

Medida de eficacia de frenada de un automóvil. Comparativa de procedimientos y equipos

Ávila, del 27 al 29 de septiembre de 2022

Susana Sanz Sánchez

Índice

01

Introducción

02

Objetivo

03

Equipamiento

04

Experimentación

05

Conclusiones

06

Trabajos futuros

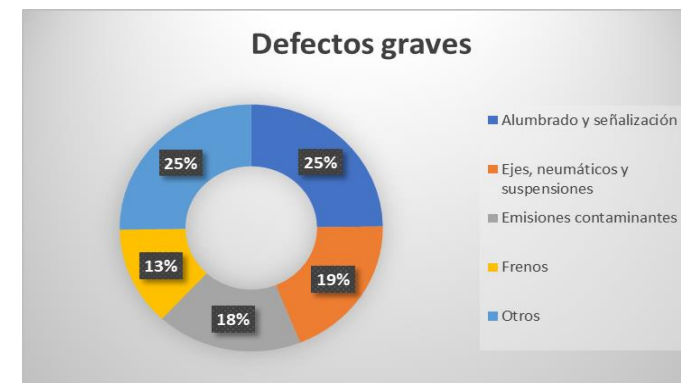
Motivación

Gran importancia actual de la seguridad vial

Necesidad de disponer de un sistema capaz de reducir la velocidad de manera rápida, precisa y eficaz

Importancia del mantenimiento del sistema de frenos (ITV)

Frenómetro de rodillos



Objetivo

OBJETIVO GENERAL

Analizar la eficacia de frenado de un vehículo a partir de los datos obtenidos al realizar distintas frenadas empleando el equipamiento existente

EQUIPAMIENTO

Frenómetro
de rodillos

Frenómetro
de placas

Decelerómetro



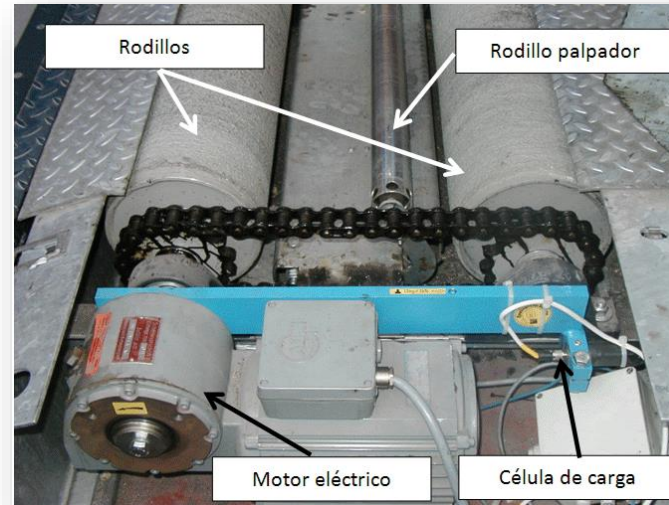
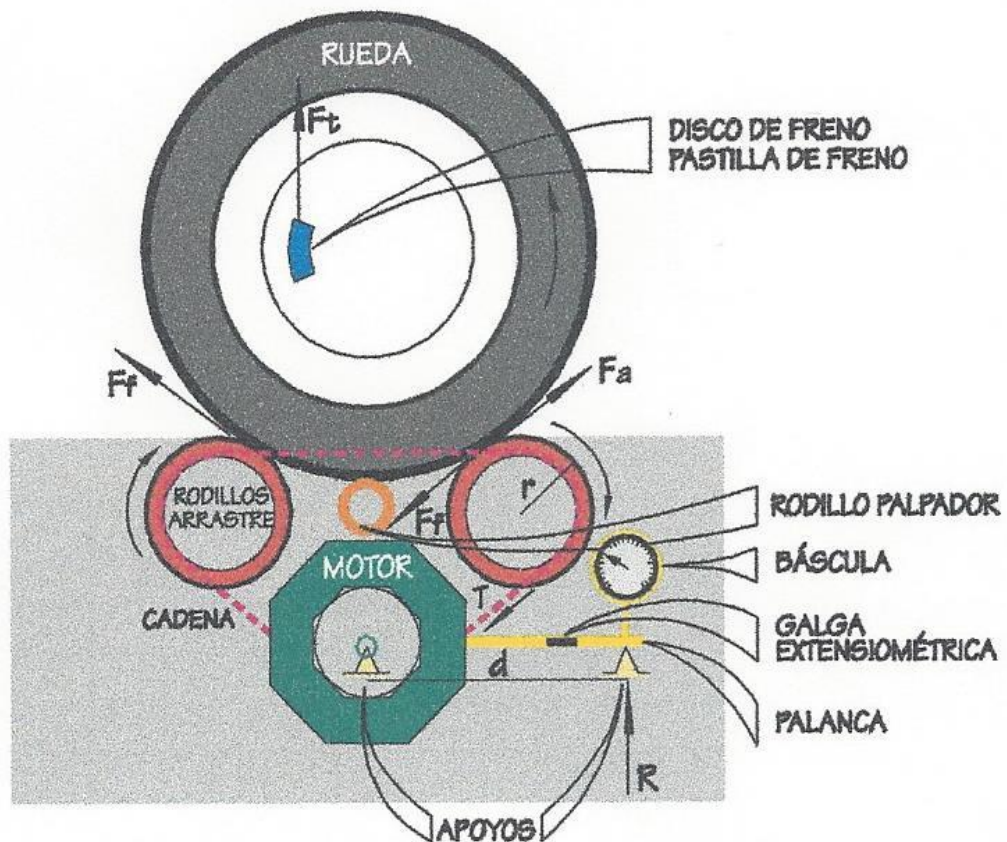
Frenómetro



“Instrumento de **medida** y/o ensayo utilizado para **evaluar** y medir la fuerza longitudinal de frenada en la rueda o ruedas del mismo eje”

Norma UNE 82502:2007 sobre Instrumentos destinados a medir las fuerzas de frenada de vehículos a motor

Frenómetro



ITV



Desequilibrio

$$D = \frac{100 \cdot (F_{max} - F_{min})}{F_{max}}$$

Siendo:

F_{max} : Fuerza de frenado máxima del eje

F_{min} : Fuerza de frenado mínima del eje

Ovalidad

$$d = \frac{100 \cdot (F_{max} - F_{min})}{F_{max}}$$

Siendo:

F_{max} : Fuerza máxima de frenada en cada rueda

F_{min} : Fuerza mínima de frenada en cada rueda

Eficacia de frenado

$$E = \frac{\sum F_{frenado}}{M.M.A. \cdot g} \cdot 100$$

Siendo:

E : Eficacia de frenado en porcentaje

$\sum F_{frenado}$: Suma de todas las fuerzas de frenado en Newton

$M.M.A.$: Masa máxima autorizada del vehículo en kg

Otros tipos de frenómetros de rodillos

➤ Frenómetros universales



➤ Frenómetro de rodillos para motocicletas



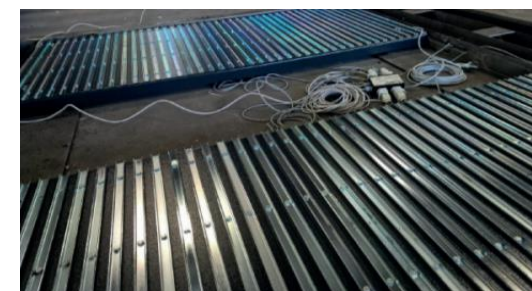
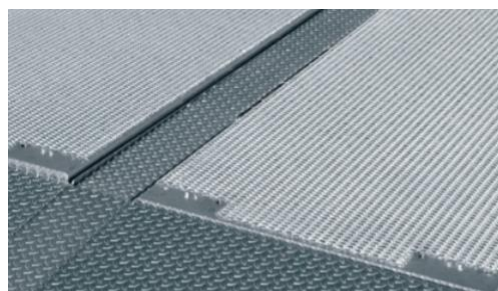
➤ Frenómetros para vehículos 4x4



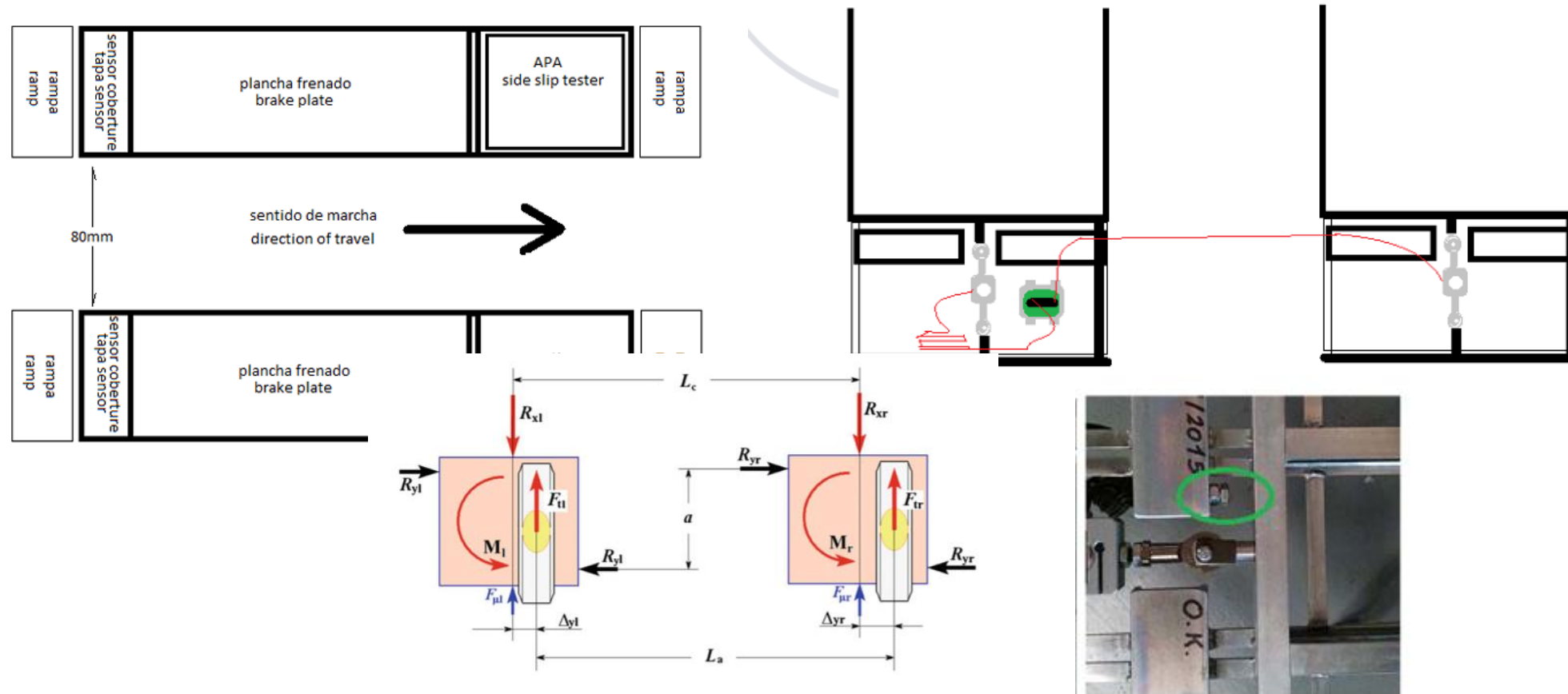
El Frenómetro de placas



- Conjunto de placas de **libre desplazamiento** conectadas a unos dinamómetros de precisión
- Es capaz de medir la **fuerza de frenada**, **desequilibrio**, desvío direccional y **eficacia de frenado** de cada una de las ruedas
- Puede instalarse bajo el suelo o de manera superficial
- Capaz de analizar los frenos de un vehículo en condiciones dinámicas

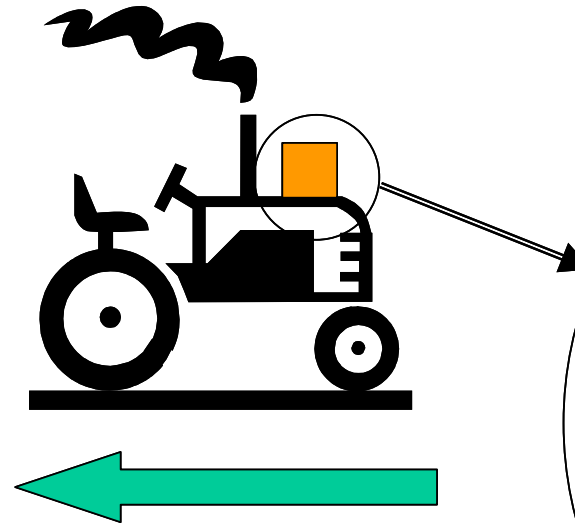


El Frenómetro de placas

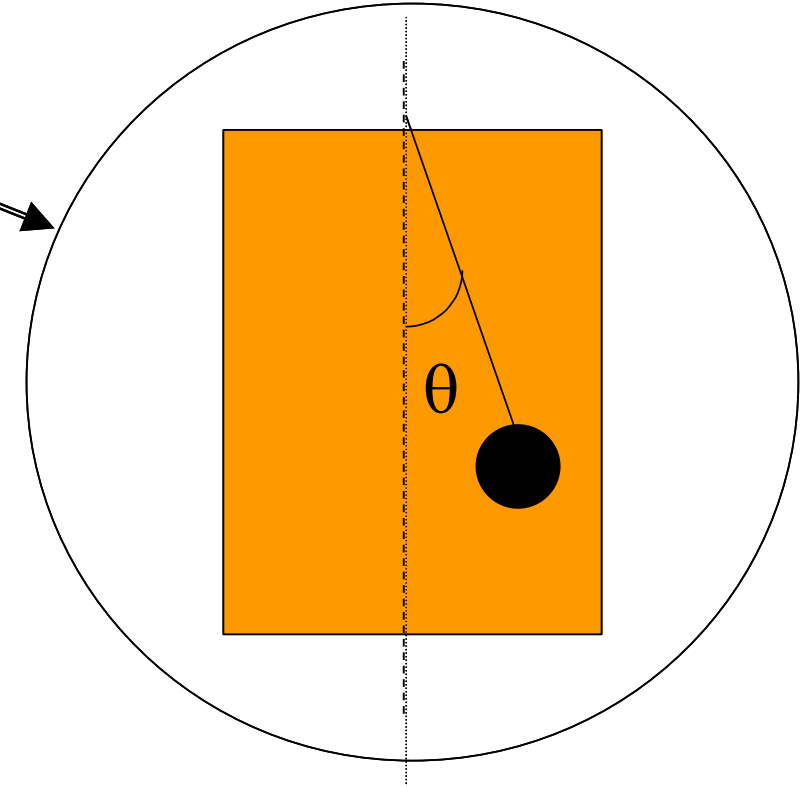


Decelerómetro

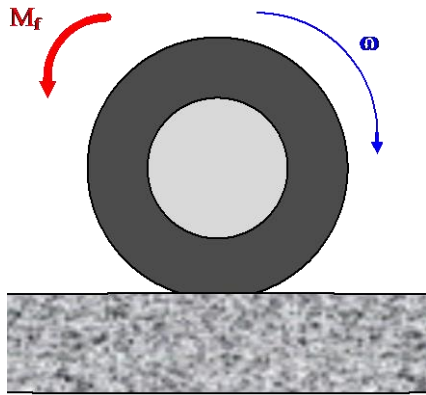
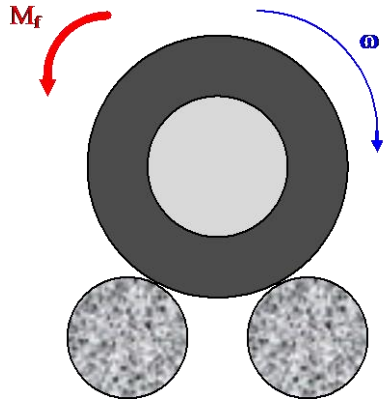
- Instalación sencilla
- Ensayos de frenada



FUERZA DE FRENADO



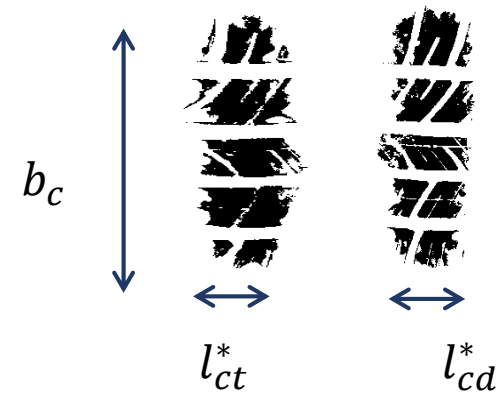
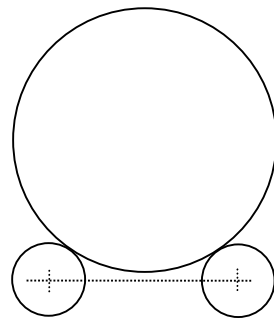
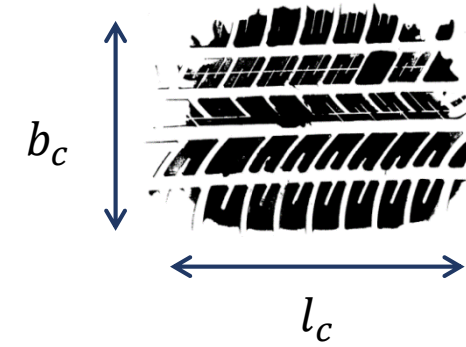
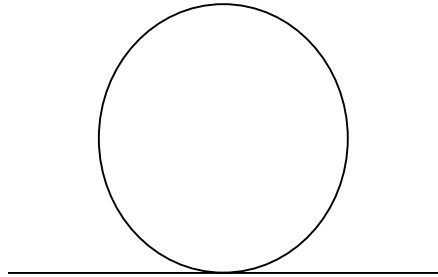
$$E(\%) = \frac{a}{g} \cdot 100$$



DIFERENCIAS:

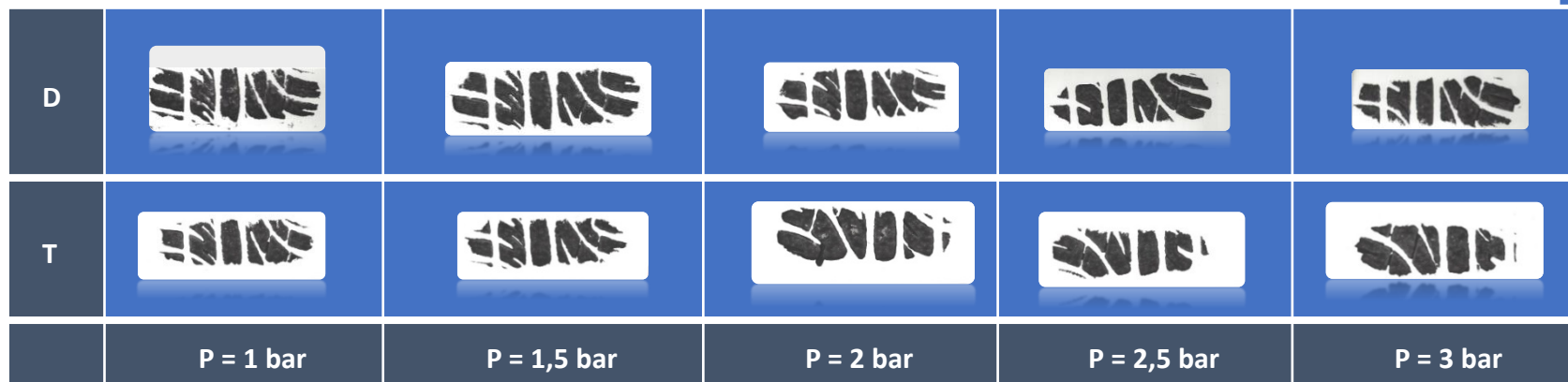
- Área de contacto
- Transferencia de masas
- Par de tracción / Fuerzas de inercia

ÁREAS DE CONTACTO





Presión (bar)	áreas reales	
	Plano (mm ²)	Rodillos (mm ²)
1	16641	10304
1,5	12384	8960
2	9288	7504
2,5	8901	6832
3	7740	6496



Equipos



Frenómetros de rodillos

- Empleado en ITV
- Menos espacio
- Prueba estática
- Desprecia la resistencia aerodinámica y el desplazamiento de carga

Mide:

- Eficacia de frenado
- Desequilibrio
- Ovalidad



Frenómetros de placas

- Uso extendido en la red de talleres
- Instalación más sencilla
- Prueba dinámica
- Tiene en cuenta el desplazamiento de carga y la resistencia aerodinámica (poco influyente)

Mide:

- Eficacia de frenado
- Desequilibrio



Decelerómetro

- Empleado en ITV (vehículos especiales) y ensayos de frenado
- Equipo móvil.
- Instalación más sencilla
- Prueba dinámica
- Tiene en cuenta el desplazamiento de carga y la resistencia aerodinámica

Mide:

- Deceleración


Vehículo

Hyundai i30 (2007)



Báscula

DINI ARGEO SRL (DFWKR)



Manómetro

WIKA



Estados de carga y presión

Nº de prueba	Combinación (masa añadida y presión de los neumáticos)
1	0 kg con 2,5 bar de presión
2	0 kg con 2 bar de presión
3	0 kg con 1,6 bar de presión
4	0 kg con 1,2 bar de presión
5	80 kg con 2,5 bar de presión
6	80 kg con 2 bar de presión
7	80 kg con 1,6 bar de presión
8	80 kg con 1,2 bar de presión
9	150 kg con 2,5 bar de presión
10	150 kg con 2 bar de presión
11	150 kg con 1,6 bar de presión
12	150 kg con 1,2 bar de presión
13	270 kg con 2,5 bar de presión
14	270 kg con 2 bar de presión
15	270 kg con 1,6 bar de presión
16	270 kg con 1,2 bar de presión

- 1) Sin peso añadido (solo conductor)
- 2) 80 kg: 20 kg en el suelo del conductor, 20 kg en el suelo del copiloto y 40 kg (20 y 20) en ambos extremos del maletero
- 3) 150 kg: A la distribución anterior se le suman otros 20 kg en el suelo del conductor y otros 20 en el suelo del copiloto, además de una pesa de 30 kg en el centro del maletero
- 4) 270 kg: Se añade un copiloto (60 kg) y los pesos de 15 y 45 kg en la mitad del suelo de los asientos traseros

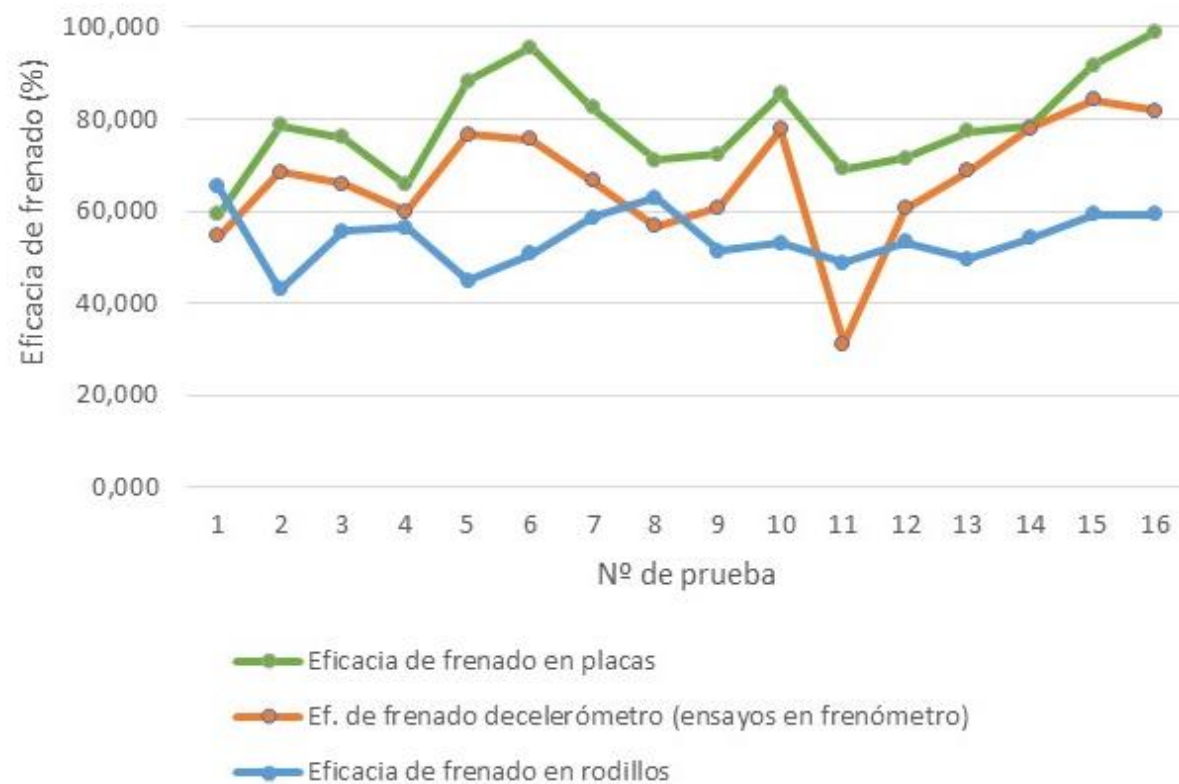
Lugar de las pruebas



ITV de Appplus en Pinto, Madrid



Comparativa de eficacias de frenado

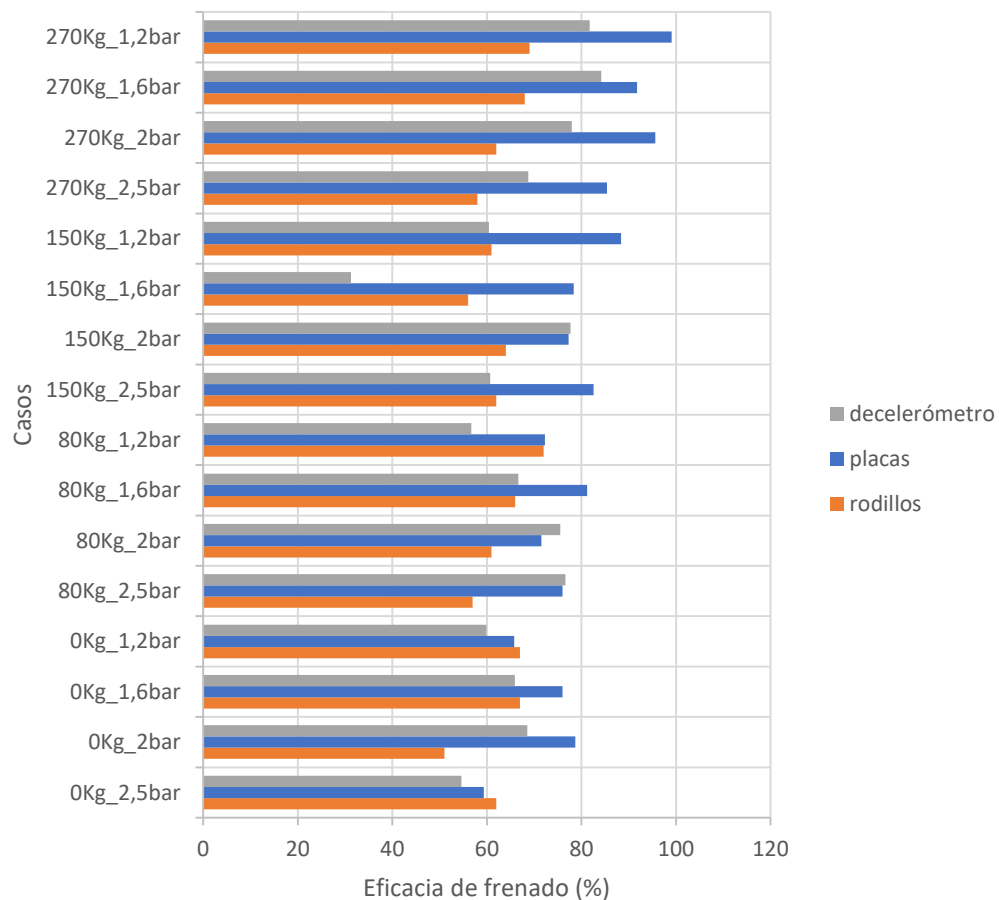


	CASOS
1	0kg_2,5bar
2	0kg_2bar
3	0kg_1,6bar
4	0kg_1,2bar
5	80kg_2,5bar
6	80kg_2bar
7	80kg_1,6bar
8	80kg_1,2bar
9	150kg_2,5bar
10	150kg_2bar
11	150kg_1,6bar
12	150kg_1,2bar
13	270kg_2,5bar
14	270kg_2bar
15	270kg_1,6bar
16	270kg_1,2bar

Comparativa:



Comparación eficacia de frenado de servicio



En el 69% de los casos, el **frenómetro de placas** mide eficacias **superiores** a los otros dos métodos.

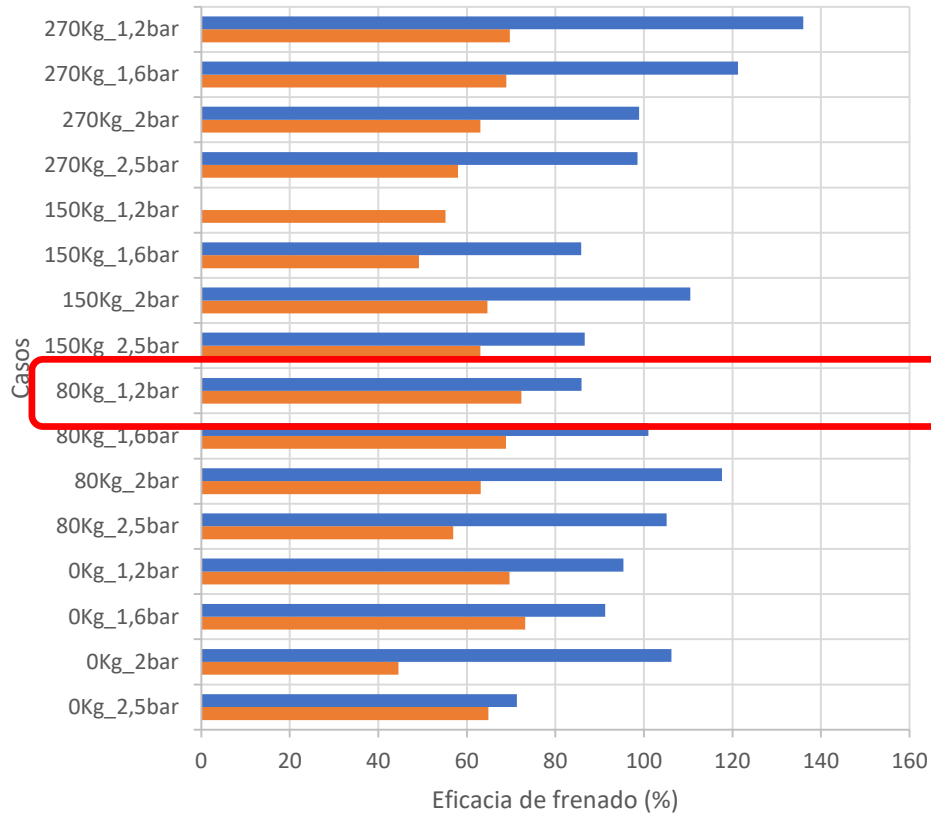
En el 18 % de los casos es el **decelerómetro** el que registra la **máxima** eficacia

En el 13% de los casos el **frenómetro de rodillos** convencional mide la eficacia **mayor**

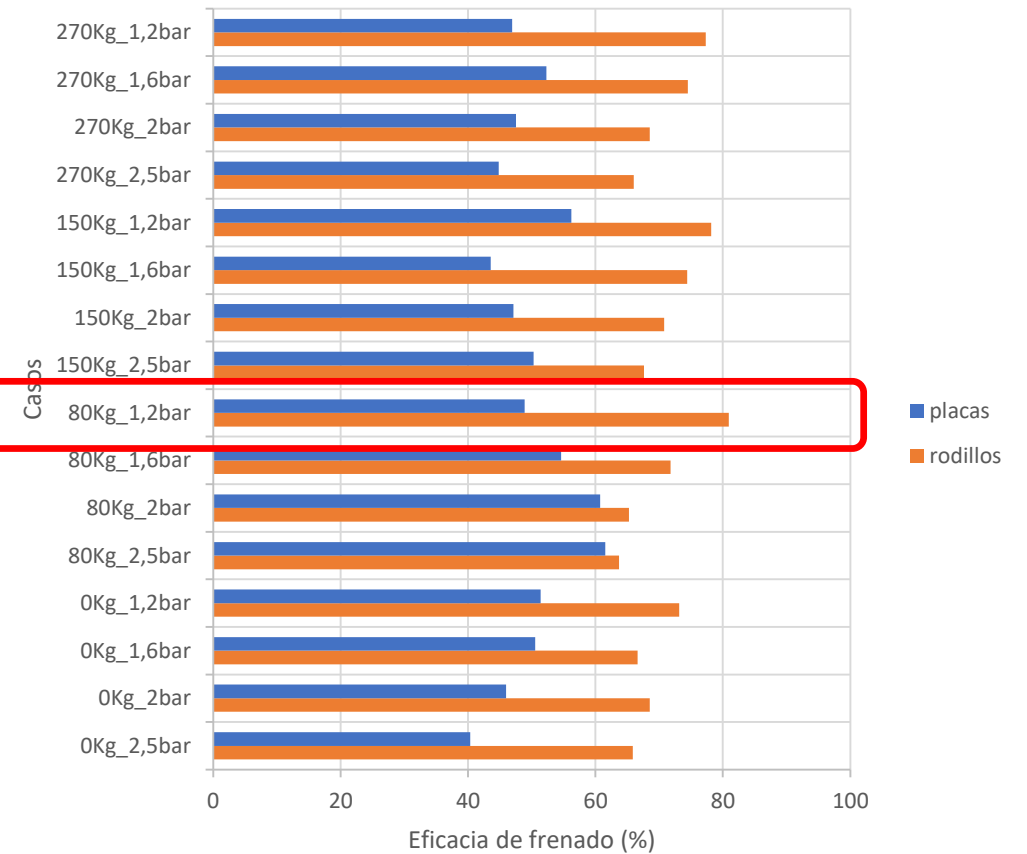
Transferencia de masas:



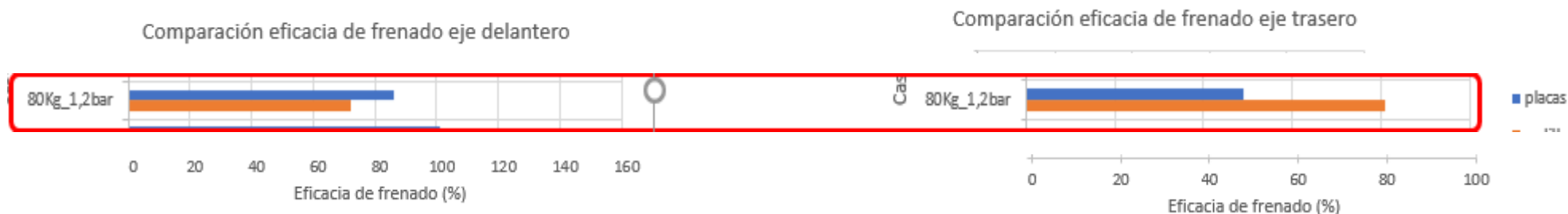
Comparación eficacia de frenado eje delantero



Comparación eficacia de frenado eje trasero



Transferencia de masas:



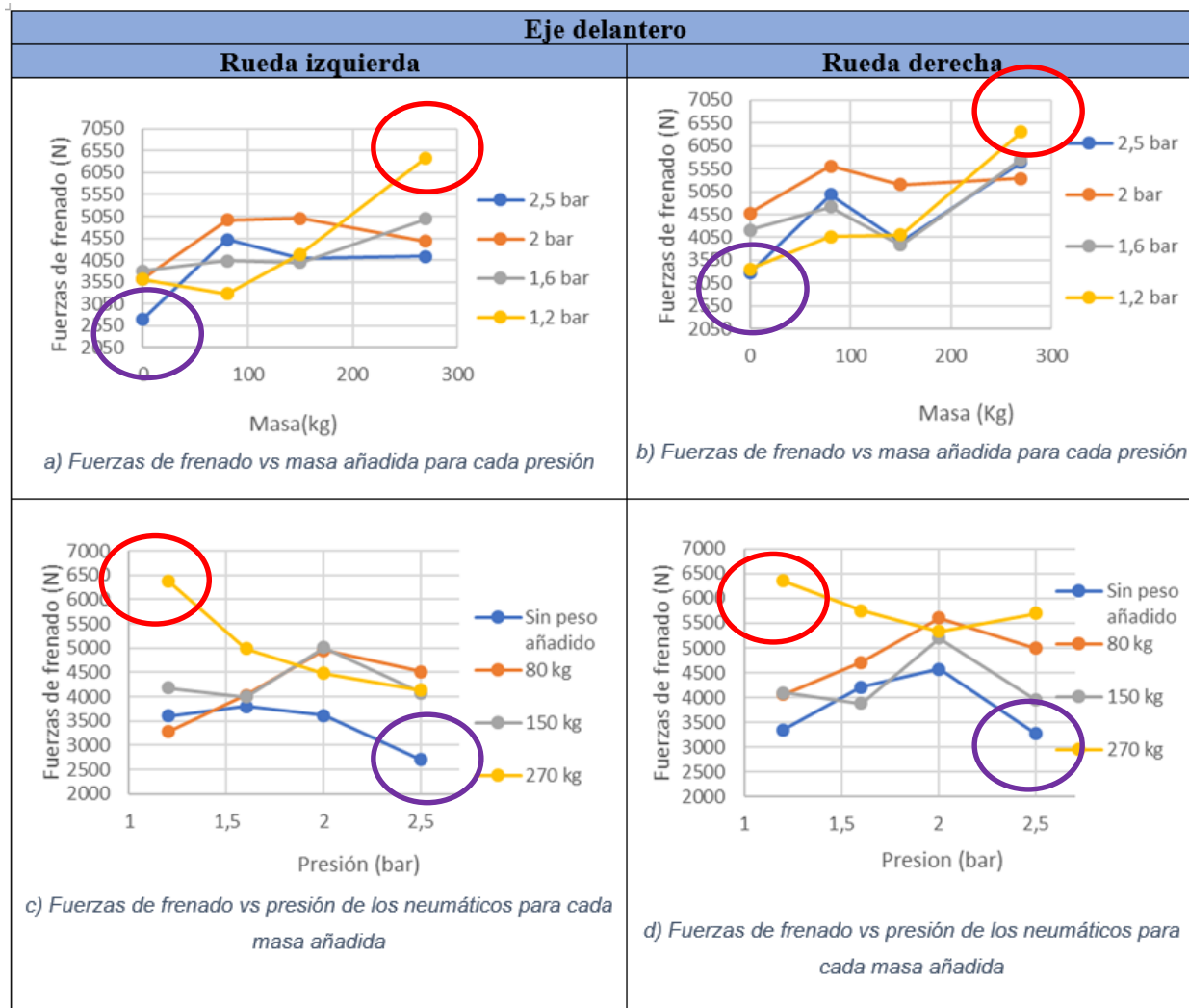
Eficacia total de frenado, tanto para rodillos como para placas es aproximadamente de **70%**

Separando en ambos ejes :

- placas ese 70 % equivale a 85% en eje delantero y 50% en el trasero,
- en rodillos equivale a 70% en el delantero y 80% en el trasero.

En frenadas dinámicas la trasferencia de masas implica valores de **frenada mayores** en el **eje delantero**.

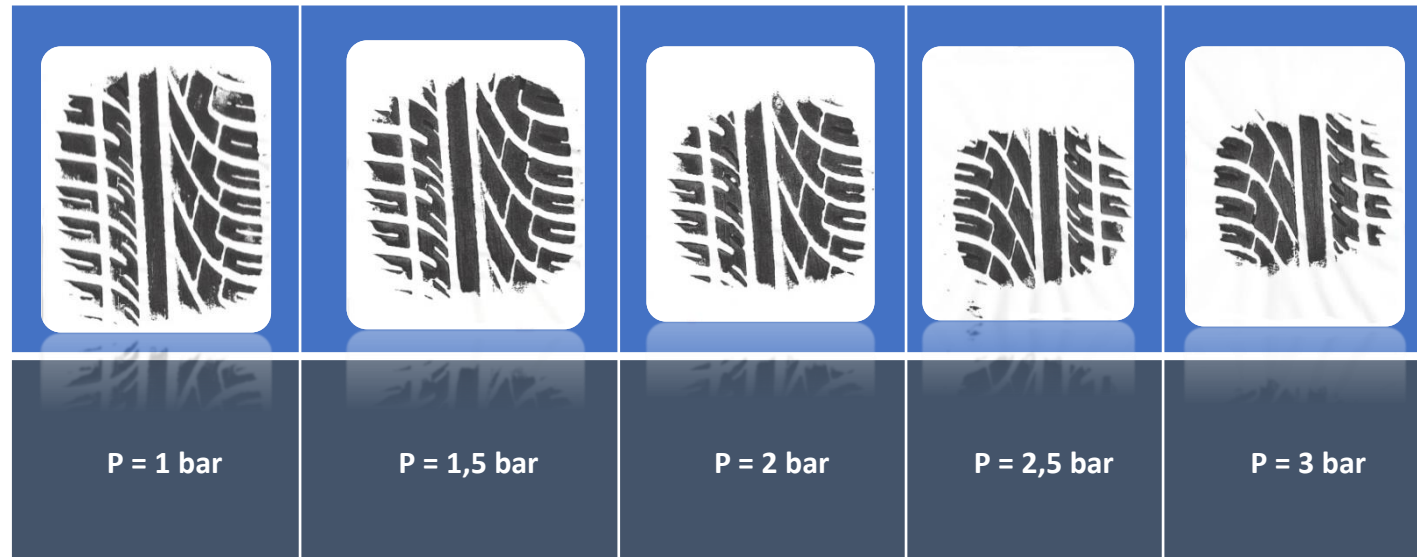
Análisis de los datos experimentales: Fuerzas de frenado



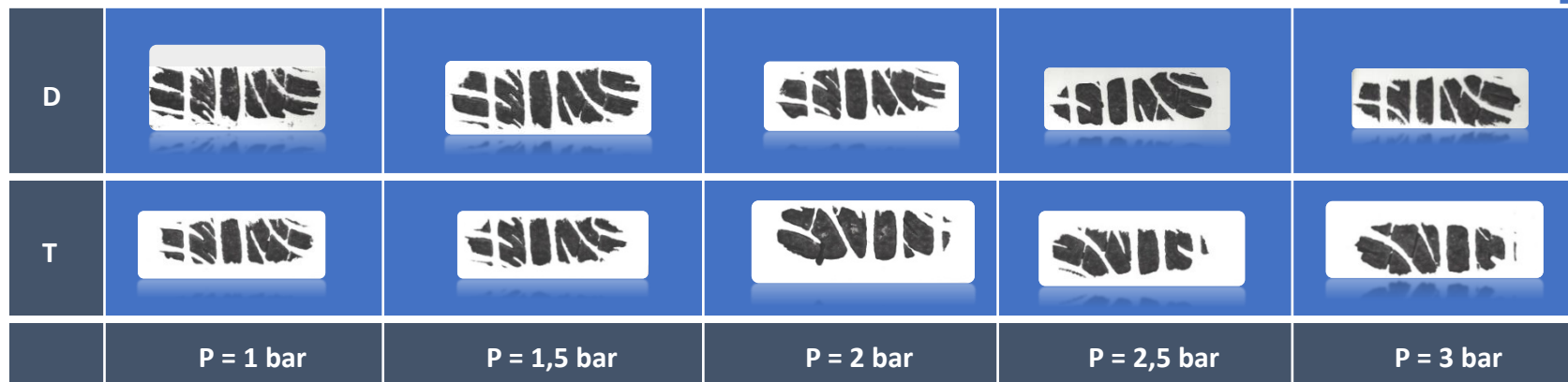
Caso de carga	masa añadida (kg)	Carga eje delantero (kg)	Carga eje trasero (kg)
1	0	895	530
2	80	920	580
3	150	950	620
4	270	1010	685

Masa máxima autorizada (M.M.A.) 1920 kg

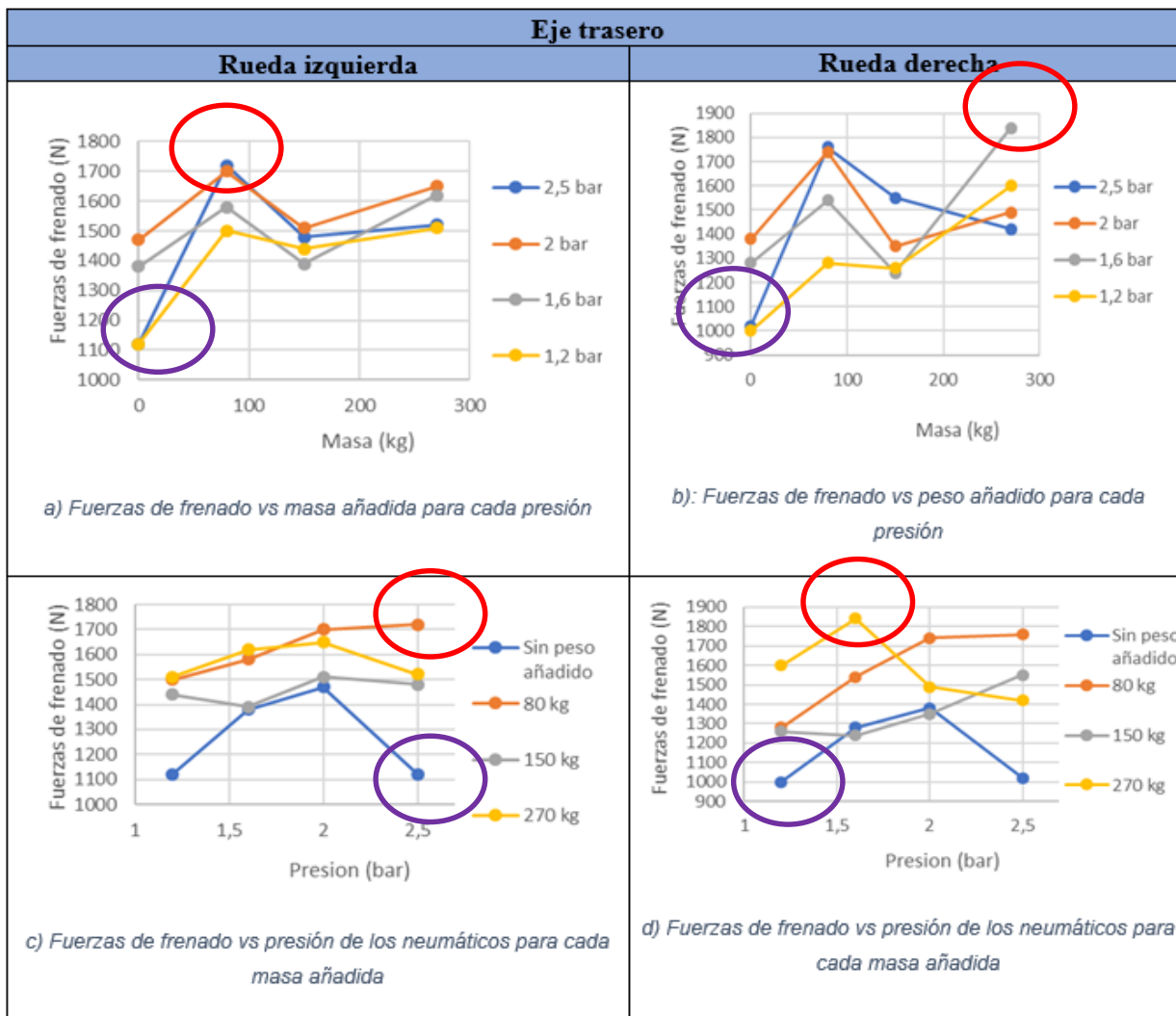
- MAX** mayor carga (270 kg) y de mínima presión de los neumáticos (1,2 bar)
- MIN** mínima carga (sin peso añadido) y máxima presión (2,5 bar)



Presión (bar)	áreas reales	
	Plano (mm ²)	Rodillos (mm ²)
1	16641	10304
1,5	12384	8960
2	9288	7504
2,5	8901	6832
3	7740	6496

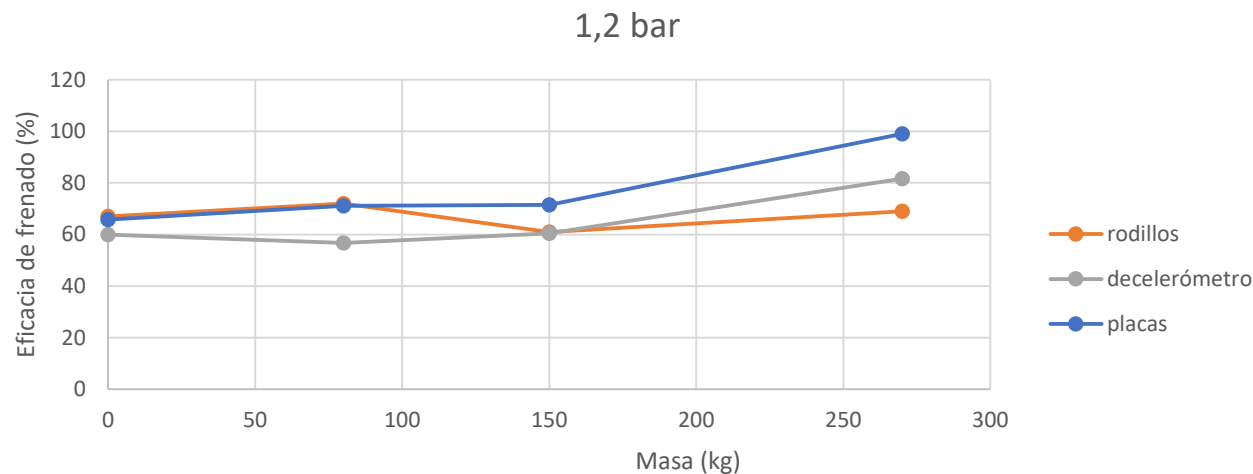


Análisis de los datos experimentales: Fuerzas de frenado



MAX Rueda derecha: (270 kg) y (1,6 bar)

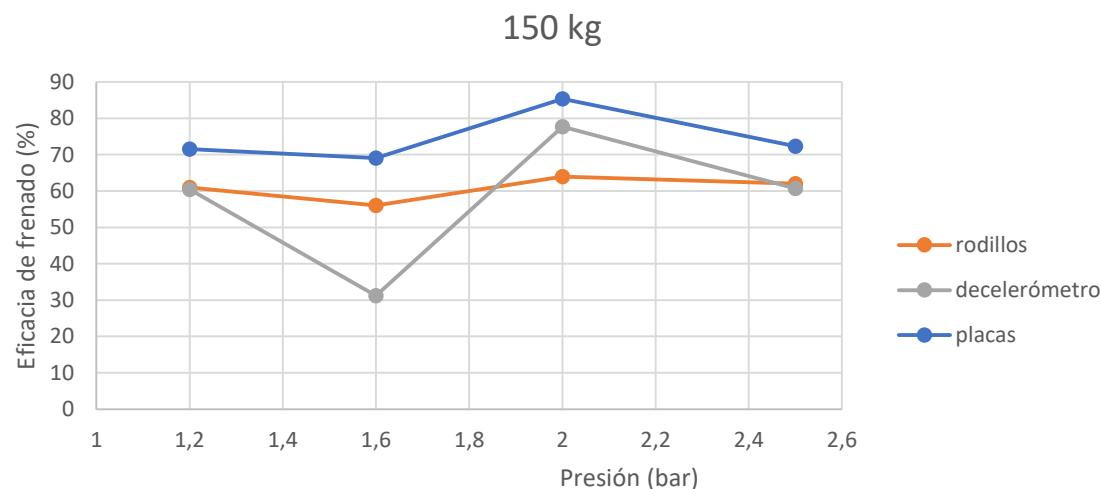
MIN Rueda derecha: (0 kg) y (1,2 bar)



1. Fuerza de frenado **directamente** proporcional a la **masa** añadida

2. Fuerza de frenado **no** mantiene **relación directa** con el aumento de **presión de inflado**

3. Si se observan que las **mayores fuerzas** de frenado se producen a la **presión recomendada** por el fabricante (2bar).



Conclusiones

1. Fuerza de frenado directamente proporcional a la masa añadido
2. Fuerza de frenado no mantiene relación directa con el aumento de presión de inflado
3. El procedimiento debe realizarse controlando la fuerza aplicada en el pedal
4. Presión de inflado inadecuada de los neumáticos puede producir medidas erróneas en la fuerza de frenado



Frenómetro de placas es APTO para la medición de fuerza de frenado en ITV.
(Rápido, seguro, similitud en el contacto con la realidad y desplazamiento de masas)



OVALIDAD

Elección del frenómetro de placas

Comunidad	Año	Vehículos inspeccionados	Rechazo por ovalidad	Rechazo por desequilibrio	Rechazo por eficacia	Rechazo por frenos
CANARIAS	2018	304225	0,0556%	2,1083%	0,3741%	5,10%
CANARIAS	2019	320796	0,0723%	2,1113%	0,4090%	5,13%
CANARIAS	2020	320072	0,0425%	2,0873%	0,4577%	4,87%
CATALUÑA	2018	1497011	0,0000%	1,4061%	0,4937%	4,25%
CATALUÑA	2019	1512240	0,0000%	1,3682%	0,4934%	4,19%
CATALUÑA	2020	1436280	0,0196%	1,2232%	0,4537%	3,74%
ARAGÓN	2018	142356	0,0358%	2,2395%	0,9399%	6,70%
ARAGÓN	2019	146013	0,0651%	2,1738%	0,9314%	6,63%
ARAGÓN	2020	142422	0,0807%	2,0776%	1,0750%	6,69%
CASTILLA	2018	56246	0,0124%	1,3245%	0,5600%	3,76%
CASTILLA	2019	58031	0,0241%	1,4854%	0,5549%	3,77%
CASTILLA	2020	57669	0,0087%	1,3335%	0,4751%	3,74%
EUSKADI	2018	135502	0,0000%	1,0103%	0,0000%	2,94%
EUSKADI	2019	134576	0,0268%	0,5395%	0,0000%	3,26%
EUSKADI	2020	142774	0,0280%	0,1849%	0,0000%	3,15%
ALICANTE	2018	330198	0,0091%	0,8625%	0,2396%	2,66%
ALICANTE	2019	344176	0,0200%	0,9762%	0,2638%	2,93%
ALICANTE	2020	338413	0,0136%	0,8906%	0,2648%	2,54%
MADRID	2018	240101	0,0113%	0,7314%	0,2457%	2,26%
MADRID	2019	268937	0,0164%	0,7314%	0,2457%	2,26%
MADRID	2020	282241	0,0171%	0,7314%	0,2457%	2,26%

Trabajos futuros



- Estudio más exhaustivo del **proceso de calibrado** de los frenómetros de placas y de todas sus fuentes de error e incertidumbres.
- Analizar la **diferencia de la adherencia de los diferentes materiales** utilizados para las placas del frenómetro. Midiendo el deslizamiento para comparar con el deslizamiento del frenómetro de rodillos
- Diseñar un utillaje o procedimiento que permita **homogeneizar** las pruebas de manera que se mantengan siempre las mismas condiciones.
- Evaluar la **medición de suspensiones** en el mismo procedimiento de frenada

AGRADECIMIENTOS



A la empresa de APPLUS TECHNOLOGY SL y en concreto al personal de la ITV de PINTO por la utilización del equipamiento de la estación.

A la empresa TEKNIKA BEREZIAK, S.L. – CENTRALAUTO por el apoyo técnico y utilización de sus medios, incluyendo el nuevo modelo de frenómetro de placas.

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Ávila, del 27 al 29 de septiembre de 2022

Susana Sanz Sánchez

Universidad Carlos III de Madrid
Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles
Departamento de Ingeniería Mecánica
Avda. Universidad, 30. 28911 Leganés (MADRID)
Tfn: 91.624.8755; ssanz@ing.uc3m.es