



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

MATERIA
Vibraciones mecánicas

**“Estudio de las vibraciones en
herramientas de mano”**

PRESENTA:

Jorge Daniel Carreón Guzmán
Número de control: 19120266

PROFESOR:

Janet Beltrán Gonzáles

Objetivos

Decidí hacer esta investigación enfocada a el estudio de las vibraciones mecánicas en las herramientas de mano ya que llevo algunos meses trabajando en un negocio de comedores de madera reciclada.

El punto principal por el cual estoy interesado en estudiar esto, es porque en el taller tienden a descomponerse muy rápidamente las herramientas eléctricas, ya que se levanta mucho aserrín y polvo, que entran en su funcionamiento y que al paso de algunas semanas tienden a hacer corto, o se calientan muy rápido, o simplemente se reduce la eficiencia de dichos instrumentos.

Como ingeniero mecatrónico, me gustaría pasar toda la teoría aprendida en clase a la práctica, por lo que con el estudio de las vibraciones mecánicas se podría encontrar fallas en las herramientas, antes de que estas ocurran.

Como otros objetivos derivados a la resolución de este problema sería el aprender a dar mantenimiento a herramientas eléctricas y reducir costos evitando comprar nuevos instrumentos.

Marco Teórico

Antecedentes

A continuación, les daré las definiciones de las herramientas utilizadas en el negocio para poder comprender mejor la información que se abordará en la investigación.

Pulidora: es un equipo de trabajo que se utiliza para afinar las superficies de diferentes materiales conforme a el movimiento rotatorio de un material abrasivo, en este caso lijas.

Cortadora de disco: Es el equipo de trabajo portátil que se utiliza para cortar determinados materiales mediante el movimiento rotatorio de un disco abrasivo. Diferenciamos tres tipos:

- Fresadora de hormigón: para realizar cortes en el hormigón.
- Tronzadora: para cortar barras de metal.
- Rozadora: para realizar surcos en el hormigón.

Atornillador eléctrico: El atornillador eléctrico es una herramienta eléctrica especial diseñada para atornillar y desatornillar tornillos, tuercas y otros medios de sujeción. El atornillador eléctrico es una herramienta muy útil que nos ahorra mucho esfuerzo y hace que las reparaciones sean más fáciles.

Sierra sable: es una herramienta muy utilizada al momento de cortar materiales de diferente resistencia, como materiales blandos o piezas pequeñas. ... Se denomina sierra sable porque la posición de la hoja se asemeja a la de un sable.

Como podemos observar, cada una de estas herramientas tienen un movimiento rotatorio definido ya sea en su principal función (como en la pulidora, cortadora y el taladro), además de un movimiento rotativo en su motor, lo que a su vez va a generar vibraciones, donde las formas de onda de estas son calculables con leyes de Fourier.

Bases teóricas

Las RPM, o revoluciones por minuto, indican la cantidad de giros completos que puede realizar un objeto o cuán rápido éste puede girar. La fuerza que el motor aplica a un objeto para hacerlo girar se denomina torque.

Torque: Es la fuerza aplicada que causa que una armadura o un eje giren. Para un motor, donde la fuerza es perpendicular, la ecuación es $T = F * R$. F es la fuerza en libras y R es el radio o distancia en pies. T algunas veces es representada por la letra griega Tau. En unidades británicas el torque normalmente se mide en libras/pie o lb/pie.

Caballo de fuerza o HP (horsepower): Es una medida del trabajo realizado en un determinado período de tiempo. En unidades británicas es lb-pie / s, donde s está en segundos y se calcula en 550 lb-pie / s, o 33.000 lb-pie / minuto.

El National Institute for Working Rife (NIWL), de Suecia, ha elaborado y mantiene actualizada una base de datos sobre los niveles de vibración medidos en diversas máquinas de uso manual. Un inconveniente de esta base de datos es que la mayoría de los resultados se corresponden con valores declarados por los fabricantes, o con valores obtenidos en condiciones de laboratorio. Puede consultarse fácilmente en Internet.

El análisis de vibraciones en el dominio del tiempo puede monitorear los niveles de vibración. Los límites de vibración de operación aceptables se pueden predefinir a través del historial de operación y mantenimiento a largo plazo o mediante referencias a los estándares establecidos. Si se supera el límite, esto podría deberse a que el estado general de salud de la máquina se está deteriorando y se han desarrollado defectos.

El análisis de vibraciones en el dominio de la frecuencia se destaca en la detección de patrones de vibración anormales. Por ejemplo, una grieta que se ha desarrollado en la pista exterior de un rodamiento de rodillos dará lugar a colisiones periódicas con los rodillos del rodamiento. En la forma de onda del tiempo, esta información suele estar oculta y enmascarada por la vibración de otras fuentes. Al estudiar el espectro de frecuencias, se puede descubrir la periodicidad de las colisiones y así detectar la presencia de fallas en los cojinetes.

A continuación, se muestra un ejemplo de cómo se ven la aceleración, el desplazamiento y la velocidad en la misma señal. Puede ver algunos picos en las mismas frecuencias, pero cada uno tiene diferentes amplitudes. Esta es una buena imagen de cómo cada parámetro asigna una importancia diferente a los rangos de frecuencia.

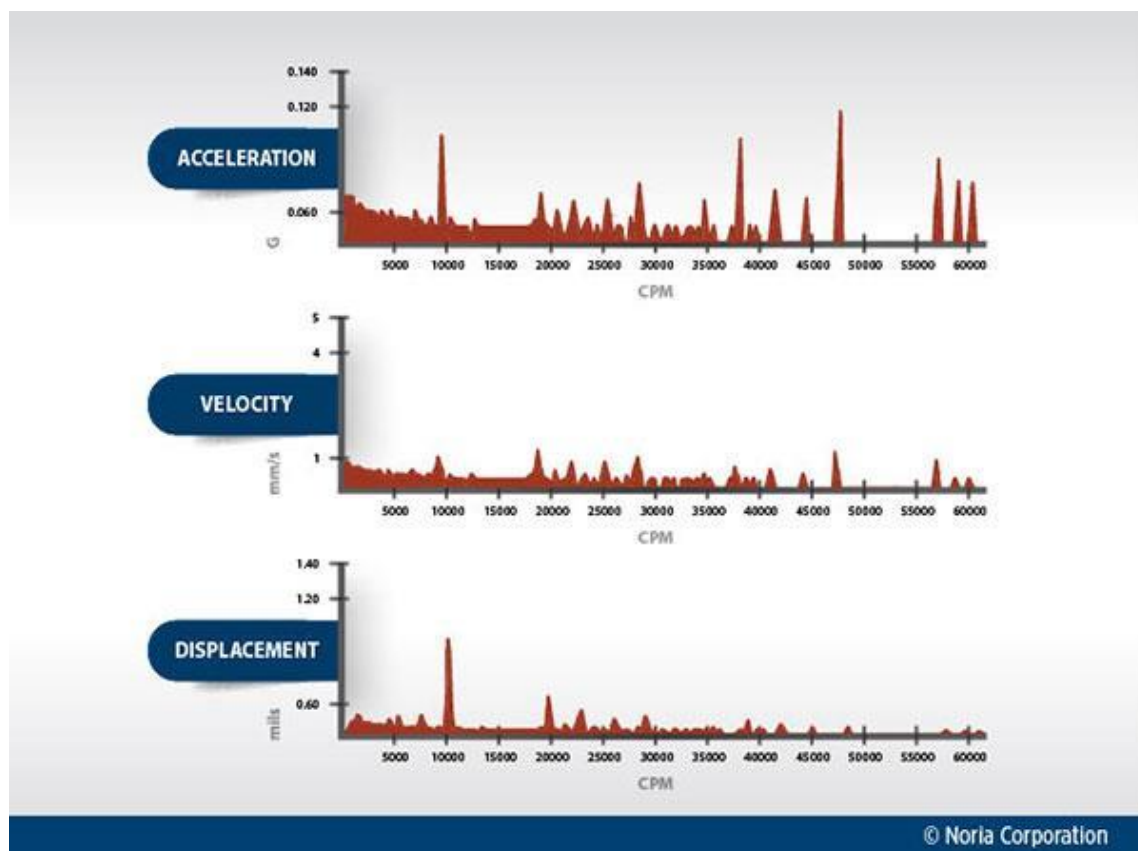


Ilustración 1. Forma de onda de la velocidad, aceleración y desplazamiento de una máquina eléctrica

Conceptos claves: Vibraciones, herramientas eléctricas, pulidora, cortadora de disco, atornillador eléctrico, sierra de sable, RPM, torque, caballo de fuerza.

Material y equipo

Este apartado lo dedicaré a describir y comentar las características principales de los aparatos de medición empleados durante la fase experimental del proyecto de investigación, ciertas particularidades de los mismos, así como los métodos de toma y registro de muestras.

En esta etapa del proyecto aún no tengo bien definida la metodología, por lo que los materiales a utilizar pueden cambiar en otra etapa más adelante.

Ahora por lo que estuve investigando, los materiales a utilizar serán:

- Las herramientas básicas a examinar como lo son: La pulidora, la cortadora de mano, el taladro y el zozo.
- Analizador de vibraciones modelo 2239-B; es un equipo dedicado y especialmente diseñado para la medición de las vibraciones mano-brazo.
- 1 acelerómetro
- 1 multímetro

Metodología

La forma en que tengo planeado realizar la experimentación de este proyecto es el poner en uso las herramientas eléctricas que utilizamos en el taller, para calcular sus vibraciones y observar un valor promedio en estas. De forma que cuando hagamos nuevamente un estudio y observemos picos en las gráficas, observar una falla en este para así evitarlas antes de que sucedan.

¿Cómo lo haré?

1. Primero que nada, debo determinar la eficacia, la corriente y el voltaje del motor con ayuda del multímetro, con la herramienta encendida. Una vez que tiene las medidas, calcular los caballos fuerza del motor: $HP = \text{Voltaje} \times \text{Corriente} \times \text{Eficiencia} / 746$. Esto determinará la potencia del motor.
2. Determinar la velocidad y el par del motor. Para esto debo usar la siguiente formula: Esta es $RPM = HP * 5252 / T$. Donde T es la tensión y su ecuación es $T = F * R$. F es la fuerza en libras y R es el radio o distancia en pies.

3. Teniendo las RPM es fácil determinar su forma de onda ya que esta tiene una frecuencia en función del tiempo, es fácil calcular el periodo y los ciclos. Por lo que podría graficar su onda en internet.

Una vez hecho los cálculos experimentales, podría comprobar la forma de onda con un analizador de vibraciones modelo 2239-B; es un equipo dedicado y especialmente diseñado para la medición de las vibraciones mano-brazo. Incorpora en un solo módulo la instrumentación para el tratamiento y lectura de la señal del transductor, así como los filtros de ponderación en frecuencia. El equipo tiene capacidad para registrar y almacenar los valores equivalentes de aceleración, tanto lineales como ponderados.

Finalmente, con el acelerómetro ha sido el modelo 4505-A; se trata de un dispositivo mono axial, por lo que solamente registra la vibración en una única dirección, lo que obliga a realizar las medidas de forma secuencial en cada uno de los ejes de referencia, cambiando su posición en cada medida.

Es importante aclarar que aún estamos en una etapa muy temprana del proyecto, por lo que cualquier parte de la metodología puede estar sujeta a cambios.

Desarrollo

Ya estando en la realización del proyecto me di cuenta de que el realizar este proyecto en base a mis objetivos planteados en un inicio no me es posible, ya que se necesitan de algunos instrumentos que no están a mi disposición, como lo es el acelerómetro y el vibrómetro, instrumentos de medición de ondas que son caros.

Algo que si está a mi disposición y va relacionado con el proyecto es el calcular la forma de onda del taladro que utilizamos en el trabajo.

Básicamente haré lo mismo, solamente saltándome los pasos del vibrómetro y el acelerómetro. A continuación, explico como realizaré el proyecto.



Ilustración 2. Herramienta de estudio para el proyecto

Esta es la herramienta que usaremos de estudio para las bases del proyecto. Lo que se pretende hacer es calcular su forma de onda en base a su frecuencia. Para hacer esto tenemos que ir al manual del instrumento a tratar

CARACTERÍSTICAS	
ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
Capacidad del portabrocas.....	13 mm (1/2 pulg.)
Interruptor.....	Velocidad variable e invertible (VSR)
Golpes por minuto.....	0-48 000 GPM
Velocidad en vacío.....	0-3 000 r/min (RPM)
Corriente de entrada:	
HD420.....	120 V~, sólo corr. alt., 60 Hz, 4,2 A
HD4201.....	120 V~, sólo corr. alt., 60 Hz, 600 W

Ilustración 3. Características del taladro

Una vez en las especificaciones del producto podemos observar varios factores, como lo es la potencia, corriente y voltaje de entrada. Vemos que la frecuencia es de 60 Hz, pero es importante mencionar que esta es la frecuencia de la corriente, pero lo que estamos intentando calcular es la frecuencia de revoluciones del taladro. Como podemos ver tiene una velocidad al vacío de 0-3000 RPM, y es lo que utilizaremos para calcular la frecuencia.

Daniel Carrión

TEMA

FECHA

$$3000 \text{ RPM} = 3600 \text{ rev} = 60 \text{ s}$$

Cada 1 segundo, el taladro da 50 Rev del rotor.

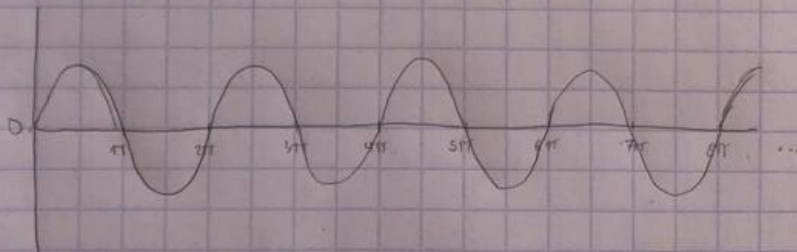
$$\frac{3000}{60} = 50 \text{ APS}$$

Por lo tanto

$$F = 50 \text{ Hz} \text{ o } \frac{1}{s} = \text{Frecuencia}$$

$$T = \frac{1}{50 \text{ Hz}} = 0.02 \text{ s} = \text{Período en completar una rev}$$

La forma de onda sería algo así.



Podemos ver que parte del reposo y en 2π completa un ciclo y se repite. A este tipo de onda se le llama sinusoidal.

Habiendo deducido esto, utilizaremos las leyes de Fourier para saber cuál es la amplitud máxima y mínima y así encontrar sus picos en la gráfica.

Ilustración 4. Cálculos analíticos

Serie de Fourier. Método numérico.

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos w_n t + b_n \operatorname{sen} w_n t)$$

Donde:

$$w = \frac{2\pi}{\tau} \quad w_n = nw$$

$$a_0 = \frac{2}{\tau} \int_d^{d+\tau} x(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{\tau} \int_d^{d+\tau} x(t) \cos w_n t dt$$

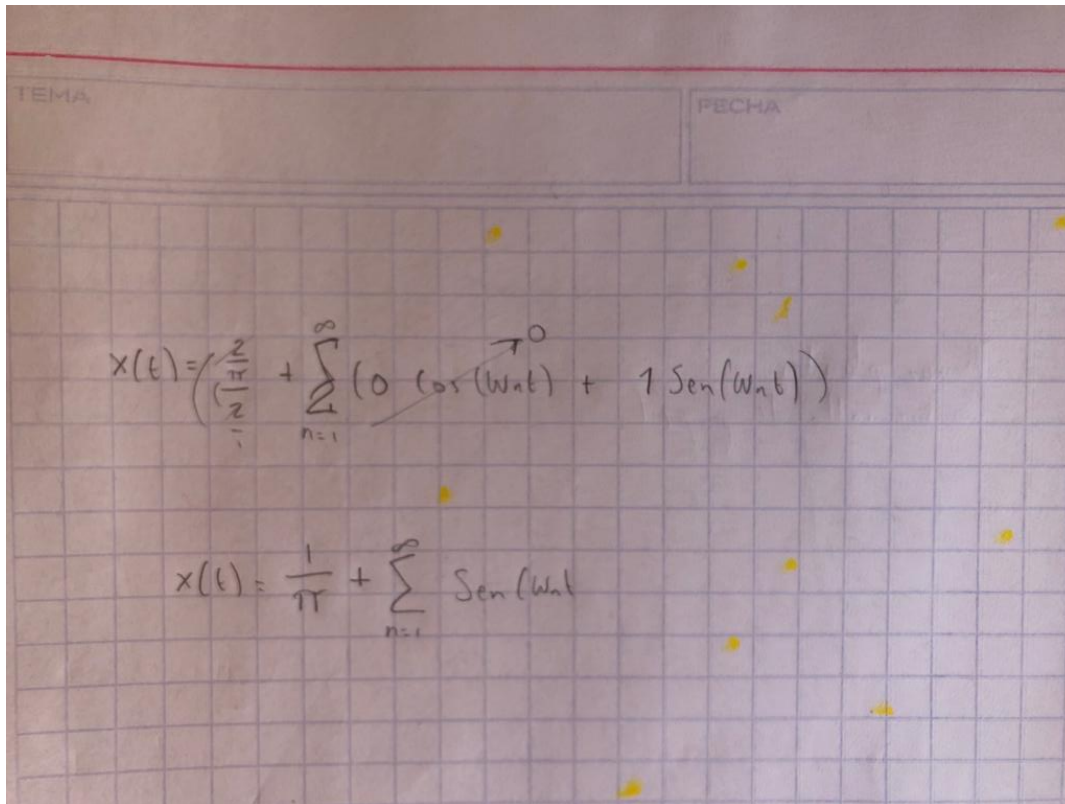
$$b_n = \frac{2}{\tau} \int_d^{d+\tau} x(t) \operatorname{sen} w_n t dt$$

Ilustración 5. Formulas series de Fourier

$x(t) = 1 \cdot \operatorname{sen}(t)$ $(0 \leq t \leq 2\pi)$ $f = 50 \text{ Hz}$
 $\tau = 2\pi$
 \rightarrow Tiempo en seg \rightarrow comp \rightarrow seg \rightarrow seg
 $w = \frac{2\pi}{\tau} = 1$ $w_n = w$
 $a_0 = \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \operatorname{sen}(t) dt = \frac{1}{\pi} \left[-\cos(t) \right]_0^{2\pi} = \frac{1}{\pi} (-\cos(2\pi) + \cos(0))$
 $a_0 = \frac{1}{\pi} (1 + 1)$ $a_0 = \frac{2}{\pi}$
 $a_n = \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \operatorname{sen}(t) \cos(w_n t) dt$
 $a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\operatorname{sen}^2(t)}{2} dt = \frac{1}{\pi} \left(\frac{\operatorname{sen}^2(2\pi)}{2} - \frac{\operatorname{sen}^2(0)}{2} \right)$
 $a_n = \frac{1}{\pi} (0)$ $a_n = 0$
 $b_n = \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \operatorname{sen}(t) \operatorname{sen}(t) dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\operatorname{sen}(2t) - 2t}{4} dt$
 $b_n = \frac{1}{\pi} \left[-\frac{\operatorname{sen}(4\pi) - 4\pi}{4} + \frac{\operatorname{sen}(0) - 2(0)}{4} \right] \rightarrow b_n = \frac{1}{\pi} \left(-\frac{-4\pi}{4} \right)$
 $b_n = \frac{1}{\pi} (\pi) = \frac{\pi}{\pi}$ $b_n = 1$

Ilustración 6. Cálculos de los coeficientes necesarias para las leyes de Fourier

Con los coeficientes obtenidos solamente sustituimos en la formula general y obtenemos lo siguiente:



Handwritten formula on graph paper:

$$x(t) = \left(\frac{2}{\pi} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \left(0 \cos(n\omega t) + 1 \sin(n\omega t) \right)$$

$$x(t) = \frac{1}{\pi} + \sum_{n=1}^{\infty} \sin(n\omega t)$$

Ilustración 7. Serie de Fourier obtenida

Finalmente, solo tenemos que meterla a un graficador en línea para encontrar su forma de onda

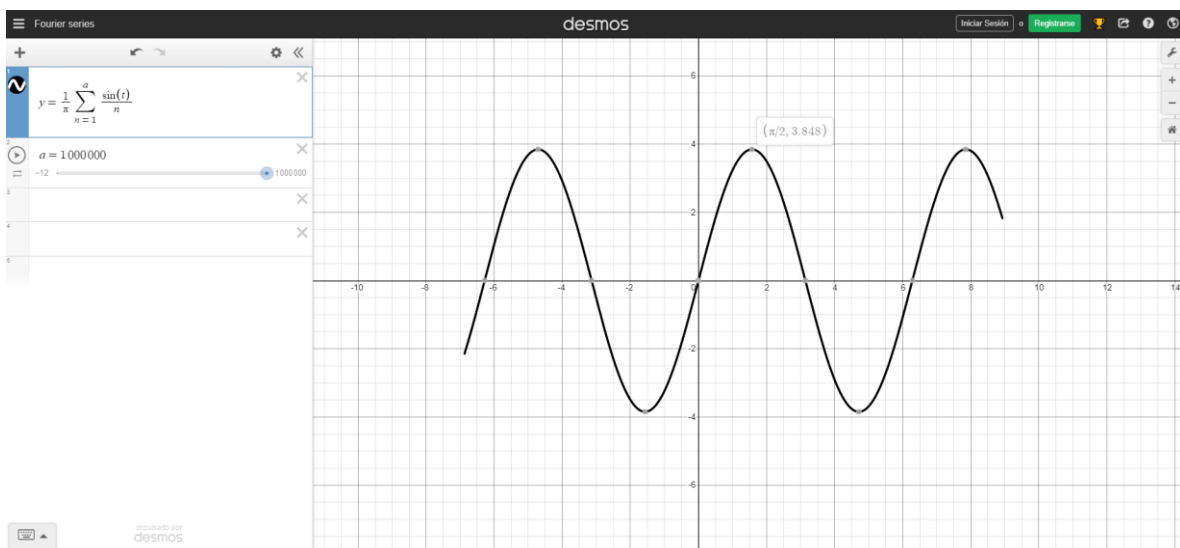


Ilustración 8. Forma de onda del rotor del taladro

Como podemos ver en la gráfica, la amplitud máxima y mínima sería de 3.848. No debemos olvidar que la forma de onda solo abarca 1 ciclo, por lo que habría que multiplicar esa onda por 50 (que es el número de revoluciones en un segundo) para determinar su longitud al cabo de 1 segundo.

Referencias

- Kim Lewis. (2017). Cómo calcular las RPM de un motor. 21 de julio del 2017, de PURO Motores Sitio web: <https://www.puromotores.com/13075291/como-calcular-las-rpm-de-un-motor>
- Jonathan Trout. (2018). Vibration Analysis Explained. 13 de agosto del 2018, de Noria Corporation Sitio web: <https://www.reliableplant.com/vibration-analysis-31569>
- IDEARA, SL. (2014). VIBRACIONES MECÁNICAS. FACTORES RELACIONADOS CON LA FUENTE Y MEDIDAS DE CONTROL. 2014., de Confederación de Empresarios de Pontevedra (CEP) Sitio web: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fidearainvestigacion.es%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F10%2FGUIA_vibraciones-mecanicas_final_baixa-calidade.pdf&clen=2591564&chunk=true
- José María Santurio Díaz. (2006). ESTUDIO DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MANO-BRAZO EN EL TRABAJO CON MÁQUINASHERRAMIENTA PORTÁTILES. . mayo del 2006, de Instituto asturiano de prevención de riesgos laborales Sitio web: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.iaprl.org%2Fcomponent%2Fjfile%2Fdownload%2FMDcwYmQxNzIxYWJjNWQxMmMyMWYwNWVkZGQ1OTQxNDY%3D%2Fvibraciones-en-maquinas-herramientas-portatiles-pdf&clen=2900459
- <http://www.automotriz.mobi/coches/cars-trucks-autos/other-autos/112554.html>