Variabilidad de resultados de medición de fuerza de frenado en los frenómetros de las estaciones de ITV de la Comunidad Valenciana

Variability of braking force measurement in brake tests at MOT stations of Valencian Region

Carolina Senabre-Blanes, Sergio Valero-Verdú y Emilio Velasco-Sánchez

Universidad Miguel Hernández (España)

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/8315

1. INTRODUCCIÓN

En esta investigación, se ha estudiado la influencia de las características de los frenómetros de rodillos de las *Inspecciones* Técnica de Vehículos (ITV) [1] en los resultados de las medidas de frenada. Para comparar las diferencias entre los datos obtenidos, se han realizado mediciones de fuerza de frenado en los ocho diferentes tipos frenómetros de ITV que se utilizan en la Comunidad Valenciana, utilizando el mismo vehículo en todas las pruebas.

Las marcas utilizadas fueron: Vteq, Maha, Ryme [2].

Estudios previos realizados por los autores demuestran la variabilidad de resultados de medida de frenada obtenidos con un mismo frenómetro al variar parámetros extrínsecos al sistema de frenos, tales como: la presión de inflado de los neumáticos, el peso sobre éstos, el tipo y la elasticidad del neumático, los ángulos de la rueda y su desgaste. Éstos parámetros se han indicado ordenados de mayor a menor según el porcentaje de variabilidad que se obtuvo en las mediciones [3-9].

El siguiente paso en esta investigación consiste en analizar hasta qué punto afectan los parámetros o características del frenómetro utilizado en las medidas de freno. Las características de los frenómetros estudiados han sido: el diámetro del rodillo, la separación entre rodillos y la rugosidad del rodillo. Estos parámetros varían dependiendo del frenómetro de rodillos que se esté utilizando, por lo tanto, la probabilidad de pasar el test dependería del frenómetro utilizado en cada estación de ITV.

Conocidos los tipos de frenómetro utilizados en cada estación, se puede calcular una probabilidad de éxito para cada una de ellas en las regiones de Alicante, Valencia y Castellón.

En definitiva, la duda que se quiere resolver con la presente investigación es si un vehículo podría pasar o no la prueba debido al frenómetro usado [2]. Si es así, si los conductores podrían elegir la estación de ITV que ofrezca la mayor probabilidad de pasar el examen de frenos, este hecho conllevaría a que los vehículos con el sistema de freno en peores condiciones podrían aprobar el examen eligiendo la estación con mejores garantías de éxito y estar en las carreteras españolas de forma poco segura.



Figura 1: Situación de las estaciones de ITV en la Comunidad Valenciana

2. EXPERIMENTACIÓN

2.1. ESTACIONES Y FRENÓMETROS UTILIZADOS

En primer lugar, se identificaron algunas de las estaciones existentes en la Comunidad Valenciana, Figuras 1 y 2.

Se pidió al personal de ITV de cada estación que nos indicara los frenómetros que utilizaba y nos proporcionaron la siguiente información:

A. En la provincia de Alicante:

1. Estación de Alicante
   - Frenómetros ITV utilizados: Maha IW2 Eurosistema, 4 tipo RS2 y 1 RS5
   - Frenómetros ITV utilizados para vehículos pesados: Maha modelo IW7.
2. Benidorm
   - Frenómetros ITV utilizados: Maha modelo IW2 Eurosistem, tipo RS2 y tipo RS5.
3. Elche
   - Frenómetros ITV utilizados: Maha modelo IW2 Eurosistem, Tipo RS2 y tipo RS5.
4. Aspe, Calpe y Santa Pola
   - Frenómetros ITV utilizados: Maha IW2 Eurosystem.
5. Orihuela
   - Maha IW2 Eurosistem Rs2 para vehículos.
   - Para vehículos pesados: IW4 Eurosistem
6. Torrevieja Y Pilar De La Horadada
   - Frenómetros ITV utilizados: modelo Ryme FRL.
   - Frenómetros ITV utilizados para vehículos pesados: Ryme-Fru
7. Ondara, Alcoy, Gandía, Xátiva, Alzira y Ontinyent
   - Frenómetros de ITV usados: marca Vteq modelo Brak 3014
   - Frenómetros ITV utilizados para vehículos pesados: Vteq Brak7000

B. Provincia de Castellón

8. Villarreal
   - MAHA IW2 Euro-System
   - MAHA IW7 Euro- System
9. Castellón de la Plana
   - MAHA IW2 Euro-System
   - MAHA IW7 Euro-System x2
10. Vinaroz
    - MAHA IW2 Euro-System
    - MAHA IW7 Euro-System

C. Provincia de Valencia

11. Masalfasar
  - MAHA IW2 Screen x6
  - Pesados RYME FRU
  - RYME FRU
12. Campanar
  - RYME FRU
  - RYME FRL
  - MAHA PROFI Euro-System
13. San Antonio
  - RYME FRU-PCRx2
  - RYME FRL-NET x2
14. Xátiva
  - VTEQ BRAK 3010
  - VTEQ BRAK 3012
  - VTEQ BRAK 1010
  - Pesados VTEQ BRAK 7010

El vehículo utilizado en la investigación fue un *Volkswagen Passat* diésel, equipado con *Electronic Stabilization Programmed* (ESP) y *sistema antibloqueo de frenos* (ABS). El ESP detecta situaciones críticas y actúa rápidamente para detener el derrape antes de que comience [3-5] [13].

La prueba de frenado en las estaciones de ITV se lleva a cabo situando el vehículo sobre los rodillos del frenómetro, el freno de estacionamiento no debe estar accionado, y a continuación, los rodillos giran a 5km/h de velocidad [1] según se establece en la normativa del *Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España* (2016) [1]. El pedal del freno se presiona hasta que se obtiene el 100% de deslizamiento que es detectado por el sensor del frenómetro y que para el giro de los rodillos.

Durante todos los ensayos los parámetros del vehículo no varían, éstos son: la presión de los neumáticos, aceleración nula, el peso sobre la rueda [13] y el radio efectivo [7-9]. Por lo tanto, las variaciones entre las pruebas se deben a la separación de los rodillos, el diámetro del rodillo y a la rugosidad de los rodillos.

Estos parámetros se han medido y comprobado en cada frenómetro de cada estación. El diámetro y la separación entre los rodillos se midieron con un metro convencional y la rugosidad del rodillo se midió con un rugosímetro digital, que es un dispositivo electrónico portátil que mide la rugosidad de superficies. La rugosidad en este estudio se ha considerado constante, debido a que la variación de medida debido a la rugosidad de los rodillos ha sido objeto de estudio en investigaciones anteriores [11-12] donde se estableció un 1% de variación de medida por cada micra de variación de rugosidad media, y dado que la variación de rugosidad media entre los rodillos utilizados para éste estudio no ha superado las 3-4 micras y la variación de medida propia del sistema de medición es de un 3% no podemos establecer una variabilidad exacta debida a éste parámetro.

Como se puede ver en la tabla y las figuras a continuación, los frenómetros que se utilizaron en las estaciones ITV tienen características diferentes.

En la experimentación se comprobó que la presión de los neumáticos fuera la misma durante todas las pruebas, 1,7 bar, con el mismo neumático (Dunlop 215 / 55R16), para tener la certeza de que las diferencias obtenidas en las medidas no se debieran a estos parámetros, dado que en investigaciones anteriores se pudo demostrar que la variación de la presión del neumático y del tipo de neumático utilizado producen variaciones importantes en las mediciones de frenada [7-9].

Con las mediciones de fuerza de freno de cada rueda obtenidas con los diferentes frenómetros de ITV se realizó un análisis comparativo para ver las diferencias. Comparando frenómetros iguales de distintas estaciones se pudo comprobar que el error de medida de frenómetros idénticos durante las mediciones fue inferior al 3% [8 - 10] que se considera la variabilidad propia del sistema de medición.

Como se puede ver en la Tabla I, los ocho frenómetros utilizados tienen diferentes características en cuanto a distancia entre rodillos y diámetro de éstos; la rugosidad media de los rodillos fue de 33-35µm.

En cualquier caso, hay que tener en cuenta que para superar la inspección de frenos de forma favorable en todas las estaciones el vehículo tiene que pasar el mismo umbral de rechazo del 50% de eficacia, establecido por la normativa vigente para los vehículos tipo M1, y según la ley "96/96 CEE" [10], y que también se indica en el manual de inspección ITV de los vehículos [1].

Frenómetros de ITV VTEQ utilizados para las mediciones:

Modelo	Diámetro del rodillo	Distancia entre rodillos
VTEQ VITEU 3000	206 mm	400 mm
VTEQ 7000	271 mm	475mm

Frenómetros de ITV MAHA utilizados para las mediciones:

Modelo	Diámetro del rodillo	Distancia entre rodillos
MAHA IW7 Serie MBT 7000	202 mm	430 mm
MAHA IW7 Serie MBT	265 mm	475mm
MAHA IW2 RS5	202 mm	400 mm
MAHA IW2	202 mm	400 mm

Frenómetros de ITV RYME utilizados para mediciones:

Modelo	Diámetro del rodillo	Distancia entre rodillos
RYME FRLNET	202 mm	400 mm
RYME FRU4	270 mm	485mm

Tabla 1: Características de los frenómetros VTEQ, MAHA, Y RYME

2.1. EFICACIA DE DATOS DE FRENADO EN EL UMBRAL DE RECHAZO

Para pasar la prueba de frenado el valor medido por el frenómetro debe ser superior o igual al 50% de Eficacia [10,13].

La eficacia es:

$$E = \frac{F_{total}}{m*g} * 100 \quad (1)$$

Siendo:
E = % Eficacia,
F_{total} = Suma de fuerzas de frenado de cuatro ruedas.
m = Masa total máxima del vehículo en kg
g = Aceleración de la gravedad en m^2 / seg.

La fuerza de frenado mínima que debe medirse en cada rueda de cada eje por el frenómetro para pasar la prueba se calcula utilizado la Ecuación 1, como se indica a continuación:

En las ruedas delanteras:

$$F_{total} = \frac{E\%*m*g}{100} = \frac{50*(890_{eje\ delantero}/2)}{100} = 222.5\ daN \quad (2)$$

En las ruedas traseras:

$$F_{total} = \frac{E\%*m*g}{100} = \frac{50*(615_{eje\ trasero}/2)}{100} = 153.75\ daN \quad (3)$$

2.3. DISCUSIÓN

Se obtuvieron diferentes datos de fuerza de frenado de ocho frenómetros ITV comúnmente utilizados en las estaciones de la Comunidad Valenciana, todos ellos autorizados por la norma UNE 82502/2007 [2]. En la Figura 2, se pueden ver diferentes resultados de cada tipo de frenómetro.

En la Figura 2, vemos que las diferentes características de los frenómetros influyen en la variación de los resultados de las mediciones de frenada en los frenómetros ITV entre el 14-32%. Para las ruedas delanteras, la diferencia entre el valor más alto (370 daN medido en el frenómetro Maha IW7 MBT 7000) y el valor más bajo (250 daN con un Ryme FRU4) fue de un 32,4%. El segundo valor más alto de fuerza de frenado se midió con el frenómetro Vteq 7000.

Para las ruedas traseras, la diferencia entre el valor más alto (250 daN utilizando Maha IW2 RS2) y el valor más bajo (205 daN utilizando un Ryme FRLNET) fue del 18%.

Por lo tanto, se puede concluir que esta diferencia de medidas de freno obtenidas en distintos frenómetros fue debida a la variación de la distancia entre los rodillos y el diámetro de los mismos dado que la rugosidad de la superficie de los rodillos medida fue prácticamente la misma.

Considerando que con el valor más alto de medida de freno se tendría el 100% de probabilidad de aprobar el examen, se ha calculado la probabilidad de pasar la prueba en cada tipo de frenómetro, calculando la media de ésta probabilidad en las cuatro ruedas.

A pesar de que el valor más alto se obtuvo con el frenómetro IW7 de Maha en una de las ruedas, ver Figura 2, comparando datos de probabilidades medias de las cuatro ruedas, se ha demostrado que un vehículo tendrá más posibilidad de pasar la prueba de frenos usando un frenómetro Vtq 7000, ver Figura 3.

Si ordenamos los frenómetros de rodillos según los valores DaN de fuerza de frenada, medidos de mayor a menor, obtenemos la siguiente tabla:

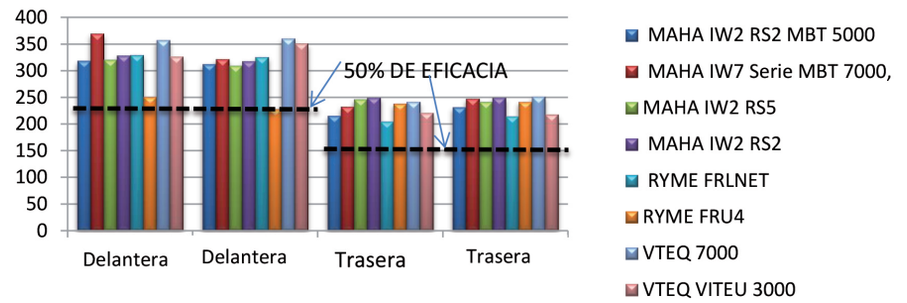


Figura 2: Fuerza de freno medido por cada frenómetro de ITV para cada rueda

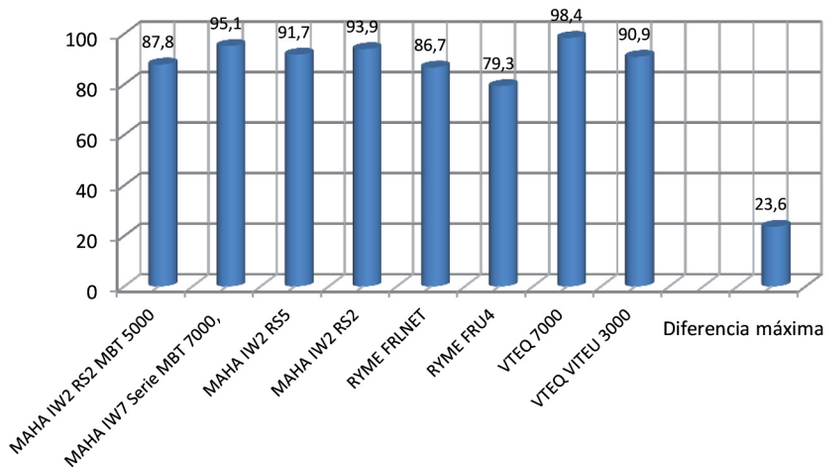


Figura 3: Probabilidad de pasar la prueba de freno en cada tipo de frenómetro

Comparando los frenómetros, se puede concluir que, en primer lugar, con un frenómetro Vteq el vehículo tendrá mayor posibilidad de pasar la prueba; en segundo lugar, con uno de la marca MAHA IW7 Serie MBT 7000 y, por último, con uno del tipo Fru RYME FRU4 el vehículo tendrá una menor posibilidad de pasar la prueba.

Por tanto, se puede afirmar que los diferentes resultados obtenidos en cada frenómetro de ITV son resultado de la variación de las características de los frenómetros utilizados.

Como se puede ver en la Figura 4 y la Ecuación 4, este orden de frenómetros es debido a que el par de freno que ejerce la rueda sobre los rodillos "Mf" va en sentido contrario al momento tractor de ambos rodillos "Mt" menos el momento de rozamiento entre rodillo y rueda, que, a su vez, está influenciado por la rugosidad "μ", el ángulo entre el eje de la rueda y el centro del rodillo es el ángulo"ϑ" que variará según varíe la distancia entre rodillos y el diámetro del rodillo (también variaría si variara el diámetro de la rueda, como se concluyó en investigaciones anteriores [13] y que en éste estudio ha permanecido constante).

En la Figura 4 se puede ver un círculo rojo que indica un rodillo de diámetro mayor, y un círculo azul que expresa un rodillo más separado del anterior.

$$Mf = 2\,Mt - 2\,\mu\,P\cos\vartheta\,r_e \qquad (4)$$

Debido a que cada estación es libre de utilizar la marca de frenómetro que quiera, un mismo vehículo podrá tener dis-

Marca y modelo de Frenómetro de rodillos	Diámetro rodillo	Distancia entre rodillos
VTEQ 7000	271	475
MAHA IW7	265	475
VTEQ VITEU 3000	206	400
MAHA RS2 MBT 4000	202	430
RYME FRLNET	202	400
MAHA IW2 RS5	202	400
RYME FRU4	200	400

Tabla 2: Frenómetros de ITV ordenados según los resultados

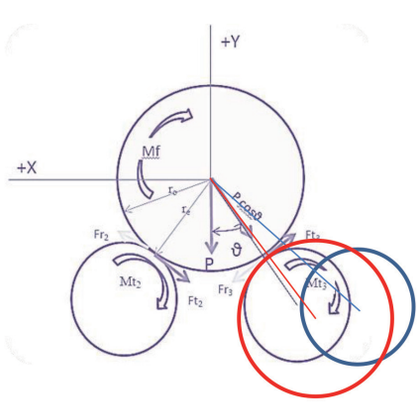


Figura 4: Variables del frenómetro

tintas probabilidades de pasar la prueba, dependiendo a que estación se dirija y que modelo de frenómetros pueda encontrar en ella, ver Figuras 5 y 6.

A la vista de los datos reflejados se concluye que dependiendo de que estación de ITV se elija para pasar el examen, se tendrá más posibilidades de éxito.

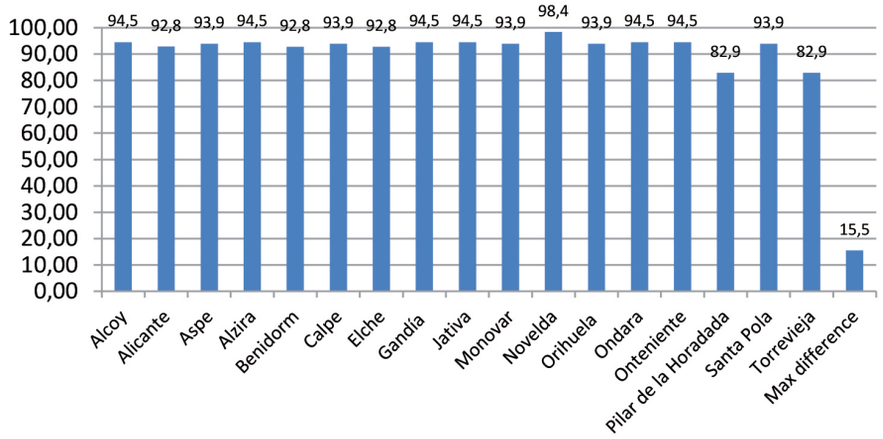


Figura 5: Probabilidad media de pasar la prueba de frenado en la provincia de Alicante y Valencia

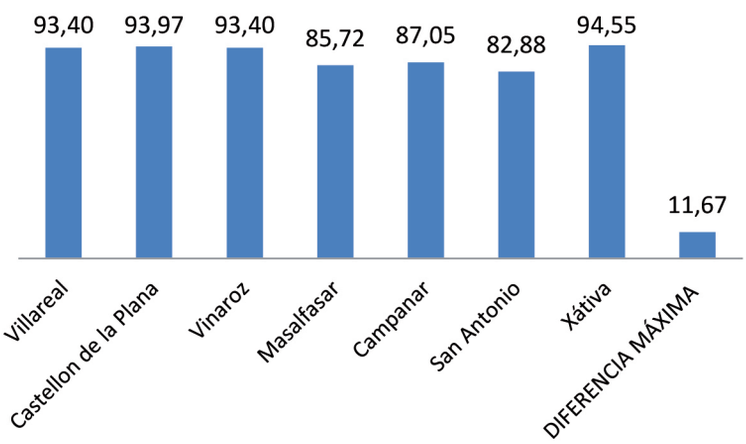


Figura 6: Probabilidad media de pasar la prueba de frenado en las estaciones de la provincia de Castellón

Como se puede ver en las Figuras 5 y 6, la diferencia máxima entre una estación y otra es de un 15%, dado que en las estaciones se pueden encontrar distintos tipos de frenómetro.

3. DISCUSIÓN

Se ha demostrado en este estudio con datos de freno experimentales la influencia de las características del frenómetro en las mediciones. Estas características son: la distancia entre rodillos y el diámetro de los rodillos, siendo la rugosidad de los rodillos idéntica. Por tanto, se puede decir que las características del frenómetro afectan las mediciones de la fuerza de freno en cada centro e influyen en los resultados de la prueba.

Todo ello teniendo en cuenta que la variabilidad propia de medición de cada frenómetro no supera el 3% y que todas las estaciones siguen un riguroso control de calibración periódica realizado por empresas certificadoras.

Los resultados podrían ser estandarizados, si todos los frenómetros de ITV tuvieran las mismas características, pero la variabilidad (debida a la variación de parámetros del vehículo como la presión de inflado de la rueda, tipo de rueda, diámetro y anchura, convergencia y divergencia [8-10] etc.) solo se eliminaría utilizando otro tipo de frenómetro que midiera la fuerza de frenado sin deslizamiento entre rodillos y ruedas.

PARA SABER MÁS

[1] CITA (2014) Normalización de criterios para la evaluación de defectos diagnosticados durante la inspección de vehículos en estaciones ITV. Procedimientos de inspección Estación manual. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España. 2014.
[2] Norma UNE 82502 / 2.007, Frenómetros autorizados en las estaciones ITV.
[3] Thurston DF. Análisis de frenado seguro estadístico. ASME / ASCE / IEEE Joint Rail Conference; Pueblo, CO. 2011.
[4] Luque P, Álvarez D, Vera C Ingeniería del Automóvil. Sistemas y comportamiento Dinámico. Editor: Ediciones Paraninfo, S.A. 2004.
[5] F. Aparicio y C. Vera. Teoría de los vehículos automóviles, vol.2. F. Aparicio Izquierdo. Editorial: Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. 2001.
[6] Dixon J. C. Neumáticos, Suspensión y Manejo, Sociedad de Ingenieros Automotrices, Inc. La Universidad Abierta, Gran Bretaña. 1996.
[7] Senabre C, Valero S y Velasco E. Análisis comparativo de varios frenómetros utilizados en instalaciones del Inspección Técnica de Vehículos, tales como: banco de frenómetros de rodillos y frenómetros de plataforma dinámica. Avances en Ingeniería.
[8] Senabre C, Valero S y Velasco E. Performance of Mot Brake Testers with Varying: Tyre Pressures, Distance between Rollers and Roughness of Rollers. Revista Internacional de Ingeniería y Tecnología Innovadora (IJEIT) Febrero 2013. Vol. 2-8.
[9] Senabre C, Valero S y Velasco E. Analysis of Parameters Influence: Tire Pressure, Weight, Tire Tread, Tire Type and Distance Between Rollers, When Vehicles Brakes On Ministry Of Transport Roller Bed And On Flat Ground. Septiembre 2013. Vol. 2-5.
[10] Directiva 96/96 / CEE valor mínimo de eficacia medido por los frenómetros en las estaciones ITV.
[11] Senabre C, Valero S y Velasco E. Análisis de datos de frenada de un vehículo sobre banco de rodillos de ITV y suelo plano variando el peso en el eje delantero y la presión de los neumáticos. XVIII Congreso Nacional De Ingeniería Mecánica. 2010.
[12] Senabre C, Valero S y Velasco E.. Differences in Brake Data Results on Ministry of Transport Roller Bank Testers Such as: Maha, Ryme, with Different Distance between Rollers and Roughness of Rollers. Journal of Mechanics Engineering and Automation. 2015. Vol. 5. P. 567-572.
[13] Senabre C, Valero S y Velasco E. Wheel Diameter and Width Influence in Variability of Brake Data Measurement at Ministry of Transport Facilities. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering. 2016. Vol. 10-4.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la subvención: "Ayudas para la realización de Proyectos I + D para grupos de investigación emergentes" GV / 2015/034.