

BANCO DE PRUEBAS PARA MOTORES ELÉCTRICOS Y DE COMBUSTIÓN

INTERNA

5 **CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se relaciona con bancos de pruebas para la industria automotriz y de aviación.

RESUMEN

10

La presente invención está dirigida a un banco de pruebas acoplado a un sistema de freno tipo Prony que permite la caracterización de motores de combustión interna hasta de 55 hp y motores eléctricos hasta de 60 W. El banco de pruebas cuenta con un sistema de freno tipo Prony compuesto por un freno de disco, mordaza hidráulica, bomba hidráulica, bocín y eje de transmisión. A su vez, este se encuentra acoplado a una estructura metálica móvil que permite variar la altura del sistema de freno de acuerdo a la disposición del motor de prueba. Adicionalmente, el banco cuenta con instrumentos de medición tales como, tacómetro, dinamómetro, sensor de flujo de combustible, sensor de medición de gases.

20

ESTADO DE LA TÉCNICA

A lo largo de la historia se han desarrollado distintos métodos y herramientas que permiten encontrar parámetros de operación de los motores. Según (Córdova Morales, 2013) las pruebas experimentales son las que permiten obtener la información necesaria para encontrar las características operacionales del motor, donde las principales pruebas que se realizan en éste, son para obtener valores de presión, temperatura, potencia desarrollada y consumo de combustible en los motores de combustión interna, y en el caso de los motores eléctricos se obtiene el par generado, valores de corriente y voltaje.

30

Dado que una de las variables más importantes para obtener las curvas características de los motores es el par generado, el cual puede medirse de forma directa acoplando el motor a un elemento capaz de absorber y disipar la energía

entregada por el motor, pudiéndose medir el par al frenado que será equivalente al par efectivo del motor, una vez que el conjunto tenga un funcionamiento estable. Este método, a pesar de requerir mayores recursos es el más utilizado puesto que permite obtener datos para distintas condiciones al regular el nivel de carga del motor.

Por otro parte, los tipos de frenos que aplican el método directo, suelen utilizar un elemento que ofrece resistencia al motor, el cual consta esencialmente de un rotor acoplado directamente al volante de inercia del motor y un estator balanceado respecto a este. Dicho elemento, permite medir el par, a partir de un brazo que es conectado directamente al medidor de fuerza. A partir de este concepto, se han desarrollado distintos tipos de sistemas de freno que permiten conocer el par generado por el motor. Algunos de los tipos de freno son: neumático, mecánico, hidráulico, eléctrico y dinamométrico. Cada uno de ellos hace uso de diferentes dispositivos que le permiten funcionar.

Estos tipos de freno han llegado a implementarse en distintos bancos de pruebas que permiten obtener las curvas características de un motor. Algunos de estos son flexibles de tal forma que pueden llegar a servir para caracterizar múltiples motores, y se encuentran únicamente limitados por el rango de potencia de los mismos. Estos bancos de pruebas suelen tener varios sensores o transductores que le permiten adquirir cierta cantidad de datos y actuadores para controlar el estado del motor.

En cuanto al desarrollo de estos bancos de pruebas, en la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Bucaramanga, se diseñó y construyó un banco de pruebas de un motor Diésel, el cual cuenta con un conjunto de transmisión acoplado al eje del motor, un medidor de flujo que utiliza el método gravimétrico para calcular el consumo de combustible, y un sistema de adquisición de datos que permite encontrar la curva de par en función de la velocidad angular. El sistema de freno utilizado por este banco es tipo tambor, el cual genera fricción por un par de zapatas semicirculares que presionan contra la superficie interna de un tambor metálico que gira con el eje.

En la industria no suelen combinarse los bancos de prueba utilizados para motores de combustión interna alternativos y motores eléctricos, por lo que existen bancos especialmente para estos últimos. Uno de ellos es el banco de pruebas de la empresa Magtrol® el cual emplea un freno de histéresis con dinamómetro, que
5 permite la ausencia de un sensor de par para determinar las fuerzas debidas a la rotación del motor eléctrico (Rodríguez Andrade, 2014). Gran parte de su estructura está fabricada en materiales pesados, con el fin de mitigar los efectos de vibración.

En el campo de las patentes, se conoce el documento CO09-131588 dirigido a un
10 banco de pruebas de elementos eléctricos e hidráulicos de aeronaves con voltaje DC, el cual simula en tierra el funcionamiento de equipos de navegación aeronáutico. Así, este banco de prueba simula el sistema de luz de aterrizaje, el sistema de tapa o ventana para refrigeración del aceite del motor y el sistema de medición de la cantidad de aceite en el motor de una aeronave, con el fin de permitir
15 inspeccionar y reparar en tierra dichos equipos aeronáuticos.

Otro documento es la patente CO09-133818 que reporta un banco de prueba para los inyectores de motores de combustión e inyección que tienen inyectores en la parte interna de los motores de las aeronaves, en donde el banco suministra una
20 herramienta para poder realizar las diferentes pruebas que se deben hacer a los inyectores de motores con el fin de determinar si su funcionamiento es el adecuado para el vuelo. Este banco de pruebas cuenta con secciones de pruebas, control, bombeo y almacenamiento y es usado en motores de combustión.

Adicionalmente, se conoce la patente WO2013087244 que enseña un método y un
25 banco de pruebas para realizar pruebas en motores de inicio utilizando un dinamómetro eléctrico para el motor de combustión interna, en donde el banco comprende una unidad de simulación en la cual se implementa un modelo matemático del motor de combustión interna. Por medio del modelo matemático de
30 los valores medidos de la operación del dinamómetro eléctrico, la unidad de simulación determina un nuevo punto de inicio de carga en cada muestra del control de ajuste, donde el punto de inicio de carga se pasa al regulador.

Se sabe de la patente alemana DE102010025806 que reporta un banco de pruebas para un motor de combustión interna, el cual cuenta con un sistema de arranque y/o carga, un dispositivo de transmisión de potencia para conectar el motor al sistema de arranque y/o carga y un sistema de sensor y evaluación para la adquisición automática y la evaluación de las variables medidas, en donde el dispositivo de transmisión de potencia cubre de forma torsionalmente rígida el motor acoplado al sistema para detectar el torque y el ángulo de rotación.

De otra parte, se tiene el documento EP0340206 que se refiere a un método y un banco de pruebas para determinar las cantidades dinámicas medidas de motores de combustión interna, tal como aceleración, escape, velocidad del motor y torque, en donde el motor a probar se acopla a una unidad de carga y las cantidades medidas del motor se alimentan a una unidad de computador, en donde las mediciones se llevan a cabo gracias a un dinamómetro y una serie de rodillos de prueba.

Se conoce el documento EP0254102 que divulga un dispositivo de prueba, tal como un banco de prueba, para probar motores, en particular motores de combustión interna, y determinar su comportamiento operacional, en donde el dispositivo incluye una máquina eléctrica que se puede conectar con un suministro de energía y se puede operar en modo generador y en modo motor, un mecanismo de cambios cuya tasa de transmisión se puede ajustar y un eje de entrada acoplado con un eje de salida del objeto a probar. Un dispositivo de control sirve para controlar la tasa de transmisión del mecanismo de cambios dependiendo de la situación de carga del objeto bajo prueba.

Se ha realizado además investigaciones como por ejemplo la publicada en <http://papers.sae.org/930512/> titulada "*A Method for the Instantaneous Torque Measurement of Braking or Motoring Machines Under Steady or Transient Operation Using Digital Techniques*" en donde se presenta un sistema digital que permite una determinación experimental en línea del torque instantáneo de motores o de frenos, donde, la cantidad de inercia total bajo movimiento se puede determinar como parte del proceso actual con este método. Con este sistema se pueden mostrar las curvas de desempeño en la pantalla, así como los procedimientos de prueba. El uso de un

computador aumenta considerablemente las posibilidades de facilitar el uso del método y el sistema.

Otra publicación relacionada se encuentra en la dirección <http://umts.iyte.edu.tr/wp-content/uploads/2015/06/145.pdf> titulada “*Test Bench Characterisation and*

Frequency Domain Torsional Model Validation of Transmission Systems and Components” que divulga una metodología experimental usada para caracterizar el comportamiento dinámico de torsión de sistemas y componentes de transmisión de automóviles y los métodos analíticos para simularlos en el dominio de frecuencia.

Así, se divulga un banco de prueba que está compuesto de un motor de inducción para la excitación torsional del sistema y de torque y sensores de posición angular. Las pruebas mencionadas se realizaron el mantener un extremo de la transmisión bloqueada.

En este sentido, se puede evidenciar que en la actualidad no se cuenta con bancos de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna utilizados en aeronaves no tripuladas y/o en automóviles híbridos de bajo consumo de combustible; el objetivo del componente diseñado es obtener los parámetros de operación reales para de esta forma obtener los puntos de funcionamiento en los cuales se consuma la menor energía posible manteniendo la potencia que debe suministrar el componente. Los elementos básicos son sistema de freno tipo Prony compuesto por un freno de disco, mordaza hidráulica, bomba hidráulica, bocín y eje de transmisión, estructura metálica móvil, tacómetro, dinamómetro, sensor de flujo de combustible, sensor de medición de gases, dos baterías de 11 V, un controlador de velocidad, receptor y pack de baterías.

La presente invención consiste en un banco de pruebas acoplado a un sistema de frenado que permite la caracterización de motores de combustión interna hasta 55 hp y motores eléctricos hasta 60 W. El sistema de frenado está compuesto por un freno de disco, mordaza hidráulica, bomba hidráulica, bocín y eje de transmisión. A su vez este se encuentra acoplado a una estructura metálica móvil que le permitirá variar la altura del sistema de freno de acuerdo a la disposición del motor de prueba. Para una fácil y correcta operación del banco se cuenta con manuales de operación y mantenimiento que deben ser consultados regularmente.

Para ensayar motores de combustión interna el banco de pruebas permite instalar instrumentos de medición tales como, tacómetro, dinamómetro, sensor de flujo de combustible y sensor de medición de gases. Para el caso de los motores eléctricos se pueden acoplar dos baterías de 11 V, un controlador de velocidad y receptor.

- 5 Dichos elementos permiten integrarse fácilmente antes de cada ensayo que se quiera realizar en el banco de pruebas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

- 10 La figura 1 muestra una vista isométrica del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2 muestra una vista frontal del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna.

- 15 La figura 3 corresponde a una vista posterior del banco de pruebas para motores eléctricos de combustión interna.

La figura 4 ilustra una vista lateral derecha del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna de acuerdo con la presente invención.

La Figura 5 es una vista en planta del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna de acuerdo con la presente invención.

- 20 La figura 6 muestra la vista inferior del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna de acuerdo con la presente invención.

La figura 7 se relaciona con una vista en perspectiva del ensamble del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna de acuerdo con la presente invención.

- 25 La figura 8 enseña el ensamble del disco y el eje de transmisión del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna de acuerdo con la presente invención.

La figura 9 muestra el ensamble de la mordaza de freno del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna de acuerdo con la presente invención.

- 30 La figura 10 enseña el ensamble del sistema de freno del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna de acuerdo con la presente invención.

La figura 11 muestra el ensamble de soporte de dispositivos del banco de pruebas para motores eléctricos y de combustión interna de acuerdo con la presente

invención en donde se lleva a cabo la invención para un motor de combustión interna.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

5

La presente invención está dirigida a un banco de pruebas acoplado a un sistema de frenado que permite la caracterización de motores de combustión interna hasta de 55 hp y motores eléctricos de hasta 60 W, en donde el sistema de frenado está compuesto por un freno de disco **(3)**, mordaza hidráulica **(5)**, bomba hidráulica **(15)**,
 10 un bocín **(4)** y un eje de transmisión **(10)**, el cual a su vez se encuentra acoplado a una estructura metálica móvil **(2)** que permite variar la altura del sistema de freno de acuerdo a la disposición del motor de prueba.

En el caso de ensayos para motores de combustión interna, el banco de pruebas
 15 de acuerdo con la invención permite instalar instrumentos de medición tales como tacómetro **(23)**, dinamómetro **(22)**, sensor de flujo de combustible y sensor de medición de gases, en donde dichos componentes pueden ser opcionales en el banco ya que son utilizados para mediciones específicas y determinadas para casos puntuales. En este sentido, otros elementos opcionales, por ejemplo, para el caso
 20 de los motores eléctricos, son las baterías, que pueden ser una o más y con un voltaje de 11 V cada una. Elementos adicionales y opcionales al banco de pruebas de la invención son, por ejemplo, un controlador de velocidad y un receptor, en donde dichos elementos se integran fácilmente antes de cada ensayo en el cual se requiera medir alguna condición específica con el banco de pruebas de la invención.

25

Haciendo referencia a las figuras, en la figura 1 se muestra en perspectiva el banco de pruebas de la invención, en donde se aprecia la conformación de los elementos que comprende el banco de prueba, el cual consta de una mesa o elemento **(1)** que puede estar hecha de un material resistente, por ejemplo, hierro, acero inoxidable,
 30 etc., sobre la cual reposa una estructura modular y móvil **(2)** la cual permite regular la altura del sistema de freno, un disco de freno **(3)**, un acople para motor eléctrico **(11)** y acople para motor de combustión interna **(12)**, una base para dicho motor **(16)** y una base para motor eléctrico **(17)**. También se encuentra una base **(24)** que puede sostener un dinamómetro. Este dinamómetro puede ser sujeto de igual

manera a un soporte **(49)** que tiene una extensión o salida **(50)** de la cual activa el dinamómetro instalado.

En la figura 2 se muestra la parte frontal del banco de pruebas de acuerdo con la invención, en donde se muestra el disco de freno **(3)** el cual puede ser de una aleación de zinc, y puede tener una dimensión estándar, por ejemplo, puede tener un diámetro de entre 20 cm y 30 cm, por ejemplo, de 26.5 cm. Esta figura también muestra el bocín **(4)** el cual es un disco de menor diámetro en comparación con el disco de freno **(3)**, en donde el bocín **(4)** tiene agujeros por donde pasa tornillos para asegurar dicho bocín **(4)** a la parte interna del disco de freno **(3)**. El bocín **(4)** puede estar hecho de cualquier material resistente, por ejemplo, acero al carbón y su diámetro puede oscilar entre 10 y 15 cm, por ejemplo 13.3 cm dependiendo del diámetro del disco de freno **(3)**. La figura 2 también muestra la mordaza de freno **(5)** la cual es una pieza hecha en un material resistente, por ejemplo, aluminio fundido, en donde la mordaza **(5)** puede tener un pistón sencillo (no mostrado). La mordaza de freno **(5)** contiene pastillas de freno **(6)** que son piezas hechas en cualquier material, por ejemplo, cerámica con recubrimiento de titanio u otro material convencional.

En la figura 3 que está relacionada con la vista de la parte posterior del banco de pruebas de la invención, enseña la posición del disco de freno **(3)**, la chumacera de pedestal **(13)** que puede tener un diámetro entre 1 y 3 cm, por ejemplo, 2.54 cm, dependiendo del diámetro del eje de transmisión **(10)** al cual se pueden acoplar motores de combustión interna hasta de 55 hp y motores eléctricos hasta de 60 W

En la figura 4 se enseña la vista lateral del banco de pruebas de la invención, en donde se muestra la posición de la bomba hidráulica **(15)** la cual tiene una capacidad para contener líquido de freno entre 0.2 y 0.5 L, por ejemplo, 0.31 L (11 onzas). En la figura 4 también se muestra la disposición del eje de transmisión **(10)**, el cual por la parte frontal soporta los acoples **(11, 12)** y por la parte posterior, se fija mediante la chumacera **(13)**. El eje de transmisión **(10)** puede ser de un material resistente, por ejemplo, acero al carbón, puede tener un diámetro entre 2 y 4 cm, por ejemplo 2.5 cm y una longitud entre 30 y 50 cm, por ejemplo 40 cm.

La figura 5 enseña la configuración del banco de pruebas de la invención, donde se ilustra que el sistema de mordaza de freno (5) que está sobre el disco de freno (3) se encuentra fijada a través de dos ejes escalonados roscados (7) que a su vez se unen por medio de una unión de columna (8) que está hecha de acero al carbón, en donde dicha unión puede tener un diámetro entre 0.5 y 1.0 cm, por ejemplo 0.8 cm y una longitud entre 10 y 20 cm, por ejemplo, 15 cm. Los ejes escalonados roscados (7) y la unión de columna (8) están soportados a su vez sobre una estructura de soporte de mordaza (9)

La figura 7 muestra una vista en perspectiva de la parte frontal del banco de pruebas de acuerdo con la invención y la figura 7A muestra una vista magnificada de la parte posterior del sistema de freno de acuerdo con la invención. De acuerdo con las figuras 7 y 7A, a continuación, se muestran los números de referencia para los diferentes elementos constitutivos del banco de prueba de la invención:

15

LISTADO DE PARTES			
Num. De referencia.	NOMBRE	CARACTERISTICAS	CANT.
1	Estructura Banco de Pruebas	Acero Estructural. Dimensiones 80 cm x 80 cm x 180 cm	1
2	Estructura Modular	Acero Estructural. Dimensiones 80 cm x 80 cm x 13,8 cm	1
3	Disco de Freno	Aleación de Zinc. Diámetro 26,5 cm	1
4	Bocín	Acero al Carbón. Diámetro 13,3 cm	1
5	Mordaza de Freno	Aluminio Fundido. Pistón Sencillo.	1
6	Pastillas de Freno	Pastillas Cerámicas con recubrimiento de Titanio.	2
7	Eje Escalonado Roscado	Acero al Carbón. Diámetro 2 cm. Largo Total 26 cm. Longitud Roscada 2,8 cm.	2
8	Unión de Columna	Acero al Carbón. Diámetro 0,8 cm. Longitud 15 cm.	1
9	Estructura Soporte de Mordaza	Acero al Carbón. Diámetro Menor 1,27 cm. Diámetro Mayor 2 cm. Altura 12,6 cm.	1

10	Eje de transmisión	Acero al Carbón. Diámetro 2,5 cm. Longitud 40 cm.	1
11	Acople para motor eléctrico	Acero y ajuste de caucho. Diámetro 1: 25 mm. Diámetro 2: 10 mm	1
12	Acople para motor combustión interna	Acero y ajuste de caucho. Diámetro 1: 25 mm. Diámetro 2: 11 mm	1
13	Chumacera de pedestal	Diámetro de 2.57 cm	3
14	Tubería de Cobre	Diámetro 1/4 in (0.635 cm). Longitud 100 cm	1
15	Bomba Hidráulica	Capacidad para líquido de frenos 11 onza (0.31 L)	1
16	Base para motor de combustión interna	Dimensiones 18,2 cm x 10,2 cm x 14,5 cm	1
17	Base para motor eléctrico	Dimensiones 15 cm x 11 cm x 16,5 cm	1
18	Base para chumacera	Dimensiones 20 cm x 6,5 cm x 18 cm	1
19	Base para sistema de freno	Dimensiones 32,8 cm x 12 cm x 2 cm	1
20	Sistema de Freno	Saca rodamientos de 1/2 in (1.25 cm)	1
21	Sistema de Carga		1
22	Dinamómetro	Fuerza máxima 500 N	1
23	Tacómetro Digital	Rango de Medida: 0 a 9999 RPM. Cable R232 y conexión USB.	1
24	Paral	Diámetro 2,5 cm. Longitud 50 a 150 cm.	2
25	Base para tacómetro	Dimensiones 17 cm x 8,5 cm x 17 cm	
26	Tuerca de 1 in (2.54 cm)	Hexagonal. Rosca Ordinaria	2
27	Perno de 5/16" (0.7938 cm)	Cabeza Hexagonal media rosca L: 30 mm	4
28	Arandela de 5/16" (0.7938 cm)	Diámetro Externo de 25 mm	8
29	Tuerca de 5/16" (0.7938 cm)	Hexagonal. Rosca Ordinaria	6
30	Perno de 3/16" (0.4763 cm)	Cabeza Hexagonal completamente roscado	10
31	Tuerca de 3/16" (0.4763 cm)	Hexagonal. Rosca Ordinaria	10

32	Arandela de 3/16" (0.4763 cm)		24
33	Arandela de Seguridad		12
34	Perno M6 x 90	Grado 8.8	2
35	Perno M4 x 2.5	Cabeza Phillips.	4
36	Tuerca Rosca Ordinaria	Hexagonal. Rosca Ordinaria	4
37	Arandela Plana		8
38	Arandela de Seguridad		4
39	Tornillo Cabeza Plana	Ranura en Cruz Z. Para madera.	2
40	Abrazadera de 1 3/16 (3.02) cm		1
41	Perno de 5/16" (0.7938 cm)	Cabeza Hexagonal completamente roscado	4
42	Perno de 5/16" (0.7938 cm)	Cabeza Hexagonal media rosca L: 12 mm	2
43	Prisioneros de 1/8" (0.3165 cm)		2
44	Resorte	Longitud de 2 cm	2
45	Tornillo M12 x 100	Cabeza Hexagonal media rosca	4
46	Tornillo M4 X 20	Cabeza Plana	2
47	Soporte Chumacera	Dimensiones 17 cm x 5,1 cm x 2 cm	2
48	Manguera de cobre de ¼ pulgada (0.635 cm)		1
49	Soporte		1
50	Extensión o salida para soportar dinamómetro		1
51	Tanque de combustible		1

De acuerdo con lo enseñado en las figuras que acompañan esta descripción, la
5 presente invención se basa en un elemento **(1)** que es la estructura del banco de pruebas que soporta todos los sistemas del mismo y los distintos motores a probar.

Así mismo, el ensamble **(2)** conforma la estructura móvil del banco, la cual permite regular la altura del sistema de freno compuesto principalmente por los elementos: disco de freno **(3)**, bocín **(4)**, eje de transmisión **(10)** y la chumacera de pedestal **(13)**. Una vez, se tiene ajustada la altura utilizando las tuercas **(26)** de 1 pulgada
5 (2.54 cm) que se encuentran sobre los parales (24) a cada lado del ensamble o estructura metálica móvil **(2)**, se ajusta dicho ensamble **(2)** para darle mayor soporte al eje de transmisión **(10)**.

Con este ensamble instalado, se puede ubicar el conjunto compuesto por los elementos mordaza de freno **(5)**, pastillas de freno **(6)**, eje escalonado roscado **(7)**,
10 unión de columna **(8)** y estructura soporte de mordaza **(9)** el cual pivota sobre una chumacera de pedestal **(13)**, para permitir movimiento circular respecto al disco de freno, sistema de vital importancia para la medición de la fuerza generada por el motor.

En la Figura 9 se muestra el ensamble del conjunto de freno como se describió
15 anteriormente. Este sistema va posicionado sobre el disco de tal forma que la distancia entre la parte superior de la mordaza y el diámetro externo del disco sea entre 0.1 mm hasta 10 mm, por ejemplo, que sea de al menos 6 mm.

Como se muestra en la figura 10, otro de los sistemas con los que cuenta el banco de pruebas, es el sistema de freno unido al conjunto explicado, compuesto por los
20 elementos bomba hidráulica **(15)**, base para sistema de freno **(19)** y sistema de freno **(20)**, el cual está unido a la mordaza de freno **(5)** a través de una manguera de cobre **(48)** de $\frac{1}{4}$ pulgada (0.635 cm). En la Figura 10 se muestra el ensamble de este sistema, así mismo, este cuenta con un tornillo roscado **(41, 42)** regulado para tener la relación de transmisión real en cuanto al movimiento de la mordaza y
25 conocer el nivel de freno aplicado al disco.