

REGLAMENTO TÉCNICO METROLÓGICO DE INSTRUMENTOS PARA PESAJE DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE POR CARRETERA EN MOVIMIENTO

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1. Objetivo

Este reglamento técnico establece los requisitos y métodos de ensayo de los instrumentos automáticos para pesaje en movimiento de vehículos de transporte por carretera, utilizados para determinar el peso total, el peso de un grupo de ejes, el peso del eje de un grupo y el peso de ejes individuales.

1.2. Campo de aplicación

Este reglamento técnico es aplicable a los instrumentos instalados en un área de control de carga llamado estación de pesaje, a efectos de verificar el cumplimiento de los límites máximos en materia de pesos de vehículos establecidos por la normativa vigente.

2. Terminología

2.1. Peso

Debido al uso extendido de balanzas, los valores medidos no corresponden directamente a la fuerza (peso), sino a la masa convencional de una pesa que ejercería la misma fuerza que el vehículo, eje o grupo de ejes sobre el dispositivo receptor de carga. Las unidades utilizadas son el kilogramo o la tonelada.

2.1.1. Peso estático

Fuerza ejercida por un eje o una rueda de un vehículo en reposo.

2.1.2. Peso por eje

Suma de los pesos de todas las ruedas de un eje del vehículo.

2.1.3. Peso total de un vehículo

Suma de los pesos por eje de todos los ejes del vehículo.

2.2. Pesaje

2.2.1. Sistema de Pesaje en movimiento (PEM)

Sistema para determinar el peso de un eje individual, el peso de un eje de un grupo de ejes, el peso de un grupo de ejes y el peso total de un vehículo de transporte por carretera en movimiento mediante medida y análisis de las fuerzas dinámicas de los neumáticos del vehículo.

2.2.2. Pesaje en movimiento

Determinación del peso de un eje individual, del peso de un eje de un grupo de ejes, del peso de un grupo de ejes y del peso total de un vehículo de transporte por carretera en movimiento.

2.2.3. Pesaje estático

Pesaje de vehículos o cargas de prueba estacionarias.

2.2.4. PEM punitivo

PEM utilizado para adoptar medidas cautelares sobre el vehículo.

2.2.5. PEM selectivo

PEM destinado a seleccionar aquellos vehículos que se deben pesar en un PEM punitivo.

2.3. Instrumento de pesaje

Instrumento de medición que determina el peso de una carga utilizando la acción de la gravedad.

2.3.1. Instrumento de control

Instrumento de pesaje estático utilizado para determinar el peso de un vehículo de referencia.

2.3.2. Instrumento para pesaje por ejes, en movimiento, de vehículos de transporte por carretera

Instrumento de pesaje con un receptor de carga tal que determina el peso de un eje, el peso de un eje de un grupo de ejes, el peso de un grupo de ejes y el peso total de un vehículo de transporte por carretera en movimiento.

2.4. Zona de pesaje

Zona que incluye el receptor de carga y el tramo de pavimento ubicado inmediatamente antes y después del receptor de carga.

2.5. Receptor de carga

Dispositivo ubicado en la zona de pesaje destinado a recibir la carga y que produce un cambio en el equilibrio del instrumento cuando se coloca una carga sobre ella.

2.6. Dispositivo electrónico

Dispositivo formado por componentes electrónicos, que cumple una función específica.

2.7. Componente electrónico

Unidad físicamente más pequeña que utiliza conducción por electrones o por huecos en semiconductores, gases o en vacío.

2.8. Dispositivo indicador

Parte del instrumento que despliega el valor del resultado de una pesada en unidades de masa.

2.9. Dispositivo impresor

Dispositivo que imprime el resultado de una pesada.

2.10. Sensor

Elemento de un instrumento de medida que está sometido directamente a la acción del parámetro a medir.

2.11. Dispositivo de ajuste de cero

Medio utilizado para poner el dispositivo indicador en cero cuando no hay carga en el receptor de carga.

2.12. Dispositivo de retorno a cero

Dispositivo automático de ajuste de cero que actúa cuando la diferencia entre el valor leído y cero es menor que un valor pre-establecido.

2.13. Capacidad

2.13.1. Capacidad máxima

Mayor carga por eje o rueda que un instrumento puede pesar en movimiento.

2.13.2. Capacidad mínima

Carga por debajo de la cual un resultado de pesaje en movimiento puede estar sujeto a un error relativo mayor que el límite fijado en el ítem 3.

2.13.3. Rango de pesaje

Intervalo de cargas posibles entre la capacidad mínima y la capacidad máxima.

2.14. División de escala (d)

Diferencia entre dos valores consecutivos de indicación o impresión.

2.15. Velocidad

2.15.1. Velocidad máxima de operación (v_{max})

Mayor velocidad de un vehículo para la que el instrumento está diseñado para pesar en movimiento y por encima de la cual los resultados pueden tener un error relativo mayor que el límite fijado en el ítem 3.

2.15.2. Velocidad mínima de operación (v_{min})

Menor velocidad de un vehículo para la que el instrumento está diseñado para pesar en movimiento y por debajo de la cual los resultados pueden tener un error relativo mayor que el límite fijado en el ítem 3.

2.15.3. Rango de velocidades de operación

Intervalo de velocidades entre la mínima y máxima velocidad de operación a las cuales se puede pesar un vehículo en movimiento.

2.15.4. Velocidad máxima de tránsito

Máxima velocidad a la cual se puede desplazar un vehículo en la zona de pesaje sin producir un cambio permanente en las características metrológicas especificadas del instrumento.

2.16. Tiempo de calentamiento

Tiempo entre el momento que se conecta el instrumento a la fuente de energía y el momento en el cual el instrumento es capaz de cumplir con los requisitos.

2.17. Indicaciones y errores

2.17.1. Indicación digital

Indicación en la que las marcas de escala son una secuencia de números alineados, que no permiten la interpolación a una fracción del intervalo de escala.

2.17.2. Errores

2.17.2.1. Error

Indicación del instrumento menos el valor del peso real.

2.17.2.2. Error de redondeo

Diferencia entre el resultado digital de una medida y el valor del resultado de la medida con una indicación continua.

2.18. Magnitud de influencia

Magnitud que no es objeto de la medición pero que influye en el valor de la medida o la indicación del instrumento.

2.19. Condiciones de operación

Rango de magnitudes de influencia para los cuales las características metrológicas deben permanecer dentro de los errores máximos tolerados.

2.20. Condiciones de referencia

Condiciones de uso, indicadas para ensayar la respuesta de un instrumento de medición, o para intercomparación de resultados.

2.21. Condiciones de repetibilidad

Igual procedimiento de medida efectuado por un mismo operador instrumento en iguales condiciones ambientales, de lugar y repetidas en cortos intervalos de tiempo.

2.22. Ensayo en movimiento

Ensayo con vehículo(s) de referencia en movimiento en el receptor de carga para determinar el error.

2.23. Vehículos

2.23.1. Vehículo

Vehículo con o sin carga que el instrumento reconoce como el vehículo a pesar.

2.23.2. Vehículo de referencia

Vehículo de peso conocido, representativo de los vehículos a pesar en el instrumento y que ha sido seleccionado para el ensayo en movimiento.

2.24. Ejes

2.24.1. Eje

Conjunto de todas las ruedas unidas por una barra, alineadas transversalmente respecto de la dirección de avance del vehículo.

2.24.2. Eje simple

Eje aislado con suspensión independiente.

2.24.3. Grupo de ejes

Sistema formado por dos o tres ejes con suspensión integral que asegure que las cargas en los distintos ejes respondan a una distribución preestablecida.

2.24.4. Eje doble homogéneo

Eje múltiple constituido por dos ejes de cuatro neumáticos o dos ejes de dos neumáticos, con una separación mínima de 1,20 m.

2.24.5. Eje doble no homogéneo

Eje múltiple constituido por un eje de cuatro neumáticos y un eje de dos neumáticos, con una separación mínima de 1,20 m.

2.24.6. Eje triple homogéneo

Eje múltiple constituido por tres ejes de cuatro neumáticos o tres ejes de dos neumáticos con una separación mínima de 1,20 m entre dos ejes consecutivos.

3. Requisitos metrológicos

3.1. Requisitos metrológicos para PEM punitivos

Los PEM punitivos deben cumplir con:

3.1.1. El valor medio del peso total determinado en movimiento debe estar contenido en el intervalo de peso total estático $\pm 2\%$.

$$PT_{REAL} - 2\%PT_{REAL} \leq PT_{MEDIDO}$$

$$PT_{REAL} + 2\%PT_{REAL} \geq PT_{MEDIDO}$$

3.1.2. El valor del peso de un eje individual, de un eje de un grupo de ejes o de un grupo de ejes determinado en movimiento debe estar contenido en el intervalo del peso estático $\pm 3\%$.

$$P_{REAL} - 3\%P_{REAL} \leq P_{MEDIDO}$$

$$P_{REAL} + 3\%P_{REAL} \geq P_{MEDIDO}$$

Donde:

PT_{REAL} = Peso total del vehículo de referencia pesado en un instrumento de control.

PT_{MEDIDO} = Valor de la lectura del peso total del vehículo de referencia realizada en el instrumento de pesaje que se está ensayando..

P_{REAL} = Valor de peso de un eje individual, de un eje de un grupo de ejes o de un grupo de ejes del vehículo de referencia pesado en un instrumento de control.

P_{MEDIDO} = Valor de la lectura del peso de un eje individual, de un eje de un grupo de ejes o de un grupo de ejes del vehículo de referencia realizadas en el instrumento de pesaje que se está ensayando.

3.2. Requisitos metrológicos para PEM selectivos

Los PEM selectivos deben cumplir con:

3.2.1. El valor del peso dinámico de un eje individual, de un eje de un grupo de ejes, de un grupo de ejes o total debe estar contenido en el intervalo del peso bruto estático $\pm 15\%$.

$$P_{REAL} - 15\%P_{REAL} \leq P_{MEDIDO}$$

$$P_{REAL} + 15\%P_{REAL} \geq P_{MEDIDO}$$

Donde:

P_{REAL} = Valor de peso de un eje individual, de un eje de un grupo de ejes, de un grupo de ejes, o peso total del vehículo de referencia pesado en un instrumento de control.

P_{MEDIDO} = Valor de la lectura del peso de un eje individual, de un eje de un grupo de ejes, de un grupo de ejes, o del peso total del vehículo de referencia realizadas en el instrumento de pesaje que se está ensayando.

3.3. Capacidad mínima

La capacidad mínima debe ser menor o igual a 1000 kg.

3.4. Capacidad máxima

La capacidad máxima debe ser mayor o igual a 20000 kg.

3.5. Correspondencia entre dispositivos indicadores y dispositivos impresores

Para una misma carga, no pueden existir diferencias entre los resultados obtenidos de dos dispositivos con la misma división de escala.

3.6. Magnitudes de influencia

3.6.1. Temperatura

3.6.1.1. Los instrumentos deben cumplir con los requerimientos metrológicos y técnicos en los rangos de temperatura establecidos en 4.5.

3.6.1.2. Efecto de la temperatura en la indicación sin carga: La indicación en cero no puede variar más de un intervalo de escala cada 5 °C.

3.6.2. Fuente de energía

3.6.2.1. Corriente alterna

Los instrumentos que funcionan a corriente alterna deben cumplir los requisitos técnicos y metrológicos cuando existen variaciones de voltaje desde -15% a +10% del valor marcado en el instrumento.

3.6.2.2. Corriente continua

Los instrumentos que funcionan a corriente continua deben dejar de funcionar o indicar cuando el voltaje baja por debajo del valor mínimo especificado por el fabricante.

3.7. Unidades de medida

Las unidades de medida utilizadas en el instrumento deben ser el kilogramo (kg) o la tonelada (t).

4. Requisitos técnicos

4.1. Adaptación al uso

El diseño del instrumento debe ser tal que se adapte al uso para el que está destinado.

4.2. Seguridad

4.2.1. Uso fraudulento

Un instrumento no puede tener características que puedan facilitar su uso fraudulento.

4.2.2. Desajustes accidentales

La construcción de los instrumentos debe ser tal que no puedan ocurrir desajustes que puedan afectar los resultados de las pesadas a menos que su efecto pueda ser fácilmente detectado.

4.3. Dispositivos de ajuste de cero

4.3.1. Ajuste de cero

Los instrumentos deben tener dispositivos de ajuste de cero.

Los dispositivos de ajuste de cero deben ajustar el cero con una exactitud menor o igual que $\pm 0,25$ d, y su rango de acción debe ser menor o igual que 4 % de la capacidad máxima.

Los dispositivos de ajuste de cero solo deben funcionar con el instrumento en equilibrio estable.

4.3.2. Dispositivo de retorno a cero

Los dispositivos de retorno a cero solo deben funcionar cuando:

- el instrumento se encuentra en equilibrio estable,
- la deriva es menor o igual a 0,5 d/s, y
- en un rango máximo de 4 % alrededor del cero real.

4.4. Dispositivos indicadores y de impresión

4.4.1. Calidad de la indicación

La indicación de peso debe ser de tipo auto-indicación. Los dispositivos indicadores y de impresión deben permitir una lectura no ambigua de los resultados acompañados del símbolo correspondiente.

4.4.2. Impresión

Los sistemas PEM punitivos deben contar con un dispositivo de impresión de los resultados. La impresión debe contener como mínimo la siguiente información:

- Peso total del vehículo,
- Fecha y hora,
- Número de ejes
- Peso de cada eje
- Configuración del vehículo
- Identificación del vehículo

4.4.3. Rango de pesaje

Un instrumento no debe imprimir un resultado si uno de los resultados parciales es menor que la capacidad mínima o mayor que la capacidad máxima + 10 %.

Un instrumento no debe indicar un resultado si uno de los resultados parciales es mayor que la capacidad máxima + 10 %.

4.4.4. Velocidad de operación

El instrumento no debe indicar o imprimir resultados si un vehículo transita sobre

el receptor de carga a una velocidad fuera del rango de velocidades de operación, o con una variación de velocidad (aceleración/deceleración) que produzca un resultado con error relativo mayor a los límites indicados en el ítem 3.

4.5. Requisitos ambientales

El sistema de pesaje debe mantener sus características metrológicas entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los sensores deben funcionar adecuadamente en el rango de temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los sensores deben ser insensibles a la exposición al agua.

4.6. Electrónica

4.6.1. Los dispositivos y componentes electrónicos del dispositivo receptor de carga deben funcionar en el intervalo de temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.6.2. Los dispositivos y componentes electrónicos del dispositivo receptor de carga deben soportar valores de la humedad relativa comprendidos entre 0 y 90% (sin condensación).

4.6.3. Los dispositivos electrónicos deben estar protegidos de los rayos, así como de los campos eléctricos y magnéticos exteriores. Deben cumplir con las Normas IEC 61000-4.

4.7. Instalación

El emplazamiento debe cumplir con las condiciones establecidas por el fabricante del instrumento y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

4.7.1. Dispositivo para guiar vehículos

Debe existir un sistema de guía lateral que asegure que el vehículo pase en su totalidad sobre el receptor de carga.

Debe existir un mecanismo para que los vehículos no atraviesen el instrumento en la dirección incorrecta.

4.8. Sellado

4.8.1. General

Debe ser posible proteger componentes cuyo ajuste o desmonte puede alterar las características metrológicas del instrumento. Para este fin se deben proveer dispositivos de sellado o deben incluirse en una carcasa que puede ser sellada.

4.8.2. Sellado electrónico

Cuando no es posible proteger con precintos mecánicos los componentes cuyo ajuste o desmonte puede alterar las características metrológicas del instrumento, la protección debe cumplir con lo siguiente:

El instrumento debe memorizar al menos las últimas 10 intervenciones. El registro debe incluir fecha y operario que intervino, y no debe ser posible modificarlo o eliminarlo.

4.9. Marcas descriptivas

Las siguientes marcas descriptivas deben estar en un lugar fácilmente accesible,

en una chapa soldada al instrumento, de tal forma que sea posible fijar la posición con un precinto:

- a) Fabricante
- b) Importador
- c) Marca
- d) Modelo
- e) Clase
- f) Número de serie
- g) Tensión de alimentación
- h) Frecuencia de alimentación
- i) Capacidad máxima
- j) Capacidad mínima
- j) Velocidad máxima de operación
- k) Velocidad mínima de operación
- l) Velocidad máxima de tránsito
- m) Dirección de pesaje

4.10. Marcas de verificación

Los instrumentos deben tener un lugar para la aplicación de la marca de verificación que consistirá en un símbolo adhesivo.

5. Verificación inicial y verificación en servicio de un PEM

La verificación de un PEM puede ser:

- Verificación inicial, o
- Verificación en servicio (periódica, o después de intervención o ajuste).

5.1. Verificación inicial

Un PEM debe ser sometido a verificación inicial después de instalado.

La verificación inicial consiste en la comprobación de los requisitos establecidos en los ítems 3 y 4.

5.2. Verificación en servicio

Un PEM debe ser sometido a verificación en servicio toda vez que lo solicite el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, y después de cada reparación o modificación.

La verificación en servicio consiste en la comprobación de la integridad del sellado y en la comprobación de los requisitos establecidos en el ítem 3.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas debe proveer los vehículos de referencia y la mano de obra para realizar la verificación.

6. Método de ensayo

6.1. Instrumento de control

Para la determinación de los pesos de referencia debe emplearse un instrumento de control que permita la determinación de los pesos con una incertidumbre menor o igual a un quinto de la tolerancia del instrumento que se va a verificar.

6.2. Vehículos de referencia

El PEM debe ser verificado como mínimo con un vehículo de referencia de peso total comprendido entre 17 t y 23 t y con un vehículo de referencia de peso total

comprendido entre 37 t y 43 t, con dos distribuciones de ejes diferentes para cada carga.

6.3. Determinación de los pesos de referencia

6.3.1. Asegurar que el tanque de combustible esté lleno.

6.3.2. Asegurar que la carga del vehículo esté inmovilizada.

6.3.3. Registrar la fecha de la última verificación del instrumento de control.

6.3.4. Medir y registrar condiciones ambientales y verificar que estén dentro de los rangos de operación establecidos.

6.3.5. Medir y registrar la presión de los neumáticos.

6.3.6. Colocar el vehículo de referencia sobre el instrumento de control. Liberar los frenos del vehículo. Registrar los pesos de los ejes, los pesos de los grupos de ejes y el peso bruto total. Repetir cambiando la ubicación del vehículo de referencia sobre el instrumento de control hasta tener el número de datos suficiente para determinar los pesos de todos los ejes.

6.3.7. Repetir el paso 6.3.6. diez veces.

6.3.8. Calcular la media y la desviación standard para los pesos de referencia y verificar que se cumple lo establecido en el ítem 6.1.

6.4. Ensayo del sistema PEM

6.4.1. Asegurar que el tanque de combustible esté lleno.

6.4.2. Asegurar que la carga del vehículo esté inmovilizada.

6.4.3. Registrar las marcas descriptivas y la fecha de la última verificación del instrumento bajo control.

6.4.4. Medir y registrar condiciones ambientales y verificar que estén dentro de los rangos de operación establecidos.

6.4.5. Asegurar que el instrumento se encuentre encendido por un tiempo mayor o igual al tiempo de calentamiento.

6.4.6. Asegurar que la presión de los neumáticos sea la misma que cuando se determinó el peso de referencia.

6.4.7. Pesar el vehículo de referencia 10 veces para cada carga y cada distribución de ejes de modo tal que en cada pesada la velocidad del vehículo de referencia se mantenga constante dentro del rango de velocidades de operación.

6.4.8. Registrar los pesos de ejes, grupos de ejes y peso total.

6.5. Análisis de los resultados

Para cada conjunto de valores de peso, calcular la media y la desviación Standard.

Determinar si cumple con las tolerancias fijadas en el ítem 3.

6.5.1. Los sistemas PEM punitivos deben cumplir con:

6.5.1.1. Peso total

$$PT_{REAL} (1 - 0,02) + \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}} \leq \overline{PT}_{MEDIDO} \leq PT_{REAL} (1 + 0,02) - \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

n es el tamaño de la muestra

t es el valor de la distribución de Student para un nivel de confianza y tamaño de la muestra dado

S es la desviación estándar de las mediciones.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PT_{MEDIDOi} - \overline{PT_{MEDIDO}})^2}{n-1}}$$

Para $\alpha = 95\%$ y $n=10$, $t = 2,262$:

$$PT_{REAL} - 2\%PT_{REAL} \leq \overline{PT_{MEDIDO}} - 0,7153.S$$

6.5.1.2. Peso de un eje individual, de un eje de un grupo o de un grupo de ejes:

$$P_{REAL}(1 - 0,03) + \frac{t.S}{\sqrt{n}} \leq \overline{P_{MEDIDO}} \leq P_{REAL}(1 + 0,03) - \frac{t.S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

n es el tamaño de la muestra

t es el valor de la distribución de Student para un nivel de confianza y tamaño de la muestra dado

Para $\alpha = 95\%$ y $n=10$, $t = 2,262$:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{MEDIDOi} - \overline{P_{MEDIDO}})^2}{n-1}}$$

$$P_{REAL} - 3\%P_{REAL} \leq \overline{P_{MEDIDO}} - 0,7153.S$$

$$P_{REAL} + 3\%P_{REAL} \geq \overline{P_{MEDIDO}} + 0,7153.S$$

6.5.2. Los sistemas PEM selectivos deben cumplir con:

$$P_{REAL}(1 - 0,15) + \frac{t.S}{\sqrt{n}} \leq \overline{P_{MEDIDO}} \leq P_{REAL}(1 + 0,15) - \frac{t.S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

n es el tamaño de la muestra

t es el valor de la distribución de Student para un nivel de confianza y tamaño de la muestra dado

Para $\alpha = 95\%$ y $n=10$, $t = 2,262$:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{MEDIDOi} - \overline{P_{MEDIDO}})^2}{n-1}}$$

$$P_{REAL} - 15\%P_{REAL} \leq \bar{P}_{MEDIDO} - 0,7153.S$$

$$P_{REAL} + 15\%P_{REAL} \geq \bar{P}_{MEDIDO} + 0,7153.S$$

7. Referencias

- COST 323 "Weigh in motion of road vehicles" Final report Appendix 1 European WIM specification Version 3.0, August 1999
- Decreto N° 27/1986 del 22 de enero de 1986
- Decreto - Ley N° 15298 del 7 de julio de 1982
- OIML R 134-1, edición 2003 "Automatic instruments for weighing road vehicles in motion. Total vehicle weighing."
- ASTM "Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods" - Designation: E 1318 - 02
- Metodologia de Ensaio de Apreciação Técnica de Modelo e/ou Verificação de Instrumentos para Pesagem Dinâmica de Eixos – INMETRO
- ISO 3334 1:1993 de. 1 Statistics: Vocabulary and Symbols – Part 1: Probability and general statistical terms.