



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“REHABILITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SALIDA DE DATOS DIGITAL AL DINAMÓMETRO P-400B DEL LABORATORIO DE MAQUINARIA PESADA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”

**VILLALVA VALENCIA JAIME RAMIRO
ZURITA ALBA LUIS CARLOS**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-08-16

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

VILLALVA VALENCIA JAIME RAMIRO
ZURITA ALBA LUIS CARLOS

Titulada:

**“REHABILITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SALIDA
DE DATOS DIGITAL AL DINAMÓMETRO P-400B DEL LABORATORIO DE
MAQUINARIA PESADA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ.”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marcelo Castillo
DIRECTOR

Ing. Freddy Colcha
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: VILLALVA VALENCIA JAIME RAMIRO

**TRABAJO DE TITULACIÓN: “REHABILITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA DE SALIDA DE DATOS DIGITAL AL DINAMÓMETRO P-
400B DEL LABORATORIO DE MAQUINARIA PESADA DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”**

Fecha de Examinación: 2016-08-18

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Alexandra Pazmiño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelo Castillo DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Freddy Colcha ASESOR DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Alexandra Pazmiño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ZURITA ALBA LUIS CARLOS

TRABAJO DE TITULACIÓN: “REHABILITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SALIDA DE DATOS DIGITAL AL DINAMÓMETRO P-400B DEL LABORATORIO DE MAQUINARIA PESADA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”

Fecha de Examinación: 2016-08-18

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Alexandra Pazmiño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelo Castillo DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Freddy Colcha ASESOR DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Alexandra Pazmiño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Jaime Ramiro Villalva Valencia

Luis Carlos Zurita Alba

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres por haberme formado en el camino del bien enseñándome siempre a superar los obstáculos que se presenten en la vida. A mi novia Silvana que es un pilar fundamental en mi formación profesional. A mis hermanas Joanne y Viviana que siempre han estado ahí para apoyarme en las buenas y malas. A la congregación que me ha abierto sus puertas en el campo laboral.

Jaime Ramiro Villalva Valencia

A la memoria de mi Madre.

Luis Carlos Zurita Alba

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la salud que me da todos los días y que gracias a ello he logrado llegar a la culminación de este momento tan importante en mi vida, a mis padres por haberme apoyado incondicionalmente a mis tíos que de uno u otra forma me han ayudado con sus consejos y ejemplo de vida a la institución que me abrió las puertas en el campo profesional y me permitió ganar experiencia en el campo laboral y sobre todo a mi novia Silvana que hasta el día de hoy sigue apoyándome a salir delante de su mano con alegrías y disgustos pero siempre dándome ánimo para continuar.

Jaime Ramiro Villalva Valencia

Quiero extender el más profundo agradecimiento a mi Padre, Waldo, a mi familia por su apoyo y constante interés en mi realización, y a la Escuela de Ingeniería Automotriz, de manera especial al Ing. Marcelo Castillo por demostrarme que la docencia conlleva un aprendizaje más allá de las aulas.

Luis Carlos Zurita Alba

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	<i>Objetivo general</i>	2
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Definición de freno dinamométrico	4
2.1.1	<i>Tipos de frenos dinamométricos</i>	4
2.1.2	<i>Frenos de Fricción</i>	4
2.1.3	<i>Frenos Hidráulicos</i>	5
2.1.4	<i>Frenos Eléctricos</i>	5
2.2	Partes de un freno dinamométrico hidráulico	6
2.2.1	<i>Cimentación.</i>	6
2.2.2	<i>Bancada</i>	6
2.2.3	<i>Soportes.</i>	6
2.2.4	<i>Freno dinamométrico</i>	6
2.2.5	<i>Transmisión</i>	6
2.2.6	<i>Sistema de alimentación.</i>	7
2.2.7	<i>Sistema de refrigeración del motor</i>	7
2.2.8	<i>Sistema de refrigeración de aceite.</i>	7
2.2.9	<i>Red de agua</i>	7
2.2.10	<i>Sistema de evacuación de los gases de escape</i>	8
2.2.11	<i>Sistema de ventilación de la sala.</i>	8
2.2.12	<i>Panel de control</i>	8
2.3	Funcionamiento de un freno dinamométrico hidráulico	8
2.4	Parámetros a medir en un banco de pruebas dinamométrico.....	9
2.4.1	<i>Definición de par motor</i>	9
2.4.2	<i>Definición de potencia de un motor</i>	9
2.4.3	<i>Definición de consumo específico de combustible</i>	10
2.5	Conversión análoga – digital	10
2.5.1	<i>Señal analógica</i>	11
2.5.2	<i>Señal digital.</i>	11
2.6	Definición de motocultor	11
2.7	Partes de un motocultor	12
3.	ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DEL BANCO DE PRUEBAS	
3.1	Características del banco dinamométrico	13
3.1.1	<i>Condiciones del panel de control</i>	13
3.1.1.1	<i>Tacómetro.</i>	13
3.1.1.2	<i>Medidor de presión-caballos de potencia</i>	14
3.1.1.3	<i>Medidor de temperatura de aceite.</i>	14
3.1.1.4	<i>Válvula de compuerta.</i>	15
3.1.2	<i>Volante</i>	15
3.1.3	<i>Cañerías</i>	16

3.1.4	<i>Chapa y pintura</i>	16
3.1.5	<i>Toma de fuerza</i>	16
3.2	Resumen de las condiciones del banco dinamométrico.....	17
4.	REHABILITACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE RESULTADOS	
4.1	Mantenimiento del banco dinamométrico.....	18
4.1.1	<i>Cañerías</i>	18
4.1.2	<i>Neumáticos</i>	18
4.1.3	<i>Tacómetro</i>	19
4.1.4	<i>Indicador de presión-potencia</i>	19
4.1.5	<i>Indicador de temperatura del aceite</i>	20
4.1.6	<i>Válvula de compuerta</i>	20
4.1.7	<i>Chapa y pintura</i>	20
4.1.7.1	<i>Desmontaje de los componentes del banco dinamométrico</i>	21
4.1.7.2	<i>Pintura</i>	21
4.1.7.3	<i>Montaje de los indicadores</i>	21
4.1.7.4	<i>Ajuste final</i>	22
4.1.8	<i>Lubricación</i>	22
4.2	Diseño del circuito	23
4.2.1	<i>Componentes del circuito</i>	23
4.2.1.1	<i>Pic 18f2550</i>	24
4.2.1.2	<i>Integrado lm 358</i>	24
4.2.1.3	<i>Oscilador de cristal de 20 MHz</i>	25
4.2.1.4	<i>Transistor de efecto Hall</i>	25
4.2.1.5	<i>Termocupla</i>	26
4.2.1.6	<i>Led</i>	26
4.2.1.7	<i>Resistencia</i>	26
4.2.2	<i>Comprobación del circuito</i>	27
4.3	Construcción del circuito	28
4.3.1	<i>Impresión del circuito</i>	28
4.3.2	<i>Preparación de la placa</i>	28
4.3.3	<i>Limpieza</i>	28
4.3.4	<i>Ensamblar el circuito</i>	29
4.4	Comprobación del circuito.....	29
4.5	Software necesario	30
4.5.1	<i>Descripción de los mandos del programa</i>	30
4.5.1.1	<i>Botón Led</i>	30
4.5.1.2	<i>Botón Limpiar</i>	30
4.5.1.3	<i>Botón pausar</i>	30
4.5.1.4	<i>Botón imprimir</i>	31
4.6	Manejo del software.....	31
4.7	Requerimientos de hardware.....	32
5.	PRUEBAS Y ENSAYOS	
5.1	Equipo necesario	33
5.2	Procedimiento para las pruebas.....	35
5.2.1	<i>Acoplamiento</i>	35
5.2.2	<i>Encendido del banco dinamométrico</i>	35
5.2.3	<i>Lectura de resultados</i>	35
5.3	Prueba de medición de potencia y torque	36
5.3.1	<i>Características técnicas del tractor</i>	36

5.3.2	<i>Resultados obtenidos</i>	36
6.	MANUAL DE USUARIO	
6.1	Ubicación de componentes	38
6.2	Panel de Instrumentos	40
6.2.1	<i>Indicador de presión - potencia</i>	40
6.2.2	<i>Válvula de compuerta</i>	40
6.2.3	<i>Indicador de temperatura de aceite</i>	40
6.2.4	<i>Tacómetro</i>	40
6.2.5	<i>Válvula de control de la bomba hidráulica</i>	40
6.2.6	<i>Caudalímetro</i>	40
6.3	Instalación	41
6.4	Operación	42
6.4.1	<i>Verifique la velocidad del motor</i>	42
6.4.2	<i>Revisar las válvulas, bujías y compresión</i>	43
6.4.3	<i>Comprobación de tiempo de encendido</i>	43
6.4.4	<i>Ajuste del carburador, tractores nuevos</i>	43
6.4.5	<i>Ajuste del carburador, tractores usados</i>	44
6.4.6	<i>Comprobación de los ajustes de la potencia de diésel</i>	44
6.4.7	<i>Pruebas del embrague principal</i>	45
6.4.8	<i>Comprobación de los motores acople directo</i>	45
6.5	Uso del caudalímetro M&W.....	47
6.6	Datos de lubricación	48
6.6.1	<i>Reservorio de aceite</i>	48
6.6.2	<i>Eje de transmisión</i>	48
6.6.3	<i>Bujes</i>	48
6.6.4	<i>Almacenamiento en clima frío</i>	49
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones	50
7.2	Recomendaciones	50

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Características técnicas del banco dinamométrico	13
2 Condiciones de los elementos previo al mantenimiento	17
3 Componentes del circuito	24
4 Especificaciones del tractor	36
5 Resultados a bajas RPM	36
6 Resultados a altas RPM	37

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Freno de fricción	4
2 Banco dinamométrico hidráulico	5
3 Freno dinamométrico eléctrico.....	5
4 Partes de un banco dinamométrico hidráulico	6
5 Transmisión del banco dinamométrico	7
6 Panel de instrumentos.....	8
7 Par motor	9
8 conversión análoga – digital.....	10
9 Gráfica señal analógica	11
10 Gráfica señal digital.....	11
11 Motocultor	12
12 Partes de un motocultor.....	12
13 Tacómetro.....	14
14 Medidor presión-caballos de potencia.....	14
15 Medidor de temperatura de aceite	15
16 Válvula de compuerta.....	15
17 Volante	16
18 Chapa y pintura	16
19 Toma de fuerza del banco dinamométrico	17
20 Cañerías	18
21 Neumáticos	19
22 Tacómetro.....	19
23 Indicador de presión - potencia	19
24 Indicador de temperatura de aceite.....	20
25 Válvula de compuerta.....	20
26 Desmontaje y lijado.....	21
27 Pintura	21
28 Montaje de indicadores	22
29 Banco dinamométrico restaurado	22
30 Aceite YPF	23
31 Llenado de Aceite.....	23
32 PIC18F2550.....	24
33 Integrado lm 358	25
34 Oscilador de cristal	25
35 Oscilador de cristal	25
36 Termocupla.....	26
37 Leds	26
38 Resistencia.....	27
39 Circuito en Proteus	27

40	Circuito en 3d	27
41	Circuito impreso	28
42	Preparación de la placa.....	28
43	Limpieza de la placa.....	29
44	Ensamble del circuito	29
45	Proteus	29
46	Programa	30
47	Ingreso de datos.....	31
48	Banco dinamométrico.....	33
49	Cardán	33
50	Tractor	34
51	Circuito.....	34
52	Computadora	34
53	Acoplamiento banco dinamométrico – TDF.....	35
54	Lectura indicador presión-potencia	35
55	Banco – vista anterior.....	38
56	Banco – vista posterior	39
57	Indicadores	46
58	Indicador de potencia	46
59	Diagrama línea de combustible	47
60	Caudalímetro	48

LISTA DE ABREVIACIONES

MCI	Motor de combustión interna
UTTO	Universal tractor transmission oil
MEF	Método de Elementos Finitos
TDF	Toma de Fuerza

LISTA DE ANEXOS

- A** Ficha técnica del Tractor utilizado en los ensayos
- B** Tablas referenciales “Potencia vs RPM” de tractores agrícolas
- C** Análisis de esfuerzo del eje cardánico
- D** Formato de entrega de datos impresos
- E** Ficha técnica del fluido hidráulico

RESUMEN

El presente trabajo realizó la reparación de un banco de pruebas dinamométrico analógico para testear motores de tractores y motocultores, y la posterior implementación de un sistema de datos digital al mismo. Con la respectiva verificación del funcionamiento de sus elementos mecánicos además de la adecuada reparación o cambio de ciertas partes y piezas se pudo obtener un correcto funcionamiento del equipo en relación a sus especificaciones iniciales. Además se realizó un estudio bibliográfico sobre los parámetros de funcionamiento de un motor con utilidad agrícola con la finalidad de establecer de mejor manera los datos técnicos proporcionados por los fabricantes y verificados en el equipo. Se implementó un sistema de conversión de señal, para cumplir con el objetivo de presentar una nueva forma de salida e impresión de datos, depurar la señal para evitar interferencias no deseadas mejorando la precisión y asegurando resultados fiables. Los resultados obtenidos se presentan de una manera más útil en la interfaz de muestra de datos que además ofrece el respaldo físico necesario a través de su sistema de impresión. Con la finalidad de que el banco de pruebas sea de utilidad tanto técnica como didáctica para la Escuela de Ingeniería Automotriz, se elaboró y entregó un manual de usuario en español, mismo que detalla los elementos requeridos para su funcionamiento, el procedimiento para realizar las pruebas y las consideraciones necesarias para el correcto mantenimiento preventivo del equipo.

PALABRAS CLAVE: <DINAMOMÉTRICO ANALÓGICO>, <AGRÍCOLA>, <CONVERSIÓN DE SEÑAL>, <TRACTORES>, <MOTOCULTORES>, <MANUAL DE USUARIO>, <DATOS TÉCNICOS>, <MANTENIMIENTO PREVENTIVO>.

ABSTRACT

The present work was the repair of an analog dynamometric test bench to test tractors and motor cultivators, and the subsequent implementation of a digital data system. With the respective verification of the operation of its mechanical elements, also to the proper repair or fitting of certain parts and pieces, it was possible to obtain a correct operation of the equipment in relation to its initial specifications. In addition, a bibliographic study was performed on the operating parameters of an engine with agricultural utility in order to better establish the technical data provided by the manufacturers and verified in the equipment. A signal conversion system was implemented to fulfil the goal of presenting a new form of data output and printing, debugging the signal to avoid unwanted interference, improving accuracy and ensuring reliable results. The results obtained are presented in a more useful way in the data sample interface which also provides the necessary physical backup through its printing system. In order that the bench be technical and didactic utility for the School of Automotive Engineering, a user manual in Spanish was prepared and delivered, which details the required elements for its operation, the procedure to enhance the tests and the necessary considerations for the correct preventive maintenance of the equipment.

KEYWORDS: <DYNAMOMETRIC ANALOG>, <AGRICULTURAL>, <SIGNAL CONVERSION>, <TRACTORS>, <MOTOR CULTIVATORS>, <USER MANUAL>, <TECHNICAL DATA>, <PREVENTIVE MAINTENANCE>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Todos los motores deben ser sometidos a una larga serie de mediciones alternadas con severas pruebas de durabilidad y de carga, que se repitan hasta que tras una precisa puesta a punto, se alcancen los resultados previstos.

Las pruebas principales son las que sirven para obtener los valores relativos al par motor, la presión media efectiva, la potencia desarrollada, el consumo específico de combustible, los diferentes rendimientos así como la composición de los gases de escape.

Los frenos dinamométricos son los encargados de crear un par resistente que es el que proporciona la "carga" al motor. Esta carga ha de ser variable para ensayar distintas condiciones operativas del motor.

Se han desarrollado varios tipos de frenos basados en distintos principios. Los más difundidos son: frenos de fricción y frenos eléctricos

El banco de ensayo motivo de este proyecto dispone de un freno hidráulico. Los frenos hidráulicos son adecuados para mediciones de potencia de la mayor parte de los M.C.I. Se componen de un rotor que gira accionado por el eje del motor y un estator o carcasa fija al sistema de medida de fuerza. Entre el rotor y el estator hay una cantidad variable de agua.

En el freno hidráulico que es el más comúnmente usado, carcasa y rotor están provistos de cavidades y álabes oportunamente conformados, que imparten al agua un movimiento turbulento, que transforma en calor el trabajo mecánico desarrollado por el motor. Las variaciones de carga se consiguen variando la cantidad de agua en el interior del freno.

La resistencia que el agua opone a la rotación del rotor reacciona sobre el estator produciendo un par resistente igual al par motor.

El dinamómetro modelo P-400B de la marca M&W GEAR en cuestión es un equipo que al ser rehabilitado e implementado el sistema de entrega de datos digital podrá cumplir con una de las necesidades básicas al trabajar con casi cualquier motor, ya que realizará un diagnóstico del torque, el cual nos emitirá un informe impreso y detallado sobre el estado del motor del motocultor. En el caso concreto de la Carrera de Ingeniería Automotriz, no existe un equipo de estas características en funcionamiento y optimizado para las labores que se desearía, pero la realización de la presente tesis permitirá contar con un equipo que realice una verificación correcta de la potencia tanto en tractores agrícolas como en motocultores.

La propuesta es brindar un equipo que satisfaga las necesidades del Laboratorio de Maquinaria Agrícola de la Carrera de Ingeniería Automotriz y que sobre todo sea de gran utilidad para los estudiantes de la carrera, y de la misma manera sentaría un precedente en trabajos de este tipo, ya que la adquisición de un equipo de estas características significaría una fuerte inversión.

A su vez la carrera podría ver reflejados réditos económicos al realizar el diagnóstico de motocultores y tractores agrícolas obteniendo un informe detallado de manera computarizada e implementando la entrega de resultados de forma impresa, ofreciendo un servicio confiable y de calidad.

Con la realización de este proyecto, se espera impulsar el interés en el campo de la maquinaria agrícola y aplicar los conocimientos obtenidos en la Carrera de Ingeniería Automotriz para ir generando paso a paso profesionales con los conocimientos especializados en este tipo de equipos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general. Rehabilitar e implementar el sistema de entrega de datos digital para dotar a la Carrera de Ingeniería Automotriz un banco dinamométrico para uso en motocultores y tractores agrícolas.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Realizar un estudio bibliográfico del funcionamiento del dinamómetro P-400B.

- Reparar las partes y piezas que sean necesarias para su correcto funcionamiento.
- Cambiar el sistema de entrega de resultados de análogo a digital por medio de computadora e impresión de resultados.
- Realizar las pruebas para comprobar el funcionamiento del equipo.
- Entregar a la Carrera de Ingeniería Automotriz un manual de usuario del equipo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de freno dinamométrico

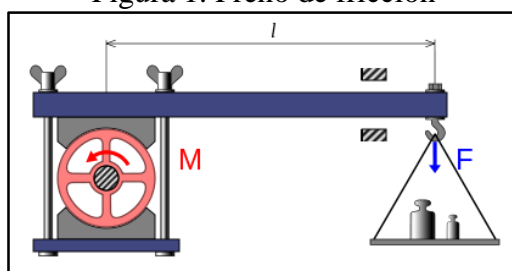
El freno dinamométrico es el encargado de crear un par resistente que es el que proporciona la "carga" al motor. Esta carga ha de ser variable para ensayar distintas condiciones operativas del motor.

2.1.1 Tipos de frenos dinamométricos. Existen distintos tipos de frenos dinamométricos, y su uso va a depender de la potencia y el motor al cuál se va a realizar la medición. Entre los más importantes tenemos:

- Frenos de fricción
- Frenos hidráulicos
- Frenos Eléctricos

2.1.2 Frenos de Fricción. El freno de fricción mecánico por zapata y tambor consta de un brazo, sobre el que van montados un dinamómetro y una rueda, que tiene adosada una cinta de alto rozamiento. Esta rueda es la que se conecta al eje del motor del cual se quiere medir su potencia. El ajuste de la cincha es variable, en otros modelos, se compone de dos zapatas extraíbles montadas sobre una mordaza, adaptada para abrazar un eje de diámetro dado, y conectadas a una palanca, por lo general controlada por una célula de carga o por una fuerza (contrapeso) ajustable (*BABCOCK, 2000*)

Figura 1. Freno de fricción



Fuente: <http://chestofbooks.com/crafts/metal/Applied-Science-Metal>

2.1.3 Frenos Hidráulicos. Es el más comúnmente usado, carcasa y rotor están provistos de cavidades y álabes oportunamente conformados, que imparten al agua un movimiento turbulento, que transforma en calor el trabajo mecánico desarrollado por el motor. Las variaciones de carga se consiguen variando la cantidad de agua en el interior del freno. La resistencia que el agua opone a la rotación del rotor reacciona sobre el estator produciendo un par resistente igual al par motor (BABCOCK, 2000).

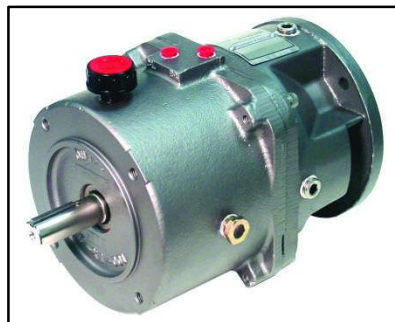
Figura 2. Banco dinamométrico hidráulico



Fuente: <http://www.ehu.es/mmtde/bancomot.htm>

2.1.4 Frenos Eléctricos. Para determinar la potencia efectiva se pueden utilizar generadores de corriente eléctrica. Así por ejemplo si se acopla un motor térmico a una dinamo conectada a una resistencia eléctrica, la potencia del motor se utilizará en accionarla. Esta potencia se puede determinar midiendo con un voltímetro y un amperímetro la potencia eléctrica suministrada por la dinamo. En este método debe tenerse en cuenta, que existirán pérdidas por rozamiento, por efecto del aire y pérdidas eléctricas dependientes de la carga en el generador por lo que la medida no es muy precisa. Esto hace que sea mucho más común medir la potencia del motor indirectamente a través del par motor.

Figura 3. Freno dinamométrico eléctrico

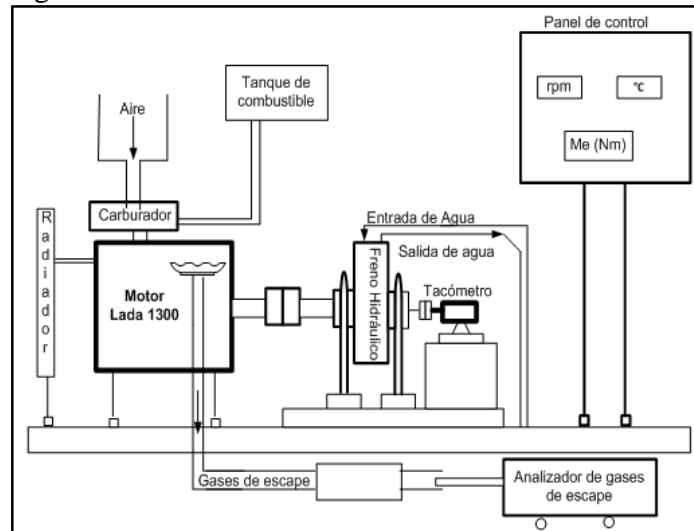


Fuente: http://www.directindustry.com/prod/force-control-industries-inc-11894.html#product-item_1355493

2.2 Partes de un freno dinamométrico hidráulico

Un banco de pruebas mediante freno dinamométrico hidráulico consta de varias partes que se detalla en la figura 2.

Figura 4. Partes de un banco dinamométrico hidráulico



Fuente: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S181559012012000200002&script=sci_arttext

Para ensayar un motor es necesario instalarlo en un banco de pruebas o de ensayos. Este consta básicamente de los siguientes elementos:

2.2.1 Cimentación. Es la encargada de absorber las vibraciones que se producen debido a la existencia en el motor de fuerzas de inercia no equilibradas y de los correspondientes momentos resultantes.

2.2.2 Bancada. Su misión es soportar el motor de combustión interna (MCI)

2.2.3 Soportes. Se los utiliza para montar y fijar el motor en la bancada, así como regular la altura y alinear el motor con el freno.

2.2.4 Freno dinamométrico. Es el encargado de absorber la potencia desarrollada por el motor, ofreciendo una resistencia al giro de éste, y que esté provisto de un dispositivo para medir el par motor (AZKEN, 2010).

2.2.5 Transmisión. Su función es permitir la conexión freno-motor con una cierta

elasticidad y capacidad de absorber desalineaciones.

Figura 5. Transmisión del banco dinamométrico



Fuente: Autores

2.2.6 *Sistema de alimentación.* Sirve para suministrar de combustible al motor y mediante instrumentos de medición de consumo tener una medición del consumo específico.

2.2.7 *Sistema de refrigeración del motor.* Los motores son refrigerados por agua, normalmente se mantiene la bomba de agua del propio motor. Esta impulsa el agua a través del motor hacia un cambiador de calor (agua/agua o aire/aire), en general con regulación termostática por medio de válvulas motorizadas. Si los motores son refrigerados por aire se suele utilizar una soplante dirigida hacia las aletas del motor (AZKEN, 2010).

2.2.8 *Sistema de refrigeración de aceite.* En ocasiones también se refrigera el aceite del motor, ya que al no existir una corriente de aire al cárter, éste tiende a sobrecalentarse. El sistema consta de un intercambiador aceite/agua y en ocasiones una bomba auxiliar.

2.2.9 *Red de agua.* Los frenos dinamométricos transforman toda la energía mecánica que reciben del motor en calor. Este calor es eliminado por el sistema de refrigeración del freno que suele ser mediante un abastecimiento continuo de agua (AZKEN, 2010).

El freno hidráulico funciona con aceite, sin embargo se necesita de la red de agua para poder enfriar el aceite hidráulico de maquinaria agrícola que usa el freno dinamométrico.

2.2.10 *Sistema de evacuación de los gases de escape.* En el caso de realizar pruebas de potencia y torque en un M.C.I, los gases de escape deben ser enviados a la atmósfera, tras pasar por un silenciador.

2.2.11 *Sistema de ventilación de la sala.* Es importante evitar el sobrecalentamiento del local por la radiación de calor del motor. Se efectúa mediante ventiladores axiales o centrífugos de impulsión y extracción. Cuando el banco se instala en una habitación o cámara cerrada y aislada se habla de una celda o cabina de ensayo de motores (AZKEN, 2010).

En el caso del banco dinamométrico P-400B no se cuenta con esta cabina, sin embargo al ser móvil se recomienda que al momento de realizar una prueba en un motor se lo realice en un lugar con suficiente ventilación.

2.2.12 *Panel de control.* El panel de control o de instrumentos consiste de: manómetro, indicador de temperatura del aceite, medidor de presión-caballos de fuerza y válvula de compuerta.



Fuente: Autores

2.3 Funcionamiento de un freno dinamométrico hidráulico

En el dinamómetro hidráulico, el trabajo efectuado por la máquina es el absorbido calentando el agua que pasa a través del dinamómetro, siendo necesario disponer de un suministro considerable de agua de refrigeración. El flujo de agua debe ser constante para evitar sobrecalentamiento del equipo por lo que es necesario conectar el circuito de refrigeración.

El motor está acoplado a una transmisión cardánica y esta a su vez a un freno hidráulico,

con el cual se simulan las condiciones de explotación del motor. En el colector de los gases de escape del M.C.I se encuentra conectado un conducto que los traslada a la chimenea, este proceso ocasiona en la sala una recirculación del aire de ventilación. (SMITH, 1971).

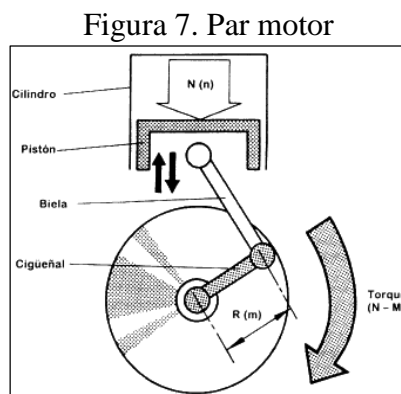
2.4 Parámetros a medir en un banco de pruebas dinamométrico

En un banco de pruebas dinamométrico se puede medir diferentes parámetros de funcionamiento de un Motor de combustión Interna (M.C.I) que permite realizar pruebas y ensayos a fin de comprobar de forma práctica la potencia y rendimiento real.

Entre los diferentes parámetros a medir tenemos:

- Par motor
- Potencia
- Consumo específico de combustible

2.4.1 *Definición de par motor.* En el cilindro se obtiene una fuerza igual a la presión que ejerce la combustión multiplicada por la superficie del cilindro. Esta fuerza se descompone de acuerdo al momento de la rotación, en dos fuerzas, una tangencial que hace girar la manivela y otra perpendicular al eje que es soportada por este y sus apoyos. Esta fuerza tangencial multiplicada por el radio es la que nos da el momento llamado par motor (RODRIGUEZ, 2012).



Fuente: <http://www.masquemaquina.com/2015/02/potencia-y-par.html>

2.4.2 *Definición de potencia de un motor.* La potencia al freno o potencia útil

suministrada por un motor se determina, generalmente, aplicando un freno o par resistente al motor y midiendo después este par y la velocidad del motor (SMITH, 1971).

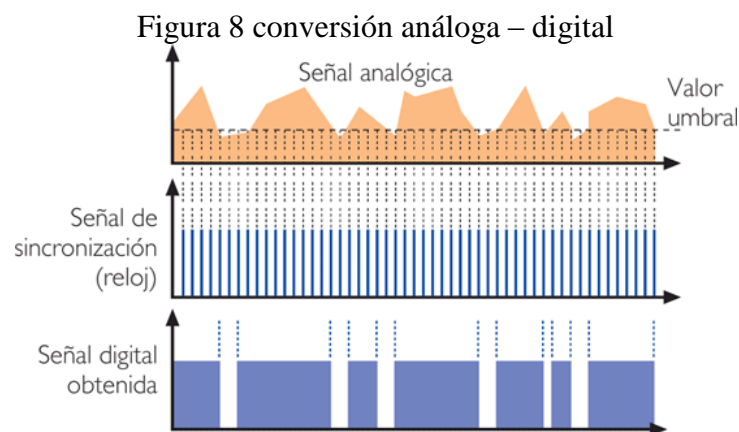
2.4.3 Definición de consumo específico de combustible. Es la cantidad de combustible que necesita un motor para suministrar una determinada unidad de potencia por unidad de tiempo. El consumo específico es una forma de expresar el rendimiento del motor, en el sentido que relaciona consumo con prestaciones. Cuanto menor sea el consumo específico de un motor, mejor es su rendimiento (Km77, 2010).

2.5 Conversión análoga – digital

Consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento y hacer la señal resultante (digital) más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas. (FRIES, 2005).

El circuito integrado, conversor analógico digital, es el componente básico para que un ordenador, pueda realizar la medida de la señal eléctrica analógica. Esta señal varía de forma continua en el tiempo, y es suministrada por los sensores, estos elementos pasan la señal que varía continuamente a una señal que lo hace a saltos (resolución) y sólo cada cierto tiempo (muestreo).

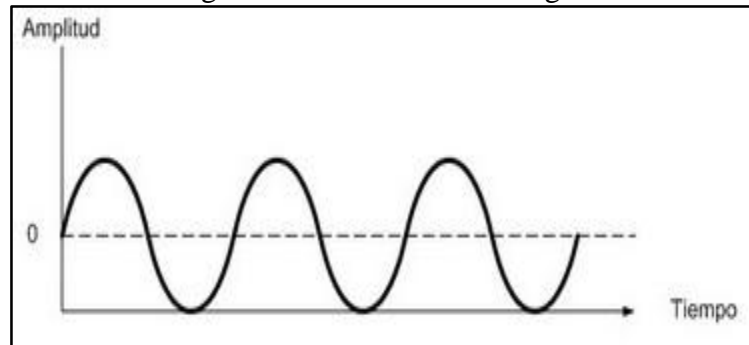
El funcionamiento de la conversión analógico - digital estriba en que la información analógica no es directamente manipulable, ni procesable, mediante sistemas digitales o a través de un ordenador, pero sí lo son las señales digitales que pueden almacenarse indefinidamente, y pueden incluso reproducir la señal analógica sin error apreciable.



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Conversi%C3%B3n_anal%C3%B3gica-digital

2.5.1 Señal analógica. Es aquella cuya magnitud puede tomar en principio cualquier valor, esto es, su nivel en cualquier muestra no está limitado a un conjunto finito de niveles predefinidos como es el caso de las señales cuantificadas, lo que significa que sufre una variación continua en amplitud a lo largo del tiempo.

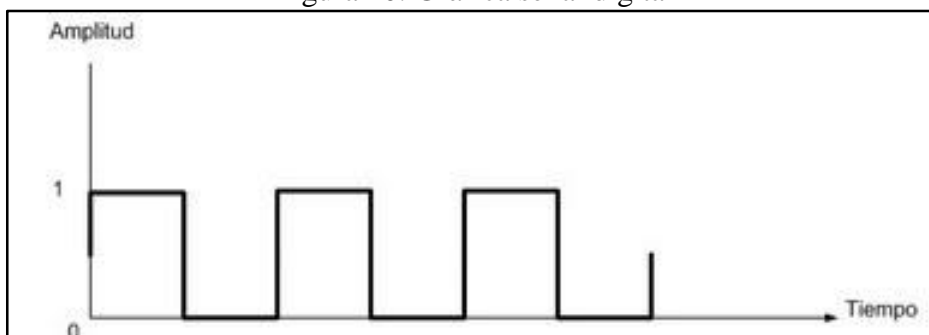
Figura 9. Gráfica señal analógica



Fuente: <https://oirverycontar.wordpress.com/2011/09>

2.5.2 Señal digital. Es aquella cuyas dimensiones (tiempo y amplitud) no son continuas sino discretas, lo que significa que la señal necesariamente ha de tomar unos determinados valores fijos predeterminados en momentos también discretos. La información digital, es difícil encontrarla en la naturaleza y, posiblemente lo poco que se encuentra puede llevar a confusión. Por ejemplo se tiene que “lleno y vacío”, “vida y muerte”, son valores perfectamente diferenciados y solo admiten un número finito de estados en un intervalo finito de tiempo.

Figura 10. Gráfica señal digital



Fuente: <https://oirverycontar.wordpress.com/2011/09>

2.6 Definición de motocultor

El motocultor o también conocido como tractor mono eje es una máquina agrícola que tiene la finalidad de trabajar el suelo a nivel superficial, y por lo general poseen motores

de cuatro tiempos que pueden ser accionados por gasolina o por diésel en promedio de 15 caballos de fuerza (LOPEZ, 1997).

Figura 11. Motocultor



Fuente: <http://blogtecnos.blogspot.com/2012/09/uso-y-funcionamiento-del-motocultor.html>

2.7 Partes de un motocultor

En la siguiente figura se observa las diferentes partes de un motocultor.

Figura 12. Partes de un motocultor



Fuente: <http://blogtecnos.blogspot.com/2012/09/uso-y-funcionamiento-del-motocultor.html>

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DEL BANCO DE PRUEBAS

En este capítulo se realizará un análisis de cada una de las partes y piezas que conforman el banco dinamométrico, para poder determinar su estado y el tipo de mantenimiento o cambio que se deba realizar.

El banco dinamométrico a estado sin operar durante algún tiempo, por lo que se debe realizar una inspección de cada uno de los componentes con la finalidad de realizar el respectivo mantenimiento, sea este predictivo, preventivo o correctivo.

3.1 Características del banco dinamométrico

El banco dinamométrico hidráulico es de la marca M&W GEAR, del modelo P - 400B fue diseñado para comprobar la potencia de la toma de fuerza de un tractor permitiendo al técnico ajustar el encendido, carburación, bombas de diésel, bujías de prueba, válvulas, compresión, embrague, etc., todo con el tractor desplazando una carga.

Los rangos en los que trabaja el banco dinamométrico son de 535, 620, 1000 y 1160 R.P.M. Las características técnicas del banco dinamométrico se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Características técnicas del banco dinamométrico

Marca	M&W GEAR
Modelo	P-400B
Freno	Hidráulico
Refrigeración	Por Agua
Tipo de aceite	Aceite hidráulico de maquinaria agrícola

Fuente: M&W GEAR

3.1.1 *Condiciones del panel de control.* El panel de control del banco de pruebas dinamométrico se encuentra conformado por varios medidores análogos los cuáles serán de vital importancia a la hora de realizar una prueba de un motor de combustión interna.

3.1.1.1 *Tacómetro.* Este indicador se encuentra en mal estado y el vidrio protector

está trizado como se lo puede observar en la siguiente figura.

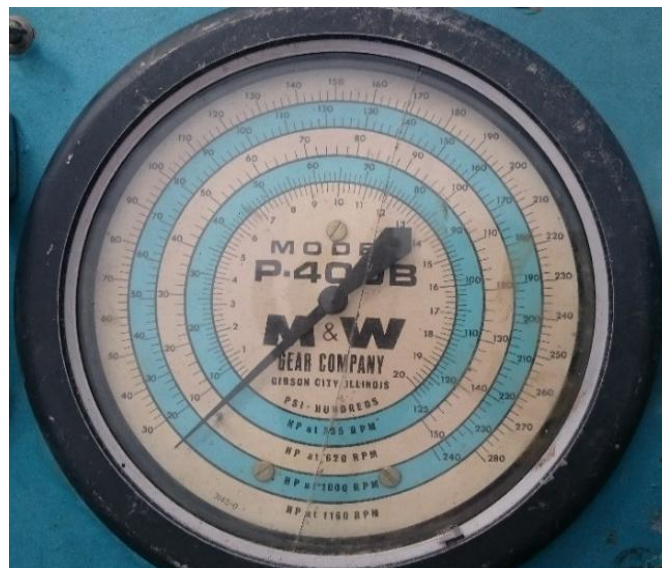
Figura 13. Tacómetro



Fuente: Autores

3.1.1.2 *Medidor de presión-caballos de potencia.* El medidor se encuentra funcionando correctamente, sin embargo el vidrio protector se encuentra trizado como se muestra en la siguiente figura.

Figura 14. Medidor presión-caballos de potencia



Fuente: Autores

3.1.1.3 *Medidor de temperatura de aceite.* Este medidor se encuentra sin daño superficial y totalmente operativo como se muestra en la siguiente figura por lo tanto no es necesario intercambiarlo.

Figura 15. Medidor de temperatura de aceite



Fuente: Autores

3.1.1.4 *Válvula de compuerta.* La válvula de compuerta es la encargada de amortiguar los golpes de ariete que causan las fluctuaciones de la aguja en el manómetro, por lo cual es una parte de vital importancia. Esta válvula no se encuentra en buen estado por lo que se hará el cambio de la misma. La válvula de compuerta es de vital importancia ya que al momento de cerrarla se puede obtener una lectura en los indicadores, caso contrario los datos no serían exactos.

Figura 16. Válvula de compuerta



Fuente: Autores

3.1.2 *Volante.* El volante de apertura y cierre de la válvula de control de la bomba hidráulica se encuentra como se lo puede observar en la siguiente figura.

Figura 17. Volante



Fuente: Autores

3.1.3 *Cañerías.* Las cañerías se encuentran en mal estado, por lo que es necesario su reemplazo, al igual que las abrazaderas.

3.1.4 *Chapa y pintura.* La chapa metálica no presenta mayores abolladuras, sin embargo la pintura se ha desprendido de algunas partes, por lo que se encuentra oxidada como se muestra en la siguiente figura.

Figura 18. Chapa y pintura



Fuente: Autores

3.1.5 *Toma de fuerza.* La toma de fuerza se encuentra en buenas condiciones como se muestra en la siguiente figura.

Figura 19. Toma de fuerza del banco dinamométrico



Fuente: Autores

3.2 Resumen de las condiciones del banco dinamométrico

A continuación se muestra en resumen las condiciones operativas del banco dinamométrico previo a su respectivo mantenimiento, sea este preventivo o correctivo

Tabla 2. Condiciones de los elementos previo al mantenimiento

Elemento	Estado	Mantenimiento
Indicador de temperatura del aceite	Bueno	Mantenimiento preventivo.
Indicador de presión - potencia	Regular	Mantenimiento correctivo, limpieza y cambio de la parte frontal.
Volante	Regular	Mantenimiento y pintura.
Tacómetro	Malo	Cambio del componente.
Válvula de compuerta	Malo	Cambio del componente.
Válvula de salida de agua	Malo	Cambio del componente.
Tapón de vaciado del depósito de aceite	Bueno	Mantenimiento preventivo.
Eje de transmisión directa	Regular	Mantenimiento correctivo y limpieza del mismo.
Toma de fuerza	Bueno	Mantenimiento preventivo.
Drenaje de la caja de cambios y las tuberías de nivel	Regular	Mantenimiento correctivo y limpieza del mismo.
Válvula de entrada de agua	Malo	Cambio del componente.

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. REHABILITACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE RESULTADOS

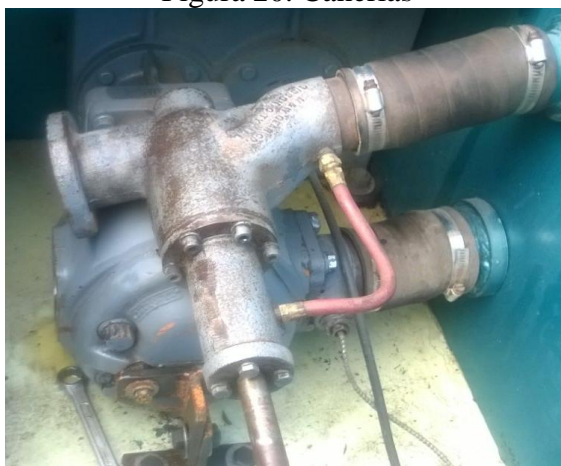
En el capítulo 3 se realizó la respectiva inspección y revisión de las partes y piezas del banco de pruebas dinamométrico, por lo que en éste capítulo se tratará del proceso de rehabilitación del banco dinamométrico y el correspondiente sistema de digitalización de datos.

4.1 Mantenimiento del banco dinamométrico

Una vez realizado el respectivo análisis de todas las partes y piezas que conforman el banco dinamométrico, se procede a dar el respectivo mantenimiento, sea este predictivo, preventivo o correctivo.

4.1.1 *Cañerías.* Se realizó el cambio de cañerías dañadas y luego de la instalación de las cañerías nuevas, se realizó el ajuste de las abrazaderas y una prueba para verificar que no existan fugas.

Figura 20. Cañerías



Fuente: Los autores

4.1.2 *Neumáticos.* Los neumáticos del banco dinamométrico se encuentran desgastados, sin embargo al no estar todo el tiempo transportándose de un lugar a otro, se considera que tienen un estado aceptable por lo que se procedió solamente a inflarlos con la presión de aire adecuada.

Figura 21. Neumáticos



Fuente: Los autores

4.1.3 *Tacómetro.* Se realizó el reemplazo del medidor de revoluciones por uno de características similares como se muestra en la siguiente figura.

Figura 22. Tacómetro



Fuente: Los autores

4.1.4 *Indicador de presión-potencia.* El manómetro ha sido limpiado y su vidrio protector reemplazado, como se muestra en la figura.

Figura 23. Indicador de presión - potencia



Fuente: los autores

4.1.5 *Indicador de temperatura del aceite.* El indicador de temperatura de aceite se encuentra en buen estado por lo cual solo se le ha realizado un mantenimiento preventivo de limpieza.

Figura 24. Indicador de temperatura de aceite



Fuente: Autores

4.1.6 *Válvula de compuerta.* En el banco dinamométrico contamos con una válvula de compuerta, a la cual se intercambió por otra de similares características.

Figura 25. Válvula de compuerta



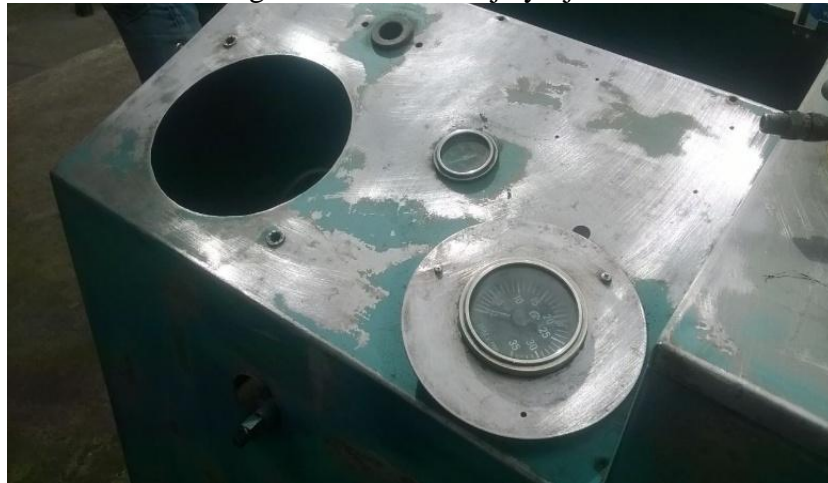
Fuente: Autores

4.1.7 *Chapa y pintura.* La chapa metálica se encontraba en malas condiciones por lo que se procedió a lijar y posteriormente pintar para evitar la corrosión.

Para realizar la rehabilitación de chapa y pintura se siguió el siguiente procedimiento:

4.1.7.1 *Desmontaje de los componentes del banco dinamométrico.* Para proceder a lijar todos los elementos metálicos se necesita desmontar los diferentes medidores, indicadores y mandos. Una vez realizado esto se procede a lijar la superficie quedando como se muestra en la figura.

Figura 26. Desmontaje y lijado



Fuente: Los autores

4.1.7.2 *Pintura.* Una vez que la superficie ha sido lijada y no presenta irregularidades se procede a dar una capa de pintura anticorrosiva en la chapa metálica del banco dinamométrico.

Figura 27. Pintura



Fuente: Autores

4.1.7.3 *Montaje de los indicadores.* Una vez que la pintura se ha secado, se procede

a montar nuevamente todos los elementos del banco dinamométrico.

Figura 28. Montaje de indicadores



Fuente: Autores

4.1.7.4 *Ajuste final.* Una vez realizado el montaje de todos los elementos, se procede a realizar un reajuste de pernos y tornillos con el fin de que todos los componentes se encuentren firmes.

Al final el banco dinamométrico queda como se muestra en la siguiente figura.

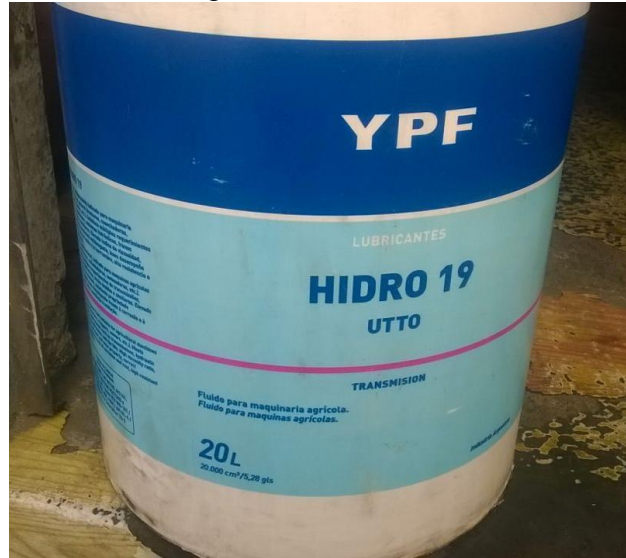
Figura 29. Banco dinamométrico restaurado



Fuente: Autores

4.1.8 *Lubricación.* El banco dinamométrico requiere de aceite con propiedades especiales que eviten el desgaste prematuro de la bomba hidráulica. En el país el aceite más adecuado es el YPF Hidro 19 UTTO, usado en maquinaria agrícola y sistemas hidráulicos. El depósito de aceite del banco dinamométrico se llena con 28 galones de éste aceite.

Figura 30. Aceite YPF



Fuente: Autores

Una vez que se ha elegido el aceite adecuado, se procedió al llenado en el banco dinamométrico.

Figura 31. Llenado de Aceite



Fuente: Autores

4.2 Diseño del circuito

Para la digitalización de resultados es necesario diseñar un circuito que sea capaz de transformar la señal analógica de un medidor en una señal digital, para su posterior procesamiento a través de software en una computadora.

4.2.1 Componentes del circuito. El circuito consta de los siguientes elementos electrónicos:

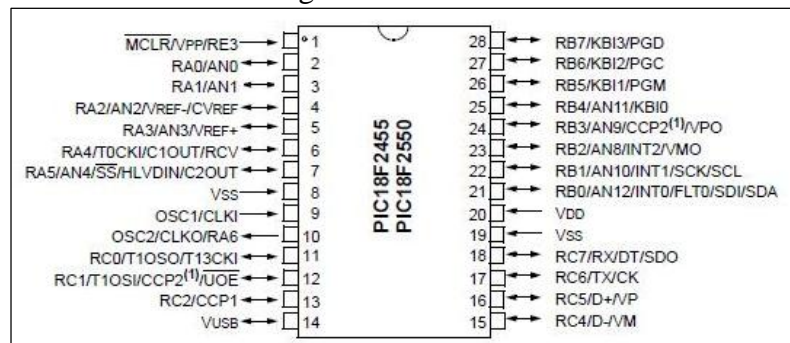
Tabla 3. Componentes del circuito

Número	Componente	Denominación
1	Pic	18F2550
1	Integrado	Lm358
1	Oscilador de cristal	20 MHz
2	Transistor	Efecto Hall
1	Termocupla	Tipo K
1	Transmisor	Infrarrojo
1	Receptor	Infrarrojo
1	Led	Rojo
1	Led	Verde
3	Resistencia	1KΩ
1	Resistencia	2,2KΩ
1	Resistencia	10KΩ
2	Resistencia	1,7 MΩ
5	Resistencia	4,7 KΩ
3	Capacitor	0,1 μF
1	Capacitor	220 μF a 16V
1	Diodo	1n4148

Fuente: Los autores

4.2.1.1 *Pic 18f2550.* El micro controlador PIC18F2550 es un micro controlador de la familia PIC18F, ideal para aplicaciones de bajo voltaje, éste micro controlador es excelente para aplicaciones de conectividad USB.

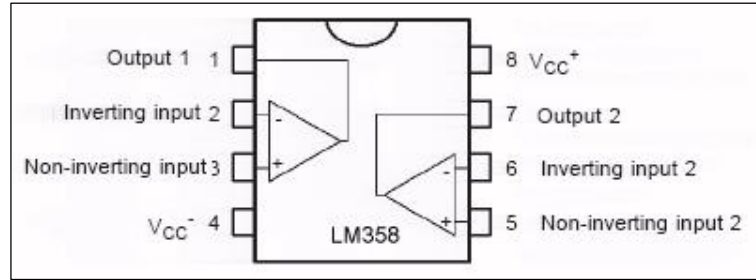
Figura 32. PIC18F2550



Fuente: <http://www.seekic.com/icdata/PIC18F2550.html>

4.2.1.2 *Integrado lm 358.* El circuito integrado LM358 está compuesto por 2 amplificadores operacionales en su interior. Usualmente se le ve como acondicionador de señales provenientes de transductores o sensores, como micrófonos, sondas de temperatura, etc.

Figura 33. Integrado lm 358



Fuente: <http://kagiva.galeon.com/3ds/tutores/opam.html>

4.2.1.3 *Oscilador de cristal de 20 MHz.* Estos osciladores admiten un pequeño ajuste de frecuencia, con un condensador en serie con el resonador, que aproxima la frecuencia de este.

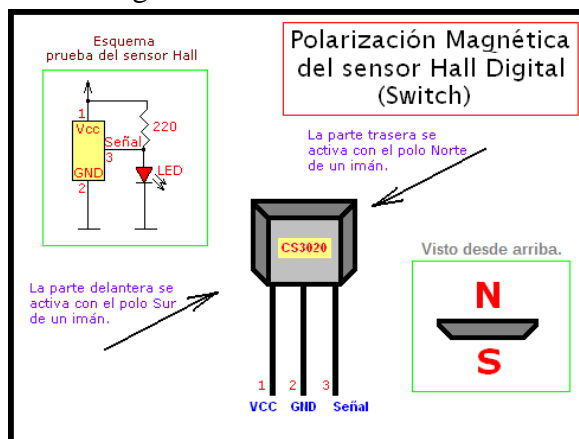
Figura 34. Oscilador de cristal



Fuente: <http://www.compics.es/cristales-cuarzo/350-cristal-de-cuarzo-20mhz.html>

4.2.1.4 *Transistor de efecto Hall.* El sensor de efecto Hall o simplemente sensor Hall sirve para la medición de campos magnéticos o corrientes o para la determinación de la posición en la que está un mecanismo o rueda giratoria.

Figura 35. Oscilador de cristal



Fuente: <https://sites.google.com/site/proyectosroboticos/encoder/encoder-con-hall>

4.2.1.5 *Termocupla.* Una termocupla está compuesta de dos alambres de distinto material unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño del orden de los milivolts el cual aumenta o disminuye con la temperatura.

Figura 36. Termocupla



Fuente: <http://www.preciolandia.com/mx/sonda-termopar-termocupla.html>

4.2.1.6 *Led.* Es un componente opto electrónico pasivo o un diodo que emite luz, en el caso del circuito a realizar el led que emite luz roja nos indica que el circuito esta encendido y el led que emite luz verde nos indica que está listo para operar.

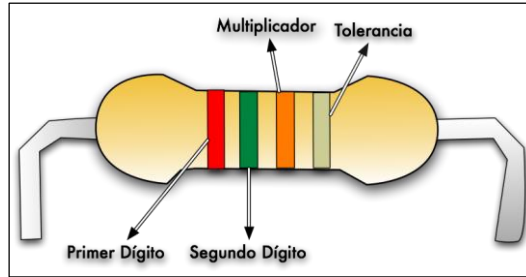
Figura 37. Leds



Fuente: http://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/luz_led.html

4.2.1.7 *Resistencia.* Una resistencia también llamado resistor es un elemento que causa oposición al paso de la corriente, causando que en sus terminales aparezca una diferencia de tensión.

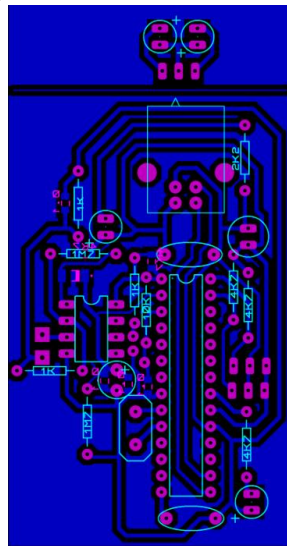
Figura 38. Resistencia



Fuente: <http://bricetapolinario.blogspot.com/2015/06/resistencia-electrica.html>

4.2.2 Comprobación del circuito. El circuito electrónico fue diseñado en el programa Proteus 8.

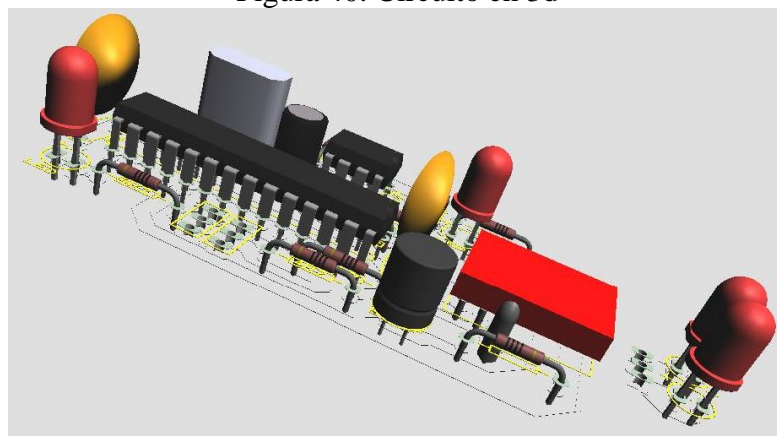
Figura 39. Circuito en Proteus



Fuente: Autores

El circuito en 3d es mostrado en la siguiente figura.

Figura 40. Circuito en 3d



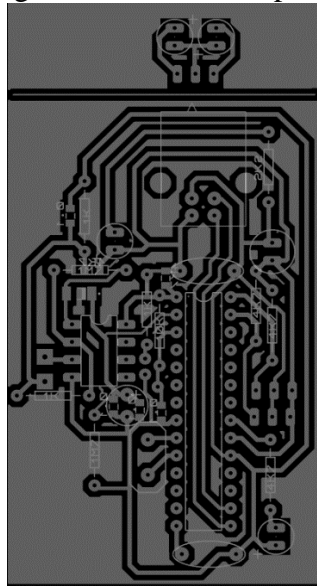
Fuente: Autores

4.3 Construcción del circuito

Una vez diseñado el circuito electrónico, se procede a la construcción de éste, siguiendo los pasos mencionados a continuación.

4.3.1 *Impresión del circuito.* Una vez diseñado el circuito, se procede a la impresión en papel termotransferible.

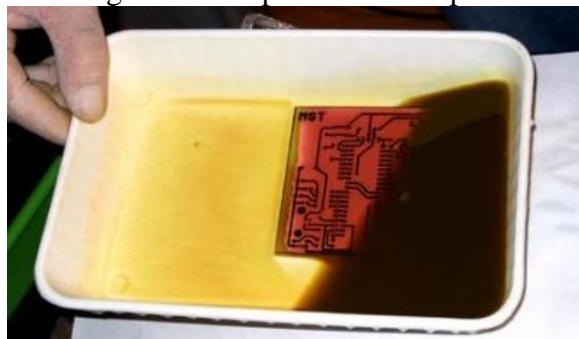
Figura 41. Circuito impreso



Fuente: Los autores

4.3.2 *Preparación de la placa.* Preparamos solución de cloruro férrico e introducimos la baquelita en el cloruro férrico.

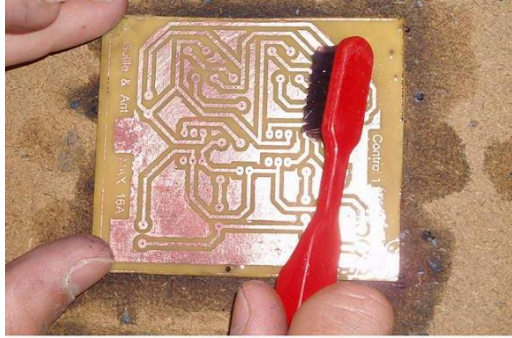
Figura 42. Preparación de la placa



Fuente: Autores

4.3.3 *Limpieza.* Cuando el cobre de la baquelita se elimine procedemos a sacar y limpiar la misma.

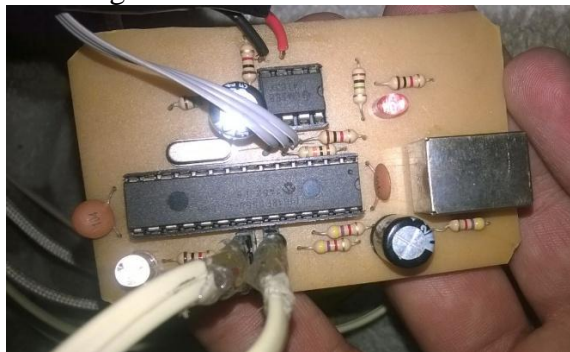
Figura 43. Limpieza de la placa



Fuente: Autores

4.3.4 *Ensamblar el circuito.* Perforar los huecos en la baquelita para ensamblar todos los componentes del circuito. Soldar cada uno de los componentes, conectar los cables de la termocupla y sensores de efecto hall.

Figura 44. Ensamble del circuito

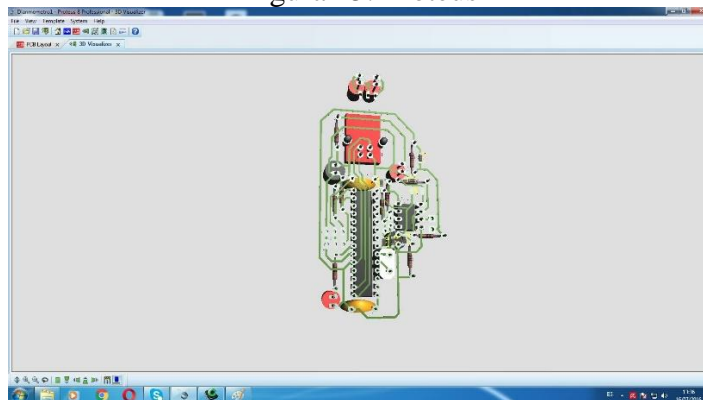


Fuente: Autores

4.4 Comprobación del circuito

El circuito electrónico fue probado mediante el software de simulación Proteus 8.

Figura 45. Proteus

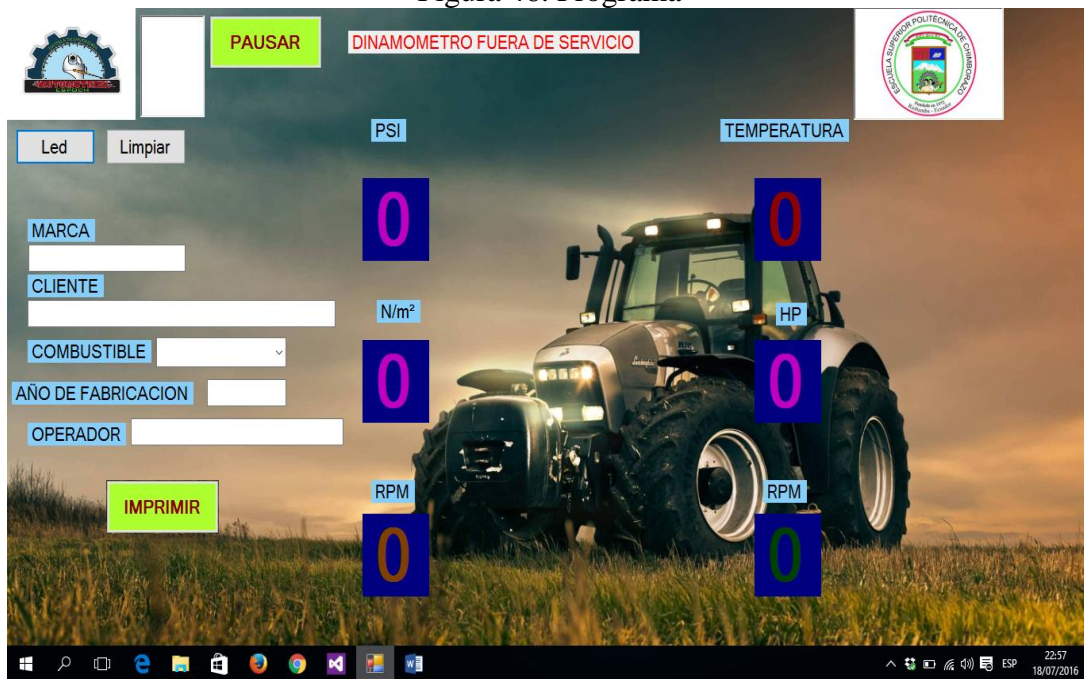


Fuente: Autores

4.5 Software necesario

Para la interpretación de datos del circuito, se requiere un software programado en Visual Studio, y una versión de Windows 7 en adelante. El programa se muestra en la siguiente figura.

Figura 46. Programa



Fuente: Autores

Como se observa en la figura, los datos que se van a mostrar en la pantalla son: la presión en PSI, la temperatura

4.5.1 *Descripción de los mandos del programa.* En el programa se cuenta con 4 mandos los cuáles nos servirán para interactuar e imprimir los resultados.

4.5.1.1 *Botón Led.* Sirve para efectuar una simulación que comprobará el correcto funcionamiento únicamente del circuito.

4.5.1.2 *Botón Limpiar.* Sirve para retirar los datos ingresados en los campos de información.

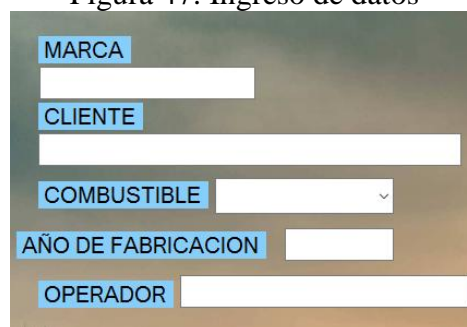
4.5.1.3 *Botón pausar.* Sirve para efectuar un congelamiento de la pantalla a fin de evitar la variación de datos.

4.5.1.4 *Botón imprimir.* Sirve para una impresión de la información

4.6 *Manejo del software.* Para el uso correcto del programa se debe seguir los siguientes pasos:

1. Instalar el programa visual Studio 2012 o superior.
2. Copiar el ejecutable desde el disco hacia el escritorio de la computadora.
3. Abrir el archivo ejecutable denominado dinamómetro p-400.
4. Conectar el cable USB desde el dinamómetro hacia la computadora.
5. Dar click en el botón "Led" si el mismo se enciende el circuito está operativo. En caso de no encenderse revisar las conexiones, reconectar el USB y volver al paso 4.
6. Con el texto principal "DINAMOMETRO OPERANDO" el dinamómetro está listo para usarse.
7. Llenar los campos que se muestran en la siguiente figura.

Figura 47. Ingreso de datos



Formulario de ingreso de datos con los siguientes campos:

- MARCA:
- CLIENTE:
- COMBUSTIBLE:
- AÑO DE FABRICACION:
- OPERADOR:

Fuente: Autores

8. Mientras se realiza la prueba dinamométrica y se haya llegado al número de revoluciones requeridas; hacer click en el botón "pausar" para dejar una imagen fija de los datos obtenidos
9. Hacer click en el botón "imprimir" para obtener los resultados de forma física.

4.7 Requerimientos de hardware

Se requiere una computadora con un mínimo de 2gb de memoria Ram, no se requiere demasiado espacio en el disco duro debido a que el programa pesa solamente 10 Mb.

Se requiere de una impresora en caso de necesitar la información por un medio físico. La impresora puede ser conectada por cable o vía wifi.

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y ENSAYOS

Para comprobar la funcionalidad del banco dinamométrico se ha realizado varias pruebas, en las cuáles se va a verificar los datos técnicos de un M.C.I.

5.1 Equipo necesario

Para la realización de las pruebas se necesita lo siguiente:

- El banco dinamométrico

Figura 48. Banco dinamométrico



Fuente: Autores

- Un eje de transmisión (cardán)

Figura 49. Cardán



Fuente: Autores

- El tractor o motor que se vaya a testear

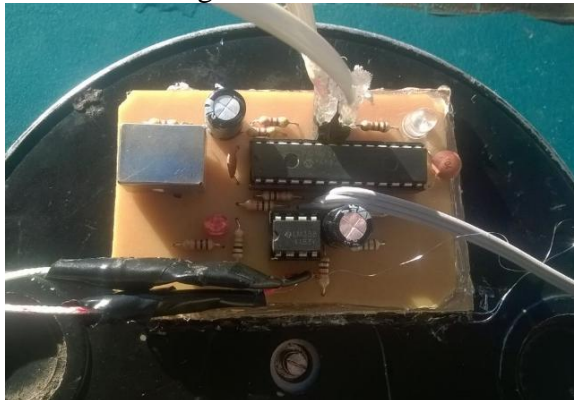
Figura 50. Tractor



Fuente: Autores

- Circuito de conversión análoga / digital

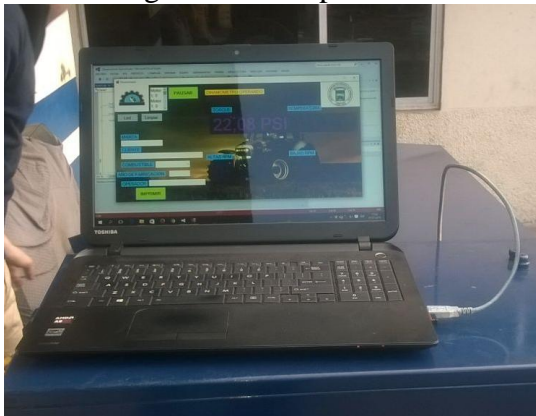
Figura 51. Circuito



Fuente: Autores

- Computadora con el software necesario

Figura 52. Computadora



Fuente: Autores

5.2 Procedimiento para las pruebas

5.2.1 Acoplamiento. Instalar los adaptadores necesarios y conectar el eje de accionamiento al tractor y al dinamómetro. Instalar el eje de transmisión para que ambos el eje de salida tractor y el eje de entrada dinamómetro queden paralelos entre sí.

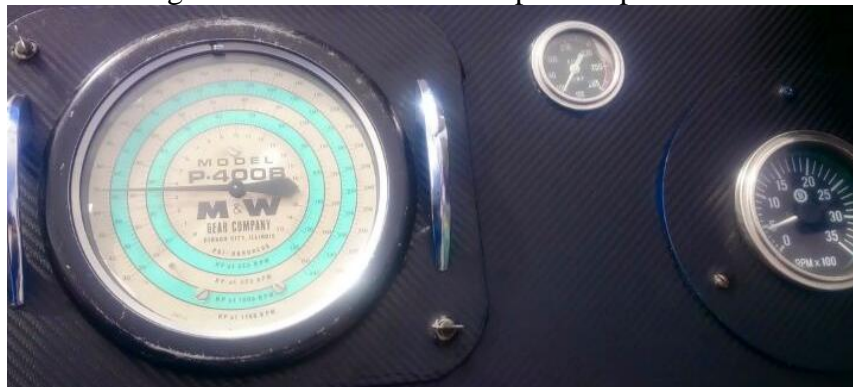
Figura 53. Acoplamiento banco dinamométrico – TDF



Fuente: Autores

5.2.2 Encendido del banco dinamométrico. Se procede a encender el banco y el tractor, y se comienza a tener las primeras lecturas en el indicador de presión-potencia como se muestra en la siguiente figura.

Figura 54. Lectura indicador presión-potencia



Fuente: Autores

5.2.3 Lectura de resultados. En la pantalla del computador se observa de manera clara los datos de presión, temperatura de aceite, potencia, Torque y RPM que produce el motor que se está testeando.

Para más detalles de cómo se realizan las pruebas de potencia y torque revisar el capítulo

VI donde se detalla paso a paso el procedimiento

5.3 Prueba de medición de potencia y torque

Para realizar esta prueba se requiere que el motor que se vaya a testear tenga una temperatura óptima de funcionamiento y seguir los pasos detallados en el manual de usuario (Capítulo VI).

5.3.1 *Características técnicas del tractor.* El tractor usado para las pruebas es un Tigrone 5500 cuyas especificaciones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4. Especificaciones del tractor

Especificaciones técnicas del tractor agrícola Antonio Carraro	
Modelo	Tigrone 5500
N° de cilindros	4
Revoluciones por minuto máximas	2600 Rpm
Potencia máxima	48 Cv
Combustible	Diésel
Aceite	SAE 15W40
Tipo de refrigeración	Por agua

Fuente: www.antoniocarraro.it/commons/include/php/resourceFile.php?id=25959

5.3.2 *Resultados obtenidos.* En las pruebas realizadas se ha logrado los resultados mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 5. Resultados a bajas RPM

RPM	Presión (PSI)	Potencia (HP)	TORQUE (N.m)
535	60	10	798,62
535	200	18	1437,51
535	300	23,71	1893,86
535	400	29,43	2350,21
620	60	10,00	689,28
620	200	20,50	1413,05
620	300	28,01	1930,02
620	400	35,51	2447,00

Fuente: Autores

En las pruebas realizadas, los datos de presión se toman a partir del indicador de presión-

potencia del banco dinamométrico, los cuáles al ser digitalizados se los obtiene con mayor precisión en el software utilizado. Los datos de potencia y torque son obtenidos automáticamente en el programa.

Tabla 6. Resultados a altas RPM

Valores de pruebas realizadas			
RPM	Presión (PSI)	Potencia (HP)	TORQUE (N.m)
1000	60	19,42	829,68
1000	200	35,70	1525,22
1000	300	47,33	2022,03
1000	400	58,95	2518,84
1160	60	30,00	1104,98
1160	200	48,67	1792,52
1160	300	62,00	2283,63
1160	400	75,33	2774,73

Fuente: Autores

Al igual que en la tabla anterior, los datos de presión son obtenidos en el indicador de presión – potencia.

Estas pruebas se realizaron a un régimen de RPM más alto, mientras en la tabla 5 se muestran los datos obtenidos en un régimen bajo

CAPITULO VI

6. MANUAL DE USUARIO

Para una correcta manipulación del banco dinamométrico hidráulico M&W modelo P-400B, es necesario identificar los principales elementos del equipo así como el correcto acoplamiento a un MCI.

El dinamómetro P-400B consiste de una bomba hidráulica de desplazamiento fijo accionado por la toma de fuerza del tractor a través de una caja de cambios. La presión dentro del dinamómetro está regulado por una válvula grande. Como la válvula está cerrada, se incrementa la presión y el incremento es mostrado en el manómetro. La potencia producida se lee directamente desde este indicador.

El P-400B es enfriado por circulación de agua de una manguera de jardín común a través de la unidad de refrigeración en el dinamómetro. Está montado sobre ruedas de automóvil lo que permite un fácil movimiento dentro del taller o ser remolcado a lugares remotos. La presión recomendada de las ruedas es de 15 psi.

6.1 Ubicación de componentes

En la parte frontal del banco dinamométrico se tiene varios elementos que se encuentran ubicados como se muestra en la siguiente figura:

Figura 55. Banco – vista anterior



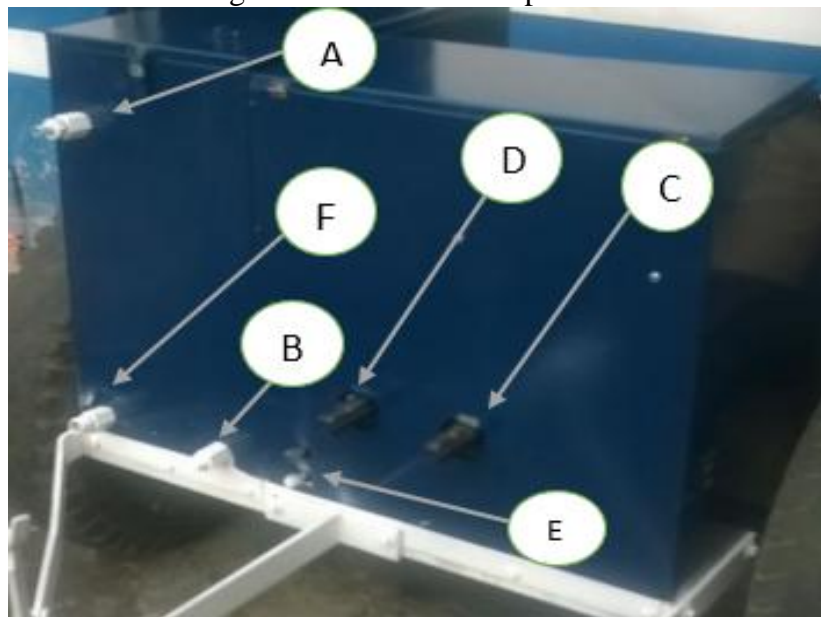
Fuente: Instruction Manual M&W

Donde:

- A. Indicador de temperatura del aceite
- B. Indicador de presión - potencia
- C. Volante
- D. Tacómetro
- E. Válvula de compuerta

En la parte posterior del banco dinamométrico se tiene varios elementos que se encuentran ubicados como se muestra en la siguiente figura, siendo de vital importancia los ejes de transmisión directa que cuentan con elementos magnéticos mismos que son utilizados para la toma digital de datos.

Figura 56. Banco – vista posterior



Fuente: Instruction Manual M&W

Donde:

- A. Válvula de entrada de agua
- B. Tapón de vaciado del depósito de aceite
- C. Eje de transmisión directa
- D. Toma de fuerza
- E. Drenaje de la caja de cambios y las tuberías de nivel
- F. Válvula de salida de agua

6.2 Panel de Instrumentos

El panel de control del dinamómetro P-400B consiste de los siguientes instrumentos y controles.

6.2.1 *Indicador de presión - potencia.* El indicador registra en libras de presión por pulgada cuadrada. También registra la potencia que se produce cuando se mide las velocidades de la toma de fuerza. El indicador está montado en un panel desmontable para que el operador pueda colocar el calibrador donde pueda ser visible mientras se hacen los ajustes.

6.2.2 *Válvula de compuerta.* Situada por encima del medidor de presión, esta válvula amortigua los golpes de ariete que causan las fluctuaciones de la aguja en el manómetro. La válvula de compuerta está normalmente abierta y solo debe ser cerrada al momento que se requiere realizar la medición de un parámetro como potencia o torque.

6.2.3 *Indicador de temperatura de aceite.* Este indicador registra en °F la temperatura del aceite. Precaución: No permita que la temperatura del aceite exceda los 180° F. Las altas temperaturas son perjudiciales para las partes internas de la bomba hidráulica. Para reducir la temperatura, basta con girar el volante en sentido anti horario y reducir la velocidad del motor. Esto permitirá que el agua enfríe el aceite.

6.2.4 *Tacómetro.* Este instrumento, montado a la derecha del panel de control, mide las RPM del eje de toma de fuerza del tractor o de la velocidad del cigüeñal en la medición de la transmisión directa.

6.2.5 *Válvula de control de la bomba hidráulica.* Esta válvula controla el flujo de aceite de la bomba hidráulica. El cierre de la válvula (en sentido horario) aumenta la presión en la bomba y la carga en el tractor. Cuando no está en uso, la válvula de control debe estar dentro de una vuelta de la apertura total. Esto asegurará una condición sin carga cuando se inicia el test en el próximo tractor o motor.

6.2.6 *Caudalímetro.* Este instrumento no es parte del panel de instrumentos pero está conectado entre el suministro de combustible y el motor para medir la cantidad de combustible consumido en galones por hora. Un medidor de flujo de gasolina se

suministra con el dinamómetro y un medidor de flujo de diésel está disponible como una opción. En el caso del dinamómetro P-400B, no cuenta con este caudalímetro, por lo que no se podrá realizar la medición del consumo específico de combustible del motor al que se le están realizando las pruebas.

6.3 Instalación

Para asegurar un correcto funcionamiento del banco dinamométrico debemos seguir los siguientes pasos:

- Conecte el dinamómetro al tractor o soporte de motor de prueba de modo que no se permita ningún movimiento
- Instalar los adaptadores necesarios y conectar el eje de accionamiento al tractor y el dinamómetro. Instalar el eje de transmisión para que ambos el eje de salida tractor y el eje de entrada dinamómetro queden paralelos entre sí. Evitar cualquier movimiento que colocaría un apriete en el eje de transmisión.

Nota: conecte el eje de transmisión al eje de entrada más central si está midiendo desde la toma de fuerza del tractor. Si la medición es directamente desde el eje de transmisión del motor, utilice el árbol de entrada externa. (Velocidades del motor desde 1000 a 3.800 rpm)

Importante: Nunca haga funcionar el tractor o el motor hasta que esté con el dinamómetro bien colocado y conectado el uno al otro.

- Conecte el suministro de agua a la entrada con una manguera de jardín a partir de un suministro constante, (50 psi y 3/4 pulgadas o líneas más grandes). Conectar la manguera de desagüe a la salida de agua de modo que la salida de la manguera esté en un desagüe en el suelo o zona de drenaje adecuada. Siempre mantenga la temperatura de operación entre 140 ° y 180 ° F bajo carga.

Importante: si se requieren funcionamientos prolongados, asegúrese de que un flujo constante de agua sea suministrado. Esto mantendrá la temperatura del aceite en la zona verde en el indicador. Si, por descuido, se hace funcionar el dinamómetro sin activar el

suministro de agua y el medidor de calor muestra más de 220 grados, dé marcha atrás la rueda de la válvula de control y deje que el aceite se enfríe lentamente.

No haga funcionar el suministro de agua.

- Verifique la lubricación del dinamómetro
- Asegúrese de que la rueda de control está a una vuelta de estar totalmente abierta (en sentido anti horario).
- Gire la válvula de compuerta a una vuelta en sentido anti horario.

El dinamómetro está ahora listo para funcionar.

Nota: es muy recomendable que se instale un aro de retención en el eje de transmisión a cada extremo del eje alrededor de las juntas universales. Asegúrese de que estos aros están bien sujetos al dinamómetro y al tractor o motor.

6.4 Operación

6.4.1 *Verifique la velocidad del motor.* Antes de intentar cualquier prueba del tractor, compruebe el estado del embrague de la toma de fuerza usada en algunos tractores. Un mal embrague hará que el árbol de transmisión no gire a la velocidad correcta.

Una vez verificado la condición antes mencionada seguir los siguientes pasos:

- Arrancar el tractor y conectar la Toma de Fuerza. Permitir que el tractor se caliente a la temperatura de operación y el aceite se caliente hasta los 140 ° antes de la prueba.
- Compruebe la velocidad de la TDF en el tacómetro del dinamómetro. Si la velocidad de la toma de fuerza está por debajo de la recomendada por el fabricante, ajustar el gobernador o el mecanismo del acelerador a la velocidad de la TDF correcta

6.4.2 *Revisar las válvulas, bujías y compresión.* Para comprobar estos parámetros seguir los siguientes pasos:

- Con el tractor y el dinamómetro calientes y corriendo a toda velocidad, girar el volante de la válvula hacia la derecha hasta que el tractor esté tirando de carga. Bajo carga severa, las válvulas malas causan que el motor funcione desigual y posiblemente pare. Los anillos malos permitirán un considerable soplado. Las bujías malas simplemente causarán fallo del encendido.
- Corregir cualquier defecto de funcionamiento antes de efectuar otras pruebas.

6.4.3 *Comprobación de tiempo de encendido.* Para revisar el tiempo de encendido seguir los siguientes pasos:

- Arrancar el tractor y dejar que éste y el dinamómetro se calienten a la temperatura de funcionamiento.
- Aumentar la velocidad del motor acelerando a fondo y cargar el tractor girando el volante de la válvula hacia la derecha hasta que se alcanza la velocidad recomendada del regulador.
- Ajustar el distribuidor o magneto hasta que la lectura más alta de potencia sea registrada en el manómetro.
- Retardar el distribuidor o magneto hasta que el manómetro registre una potencia menor. Retardar el encendido ligeramente aumentará la economía y la vida útil del motor.

6.4.4 *Ajuste del carburador, tractores nuevos.* Para calibrar estos parámetros seguir los siguientes pasos:

- El tiempo de encendido se debe establecer antes de realizar ajustes al carburador
- Instale el medidor de flujo entre el depósito de combustible y el carburador.

- Arranque el tractor y permita que el motor y el dinamómetro se calienten a la temperatura de funcionamiento.
- Pise el acelerador a máxima velocidad y gire el volante hacia la derecha de la válvula hasta que el tractor esté cargado a la velocidad de la TDF recomendada.
- Ajuste el chorro principal del carburador hasta que el caudalímetro registre la tasa de consumo de combustible recomendada a la máxima potencia. Intente cerrar el chorro principal para ver si se puede reducir los galones por hora sin perder potencia. El tractor estará probablemente produciendo la potencia máxima, mientras que se ajusta a demasiado rica. Cerrando el chorro principal hasta que se detecta una pérdida de potencia puede ahorrar muchos litros de gasolina al año.

NOTA: El carburador de un nuevo tractor debe estar ajustado de fábrica a la máxima potencia que proporciona la sincronización, el juego de válvulas, compresión, etc.

6.4.5 *Ajuste del carburador, tractores usados.* Siga el procedimiento indicado para los nuevos tractores a través de los siguientes pasos:

- Abrir el chorro principal alrededor de dos (2) vueltas y observe la lectura del medidor de caudal. Si la lectura es superior a la recomendada por el fabricante, el carburador debe estar funcionando correctamente. Si la lectura es baja, el carburador debe ser reconstruido antes de continuar. Si el carburador está funcionando correctamente, ajuste como se indica en el último paso de ajuste de carburador, tractores nuevos.
- Si el motor del tractor utilizado ha sido manipulado y / o tiene la compresión elevada, el chorro principal puede haber sido ampliado. Si se conoce que el motor ha sido alterado, y la potencia máxima no es más que la de un motor estándar, el motor está probablemente necesitando más combustible y se debe probar con un chorro más grande.

6.4.6 *Comprobación de los ajustes de la potencia de diésel.* Consulte el manual de servicio del tractor que está probando y establezca el tiempo y ajustes de la bomba como

se recomienda. Cargar el tractor y fijar la bomba ligeramente por debajo de la potencia máxima para obtener la máxima economía y vida útil del motor.

6.4.7 *Pruebas del embrague principal.* Seguir los siguientes pasos:

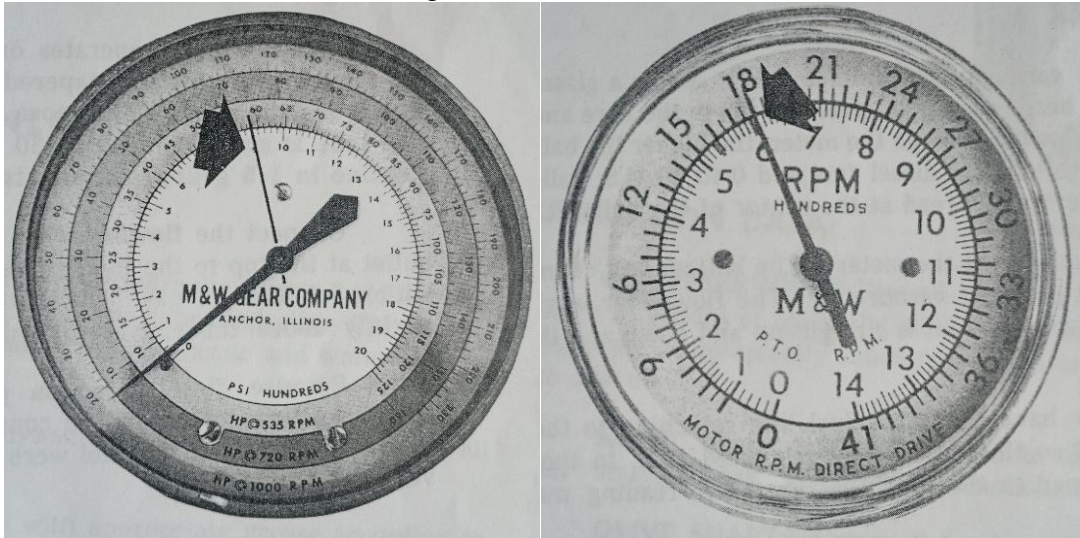
- Arranque el tractor y enganche la TDF. Deje que el motor y el dinamómetro se calienten a temperatura de funcionamiento.
- Comprobar el embrague con el motor a plena aceleración bajo una carga pesada. Un mal embrague se deslizará.

NOTA: En algunos modelos recientes de tractores el eje de la TDF está conectado directamente al volante y un embrague malo no se puede detectar de esta manera.

6.4.8 *Comprobación de los motores acople directo.* Para acoplar directamente un M.C.I seguir los siguientes pasos:

- Comprobar el tiempo de encendido y los ajustes del carburador antes de la prueba.
- Arranque el motor y deje que éste y el dinamómetro se calienten hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento.
- Girar el volante de la válvula en sentido horario y aumentar la velocidad del motor hasta que éste alcance las RPM nominales.
- Mantenga el acelerador totalmente abierto y cargue el motor hasta que la velocidad sea aproximadamente 100 RPM más baja que la velocidad nominal. Inmediatamente reducir la carga hasta que el motor esté a velocidad nominal. Esto se hace para asegurarse de que el carburador está completamente abierto.
- Tenga en cuenta la potencia nominal en el manómetro. Si la velocidad del eje es de 535, 620, 1000 o 1160 rpm, la potencia se puede leer desde el medidor.
- Si la velocidad del eje no es ninguna de los anteriores, leer las RPM en la escala interior del tacómetro como se muestra en la siguiente figura.

Figura 57. Indicadores

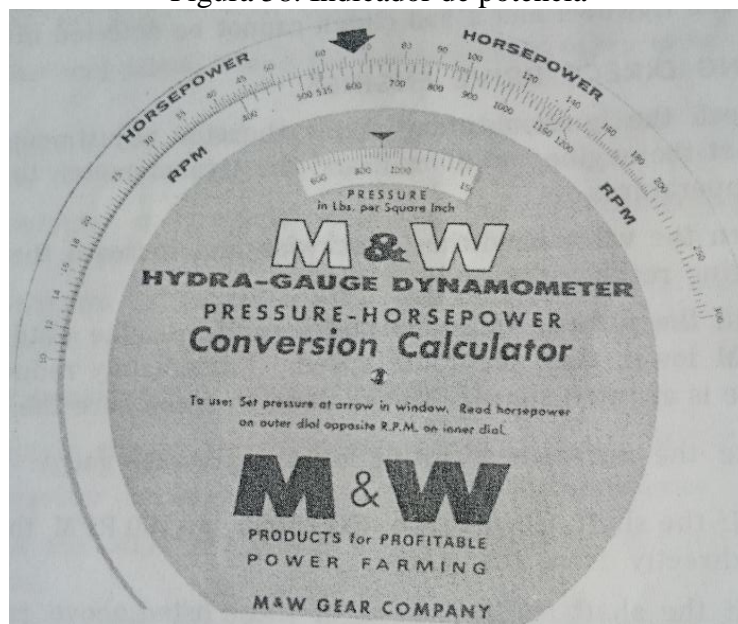


Fuente: Instruction Manual M&W

En el ejemplo que se usa aquí, el tacómetro muestra 610 RPM de la TDF (o RPM acople directo).

- Usando el calculador de presión-potencia, ajuste la flecha de la línea interior de la lectura en la ventana de presión, (900psi).
- Leer los caballos de fuerza en la escala exterior a las RPM de lectura (610 RPM). En este caso, la potencia es de aproximadamente 67 hp.

Figura 58. Indicador de potencia



Fuente: Instruction Manual M&W

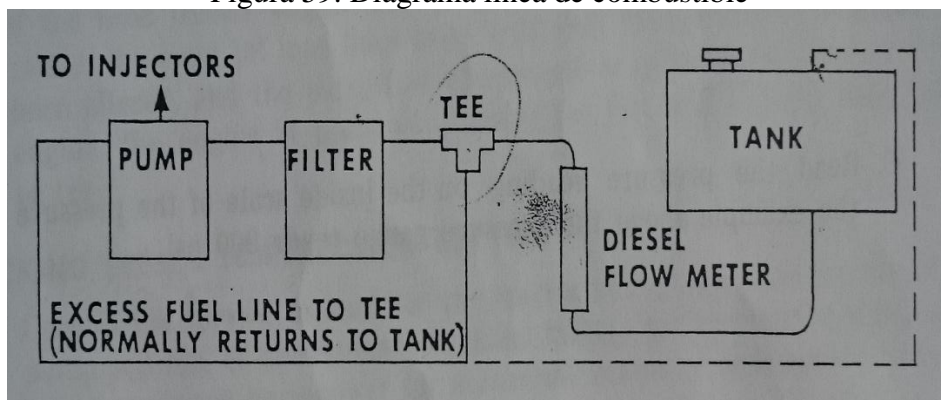
6.5 Uso del caudalímetro M&W.

El medidor de flujo opera sobre el principio de área variable. Se trata simplemente de un tubo de medición de vidrio cónico de precisión y un agujero en la cabeza. Una bola de acero encaja en el agujero y flota como el combustible fluya. Cuando más combustible fluya a través del medidor, mayor será la flotación de la bola. El tubo se escala de 0 a 30 U.S. galones de combustible diésel y de 0 a 40 U.S. galones de gasolina en incrementos de 1/5 de galón. La escala se lee en el centro de la bola.

Conecte el caudalímetro para que el combustible entre al medidor en la parte inferior y conecte la salida en la parte superior a la entrada de la bomba de combustible o carburador. El caudalímetro funciona mejor con un tanque lleno de combustible. Instalar el medidor para que quede recto hacia arriba y hacia abajo y la entrada ligeramente por encima de la entrada del carburador.

Debido a que las bombas de inyección diésel tienen un exceso de combustible en la línea de retorno al tanque, el medidor de flujo de diésel debe ser conectado, por lo que este exceso de combustible se envía de vuelta a la bomba como se muestra en la figura de abajo. Si el combustible regresa al depósito la lectura del medidor de caudal sería muy inexacta.

Figura 59. Diagrama línea de combustible



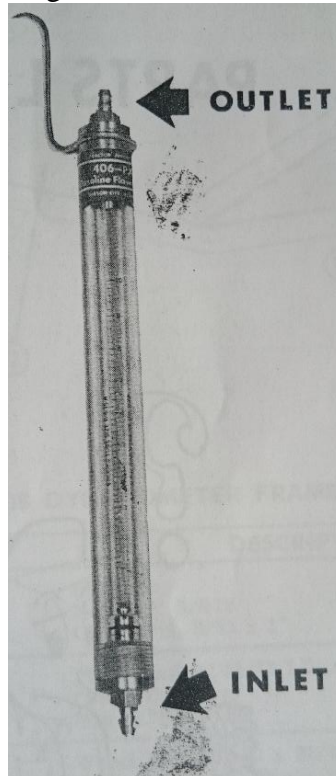
Fuente: Instruction Manual M&W

El medidor de flujo diésel opera y se lee igual que el medidor de flujo de gasolina. La única diferencia es en la calibración de los dos instrumentos.

Recuerde que las burbujas de aire pueden causar falsas lecturas. Espere hasta que las

burbujas desaparezcan. El medidor de flujo es un instrumento de precisión con un cuerpo principal hecho de vidrio. El instrumento debe manipularse con cuidado y montarse de forma segura antes de usar.

Figura 60. Caudalímetro



Fuente: Instruction Manual M&W

6.6 DATOS DE LUBRICACIÓN

6.6.1 *Reservorio de aceite.* El depósito de aceite, caja de cambios y el sistema hidráulico tienen aproximadamente 28 galones de aceite hidráulico. El enfriamiento de las unidades debe ser completamente sumergidas en aceite o producirá condensación y el agua entraría en el aceite.

Nota: El agua en el aceite es perjudicial para el dinamómetro, el agua hará espuma en el aceite y su decoloración. Reemplace el aceite contaminado.

6.6.2 *Eje de transmisión.* Engrasar las juntas universales con grasa adecuada en función de la frecuencia de uso.

6.6.3 *Bujes.* Los bujes están llenos de fábrica con grasa para rodamientos y no deben

requerir el mantenimiento en condiciones de uso normal.

6.6.4 *Almacenamiento en clima frío.* El dinamómetro debe ser almacenado al aire libre o en un edificio sin calefacción en temperaturas bajo cero, asegúrese que toda el agua se retira de las unidades de refrigeración. Coloque el dinamómetro en una superficie plana y use aire a baja presión, aplicado a la salida de agua, para expulsar el agua de la conexión de entrada.

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se definió al dinamómetro en tal, como un freno que es aplicable con diferentes cargas, pudiendo ser de todo tipo y cuya finalidad es simular condiciones de trabajo que comprueben las especificaciones técnicas de un motor.

Se realizó un mantenimiento general de cada una de las partes, sea este mantenimiento preventivo o correctivo dependiendo de las condiciones en las que se encontraba cada elemento.

Se logró transformar la información análoga dada por los indicadores mecánicos en una señal digital que pudo ser interpretada por un software específicamente diseñado que fue instalado en una computadora

La verificación del funcionamiento del dinamómetro pudo ser confirmada debido a que se contrastaron los datos de la ficha técnica con los entregados por los indicadores mecánicos y posteriormente fueron depurados mediante la señal digital y el software especializado.

Se facilitó a la Escuela de Ingeniería Automotriz un manual de usuario en español, el mismo que servirá para la correcta manipulación del equipo.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda adquirir o construir un eje de transmisión para facilitar la conexión entre el banco dinamométrico y el tractor, ya que la mayoría de operarios o dueños no cuentan con éste elemento.

Se sugiere implementar un sistema de suspensión al banco dinamométrico con la finalidad de que las vibraciones causadas al momento de trasladarlo no produzcan averías o fallos

en la calibración del equipo.

Se recomienda comprobar periódicamente el estado del circuito mediante el botón LED del software, para evitar posibles errores en la muestra de datos, considerando que los equipos son más vulnerables a presentar fallos en condiciones climáticas adversas.

BIBLIOGRAFÍA

AZKEN, Eguneratzea. *Makina eta Motore Termikoetako Saila*. [En línea]. País Vazco-España: 2010. [Consulta: 13 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.ehu.eus/mmtde/bancomot.htm#o>.

BABCOCK, Bruce. "The Design, Construction, and Use of a Small Prony Brake". *Gas engine magazine* [En línea], 2000, (United State of America), pp. 1-10. [Consulta: 31 de Marzo de 2016]. ISSN 66609-1265. Disponible en: www.gasenginemagazine.com/farm-shows/the-design-construction-and-use-of-a-small-prony-brake.aspx.

TECNER. *Banco Universal para Ensayo De Motores, Modelo D – 230"Nº Serie: 6.18.063*. Italia: 2009, pp 5-16.

FRIES, Bruce. *Conversión analógica-digital*. [En línea]. 2005. [Consulta: 31 de marzo de 2016]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Conversi%C3%B3n_anal%C3%B3gica-digital.

RUEDAS DE PRENSA S.L. *Km77*. [En línea]. 2010. [Consulta: 04 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.km77.com/glosario/c/consuespe.asp>.

LOPEZ, Carlos. *La opción del motocultor*. [En línea]. Valencia-España:1997. [Consulta: 10 de Mayo de 2016]. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural%2FVrural_1997_52_58_62.pdf.

RODRIGUEZ, Edgardo. *Características de motores para equipos de trabajo pesado*. [En línea]. 2012. [Consulta: 02 de Abril de 2016]. Disponible en: <https://edgardopedullarodriguez.wordpress.com/tag/consumo-especifico-en-motores/>.

SMITH, C.B. *Elementos de mecánica aplicada*. Barcelona-España: Labor, S.A. Calabria, 1971, pp. 70-92

