

CAPÍTULO 6

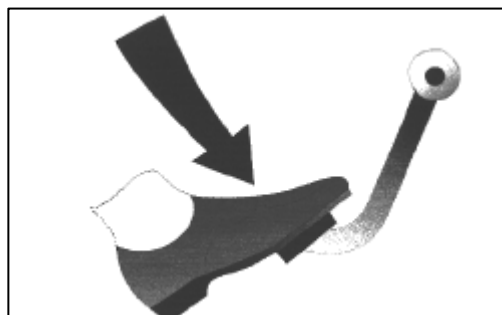
DIAGNOSIS Y AVERÍAS MÁS FRECUENTES EN EL SISTEMA DE FRENO

1. INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS.

Lo primero que debemos de realizar antes de comenzar a trabajar en el sistema de freno de cualquier vehículo es el hacer una inspección previa la cual debe de incluir una breve charla con el conductor del vehículo ya que él quien mejor nos puede decir lo que le sucede al coche y a partir de ahí comenzar a trabajar.

PRUEBAS DE PEDAL

Presione y suelte el pedal varias veces (con el motor en marcha si se trata de sistemas con servofreno) y compruebe si hay fricción o ruidos. El movimiento del pedal debe ser suave y volver a situarse rápidamente, sin chirridos, ni del pedal ni de los frenos.



Pruebas en el pedal

Presione fuertemente el pedal y compruebe que el tacto es flexible, calcule la resistencia del pedal. El tacto del pedal así como la carrera del mismo ha de ser firme, no debe de existir un comportamiento esponjoso.

Revise las fugas del líquido de frenos. Mantenga una ligera presión sobre el pedal durante 15 segundos y compruebe que no hay movimiento del pedal. Repita la prueba presionando fuertemente sobre el pedal.

Presione ligeramente el pedal y suéltelo para comprobar que se encienden y se apagan las luces de frenado.

INSPECCIÓN DEL CILINDRO MAESTRO Y LIQUIDO DE FRENOS:

Revise que estén abiertos y limpios los orificios de ventilación en la tapa de depósito del cilindro maestro.

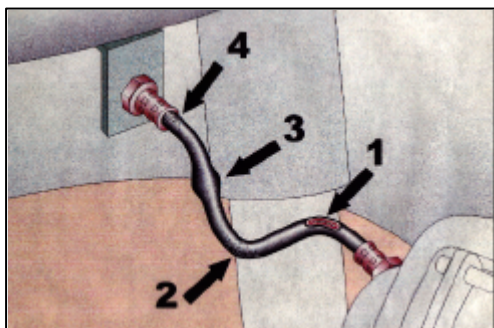
Compruebe que el nivel del líquido está próximo a la parte superior del depósito (ambos lados si son frenos dobles), y que esté limpio. Añada líquido en caso necesario pero cerciorándose de que el líquido a añadir es de la misma calidad que el que el vehículo lleva.

Revise si hay fugas externas de líquido. Vea si hay humedad alrededor del cuerpo, conexiones y tuerca de sujeción. Compruebe a su vez el interruptor hidráulico de la luz de frenado (sí lo hubiera).

INSPECCIÓN DE LATIGUILLOS Y TUBERÍAS:

Levantando el capó, revise las mangueras, tubería y conexiones y compruebe que no hay fugas. Revise los platos de anclaje y las ruedas para ver si hay señales de fugas de líquido o de grasa.

Compruebe que la tubería no está abollada ni tiene daños similares. Revise el estado de la manguera (que sea flexible, no tenga grietas, cortes o protuberancias).



Se debe de sustituir los manguitos cuando se presente cualquiera de los siguientes defectos.

- 1. Rasgaduras en la superficie del manguito.*
- 2. Cuarteado de la superficie.*
- 3. Inflamamiento del manguito.*
- 4. Rozaduras en la proximidad de los racores o terminales.*

Inspección de los latiguillos de freno.

INSPECCIÓN DESGASTE DE LAS PASTILLAS

Cada 10.000 km. o cada vez que revise el vehículo, quite la rueda delantera derecha y observe el estado de desgaste de las pastillas. Si sólo quedan 3 mm. de pastilla utilizable, hay que cambiar de pastillas. Si no está seguro, desmonte el resto las ruedas y examine las pastillas.

Si existe un sistema de aviso de desgaste de las pastillas revise todo el cableado del mismo para ver que sigue cumpliendo su función.

INSPECCIÓN DE LOS MECANISMOS DE FRENO:

Revise las pastillas y observe que el material de fricción está correctamente pegado al soporte, si existen grietas, desgaste anormal o si tienen partículas extrañas incrustadas ó el material está deformado.

Compruebe que las piezas de sujeción de las pastillas (pernos, resortes, grapas, etc.) están correctamente instaladas y que no están dañadas.

2. AVERÍAS MÁS COMUNES Y POSIBLES SOLUCIONES.

Lo que ha continuación se presenta es un resumen de las averías más frecuentes, la posible causa que las ha producido y cual sería la solución más recomendable. Pero como se puede entender pueden existir averías aquí reflejadas que puedan estar producidas por diferentes causas, e incluso que existan soluciones más apropiadas que las que a continuación se analizan. En definitiva, sirva este apartado simplemente como guía para la posible localización y solución de las averías.

EXCESIVA CARRERA DE PEDAL

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Fugas en el circuito 2.-Aire en el sistema 3.-Líquido de freno inadecuado o contaminado. 4.-Bajo nivel de líquido de frenos 5.-Pastillas muy desgastadas.	1.-Revisar todo el circuito y reemplazar la parte dañada. 2.-Purgue el sistema y rellénelo. 3.-Lave el sistema con alcohol metílico y luego llénelo con líquido adecuado. 4.-Llene el deposito de líquido de frenos y purgue el sistema. 5.-Sustituya las pastillas

PEDAL ESPONJOSO

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Aire en el sistema hidráulico 2.-Líquido inadecuado o contaminado con agua. 3.-El pistón del caliper agarrotado. 4.-Latiguillo debilitado 5.-Pinza gripada	1.-Elimine el aire purgando el sistema. 2.-Lave con alcohol metílico y use el líquido adecuado. 3.-Limpie el alojamiento del pistón y reemplace el reten y el guardapolvo 4.-Instale latiguillos nuevos. 5.-Sustituya la pinza.

HAY QUE PISAR MUY FUERTE EL PEDAL PARA FRENAR

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Las pastillas están impregnadas de grasa o líquido de frenos. 2.-Desplazamiento del pistón del caliper gripado. 3.-Líquido inadecuado o poca cantidad del mismo. 4.-Cilindro maestro o de rueda pegados. 5.-El pedal de freno se atora en su eje. 6.-Pastillas cristalizadas. 7.-Discos dañados. 8.-Mal funcionamiento del servofreno.	1.-Revise por donde se produce la perdida y sustituya las pastillas. 2.-Limpie la cámara del pistón y reemplace el retén y guardapolvos. 3.-Lave el sistema con alcohol metílico, llénelo con líquido adecuado y púrguelo. 4.-Revise todos los elementos hidráulicos y sustituya el agarrotado. 5.-Lubríquelo y compruebe el casquillo. 6.-Instale pastillas nuevas. 7.-Reemplace los discos. 8.-Verificar su funcionamiento y reparar las partes dañadas.

DISMINUYE LA CARRERA DE PEDAL

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Goma del cilindro maestro hinchada. 2.-El pistón del cilindro principal no vuelve a su lugar. 3.-Resortes retractores débiles. 4.-Pistón del caliper pegado	1.-Reemplace retenes y guardapolvos y lave el sistema. Llénelo con líquido nuevo. 2.-Repáre el cilindro principal o sustitúyalo. 3.-Reemplace los resortes. 4.-Limpie la cámara del pistón, lubrique y cambie el retén.

SE BLOQUEA UNA RUEDA

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Rodamientos de rueda sueltos. 2.-Se han hinchado las gomas de los cilindros de rueda o el retén del pistón del caliper. 3.-Se agarrotan los pistones en el cilindro de rueda. 4.-Obstrucción de alguna conducción. 5.-Pastilla defectuosa. 6.-El cable del freno de mano se engancha.	1.-Ajuste o sustituya los rodamientos. 2.-Reconstruya los cilindros / caliper. Utilice nuevos juegos de reparación. 3.-Reemplace los pistones. 4.-Reemplace la conducción obstruida. 5.-Reemplácela por la pastilla especificada. 6.-Lubríquelo y verifique el correcto funcionamiento del sistema.

PULSACIONES DE PEDAL DE FRENO

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Discos alabeados. 2.-Rodamientos de rueda gastados o sueltos. 3.-Vibraciones en el pedal (JUDDER)	1.-Cambie los discos. 2.-Reemplácelos. 3.-Reemplace las pastillas y los discos, ya que este problema no se puede corregir de otra forma.

LOS FRENOS PIERDEN EFICACIA EN CALIENTE

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Pastilla de baja calidad. 2.-La pastilla hace mal contacto. 3.-Disco muy delgado.	1.-Reemplacela por unas de calidad contrastada. 2.-Verifique la causa e instale pastillas nuevas. 3.-Reemplace los discos.

EL COCHE OSCILA HACIA UN LADO

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Pastillas de un lado impregnadas de grasa o líquido. 2.-Los neumáticos no tienen la presión adecuada o presentan un desgaste desigual o un dibujo de diseño distinto. 3.-Pastillas cristalizadas. 4.-Cilindro de la rueda bloqueado. 5.-Resortes de retorno sueltos o debilitados. 6.-Una rueda se arrastra. 7.-Dirección con holguras. 8.-Cotas de la dirección. 9.-Tubería hidráulica tapada o doblada. 10.-Rótulas de dirección con holguras. 11.-Discos en malas condiciones 12.-Amortiguadores en mal estado.	1.-Cambie las pastillas del eje completo. Verifique posibles pérdidas de líquido. 2.-Hinche los neumáticos a la presión recomendada. Ponga neumáticos del mismo modelo en el eje delantero y el otro par con dibujo idéntico en el eje trasero. 3.-Sustituya las pastillas. 4.-Cambie el cilindro de rueda. 5.-Revise los resortes y reemplácelos. 6.-Compruebe si hay una pastilla suelta y la causa. 7.-Repárela y ajústela. 8.-Haga una alineación de dirección. 9.-Repare o reemplace la tubería. 10.-Reemplace las rótulas de dirección. 11.-Sustitúyalos siempre por pareja. 12.-Sustitúyalos.

LOS FRENOS VIBRAN

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Pastillas con grasa, líquido o polvo. 2.-Resorte de retroceso roto o debilitado. 3.-Rodamientos de rueda sueltos. 4.-Discos alabeados. 5.-Ruedas desequilibradas. 6.-Rotulas en mal estado.	1.-Sustituir pastillas del eje completo. 2.-Reemplácelo. 3.-Reajústelos o reemplácelos. 4.-Cambie los discos, siempre por el eje. 5.-Equilibre las ruedas. 6.-Sustitúyalas.

LOS FRENSOS CHIRRIAN

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Lamina antirruído doblada, rota o fuera de su sitio. 2.-Partículas metálicas o polvo incrustado en las pastillas. 3.-Pastillas de baja calidad. 4.-Las pastillas rozan contra el caliper. 5.-Resortes de sujeción débiles o rotos. 6.-Rodamientos de las ruedas sueltos. 7.-El pistón del caliper no retrocede correctamente. 8.-Discos en mal estado. 9.-Pastillas muy desgastadas *.	1.-Sustituir las pastillas del eje completo. 2.- Sustituir las pastillas del eje completo. 3.-Reemplace las pastillas por unas de calidad contrastada. 4.-Aplique lubricante en los apoyos de las pastillas con el caliper. 5.-Reemplace las piezas defectuosas. 6.-Verificar y sustituir en caso necesario. 7.-Repare el caliper. 8.-Sustituya los discos del eje completo. 9.-Instale pastillas nuevas de calidad contrastada.

* Aunque la compresibilidad de un material de fricción depende de su propia composición y estructura, dicha compresibilidad es totalmente proporcional al espesor de la pastilla de freno. En consecuencia, aunque la compresibilidad relativa se mantiene, la compresibilidad total disminuye con la vida (espesor) de la pastilla y frecuentemente se puede situar en una zona crítica para producir chirridos. La instalación de pastillas nuevas, suele resolver este problema.

3. ANÁLISIS DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

FADING

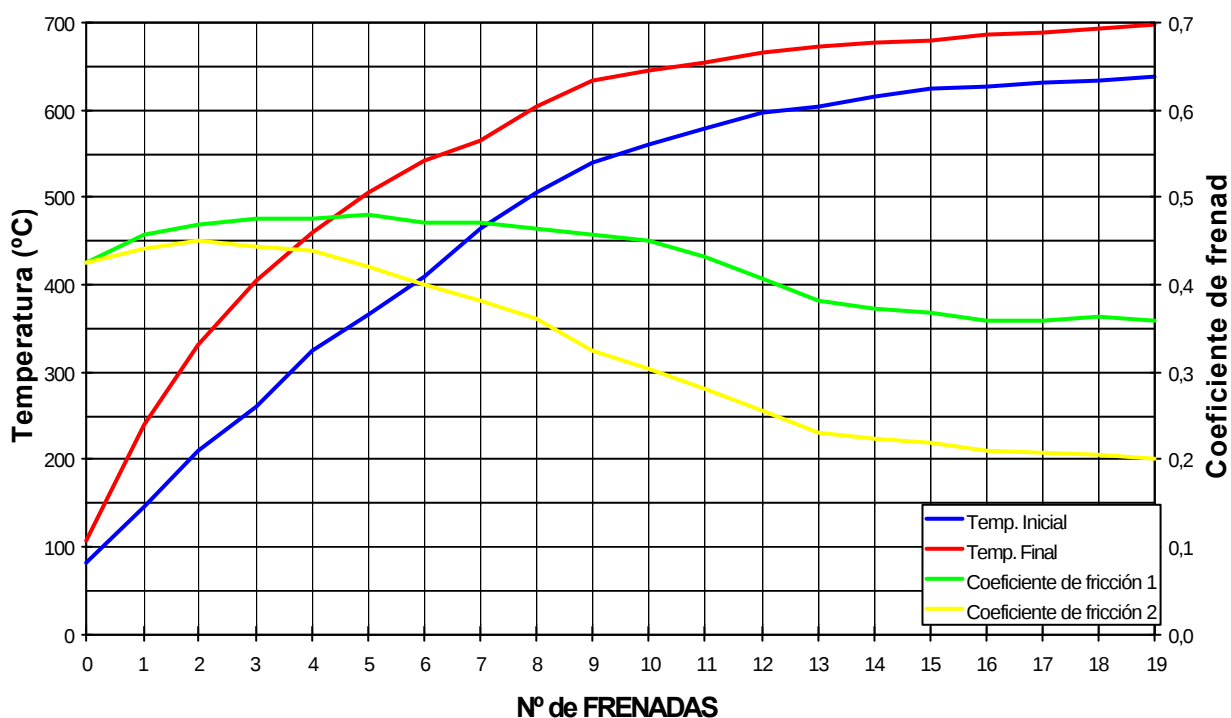
El fading es uno de los fenómenos más peligrosos que se pueden dar en un sistema de freno, ya que, el fading es la pérdida de eficacia de frenada en caliente.

El material de fricción presenta distintos valores de coeficiente a diferentes temperaturas, si este coeficiente de fricción comienza a bajar demasiado rápido y a una temperatura relativamente baja; se producirá el fenómeno del fading cuando la temperatura del sistema sea superior a ese límite que presenta el material de fricción, con lo cual el coeficiente caerá y la eficacia de frenado se verá reducida.

En la gráfica podemos ver la comparación de dos materiales de fricción distintos, en lo que se denomina un test de fading. El test de fading se realiza en un dinamómetro de inercia, esto es una máquina que es capaz de simular las condiciones impuestas en un vehículo, con la particularidad de que todo su equipo de sensores son capaces de medir todos los parámetros de la frenadas.

El test de fading está compuesto por 20 frenadas consecutivas en las cuales se mide tanto la temperatura de inicio de la frenada, así como la temperatura final que se alcanza. Además del coeficiente de fricción que mide la capacidad que tiene el material de fricción de frenar el vehículo. Todas las frenadas se realizan desde 100 km/h hasta 0 km/h, el parámetro que siempre se debe de cumplir es que la deceleración media obtenida siempre sea de 4 m/s^2 . Para lo cual las presiones aplicadas en el circuito son las que consiguen la deceleración media antes comentada.

TEST DE FADING



Comparativa de dos materiales en un ensayo de fading.

En la gráfica se observa como el **material 1** tiene un comportamiento bastante bueno con la temperatura, ya que aunque cae su coeficiente con el aumento de la temperatura siempre se mantiene en valores que podemos considerar aceptables para un material de fricción. Vemos como cuando la temperatura ya es de 640°C se mantiene aún en un valor de $\mu = 0,46$. Si consideramos que 640°C es una temperatura muy alta para una conducción normal, es decir, en circunstancias normales de conducción descendiendo un

puerto, nuestros frenos podrán alcanzar esa temperatura aunque no abusemos de ellos. A partir de este punto su descenso es más pronunciado pero siempre manteniendo el valor del coeficiente por encima de $\mu = 0,35$ lo cual permite mantener el control del vehículo. Coeficientes de fading inferiores a $\mu = 0,25$ puede resultar peligroso, en determinadas circunstancias.

Sin embargo vemos como el **material 2**, presentará problemas de fading ya que en el mismo punto descrito anteriormente su coeficiente está más bajo, llegando a un valor de $\mu = 0,33$. Desde este punto sigue bajando hasta alcanzar valores de $\mu = 0,20$ que lógicamente notaremos que la pérdida de eficacia es muy considerable.

El fading es fácilmente perceptible en el vehículo, ya que a medida que intentemos frenar vamos a notar como el pedal cada vez se va más al fondo para obtener la misma deceleración y en consecuencia hay que aplicar mayor presión sobre el pedal de freno. En esta situación la sensación de frenado es reducida. Intentaremos parar el vehículo pero este no se detendrá. El aumento de la carrera de pedal es debido no solo a la compresibilidad de las pastillas, si dicha compresibilidad es demasiado alta en caliente, sino también a la caída del coeficiente de fricción por el efecto de la temperatura.

Es importante saber que una vez sufrido un fading, si se deja enfriar el sistema, el material de fricción se recuperará en parte volviéndose a comportar casi como antes de haber sufrido el problema. Lógicamente si volvemos a someter al material a condiciones extremas se puede volver a producir el mismo fenómeno. Conviene diferenciar en estas situaciones si el fading que ha aparecido es de carácter inicial, es decir, debido a la fase de rodaje de las pastillas, en cuyo caso dicho problema desaparecerá con el uso, o si por el contrario es de carácter estructural en cuyo caso no desaparecerá nunca durante la vida en servicio de las pastillas de freno. En este último caso es necesario reemplazar las pastillas de freno por otras de otra marca de calidad contrastada.

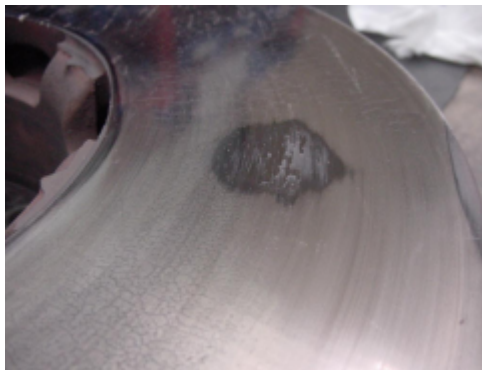
Conviene diferenciar el problema del fading, del problema producido cuando el circuito de freno contiene agua que presenta prácticamente los mismos síntomas. También, discos de freno muy desgastados pueden producir un incremento anormal de la temperatura que sitúe al material de fricción en zona de fading.

JUDDER

El judder es un fenómeno debido a las vibraciones del sistema. Es decir, las vibraciones se hacen, más o menos palpables para el conductor, dependiendo en gran medida, del conocimiento de su propio vehículo. El judder puede ir acompañado por ruido aunque siempre de baja frecuencia, ya que recordemos que el ruido está producido por las vibraciones que alcanzan las frecuencias audibles.

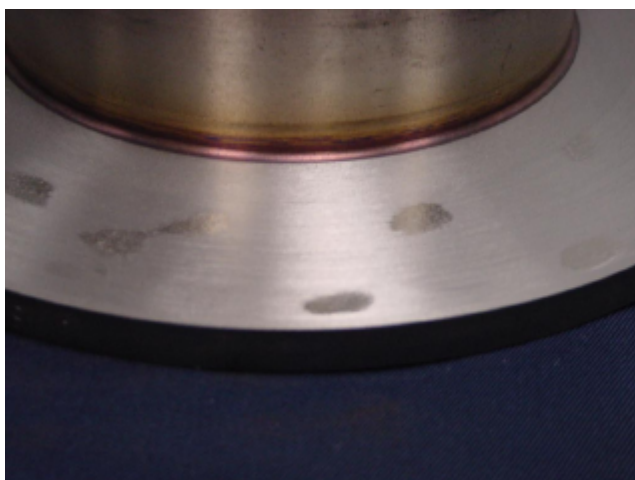
El judder está clasificado en dos grupos:

El primero es el *judder* “frío” (cold judder) estas vibraciones son provocadas por imperfecciones de los discos tales como defectos de mecanizado en origen, o por defectos de montaje, holguras excesivas. Esto significa, todas aquellas causas que provoquen un aumento de la deformación del disco. Este **cold judder** se suele ocasionar a baja presión y baja deceleración. El paso de las pastillas por estas imperfecciones provoca las vibraciones al ser repelidas contra el pistón. El cold judder puede ser notado tanto en el pedal, como en el volante, si este judder es muy acentuado se notará como vibraciones, como ruidos o ambos. Obviamente la calidad de las pastillas de freno puede aumentar o reducir el problema.



Mancha de “cold judder”.

El segundo grupo es el *judder* “caliente” (hot judder). Son vibraciones que aparecen a alta temperatura durante procesos de frenado a presiones medias y velocidades altas ya que las frenadas en estas condiciones se alargan mucho en el tiempo, y la temperatura aumenta bastante hasta valores de 400°C a 500°C. Se produce **hot judder** cuando la fricción entre las pastillas – discos es más elevada en alguna de las zonas del disco. En esa zona, la energía que se disipará será mayor con lo cual la temperatura será más alta aumentando rápidamente. Las vibraciones aparecen en los puntos calientes, que suelen estar distribuidos regularmente por el área del disco. Cuando estos puntos calientes se enfrían crean manchas oscuras o zonas de



Manchas de “hot judder”.

distinta coloración siendo más o menos visibles. Estas manchas son el resultado de la transformación de la estructura del material del disco. La estructura pasa de estar compuesta por un grafito laminar a ser de cementita. Esta estructura se caracteriza por su elevada dureza. Este cambio de estructura suele estar ocasionado por el propio material de fricción, el cual tenga alguna zona donde su coeficiente varíe, ya que puede deberse a incrustaciones de materias primas mal

mezcladas o simples variaciones de coeficiente por efecto de la temperatura en las distintas zonas de la pastilla de freno.



Transformación del material del disco. El disco de la imagen está rectificado y aún así las manchas provocadas por el "hot judder" no se eliminan.

La estructura del material del disco que se ha transformado ha pasado a ser cementita (Fe_3C), estructura que se caracteriza por su elevada dureza, con lo que si se sigue frenando en estas circunstancias, estas zonas se desgastarán menos, contribuyendo a acrecentar las vibraciones. El rectificado de los discos no solucionará este problema. Por ello, el efecto del **hot judder** es uno de los defectos más estudiados, que intentan ser eliminados con la investigación de nuevas calidades de materiales de fricción que puedan ofrecer una relación de compresibilidad en caliente y conductividad térmica adecuada para evitar en lo posible dicho problema, que va en aumento en las últimas generaciones de vehículos con masas no suspendidas más ligeras. Es decir, las ruedas, las suspensiones, las pinzas de freno, etc. cada vez se fabrican en materiales más ligeros como el aluminio que reducen el peso del conjunto y hacen más fácil su excitación.

RUIDO

Los ruidos que se producen el sistema de freno vienen derivados de las vibraciones a las que son sometidas tanto las pastillas, como los discos, los portapastillas, las pinzas, etc. debido al hecho de estar sometidos a un contacto entre varios elementos donde existe fricción entre ambos elementos. Aunque pueda parecer que durante el frenado las pastillas y el disco se encuentran en un contacto *perfecto* no es así, ya que las pastillas están siendo sometidas, al igual que el resto del sistema, a constantes microgolpes, que producen las vibraciones. Recordemos que cualquier material cuando es sometido a una percusión tiende a vibrar de una forma característica, es decir, sus modos de vibración dependerán de su masa, su densidad, su módulo de elasticidad, etc.

Los ruidos se producen cuando esa vibración coincide con una frecuencia propia de algún elemento de los que compone el sistema, bien puede ser el portapastillas, la pinza, la mangueta... esto quiere decir que los ruidos si bien están causados por la fricción entre discos y pastillas, estos son simplemente los excitadores del sistema.

Recordemos que para que se produzca un ruido necesitamos 3 elementos fundamentales, estos son: el excitador, el resonador y el propagador. Al igual que cuando cualquiera de nosotros habla, el excitador son nuestras cuerdas vocales que vibran produciendo ondas en el aire, que es el propagador, teniendo como resonador nuestra laringe. En el caso del sistema de freno el excitador son las pastillas que produce las vibraciones sobre el disco, que suele ser el resonador y lo que no varía es el propagador que sigue siendo el aire.

El ruido es una de los principales problemas del sistema de frenos, ya que, puede llegar a ser impredecible. En muchos casos el ruido se produce en una determinada serie de un modelo mientras que en la siguiente serie de nº de chasis del mismo modelo no se produce. Existe la posibilidad que pequeños cambios en los hábitos de conducción, estado de carga o condiciones medio ambientales dan lugar a la aparición de chirridos.

¿Cómo evitar que se produzca el ruido? Los desarrollos iniciales de las formulaciones, están encaminados a que este y otros efectos indeseables no aparezcan. Pero el rango de factores que afectan a este efecto, obliga a tomar otro tipo de medidas, ya que aunque en su inicio el material no produzca ruido, puede que el estado de los discos, de las suspensiones, de las rotulas, etc. haga que este aparezca. Para evitar esto, los fabricantes introducen láminas anti – ruido. Estos elementos evitan que las vibraciones se propaguen a través del portapastillas. En muchos casos éstos elementos cumplen su función pero no son suficientes ya que la aleatoriedad del suceso hace que aún con estos elementos preventivos continúe dándose este problema en algunos casos. En otras ocasiones se intenta modificar el comportamiento de la pastilla frente a las vibraciones por medio de la variación de la superficie de contacto con el disco, es

decir, lo que se realizan son canales, ranuras o chaflanes, que además de servir para la eliminación de partículas y refrigeración, consiguen que varíe el modo de vibración con lo cual puede conseguir que no surja el ruido.

La amplitud de un sonido tendría que medirse como una variación de presión en el aire, pero el oído humano tiene respuesta casi logarítmica, con lo cual no podríamos hablar en términos de variación de presión totales. Por eso se crearon las unidades de presión denominadas decibelios, que representan variaciones de presión de aire en escala logarítmica. El oído humano puede percibir desde 30 dB hasta 140 dB, empezando en 120 dB el umbral del dolor.

El hecho de que la respuesta fisiológica del oído humano sea logarítmica supone que amortiguadores de ruido del orden del 50 % al nivel mecánico, sobre un nivel de referencia de 100 dB solo represente un descenso en la percepción del ruido de 3 dB o de un 3 %. Dicho ejemplo ilustra claramente lo difícil que resulta la atenuación de ruidos no solo en el campo específico del freno sino en cualquier otro área en la que se pretendan atenuar los ruidos.

En la siguiente tabla vemos como va creciendo la potencia requerida para escuchar un sonido a unos determinados decibelios, a un metro de distancia y si la onda tiene una frecuencia de 1000 ciclos por segundo. Si partimos de un altavoz estándar que con 1 W de potencia consigue que escuchemos la música a 90 dB, estando situados nosotros a 1 m del altavoz, obtenemos la siguiente tabla.

Decibelios	Potencia necesaria
90 dB	1 W
93 dB	2 W
96 dB	4 W
99 dB	5 W
102 dB	16 W
105 dB	32 W
108 dB	64 W
111 dB	128 W
114 dB	256 W

Nivel de referencia

Como se puede observar en la tabla anterior, para aumentar la sensación fisiológica del nivel acústico, por ejemplo, de 102 dB a 108 dB, supone únicamente un aumento en la sensación acústica de un 5% (6 dB). Sin embargo, esto requiere incrementar la potencia de 16 W a 64 W, o lo que es lo mismo, un incremento de la potencia del 200 % (48 W).

En el caso de necesitar reducir la sensación acústica, es decir si lo que necesitamos es amortiguar el ruido, el comportamiento es exactamente el mismo que el descrito anteriormente para hacerlo crecer. De ahí, lo difícil que resulta atenuar los ruidos, ya sea de tipo general o específicamente del sistema de freno.

El porqué de dicho comportamiento del oído humano reside en que su respuesta biológica es logarítmica y por lo tanto, importantes variaciones de presión (SPL) se traducen en pequeñas variaciones en la sensación acústica.

A continuación se describen los diferentes tipos de ruido que se pueden producir en un sistema de freno.

GROAN: Denominado “*gruñido*” se produce a baja frecuencia, cuando el vehículo se desplaza a muy baja/media velocidad y accionamos los frenos con baja presión. Es un tipo de ruido grave muy fácil de detectar en entradas en los garajes o en circunstancias de tráfico lento. Suele ser un ruido no detectado por los usuarios y muy frecuente en vehículos dotados de cambios automáticos.

JUDDER: Como ya vimos en el capítulo que dedicamos a las vibraciones, el *judder* es una vibración que puede convertirse en ruido audible. Al igual que el groan es un tipo de ruido grave que no suele ser detectado por el usuario al no ser que sea un judder muy grave que introduzca vibraciones en el volante, en el pedal del freno o en la carrocería.

SQUEAL: Este tipo de ruido es el más conocido por todos los usuarios de los vehículos. Vulgarmente se le conoce como “*chirridos*”, se producen cuando la frecuencia de vibración de la pastilla contra el disco es lo suficientemente alto. Este tipo de ruido es agudo, muy molesto para el oído humano. Existe una variedad de squeal denominado HF Squeal (High Frequency Squeal) o “*chirrido de alta frecuencia*” que se produce a mayor frecuencia y es un ruido muy agudo muy alto en decibelios, en torno a 100 dB A, con lo cual bastante molesto para el conductor.

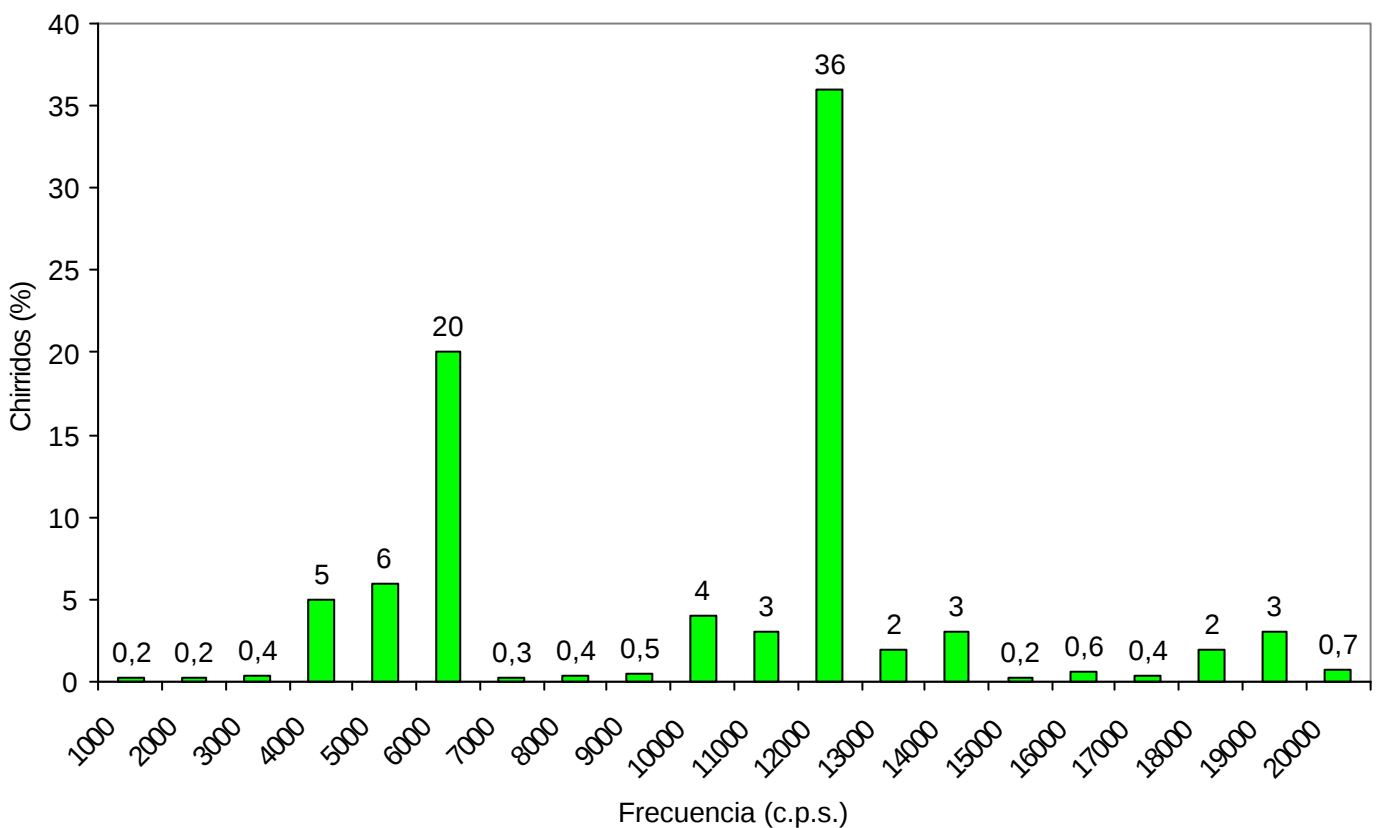
Toda la investigación sobre ruidos, parte de unas bases empíricas que relacionan la compresibilidad, la dureza y el coeficiente de fricción de un material de fricción determinado. Sin embargo, después de una primera aproximación de tipo teórico es necesario un extenso trabajo en el laboratorio sobre la pastilla de freno a fin de optimizar su comportamiento en el banco de ruidos previamente a las pruebas que se realizarán en el propio vehículo.

Los ensayos típicos a realizar sobre varias muestras de un mismo material de fricción, consisten en unas 3000 frenadas por juego, tanto marcha delante como marcha atrás. A presiones, velocidades y temperaturas variables. En el gráfico de la página siguiente podemos ver un histograma sacado de un ensayo del banco de ruidos, en el cual se ve la frecuencia a la que se produce el ruido y el porcentaje de veces que se ha producido ruido a esa frecuencia.

Obviamente dichos ensayos son muy lentos y por lo tanto costosos, pero permiten optimizar el material de fricción de forma tal que reducen sensiblemente los ensayos sobre vehículo.

Existen sin embargo tipos de vehículos o sistemas de freno en los cuales la optimización solo es posible parcialmente y por lo tanto es necesario recurrir a la instalación de juntas anti - ruido en la pastilla de freno lo cual no solo mejora dicho problema, sino que reduce la transferencia de calor al caliper y al circuito hidráulico. De hecho, una gran mayoría de vehículos de última generación incorpora dichas juntas anti – ruido como la única garantía posible de resolver o al menos mejorar dicho problema.

Histograma de chirridos



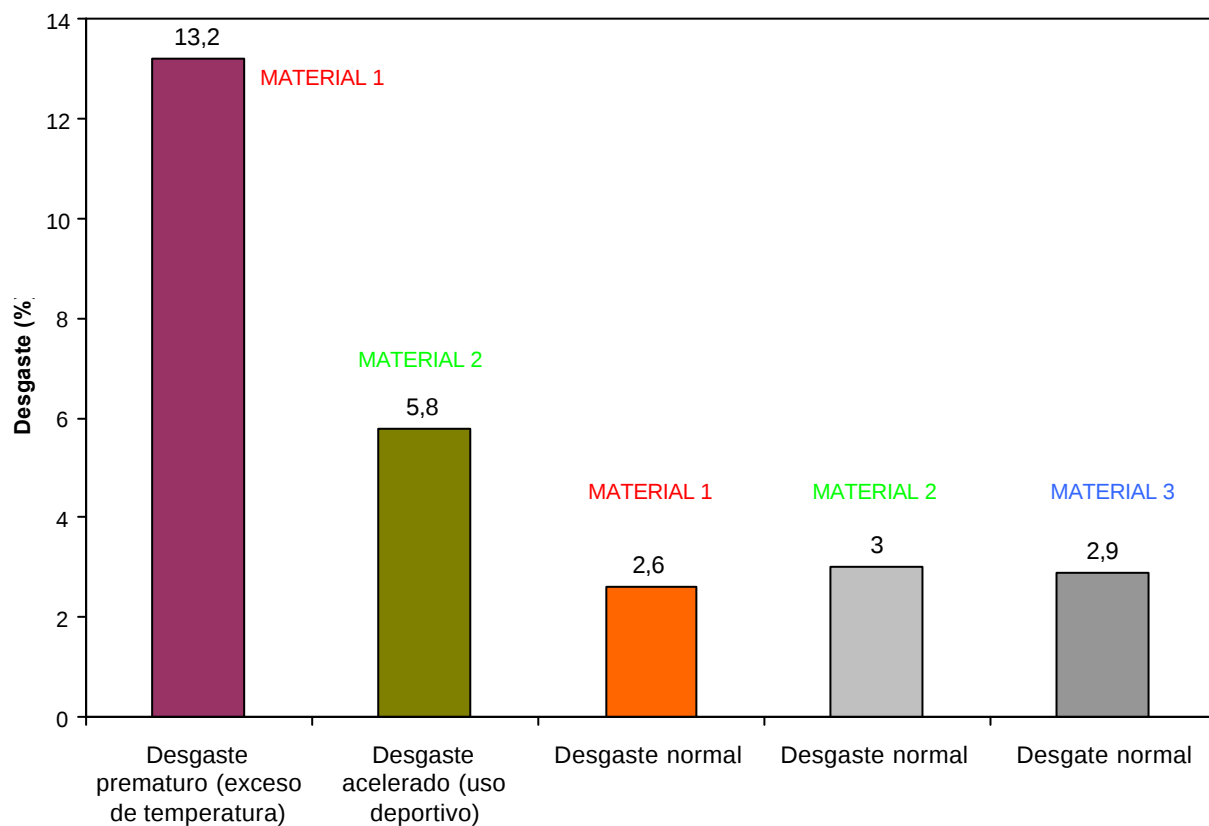
Histograma de la máquina de ruido. Representa la ocurrencia del chirrido y las veces que se produce.

Se puede observar que el material de fricción bajo ensayo de ruidos, presenta en este caso dos frecuencias, a 6000 c.p.s. y 12000 c.p.s., en las que los porcentajes de ocurrencia de chirridos, presentan picos del 20% y 36% respectivamente mientras que en otras zonas del espectro acústico, los porcentajes son mucho menores o incluso inexistentes.

DESGASTES PREMATUROS

El problema del desgaste prematuro está muy relacionado con problemas de recalentamiento y alta temperatura en el sistema de freno o también por el uso de pastillas de freno de baja calidad. En la mayoría de los casos cuando se abusa excesivamente de los frenos y estos trabajan durante mucho tiempo en temperaturas superiores a 450°C, hace que el material de fricción se adhiera al disco (en casos de pastillas de freno de baja calidad) provocándose desgaste irregulares. Comienzan a aparecer grietas en el material de fricción que con el paso del tiempo podrán ser el inicio de pérdida de masa del material. Otra de las causas que pueden provocar un desgaste prematuro de las pastillas se produce cuando durante el proceso de fabricación la distribución de la mezcla, durante el prensado, no ha sido todo lo homogénea que hubiese sido necesario.

En el apartado de desgastes prematuros, y dejando al margen aquellas pastillas de freno de calidad insuficiente, la clave es el correcto funcionamiento del caliper, pues presiones residuales (después de liberar la presión del circuito) superiores a las necesarias para mantener el contacto pastilla / disco (par residual) suponen un calentamiento progresivo del sistema con los efectos consiguientes de incremento del desgaste con la temperatura.



Comparativa de desgaste de diferentes materiales.

Dada la importancia del fenómeno descrito, resulta imprescindible el comprobar dicho par residual girando la rueda libremente y observando que no existe resistencia a la rodadura. En caso contrario, se debe proceder a una revisión total del caliper.

Pueden, también, aparecer desgastes prematuros en aquellos vehículos cuyo conductor tiene el hábito de conducir con el pie sobre el pedal de freno en descensos largos aunque sea con baja presión, con la intención de simplemente ir reteniendo el vehículo.

En la gráfica anterior se comparan valores de desgaste medio de diferentes materiales. Se representa el desgaste en porcentaje para el mismo número de kilómetros realizados, con el mismo vehículo y diferentes materiales. La vida de un material de fricción es un valor muy relativo, ya que depende mucho del estado del sistema, así como del tipo de conducción que se haga.

Como se puede observar, según las cifras del cuadro, los desgastes por efecto de la temperatura pueden suponer reducciones en la vida útil de las pastillas de freno superiores al 300 %. Mientras que para un usuario normal dicho efecto tiene un impacto moderado, para ciertos vehículos o conductores profesionales es recomendable montar exclusivamente calidades contrastadas.

En la gráfica anterior podemos observar como para un mismo material (material 1), dependiendo del tipo de conducción el desgaste es diferente. En el primero de los casos el material fue testado en una furgoneta de reparto que realizaba una ruta, en la cual debía de hacer frente a un terreno escarpado, con muchos puertos de montaña y además el conductor abusaba en exceso del freno. En el segundo ensayo con el material 1, con la misma furgoneta y haciendo la misma ruta, pero con un conductor el cual retiene el vehículo con el motor, además su velocidad era bastante más lenta. En el segundo ensayo con el material 2 realizando una conducción deportiva, es decir, apurando las frenadas de forma que la presión en el circuito siempre sea muy alta, para conseguir deceleraciones muy elevadas, con lo cual la temperatura de funcionamiento es muy elevada y de ahí la pérdida de material. Sin embargo con el mismo vehículo pero una conducción normal el porcentaje de desgaste de las pastillas ha sido menor llegando a diferencias en el desgaste del orden del 100%. En el tercer material el comportamiento del conductor es normal, con lo cual los desgastes se encuentran dentro de los valores aceptables.

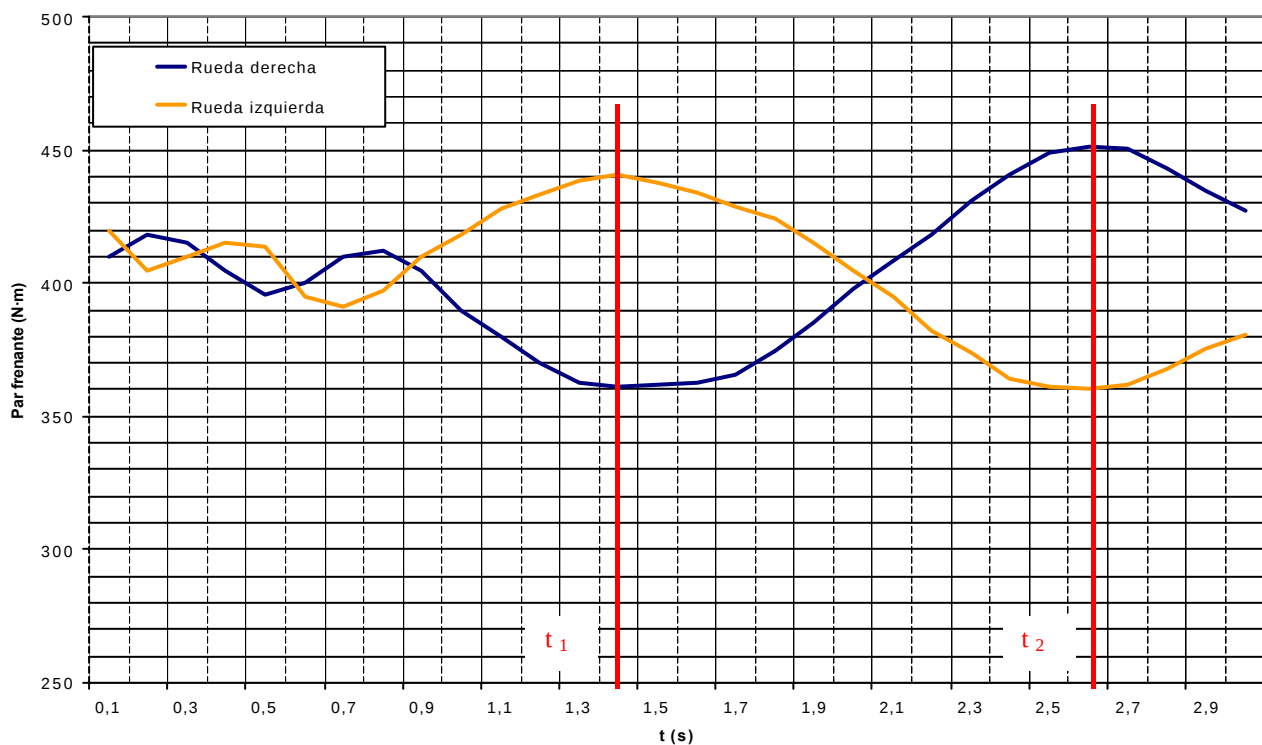
PULLING

El efecto “pulling” indica el fenómeno de oscilación de coche durante una frenada o deceleración media / fuerte hacia un lado y después al otro. Este fenómeno no se debe a una avería en el sistema de freno sino a unas malas prestaciones del material de fricción.

La oscilación del vehículo se debe a que los pares frenantes de las pastillas no son constantes durante una revolución de la rueda, sino que van variando por un mal desarrollo del material de fricción.

Como obviamente dicho defecto no está sincronizado en las dos ruedas, se produce un efecto de frenado diferente en cada rueda que da lugar a fuerzas laterales sobre el vehículo que obviamente modifican la trayectoria del mismo apartándola de la línea recta en forma de ondulación.

En la siguiente gráfica podemos comprobar como van variando los pares frenantes de las ruedas. Se ve como en el comienzo de la frenada existe una zona transitoria hasta que se alcanza un buen contacto entre el disco y la pastilla y la presión alcanza un valor constante. Una vez alcanzado el “equilibrio” vemos como los pares de ambas ruedas son diferentes, es decir, en t_1 el par frenante de la rueda derecha es de 360 N·m, mientras el par en la rueda izquierda es de 440 N·m, con lo cual el vehículo presentará una inestabilidad direccional que hará que se vaya hacia la izquierda. Se puede observar en la gráfica que esto sigue variando con el paso de la frenada, vemos que en t_2 , el par frenante de la rueda izquierda ha caído hasta un valor de 360 N·m mientras que la rueda derecha el par frenante ha crecido hasta un valor de 450 N·m, con lo cual el vehículo se irá hacia la derecha. Este efecto indeseable se conoce como PULLING.



Gráfica del efecto pulling tomada de ensayos en vehículo.

Hay que entender que el coeficiente de fricción (μ) varía incluso a lo largo de una vuelta de rueda y que normalmente no puede ir sincronizado con las

variaciones del coeficiente (μ) de la otra rueda dando así lugar al problema señalado en la gráfica anterior.

PASTILLAS CRISTALIZADAS

La cristalización de la superficie de las pastillas ocurre durante frenadas a altas temperaturas (450°C – 700°C), como sucede durante descensos de puertos de montañas o durante una conducción muy deportiva con altas deceleraciones. Este problema se presenta principalmente en pastillas de freno con exceso de resina y tecnología de fabricación antigua.

¿Qué ocurre con las pastillas? Cuando el material de fricción se encuentra caliente en contacto con los discos, a temperaturas superiores a 350°C , los contenidos orgánicos del compuesto se queman, llegando en primer lugar al estado líquido hasta producirse la carbonización completa, generando gases y humos.

Durante este proceso de transformación se puede formar en la superficie de la pastilla una película superficial muy fina y brillante, que hace disminuir el coeficiente. Esto hace que las prestaciones del material de fricción sean menores y que la carrera del pedal se haga más larga al disminuir el coeficiente de fricción como consecuencia de dicha película.

Si el material de fricción está bien diseñado, una vez que se enfríen las pastillas, recuperará en unas 50 o 100 frenadas el nivel de prestaciones que tenía en un principio. Es decir, una vez que la capa cristalizada “se limpie” de la superficie de las pastillas, las prestaciones serán parecidas a las iniciales.

En materiales mal diseñados, cuando el coeficiente de fricción baja a niveles de aproximadamente $\mu=0,10$, estas prestaciones no se recuperaran. Esto lo comprobaremos porque el pedal estará muy duro, con una sensación de falta de frenado aunque nos apliquemos con mucha fuerza sobre el pedal. Cuando desmontamos las pastillas veremos la película con aspecto cristalizado en la superficie. Normalmente este problema suele ir acompañado de un nivel importante de chirridos.

El material de fricción en estas condiciones es totalmente irrecuperable por lo que resulta imprescindible el cambio de pastillas de freno.