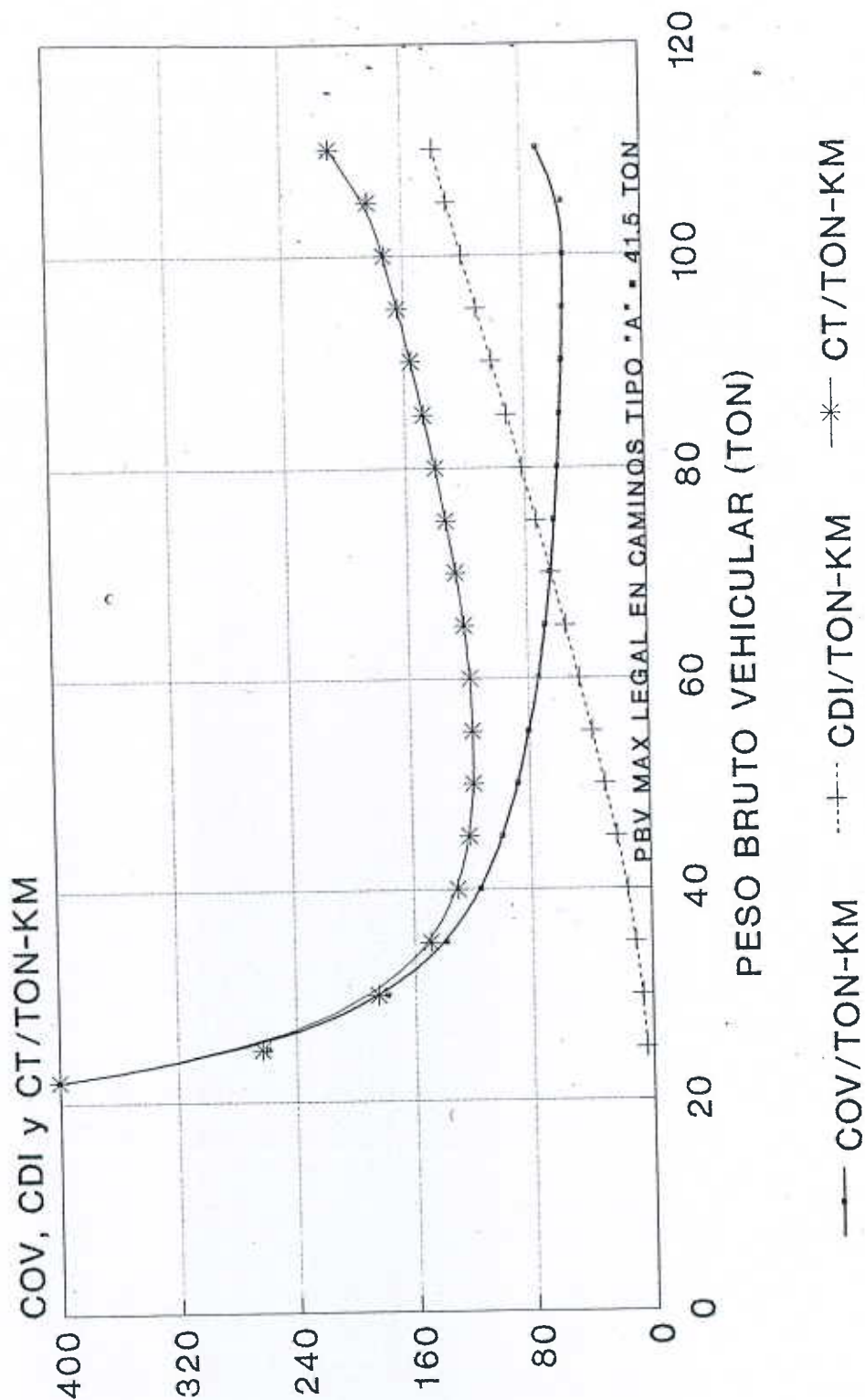


Figura E.2

CT/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "T3-S3"

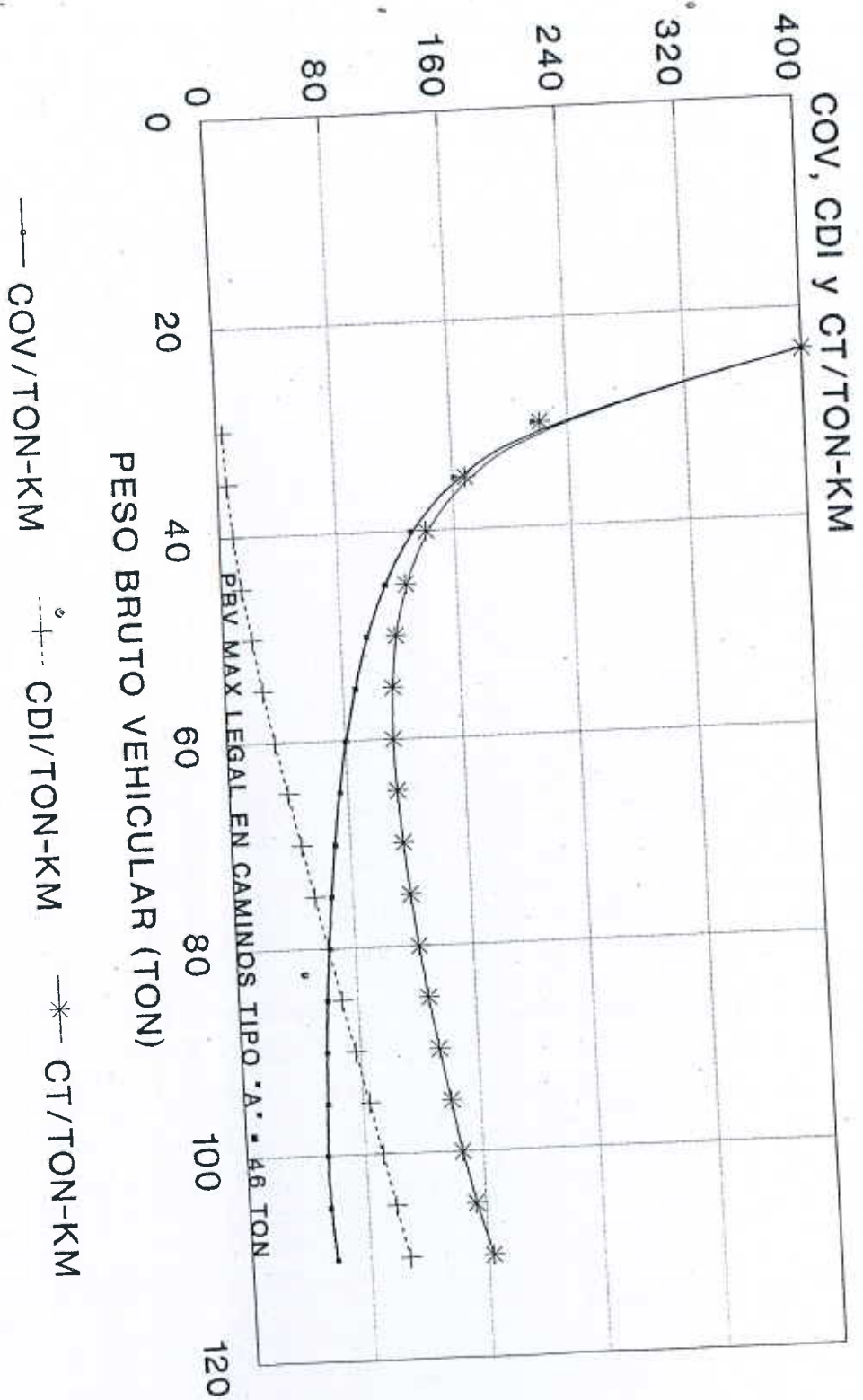


Figura E.3

CT/TON-KM vs PESO BRUTO VEHICULAR (PBV) VEHICULO TIPO "T3-S2-R4"

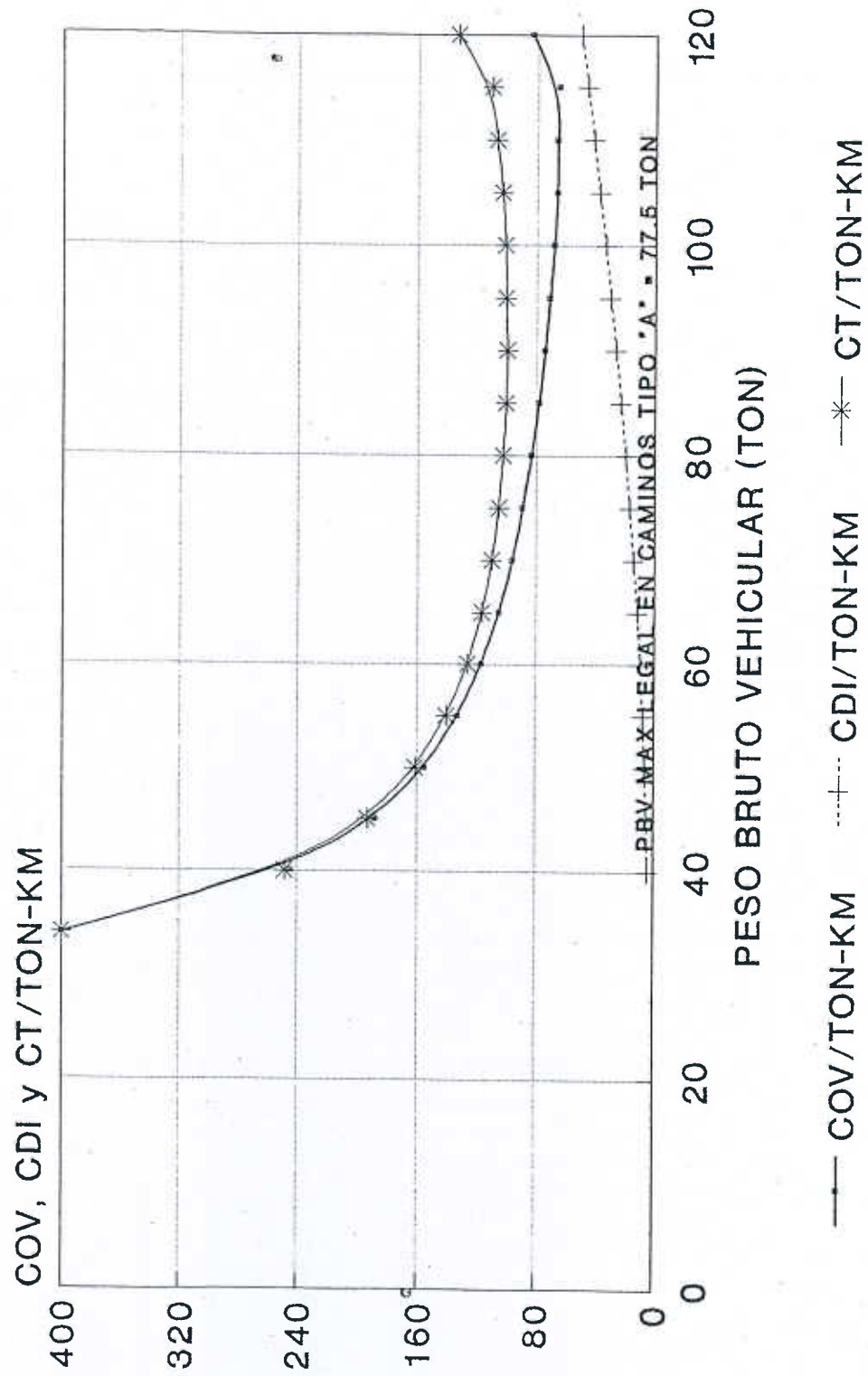


Figura E.4

