



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza



Escuela Universitaria de
Ingeniería
Técnica Industrial
Universidad Zaragoza

Análisis de requerimientos y necesidades para la realización de ensayos de acuerdo a los reglamentos de la directiva 71/320/CEE.

Elena Martínez Berges

Directores: Santiago Baselga Ariño / Javier Abad Blasco

Ingeniería Técnica Industrial con especialidad en Mecánica

Diciembre, 2012

CONTENIDO

1. OBJETIVOS/INTRODUCCIÓN	6
2. CONCEPTOS BÁSICOS	9
2.1. Dispositivo de frenado	9
2.1.1. Freno de servicio	9
2.1.2. Freno de socorro	9
2.1.3. Freno de estacionamiento	10
2.1.3.1. Caso de remolque:	10
2.1.3.2. Vehículo tractor y remolque	10
2.2. Frenado graduable	10
2.3. Mando	10
2.4. Transmisión	10
2.5. Freno	11
2.6. Dispositivos de frenado de tipos diferentes	11
2.7. Componente del dispositivo de frenado	11
2.8. Frenado continuo	11
2.9. Frenado semicontinuo	12
2.10. Frenado automático	12
2.11. Frenado por inercia	12
2.12. Vehículo cargado	12
2.13. Dispositivo de frenado hidráulico con reserva de energía	12
2.14. Tipos de remolque de las categorías O3 Y O4	12
2.14.1. Semirremolque	12
2.14.2. Remolque	13
2.14.3. Remolque de eje central	13
2.15. Decelerador	13
2.16. Decelerador independiente	13
2.17. Decelerador integrado	13
2.18. Decelerador combinado	14
3. EXPLICACIÓN DE LAS ACTAS DE ENSAYO	15
3.1. Vehículos de las categorías M y N	15
3.1.1. Ensayo tipo 0	15
3.1.2. Ensayo de tipo I	16
3.1.3. Ensayo de tipo II y de tipo IIA.	17
3.1.4. Dispositivos de frenado de socorro y de estacionamiento.	18
3.2. Vehículos de la categoría O	18
3.2.1. Ensayo de tipo 0	18

3.2.2. Ensayo tipo I	19
3.2.3. Ensayo tipo III	20
3.2.4. Dispositivo de frenado de servicio	21
3.2.5. Dispositivo de frenado de estacionamiento	22
3.2.6. Dispositivo de frenado automático	23
3.2.6.1. Tiempo de respuesta	23
3.3. Otros	24
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	25
4.1. ENSAYO TIPO 0 (CATEGORÍAS M Y N)	25
4.2. ENSAYO TIPO 0 (CATEGORÍA O)	29
4.3. ENSAYO TIPO I	32
4.3.1. ENSAYO CON FRENADOS REPETIDOS	32
4.3.2. ENSAYO CON FRENADO CONTINUO	33
4.4. ENSAYO TIPO II	34
4.4.1. RENDIMIENTO EN CALIENTE	34
4.5. ENSAYO TIPO IIA	35
4.6. ENSAYO TIPO III	35
4.7. DISPOSITIVOS DE FRENADO DE SOCORRO (M y N)	36
4.8. DISPOSITIVOS DE FRENADO DE ESTACIONAMIENTO (M y N)	37
4.9. DISPOSITIVO DE FRENADO DE SERVICIO (O)	38
4.10. DISPOSITIVO DE FRENADO DE ESTACIONAMIENTO (O)	39
4.11. DISPOSITIVO DE FRENADO AUTOMÁTICO	39
4.11.1. Tiempo de respuesta	39
4.12. DISTRIBUCIÓN DEL ESFUERZO DE FRENADO ENTRE LOS EJES DE LOS VEHÍCULOS	40
4.12.1. Requisitos para los vehículos de motor	40
4.12.2. Para los vehículos de motor autorizados a llevar remolques de la categoría O3 u O4:	43
4.12.3. Vehículos tractores destinados a arrastrar remolques de las categorías O3 u O4.	43
4.12.4. Vehículos tractores para semirremolques	44
4.12.5. Requisitos para semirremolques	45
4.12.6. Requisitos para remolques y para remolques de ejes centrales	47
4.12.7. Marcado	47
5. EXPLICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS BÁSICOS EN UN ENSAYO DE FRENADA	49
5.1. Clasificación de las mediciones a tomar	61
5.2. Tabla de costes	63
5.3. Creación del presupuesto	63
5.4. Tabla resumen de los requerimientos	64

5.5. Calibración de los equipos	65
6. CONCLUSIONES	67
7. CONSULTAS	68
ANEXO I	70
ANEXO II	79
ANEXO III	86

RESUMEN

Los vehículos deben cumplir una serie de requisitos para que tengan la autorización de ser matriculados. Uno de estos requerimientos, es la superación de las pruebas de homologación del sistema de frenado, pruebas que se encuentran reflejadas en los reglamentos de la directiva 71/320/CEE.

A partir de estos reglamentos, se explican cada uno de los ensayos a realizar y los resultados a obtener separando estas pruebas por las categorías de vehículos a homologar y por el tipo de prueba a realizar. Los vehículos estudiados en esta memoria, son los pertenecientes a las categorías M, N y O, es decir, vehículos para el transporte de personas, para el transporte de mercancías, y remolques o semirremolques, respectivamente. Hay que separar los distintos sistemas de frenado que pueden existir en un mismo vehículo, y por supuesto, se homologarán de manera distinta. Dentro de una misma categoría de vehículos existen muy diversos tipos de pruebas, teniendo en cuenta que cada vehículo es distinto, ya bien por su masa, si están autorizados a arrastrar un remolque o no, por su sistema de frenado, o por cuantos dispositivos de frenado posee un mismo vehículo, tamaño de los neumáticos, o si llevan rueda de repuesto o no. Todo esto y mucho más hacen que cada prueba de ensayo sea diferente de la anterior, así como los parámetros a tener en cuenta.

La última parte de la memoria, consiste en realizar un estudio de los dispositivos de medición necesitados, u otro tipo de requerimientos, así como de una estimación de los costes en la realización de las pruebas.

1. OBJETIVOS/INTRODUCCIÓN

Para que todo vehículo tenga la autorización de poder ser matriculado, debe de cumplir una serie de requerimientos entre los cuales está la exigencia del cumplimiento de la homologación del sistema de frenado. Estas exigencias se encuentran en los reglamentos de la directiva 71/320/CEE.

Con este trabajo, se desarrollan las actas de ensayo requeridas para llevar a cabo las correspondientes pruebas de frenado referente a cada categoría de vehículos.

Así mismo, del análisis de los resultados que se van a obtener para cada uno de estos ensayos, y qué prueba corresponde a cada una de las categorías de vehículos, indicadas como M, N y O, se determina el equipamiento mínimo necesario para poder realizar las mediciones oportunas, así como las condiciones que debe tener este equipamiento.

Otra de las partes de este trabajo, es la de realizar una estimación del coste que supondría llevar a cabo estos ensayos, contemplando los instrumentos de medida y otro tipo de accesorios tales como el circuito de ensayos.

Dentro de la homologación de un vehículo, una de las partes más importantes es la homologación del sistema de frenado de éste. Este examen no puede realizarse en una única prueba, ya que no sólo existen distintos dispositivos de frenado para distintos vehículos sino que además en un mismo automóvil pueden ir integrados varios tipos de frenos.

Además de la existencia de diferentes sistemas de detención de un vehículo, encontramos infinidad de vehículos distintos y cada uno de ellos separado en diferentes categorías. Los hay, más pesados, menos pesados, con distinto número de ejes, diferente tipo de neumático, pueden diferir en el número de ruedas, si llevan rueda de repuesto o no, vehículos autorizados a arrastrar un remolque y los que no disponen de ese permiso, vehículos con la capacidad para trasladar a un gran número de personas y los autorizados a arrastrar mercancías, entre otras.

Este proyecto analiza las distintas pruebas de frenado en función de la categoría a la que vayan dirigidas.

Las categorías de vehículos que se estudian en la presente memoria, son las categorías M, N y O que aparecen explicadas en la directiva de la CEE (70/156/CEE).

Según esta:

1. Categoría M: Vehículos a motor destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas, o tres ruedas y un peso máximo superior a 1 tonelada.

- **Categoría M1:** Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo.

- **Categoría M2:** Vehículos destinados al transporte y personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que no supere las 5 toneladas.

- **Categoría M3:** Vehículos destinados al transporte de personas que tengan, además del asiento del conductor, más de ocho plazas sentadas y que tengan un peso máximo que supere las 5 toneladas.

2. Categoría N: Vehículos a motor destinados al transporte de mercancías y que tengan por lo menos cuatro ruedas, o tres ruedas y un peso máximo superior a 1 tonelada.

- **Categoría N1:** Vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo inferior a las 3,5 toneladas.

- **Categoría N2:** Vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo superior a 3,5 toneladas pero inferior a 12 toneladas.

- **Categoría N3:** Vehículos destinados al transporte de mercancías con un peso máximo superior a 12 toneladas.

3. Categoría O: Remolques (incluidos los semirremolques).

- **Categoría O1:** Remolques cuyo peso máximo sea inferior a 0,75 toneladas.

- **Categoría O2:** Remolque con un peso máximo superior a 0,75 toneladas pero inferior a 3,5 toneladas.

- **Categoría O3:** Remolques con un peso máximo superior a 3,5 toneladas pero inferior a 10 toneladas.

- **Categoría O4:** Remolques con un peso máximo superior a 10 toneladas.

Este proyecto, además de desarrollar las hojas de actas, también analiza los resultados a obtener, separándolos por tipos de ensayos y categorías de vehículos, y aborda algunos parámetros, que aunque no son incluidos en ningún ensayo, también son importantes para la homologación del vehículo. En el Anexo I de la presente memoria, tras haber analizado cada una de las pruebas necesarias y los parámetros a medir o a tener en cuenta, se presentan las tablas a llenar durante las pruebas separadas por “vehículos de las categorías M y N” y “vehículos de la categoría O”.

El último paso del trabajo, es estudiar qué instrumentos de medida son necesarios para llevar a cabo las mediciones, y más generalizado, todo lo necesario para llevar a cabo unas pruebas de homologación de vehículos. Uno de los aparatos necesarios en estas pruebas, por todas las posibilidades que nos presta, así como la comodidad en la realización de todas las pruebas, es sin duda el sistema de adquisición de datos, explicado en el Anexo II de este proyecto. Este sistema no es más que un instrumento al que le llega un código binario, y nos lo transcribe en nuestro PC de modo que este código toma un valor y unas unidades determinadas, que están listas para usar en su interpretación de los resultados.

Para finalizar, existe un equipo comercial desarrollado por el colegio de ingenieros que consiste en un método para obtener el tiempo de respuesta del sistema de frenado del vehículo, y descrito en la Directiva 71/320/CEE para la homologación

de sistemas de frenado. Todo este método queda reflejado en el Anexo III de la memoria, así como incluido un ejemplo de simulador para la realización de la prueba descrita. Esta prueba sirve para vehículos que dispongan de un sistema de frenado neumático, lo que en la actualidad es gran parte de los vehículos que conocemos,

2. CONCEPTOS BÁSICOS

“Este apartado se escribe refiriéndose al Anexo I de la directiva 71/320/CEE”

Antes de continuar con esta memoria, se deben tener claros algunos conceptos que, a posteriori, irán apareciendo en el resto de capítulos.

Como pequeña introducción, pasamos a explicar de forma clara, dos conceptos que aparecen dentro de las actas de ensayo:

- **Masa máxima:** “masa máxima técnicamente admisible declarada por el fabricante del fabricante, y que puede superar a la masa máxima autorizada”.
- **Distribución de la masa entre los ejes:** “distribución entre los ejes del efecto de la gravedad sobre la masa del vehículo y su contenido”.

2.1. Dispositivo de frenado

“Conjunto de órganos que tienen por función disminuir progresivamente la velocidad de un vehículo en marcha, hacer que se detenga o mantenerlo inmóvil si se encuentra ya detenido”.

- Este dispositivo será diseñado, fabricado e instalado de tal forma que en condiciones normales de funcionamiento y aunque pueda estar sometido a vibraciones debe cumplir todos los requisitos que le pidan.
- Deberá ser capaz de soportar los fenómenos de corrosión y envejecimiento a los que estará expuesto.
- Los forros de freno no podrán llevar amianto.

2.1.1. Freno de servicio

El freno de servicio debe permitir al conductor controlar el movimiento del vehículo y poder detenerlo de forma segura, rápida y eficaz, para cualesquiera que sean sus condiciones de velocidad y de carga, y el declive de la vía por donde circule sea ascendente o descendente. Además la acción de frenado debe ser graduable, y el conductor debe poder conseguir ese frenado desde su asiento sin separar las manos del mando de dirección.

2.1.2. Freno de socorro

Deberá permitir detener el vehículo en una distancia razonable, en el caso de que el freno de servicio falle. Su acción debe ser regulable, y se debe poder conseguir sin que el conductor se mueva de su asiento con, por lo menos, una mano puesta en el mando de dirección. Se da por supuesto que en el freno de servicio no puede producirse más de un fallo simultáneamente.

2.1.3. Freno de estacionamiento

- Este freno debe permitir mantener inmóvil el vehículo sobre un declive ascendente o descendente incluso en ausencia del conductor, de modo que las superficies activas del freno quedan activas en posición de bloqueo a través de un dispositivo de acción mecánica.
- Este frenado se debe poder llevar a cabo desde el asiento del conductor.

2.1.3.1. Caso de remolque:

- La efectividad del frenado de estacionamiento debe ser tal que quede asegurada incluso cuando el remolque se encuentre separado del vehículo tractor.
- El dispositivo que asegure el frenado de estacionamiento podrá ser accionado desde el exterior del remolque sin necesidad de subirse a él.
- Pero en los remolques destinados al transporte de personas el dispositivo de frenado deberá poder accionarse desde el interior.
- Accionar se debe entender como activar el dispositivo pero también desactivarlo.

2.1.3.2. Vehículo tractor y remolque

El dispositivo de frenado de aire comprimido del remolque y el de estacionamiento del vehículo tractor se podrán accionar simultáneamente, siempre que el conductor pueda verificar en cualquier momento que el rendimiento del freno de estacionamiento del conjunto, es suficiente.

2.2. Frenado graduable

- Se entiende por frenado graduable aquel que durante su transcurso cumple:
- *El conductor pueda en todo momento aumentar o disminuir la intensidad de frenado actuando sobre el mando.*
- *Se cumpla la función monótona, es decir, que la fuerza de frenado actúe en el mismo sentido que la acción sobre el mando.*
- *Sea posible efectuar una regulación precisa de la intensidad de frenado.*

2.3. Mando

Pieza directamente accionada por el conductor(o en el caso de algunos remolques por el ayudante) para proporcionar a la transmisión la energía necesaria para frenarla o controlarla. La energía puede ser: muscular proporcionada por el conductor, como otra fuente de energía controlada por él, o la energía cinética del remolque o una combinación de ambas.

2.4. Transmisión

“Conjunto de elementos situado entre el mando y el freno, que los une y les permite realizar sus funciones respectivas”.

- Podrá ser, mecánica, hidráulica, neumática o mixta.

- Cuando el frenado se efectúe o complemente con una fuente de energía independiente al conductor, pero controlada por él, la reserva de energía de tal dispositivo se considerará parte de la transmisión.

2.5. Freno

“Órgano del dispositivo de frenado donde se efectúan las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo”.

El freno puede ser:

- De fricción → fuerzas debido al rozamiento de dos piezas pertenecientes al vehículo, ambas con movimiento relativo pero sin contacto entre sí.
- Eléctrico → fuerzas debidas a la acción electromagnética entre dos elementos del vehículo en movimiento relativo pero sin contacto entre sí.
- Hidráulico → fuerzas debidas a la acción de un líquido situado entre dos elementos del vehículo en movimiento relativo.
- De motor → fuerzas debidas a un aumento controlado de la acción de frenado del motor que se transmite a las ruedas.

2.6. Dispositivos de frenado de tipos diferentes

Dispositivos que presenten diferencias esenciales con respecto a:

- Componentes de características diferentes.
- Componentes fabricados con materiales distintos o desiguales en tamaño o forma.
- Diferente montaje de los componentes.

2.7. Componente del dispositivo de frenado

“Cada una de las piezas por separado que en conjunto forman el dispositivo de frenado”.

2.8. Frenado continuo

Frenado en los conjuntos de vehículos, obtenido por medio de una instalación que cumpla las siguientes características:

- Órgano de mando único que el conductor acciona progresivamente desde su asiento con una única maniobra.
- La energía para el frenado la proporcionará una misma fuente de energía.
- La instalación de frenado asegura de forma simultánea o convenientemente escalonada en varias fases, el frenado de cada uno de los vehículos que constituyen el conjunto sea cual sea su posición.

2.9. Frenado semicontinuo

Frenado del conjunto de vehículos por una instalación que cumpla:

- Órgano de mando único que el conductor acciona progresivamente desde su asiento con una única maniobra.
- La energía utilizada para el frenado provenga de dos fuentes distintas de energía
- La instalación de frenado asegura de forma simultánea o convenientemente escalonada en varias fases, el frenado de cada uno de los vehículos que constituyen el conjunto sea cual sea su posición.

2.10. Frenado automático

Frenado del remolque o remolque de forma automática cuando se produce la separación de los elementos integrantes del conjunto de vehículos acoplados incluso si se trata de la rotura del enganche, sin que se reduzca la eficacia de frenado del resto del conjunto.

2.11. Frenado por inercia

“Frenado mediante la utilización de las fuerzas que produce el acercamiento del vehículo remolcado al vehículo tractor”.

2.12. Vehículo cargado

Se refiere, salvo en circunstancias específicas, a que el vehículo este cargado de acuerdo a su “carga máxima”.

2.13. Dispositivo de frenado hidráulico con reserva de energía

Dispositivo de frenado hidráulico cuya energía para funcionar se suministra de un líquido hidráulico a presión, almacenado por uno o varios acumuladores y alimentado por uno o varios generadores de presión los cuales cuentan con reguladores de presión para ajustar la presión máxima. Dicho valor es especificado por el fabricante.

2.14. Tipos de remolque de las categorías O3 Y O4

2.14.1. Semirremolque

“Vehículo remolcado cuyo eje se encuentra situado detrás del centro de gravedad del vehículo (cargado uniformemente)”.

Está equipado con un dispositivo de enganche que permite transmitir las fuerzas horizontales y verticales al vehículo tractor.

2.14.2. Remolque

“Vehículo remolcado que tiene por lo menos dos ejes, y va equipado con un dispositivo de remolque que puede moverse verticalmente (con respecto al remolque) y que controla la dirección del eje delantero, pero no transmite una carga estática apreciable al vehículo tractor”.

2.14.3. Remolque de eje central

“Vehículo remolcado provisto de un dispositivo de remolque que no puede moverse verticalmente (con respecto al remolque)”.

Su eje está situado cerca del centro de gravedad del vehículo de forma que sólo transmite al vehículo tractor una pequeña carga vertical no superior al 10% de lo correspondiente a la masa máxima del remolque o una carga de 1000daN (la que sea menor).

2.15. Decelerador

“Dispositivo de frenado suplementario que es capaz de ejercer y mantener un efecto de frenado durante un largo tiempo sin una reducción significativa de frenado”.

- Comprendido en el sistema de mando.
- El decelerador no comprende a los vehículos equipados con dispositivos de recuperación de energía.

2.16. Decelerador independiente

Se trata de un dispositivo separado del sistema de mando de servicio y de los dispositivos de frenado.

2.17. Decelerador integrado

“Decelerador cuyo dispositivo de mando se encuentra integrado en el dispositivo de frenado de servicio, de modo que freno de servicio y decelerador se aplican simultáneamente”.

También se puede aplicar a intervalos adecuados como resultado del accionamiento del dispositivo de mando combinado.

Los vehículos que dispongan de decelerador integrado deberán llevar además un dispositivo antibloqueo.

2.18. Decelerador combinado

“Dispositivo integrado que posee un dispositivo de corte para permitir al mando aplicar solamente el freno de servicio”.

3. EXPLICACIÓN DE LAS ACTAS DE ENSAYO

En primer lugar, en casi la totalidad de los ensayos de frenado, se pide la deceleración media estabilizada (dm) que se puede asemejar a lo que sería el rendimiento de frenado. Para su cálculo, necesitaremos de los siguientes parámetros:

- vl velocidad en el momento de la activación del mando de dispositivo de frenado (km/h).
- vb velocidad del vehículo a 0.8 vl (km/h).
- ve velocidad del vehículo a 0.1 vl (km/h).
- sb distancia recorrida entre vl y vb .
- se distancia recorrida entre vl y ve .

Por todo esto, en el propio ensayo, lo que se necesita es tanto velocidad del ensayo (vl), como las distancias sb y se , siendo la ecuación que se seguirá la indicada en el apartado 1.1.2 del anexo II [1]:

$$\frac{vb^2 - ve^2}{25,92(se - sb)} \quad [\text{Ec.3.1}]$$

El vehículo deberá realizar el ensayo en unas condiciones de masa preestablecidas y que se especificarán antes de realizar el ensayo. Véase en la tabla del apartado 1.4 del anexo I de esta memoria.

Tabla 3.1

	Vehículo cargado	Vehículo descargado
Eje 1		
Eje 2		
Eje 3		
Eje 4		

Se deberá especificar la velocidad máxima del vehículo a ensayar, no sólo por ser necesario en algunos ensayos como en el ensayo I con frenados repetidos, sino que según el punto 1.13.2 [1], si el vehículo no puede alcanzar la velocidad prescrita para el ensayo, el vehículo en cuestión deberá realizar el ensayo a su velocidad máxima.

Esta viene indicada en el punto 1.1 del anexo I de la presente memoria.

3.1. Vehículos de las categorías M y N

3.1.1. Ensayo tipo 0

Al inicio del ensayo, los frenos deberán estar fríos, y nos tendremos que cerciorar de ello. El ensayo de tipo 0 para las categorías M y N, se divide en dos partes uno con motor desembragado y el otro con motor embragado.

Para los dos, se debe realizar el ensayo una vez con el vehículo cargado y otra descargado, indicado esto en el punto 1.4 del anexo I, y mencionado anteriormente.

Como requisito adicional, en los vehículos autorizados a arrastrar remolque, deberá realizarse el ensayo con el vehículo tractor sólo y portando una masa equivalente a la rueda de repuesto. Para este punto, habrá que indicar si el vehículo se encuentra autorizado para este fin, lo cual se especifica en el punto 2 del anexo I, y además, indicar la masa de la rueda de repuesto, en el caso de que estuviera en la especificación estándar del vehículo, y se refleja en el punto 3.1 del anexo I, ya mencionado.

Para llevar a cabo el ensayo, deberemos conocer, para el tipo de motor desembragado, la velocidad de ensayo que es específica para cada categoría y el rendimiento también indicado para cada una de las cuales.

En el caso del ensayo de tipo con motor embragado, se necesitará la velocidad máxima, la cual ya se ha indicado que se especifica en las actas, para calcular la velocidad necesaria en la realización del ensayo y el rendimiento medido.

Todo esto queda reflejada en el acta de ensayo para las categorías M y N del anexo I.

Tabla 3.2

	Vehículo cargado	
	Motor embragado	Motor desembragado
Velocidad del ensayo		
Distancia de frenado		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,8v_1$		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,1v_1$		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno		
Fuerza de frenado residual en la periferia de las ruedas		
Duración***		
	Vehículo descargado	
	Motor embragado	Motor desembragado
Velocidad del ensayo		
Distancia de frenado		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,8v_1$		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,1v_1$		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno		
Fuerza de frenado residual en la periferia de las ruedas		
Duración***		

3.1.2. **Ensayo de tipo I**

Dentro de este ensayo, por tratarse de las categorías M y N, se realizará el ensayo con frenados repetidos.

Y para su realización, como su propio nombre indica, se realizarán una serie de frenados uno tras otro con el vehículo a ensayar cargado.

La tabla 1.3.1.1 del anexo II de la directiva 71/320/CEE usada en la creación y explicación de las actas de este proyecto, especifica las condiciones a cumplir de este ensayo.

Indica las velocidades inicial y final del ensayo, la duración de un ciclo de frenado y el número de repeticiones atendiendo a cada una de las categorías de vehículos.

Dichas velocidades, están proporcionalmente relacionadas con la velocidad máxima, ya indicada anteriormente (punto 1.1 anexo I).

Además de todo lo dicho, también necesitaremos calcular la deceleración media estabilizada no sólo para el primer ciclo de frenado, sino también para, a posteriori, poder calcular el rendimiento en caliente, el cual compararemos con el ensayo del tipo 0.

De este modo obtenemos la tabla a seguir del ensayo con frenados repetidos, también incluida en el anexo I.

Tabla 3.3

	Velocidad del ensayo (Km/h)	Duración medida del ciclo de frenado	Fuerza medida aplicada sobre el mando (N)	Espacio recorrido entre v_1 y $0,1v_1$	Espacio recorrido entre v_1 y $0,8v_1$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

3.1.3. Ensayo de tipo II y de tipo IIIA.

En estos ensayos se deberá tener en cuenta, como en los anteriores, la velocidad de ensayo, pero además la distancia recorrida, y la deceleración media medida, que se comparará con los valores prescritos (puntos 1.4.1 y 1.4.2 del anexo II de la directiva 71/320/CEE).

Tabla 3.4

	Velocidad media de ensayo	Distancia total recorrida	Distancia desde v_1 a $0,1v_1$	Distancia desde v_1 a $0,8v_1$	Fuerza ejercida sobre el mando
Tipo II					
Tipo IIIA					

Como dato relativo al ensayo de tipo IIA, debemos asegurarnos de que no son utilizados los frenos durante la prueba, y por tanto, que se conservan fríos. Esto también se especifica en la hoja de resultados dentro del anexo I.

Tras la prueba, se procede a medir el rendimiento en caliente, y para ello realizaremos un ensayo en condiciones similares al de tipo 0, pero además teniendo en cuenta una fuerza sobre el mando que no supere los 700N, con lo cual:

Tabla 3.5

	Velocidad de ensayo	Distancia desde v_1 a $0,1 v_1$	Distancia desde v_1 a $0,8 v_1$	Fuerza ejercida sobre el mando
Tipo 0				

3.1.4. Dispositivos de frenado de socorro y de estacionamiento.

Como resultados de esta prueba debemos obtener la distancia de frenado, de nuevo la deceleración media estabilizada y por último la fuerza sobre el mando.

La distancia de frenado medida la compararemos con los valores obtenidos de las ecuaciones especificadas para cada categoría (apartado 4.7 del análisis de resultados) y directamente proporcionales a la velocidad del ensayo.

Así mismo, hay que diferenciar entre los valores prescritos si se trata de un accionamiento manual, o de los referentes al accionamiento con el pie, también indicado en dicho apartado.

3.2. Vehículos de la categoría O

3.2.1. Ensayo de tipo 0

En esta prueba se va a determinar el coeficiente de frenado del remolque, y para ello necesitaremos el empuje sobre el enganche y el coeficiente de frenado del conjunto de vehículos (vehículo motor+remolque).

En primer lugar debemos obtener el coeficiente de frenado (Z_{R+M}) del conjunto ($\frac{TM}{PM}$), y por consiguiente debemos obtener la suma de todas las fuerzas de frenado en la periferia de las ruedas (TM), este será uno de los parámetros a tener en cuenta en el ensayo.

Una vez obtenido este coeficiente debemos asegurarnos que su relación con la presión pm , se encuentra dentro de la tabla especificada por el fabricante, y que además todas estas tablas quedan reflejadas en el capítulo 4 dentro del apartado 4.12.3.

TM suma de las fuerzas de frenado en la periferia de todas las ruedas del vehículo tractor para remolque o semirremolque.

PM respuesta estática total entre el firme de la calzada y las ruedas del vehículo tractor para remolque o semirremolque.

Z_{R+M} coeficiente de frenado del conjunto de vehículos

pm presión del conducto de mando medida en la cabeza del acoplamiento

Para el cálculo del coeficiente de frenado del remolque, que es el que nos interesa, debemos obtener también en el ensayo, el empuje sobre el enganche (D) y la reacción estática normal sobre las ruedas del vehículo tractor de remolque, pero esta última la obtendremos con cálculos sobre el papel, teniendo en cuenta la masa del vehículo y la distancia del centro de gravedad de este.

De este modo:

$$ZR = ZR + M + \frac{D}{PR} \quad [\text{Ec.3.2}]$$

Si se trata de vehículos con un dispositivo de frenado continuo¹ o semicontinuo²:

$$ZR^1 = (ZR + M - R) \times \frac{(PM+PR)}{PR} + R \dots \dots [\text{Ec. 3.3}]$$

>R = valor de la resistencia al rodamiento = 0.01

Imagen 3.1

TM	D

$$ZR+M = \frac{TM}{PM} =$$

$$ZR = ZR + M + \frac{D}{PR} =$$

$$ZR^1 = (ZR + M - R) \times \frac{(PM+PR)}{PR} + R =$$

3.2.2. Ensayo tipo I

En esta prueba, se realizará un ensayo de tipo con frenado continuo, donde se ensayarán exclusivamente los remolques de las categorías O2 y O3 (punto 1.3.2.1 anexo II de la directiva 71/320/CEE).

En esta prueba obtendremos los valores de velocidad de ensayo, distancia recorrida y fuerzas sobre el mando y en la periferia de las ruedas.

Como sólo necesitamos la energía absorbida por los frenos requerida en unas determinadas condiciones de inclinación, velocidad y distancia (punto 1.3.2.1 anexo II directiva 71/320/CEE) podremos realizar este ensayo en una calzada horizontal cerciorándonos de que la energía requerida en el ensayo es la misma que la necesitada en los cálculos previos.

⁽¹⁾ = Frenado continuo: punto 1.9 del anexo I de la directiva 71/320/CEE ⁽²⁾ = Frenado semicontinuo: punto 1.10 del anexo I de la directiva 71/320/CEE

Para ello usaremos una sencilla ecuación, en la que emplearemos la fuerza en la periferia de las ruedas y la distancia recorrida.

$$E = Fd \quad [\text{Ec.3.4}]$$

Por otra parte, debemos calcular el rendimiento en caliente a través del ensayo de tipo 0, el cual, ahora con los dispositivos de frenado calientes, deberá compararse con los resultados del ensayo original de tipo 0 (punto 1.3.3.1 anexo II directiva 71/320/CEE).

Por todo esto obtenemos la siguiente tabla incluida en el anexo I:

Tabla 3.6

	Velocidad de ensayo	Fuerza sobre el mando	Fuerza en la periferia de las ruedas	Distancia recorrida
Tipo I				
Tipo 0				

3.2.3. Ensayo tipo III

La prueba a describir hace referencia a los remolques de la categoría O4, y se trata de un ensayo de pista con el que, al igual que en el ensayo de tipo 0, obtendremos el coeficiente de frenado del remolque.

En primer lugar, nos debemos detener en las condiciones de este ensayo, donde tendremos que contar el número de veces donde es accionado el dispositivo de frenado, la duración del ciclo de frenado y la velocidad del ensayo, y todo esto, a su vez, compararlo con los valores prescritos en el anexo II de la directiva ya mencionada 71/320/CEE.

Para el cálculo del coeficiente de frenado del remolque, usaremos una ecuación antes escrita en el apartado 2.1.

$$ZR^1 = (ZR + M - R) \times \frac{(PM+PR)}{PR} + R \dots [\text{Ec. 3.5}]$$

Por último, necesitaremos saber la velocidad al finalizar el ensayo la cual la compararemos con la obtenida en la expresión siguiente:

$$v2 = v1 \sqrt{\frac{PM + P1 + (\frac{P2}{4})}{PM + P1 + P2}} \dots [\text{Ec. 3.6}]$$

Y bien, con todo esto, se explica la tabla de resultados del ensayo de tipo III del anexo I.

Imagen 3.2

Número de accionamientos del freno	Duración del ciclo de frenado	Velocidad inicial	Velocidad final	Fuerza de frenado en caliente en los bordes de las ruedas

$$ZR^2 = (ZR + M - R) \times \frac{(PM+PR)}{PR} + R =$$

$$v2 = v1 \sqrt{\frac{PM+P1+(\frac{P2}{4})}{PM+P1+P2}} =$$

A continuación, debemos obtener el rendimiento en caliente, como siempre comparado con los resultados del ensayo tipo 0, pero como podemos comprobar, no se especifican las distancias se y sb requeridas para su cálculo. Esto es porque, en este caso, lo que vamos a comparar son las fuerzas de frenado en la periferia de las ruedas, siendo especificado el valor de superación de esta prueba en el punto 1.6.2 del anexo II de la directiva 71/320/CEE.

3.2.4. Dispositivo de frenado de servicio

Para probar este dispositivo de frenado, necesitaremos ensayarlo de tal forma que obtengamos la fuerza de frenado en la periferia de las ruedas la cual compararemos con la fuerza máxima soportada por estas, siendo este valor calculado con la masa máxima del vehículo, que se especifica en el anexo I en el punto 1.1.

De este modo, realizaremos el ensayo atendiendo a si se trata de:

1. Remolque cargado y vacío
2. Semirremolque cargado y vacío
3. Remolque de ejes centrales cargado y vacío

El vehículo del que se trate se especificará en el punto 2 del anexo I, dentro de las actas de ensayo ahí mostradas.

Además de la fuerza de frenado, deberemos conocer las presiones del conducto de mando y del conducto de alimentación, que no deberán exceder los valores indicados en la directiva 71/320/CEE, en el punto 2.2.1.2.1 dentro del anexo I.

La velocidad de esta prueba será de 60 km/h, pero a su vez se realizarán dos ensayos más, uno a 40 km/h y otro de tipo I, todo bien especificado en la tabla del acta y dirigido para las categorías de vehículos O1, O2 y O3.

Tabla 3.7

	Ensayo freno de servicio		Tipo I
Velocidad del ensayo	60 km/h	40 km/h	
Presión del conducto de mando			
Presión del conducto de alimentación			
Fuerza ejercida en la periferia de las ruedas			
Tiempo			
Espacio			

En la categoría O4, se realizará un ensayo muy similar, donde también mediremos una fuerza de frenado en la periferia de las ruedas, unas presiones de mando y de alimentación y todo realizado a una velocidad de ensayo de 60 km/h.

Sin embargo, como suplemento y difiriendo del ensayo de tipo I a realizar para las demás categorías de vehículos O, se realizará un ensayo de tipo III (punto 2.2.1.4.2 anexo II directiva 71/320/CEE).

Tabla 3.8

	Ensayo freno de servicio	Tipo III
Velocidad del ensayo	60 km/h	
Velocidad final		
Número de accionamientos del freno		
Duración del ciclo de frenado		
Espacio		
Presión del conducto de mando		
Presión del conducto de alimentación		
Fuerza ejercida en la periferia de las ruedas		

3.2.5. Dispositivo de frenado de estacionamiento

Este dispositivo necesita de una prueba muy sencilla, sólo se trata de que el freno del remolque o semirremolque consiga mantener detenido a este detenido sobre una pendiente del 18%.

El remolque debe estar cargado (punto 1.4 del anexo I), y separado del vehículo tractor, y la única medida necesaria en este ensayo será la fuerza sobre el mando.

Tabla 3.9

Fuerza ejercida sobre el mando (N)	
------------------------------------	--

3.2.6. Dispositivo de frenado automático

Este dispositivo se ensayará de acuerdo a un fallo relacionado a la pérdida total de la presión en el conducto de suministro de aire. Siendo este el caso, deberá ser capaz de obtener una fuerza en la periferia de las ruedas que no sea inferior al 13.5% de la masa máxima soportada por estas, estando el vehículo cargado y a una velocidad de, como mínimo, 40 km/h.

Con lo cual, deducimos que lo obtenido en este en esta prueba, es la fuerza en la periferia de las ruedas así como la velocidad de ensayo. Eso sí, no sin antes comprobar la presión de suministro, también indicada.

Tabla 3.10

Velocidad de ensayo (Km/h)	Fuerza en la periferia de las ruedas (N)

3.2.6.1. Tiempo de respuesta

En vehículos donde el dispositivo dependa total o parcialmente de una fuente de energía, no vale la muscular del conductor, este debería ser capaz de tener un tiempo de reacción del freno no superior a 0.6 segundos.

Con tiempo de respuesta me refiero al tiempo transcurrido desde que se acciona el mando del freno de servicio hasta que la fuerza de frenado actúa sobre el eje situado en el punto más desfavorable.

Tabla 3.11

Tiempo transcurrido entre el accionamiento del mando y el momento en que la fuerza de frenado actúa sobre las ruedas (s)	
--	--

3.3. Otros

Como prueba extra, debemos cerciorarnos de que las presiones en las cabezas de acoplamiento del tubo de alimentación y del de mando, cumplen el intervalo preestablecido (punto 3.1.2.1 apendice del anexo II de la directiva 71/320/CEE).

Para todo esto, ensayo dirigido a los remolques de tipo O3 u O4 con dispositivo de frenado de aire comprimido, debemos realizar la prueba, contando con los siguientes requisitos:

- Fuente de energía cortada
- Conducto de alimentación obturado
- Depósito de 0.5 litros conectado al conducto de mando
- Sistema de presiones de conjunción y disyunción

Imagen 3.3

1. Fuente de energía cortada (Sí/No)
2. Conducto de alimentación obturado (Sí/No)
3. Depósito de 0.5 litros conectado al conducto de mando (Sí/No)
4. (*)Sistema conectado a presiones de conjunción y disyunción (Sí/No)

	Presión	
	Cabeza de acoplamiento del tubo de alimentación	Cabeza de acoplamiento del tubo de mando
vehículo tractor conectado al remolque		
vehículo tractor desconectado del remolque		

Como último requisito, se deberá medir la presión en la cabeza de acoplamiento del conducto de alimentación cuando el sistema se encuentre en la posición de presión de conjunción, y esta no deberá ser inferior a una presión preestablecida de 7 bares. Todo esto sin encontrarse accionado el freno de servicio.

Pero este valor, sin embargo, no lo incluyo en las actas del anexo I.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tras la realización los ensayos se debe conocer si las pruebas han sido satisfactorias o no. Todos los estos valores prescritos para cada prueba, se muestran en el anexo II de la directiva 71/320/CEE.

Con cada ensayo deberemos ser capaces de obtener un rendimiento, como se ve en cada una de las actas de ensayo, que según el punto 1.1.1 del anexo II de la nombrada directiva, va a estar basado en la distancia de frenado y en la deceleración media estabilizada (m/s^2).

La deceleración media estabilizada (dm), la tenemos definida en el punto 1.1.2 de la directiva a continuación de la descripción del rendimiento anterior.

$$\frac{vb^2 - ve^2}{25,92(se - sb)} \quad [\text{Ec. 4.1}]$$

Vemos que esta ecuación nos facilita bastante los cálculos, ya que es relativamente sencillo poder medir la velocidad y la distancia durante el ensayo, siendo la única dificultad disponer de los instrumentos de medida con una tolerancia del $\pm 1\%$ (indicado en el punto 1.1.2).

4.1. ENSAYO TIPO 0 (CATEGORÍAS M Y N)

Uno de los requisitos para este ensayo es que los frenos deben estar fríos, es decir, que la temperatura en el disco o el exterior del tambor no supere los 100°C (punto 1.2 anexo II). Esto no es así siempre, puesto que para calcular el rendimiento en caliente de los ensayos de tipo I o de tipo III, se debe obtener teniendo en cuenta las condiciones de ensayo del tipo 0, y sin embargo no es un requisito que los frenos estén fríos.

Durante el ensayo de este tipo, deberemos poder obtener una serie de mediciones que incluiremos en la tabla siguiente, descrita con anterioridad en esta memoria.

Tabla 4.1

	Vehículo cargado	
	Motor embragado	Motor desembragado
Velocidad del ensayo		
Distancia de frenado		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,8v_1$		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,1v_1$		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno		
Fuerza de frenado residual en la periferia de las ruedas		
Duración***		
Vehículo descargado		
	Motor embragado	Motor desembragado
Velocidad del ensayo		
Distancia de frenado		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,8v_1$		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,1v_1$		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno		
Fuerza de frenado residual en la periferia de las ruedas		
Duración***		

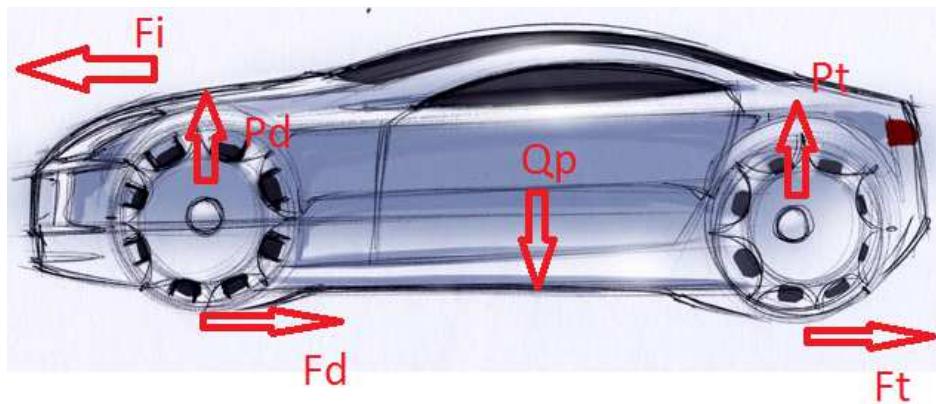
Los ensayos de tipo 0, se realizan para todo vehículo perteneciente a las categorías M y N, sobre todo, anteriormente definidas.

En la tabla que se muestra en el punto 2.1.1.1.1. del anexo II que estamos comentando, se encuentra indicada la velocidad de realización del ensayo para cada categoría, así como la distancia de frenado y la deceleración media que debe cumplir, para verse superado el ensayo.

Tabla 4.2

Tipo de ensayo		M_1 0-I	M_2 0-I	M_3 0-I-II/IIA	N_1 0-I	N_2 0-I	N_3 0-I-II/IIA
Ensayo del tipo 0 con el motor desembragado	velocidad prescrita	80 km/h	60 km/h	60 km/h	80 km/h	60 km/h	60 km/h
	$s \leq$	$0,1 v + \frac{v^2}{150}$			$0,15 v + \frac{v^2}{130}$		
	$d_m \geq$	$5,8 \text{ m/s}^2$			5 m/s^2		
Ensayo del tipo 0 con el motor embragado	$v = 80 \% v_{\max}$ pero \leq :	160 km/h	100 km/h	90 km/h	120 km/h	100 km/h	90 km/h
	$s \leq$	$0,1 v + \frac{v^2}{130}$			$0,15 v + \frac{v^2}{103,5}$		
	$d_m \geq$	5 m/s^2			4 m/s^2		
	$F \leq$	500 N			700 N		

La deceleración media debe superar los valores indicados en la tabla anterior, pero además la deceleración durante todo ensayo debe estar dentro de unos límites definidos. Esta deceleración está proporcionalmente relacionada con la adherencia de la calzada.

Imagen 4.1.

Según la imagen mostrada se puede definir los diferentes parámetros como:

F_i = fuerza de inercia del vehículo

F_d = fuerza de frenado delantera

F_t = fuerza de frenado trasera

P_d = reacción normal delantera

P_t = reacción normal trasera

Q_p = peso total del vehículo

Si aplicamos la segunda ley de Newton ($F=m \cdot a$) a la figura anterior:

$$F_i = \frac{Q_p}{g} \gamma = F_d + F_t \quad [\text{Ec.4.2}]$$

Si se supone que ruedas delantera y trasera frenan igual, la fuerza de frenada máxima de las ruedas delanteras y traseras respectivamente son:

$$F_d = P_d \cdot \mu \quad [\text{Ec.4.3}]$$

$$F_t = P_t \cdot \mu \quad [\text{Ec.4.4}]$$

Sabiendo que μ es coeficiente de rozamiento, o la adherencia de las ruedas con la superficie de la calzada, el resto del desarrollo para relacionar adherencia con la deceleración, es bastante sencillo:

Sumatorio de fuerzas en el eje Y →

$$P_d + P_t = \frac{Q_p}{g} \quad [\text{Ec.4.5}]$$

Sumatorio de fuerzas en el eje X →

$$\frac{Q_p}{g} \gamma = P_d \cdot \mu + P_t \cdot \mu \quad [\text{Ec.4.6}]$$

Resolviendo el sistema de dos ecuaciones nos queda la relación deseada:

$$\gamma = g \cdot \mu \quad [\text{Ec.4.7}]$$

Según la directiva 71/320/CEE, en los ensayos en pista la adherencia debe estar entre los valores 0.3 a 0.8, de modo que la deceleración se encontrará entre los límites de $0.3 \cdot g$ a $0.8 \cdot g$, es decir, entre 2.943 m/s^2 a 7.848 m/s^2 .

Ya habiendo definido los límites de deceleración, continuaremos con velocidad y distancia, parámetros mencionados en la tabla 4.2. Teniendo en cuenta dichas velocidades, medimos la distancia de frenado durante el ensayo (s), para no sólo comprobar si cumple, sino para calcular la deceleración media, que equivale a lo que hemos mencionado como rendimiento, siendo sus unidades entonces m/s^2 .

La distancia de frenado medida durante el ensayo, es la distancia recorrida desde que accionamos el freno a la velocidad v_1 , hasta que el vehículo queda completamente detenido. Esa v_1 debe ser la indicada en la tabla antes mostrada para el caso del ensayo con motor desembragado, y el 80% de la velocidad máxima indicada por el fabricante en el caso de motor embragado. Sin embargo, en este último caso además debe cumplir, que v_1 no puede superar las velocidades indicadas para cada categoría. La distancia medida de frenado, se comparará con la distancia (s) especificada en la tabla, que si resolvemos la ecuación resulta (expresada en metros):

Tabla 4.3

	M1	M2	M3	N1	N2	N3
motor desembragado	5,5144	4,636	4,636	7,132	4,636	4,636
motor embragado	19,639	11,62	9,7886	15,735	11,62	9,7886

Otro de los parámetros de la tabla, es la deceleración media estabilizada, que se obtiene usando la ecuación [Ec.4.1], antes escrita.

Para poder aplicar dicha ecuación no sólo necesitamos la velocidad de ensayo (v_1) o velocidad en el momento de accionamiento de los frenos, sino que además necesitaremos s_e y s_b , que se definen como el espacio recorrido desde v_1 hasta $0,1v_1$ y espacio recorrido desde v_1 hasta $0,8v_1$, respectivamente.

Por último, está la fuerza ejercida sobre los frenos que únicamente se tiene en cuenta durante el ensayo con el motor embragado.

Para vehículos autorizados a transportar un remolque sin frenos, el ensayo se debe realizar con el remolque cargado con su carga máxima, como se indica en el punto 2.1.1.1.2, y el conjunto debe obtener por lo menos el rendimiento mínimo indicado para cada categoría (tabla del punto 2.1.1.1.1).

En estos casos, para obtener el rendimiento del conjunto poseemos la siguiente ecuación dada por la directiva 71/320/CEE, la cual ya venimos comentando.

$$dM + R = dM \times \frac{PM}{PM + PR} \quad [Ec. 4.8]$$

PM y PR son las masas máximas del vehículo motor y del remolque respectivamente, ambas especificadas por el fabricante. Y el tercer parámetro, dM , es la máxima deceleración media estabilizada, que viene también especificada por el fabricante.

4.2. ENSAYO TIPO 0 (CATEGORÍA O)

Dentro de las pruebas de tipo 0, existe una para vehículos de la categoría O, con dispositivos de freno de aire comprimido. Este ensayo, es algo distinto, ya que de lo que se trata no es de obtener unos resultados concretos sino de obtener el coeficiente de frenado del remolque (ZR).

Para ello, vemos que los únicos datos del ensayo tomados son la suma de las fuerzas de frenado sobre el borde de las ruedas (TM) y el empuje sobre el enganche (M), Imagen 3.1:

$$ZR + M = \frac{TM}{PM} \quad [Ec. 4.9]$$

$ZR+M$ = Coeficiente de frenado del conjunto de vehículos (vehículo tractor y remolque)

TM = Suma de las fuerzas de frenado en la periferia de todas las ruedas del vehículo tractor para remolque o semirremolque.

PM = Respuesta estática total entre el firme de la calzada y las ruedas del vehículo tractor.

Con este coeficiente, podemos obtener el coeficiente de frenado del remolque, con la siguiente expresión.

$$ZR = ZR + M + \frac{D}{PR} \quad [Ec. 4.10]$$

ZR= coeficiente de frenado del remolque

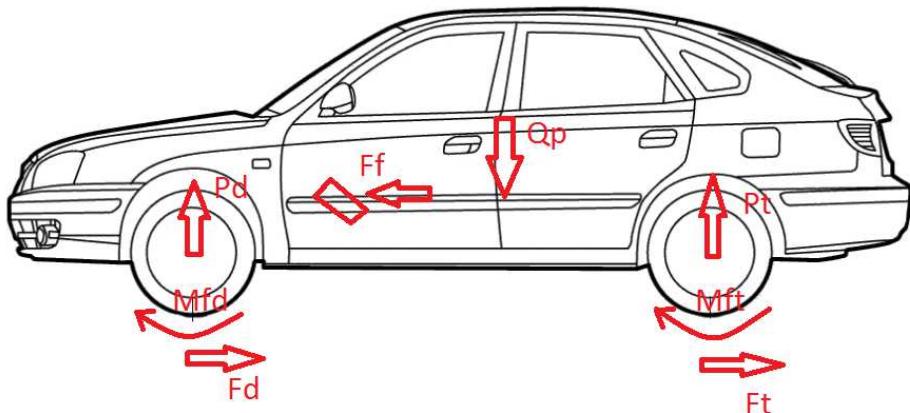
D= empuje sobre el enganche

PR= reacción estática normal total entre la superficie de la calzada y las ruedas

Para calcular el coeficiente de frenado, propongo el siguiente desarrollo partiendo de la fuerza de frenado sobre el mando que nos ofrece el conjunto de dinamómetro de pedal más el sistema de adquisición de datos luego explicado (capítulo 5).

En primer lugar, tenemos una distribución de todas las fuerzas que intervienen en el frenado, de modo que si aplicamos una fuerza F_f al pedal de freno esta transmite a los neumáticos un momento de frenada delantero (M_{fd}) y uno de frenada trasero (M_{ft}).

Imagen 4.2.



Para obtener estos momentos de frenada necesitaremos un frenómetro que nos proporcione los valores, por lo cual propongo para la realización de esta prueba un ensayo estático. Sabemos que el momento se define como $M=F \cdot d$ (momento es igual al producto de la fuerza por la distancia). De modo que sabiendo el radio del neumático del vehículo podemos despejar la fuerza de frenada delantera (F_d) y la fuerza de frenada trasera (F_t):

$$F_d = \frac{M_{fd}}{d} \quad [Ec. 4.11.]$$

$$F_t = \frac{M_{ft}}{d} \quad [Ec. 4.12.]$$

Si hacemos el sumatorio de todas estas fuerzas de frenada ya tenemos el primer término del coeficiente de frenado del vehículo (TM). Así que ahora debemos obtener el segundo (PM) que es este caso se obtiene de manera casi directa,

teniendo en cuenta que la fuerza de reacción de cada una de las ruedas se calcula con simples cálculos físicos teniendo en cuenta el peso del vehículo así pues:

$$PM = Pd + Pt \quad [Ec.4.13.]$$

Una vez obtenido el coeficiente de frenado del conjunto de vehículos (remolque + vehículo motor) [Ec.4.9] procedemos a calcular el coeficiente de frenado del remolque en solitario [Ec.4.10], pero para ello debemos sacar primero el valor de D. Según la directiva 94/20/CE el valor D se define como [30]:

“Fuerza teórica de referencia con respecto a la fuerza horizontal que existe entre el vehículo tractor y el remolque”.

Y atendiendo al tipo de acoplamiento mecánico podremos calcular este valor, de modo que lo podemos separar atendiendo a [29]:

- En los dispositivos mecánicos de acoplamiento que no sean capaces de transmitir las cargas verticales sustentadoras, el valor será igual a:

$$D = gx \frac{TxR}{T+R} \text{ [KN]} \quad [Ec.4.14]$$

- En los dispositivos mecánicos de acoplamiento adecuados para remolques de eje central, el valor será igual a:

$$D = gx \frac{TxC}{T+C} \text{ [KN]} \quad [Ec.4.15]$$

- En los acoplamientos de quinta rueda instalados en vehículos tractores o de características similares, el valor será:

$$D = gx \frac{0.6 \times TxR}{T+R-U} \text{ [KN]} \quad [Ec.4.16]$$

Donde:

T = Masa máxima técnicamente autorizada del vehículo tractor en t (tractores agrícolas incluidos) añadiendo, en su caso, la carga vertical de un remolque de eje central

R = Masa máxima técnicamente autorizada en t del remolque, provisto de un enganche que se desplace libremente en el plano vertical, o del semirremolque

C = Suma de las cargas por eje del remolque de eje central que lleve la carga máxima admitida en t (véase el punto 2.1.20.)

U = Carga vertical aplicada en la quinta rueda en t

S = Carga vertical estática S en kg es la parte de la masa del remolque de eje central que se apoye en condiciones estáticas sobre el punto de enganche

g = Aceleración causada por la gravedad (se considera que es igual a 9,81 m/s²)

Concluyendo esta prueba, una vez determinado este valor D, ya podemos sacar de la Ecuación 4.10 el valor del coeficiente de frenado deseado.

4.3. ENSAYO TIPO I

Este ensayo se divide en dos tipos, con frenados repetidos y con frenado continuo. El primero se aplica a los vehículos pertenecientes a las categorías M y N, y el segundo a las categorías O2 y O3.

4.3.1. ENSAYO CON FRENADOS REPETIDOS

Este tipo se realiza con el vehículo cargado, y se debe controlar la duración del ciclo de frenado como se indica en la tabla del punto 1.3.1.1, junto con las condiciones del ensayo.

Después de cada frenado, la velocidad v_1 debe alcanzarse en el menor tiempo posible (punto 1.3.1.5) empleando la máxima aceleración posible permitida por el motor y la caja de cambios.

Tabla 4.4

Categoría del vehículo	Modalidades			
	v_1 (km/h)	v_2 (km/h)	Δt (s)	n
M_1	$80 \% v_{\max} \leq 120$	$\frac{1}{2} v_1$	45	15
M_2	$80 \% v_{\max} \leq 100$	$\frac{1}{2} v_1$	55	15
M_3	$80 \% v_{\max} \leq 60$	$\frac{1}{2} v_1$	60	20
N_1	$80 \% v_{\max} \leq 120$	$\frac{1}{2} v_1$	55	15
N_2	$80 \% v_{\max} \leq 60$	$\frac{1}{2} v_1$	60	20
N_3	$80 \% v_{\max} \leq 60$	$\frac{1}{2} v_1$	60	20

La duración del ciclo puede ser aumentada en 10 segundos si las características del vehículo no permitieran que se cumpliera la duración prescrita, con el fin de estabilizar la velocidad de ensayo v_1 (punto 1.3.1.2).

En cualquier caso, no solo se debe tener en cuenta el intervalo de tiempo de frenado, sino también la deceleración media estabilizada, que debe ser de 3 m/s^2 en el primero de los frenados. Y mantenerse la fuerza ejercida durante esta en el resto. Como ya conocemos, la deceleración se calcula a partir de E_1 , por lo que además de fuerza de frenado, duración y velocidad de ensayo, también debemos tener en consideración el espacio recorrido durante este ensayo.

Tabla 4.5

	Velocidad del ensayo (Km/h)	Duración medida del ciclo de frenado	Fuerza medida aplicada sobre el mando (N)	Espacio recorrido entre v1 y 0,1v1	Espacio recorrido entre v1 y 0,8 v1
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

4.3.2. ENSAYO CON FRENADO CONTINUO

En este caso lo que nos interesa es la energía de absorción de los frenos durante un periodo de frenado continuo. Este ensayo puede realizarse en una calzada horizontal (punto 1.3.2.2) manteniéndose la fuerza sobre el mando de modo que la resistencia del remolque se mantenga constante. Esta resistencia debe ser el 7% de la masa máxima estacionaria por eje del remolque.

La energía mencionada, debe ser equivalente a la acumulada por el vehículo cargado moviéndose a una velocidad constante de 40 km/h en una pendiente del 7% y durante 1.7 km. Esta energía puede calcularse, con la ecuación de la energía:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + mgh \quad [Ec. 4.17]$$

Y compararla con la energía acumulada sobre una calzada horizontal, durante el mismo periodo de tiempo, siguiendo la ecuación:

$$E = Fd \quad [Ec. 4.18]$$

Si la potencia del vehículo fuera insuficiente, deberá reducirse la velocidad y aumentar la distancia según la tabla mostrada a continuación (punto 1.3.2.2).

Imagen 4.3

Velocidad (en km/h)	Distancia (en m)
40	1 700
30	1 950
20	2 500
15	3 100

La última parte del ensayo es el cálculo del rendimiento en caliente, de modo que se volverá a realizar el ensayo de tipo 0 pero esta vez con los frenos calientes.

En los vehículos de motor, el rendimiento no deberá ser inferior al 80% del prescrito para el ensayo del cual se trate ni al 60% del valor medido durante el ensayo de tipo 0 con motor desembragado (punto 1.3.3.1). Es decir, al $5,8\text{m/s}^2$ en el caso de los vehículos M1 ni a los 5 m/s^2 en el resto de las categorías, indicados ambos valores en la Tabla 4.2.

Si se trata de remolques, lo que compararemos será la fuerza residual en la periferia de las ruedas durante el ensayo a 40km/h. De modo que ésta no debe ser inferior al 36% de la masa máxima soportada por las ruedas con el vehículo detenido, ni al 60% del valor comprobado durante el ensayo tipo 0 a esa velocidad. Para poder hacer la comparación tendremos que realizar el ensayo de eficacia residual del frenado (apartado 4.9).

4.4. ENSAYO TIPO II

Los vehículos de las categorías M3 y N3 se ensayan con este tipo de prueba, de modo que el vehículo a motor cargado se ensaya a una velocidad de 30 km/h, engranada la marcha más adecuada, sobre una pendiente descendente del 6% durante 6km (punto 1.4.1). En el caso que exista decelerador podrá ser usado durante la prueba. Sin embargo en el caso de que se carezca de él, se permitirá un margen de la velocidad media de $\pm 5\text{ km/h}$.

En cuanto a la deceleración media estabilizada bastará con un mínimo del 0.5m/s^2 .

4.4.1. RENDIMIENTO EN CALIENTE

Para concluir, se debe calcular el rendimiento en caliente, que como en el ensayo anterior, se obtendrá con las mismas condiciones que en el ensayo tipo 0, y obviamente sin restricción de temperatura en los frenos (punto 1.4.3).

En cuanto a la fuerza sobre el mando no deberá superar los 700N y se deben respetar los valores de la Tabla 4.6.

Tabla 4.6

	M3	N3
s	$s = 0.15v + \frac{1.33v^2}{130}$	$s = 0.15v + \frac{1.33v^2}{115}$
dm	3,75 m/s ²	3,3 m/s ²

4.5. ENSAYO TIPO IIA

En este caso como en el anterior, se ensayará a una velocidad media de 30km/h, pero en este caso la pendiente será algo más inclinada, del 7%, durante 6km. No podrán ser usados ninguno de los frenos, con lo cual la temperatura de estos no deberá sobrepasar los 100°C.

Podrá ser usado un decelerador, en el caso que lo hubiera, pero si no, como antes, se concederá un margen de ± 5 km/h, en la velocidad de ensayo.

En este caso la deceleración mínima que se exige es de 0.6 m/s², calculada con la ecuación [4.1], como ya viene siendo habitual.

4.6. ENSAYO TIPO III

Se trata de un ensayo para los vehículos de la categoría O4, donde se mide el coeficiente de frenado para determinar la pérdida de eficacia del frenado, con una serie de frenados repetidos.

La tabla incluida en las actas será la siguiente, donde además de tener en cuenta, duración del ciclo, velocidad y número de accionamientos, deberemos calcular las distancias de frenado, para a posteriori, poder obtener el rendimiento en caliente del dispositivo, como ya viene siendo habitual.

Tabla 4.7

Número de accionamientos del freno	Duración del ciclo de frenado	Velocidad inicial	Velocidad final	Fuerza de frenado en caliente en los bordes de las ruedas

Finalizado el ensayo de tipo III se procede a la realización del ensayo de tipo 0 de nuevo, para poder obtener el rendimiento en caliente.

De modo que la fuerza de frenado en los bordes de las ruedas deberá ser:

Tabla 4.8

$F \geq$	40% carga máxima inmóvil por rueda
	60% fuerza de frenado en los bordes de las ruedas obtenida en el ensayo de tipo 0

4.7. DISPOSITIVOS DE FRENADO DE SOCORRO (M y N)

Las condiciones del ensayo se indican a continuación, de modo que sin superar las fuerzas indicadas, el vehículo debe ser capaz de detenerse en una distancia (s) que no supere la indicada en el cuadro siguiente, y que obtenga como mínimo una deceleración mínima estabilizada, calculada a partir de [Ec.4.1], como la indicada.

Todo este ensayo se realiza a la velocidad indicada para cada categoría. Después de lo cual se procede a calcular el rendimiento en caliente, con la misma velocidad indicada, a partir del ensayo tipo 0 pero, nuevamente, sin las restricciones de temperatura.

Tabla 4.9

Velocidad	M1	M2	M3	N1	N2	N3
	80 km/h	60 km/h	60 km/h	70 km/h	50 km/h	40 km/h
S	$s = 0.1 v + \frac{2v^2}{150}$	$s = 0.15 v + \frac{2v^2}{130}$		$s = 0.15 v + \frac{2v^2}{115}$		
dm	2,9 m/s ²	2,5 m/s ²	2,5 m/s ²	2,2 m/s ²	2,2 m/s ²	2,2 m/s ²
Accionamiento manual	F \leq	400 N	600 N	600 N	600 N	600 N
Accionamiento con el pie		500 N	700 N	700 N	700 N	700 N

4.8. DISPOSITIVOS DE FRENADO DE ESTACIONAMIENTO (M y N)

Para este tipo de dispositivo, se debe ensayar de modo que sea capaz de mantener el vehículo detenido (punto 2.1.3.2) sobre una pendiente ascendente o descendente, del 18%. Excepto si se trata de vehículos que puedan llevar un remolque, en los cuales sólo se les exigirá en una pendiente del 12%.

Para llevar a cabo esta prueba, se deben respetar las fuerzas ejercidas sobre el mando preestablecidas en el punto 2.1.3.4.

Tabla 4.10

		M1	M2	M3	N1	N2	N3
Accionamiento manual	Fs	400 N	600 N				
		500 N	700 N				

Para el caso de que el dispositivo de frenado de servicio y el de socorro, sean coincidentes, el dispositivo de estacionamiento deberá poder ser accionado con el vehículo en movimiento, según se indica en el punto 2.2.1.2.4 del anexo I.

Para poder comprobar que se cumple, realizaremos un ensayo de tipo 0 a una velocidad inicial de 30 km/h, donde obtendremos una deceleración media estabilizada [E1], que no debe ser inferior a 1.5 m/s².

En caso de fallo en la transmisión, con una fuerza de mando inferior a 700 N durante el ensayo tipo 0 con motor desembragado, no se deberá sobrepasar la distancia de frenado indicada en la tabla del punto 2.1.4.1, ni deberá obtenerse una deceleración inferior a la indicada también en esta para cada categoría.

Imagen 4.4

Tipo	km/h	Cargado	m/s ²	Sin carga	m/s ²
M ₁	80	$0,1v + \frac{100}{30} \times \frac{v^2}{150}$	1,7	$0,1v + \frac{100}{25} \times \frac{v^2}{150}$	1,5
M ₂	60	$0,15v + \frac{100}{30} \times \frac{v^2}{130}$	1,5	$0,15v + \frac{100}{25} \times \frac{v^2}{130}$	1,3
M ₃	60	$0,15v + \frac{100}{30} \times \frac{v^2}{130}$	1,5	$0,15v + \frac{100}{30} \times \frac{v^2}{130}$	1,5
N ₁	70	$0,15v + \frac{100}{30} \times \frac{v^2}{115}$	1,3	$0,15v + \frac{100}{25} \times \frac{v^2}{115}$	1,1
N ₂	50	$0,15v + \frac{100}{30} \times \frac{v^2}{115}$	1,3	$0,15v + \frac{100}{25} \times \frac{v^2}{115}$	1,1
N ₃	40	$0,15v + \frac{100}{30} \times \frac{v^2}{115}$	1,3	$0,15v + \frac{100}{30} \times \frac{v^2}{115}$	1,3

4.9. DISPOSITIVO DE FRENO DE SERVICIO (O)

Este ensayo se realizará dos veces a dos velocidades distintas, una a 60 km/h y otra a 40 km/h, esta última se comparará con los resultados obtenidos en el ensayo de tipo 0 antes realizado para remolques. Lo que se va a comparar en esta prueba va a ser la fuerza ejercida en la periferia de las ruedas, y en el caso de la primera velocidad también las presiones en los conductos de mando y alimentación.

Tabla 4.11

	Velocidad de ensayo	Fuerza en la periferia de las ruedas	Presión del conducto de mando	Presión del conducto de alimentación
Remolque cargado y vacío	60 km/h	50%M	6,5 bar	7 bar
Semirremolque cargado y vacío		45%M		
Remolque de ejes centrales cargado y vacío		50%M		
Todo tipo	40 km/h	36%M	-	-
		60%F0		

M = masa máxima soportada por las ruedas con el vehículo detenido

F0 = fuerza en la periferia de las ruedas comprobado en el ensayo de tipo 0

De modo que atendiendo a lo dicho en el ensayo de tipo 0 para la categoría O, los obtendremos la fuerza en la periferia de las ruedas siguiendo el desarrollo

mencionado en dicho apartado. Ya hemos obtenido el diagrama que relaciona la fuerza sobre el mando con las fuerzas de frenado sobre las ruedas, de modo que conociendo la fuerza sobre el mando obtenemos la fuerza que nos interesa. Y ya sabiendo esto debemos compararla con dos parámetros, de modo que debemos obtener que la fuerza sobre la periferia de las ruedas no debe ser inferior a:

1. $0.36 \cdot M$ Masa máxima soportada por las ruedas con el vehículo parado.
2. 0.6 Fuerza sobre la periferia de las ruedas en el ensayo de tipo 0 para la categoría O.

4.10. DISPOSITIVO DE FRENADO DE ESTACIONAMIENTO (O)

En este caso, sólo valoraremos que el dispositivo mantenga el vehículo parado en una pendiente del 18 %. Por lo que únicamente, tendremos en cuenta la fuerza ejercida sobre el mando que no debe superar los 600 N (punto 2.2.2.1).

4.11. DISPOSITIVO DE FRENADO AUTOMÁTICO

El vehículo se ensayará cargado, y en caso de que haya una pérdida de presión en el suministro de aire, el rendimiento del freno automático no deberá ser inferior al rendimiento prescrito.

Tabla 4.12

Velocidad de ensayo	Fuerza en la periferia de las ruedas
40 km/h	13,5% M

M = masa máxima soportada por las ruedas con el vehículo detenido

4.11.1. Tiempo de respuesta

Este apartado corresponde a aquellos vehículos cuyo freno de servicio dependa, de forma total o parcial, de una fuente de energía diferente a la muscular proporcionada por el conductor.

En esta prueba deberemos tener en cuenta el tiempo desde que accionamos el dispositivo, hasta que la fuerza de frenado sobre la periferia de las ruedas, actúa en el punto más desfavorable.

Tabla 4.13

Tiempo transcurrido entre el accionamiento del mando y momento en que la fuerza de frenado actúe sobre las ruedas	0,6 s
---	-------

Este rendimiento es así, también para vehículos que dispongan de dispositivos de frenado hidráulicos según nos indica el punto 2.3.3.

4.12. DISTRIBUCIÓN DEL ESFUERZO DE FRENADO ENTRE LOS EJES DE LOS VEHÍCULOS

Además de los ensayos anteriores, teniendo en cuenta el apéndice del anexo II de la directiva 71/320/CEE usada hasta ahora, los vehículos deben cumplir otra serie de requerimientos.

4.12.1. Requisitos para los vehículos de motor

Vehículos de dos ejes

Siendo:

>>k = coeficiente teórico de adherencia del neumático a la calzada

>>z = coeficiente de frenado del vehículo (J/g)

Para cualquier categoría de vehículos se debe cumplir que para todos los valores de k comprendidos entre 0.2 y 0.8, z tomará un valor atendiendo a la siguiente expresión:

$$z \geq 0.1 + 0.85(k - 0.2) \quad [Ec. 4.19]$$

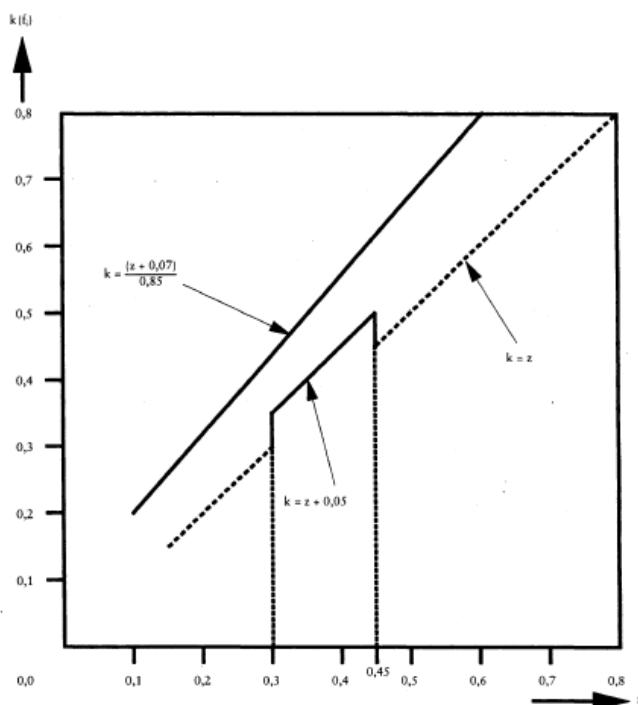
De modo que el coeficiente de frenado (J/g), estará comprendido entre los valores 0.1 y 0.61.

Sin importar la carga del vehículo, la curva de adherencia del eje delantero estará situada por encima de la del eje trasero, siempre que:

Tabla 4.14

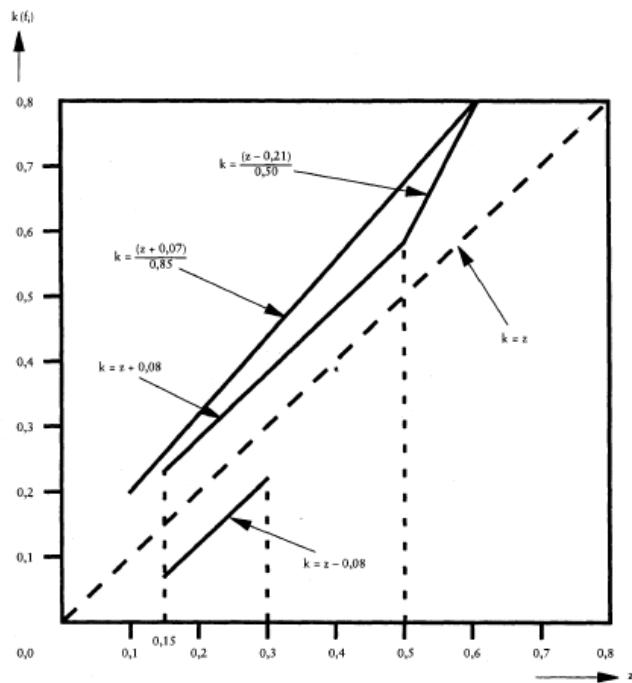
	z
M1	0,15-0,8
N1	0,15-0,5
Otras categorías	0,15-0,3

Como excepciones, en la categoría M1 se puede dar el caso en el cual la curva de adherencia del eje trasero se sitúe por encima de la del eje delantero, si dentro de la gama de valores $z=0,3-0,45$ la recta del eje trasero no supere más de 0.05 a la recta de la ecuación $k=z$ (resta de equiadherencia). Esto se puede observar en la figura 1^a, dentro del apéndice del anexo II.

Imagen 4.5

En el caso de N1, esta condición de las curvas de adherencia se cumplirá también, si estando z entre los valores 0,15 y 0,30, las curvas de adherencia se encuentran situadas entre las paralelas a la recta de equiaderencia $k= z + 0,08$ y $k= z - 0,08$.

Imagen 4.6

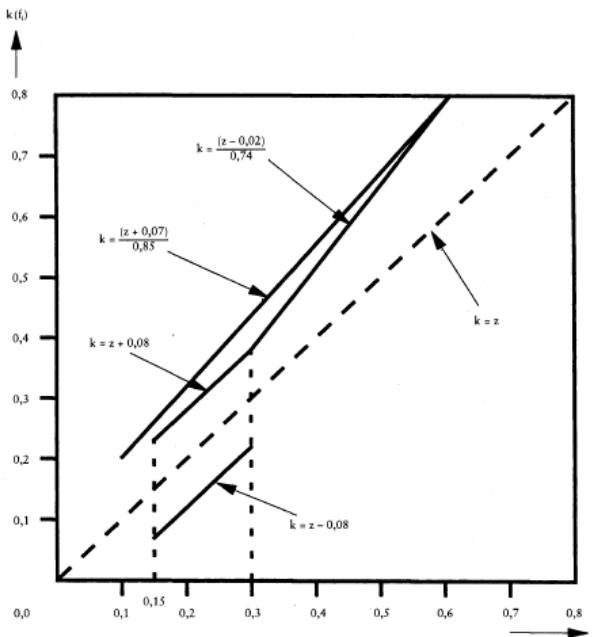


En este diagrama se muestra que la curva de adherencia trasera puede llegar a cortar a

$k = z - 0,08$, y, por otra parte, para coeficientes de frenado de entre 0.3 y 0.5, se cumple que $z \geq 0,08$ y si se sitúan entre 0.5 y 0.61 se cumple que $z \geq 0.5k + 0.21$.

Por último, en las demás categorías también se cumplirá esta condición de las curvas, si para los valores de entre 0.12 y 0.30 de los coeficientes de frenado, las curvas de adherencia se encuentran entre las paralelas $k = z + 0,08$ y $k = z - 0,08$.

Imagen 4.7



Vehículos de más de dos ejes

En este caso, se debe que cumplir que para coeficientes de frenado con valores comprendidos entre 0.15 y 0.30, la adherencia de al menos uno de los ejes delanteros debe ser superior a la utilizada para al menos uno de los ejes traseros.

4.12.2. Para los vehículos de motor autorizados a llevar remolques de la categoría O3 u O4:

Siguiendo estos requisitos:

1. Fuente de energía cortada (Sí/No)
2. Conducto de alimentación obturado (Sí/No)
3. Depósito de 0.5 litros conectado al conducto de mando (Sí/No)
4. (*)Sistema conectado a presiones de conjunción y disyunción (Sí/No)

Se debe cumplir:

Tabla 4.15

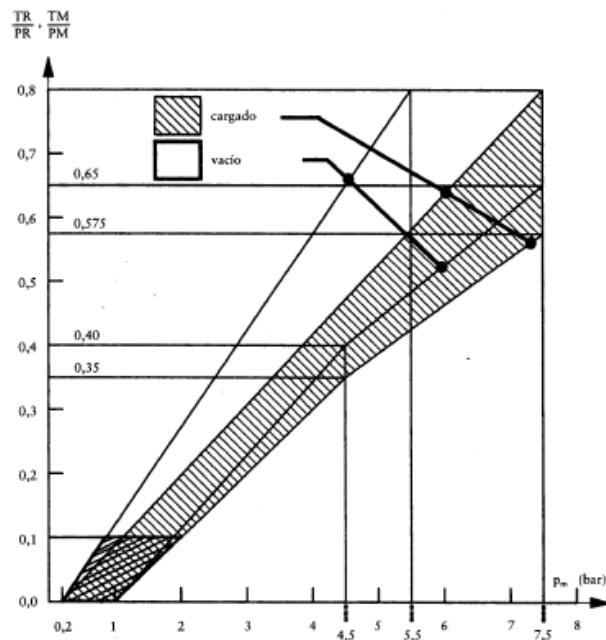
Presión	
Cabeza de acoplamiento del tubo de alimentación	Cabeza de acoplamiento del tubo de mando
vehículo tractor conectado al remolque	6,5 - 8,5 bar
vehículo tractor desconectado del remolque	

Sin activar el freno de servicio y con el sistema dispuesto en presión de conjunción, la presión mínima en la **cabeza de acoplamiento del conducto de alimentación** debe ser de 7 bar.

4.12.3. Vehículos tractores destinados a arrastrar remolques de las categorías O3 u O4.

En este caso, la relación admisible entre el coeficiente de frenado $\frac{TM}{PM}$ y la presión pm, estará comprendida en las zonas indicadas en el siguiente diagrama:

Imagen 4.8



>>p_m = presión del conducto de mando medida en la cabeza del acoplamiento

4.12.4. Vehículos tractores para semirremolques

Semirremolque descargado

La carga dinámica que supone el remolque para el vehículo tractor, se debe representar con una carga estática situada en el lugar del pivote de la rueda del acoplamiento de la quinta rueda.

Esta carga debe ser: 15% masa máxima aplicada sobre el eje

Semirremolque cargado

La carga dinámica del semirremolque se representará con una carga estática (P_s) situada sobre el pivote de la rueda del acoplamiento de la quinta rueda.

$$P_s = P_{so} (1 + 0.45z) \dots [Ec. 4.20]$$

P_{so} = diferencia entre la masa máxima de la unidad tractora cargada y su masa en vacío

Siendo h la altura, en relación con el suelo, del centro de gravedad indicada por el fabricante y aceptada por los servicios técnicos que realicen la homologación, se calculará esta:

$$h = \frac{h_0 P_0 + h_s P_s}{P} \quad [Ec. 4.21]$$

h₀ = altura del centro de gravedad de la unidad tractora

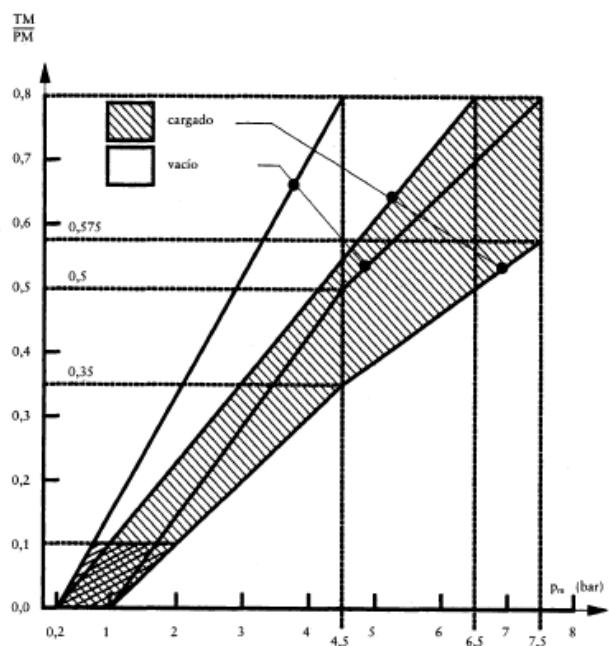
hs= altura del acoplamiento sobre el que se apoya el semirremolque

Po= masa de la unidad tractora vacía

$$P = Po + Ps \quad [Ec. 5.22]$$

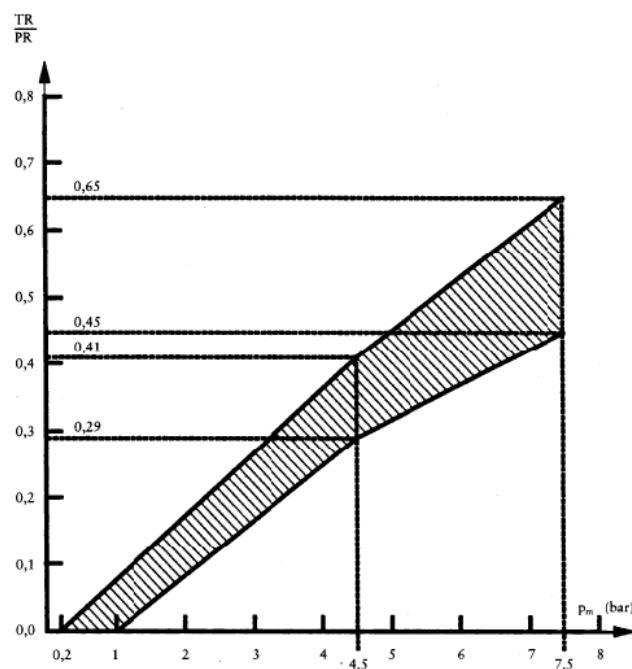
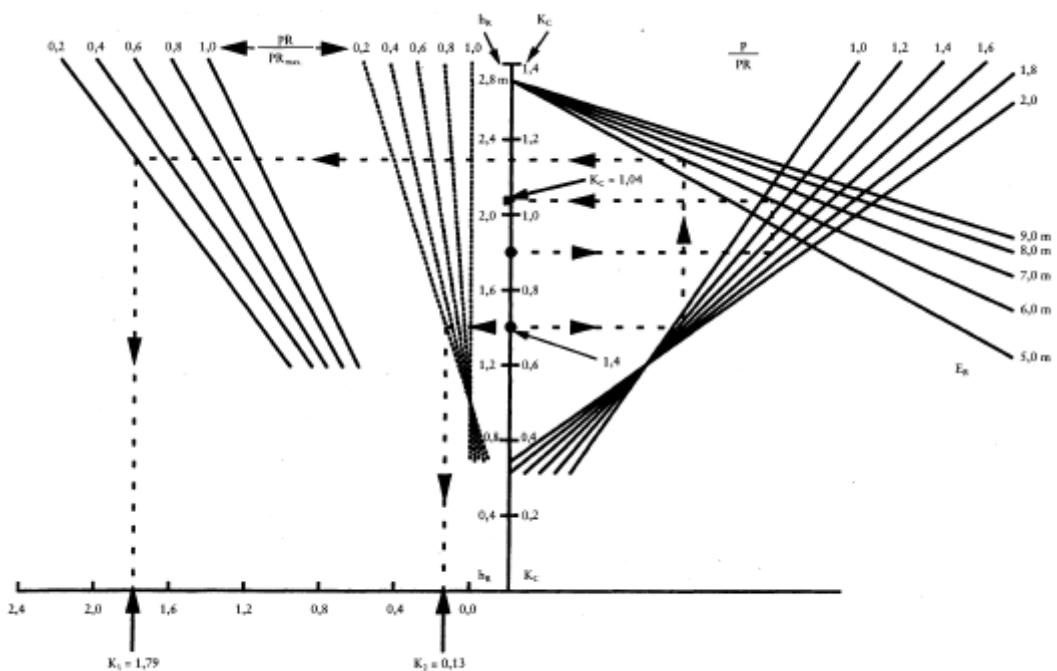
Si el dispositivo dispone de un dispositivo de frenado automático, la relación entre la relación de frenado $\frac{TM}{PM}$ y la presión pm, vendrá determinada por el siguiente diagrama.

Imagen 4.9



4.12.5. Requisitos para semirremolques

La relación entre el coeficiente de frenado $\frac{TR}{PR}$ y la presión pm, para semirremolques cargados y vacíos deberá estar comprendida en las zonas indicadas en los diagramas siguientes (A y B):

Imagen 4.10**Imagen 4.11**

>> K_c = factor de corrección (semirremolque cargado)

>> K_v = factor de corrección (semirremolque vacío)

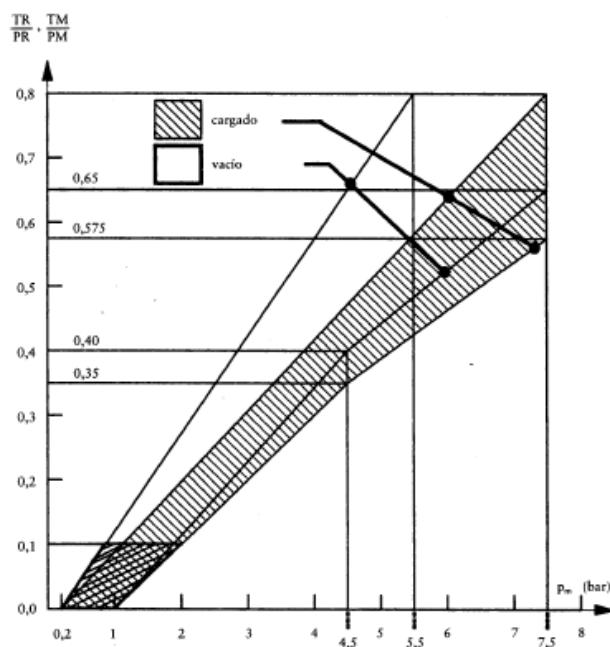
Para obtener los valores de K_c y K_v , debemos tener en cuenta el diagrama B antes mostrado. Una vez obtenido esto, debemos calcular las zonas de cargado y vacío obtenidas multiplicando los valores de las ordenadas superior e inferior de la zona rayada, dentro del diagrama A, por los K_c y K_v , antes obtenidos.

4.12.6. Requisitos para remolques y para remolques de ejes centrales

Los requisitos aplicables a remolques de dos ejes son los que he indicado arriba, sin embargo, esas condiciones no se cumplen, si la distancia de separación entre ejes no supera los 2 m.

Y las indicadas para vehículos de más de dos ejes, serán así sin ningún tipo de excepción.

Imagen 4.12



En este diagrama queda indicada la relación entre el coeficiente de frenado $\frac{TR}{PR}$ y la presión pm , como he dicho anteriormente, tanto si se trata de un vehículo cargado o vacío.

Si se trata de un vehículo de ejes centrales, esta relación también la indicará el mismo diagrama mostrado, pero en este caso la escala vertical irá multiplicada por 0.95.

4.12.7. Marcado

1. Todas las categorías de vehículos, a excepción de los vehículos de la categoría M1, que cumplan todo lo referente al apartado “distribución del esfuerzo de frenado entre los ejes de los vehículos” a través de un dispositivo que se accione mecánicamente por la suspensión del vehículo, deberá incluir un marcaje que indique el recorrido útil de dicho dispositivo entre las posiciones de vehículo cargado y vacío.

2. Cuando el apartado del punto 1 se cumpla a través de un dispositivo que module la presión del aire en la transmisión de los frenos, entonces será necesario un marcaje que lleve la masa equivalente a la reacción normal de la calza sobre el eje, la presión nominal de salida del dispositivo, y la presión de entrada (por lo menos el 80% de la presión máxima nominal).

Todo esto irá indicado para distintas condiciones de carga:

- 2.1 Carga máxima admisible del eje o los ejes que actúan sobre el dispositivo
- 2.2 Carga del eje o de los ejes del vehículo en orden de marcha, si la carga del eje o de los ejes se aplica a un vehículo consistente en bastidor y cabina.
- 2.3 Carga de eje o de ejes que corresponden de manera aproximada a vehículo en orden de marcha con la carrocería prevista, si la carga del eje o los ejes se refiere a un vehículo que consiste en bastidor con cabina.
- 2.4 Carga del eje o de los ejes especificada por el fabricante, que permita controlar en servicio el reglaje del dispositivo, en el caso de que dicha carga difiera de las indicadas en los puntos 2.1, 2.2 y 2.3.

5. EXPLICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS BÁSICOS EN UN ENSAYO DE FRENADA

VELOCIDAD Y DISTANCIA

Uno de los parámetros más destacados de las pruebas de frenado es la deceleración media (dm). Para su cálculo necesitaremos los siguientes valores, obtenidos a lo largo de dicha prueba:

$$\frac{vb^2 - ve^2}{25,92 (se - sb)} \quad [Ec. 5.1]$$

v1-> la velocidad al activar el dispositivo de frenado
 vb-> velocidad 0.8*v1
 ve-> velocidad 01*v1
 sb-> distancia entre v1 y vb
 se-> distancia entre v1 y ve

Para obtener los valores de distancia, necesitamos separar la prueba en tres tramos. Se empezará a medir la distancia en el momento en que el dispositivo de mando sea activado. En ese momento el vehículo a probar llevará una velocidad inicial (v1) que dependerá de la prueba que se esté realizando. A partir de ahí, se medirá el espacio recorrido hasta que se reduzca la velocidad a 80%v1 y llegado ese momento se medirá la distancia entre el 80% de v1 y el 10% de dicha velocidad.

Pero además durante toda la prueba la deceleración debe permanecer dentro de unos límites preestablecidos (2.943 m/s² - 7.848 m/s²) y ya explicados en el capítulo 4 de la presente memoria. Esto lo deberemos de tener en cuenta al elegir el dispositivo de medición ya que deberá poder medir entre esos valores, además de cumplir un margen de tolerancia de $\pm 1\%$.

En primer lugar, se podría pensar en algún mecanismo que incorpore un velocímetro con un metro láser, que almacene los datos de velocidad y distancia en tres momentos concretos, cuando el vehículo comience a frenar (v1), cuando lleve una octava parte de v1 y cuando circule a una décima parte de dicha velocidad.

El metro láser no sólo mide distancias con gran precisión sino que además es capaz de memorizar mediciones. Este dispositivo unido al velocímetro a través de algún sensor que le indique en qué momento debe almacenar el resultado podría llegar a ser una opción factible.

El metro laser [3], se usa para tomar medidas sin contactos, es de fácil uso y de gran precisión. Muy usado en carpintería y albañilería, porque además de distancias, puede medir alturas, superficies o incluso volúmenes con gran facilidad.

Sin embargo, es una simple opción. Se ha pensado en un dispositivo que realice un seguimiento de velocidad y distancia durante toda la prueba y una vez terminada esta realizaríamos los cálculos pertinentes, y así obtener los valores que necesitamos y con estos la deceleración.

Para este seguimiento se propone un dispositivo GPS, como el que desarrolla una empresa llamada VBOX USA, que pretende usar dicho dispositivo para realizar pruebas a los vehículos, exactamente el uso que en este proyecto queremos darle.

[4] No todos los sistemas GPS se fabrican igual, los dispositivos más precisos son aquellos que basan su funcionamiento en la velocidad, como es el caso de la empresa VBOX USA. No sin olvidar otros parámetros también importantes como es el caso de la velocidad de muestreo, la respuesta de frecuencia, la latencia y el ruido.

La frecuencia de muestreo se define como el número de muestras por segundo, lo cual es muy importante si queremos un seguimiento preciso. Para la navegación normalmente con una muestra por segundo sería suficiente. Pero si lo que queremos es realizar una prueba de frenado necesitamos algo con una mayor frecuencia.

En los sistemas para las pruebas de frenado, se suele dar una frecuencia de unas 100 muestras por segundo, número importante, no sólo, para los valores de velocidad sino también para otros como la distancia de frenado, aceleración, tiempo por vuelta...

De este modo, la respuesta de frecuencia se entiende como la rapidez con la cual la medición de la velocidad puede reaccionar a un cambio de movimiento del vehículo. Por ejemplo lo que se da, durante un inicio de parada ABS asistida, para medir la tasa de cambio de aceleración, la distancia y la velocidad.

El VBOX [5] es un galardonado instrumento reconocido internacionalmente como patrón de calidad en la medida de distancia y velocidad, según indica en su página, y muchos fabricantes de vehículos y neumáticos poseen uno para su departamento de ensayos.

Otra opción posible para el cálculo de los parámetros velocidad y distancia, es la unión de una rueda patrón a nuestro vehículo de pruebas, y esta rueda a su vez que contenga un cuenta revoluciones a partir del cual extraeremos la velocidad en revoluciones por minuto que sabiendo el diámetro de nuestra rueda patrón podremos obtener la medida en una otras unidades como metros por segundo. Si además conocemos el tiempo transcurrido durante la prueba podremos sacar la distancia en número de revoluciones de la rueda, y junto con la medida del radio de la rueda, lo podremos calcular en metros. Por lo tanto a parte de nuestro diseño de rueda patrón, deberemos añadir a nuestros requisitos un “cuenta revoluciones” y un cronómetro.

Imagen 5.1.



El cuenta revoluciones TTO digital, puede medir hasta 20000 rpm en tiempo real, y de fácil instalación. Y por supuesto con un precio bastante menor al GPS mencionado antes. Una buena alternativa, para nuestras pruebas de homologación. En el caso de usar una rueda patrón, deberemos conseguir la medida de la deceleración con un acelerómetro. El sensor de aceleración AKE39T, de la firma RION [31], es un sensor triaxial, con una tolerancia del $\pm 1\%$. Se emplea en pruebas de vehículos, perfecto para nuestro caso, posee un sensor de temperatura interno para corregir las desviaciones y sigue la norma ISO 9001 estándar.

Durante la prueba para conseguir los valores de velocidad se procederá de tal forma que se marcará un punto de la pista en el cual el vehículo debe haber alcanzado la velocidad prescrita. En ese momento el vehículo comenzará a frenar, y el “cuenta revoluciones” de nuestra rueda patrón nos irá enviando señales de la velocidad en cada instante. Cuando sea alcanzado $0.8 \times v_f$ la rueda comenzará a medir para poder sacar la distancia. Cuando haya tomado dicha medida, empezará a tomar la siguiente la cual irá hasta que el vehículo alcance el 10% de su velocidad inicial. La tercera medida que tomará será desde $0.1 \times v_f$ hasta que el vehículo se detenga completamente.

Sin embargo, emplearemos el GPS explicado antes, para poder abarcar los tres parámetros que son, velocidad, distancia y aceleración, y simplificar los equipos.

MASA

Los ensayos de frenado se realizarán en unas condiciones de masa preestablecidas, que se indican para cada vehículo y prueba, y que son distintas entre sí.

Debemos corroborar que estas condiciones se cumplen para cada ensayo y por tanto contar con un dispositivo que mida la carga por eje que soporta el vehículo lo cual nos indica si el vehículo está desequilibrado, y que además, cada vehículo, deberá cumplir las condiciones indicadas por el fabricante de este.

En primer lugar se presenta una balanza para coches serie PCE-CWC [7], que puede medir la carga máxima sobre cada rueda con un rango de peso máximo de 1500 Kg, lo que nos serviría para el caso de los remolques o semirremolques, pero sólo para los pertenecientes a la categoría O1, y para algunos casos concretos dentro de la categoría M1.

Imagen 5.2



Este dispositivo es fiable y exacto y es válido, para coches, furgonetas, (caravanas y auto-caravanas) y remolques. Este instrumento mide la carga por rueda de una manera fácil. Sencillamente, se escoge el programa que corresponda entre: vehículo motorizado o remolques de uno o dos ejes, en nuestro caso, sólo la última opción.

Para los vehículos de la categoría N, “Vehículos a motor destinados al transporte de mercancías y que tengan por lo menos cuatro ruedas, o tres ruedas y un peso máximo superior a 1 tonelada” que algunos superan el peso máximo de 12 toneladas, he escogido el frenómetro con simulador de carga integrado Motortet de la firma CAPATEST. Dispositivo que vamos a utilizar para todas las categorías de vehículos, a no ser que se trate de vehículos con un peso menor a 1.5 toneladas.

Imagen 5.3



Este frenómetro [8], Motortec, es un aparato con una potencia en los motores de 2x12 KW, y sus rodillos poseen un recubrimiento de corindón (mineral formado por óxido de aluminio), y con una resolución mínima de frenado de 5 daN. Destacamos entre sus propiedades una carga máxima por eje en prueba de 18000 Kg y una carga máxima por eje al paso de 20000 Kg. Según el reglamento general de vehículos/ real decreto 2822/1999 el peso máximo por eje en un vehículo compacto de la categoría N, es de aproximadamente 18.5 toneladas, por lo que el frenómetro empleado cumple las expectativas.

Para obtener la carga por eje iremos situando primero las ruedas delanteras y posteriormente las traseras (si se trata de un vehículo de dos ejes), tanto con el vehículo cargado como descargado. Y por supuesto, si el vehículo posee más de dos ejes iremos pasando por el frenómetro una por una la fila de ruedas del vehículo en cuestión. Así podremos asegurarnos de que cumplimos las expectativas de vehículo cargado y descargado, preestablecidas por el fabricante.

A la pregunta de por qué debemos tener en cuenta la carga por eje y no sólo la carga total del vehículo en cuestión, es porque si ponemos límites en la carga por eje de un vehículo nos evitaremos problemas direccionales, en el caso de que ésta se sitúe en el eje de dirección además de ayudarnos a aliviar los problemas de mantenimiento o sistemas de dirección que necesitan ser reemplazados de manera precoz, debido a ruedas o sistemas de eje principal o de dirección sobrecargados.

TEMPERATURA

Para **ensayos de tipo 0** dentro de las categorías de vehículos M y N, necesitaremos asegurarnos de que partimos de unos frenos fríos, es decir, que el disco de freno se encuentre a una temperatura inferior a 100 °C. Así mismo, necesitaremos en el **ensayo de tipo IIA** que los frenos permanezcan fríos, es decir, demostrar que no han sido utilizados durante la prueba.

Para esto necesitamos algún dispositivo que mida la temperatura en el disco o en el exterior del tambor, y para ello propongo un termómetro por infrarrojos.

El elegido ha sido un termómetro por infrarrojos, testo 830-T1 es el nombre, con puntero láser de un 1 haz que nos va a proporcionar una medida inmediata [10]. Este dispositivo posee un rango de medición desde -30°C hasta 400°C lo cual nos basta para comprobar si los frenos han sido utilizados o no, es decir, si supera los 100°C que es la temperatura límite.

Imagen 5.4



La exactitud entre el rango de temperaturas de $+0.1^{\circ}\text{C}$ hasta 400°C es de $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ o 1.5%, pero entre -30°C hasta 0°C es algo mayor, de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ o 2%. Y posee una resolución de 0.1°C , muy buena para la precisión que se requiere, ya que sólo queremos asegurarnos de que no supera los 100°C y no dar una medida exacta.

FUERZA

Distinguiremos dos tipos de fuerza distintos, que se irán pidiendo en cada uno de las distintas pruebas del ensayo. Estas son, la fuerza sobre el mando y la fuerza sobre la periferia de las ruedas.

Necesitaremos estos parámetros para prácticamente todos **los ensayos desde tipo 0 a tipo IIA**, contando también los **ensayos específicos para los tres tipos de freno**, de servicio, estacionamiento y socorro, e incluso el apartado adicional de **“vehículos autorizados a arrastrar remolques de las categorías O3 y O4”**.

1. FUERZA EN LA PERIFERIA DE LAS RUEDAS

Para calcular la fuerza en la periferia de las ruedas, se ha planteado un desarrollo en el capítulo 4, apartado 4.2, en el cual, a partir del momento de frenada que nos proporciona un frenómetro, podemos calcular las fuerzas de frenada o fuerzas en la periferia de las ruedas, usando la definición de momento como fuerza por distancia (radio de la rueda).

Pues bien, podríamos coger dos frenómetros uno para el eje delantero y otro para el trasero de modo que realizaríamos la prueba de una vez, sin embargo, para reducir costes realizaremos la prueba dos veces una para el eje delantero y otra para el trasero. De modo que la prueba se realizará aumentando la fuerza sobre el mando, y con todos los valores obtenidos de ambos ejes, plasmaremos en un diagrama la relación entre las fuerzas de frenado del eje delantero y del trasero, o bien también podemos relacionar la fuerza ejercida sobre el mando con las fuerzas de frenada totales, es decir, la suma de la F_d y la F_t , para cada instante. Así obtendremos un valor máximo el cual usaremos para obtener el coeficiente de frenada ($\frac{T_M}{P_M}$).

El frenómetro escogido, va a ser el mismo que hemos usado para calcular la masa por eje, y ya explicada en el apartado de “masa” antes descrito. El frenómetro Motortec de la firma CAPATEST destinado a estaciones ITV.

2. FUERZA SOBRE EL MANDO

Para el cálculo de la fuerza sobre el mando, en otras palabras, la fuerza necesaria para accionar el dispositivo de freno, no se puede disponer de algún cálculo posterior a la prueba de modo que debemos obtener la medida de un sistema de medida.

En este caso, se propone una célula de carga a compresión, concretamente, “célula de carga a compresión de muy alto rango (AEP CLS)”.

Esta célula tiene una capacidad elevada [11], de entre 30 a 500 toneladas, con una estructura sólida de acero inoxidable y con un peso elevado para soportar el alto rango de cargas. Todo esto la hace adecuada en gran cantidad de aplicaciones en la industria y en distintos ensayos.

La salida de la célula suele ser directa del wheastone (¹) [12], integrado en el interior del sensor, aunque a veces, podemos encontrar el amplificador integrado lo que supone una salida analógica que sale desde la célula directamente. El puente de wheastone [19], se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están constituidos por cuatro resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia bajo medida.

Imagen 5.5



Sin embargo, existe otro dispositivo conocido como pisómetro o dinamómetro de pie o de pedal (dinamómetro de pie VTEQ S.L.), con lo que se pretende obtener la fuerza sobre el mando. [13] Posee un rango de medición de 0 a 100 Kg, y se conecta a través de del control remoto VTEQ, lo que lo hace completamente portátil.

Imagen 5.6



Pero además, gracias al uso de este dispositivo podemos obtener otros dos parámetros como son la duración del ciclo de frenado y el número de repeticiones. El pisómetro se debe conectar a un sistema de adquisición de datos [20], y este último es el que nos va a transformar las distintas señales en unidades de tiempo, número de repeticiones o fuerza sobre el mando de freno, como es nuestro caso.

3. EMPUJE SOBRE EL ENGANCHE

En los ensayos de tipo 0 de las categorías de vehículos O, deberemos obtener el coeficiente de frenado del remolque, $ZR = ZR + M + \frac{D}{PR}$. Dentro de cada uno de los términos de la ecuación, sólo hay uno de los cuales, que necesitaremos un dispositivo de medida para poder obtenerlo, el empuje sobre el enganche (D).

El coeficiente de frenado, $ZR+M$, se define como el cociente entre la suma de las fuerzas de frenado en la periferia de todas las ruedas del vehículo tractor y la respuesta estática total entre el firme de la calzada y las ruedas del vehículo tractor ($\frac{TM}{PM}$). Ambos valores obtenidos a través de cálculos físicos, teniendo en cuenta masa y dimensiones del vehículo, así como la ayuda de un frenómetro para saber cómo se reparte la fuerza de frenada sobre el mando.

El término PR, es la reacción estática normal total entre la superficie de la calzada y las ruedas del remolque, es decir, se calcula de manera similar al término PM sólo que en este caso sobre las ruedas del remolque y no del vehículo motor.

Así pues, debemos centrarnos en este valor resultante D, el empuje sobre el enganche, que no es más que la fuerza de tracción entre ambos vehículos, y para obtener dicho resultado se propone usar la definición de la directiva 94/20/CE [29], que relaciona dicho parámetro con las masas máximas autorizadas para el vehículo tractor y para el remolque, así como con las cargas sobre el remolque.

Otra opción posible, aunque mucho más costosa, es la del desarrollo de un enganche para unir el vehículo motor y el remolque que además disponga de dos galgas extensiometrías que nos proporcionen los valores de tracción o compresión sucedidos durante el ensayo. De modo que podamos relacionar esa deformación con la fuerza de tracción sobre el enganche.

Sin embargo, dentro del ensayo de tipo 0 para la categoría O, en el caso de que se trate de vehículos con un sistema de frenado continuo o semicontinuo [14] (explicados en los apartados 3.8 y 3.9 de la presente memoria) la ecuación para calcular el coeficiente de frenado será distinta:

$$ZR^1 = (ZR + M - R) \times \frac{(PM + PR)}{PR} + R \quad [\text{Ec.5.2}]$$

Y como podemos ver, no depende del valor del empuje sobre el enganche, por lo cual, no necesitaremos ningún dispositivo de medición o el desarrollo ya mencionado.

PRESIÓN

En el ensayo del dispositivo de frenado de servicio para las categorías O1, O2, O3 y O4, necesitaremos los valores de presión en los conductos de mando y alimentación. Además también necesitaremos dichas presiones en el ensayo para vehículos autorizados a arrastrar remolques de las categorías O3 y O4, explicado en el apartado de análisis de resultados.

Para obtener ambas medidas es necesario, un dispositivo de medida como el manómetro, y que entre sus características posea la de una fácil instalación en los conductos antes nombrados, y la suficiente precisión para poder obtener una medida fiable.

Para estos valores debemos colocar dos manómetros, uno a la entrada de la bomba de freno y otro a la salida, lo que equivaldría a las presiones del conducto de mando y del conducto de alimentación, respectivamente.

En la actualidad, normalmente los vehículos se encuentran preparados con una toma para este tipo de dispositivos, pero si no la hubiera deberemos proceder a su instalación. Será normal encontrarnos, en esta era de la tecnología, con una toma USB, por lo cual se intentará buscar un manómetro que cubra todas las necesidades. Además se deberá tener en cuenta el rango de presiones que puede llegar a alcanzar un vehículo a la hora del frenado.

Imagen 5.7

415 403 105 0	12 V, 420 W max., Quantity delivered 18 l/min (10 bar), IVECO (Daily), Stpearava
415 403 106 0	12 V, 420 W max., Quantity delivered 18 l/min (10 bar), Audi A6 (Allroad C5)
415 403 112 0	Alternative: 415 403 303 0
415 403 122 0	12 V, 288 W max., Quantity delivered 18 l/min (8 bar), Operating pressure 14 bar max., Renault. Replacement for: 415 403 101 0
415 403 126 0	12 V, 420 W max., Quantity delivered 22 l/min (10 bar), Operating pressure 13.2 bar max., Kia (Mohave)
415 403 300 0	12 V, 420 W max., Quantity delivered 18 l/min (10 bar), Operating pressure 14.4 bar max., Alternative for: 415 403 108 0 / 404 0, Range Rover
415 403 301 0	12 V, 288 W max., Quantity delivered 16 l/min (8 bar), Operating pressure 9.5 bar max., Alternative for: 415 403 100 0, BMW (5-series, X5/1-Axle -ECAS)
415 403 302 0	12 V, 420 W max., Quantity delivered 25 l/min (10 bar), Operating pressure 16 bar max., Alternative for: 415 403 113 0, Porsche (Cayenne), VW (Touareg 1)
415 403 303 0	12 V, 420 W max., Quantity delivered 18 l/min (10 bar), Operating pressure 16 bar max., Alternative for: 415 403 112 0, Mercedes (E-, S-Class)
415 403 304 0	12 V, 420 W max., Quantity delivered 18 l/min (10 bar), Operating pressure 16 bar max., Alternative for: 415 403 109 0, BMW (X5, 2-Axles-ECAS)
415 403 305 0	12 V, 420 W max., Quantity delivered 25 l/min (10 bar), Operating pressure 16 bar max., Alternative for: 415 403 123 0, Audi (Q7)
415 403 401 0	Land Rover (Discovery 2). Alternative: 415 403 925 2
415 403 402 0	Air Compressing System, 12 V, 420 W max., Quantity delivered 18 l/min (10 bar), DAF, IVECO (Daily)

La imagen anterior se corresponde a la de un catálogo de la prestigiosa WABCO [15], y nos indica la presión a la que trabaja cada compresor. Pues a esta presión, más o menos, necesitaremos que mida nuestro manómetro. Este debe ajustarse aproximadamente a esta presión sin ser el rango demasiado ajustado ni sobreponer la presión de manera elevada, para así conseguir la mejor precisión.

Imagen 5.8

Manómetros (Medidores de Presión)		
Fluke 700G31	10,000 psi	0.05%
Fluke 700G30	5,000 psi	0.05%
Fluke 700G29	3,000 psi	0.05%
Fluke 700G08	1,000 psi	0.05%
Fluke 700G07	500 psi	0.05%
Fluke 700G27	300 psi	0.05%
Fluke 700G06	100 psi	0.05%
Fluke 700G05	30 psi	0.05%
Fluke 700G04	15 psi	0.05%
Fluke 922 KIT	0.6 psi	± 1%
Fluke 922	0.6 psi	±1%

Así pues, seleccionamos un dispositivo lo más ajustado posible. Sabiendo que un bar es 14,5037738 PSI [16] (unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades, y que significa “libra – fuerza por pulgada cuadrada”), y por lo tanto necesitaremos un rango de unos 174.0456 PSI para obtener un rango de unos 12 bar que es lo que nos interesa.

Escogemos el manómetro Fluke 700G27 [17], con un rango de hasta 300 (20 bar), una precisión de 0.05% y una sensibilidad de 0.01 PSI, así que se ajusta a la perfección a lo necesario.

Imagen 5.9



PISTA DE ENSAYO

Para todos los ensayos, necesitaremos una pista que será el lugar de realización. Con relación a la pista, necesitaremos que disponga de:

- Una pendiente descendente del 6% durante 6 km
- Una pendiente descendente del 7% durante 6 km
- Una pendiente ascendente o descendente del 18% o 12%

En este caso, he propuesto la pista de ensayo de INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) [19]. Esta pista está situada en Ajalvir (Madrid) [27]:

Imagen 5.10



Sus servicios se dirigen en especial a la homologación de vehículos, pero además también se usa para clases de conducción. La pista dispone de [28]:

- Anillo de velocidad (asfalto, 3 carriles, 3 Km de perímetro)
- Recta de frenado de alta adherencia (asfalto - 30x500 m)
- Pista de ABS turismos y vehículos pesados (basalto azul - 6x300 m)
- Pista ABS motocicletas (hormigón pulido plastificado - 10x175 m)
- Pista de 4x4 (grava y barro - 2,1 Km)
- Rampas del 8% - 12% - 18% - 24% y 30% de pendiente (asfalto y cemento)
- Plataforma dinámica (asfalto - 250x300 m)
- Pista de aceleración para la plataforma dinámica (asfalto - 4x1000 m)
- Circuito de maniobrabilidad (asfalto - 2,4 Km)
- Pista de media adherencia (cemento pulido, pintura epoxi, regado - 15x100 m)
- Pista de ruido y ciclomotores (asfalto ISO - 6x700 m)
- Pistas de confort y vibraciones (asfalto y cemento - 3 pistas de 4x300 m)

Otra opción para la realización de los ensayos es el uso de cualquier vía pública, como es el caso de un polígono. Estas pistas alternativas, no disponen de los requisitos necesarios que se piden en la legislación vigente para la homologación de los sistemas de frenado de los vehículos. Sin embargo, en ocasiones está permitido realizar las pruebas en estas vías, siempre y cuando sea establecido el perímetro de realización de los ensayos y pedido el pertinente permiso al responsable de dicha vía. Las excepciones pueden ser entre otras, que el tiempo para poder alquilar una pista para los ensayos sea excesivo, que no se disponga de un circuito de pruebas en las cercanías, o motivos similares, pero siempre bien justificados. Por ejemplo, en la ciudad de Zaragoza se realizan algunas de estas homologaciones en el polígono de PLAZA.

DURACIÓN DEL CICLO Y NÚMERO DE REPETICIONES

Como en el apartado de fuerza sobre el mando, el pisómetro, no sólo nos puede ofrecer un valor de fuerza, sino que además a partir de un sistema de adquisición de datos, podemos saber cuántas veces ha sido pulsado el mando de freno y la duración de la frenada.

Un sistema de adquisición no es más que un dispositivo que recibe una combinación binaria y convierte esos “0” y “1”, en un tipo de valor de medida, como puede ser en nuestro caso segundos o número de pulsaciones del freno. Ambas podrían ser obtenidas tan sólo si conectásemos un simple interruptor al mando de freno, sin embargo, si situamos en su lugar un dinamómetro de pie, obtenemos además la fuerza sobre el mando, otro parámetro como hemos visto necesario en los ensayos.

En definitiva, los ceros nos indican que el freno no está siendo pulsado, y los unos justo lo contrario. A partir del número de unos seguidos, podemos sacar el tiempo de frenada, y la consecución de ceros y unos nos indican las veces que el conductor ha pisado el freno.

TIEMPO DE RESPUESTA

Los tiempos de respuesta se medirán a partir de las presiones medidas en el cilindro de freno menos eficaz, pero también vale medirla en la unidad neumática menos eficaz en el caso de tratarse de vehículos que dispongan de dispositivos de frenado mixtos, de accionamiento hidráulico y neumático. Y si se trata de vehículos

a motor con conexión de freno para remolques, la presión que nos interesa estará situada en un tubo de dimensiones 2.5mx13mm de diámetro exterior colocado en la cabeza de acoplamiento del conducto de mando. Para poder verificar esta presión necesitaremos un manómetro situado en el punto que nos interese, y por tanto deberemos conocer el rango de presiones del punto a tratar. Las presiones de estos conductos rondan los 5-6 bares. Entre los manómetros vemos que un manómetro Fluke 700G06, posee un rango de 0 a 100 PSI, es decir, de hasta unos 6.87 bares. Sin embargo si queremos un margen para medir más elevado deberemos pasar directamente al ya nombrado manómetro Fluke 700G27, con un rango de hasta 300 PSI o 20 bar.

En el caso de tratarse de remolques, se ensayarán sin que intervenga el vehículo tractor de modo que para sustituirlo se necesitará un simulador al que vayan acopladas los conductos de mando y de alimentación, debiendo acoplar un manómetro a este último, donde se deberá medir una presión de 6.5 bares, es decir, el Fluke G06, se nos queda bastante justo para esta medición y directamente, pasaremos al manómetro con un rango directamente superior de 20 bares.

El tiempo de respuesta por lo tanto se medirá desde el momento en que se acciona el mando de freno hasta que la presión en el dispositivo para el que haya que tomar la medida alcance el valor deseado, y este tiempo se tomará con un cronómetro, accionado a la vez de accionar el dispositivo de frenado, y por lo tanto en el momento de comenzar la prueba.

5.1. Clasificación de las mediciones a tomar

Para todas las categorías de vehículos habrá unos conceptos clave, que van a ser necesarios tener en cuenta. Estos son, la velocidad, la deceleración media (ya explicada), y por supuesto la condiciones de masa con las que se realizará la prueba.

Pero sin embargo para las pruebas de frenada, hay no sólo ensayos específicos para una categoría de vehículos concreta, sino que además, para un mismo ensayo se tienen en cuenta términos distintos dependiendo de si se trata de un remolque, un camión o un vehículo cotidiano.

Por lo tanto, a continuación voy a incluir dos tablas que muestran lo que necesitamos obtener para cada ensayo y además separados para cada categoría de vehículos.

Tabla 5.1

CATEGORÍAS DE VEHÍCULOS M Y N		CATEGORÍA DE VEHÍCULOS O	
TIPO DE ENSAYO	VALOR A OBTENER	TIPO DE ENSAYO	VALOR A OBTENER
Ensayo tipo 0	temperatura de los frenos	Ensayo tipo 0	empuje sobre el enganche
	vehículo cargado y descargado		fuerza en la periferia de las ruedas
	masa de la rueda de repuesto		presión en la cabeza del acoplamiento
Ensayo tipo I	deceleración media	Ensayo tipo I	velocidad de ensayo
	velocidades inicial y final		distancia recorrida
	duración del ciclo		fuerza sobre el mando
	número de repeticiones		fuerza en la periferia de las ruedas
Ensayos tipo II y IIIA	velocidad	Ensayo tipo III	coeficiente de frenado del remolque
	distancia		número de veces que es accionado el dispositivo de frenado
	deceleración media		duración del ciclo
	temperatura de los frenos (IIIA)		velocidad de ensayo
	fuerza sobre el mando		fuerza en la periferia de las ruedas
Dispositivos de frenado de socorro y de estacionamiento	distancia	Dispositivo de frenado de servicio	fuerza en la periferia de las ruedas
	velocidad		presión en el conducto de mando
	deceleración media		presión en el conducto de alimentación
	fuerza sobre el mando		velocidad de ensayo
Dispositivo de frenado de estacionamiento		Dispositivo de frenado de estacionamiento	fuerza sobre el mando
		Dispositivo de frenado automático	presión de suministro
			fuerza en la periferia de las ruedas
Tiempo de respuesta			velocidad de ensayo
			tiempo transcurrido desde que se acciona el mando del freno de servicio hasta que la fuerza de frenado actúa sobre el eje situado en el punto más desfavorable

5.2. Tabla de costes

Tabla 5.2

PARÁMETRO A MEDIR		PRECIO (€)
VELOCIDAD Y DISTANCIA		715,76
MASA	Categoría O1	134
	Resto de categorías	350
TEMPERATURA		94
FUERZA	Fuerza en la periferia de las ruedas	350
	Fuerza sobre el mando	100
	Empuje sobre el enganche	-
PRESIÓN		25
PISTA DE ENSAYO		1200
DURACIÓN DEL CICLO Y NÚMERO DE REPETICIONES		Negociar presupuesto de alquiler

* Los precios son aproximados.

5.3. Creación del presupuesto

Si unificamos la tabla de costes junto con la tabla de necesidades para cada ensayo, además de separarla para cada categoría como en el caso de esta última (Tabla 5.1), obtenemos:

Tabla 5.3

CATEGORÍAS M Y N				
parametro a medir	unidades	Dispositivo	Nombre	Precio (€)
Temperatura	Grado centígrado (°C)	Termómetro por infrarrojos	Termómetro por infrarrojos testo 830-T1	94
Masa	Kilogramo (Kg)	Frenómetro	Frenómetro con simulador de carga integrado Motortest (CAPATEST).	350
Fuerza en el mando	Newton (N)	Célula de carga	Dinamómetro de pie VTEQ S.L	100
Distancia y velocidad	Kilómetro (km)/Kilómetro por hora (km/h)	GPS	GPS PERFORMANCEBOX	715,76
Duración del ciclo y número de repeticiones	Segundo (s)/-	Sistema de adquisición de datos	Sistema de adquisición de datos ALAVA INGENIEROS	-
Total 1	-	-	-	1259,76
Otros	-	-	Nombre	
Pista de ensayo			Circuito internacional de Zuera	1.200 €
Total 2	-	-	-	1.200 €
Total presupuesto	-	-	-	2.460 €

Tabla 5.4

CATEGORÍA O				
parametro a medir	unidades	Dispositivo	Nombre	Precio (€)
Temperatura	Grado centígrado (°C)	Termómetro por infrarrojos	Termómetro por infrarrojos testo 830-T1	94
Masa	Kilogramo (Kg)	Frenómetro	Frenómetro con simulador de carga integrado Motortet (CAPATEST).	350
Presión	Bar (bar)	Manómetro	Manómetro Fluke 700G27	25x2
Fuerza en el mando	Newton (N)	Célula de carga	Dinamómetro de pie VTEQ S.L	100
Fuerza en la periferia de las ruedas	Newton por metro (Nm)	Frenómetro	Frenómetro con simulador de carga integrado Motortet (CAPATEST).	350
Distancia y velocidad	Kilómetro (km)/Kilómetro por hora (km/h)	GPS	GPS PERFORMANCEBOX	715,76
Duración del ciclo y número de repeticiones	Segundo (s)/-	Sistema de adquisición de datos	Sistema de adquisición de datos ALAVA INGENIEROS	-
Total 1	-	-	-	1309,76
Otros	-	-	Nombre	
Pista de ensayo			Círculo internacional de Zuera	1.200 €
Total 2	-	-	-	1.200 €
Total presupuesto	-	-	-	2.510 €

* Recuerdo que los precios son una simple aproximación.

5.4. Tabla resumen de los requerimientos

Tabla 5.5

parametro a medir	Dispositivo	Nombre	Rango	Tolerancia
Temperatura	Termómetro por infrarrojos	Termómetro por infrarrojos testo 830-T1	de -30 °C a 400 °C	± 1,5%
Masa	Frenómetro	Frenómetro con simulador de carga integrado Motortet (CAPATEST).	0-20000Kg	-
Presión	Manómetro	Manómetro Fluke 700G27	0-20 bar	0,05%
Tiempo de respuesta	Manómetro	Manómetro Fluke 700G27	0-20 bar	0,05%
		Manómetro Fluke 700G06	0-7 bar	0,05%
Fuerza en el mando	Célula de carga	Dinamómetro de pie VTEQ S.L	0-100 Kg	-
Fuerza en la periferia de las ruedas		Frenómetro con simulador de carga integrado Motortet (CAPATEST)	0-20000Kg	-
Distancia y velocidad	GPS	GPS PERFORMANCEBOX	-	± 1%
	Rueda patrón	Diseño rueda patrón con un cuenta revoluciones integrado	0-20000 RPM	-
Duración del ciclo y número de repeticiones	Sistema de adquisición de	Sistema de adquisición de datos ALAVA INGENIEROS	-	-
Aceleración	Acelerómetro		-	± 1%
Pista de ensayo	-	Pista de ensayo INTA	-	-

Atendiendo a lo dicho a cerca de cada uno de los requerimientos, la información extraída de cada uno de ellos, (rango de medida y tolerancia de los equipos), se realiza una tabla que resume lo que queremos saber de cada dispositivo.

En el caso del dispositivo GPS, vemos que no se indica un rango como tal, pero sin embargo nos cubre las velocidades normales de circulación de un vehículo, está diseñado para pruebas de vehículos y por lo tanto entendemos el rango de medición entra dentro de la capacidad de medida que nos ofrece cualquier GPS. Y si nos fijamos la rueda patrón, el rango que podemos observar (de 0 a 20000 rpm), no es más que el rango de medida del “cuenta revoluciones”, puesto que la rueda puede girar tanto como se quiera. Se engloba en un mismo apartado (rueda patrón), todo el sistema conjunto de rueda y “cuenta revoluciones”, y se podría

añadir también en el mismo el cronómetro, mencionado antes, aunque en nuestras pruebas, usaremos el sistema de adquisición de datos. Hablando de este sistema para la recopilación de datos, realmente no podemos conocer el rango de medida aunque lo suponemos casi infinito para el caso de tiempo y repeticiones, pero para poder hacer uso del dispositivo, deberemos tener muy claro qué vehículo vamos a ensayar y qué pruebas son necesarias, pues a partir de estos datos deberemos hablar con la empresa de estos sistemas, por ejemplo ALAVA INGENIEROS; y seleccionar el sistema más adecuado, junto con un presupuesto de alquiler.

5.5. Calibración de los equipos

Las empresas realizadoras de la calibración de equipos deben seguir la norma UNE 17025 [2], las cuales deben aplicar métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos o las calibraciones dentro de su alcance. Estos incluyen muestreo, almacenamiento, manipulación, transporte e incluso, en ocasiones, la estimación de la incertidumbre. Los laboratorios deben escoger métodos de ensayo o de calibración adecuados para la actividad a realizar, además de satisfacer las necesidades del cliente. Los métodos a escoger, deben ser preferentemente los publicados como normas internacionales. Pero en ocasiones pueden usarse otros métodos no normalizados, siempre y cuando sea acordado con el cliente además de presentar un procedimiento que por lo menos contenga:

1. Alcance
2. Descripción del tipo de ítem a ensayar o a calibrar
3. Parámetros o magnitudes y los rangos a ser determinados
4. Aparatos o equipos, así como los requisitos de funcionamiento
5. Los patrones y materiales de referencia requeridos
6. Condiciones ambientales que sean necesarias
7. Descripción del procedimiento

Para calibrar nuestros equipos, existe un laboratorio en la ciudad de Zaragoza, el Instituto Tecnológico de Aragón (ITA) [30], donde dispone del alcance suficiente para calibrar:

Dinamómetro de pie:

Imagen 5.10.

Momento

CAMPO DE MEDIDA Range	CMC(*)	INSTRUMENTOS A CALIBRAR Instruments
PAR DE TORSIÓN Torque		
0,1 Nm ≤ Mo < 2 Nm	$7,0 \cdot 10^{-2}$ Mo	Herramientas dinamométricas (en sentido dextrógiro) de los tipos y clases que define la norma UNE-EN ISO 6789:2004
2 Nm ≤ Mo ≤ 2000 Nm	$3,5 \cdot 10^{-2}$ Mo	

"Mo" = Momento medido

Manómetro:

Imagen 5.11.

CAMPO DE MEDIDA Range	CMC(*)	INSTRUMENTOS A CALIBRAR Instruments
PRESIÓN RELATIVA HIDRAULICA Hydraulic pressure: gauge		
0,1 MPa ≤ P < 0,6 MPa	6 kPa	Manómetros
0,6 MPa ≤ P ≤ 6,1 MPa	3 kPa	
6,1 MPa < P ≤ 61 MPa	30 kPa	
PRESIÓN RELATIVA NEUMATICA Pneumatic pressure: gauge		
-90 kPa ≤ P ≤ 100 kPa	20 Pa	Manómetros
100 kPa < P ≤ 6 MPa	350 Pa	

P: Presión generada

Acelerómetro:

Para la calibración del acelerómetro, podemos utilizar un dispositivo para calibrar acelerómetros con la referencia METRA VC110 [32]. Trabaja en un rango de frecuencias desde 70 a 10000 Hz, y un valor de vibración fijo de 1 m/s². Es totalmente portátil, y con posible conexión a nuestro PC, donde vamos almacenando todos los resultados.

Imagen 5.12



6. CONCLUSIONES

Las pruebas de homologación del sistema de frenado, son muy complejas, por todos los parámetros a tener en cuenta y la dificultad de conseguir los equipos pertinentes para obtener medidas, y con la tolerancia adecuada. Para cada homologación, hay que tener en cuenta parámetros muy concretos, y poder, en unas pocas pruebas, tocar todas las situaciones posibles que podrían llegar a soportar los dispositivos de freno.

Para poder probar todo tipo de vehículos, hay que darse cuenta que cada uno de ellos, aunque se encuentren dentro de la misma categoría de vehículos, pueden tener componentes muy diferentes, al igual que otro tipo de características como son masa, velocidad máxima, tipo de remolque autorizado a arrastrar, o cualquier otro, que nos cambia por completo los resultados a obtener de un vehículo a otro. Además dentro de cada vehículo, hay distintos tipos de dispositivos de freno, que tienen unas características diferentes, o se emplean para distintos fines, y por lo tanto, diferentes circunstancias.

Por todo esto, las actas de ensayo deben cubrir cada categoría por completo para que sean válidas en todo vehículo que se ensaye. Así pues, en una misma acta deben aparecer todos los parámetros necesarios, para cubrir todo vehículo en cada uno de los ensayos pertinentes, como se puede ver en el Anexo I de la presente memoria.

Para la realización de estas pruebas se debe de tener en cuenta todos los requerimientos necesarios para llevar a cabo la homologación, teniendo en cuenta si los equipos poseen la precisión y tolerancia adecuada para su aplicación y teniendo en cuenta el coste total requerido para llevar a cabo todas estas pruebas, como se explica en el Capítulo 5.

7. CONSULTAS

BIBLIOGRAFÍA

[1] Directiva 71/320/CEE

[2] Norma UNE 17025

ENLACES WEB

[3]<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/metro-laser-c.htm>

[4]<http://translate.google.es/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.velocitybox.co.uk/index.php/en/applications/109-gps-technology-for-vehicle-testing.html>

[5]<http://www.velocitybox.co.uk/>

[6]<http://www.vboxusa.com/products.php>

[7]<http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/balanzas/balanza-coches-pce-cwc.htm>

[8] <http://blog.capatest.com/>

[9]http://es.mt.com/es/es/home/products/Transport_and_Logistics_Solutions/Truck_Scales/road_bridge.html

[10][http://www.testo.es/online/abaxx-\\$part=PORTAL.ESP.SimpleContentDesk&\\$event=show-from-menu&categoryid=119083645](http://www.testo.es/online/abaxx-$part=PORTAL.ESP.SimpleContentDesk&$event=show-from-menu&categoryid=119083645)

[11]http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/C%C3%A9lulas-de-carga--Sensores-de-fuerza_69/C%C3%A9lulas-de-carga-a-compresi%C3%B3n_76/C%C3%A9lula-de-carga-a-compresi%C3%B3nB3n-de-muy-alto-alcance-AEP-CLS_167.html

[12]http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/C%C3%A9lulas-de-carga--Sensores-de-fuerza_69/C%C3%A9lulas-de-carga-a-compresi%C3%B3nB3n_76/

[13]http://www.vteq.es/index.php?option=com_content&task=view&id=63&Itemid=74

[14]http://www.autocity.com/tramites_dgt/legislacion/reglamento_vehiculos/anejo8.html

[15]http://wabco-auto.com/fileadmin/Documents/0NewDocuments_2012/2011_WABCO_Product_Catalog.pdf

[16]<http://es.wikipedia.org/wiki/PSI>

[17]<http://www.cedesas.com.mx/fluke/medidores/manometros/>

- [18] <http://www.inta.es/laboratoriosEnsayo.aspx?Id=3&SubId=15>
- [19] http://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_Wheatstone
- [20] <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/instrumentacion/sistemas-de-adquisicion-de-datos/>
- [21] <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/ensayos-de-vehiculo/>
- [22] <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/ensayos-de-vehiculo/bancos-de-ensayo-de-vehiculo/sistemas-de-vibracion-four-poster-uniaxiales-o-multiaxiales/>
- [23] <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/ensayos-de-vehiculo/bancos-de-ensayo-de-vehiculo/camaras-acusticas/>
- [24] http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_anecoica
- [25] <http://www.empresite.com/Actividad/ensayos-de-frenado/provincia/BARCELONA/>
- [26] <http://www.datocapital.com/AUTOLAB-ENSAYOS-Y-CERTIFICACION-SL.html>
- [27] <http://www.inta.es/pistas/5.html>
- [28] <http://www.inta.es/doc/laboratoriosensayo/ensayoshomologaciondevehiculos/pistas.pdf>
- [29] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1994L0020:20070101:es:PDF>
- [30] <http://www.enac.es/documents/7020/3dabe866-cf07-4f7b-b318-4726731630a0>
- [31] <http://spanish.alibaba.com/product-gs/3d-acceleration-sensor-467019455.html>
- [32] http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/MEDIDA-DE-VIBRACIONES_151/Calibrador-de-vibraciones_152/Calibradores-de-aceler%C3%B3metros_222/Calibrador-de-aceler%C3%B3metros-METRA-VC110_235.html

ANEXO I**1. Masa del vehículo**

- 1.1. Masa máxima del vehículo
- 1.2. Masa mínima del vehículo
- 1.3. Distribución de la masa en cada eje (masa máxima)
- 1.4. Masa del vehículo en el ensayo:

	Vehículo cargado	Vehículo descargado
Eje 1		
Eje 2		
Eje 3		
Eje 4		

2. Si se trata de un vehículo a motor:

- 2.1. Masa máxima de los remolques que pueden ser enganchados
- 2.2. Remolques
- 2.3. Semirremolques
- 2.4. Remolque de eje central
- 2.5. Masa máxima del conjunto
- 2.6. Remolque O1: con frenos/sin frenos
- 2.7. Vehículo equipado para arrastrar un remolque con dispositivo antibloqueo (Sí/No)

3. Neumáticos

- 3.1. Masa del neumático o rueda de repuesto provisional
- 3.2. Dimensiones del neumático o rueda de repuesto provisional

4. Número y disposición de los ejes**5. Distribución del frenado entre los ejes del vehículo**

- 5.1. Vehículo cumple los requisitos del apartado 5.15 del capítulo 5

6. Antes del ensayo:

- 6.1. Neumáticos fríos (Sí/No)
- 6.2. Presión de los neumáticos prescrita por el fabricante

**Actas de ensayo
para las categorías M y N**

Se trata de vehículos a motor diseñados para arrastrar un semirremolque (Sí/No)

Aceleración máxima permitida por el motor

Máxima deceleración media estabilizada (dM)

Sólo si para vehículos de motor autorizados a arrastrar un remolque sin frenos:

- Masa del vehículo de motor cargado (PM)
- Masa máxima del remolque sin frenos que puede ser enganchado (PR)
- Régimen de giro del motor máximo

Resultados de los ensayos

ENSAYO TIPO 0

Frenos fríos (Sí/No)

	Vehículo cargado	
	Motor embragado	Motor desembragado
Velocidad del ensayo		
Distancia de frenado		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,8v_1$		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,1v_1$		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno		
Fuerza de frenado residual en la periferia de las ruedas		
Duración***		
		Vehículo descargado
		Motor embragado
Velocidad del ensayo		
Distancia de frenado		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,8v_1$		
Espacio recorrido desde v_1 hasta $0,1v_1$		
Fuerza ejercida sobre el pedal del freno		
Fuerza de frenado residual en la periferia de las ruedas		
Duración***		

ENSAYO TIPO I

Con frenados repetidos (Categorías M y N)

	Velocidad del ensayo (Km/h)	Duración medida del ciclo de frenado	Fuerza medida aplicada sobre el mando (N)	Espacio recorrido entre v_1 y $0,1v_1$	Espacio recorrido entre v_1 y $0,8v_1$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

ENSAYO TIPO II Y ENSAYO TIPO IIA**Prueba a realizar a los vehículos de las categorías M3 y N3**

	Velocidad media de ensayo	Distancia total recorrida	Distancia desde v_1 a 0,1 v_1	Distancia desde v_1 a 0,8 v_1	Fuerza ejercida sobre el mando
Tipo II					
Tipo IIA					

Referente sólo al ensayo de tipo IIA:

Frenos fríos durante todo el ensayo (Sí/No)

Cálculo del rendimiento en caliente

	Velocidad de ensayo	Distancia desde v_1 a 0,1 v_1	Distancia desde v_1 a 0,8 v_1	Fuerza ejercida sobre el mando
Tipo 0				

DISPOSITIVOS DE FRENO DE SOCORRO Y DE ESTACIONAMIENTO

	Velocidad de ensayo	Distancia total recorrida	Distancia desde v_1 a 0,1 v_1	Distancia desde v_1 a 0,8 v_1	Fuerza ejercida sobre el mando
Freno de socorro					
Freno de estacionamiento	-	-	-	-	
Rendimiento en caliente (tipo 0)		-			

Fallo parcial de la transmisión del dispositivo de frenado de servicio (Sí/No)

Velocidad de ensayo	Distancia total recorrida	Distancia desde v_1 a 0,1 v_1	Distancia desde v_1 a 0,8 v_1	Fuerza ejercida sobre el mando

Actas de ensayo para
vehículos de la categoría O

Coeficiente de frenado del conjunto de vehículos

Masa del vehículo

Masa máxima estacionaria

Masa máxima soportada por las ruedas con el vehículo parado

	Masa de la carga por eje del remolque
Eje 1	
Eje 2	
Eje 3	
Eje 4	

Parte de la masa del remolque soportada por el eje o ejes sin frenos (P1)

Parte de la masa del remolque soportada por el eje o ejes con frenos (P2)

Carga máxima inmóvil por rueda

Resultados de los ensayos

5. Fuente de energía cortada (Sí/No)
6. Conducto de alimentación obturado (Sí/No)
7. Depósito de 0.5 litros conectado al conducto de mando (Sí/No)
8. (*)Sistema conectado a presiones de conjunción y disyunción (Sí/No)

Presión		
	Cabeza de acoplamiento del tubo de alimentación	Cabeza de acoplamiento del tubo de mando
vehículo tractor conectado al remolque		
vehículo tractor desconectado del remolque		

ENSAYO TIPO 0

Vehículos de la categoría O con frenos de aire comprimido:

TM	D

$$ZR+M = \frac{TM}{PM} =$$

$$ZR = ZR + M + \frac{D}{PR} =$$

$$ZR^1 = (ZR + M - R) \times \frac{(PM+PR)}{PR} + R =$$

(¹) Si se trata de remolques con un dispositivo de frenado del tipo continuo o semicontinuo.

TM= Suma de las fuerzas de frenado en la periferia de las ruedas del vehículo tractor para remolque o semirremolque.

PM= Respuesta estática total entre el firme de la calzada y las ruedas del vehículo tractor para remolque o semirremolque.

ZR+M= Coeficiente de frenado del conjunto de vehículos (vehículo motor + remolque).

ZR= Coeficiente de frenado del remolque.

D= Empuje sobre el enganche.

PR= Reacción estática normal total entre la superficie de la calzada y las ruedas del remolque.

ENSAYO TIPO I

Con frenado continuo

Ensayo a realizar para vehículos de las categorías O2 y O3:

	Velocidad de ensayo	Fuerza sobre el mando	Fuerza en la periferia de las ruedas	Distancia recorrida
Tipo I				
Tipo 0				

ENSAYO TIPO III

Número de accionamientos del freno	Duración del ciclo de frenado	Velocidad inicial	Velocidad final	Fuerza de frenado en caliente en los bordes de las ruedas

$$ZR^1 = (ZR + M - R) \times \frac{(PM+PR)}{PR} + R =$$

$$v2 = v1 \sqrt{\frac{PM+P1+(\frac{P2}{4})}{PM+P1+P2}} =$$

R = Valor de la resistencia al rodamiento = 0.01

P1 = Parte de la masa del remolque soportada por el eje o ejes sin frenos.

P2 = Parte de la masa del remolque soportada por el eje o ejes con frenos.

>v1 = Velocidad inicial (km/h)

>v2 = Velocidad final (km/h)

DISPOSITIVO DE FRENADO DE SERVICIO

Categorías O1, O2 y O3:

	Ensayo freno de servicio		Tipo I
Velocidad del ensayo	60 km/h	40 km/h	
Presión del conducto de mando			
Presión del conducto de alimentación			
Fuerza ejercida en la periferia de las ruedas			
Tiempo			
Espacio			

Categoría O4:

Coeficiente de frenado del conjunto de vehículos

	Ensayo freno de servicio	Tipo III
Velocidad del ensayo	60 km/h	
Velocidad final		
Número de accionamientos del freno		
Duración del ciclo de frenado		
Espacio		
Presión del conducto de mando		
Presión del conducto de alimentación		
Fuerza ejercida en la periferia de las ruedas		

DISPOSITIVO DE FRENADO DE ESTACIONAMIENTO

Fuerza ejercida sobre el mando (N)	
------------------------------------	--

DISPOSITIVO DE FRENADO AUTOMÁTICO

Velocidad de ensayo (Km/h)	Fuerza en la periferia de las ruedas (N)

Si el dispositivo de frenado de servicio depende de una fuente de energía ajena al conductor:

Tiempo transcurrido entre el accionamiento del mando y el momento en que la fuerza de frenado actúa sobre las ruedas (s)	
--	--

ANEXO II

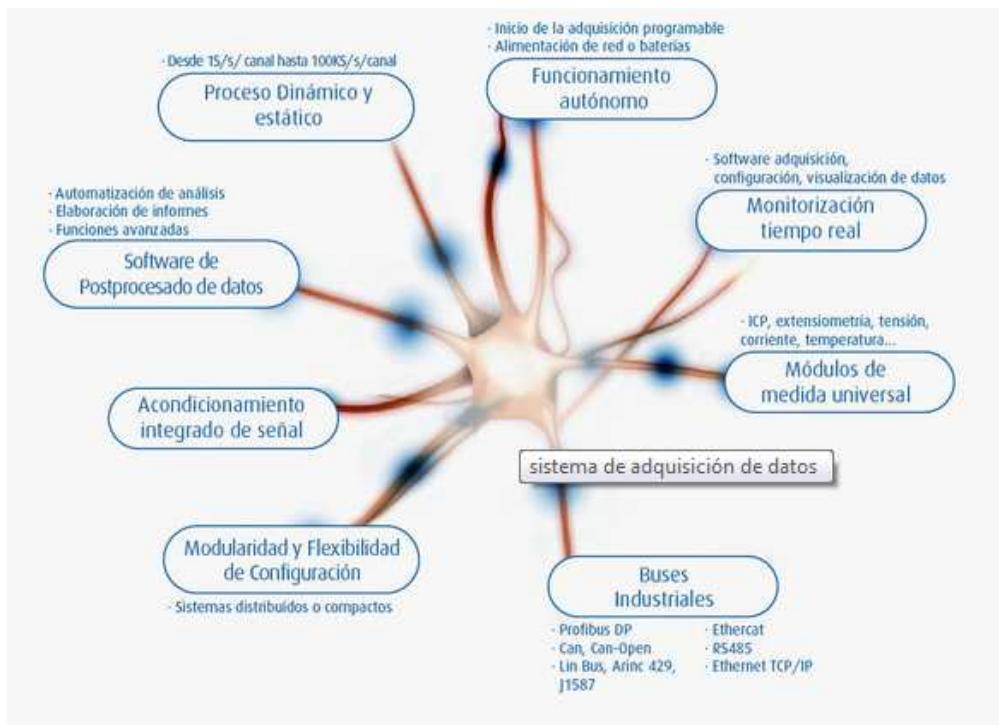
SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Este anexo, se basa en el grupo ALAVA INGENIEROS [21], empresa especializada en sistemas de adquisición de datos, para entender estos sistemas y su aplicación a los ensayos.

En la realización de ensayos, nos enfrentamos a la dificultad de captación de parámetros físicos. La era digital ha conseguido que la adquisición de datos sea cada vez más precisa, y aunque se siguen obteniendo de manera analógica, la inmediata conversión A/D, ha conseguido una mejora completa a la hora de procesar y analizar esos datos.

Esto son, por tanto, los sistemas de captación de datos. Dispositivos que convierten todas esas señales llegadas de sistemas de medida conectadas al vehículo, en otro tipo de señales que nosotros recibimos en nuestros ordenadores, como un dato con valor numérico y unidades.

Imagen A.II.1



Existe una amplia gama de sensores y acondicionadores que junto al sistema de adquisición de datos es posible obtener parámetros físicos de gran diversidad, cubriendo así todos los campos: I+D, ensayos, calibraciones, control de calidad, control de proceso, monitorización de variables...

Presión y nivel

Dependiendo de la aplicación, debemos tener en cuenta distintos factores a la hora de tomar la medida de presión, como el tipo de medida (relativa, absoluta, diferencial...), precisión requerida, fluido de medida, temperatura compensada, salida eléctrica...

En esta categoría de sensores encontramos diferentes productos para ajustarnos a todas las necesidades nombradas e incluso alguna más. Contamos así con:

Indicadores portátiles de presión y bombas manuales

Sensores de presión absoluta y relativa

Sensores de presión barométrica

Sensores de nivel hidrostático

Sensores de presión diferencial

Fuerza y par

Existen numerosas situaciones donde es necesario hacer uso de células de carga o fuerza y sensores de par. Estas aplicaciones son realmente variadas, y van desde ensayos de fatiga, test estructurales, fuerza aplicada en maquinaria industrial, par de un motor....

Como ocurre en el apartado de “presión y nivel”, debemos tener bien definida nuestra aplicación y por lo tanto los requisitos a tener en cuenta, de modo que, habrá que considerar, entre otros, rango de medida, precisión, ciclo de vida, temperatura, salida eléctrica...

Encontramos productos tales como sensores de fuerza (células de carga) y sensores de par (torque).

Para medir la fuerza deberemos tener en consideración un parámetro que es la frecuencia de trabajo de modo que obtendremos dos tipos de sensores: piezorresistivos (para pequeñas frecuencias) y piezoelectrinos (para frecuencias más elevadas).

En los sensores de par (o torques), debemos considerar una gran cantidad de factores, entre otros, rango, precisión, tipo de montaje, etc. De modo, que encontramos en esta categoría dispositivos adaptados para cubrir cualquier tipo de aplicación:

Precisión: hasta $\pm 0.1\% FS$

Rango: 0.005 – 450000 Nm

Puede medir: velocidad y ángulo

Velocidad: hasta 30000 rpm

Desplazamiento

Dentro de las mediciones de desplazamiento, hay múltiples aplicaciones, y por lo tanto los sensores son muy distintos unos de otros. Encontramos:

Joysticks de control de posición: aplicaciones en maquinaria agrícola, maquinaria industrial, sillas de ruedas...).

Potenciómetros: en aplicaciones de aeronáutica, automoción...

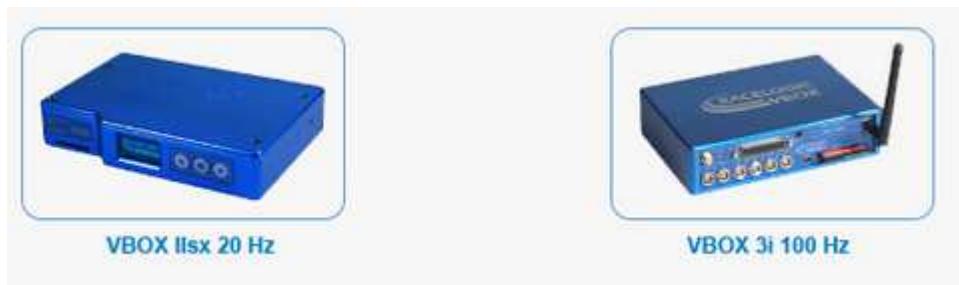
Sensores de desplazamiento LVDT: en aplicaciones industriales para mediciones de alta precisión.

Sensores de desplazamiento por hilo: en aplicaciones dentro de la industria para su utilización en ambientes hostiles.

Velocidad por GPS (VBOX)

El VBOX es un sofisticado sistema GPS, de la marca RACELOGIC, que permite un profundo estudio dentro de un ensayo de frenada de cualquier vehículo. Este dispositivo puede ofrecernos información del tipo, velocidad de ensayo, posición, tiempo, distancia recorrida durante el frenado, deceleración, aceleración... Además toda esta información es capaz de almacenarla, para después de la prueba poder usarla atendiendo a nuestras necesidades.

Imagen A.II.2



Estos dispositivos [3], basan su funcionamiento en la velocidad, parámetro que hace de estos sistemas, unos dispositivos de gran precisión.

Tienen una gran relevancia otro tipo de parámetros, como la velocidad de muestreo, la respuesta de frecuencia, la latencia y el ruido.

De modo que para que el GPS, nos proporcione unos datos lo más precisos posible, necesitamos una velocidad de muestreo elevada, es decir, que los datos se vayan actualizando la mayor cantidad de veces por segundo, cuanto más datos mejor será el seguimiento de nuestro vehículo.

Además, nuestro segundo parámetro, la frecuencia, debe ser elevada. Un GPS convencional, de los que dispone cualquier vehículo actualmente, posee una frecuencia de una muestra al segundo, sin embargo estos sistemas de alta precisión necesitan como mínimo unas 100 al segundo. Y por lo tanto, a raíz de la frecuencia encontramos otro parámetro que es la respuesta de frecuencia, o rapidez, con la cual nuestro sistema reacciona a un cambio de movimiento.

Como conclusión, diremos que es un aparato imprescindible para cualquier ensayo de frenado, por ser el único dispositivo que puede realizar un seguimiento tan preciso de la prueba a realizar.

SOLUCIONES

Los sistemas de adquisición de datos, proporcionan un extenso grupo de soluciones a numerosos casos diferentes, ofreciendo una alta tecnología para

medidas y ensayos. Su propósito es cubrir prácticamente todos los campos tecnológicos, y así poder obtener las mediciones más precisas posibles.

En general todas las firmas de este sector cubren campos tan variados como:

Aerodinámica	Campos electromagnéticos
Ensayos acústicos	Instrumentación de vehículos – unidades móviles de medida
Ensayos ambientales	Ensayos de eficiencia térmica
Termografía	Laboratorios de Crash
Ingeniería civil	Seguridad
Sistemas distribuidos de monitorización	

ENSAYOS DE VEHÍCULO

[22] Las altas tecnologías se introducen en el mundo automovilístico desde numerosos puntos de vista, entre otros ensayos de acústica y vibraciones, Crash test, ensayos ambientales, instrumentación...

Se encuentran muy presentes en los ensayos completos de vehículos (bancos de ensayos), pero además se adaptan a los nuevos tiempos, introduciéndose en el vehículo eléctrico (ensayos de baterías, ensayos de motor y de transmisión...).

Bancos de ensayo del vehículo

Los motores de los vehículos eléctricos, deben cumplir unas normativas muy exigentes y por eso la tecnología de ensayo nos debe proporcionar los resultados más ajustados posibles. Para estos casos han aparecido los dinamómetros de chasis que presentan múltiples ventajas como las posibilidades de ensayo, mayores seguridades intrínsecas, una infraestructura con unos requisitos menores y unos costes menores en comparación al tradicional banco de rodillos.

El dinamómetro se acopla directamente a los ejes del vehículo evitando posibles incertidumbres en la medida, de modo que el estado en que se encuentre el vehículo, presión, temperatura o fabricante del neumático no afecta a la toma de medida.

Imagen A.II.3**Sistemas de vibración FOUR POSTER uniaxiales o multiaxiales**

Este sistema se basa en cuatro postes situados bajo cada una de las cuatro ruedas, pudiendo realizar desde análisis estructurales de carrocería en relación a las vibraciones hasta ensayos acústicos. Los postes que no son más que cuatro actuadores electrohidráulicos, transmiten una vibración equivalente a mediciones reales sobre carretera. Estos sistemas abarcan todo tipo de vehículos, desde utilitarios a vehículos pesados [23].

Imagen A.II.4

Hoy en día, además se puede realizar ensayos con vibradores electrodinámicos de largo desplazamiento para sistemas multiaxiales, pero además podemos generar una vibración biaxial o triaxial para cada rueda, reproduciendo fielmente el comportamiento del vehículo por carretera.

Cámaras climáticas

Los vehículos a motor, deben superar una serie de pruebas, para observar su comportamiento en condiciones extremas, ya no sólo de temperatura sino también de humedad, corrosión...

De este modo, dentro de cada posible situación debe ser capaz de actuar con normalidad:

Temperatura: arranque en frío, activación de diferentes subsistemas del vehículo, apertura y cierre de puertas a bajas temperaturas...

Humedad: condensaciones sobre superficies, desempañamientos...

Radiación solar: envejecimiento de partes interiores o exteriores, decoloración...

Lluvia: estanqueidad de juntas sobre puertas, acción del agua sobre rótulas...

Corrosión salina: oxidación, empeoramiento de las características de materiales...

Imagen A.II.5



Cámaras acústicas

[24] Cada vez más, se piden vehículos más silenciosos, de modo que los ensayos acústicos se han vuelto a su vez más y más estrictos. Todos los fabricantes tanto de componentes como de vehículos completos, deben realizar a sus productos ensayos acústicos.

Las cámaras anecoicas se adaptan a cada vehículo y situación de modo que obtenemos resultados cada vez más precisos. Estas cámaras se adaptan a todo tipo de componentes, motores elevalunas, de asiento, limpiaparabrisas... tanto si están sueltos como integrados en el vehículo en cuestión.

Las cámaras anecoicas [25] se definen, como una sala diseñada para absorber el sonido incidente sobre las paredes, suelo y techo, a la vez que anula efectos como el eco o la revelación del sonido, y se mide en decibelios (dB).

Imagen A.II.6



ANEXO III**MÉTODO DE MEDICIÓN DEL TIEMPO DE RESPUESTA EN VEHÍCULOS CON DISPOSITIVOS DE FRENADO DE AIRE COMPRIMIDO****Requerimientos [1]**

Los tiempos de respuesta se deben de medir con el vehículo parado, midiendo la presión en la entrada del cilindro de freno menos eficaz. Sin embargo, en el caso de tratarse de vehículos con dispositivos de frenado mixtos de accionamiento hidráulico y por aire comprimido la presión se podrá medir a la entrada de la unidad neumática menos eficaz. Y si el vehículo dispone de sistema detectora de carga, este sistema deberá colocarse en posición de cargado.

Durante la realización de los ensayos, los frenos deberán estar ajustados al máximo, y los tiempos de respuesta obtenidos durante las pruebas se redondearán con precisión de la décima de segundo más próxima.

Vehículos de motor

Si el vehículo dispone de regulador, al inicio del ensayo la presión en los depósitos deberá ser igual a la mínima a la cual el regulador restablezca la alimentación de aire comprimido a la instalación. Pero si la instalación no dispone de regulador, la presión deberá ser el 90% de la declarada por el fabricante. Esta presión debe permitir el rendimiento prescrito en la frenada de servicio.

Deberemos partir de un accionamiento lo más corto posible, hasta un tiempo de 0.4 segundos aproximadamente. Después, partiendo de este tiempo se sucederán una serie de accionamientos de recorrido máximo, con los que obtendremos los tiempos de respuesta en función del tiempo de accionamiento (t_f) los cuales se representarán en un diagrama. Deberemos fijarnos en los tiempos de accionamiento que correspondan a 0.2 segundos, pues serán determinantes en nuestro ensayo.

Si el tiempo de accionamiento es de 0.2 segundos, valor que acabamos de destacar, el tiempo que transcurre desde que se acciona el mando del freno hasta que la presión en el cilindro alcanza el 75% de su valor asintota no debe superar los 0.6 segundos.

Si se trata de vehículos de motor con conexión de freno para remolques, el tiempo de respuesta se medirá en el extremo de un tubo con unas dimensiones de 2.5 m de longitud y un diámetro interior de 13mm conectado a la cabeza del acoplamiento del conducto de mando del freno de servicio. Durante el ensayo, lo que se hará será conectar un volumen de $385 \pm 5\text{cm}^3$ que equivale a dicho tubo. Además las unidades tractoras deberán disponer de conductos flexibles que aseguren la unión con el semirremolque, y las cabezas de acoplamiento antes nombradas estarán en estos conductos flexibles.

Se debe asegurar, que el tiempo transcurrido desde que se acciona el pedal de mando hasta que la presión en la cabeza del acoplamiento alcanza el x% de su valor asintota no debe sobrepasar los siguientes valores:

Tabla A.III.1

x (%)	t (segundos)
10	0,2
75	0,4

Y para finalizar si se trata de vehículos autorizados a arrastrar remolques de las categorías O3 y O4, deberá realizar el siguiente ensayo:

1. Medición de la presión al final del tubo de 2.5 m de longitud y 13 mm de diámetro interno.
2. Simular un fallo del tubo de mando a la altura de la cabeza de acoplamiento
3. Accionar el dispositivo de mando del freno de servicio en un tiempo de 0.2 segundos.

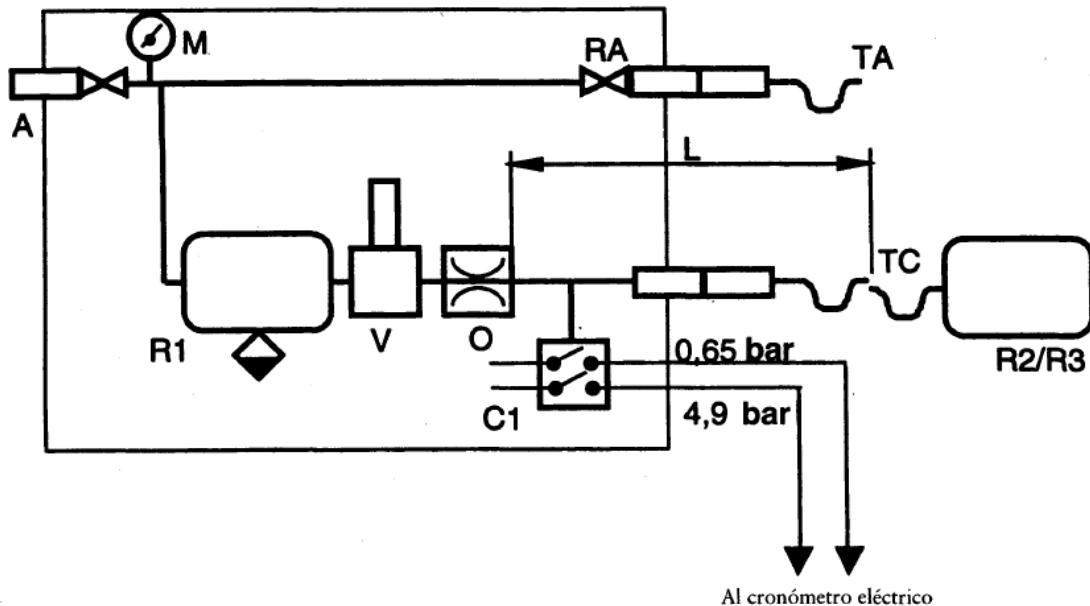
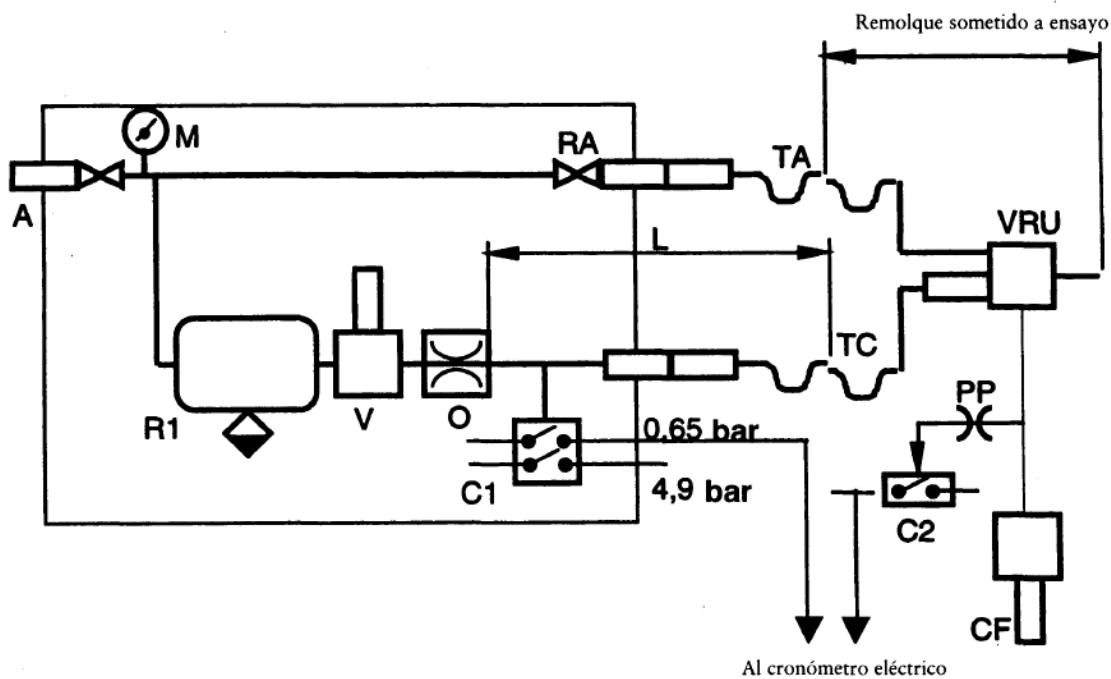
Remolques

Los tiempos de respuesta en un remolque se medirán sin el vehículo tractor, de modo que, este se sustituirá por un simulador al que vayan acopladas las cabezas de acoplamiento del conducto de mando y el de alimentación. La presión de este último deberá ser de 6.5 bares.

El simulador deberá tener:

1. Un depósito de 30 litros llenado a una presión de 6.5 bares antes de cada ensayo y nunca durante este. Deberá tener además, en la salida del dispositivo de mando un orificio de entre 4 y 4.3 mm de diámetro. Y el volumen del conducto desde el orificio hasta la cabeza del acoplamiento deberá de ser de $385 \pm 5 \text{ cm}^3$.
2. El simulador deberá ajustarse de modo que conectado a un depósito de $385 \pm 5 \text{ cm}^3$, el tiempo que le cuesta a la presión subir del 10 % al 75% de la presión nominal (6.5 bares) será de 0.2 ± 0.01 segundos. Dicho depósito deberá acoplarse a la cabeza del acoplamiento sin utilizar conductos flexibles y sin que su diámetro interior sea menor a 10mm.

El tiempo desde el momento en que la presión liberada en el conducto de mando alcance el valor de 0.65 bares hasta que la presión del cilindro de freno alcance el 75% de su valor asintota no deberá superar los 0.4 segundos.

Ejemplo de simulador**Ajuste del simulador:****Imagen A.III.2****Ensayo del dispositivo de frenado del remolque mediante el simulador****Imagen A.III.3**

De modo que:

A = dispositivo de llenado con válvula de cierre

C1 = conmutador de presión en el simulador, regulado en 0,65 bar y 4,9 bar

C2 = conmutador de presión en el cilindro de freno del remolque, regulado al 75 % de la presión asintota en el cilindro de freno CF

CF = cilindro de freno

L = conducto del orificio O hasta la cabeza de acoplamiento TC inclusive, de un volumen de $385 \pm 5 \text{ cm}^3$ a una presión de 6,5 bar

M = manómetro

O = orificio con diámetro entre 4 y 4,3 mm

PP = conexión de control de la presión

R1 = depósito de aire de 30 l con válvula de purga

R2 = depósito de calibrado de $385 \pm 5 \text{ cm}^3$, incluida su cabeza de acoplamiento TC

R3 = depósito de calibrado de $1\,155 \pm 15 \text{ cm}^3$, incluida su cabeza de acoplamiento TC

RA = válvula de cierre

TA = cabeza de acoplamiento del conducto de alimentación

TC = cabeza de acoplamiento del conducto de mando

V = dispositivo de mando

VRU= válvula relé de urgencia

