ACELERACIÓN

DE VEHICULOS

CÁLCULO DE LA MASA TRASLATORIA APARENTE

EN UN MOVIENTO ACELERADO

Juan Carlos Olivieri

Ing. Mecánico

Universidad Tecnológica Nacional

Buenos Aires

República Argentina

Contacto: juan.c.olivieri@gmail.com

14 de agosto de 2025

1-INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo consiste en proponer un método teórico-práctico para determinar la **masa traslatoria equivalente**, también llamada **masa aparente**, de un vehículo que se desplaza con un movimiento acelerado.

(El autor lamenta la dificultad que podría tener la lectura de algunas tablas por la gran cantidad de datos lo que tuvo como consecuencia la pequeñez del tamaño de la tipografía. El lector podría subsanar este inconveniente, leyendo el trabajo en una pantalla de computadora, agrandando la imagen).

2-PLANTEO DEL PROBLEMA

En un vehículo en movimiento acelerado debe considerarse la masa del vehículo, pero también el incremento de la masa traslatoria motivado por la inercia de las masas rotatorias. Se trata de **reducir** el efecto de las masas rotatorias del motor, incluyendo bielas, pistones, cigüeñal, volante, la transmisión, las ruedas directrices y las tractoras incluyendo las del o los remolques en el caso que los hubiera y **adicionarlo** a la masa traslatoria mediante un coeficiente **ɣ**. La *reducción* de las masas rotatorias significa incrementar la masa de traslación del vehículo aplicando un coeficiente de reducción de las masas rotatorias γi tratándolas **como si fuesen** traslatorias, tal como sigue:

$$m = \frac{G}{g} \qquad (1)$$

$$m_{ap} = \frac{G}{g} \,.\, \gamma i \qquad (2)$$

$$Fac = m_{ap} \,.\, a = \frac{G}{g} \,.\, \gamma i \,.\, a$$

$$Nac = Fac \,.\, V = \frac{G}{g} \,.\, \gamma i \,.\, a \,.\, V$$

m $[kg]$ $Masa\ total\ del\ vehículo, camión\ más\ acoplados$

m_{ap} $[kg]$ $Masa\ aparente\ que\ incluye\ el\ efecto\ de\ las\ masas\ rotatorias$

G $[kN]$ $Masa\ Bruta\ Total\ del\ vehículo\ (GCM).$

g $\left[\frac{m}{s^2}\right]$ $Aceleración\ de\ la\ \ gravedad, adoptamos\ el\ valor\ Standard\ Internacional\ 9{,}80665\ m/s2.$

γi $[-]$ $Relación\ de\ las\ masas\ rotatorias\ reducidas\ a\ la\ masa\ traslatoria\ para\ cada\ relación\ de\ marcha\ i.$

a $\left[\frac{m}{s^2}\right]$ $Aceleración\ lineal\ del\ camión.$

V $\left[\frac{m}{s}\right]$ $Velocidad\ de\ traslación\ al\ final\ del\ intervalo\ considerado\ (t - t_0)$

V_0 $\left[\frac{m}{s}\right]$ $Velocidad\ de\ traslación\ al\ inicio\ del\ intervalo\ (t - t_0)$

Para el cálculo de la aceleración debería tomarse $a = \frac{dv}{dt}$ pero al no contar con una función $V = f\,(t)$ calculamos la aceleración de manera aproximada haciendo $a = \frac{V - V0}{t - t0} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ (Ver Fig.1)

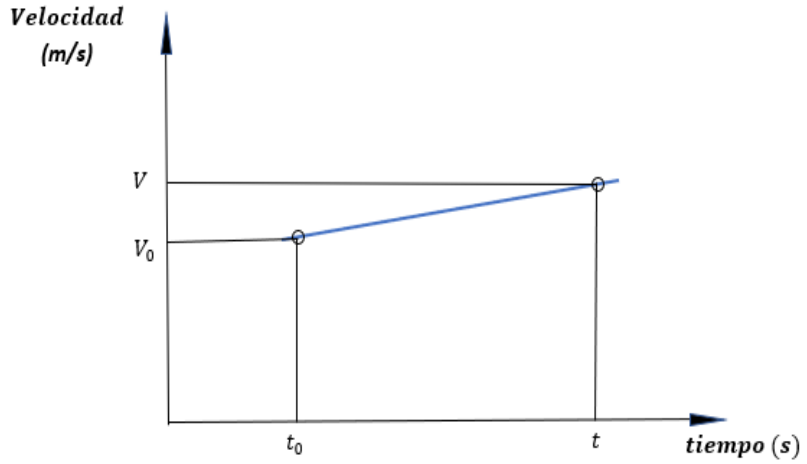

FIg.1

La determinación teórica de las masas rotatorias es muy compleja y hay que disponer de datos de diseño que normalmente no están a nuestro alcance, básicamente nos referimos a los momentos de inercia Mi respecto de los ejes de rotación de las ruedas, y los distintos componentes rotatorios del motor y la transmisión. Existen algunas fórmulas empíricas propuestas por varios autores que, en mayor o menor medida, se aproximan a los valores reales. La mayoría de estas fórmulas son del tipo: $\gamma i = 1 + (\epsilon + \Psi \,.\, i^2)$ donde $\epsilon = \frac{\sum Mi}{m \,.\, re2}$; Ψ = 0,0025 es una constante empírica que toma en cuenta el resto de las masas rotatorias, e i es la relación de reducción total entre el eje tractor y el eje del cigüeñal del motor. Para nuestro estudio, adoptaremos la fórmula (3) que es la más utilizada en varias publicaciones técnicas como J. Taborek, Mechanics of Vehicles:

$$\gamma i = 1 + \left(\frac{\sum Mi}{m \,.\, re2} + 0{,}0025\, i^2\right) \qquad (3)$$

ΣM_i $[kg\,, m^2]$ *Sumatoria momentos de inercia de todas las ruedas incluyendo tambor o disco de freno*

m $[kg]$ *Masa total del vehículo, camión más acoplado o unidad automóvil, ya sea el caso*

re $[m]$ *Radio dinámico de las ruedas tractoras*

Hay un valor de ɣ para cada relación total de reducción (o sea para cada marcha).
El resultado de la aplicación de la (3) debe tomarse como muy aproximado.

3-DETERMINACIÓN DE LA EXPRESIÓN $\boldsymbol{\gamma i = 1 + \left(\frac{\sum Mi}{m \,.\, re2} + 0{,}0025\, i^2\right)}$

El autor efectuó un minucioso análisis de los diversos componentes que entran en juego para calcular el término $\frac{\sum Mi}{m \,.\, re2}$
Dichos componentes, principalmente son: neumáticos, llantas, tambores de freno y, en el caso de automóviles, discos de freno.
Se estudiaron individualmente las llantas, discos de freno, tambores de freno y los neumáticos 195-55 R 16; 275-80 R 22.5; 295-80 R 22.5 y 315-80 R 22.5 siendo los neumáticos 195-55 R 16 una medida usual en automóviles hatchback del segmento B tipo Peugeot 208, VW Polo o similar y, los últimos las medidas más comunes de los distintos tipos de camiones medianos y pesados. A falta de datos, se partió de valores de catálogo suministrados por los fabricantes de neumáticos, llantas y tambores de freno para calcular las masas, momentos de inercia y radios dinámicos mediante hipótesis de trabajo y aproximaciones empíricas. Un punto a tener en cuenta al momento de determinar los momentos de inercia de los conjuntos neumáticos más llantas más tambores. es que tanto las llantas como los tambores para neumáticos 295-80 R 22.5 y 315-80 R 22.5 son de las mismas dimensiones (9.00 x 22.5).

3.1 Cálculo de los momentos de inercia de distintos tipos de neumáticos

Para el cálculo se estimó una densidad de la goma de 1,15 kg/dm3.

Como se muestra en la Fig.2, asimilamos la sección transversal del neumático a tres rectángulos que representan la banda de rodadura de área A1 (verde) y las paredes laterlaes de áreas A2 (azul) respectivamente.

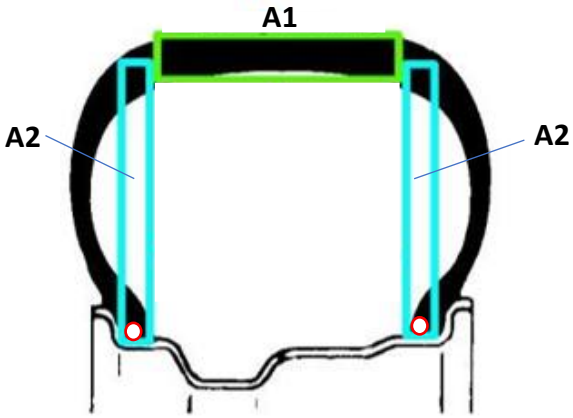

Fig.2

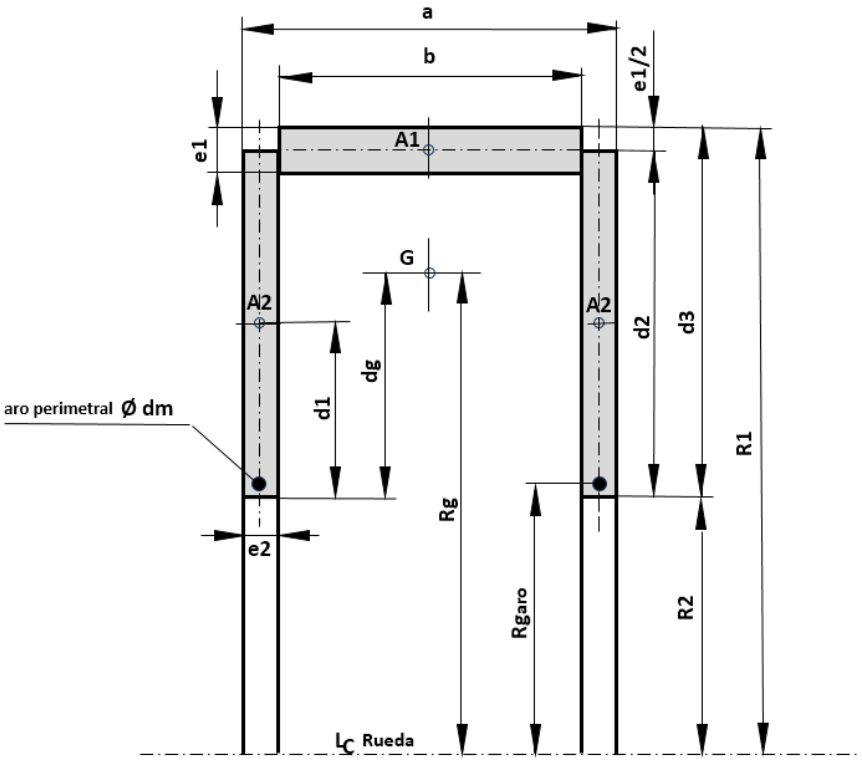

Fig.3

En la fig.3 se muestran los rectángulos A1: sección transversal de un cilindro representativo de la banda de rodadura y A2: sección transversal de cada uno de los dos discos representativos de la paredes laterales con un agujero central de radio R2 correspondiente a la llanta. La siguiente Tabla 1 nos muestra los distintos parámetros que nos permitieron calcular los momentos de inercia de los neumáticos.

Tabla 1- Momentos de Inercia de los neumáticos

Item	195-55 R 16	275-80 R 22.5	275-80 R 22.5	295-80 R 22.5	295-80 R 22.5	315-80 R 22.5	315-80 R 22.5
Marca	Pirelli	Goodyear	Goodyear	Goodyear	Goodyear	Goodyear	Goodyear
Modelo	Cinturato/P7	Kmax S GEN 2	Kmax D Traction	Kmax S GEN 2	Kmax D Traction	G658	G667
Tipo de banda de rodadura	Standard (Urbano)	Direccional/Libres	Tractoras	Direccional/Libres	Tractoras	Direccional/Libres	Tractoras
Profundidad de la banda de rodadura (mm)		15,80	22,20	15,80	22,20	15,80	22,30
Carga máxima por eje simple (kg)		3250	3250	3750	3550	3750	4000
Carga máxima por eje dual (kg)		3000	3000	3250	3150	3350	3350
Masa del neumático de acuerdo a catálogo (kg)		56,79	62,31	64,22	68,98	68,46	73,91
Masa neta deducida el aro perimetral (kg) (a) (1)		55,644	61,164	63,074	67,834	67,314	72,764
Masa ficticia del neumático sin aro (kg) (b) (1)		55,644	61,164	63,074	67,834	67,314	72,764
δg densidad estimada de la goma (kg/dm3)		1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Volumen calculado del neumático sin aro (dm3)		48,386	53,186	54,847	58,986	58,534	63,273
R1 radio exterior (mm)	315,00	511,48	517,5	525,68	530,70	538,50	545,40
R2 radio interior (mm)	203,20	285,75	285,75	285,75	285,75	285,75	285,75
Radio dinám. de acuerdo a regla 96,5 % R1 (mm) (2)	303,98	493,58	499,39	507,28	512,13	519,65	526,31
A1 (mm2)		8630,856	9984,178	9878,701	11000,071	10163,404	11279,348
A2 (mm2)		4426,588	4496,481	4713,212	4773,039	5009,333	5127,266
A área total de la sección ficticia A1+2 A2 (mm2)		17484,033	18977,141	19305,124	20546,150	20182,070	21533,881
a ancho total del neumático (mm)	195,00	275,00	275,00	295,00	295,00	315,00	315,00
b ancho de la banda de rodadura (mm)		232,26	232,23	252,22	252,22	272,20	272,08
e1 espesor de la banda de rodadura (mm)		37,160	42,993	39,167	43,613	37,338	41,456
e2 espesor de las paredes laterales (mm)		21,369	21,386	21,390	21,390	21,400	21,460
d1 (mm)		103,58	105,13	110,17	111,57	117,04	119,46
d2 (mm)		207,15	210,25	220,35	223,14	234,08	238,92
d3 (mm)		225,73	231,75	239,93	244,95	252,75	259,65
Rgsa radio de giro sin el aro (mm)		457,00	462,46	469,81	474,33	480,78	486,87
Momento de inercia sin el aro (kg . m2)		11,52	12,981	13,821	15,162	15,459	17,148
dm diámetro del aro perimetral (dm)		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
δa densidad del acero (kg/dm3)		7,850	7,850	7,850	7,850	7,850	7,850
Masa del aro perimetral (kg)		1,146	1,146	1,146	1,146	1,146	1,146
Rgaro radio de giro del aro (mm)		295,75	295,75	295,75	295,75	295,75	295,75
Momento de Inercia del aro (kg . m2)		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Momento de inercia del neumático single (kg . m2)		11,621	13,081	13,922	15,262	15,559	17,248
Momento de inercia del neumático doble (kg . m2)		23,242	26,163	27,843	30,524	31,119	34,497

(1) la masa del neumático de acuerdo a catálogo deducida la masa del aro perimetral (a) debe ser conincidente con (b) masa ficticia sin el aro; esto se condigue por aproximaciones sucesivas
(2) Regla empírica para el cálculo aproximado del radio dinámico, 96,5% del diámetro del neumático sin carga

3.2 Cálculo de los momentos de inercia de distintos tipos de llantas (Rims)

En la Fig 4 se muestra el corte transversal de una llanta y la superficie ficticia representativa de la misma (en verde), para calcular el momento de inercia.

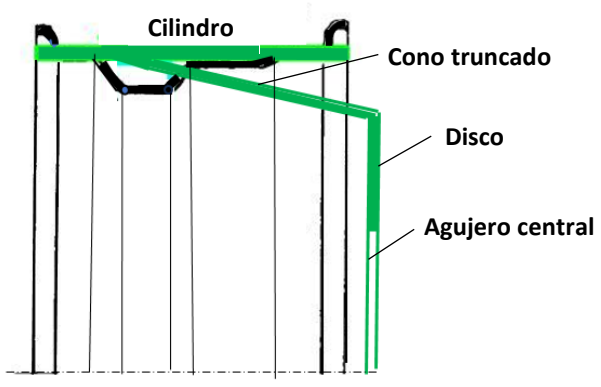

Fig.4

Tabla 2 – Momentos Inercia de las llantas (Rims)

Item	7.5 x 22.5 Single	7.5 x 22.5 Dual	8.25 x 22.5 Single	8.25 x 22.5 Dual	9.00 x 22.5 Single	9.00 x 22.5 Dual
Ancho de la llanta (mm)	190,50	190,50	209,55	209,55	228,60	228,60
Diámetro de la llanta (mm)	571,50	571,50	571,50	571,50	571,50	571,50
δa densidad del acero (kg/dm3)	7,850	7,850	7,850	7,850	7,850	7,850
d4 (mm)	220,50	220,50	222,00	222,00	281,00	281,00
d5 (mm)	285,75	285,75	275,00	275,00	335,00	335,00
d6 (mm)	438,00	438,00	438,00	438,00	438,00	438,00
d7 (mm)	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00
d8 (mm)	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
d9 (mm) diámetro promedio superficie cónica	498,40	498,40	498,40	498,40	498,40	498,40
Cantidad de agujeros de sujeción	10	10	8	8	10	10
Cantidad de agujeros de ventilación	10	10	10	10	10	10
Espesor de la banda de rodadura de la llanta (mm)	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35
Espesor del disco (mm)	12,70	12,70	12,70	12,70	12,70	12,70
Masa banda rodadura coregida por fact.de forma (kg)	20,232	20,232	22,255	22,255	24,278	24,278
Factor de corrección por forma banda rodadura (1)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Masa del disco de la llanta sin deducción (kg)	24,450	24,450	24,450	24,450	24,450	24,450
Masa a deducir agujero central (kg)	-3,807	-3,807	-3,859	-3,859	-6,183	-6,183
Masa a deducir por agujeros de sujeción (kg)	-0,529	-0,529	-0,423	-0,423	-0,529	-0,529
Masa a deducir por agujeros de ventilación (kg)	-3,207	-3,207	-3,207	-3,207	-3,207	-3,207
Masa total llanta de acuerdo al cálculo teórico (kg)	37,138	37,138	39,215	39,215	38,809	38,809
Masa ficticia p/ compensar peso rea vs.calculado (kg)	3,862	4,062	3,285	3,785	3,691	3,691
Volúmen de la masa ficticia (dm3)	0,492	0,517	0,418	0,482	0,470	0,470
Largo cilindro ficticio reprentativo sup. Inclin. (mm)	99,59	104,75	84,71	97,60	95,19	95,19
Factor de correción masa total de la llanta (b)/(a)	1,104	1,109	1,084	1,097	1,095	1,095
Masa total llanta informada por el fabricante (kg)	41,000	41,200	42,500	43,000	42,500	42,500
Mmomento de inercia banda de rodadura (kg . m2)	1,616	1,616	1,777	1,777	1,939	1,939
Momento de inercia del disco (kg . m2)	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954	0,954
Mom. inercia masa ficticia agregada a llanta (kg . m2)	0,234	0,246	0,199	0,229	0,223	0,223
Momento de inercia del agujero central (kg . m2)	0,023	-0,023	-0,024	-0,024	-0,061	-0,061
Mom. inercia agujeros de sujeción (kg . m2) (2)	0,011	0,011	0,008	0,008	0,015	0,015
Mom. inercia agujeros de ventilac. (kg . m2) (3)	-0,133	-0,133	-0,133	-0,133	-0,133	-0,133
Momento de inercia de la llanta (kg . m2)	2,705	2,671	2,782	2,812	2,938	2,938

(1) Factor que mide aproximadamente la relación entre el largo del desarrollo del perfil de la banda de rodadura y el ancho nominal

(2) Para el cálculo consideramos el triple de los agujeros de sujeción para agregar la masa de los bulones de sujeción

(3) Tomamos para el cálculo del momento de inercia polar 1/3 de la masa x radio al cuadrado en lugar de 1/2 porque los agujeros de aireación

Tablas 3 – Valores auxiliares para el cálculo de la masa del cilindro ficticio de la superficie cónica de la llanta

Rueda	Promedio diam. Exterior	Promedio diam. Interior	(Prom. Diámetro Ext.)^2	(Prom. Diámetro Int.)^2
7,5x22.5 Single	498,40	492,05	248402,56	242113,20
7,5x22.5 Dual	498,40	492,05	248402,56	242113,20
8.25x22.5 Single	498,40	492,05	248402,56	242113,20
8.25x22.5 Dual	498,40	492,05	248402,56	242113,20
9.00x22.5 SIngle	498,40	492,05	248402,56	242113,20
9.00x22.5 Dual	498,40	492,05	248402,56	242113,20

Llanta	Referencia	Offset	Fijación	Diám. fijación	Ag.central	Diám. Asiento	Esp. Disco	Esp. b. rodad.	Peso
7,5x22.5 Single	-	-	10	285,75	220,50	438,00	12,70	6,35	41,00
7,5x22.5 Dual	750-2	160	10	285,75	220,50	438,00	12,70	6,35	41,20
8.25x22.5 Single	825-8	135	8	275,00	222,00	438,00	12,70	6,35	42,50
8.25x22.5 Dual	825-1	170	8	275,00	222,00	438,00	12,70	6,35	43,00
9.00x22.5 Single	900-4	134	10	335,00	281,00	438,00	12,70	6,35	42,50
9.00x22.5 Dual	900-1	174	10	335,00	281,00	438,00	12,70	6,35	42,50

3.3 Cálculo de los momentos de inercia de los tambores de freno

Para dimensionar los tambores de freno, hemos establecido algunas relaciones de dimensiones basadas en la observación de varios tambores: e4 = 0,6 e3; c = 3 e3; t = 0,8e3 (Ver Fig,5 y Tabla 4). Para determinar las masas aparentes, partimos de las masas informadas por el fabricante y les adicionamos las masas aparentes del agujero central y los agujeros de sujeción para que estas masas formen parte de la maza de la rueda.

Tomamos la densidad de la fundición de hierro 2,3 kg/dm3.

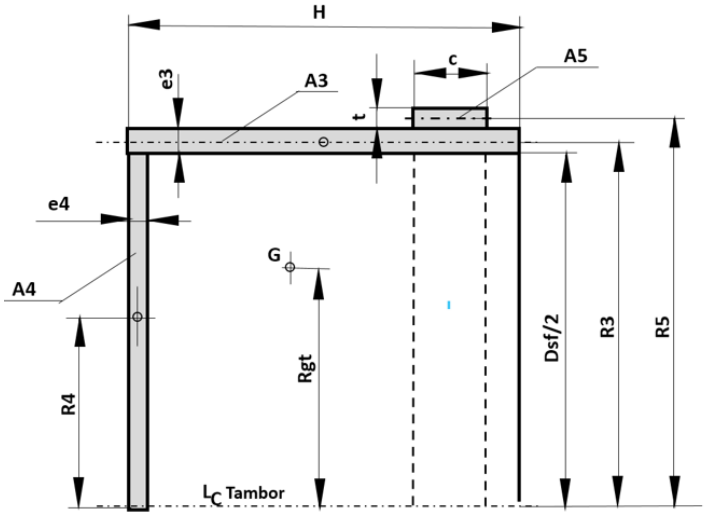

Fig.5

Tabla 4 – Momentos Inercia de los tambores o de los discos de freno en el caso de automóvil

Item	Auto (fr.del.) (1)	Auto (fr.tras.) (1)	7.5 x 22.5 Single	7.5 x 22.5 Dual	8.25 x 22.5 Single	8.25 x 22.5 Dual	9.00 x 22.5 Single	9.00 x 22.5 Dual
Ancho de la zapata (mm)			152,40	177,80	177,80	203,20	203,20	228,60
Densidad de la fundición de hierro gris (kg/dm3)	7,300	7,300	7,300	7,300	7,300	7,300	7,300	7,300
Dsf diámetro de la superficie de frenado (mm)		228,50	410,00	410,00	410,00	410,00	410,00	410,00
Masa tambores de freno según al fabricante (kg)			49,000	56,000	55,000	63,000	58,000	68,000
Diámetro exterior del disco de freno (mm)	283,00							
Diámetro interior del disco de freno (mm)	120,00							
E espesor total del disco de freno (mm)	26,00							
f espesor de c/u de las dos caras de fricción (mm)	8,00							
g espesor del disco central (mm)	10,00							
d10 del disco de freno (mm)	100,75							
d11 del disco de freno (mm)	100,75							
d12 del disco de freno (mm)	30,00							
Volumen vacío espacio ventilación (tanto por uno)	0,7							
Masa disco freno (del.) Ø 283x26 fundición (kg) (2)	7,191							
Masas aparentes de los tambores de freno (kg)		8,200	49,522	56,596	55,586	63,588	58,610	68,588
Estimación de volúmenes de los tambores (dm3)			6,784	7,753	7,614	8,711	8,029	184,998
H altura del tambor (mm)		51,00	230,00	271,00	245,00	289,00	260,50	307,00
e3 espesor pared de la superficie de frenado (mm)		12,60	14,96	15,27	16,00	16,21	16,20	16,51
e4 espesor pared del disco central del tambor (mm)		7,56	8,98	9,16	9,60	9,73	9,72	9,91
c ancho de la banda de refuerzo del tambor (mm)		12,00	44,88	45,81	48,00	48,63	48,60	49,53
t altura de la banda de refuerzo (mm)		4,50	11,97	12,22	12,80	12,97	12,96	13,21
Area A3 (mm2)	652,000	642,600	3440,800	4138,170	3920,000	4684,690	4220,100	5068,570
Area A4 (mm2)	244,500	863,730	1840,080	1878,210	1968,000	1993,830	1992,600	2030,730
Area A5 (mm2)	600,000	54,000	537,124	559,615	614,400	630,634	629,856	654,192
R3 (mm)	141,50	120,55	212,48	212,64	213,00	213,11	213,10	213,26
R4 (mm)	60,00	57,13	102,50	102,50	102,50	102,50	102,50	102,50
R5 (mm)		129,10	225,94	226,38	227,40	227,69	227,68	228,11
R6 Radio agujero de la maza (mm)			110,25	110,25	111,00	111,00	140,50	140,50
R7 Radio agujeros de sujeción (mm)			13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
R8 Radio posición de los agujeros de sujeción (mm)			142,88	142,88	137,50	137,50	167,50	167,50
Cantidad de agujeros de sujeción			10	10	8	8	10	10
Rgiro radio de giro del disco o del tambor (mm)	103,26	93,62	200,06	202,06	201,91	203,03	202,95	202,59
Mom.de inercia del disco de freno (kg . m2) (1)	0,077							
Momento de inercia del tambor de freno (kg . m2)		0,072	1,982	2,311	2,266	2,621	2,414	2,815

(1) Automóvil hatchback Segmento B tipo Peugeot 208, VW Polo o similar

(2) Disco de freno delantero automóvil Ø 283x26 mm, dos caras de frenado de 8 mm con un espacio vacío intermedio de ventilación de 10 mm con canales que ocupan el 70%, material fundición de hierro gris

Tablas 5 – Valores auxiliares a introducir en la Tabla 4 para el cálculo de la masa de los tambores de freno

Masa negativa del agujero central y de los agujeros sujeción				
		7.5 x 22.5	8,25 x 22,5	9.00 x 22.5
Espesor del disco central	Delantera	12,00	13,47	14,20
	Trasera	13,70	13,70	13,70
Masa del disco (1)	Delantera	0,458	0,514	0,549
	Trasera	0,523	0,530	0,530
Masa aguj. de sujeción	Delantera	0,064	0,072	0,060
	Trasera	0,073	0,058	0,058

La masa de los tambores se incrementa adicionando la masa de los orificios considerándolos como si fueran parte de la maza

Estimacion masas aparentes de los tambores (kg)			
Llanta	7.5 x 22.5	8,25 x 22,5	9.00 x 22.5
Delantera	49,522	55,586	58,610
Trasera	56,596	63,588	68,588

Estimacion de los Volúmenes (dm3)			
Llanta	7.5 x 22.5	8,25 x 22,5	9.00 x 22.5
Delantera	6,784	7,614	8,029
Trasera	7,753	8,711	9,396

Estos volúmenes aparentes nos permitirán ajustar las dimensiones con las masas aparentes

3.4 Cálculo de los momentos de inercia de los discos de freno

Para este caso, se pueden medir las dimensiones E, f, R3, y R4 del disco en el vehículo en estudio y considerar como hipótesis que el volumen de la parte central del disco correspondiente a las aletas de ventilación está vacío en un 70%.

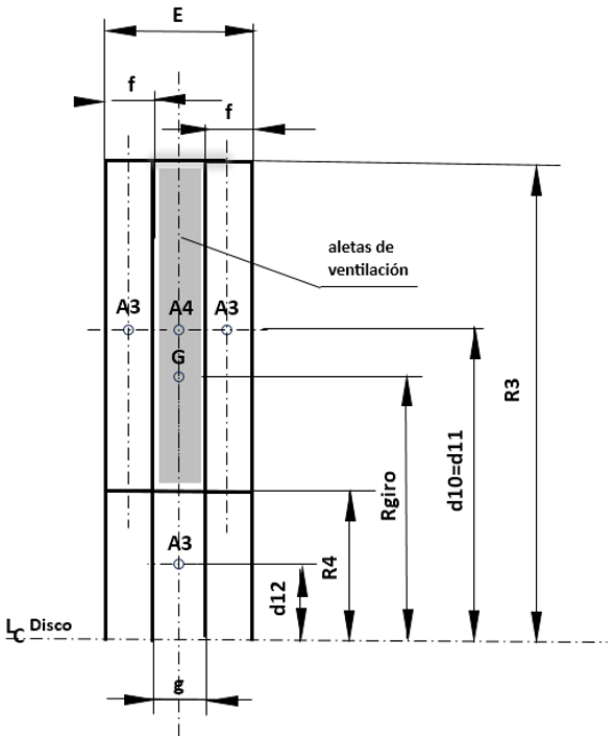

Fig.6

Tabla 6 – Momentos Inercia del conjunto ruedas con tambor o, en el caso de automóvil, de los discos de freno

Item	Auto (fr.del.) (3)	Auto (fr.tras.) (3)	275-80 R 22.5 Single	275-80 R 22.5 Dual	295-80 R 22.5 Single	295-80 R 22.5 Dual	315-80 R 22.5 Single	315-80 R 22.5 Dual
Masa conjunto neumático con llanta (kg)	20,200	20,200	97,790	154,780	106,720	170,940	110,960	190,320
Masa conjunto neumático con llanta (kg) (2)			103,510	165,820	106,720	180,460	116,410	149,020
Masa conjunto rueda con disco o tambor (kg)	27,391	28,400	147,312	211,376	162,306	226,526	169,570	258,908
Masa conjunto rueda con tambor (kg) (2)			160,106	222,416	162,306	244,548	184,998	258,908
Radio de giro conj.rueda c/tamb. o disco (mm) (1)	194,81	205,07	332,72	365,41	341,87	383,28	351,17	377,38
Radio de giro conjunto rueda con tambor (mm) (2)			333,135	374,202	357,085	383,453	352,607	394,282
Momento inercia conj.rueda/tambor (kg . m2) (1)	0,767	0,849	16,308	28,224	18,970	33,277	20,911	36,872
Momento inercia conj. rueda/tambor (kg . m2) (2)			17,768	31,144	20,696	35,958	23,001	40,249

(1) Neumático diseño direccionales/libres (2) Neumático diseño tractor (3) Automóvil hatchback tipo Peugeot 208, VW Polo o similar

La siguiente tabla nos muestra los valores de $\epsilon = \frac{\sum Mi}{m\,.\,re2}$ a introducir en la fórmula (3) para determinar ɣi.

Tabla 5 – Valores de Є

Item	Auto (1)	275-80 R 22.5	275-80 R 22.5	275-80 R 22.5	295-80 R 22.5	295-80 R 22.5	295-80 R 22.5	315-80 R 22.5	315-80 R 22.5
Llantas		7.5"x22.5"	7.5"x22.5"	7.5"x22.5"	8.25"x22.5"	8.25"x22.5"	8.25"x22.5"	9.00"x22.5"	9.00"x22.5"
Disposición de ruedas	2Sd 2SD	2Sd 2DT	2Sd 2DT	2Sd 2DT 2DL	2SDd2DT 6DL	2Sd 2DT 8DL	2Sd 2DT 8DL	2Sd 4DT 8DL	2Sd 4DT 12DL
Masa Bruta Total (G.C.M.) (kg)	1600	14000	16500	24000	42000	49500	52500	60000	75000
(ΣIw)/(m . r^2.)	0,0219	0,0272	0,0231	0,0253	0,0307	0,0326	0,0273	0,0300	0,0311

(1) Automóvil hatchback tipo Peugeot 208, VW Polo o similar

4-DENOMINACIÓN DE VEHÍCULOS A LOS EFECTOS DEL CÁLCULO DE γi

En función del número de ruedas y su condición de direccionales, libres (es decir no tractoras), singles o duales, y a los efectos del cálculo de $\gamma i = 1 + \left(\frac{\sum Mi}{m\,.\,re2} + 0{,}0025\; i^2\right)$, la nomenclatura que adoptaremos es la que se muestra en la Fig. 7.

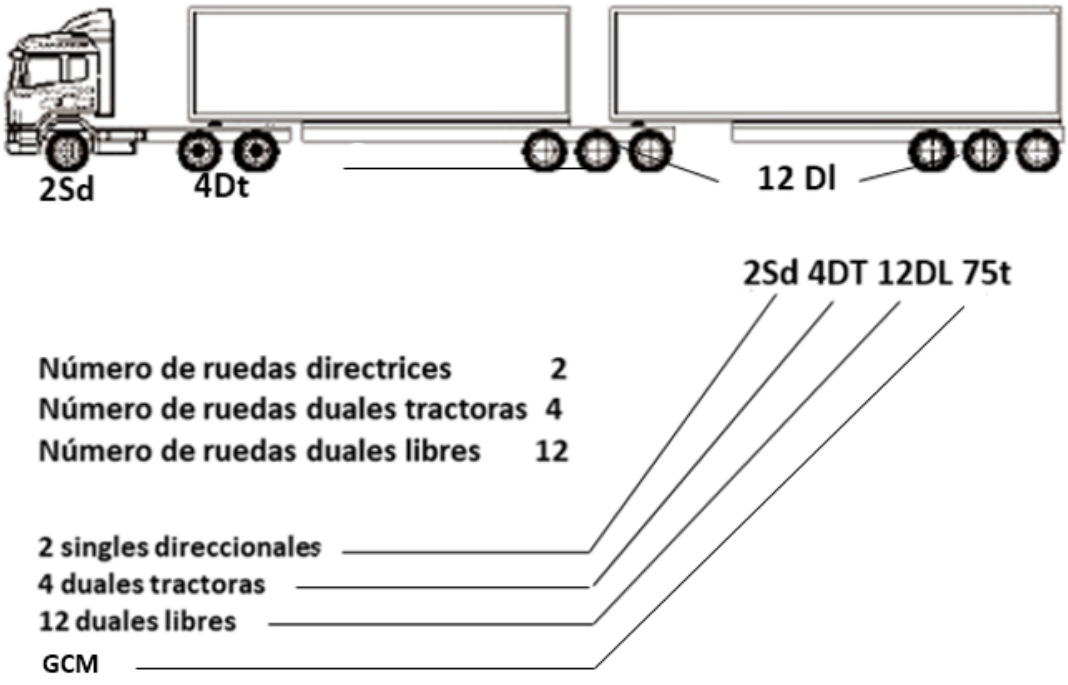

Fig.7

5-EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para el tren que se muestra en la Fig. 7 con una masa de 75000 kg, neumáticos 315-80 R 22.5, radio dinámico re = 0,526 m; 2 ruedas direccionales singles, 8 ruedas tractoras duales y 12 ruedas direccionales o libres que denominamos **2Sd 4DT 12 DL 75t**, reemplazando los momentos de inercia y el ya mencionado radio dinámico *re* extraídos de la Tabla 7, y la masa de 75 t que conocemos como dato, obtendremos: **Є** = $\frac{\sum Mi}{m \,.\, re2} = \mathbf{0,0311.}$

Finalmente, aplicando la fórmula (3) obtenemos los valores de ɣi para cada marcha, según se muestra en la Tabla 8.

Tabla 7 – Cuadro resumen de los parámetros para el cálculo de ɣi para cada marcha de la caja de velociddes

Item	315-80 R 22.5 Single	315-80 R 22.5 Dual	315-80 R 22.5 Dual
Marca	Goodyear	Goodyear	Goodyear
Modelo	G658	G658	G667
Vocaciòn	Direccional/Libres	Direccional/Libres	Tractoras
Radio dinámico de acuerdo a regla 96,5 % R1 (mm)			526,31
Momento inercia conj.rueda c/ tamb. (kg . m2) (1)	20,911	36,872	
Momento inercia conj. rueda c/ tamb. ((kg . m2) (2)			40,249

(1) Neumático diseño direccionales/libres (2) Neumático diseño tractor

Tabla 8 – Valores finales de ɣi para cada marcha de la caja de velocidades

Relaciones de transmisión de la caja de velocidades	Caja velocidades	Relac. ejes tandem	Relación total i	Masa del tren (kg)	$\frac{\sum I_w}{m \,.r^2.}$	$\gamma = 1 + \frac{\sum I_w}{m \,.r^2} + 0{,}0025 \,.\, i^2$
3a Marcha	11,13	3,33	37,06	75000	0,0311	4,47
4ta marcha	8,92	3,33	29,70			3,24
5a Marcha	7,16	3,33	23,84			2,45
6a Marcha	5,74	3,33	19,11			1,94
7a Marcha	4,68	3,33	15,58			1,64
8a Marcha	3,75	3,33	12,49			1,42
9a Marcha	2,97	3,33	9,89			1,28
10a Marcha	2,38	3,33	7,93			1,19
11a Marcha	1,91	3,33	6,36			1,13
12a Marcha	1,53	3,33	5,09			1,10
13a Marcha	1,25	3,33	4,16			1,07
14a Marcha	1,00	3,33	3,33			1,06

6-REFERENCIAS

[1]-Neumàticos Goodyear
https://neumaticoscamion.goodyear.com.ar/

[2]*-Alpha ruedas de disco*
https://www.alphafighiera.com.ar/index.php?&mnuId_parent=9

I3]-m Implementos Tambores de Freno
https://www.implementos.cl/inicio/productos/tambor%20de%20freno%20para%20vw%2014.190

[4]-Italfrenos Tambores de Freno
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.italfrenos.cl/docs/catalogos/2406045353_42_Tambores_de_Freno-compressed.pdf

[5]-Metrofund Catàlogo de aplicaciòn Tambores de Freno
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.metrofund.com.ar/resources/original/catalogo/Catalogo.pdf