

Laboratorio de Tecnologías IV



Reparto de Cargas

Daniel García-Pozuelo Ramos



ÍNDICE

- *Introducción*
- *Reparto de la carga estática*
- *Reparto de la carga en el arranque y frenado*
- *Bibliografía*



ÍNDICE

- *Introducción*
- *Reparto de la carga estática*
- *Reparto de la carga en el arranque y frenado*
- *Bibliografía*



INTRODUCCIÓN

- *Para calcular y dimensionar el chasis de un vehículo, es necesario conocer las cargas que soporta, especialmente la que soportan los ejes.*
- *También es necesario calcular y conocer las cargas que gravitan sobre los ejes desde el punto de vista del cumplimiento de las normas y limitaciones que impone la legislación vigente.*
- *Para los cálculos de reparto de cargas se considerarán por separado dichas cargas.*
- *En general el procedimiento más sencillo para determinar las cargas sobre los ejes debidas al peso propio es el de pesar en una báscula cada eje del vehículo separadamente.*



ÍNDICE

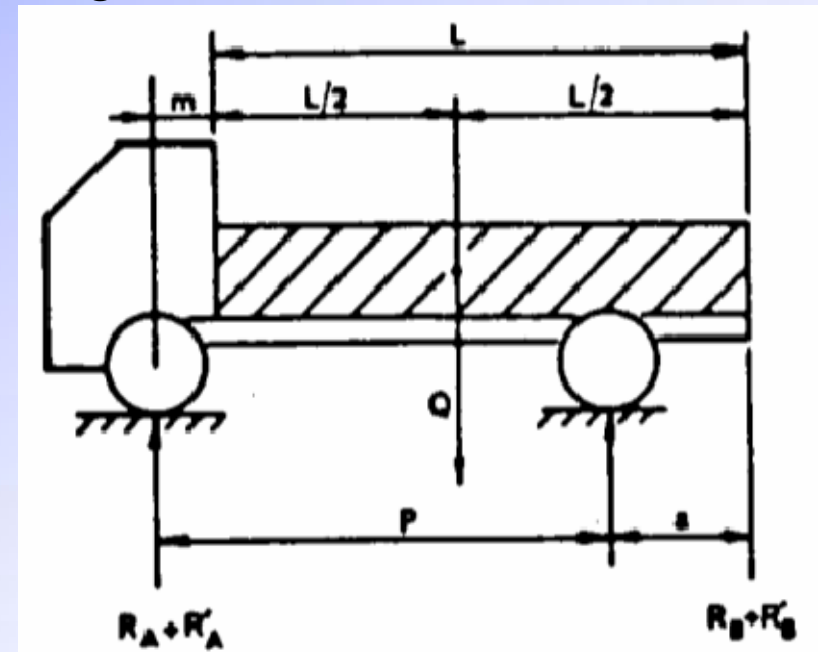
- *Introducción*
- *Reparto de la carga estática*
- *Reparto de la carga en el arranque y frenado*
- *Bibliografía*



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **1. Reparto de cargas en vehículo con eje trasero sencillo, o con doble eje sin sistema de balancín:**
 - **Vehículo de dos ejes:**
 - **Reparto entre los ejes de la carga:**

$$R_B \cdot p - Q \left(\frac{L}{2} + m \right) = 0 ; \quad R_B = \frac{Q \left(\frac{L}{2} + m \right)}{p}$$
$$R_A \cdot p - Q \left(\frac{L}{2} - a \right) = 0 ; \quad R_A = \frac{Q \left(\frac{L}{2} - a \right)}{p}$$



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

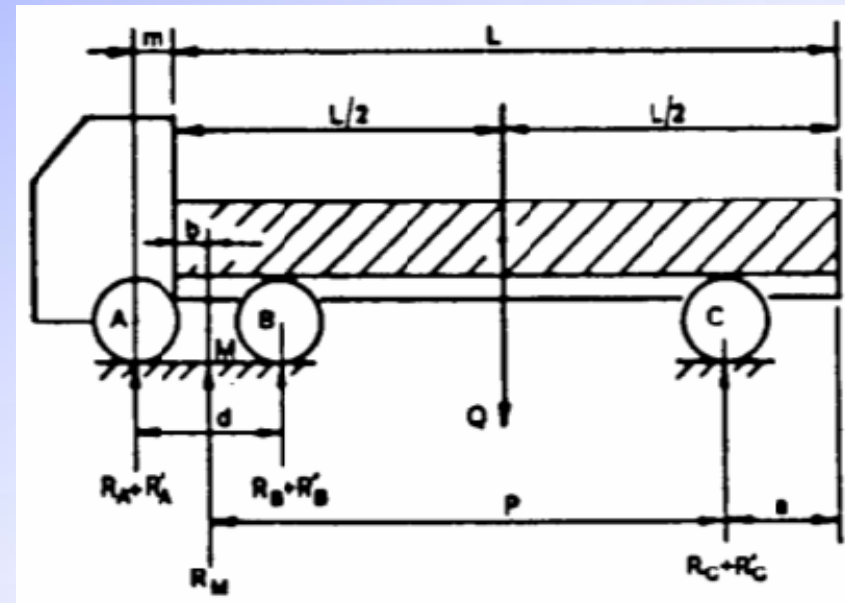
- Como comprobación a estos resultados se ha de verificar: $Q = R_A + R_B$
- Se debe tener en cuenta el peso propio:
 - Eje delantero: $R_A + R_{A'}$
 - Eje trasero: $R_B + R_{B'}$

REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **Vehículo de doble eje delantero:**
 - Tomando momentos respecto a los puntos M y C ($R_M = R_A + R_B$):
 - Suponemos que $R_A = R_B$

$$R_C \cdot P = Q \left(\frac{L}{2} - b \right) \quad ; \quad R_C = \frac{Q \left(\frac{L}{2} - b \right)}{p}$$
$$R_M \cdot P = Q \left(\frac{L}{2} - a \right) \quad ; \quad R_M = \frac{Q \left(\frac{L}{2} - a \right)}{p}$$

$$R_A = R_B = \frac{R_M}{2} = \frac{Q \left(\frac{L}{2} - a \right)}{2 \cdot p}$$



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **Vehículo de doble eje delantero:**
 - Tomando momentos respecto a los puntos M y C ($R_M = R_A + R_B$):
 - Suponemos que $R_A = R_B$

Reparto de cargas:

	<u>1^{er} eje</u>	<u>2^o eje</u>	<u>3^o eje</u>
Debido a la carga	R_A	R_B	R_C
Debido al peso propio	R'_A	R'_B	R'_C
Totales	$R_A + R'_A$	$R_B + R'_B$	$R_C + R'_C$

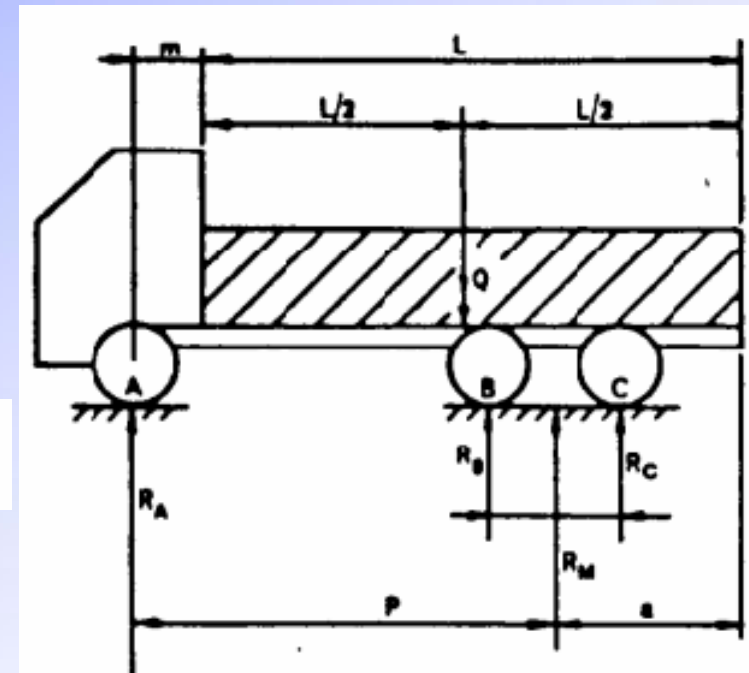
También se considera, generalmente, $R'_A = R'_B$

REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **Vehículo de doble eje trasero sin balancín:**
 - Tomando momentos respecto a los puntos A y M ($R_M = R_B + R_C$):

$$R_M \cdot p = Q \left(\frac{L}{2} + m \right); \quad R_M = \frac{Q}{p} \left(\frac{L}{2} + m \right)$$

$$R_A \cdot p = Q \left(\frac{L}{2} - a \right) \quad R_A = \frac{Q}{p} \left(\frac{L}{2} - a \right)$$



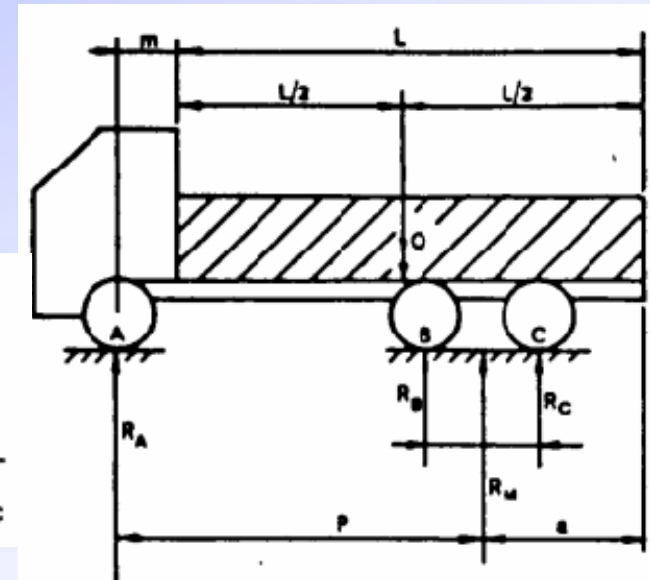
REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **Vehículo de doble eje trasero sin balancín:**
 - Se admite también que $R_B = R_C$ cuando la distancia entre ejes (d) no es muy grande. (Como regla general práctica se puede admitir esto cuando d no es superior a 1.4m).

$$R_B = R_C = \frac{R_M}{2} = \frac{Q \left(\frac{L}{2} + m \right)}{2 \cdot P}$$

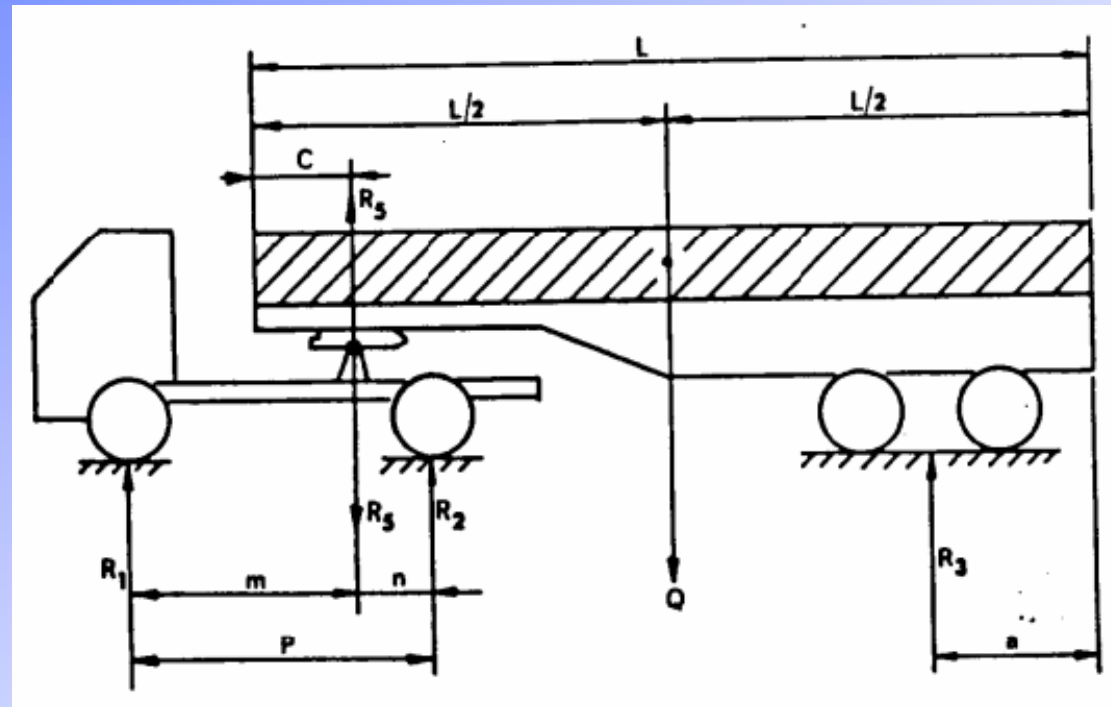
Por tanto el reparto total es el siguiente:

	1 ^{er} eje	2 ^o eje	3 ^{er} eje
Debido a la carga...	R_A	R_B	R_C
Debido a la tara ...	R'_A	R'_B	R'_C
Totales ...	$R_A + R'_A$	$R_B + R'_B$	$R_C + R'_C$



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **Semi-remolque (trailer):**
 - *El reparto de cargas del tractor viene fijado por la carga R_5 que gravita sobre la quinta rueda.*



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **Semi-remolque (trailer):**

- *El Tomando momentos respecto a la 5ª rueda:*

Tomando momentos respecto a la 5ª rueda:

$$R_3 (L - c - a) = Q \left(\frac{L}{2} - c \right) \quad ; \quad R_3 = \frac{Q \left(\frac{L}{2} - c \right)}{L - c - a}$$

$$R_5 = Q - R_3 = \frac{Q \left(\frac{L}{2} - a \right)}{L - c - a}$$

- *Tomando momentos respecto a los ejes del tractor:*

Tomando momentos respecto a los ejes del tractor:

$$R_1 \cdot p = R_5 \cdot n \quad ; \quad R_1 = R_5 \frac{n}{p} = \frac{Q \cdot n \cdot \left(\frac{L}{2} - a \right)}{P (L - c - a)}$$

$$R_2 \cdot p = R_5 \cdot m \quad ; \quad R_2 = R_5 \frac{m}{p} = \frac{Q \cdot m \cdot \left(\frac{L}{2} - a \right)}{p (L - c - a)}$$

REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- Semi-remolque (trailer):**

Si R'_1 y R'_2 son las cargas sobre los ejes del tractor debidas al peso de éste, y R_3 y R_5 las cargas sobre el puente trasero del semi-remolque y sobre la 5ª rueda del tractor debidas al peso propio del semi-remolque, ésta última carga sobre la 5ª rueda se repartirá entre los ejes del tractor.

$$R''_1 = R'_5 \cdot \frac{n}{p}$$

$$R''_2 = R'_5 \cdot \frac{n}{p}$$

y el reparto total de cargas será el siguiente:

	1º eje	2º eje	3º eje	5ª rueda
Debido a la carga	R_1	R_2	R_3	R_5
Debido a la tara: (Tractor).. ..	R'_1	R'_2		
(Semi-remolque)... ..	R''_1	R''_2	R'_3	R'_5
Totales... ..	$R_1 + R'_1 + R''_1$	$R_2 + R'_2 + R''_2$	$R_3 + R'_3$	$R_5 + R'_5$



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- *Determinación del alargamiento entre ejes y del voladizo posterior del chasis de un vehículo cuando se alarga la caja permaneciendo constante la carga, y de modo que se mantengan las mismas cargas sobre los ejes.*

REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- *Vehículo de dos ejes:*

$$R_B = \frac{Q}{p} \left(\frac{L}{2} + m \right)$$

$$L = p + a - m$$

$$R_D = \frac{Q}{p'} \left(\frac{L'}{2} + m \right)$$

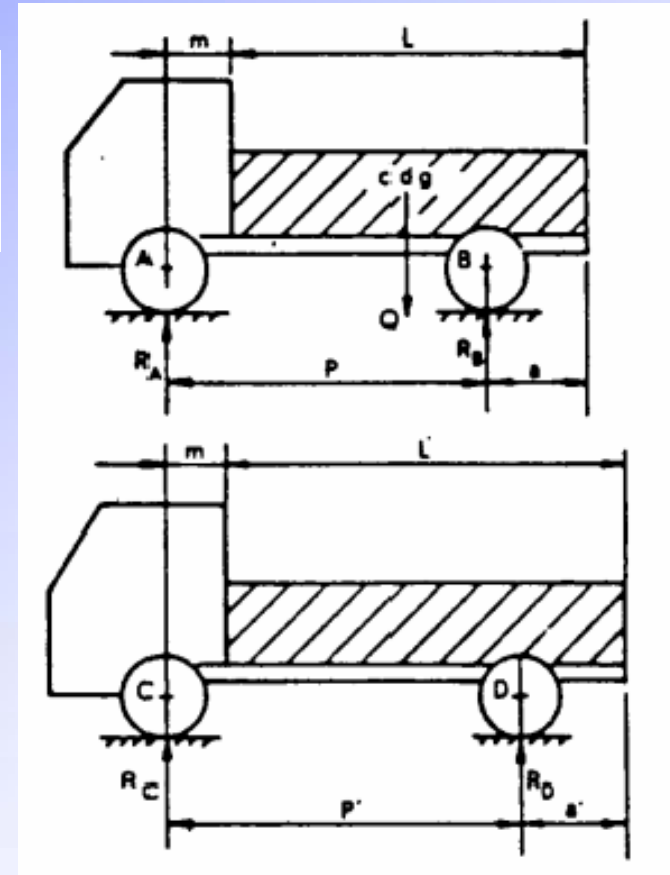
$$L' = p' + a' - m$$

- *Como $R_B = R_D$, resulta:*

$$\frac{Q}{p} \left(\frac{L}{2} + m \right) = \frac{Q}{p'} \left(\frac{L'}{2} + m \right)$$

$$p' = p \cdot \frac{L' + 2m}{L + 2m}$$

$$a' = L' + m - p'$$



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

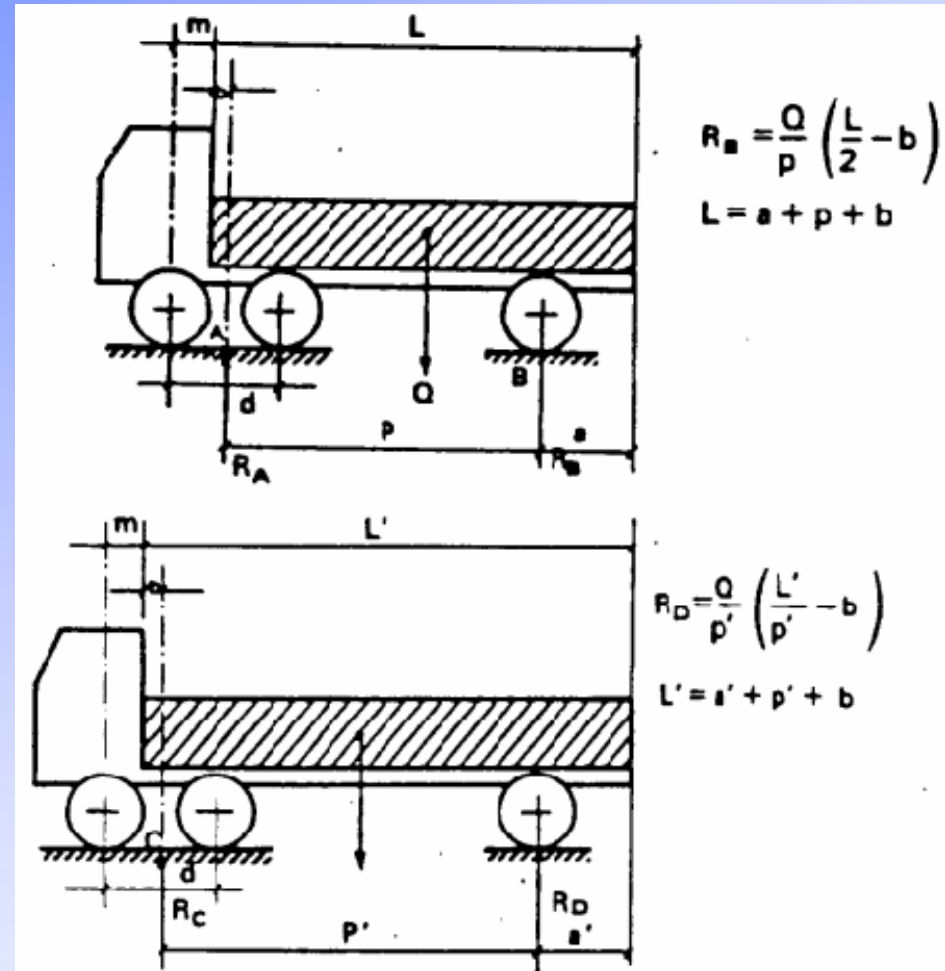
- *Vehículo de doble eje delantero:*

- *Como $R_B = R_D$, resulta:*

$$\frac{Q}{p} \left(\frac{L}{p'} - b \right) = \frac{Q}{p'} \left(\frac{L'}{2} - b \right)$$

$$p' = \frac{p(L' - 2b)}{L - 2b}$$

$$a' = L' - (p' + b)$$



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **Limitaciones:** Hay que tener presente que estas modificaciones solo se podrán efectuar cuando el chasis pueda resistir la carga después de la modificación, pues al variar el centro de gravedad de la carga varía también el momento flector máximo y su punto de aplicación respecto al camión no modificado.

Por otra parte hay que tener también en cuenta que al variar la distancia entre ejes hay que modificar el trapecio de la dirección.

REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

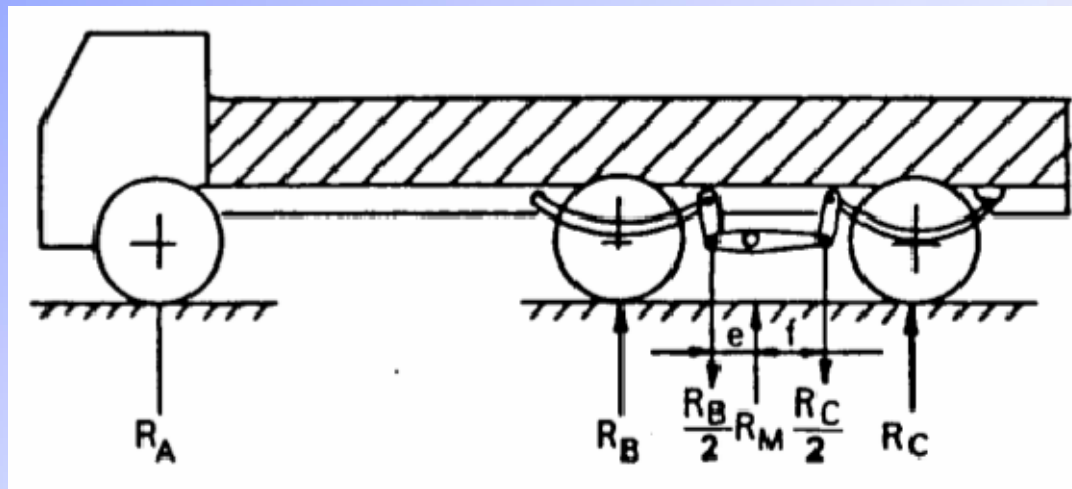
- **2. Reparto de cargas en vehículos de doble eje trasero con sistema de balancín:**

- *En el cálculo de reparto de cargas de vehículos de doble eje trasero sin balancín, se admite que la carga sobre los ejes traseros se reparte por igual entre ambos; aunque esto no es exacto, en realidad hay poca diferencia entre ambas cargas.*

Si uno solo de los ejes (el anterior) de un vehículo sin balancín es motriz, puede suceder que al ser pequeña la carga sobre este eje en comparación con el peso total del vehículo patinen las ruedas motrices, con las consiguientes dificultades para la marcha, aparte de los desgastes de los neumáticos y la consiguiente reducción de su vida que esto trae consigo.

REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- *Para soslayar estos inconvenientes se recurre a fijar los extremos interiores de las ballestas de los dos ejes, en vez de al bastidor, a los extremos de un balancín de brazos desiguales, de tal modo que el brazo más corto corresponde a la ballesta del eje motriz, y así sobre esta cargue un peso mayor, y por lo tanto sea mayor su adherencia al terreno.*



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- *Para que el balancín esté en equilibrio es preciso que la suma de los momentos de las cargas sobre los brazos respecto al eje de articulación sea igual a cero.*

$$\frac{R_B}{2} \cdot e - \frac{R_C}{2} \cdot f = 0 \quad ; \quad e \cdot R_B = f \cdot R_C$$

- *Además se sabe que : $R_B + R_C = R_M$*
- *De estas dos ecuaciones se deduce:*

$$R_B = \frac{R_M}{1 + \frac{e}{f}} = \frac{f \cdot R_M}{e + f}$$

$$R_C = \frac{R_M}{1 + \frac{e}{f}} = \frac{e \cdot R_M}{e + f}$$

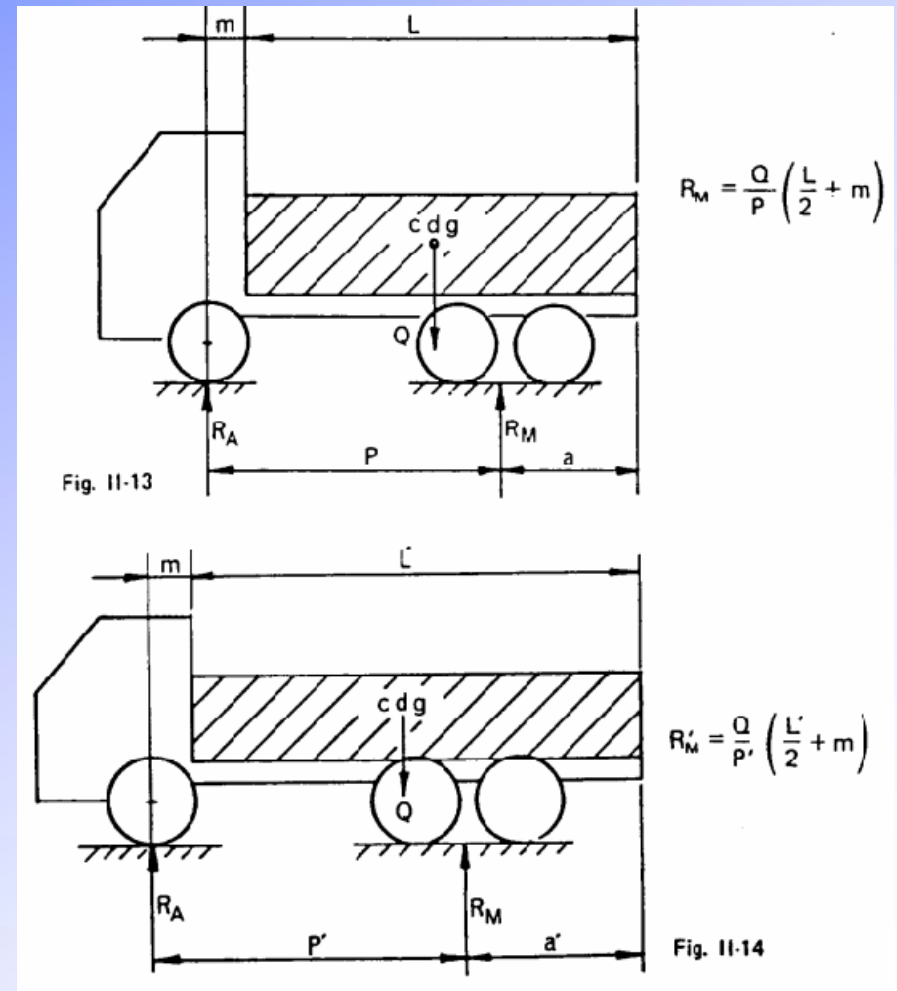
REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **Alargamiento de la caja permaneciendo constantes las cargas por ejes en vehículos de tres ejes con o sin balancín:**
- **Como $R_M = R_M'$, resulta:**

$$\frac{Q}{P} \left(\frac{L}{2} + m \right) = \frac{Q}{P'} \left(\frac{L'}{2} + m \right)$$

$$P' = \frac{P(L' + 2m)}{L + 2m}$$

$$a' = L' + m - p'$$



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

- **Reparto de cargas de vehículos de cuatro ejes con sistema de balancines:**
 - Tomando momentos respecto a N y M:

$$R_M \cdot P = Q \left(\frac{L}{2} - b \right) \quad ; \quad R_M = \frac{Q}{P} \left(\frac{L}{2} - b \right)$$

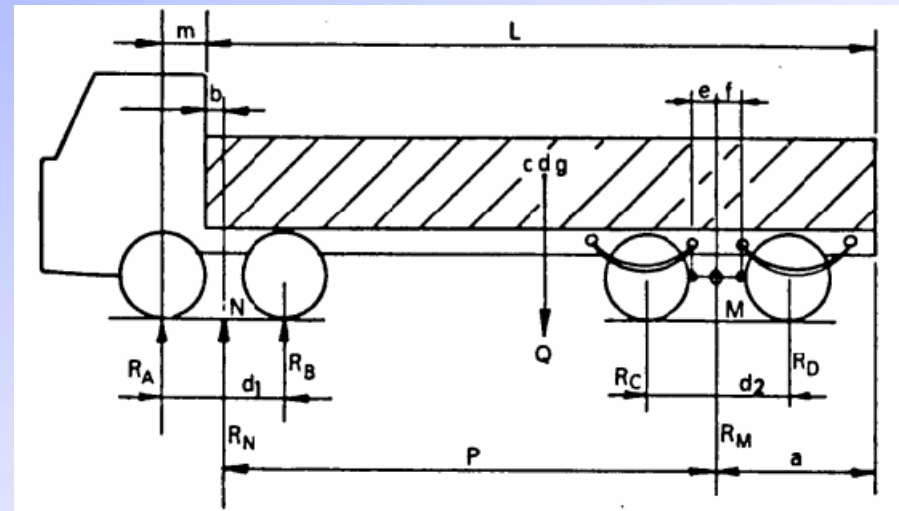
$$R_M \cdot P = Q \left(\frac{L}{2} - a \right) \quad ; \quad R_N = \frac{Q}{P} \left(\frac{L}{2} - a \right)$$

$$R_N = R_A + R_B$$

$$R_A \approx R_B \quad ; \quad R_A = R_B = \frac{R_N}{2} = \frac{Q \left(\frac{L}{2} - a \right)}{2P}$$

$$R_M = R_C + R_D, \text{ y se verifica, } \frac{R_C}{R_D} = \frac{f}{e}$$

$$R_C = \frac{R_M}{1 + \frac{e}{f}} \quad ; \quad R_D = \frac{R_M}{1 + \frac{f}{e}}$$



REPARTO DE LA CARGA ESTÁTICA

Por tanto el reparto de carga es el siguiente:

	1 ^{er} eje	2 ^o eje	3 ^{er} eje	4 ^o eje
Debido a la carga	R_A	R_B	R_C	R_D
Debido al peso propio... ..	R'_A	R'_B	R'_C	R'_D
Totales... ..	$R_A + R'_A$	$R_B + R'_B$	$R_C + R'_C$	$R_D + R'_D$

- Las cargas propias $R_{A'}$, $R_{B'}$, $R_{C'}$, $R_{D'}$ se pueden determinar pesando los ejes en una báscula.
 - Se pesa primero el eje delantero, $R_{A'}$.
 - Se pesa el conjunto de los dos ejes delanteros, $R_{N'}$;
 $R_{B'} = R_{N'} - R_{A'}$
 - Se pesa el cuarto eje, $R_{D'}$
 - Se pesa el conjunto de los dos ejes traseros, $R_{M'}$;
 $R_{C'} = R_{M'} - R_{D'}$

ÍNDICE

- *Introducción*
- *Reparto de la carga estática*
- *Reparto de la carga en el arranque y frenado*
- *Bibliografía*



REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

- *Al frenar o arrancar un vehículo aparece una fuerza de inercia que se opone a la fuerza que tiende a poner en movimiento o a detener el vehículo, y que modifica las cargas sobre los ejes.*
- *Al arrancar un vehículo la fuerza de inercia I da origen a que sobre el eje trasero gravite más carga que cuando el vehículo está parado. Lo contrario ocurre sobre el eje delantero, puesto que el peso que se traspasa sobre el eje trasero reduce el que gravita sobre el eje delantero. Por lo tanto, si las cargas sobre los ejes en el vehículo parado son las siguientes:*

	<u>EJE DELANTERO</u>	<u>EJE TRASERO</u>
Debido a la carga del vehículo	R_A	R_B
Debidas al peso propio del vehículo	r_A	r_B

REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

- *En el momento de arrancar o frenar estas cargas se transforman en otras:*

	<u>EJE DELANTERO</u>	<u>EJE TRASERO</u>
Por la carga...	R'_A	R'_B
Por el peso propio	r'_A	r'_B

REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

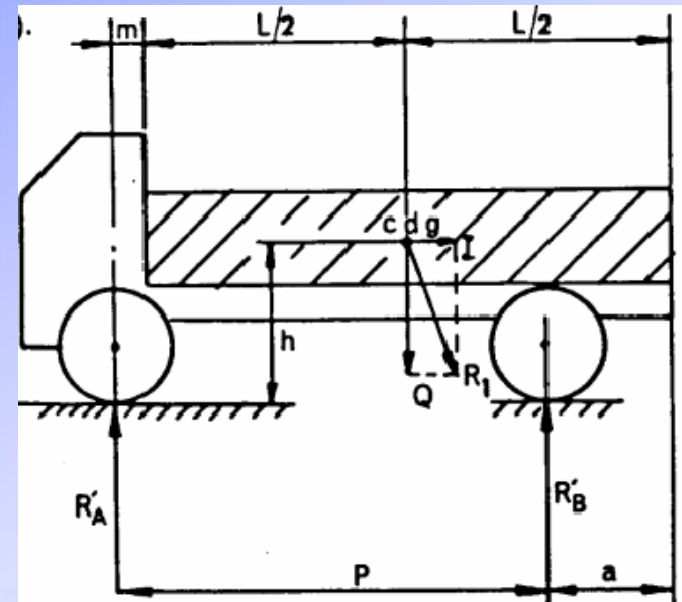
1. *Reparto de la carga del vehículo, sin tener en cuenta el peso propio. Tomando momentos respecto a los ejes delantero y trasero*

$$R'_B \cdot P - Q \left(\frac{L}{2} + m \right) - l \cdot h = 0$$

$$R'_B = \frac{Q \left(\frac{L}{2} + m \right)}{p} + \frac{l \cdot h}{p} = R_B + \frac{l \cdot h}{p}$$

$$R'_A \cdot P - Q \left(\frac{L}{2} - a \right) + l \cdot h = 0$$

$$R'_A = \frac{Q \left(\frac{L}{2} - a \right)}{p} - \frac{l \cdot h}{p} = R_A - \frac{l \cdot h}{p}$$



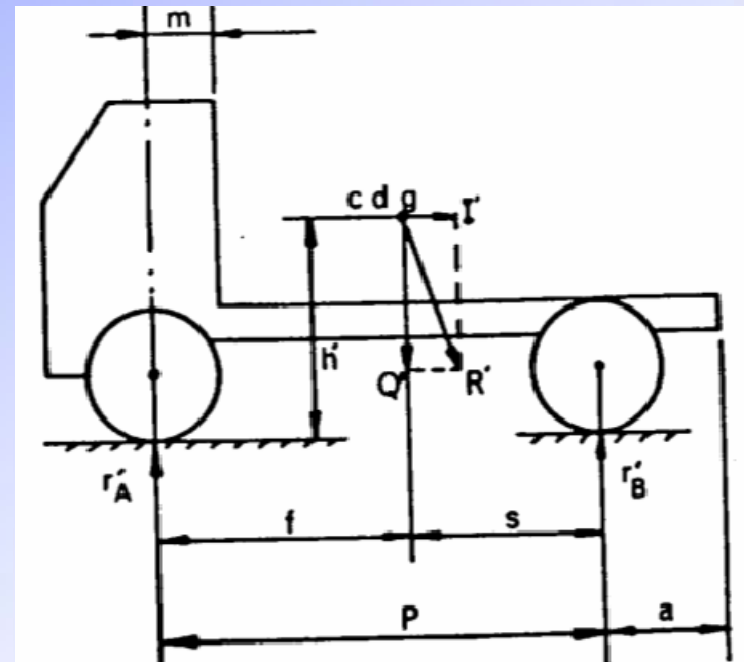
- *El eje trasero sufre un incremento de carga $l \cdot h / p$ respecto a la del vehículo parado, y el eje delantero queda descargado en el mismo peso.*

REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

2. *Reparto de carga debido al peso propio del vehículo, sin tener en cuenta la carga (el centro de gravedad no es el mismo que en el caso anterior):*

- *Tomando momentos respecto a los ejes delanteros y traseros respectivamente:*

$$\begin{aligned}r'_B \cdot P - Q' \cdot f - l' \cdot h' &= 0 \\r'_B &= \frac{Q' \cdot f}{P} + \frac{l' \cdot h'}{P} = r_B + \frac{l' \cdot h'}{P} \\r'_A \cdot P - Q' \cdot s + l' \cdot h' &= 0 \\r'_A &= \frac{Q' \cdot s}{P} - \frac{l' \cdot h'}{P} = r_A - \frac{l' \cdot h'}{P}\end{aligned}$$



REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

- *La carga sobre el eje trasero aumenta en $l' \cdot h'/p$, y por consiguiente el eje delantero queda descargado del mismo peso. Como el valor de $l' \cdot h'/p$ suele ser generalmente muy pequeño, en la práctica no se tiene en cuenta, o sea que se consideran las racciones $r_{A'}$ y $r_{B'}$ iguales a las r_A y r_B .*

Determinación del esfuerzo de inercia I debida a la carga del vehículo:

- *En el estudio de la velocidad de un vehículo se deduce que el esfuerzo tangencial T en las ruedas motrices viene dado por la expresión:*

$$T = \frac{2 \cdot \rho}{r_c \cdot r_d \cdot D} \cdot M_m$$

- *M_m es el par motor, r_c y r_d son las reducciones de la caja de cambios y diferencial respectivamente, D es el diámetro de las ruedas y es el rendimiento de la transmisión.*

REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

- Tomando momentos respecto al centro de gravedad, se tiene:

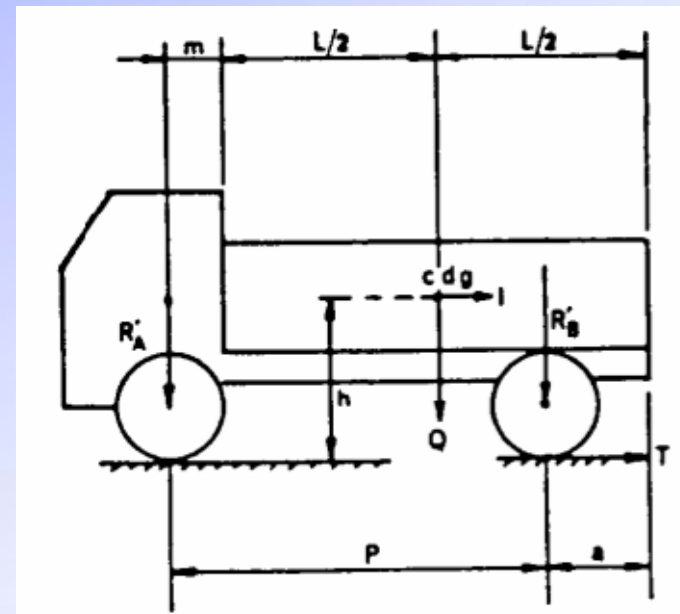
$$R'_B \cdot \left(\frac{L}{2} - a\right) - T \cdot h - R'_A \cdot \left(\frac{L}{2} + m\right) = 0$$

- Sustituyendo R_A' por su valor, $Q - R_B'$, resulta:

$$R'_B \cdot \left(\frac{L}{2} - a\right) - T \cdot h - (Q - R'_B) \cdot \left(\frac{L}{2} + m\right) = 0$$

$$R'_B = \frac{Q \left(\frac{L}{2} + m\right)}{p} + \frac{T \cdot h}{p} = R_B + \frac{T \cdot h}{p}$$

$$R'_A = Q - R'_B = R_A - \frac{T \cdot h}{p}$$



REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

- Comparando los valores antes obtenidos de R_A' y R_B' se deduce:

$$\frac{l \cdot h}{p} = \frac{T \cdot h}{p}; \text{ por tanto; } l=T$$

$$R_B' = R_B + \frac{\frac{2}{D} \rho \cdot \frac{1}{r_c \cdot r_d} M_m \cdot h}{p} = R_B + \frac{2 \rho \cdot M_m \cdot h}{r_c \cdot r_d \cdot P \cdot D}$$

$$R_A' = R_A - \frac{2 \rho \cdot M_m \cdot h}{r_c \cdot r_d \cdot P \cdot D}$$

- La fuerza de inercia será tanto mayor cuanto mayores sean las reducciones de la caja de cambios y diferencial, y cuanto mayor sea el par motor.

Reparto de cargas:

- Si se desprecia el valor de la fuerza de inercia debida al peso propio del vehículo, el reparto de cargas en el arranque es el siguiente:

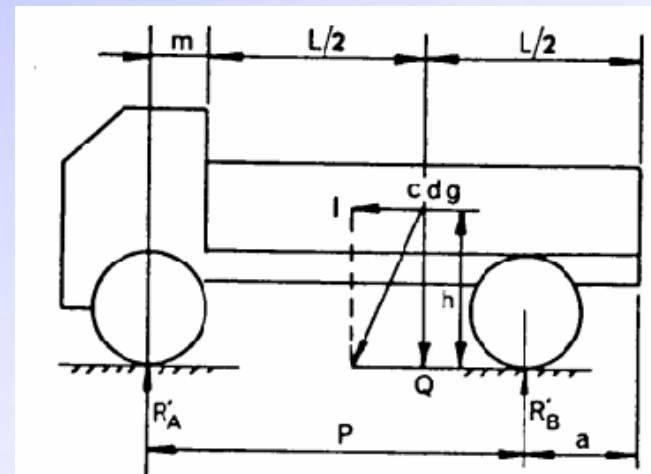
EJE DELANTERO
 $R_A' + r_A$

EJE TRASERO
 $R_B' + r_B$

REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

- **Reparto de cargas en el frenado:**
- *En este caso la fuerza de inercia actúa en sentido contrario al caso anterior, el eje delantero experimenta un incremento de carga con respecto al vehículo parado, y ocurre lo contrario sobre el eje trasero.*
- 1. **Reparto de la carga del vehículo, sin tener en cuenta el peso propio:**
 - *Tomando momentos respecto a ambos ejes.*

$$\begin{aligned}R'_B \cdot P + I \cdot h - Q \left(\frac{L}{2} + m \right) &= 0 \\R'_B &= \frac{Q}{P} \left(\frac{L}{2} + m \right) - \frac{I \cdot h}{P} = R_B - \frac{I \cdot h}{P} \\R'_A \cdot P - Q \left(\frac{L}{2} - a \right) - I \cdot h &= 0 \\R'_A &= \frac{Q \left(\frac{L}{2} - a \right)}{P} + \frac{I \cdot h}{P} = R_A + \frac{I \cdot h}{P}\end{aligned}$$



REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

2. Reparto de carga debido al peso propio del vehículo sin tener en cuenta la carga:

- Como en el arranque se desprecian, por ser muy reducidos, los incrementos y reducciones de carga debidos al peso propio del vehículo.

Determinación del esfuerzo de inercia I debido a la carga del vehículo.

- Se sabe que la ecuación de un movimiento uniforme retardado es la siguiente:

$$V = V_0 - J \cdot t \quad \left\{ \begin{array}{l} V = \text{velocidad final} \\ V_0 = \text{,, inicial} \\ J = \text{deceleración} \\ t = \text{tiempo que tarda en detenerse el vehículo} \end{array} \right.$$

REPARTO DE LA CARGA EN EL ARRANQUE Y FRENADO

- *En la deceleración de un vehículo se verifica:*

$$v = 0 ; \quad v_0 = J \cdot t ; \quad J = \frac{v_0}{t}$$

- *El valor de la fuerza de inercia en función de la deceleración y de la carga es:*

$$I = \frac{Q}{g} \cdot J$$

- *El reparto de la carga del vehículo en el momento del frenado es:*

$$R'_A = R_A + \frac{I \cdot h}{P} = R_A + \frac{Q \cdot J \cdot h}{g \cdot P}$$
$$R'_B = R_B - \frac{I \cdot h}{P} = R_B + \frac{Q \cdot J \cdot h}{g \cdot P}$$

ÍNDICE

- *Introducción*
- *Reparto de la carga estática*
- *Reparto de la carga en el arranque y frenado*
- ***Bibliografía***



Bibliografía

- *El Vehículo industrial y automóvil.* Francisco Muñoz Gracia
- *Curso 1 sobre proyectos técnicos de reforma de importancia de vehículos de carretera.* Francisco Muñoz Gracia
- *Ingeniería de Vehículos. Sistemas y cálculos.* Manuel Cascajosa. Ed. Tébar

