



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO
DINAMOMÉTRICO MARCA BORGHI Y SAVERI
MODELO FA 200 SP DE LA FACULTAD DE MECÁNICA-
ESPOCH”**

**CHANCUSIG SARZOSA JOSÉ IGNACIO
JAITIA CHICAIZA LUIS DAVID**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-01-30

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JOSÉ IGNACIO CHANCUSIG SARZOSA

Titulada:

**“REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
MARCA BORGHI Y SAVERI MODELO FA 200 SP DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA - ESPOCH”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Ing. Ángel Jácome Domínguez
DIRECTOR DE TESIS

Ing. David Bravo Morocho
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-01-30

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

LUIS DAVID JAITIA CHICAIZA

Titulada:

**“REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
MARCA BORGHI Y SAVERI MODELO FA 200 SP DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA - ESPOCH”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Ing. Ángel Jácome Domínguez
DIRECTOR DE TESIS

Ing. David Bravo Morocho
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JOSÉ IGNACIO CHANCUSIG SARZOSA

TÍTULO DE LA TESIS: “REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO MARCA BORGHI Y SAVERI MODELO FA 200 SP DE LA FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2013-12-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Jácome Domínguez DIRECTOR DE TESIS			
Ing. David Bravo Morocho ASESOR			

* 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. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LUIS DAVID JAITIA CHICAIZA

TÍTULO DE LA TESIS: “REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO MARCA BORGHI Y SAVERI MODELO FA 200 SP DE LA FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2013-12-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Jácome Domínguez DIRECTOR DE TESIS			
Ing. David Bravo Morocho ASESOR			

* 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. Carlos Santillán Mariño
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.

José Ignacio Chancusig Sarzosa

Luis David Jaitia Chicaiza

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico en primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino correcto, a mis dos amores Myriam y Ander que han sido mi mayor impulso y motivación para culminar una etapa más en mi vida profesional, y así juntos cumplir las metas restantes que tenemos proyectadas como familia.

A mis padres José e Isabel, que me han apoyado incondicionalmente en todos los momentos tantos buenos como malos, logrando así orientarme hacia como llegar a ser una persona de bien hacia el mundo. Cabe recalcar el gran esfuerzo realizado de una madre hacia su hijo, estando siempre ahí brindándome consejos y apoyo para continuar adelante.

José Chancusig Sarzosa

A Dios que ha sido la fuerza y valentía permitiéndome culminar la carrera con éxito y satisfacción durante todo este tiempo.

Dedico este trabajo especialmente a mis padres por todo el apoyo incondicional que me han brindado durante todos estos años, ya que gracias a ellos se logró conseguir nuestros sueños.

También quiero agradecer a todos quienes de una u otra forma me apoyaron, en especial a mis compañeros y amigos de clase con los cuales hemos compartido triunfos y derrotas.

Luis Jaitia Chicaiza

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

José Chancusig Sarzosa

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Luis Jaitia Chicaiza

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	1
1.3	Objetivos	2
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Introducción	3
2.2	Banco dinamométrico	3
2.2.1	<i>Principales partes del banco de pruebas</i>	5
2.2.1.1	<i>Freno eléctrico de corrientes parásitas</i>	5
2.2.1.2	<i>Transmisión</i>	7
2.2.1.3	<i>Sistema de refrigeración del banco</i>	8
2.2.1.4	<i>Sistema de control de consumo de combustible</i>	11
2.2.1.5	<i>Balanza dinamométrica</i>	11
2.2.1.6	<i>Panel de control.</i>	12
2.2.1.7	<i>Bancada</i>	13
2.2.1.8	<i>Soportes</i>	13
2.2.1.9	<i>Cimentación</i>	14
2.3	Características de los motores de combustión interna	15
2.3.1	<i>El torque</i>	15
2.3.2	<i>La Potencia</i>	15
2.3.2.1	<i>Potencia efectiva</i>	15
2.3.3	<i>Consumo específico de combustible</i>	17
2.4	Tipos de mantenimiento de máquinas	17
2.4.1	<i>Mantenimiento correctivo</i>	18
2.4.2	<i>Mantenimiento predictivo.</i>	18
2.4.3	<i>Mantenimiento preventivo</i>	18
3.	ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO ANTES DEL MANTENIMIENTO	
3.1	Inspección y determinación del estado técnico del banco antes del mantenimiento. 19	
3.1.1	<i>Sistema de refrigeración</i>	19
3.1.1.1	<i>Cisterna</i>	19
3.1.1.2	<i>Bomba de agua</i>	20
3.1.1.3	<i>Cañerías del sistema de refrigeración</i>	22
3.1.1.4	<i>Descalsificador de agua</i>	22
3.1.1.5	<i>Dispositivo de control de presión del agua</i>	23
3.1.2	<i>Sistema de acoplamiento freno motor</i>	23
3.1.2.1	<i>Eje de transmisión</i>	23
3.1.2.2	<i>Acoplamiento flexible</i>	24
3.1.2.3	<i>Acoplamientos metálicos que conectan el banco al motor de ensayo</i>	25
3.1.3	<i>Panel de control</i>	26
3.1.3.1	<i>Termocuplas</i>	26
3.1.3.2	<i>Indicadores de temperatura</i>	26
3.1.3.3	<i>Fuente de alimentación</i>	26

3.1.3.4	<i>Contador de revoluciones</i>	27
3.1.3.5	<i>Amperímetro</i>	27
3.1.4	<i>Sistema de control de consumo de combustible</i>	27
3.1.4.1	<i>Probeta de medición</i>	27
3.1.4.2	<i>Cañerías</i>	28
3.1.4.3	<i>Tanque de combustible</i>	28
3.1.4.4	<i>Válvulas de paso</i>	28
3.1.5	<i>Balanza dinamométrica</i>	28
3.1.6	<i>Freno dinamométrico</i>	29
3.1.6.1	<i>Rotor</i>	29
3.1.6.2	<i>Estatórotor</i>	29
3.1.6.3	<i>Cañerías de las cámaras de refrigeración</i>	29
3.1.7	<i>Sistema de accionamiento del motor de arranque</i>	30
3.1.7.1	<i>Palanca de accionamiento</i>	30
3.1.7.2	<i>Motor de arranque trifásico</i>	30
3.1.7.3	<i>Bandas</i>	30
3.1.8	<i>Bancada y soportes</i>	31
3.2	<i>Resumen del estado técnico antes del mantenimiento</i>	31

4. MANTENIMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO

4.1	<i>Mantenimiento de los sistemas y partes averiadas del banco</i>	33
4.1.1	<i>Sistema de refrigeración</i>	33
4.1.1.1	<i>Cisterna</i>	33
4.1.1.2	<i>Bomba de agua</i>	33
4.1.1.3	<i>Cañerías del sistema de refrigeración</i>	40
4.1.1.4	<i>Descalcificador de agua</i>	40
4.1.1.5	<i>Dispositivo de control de presión del agua</i>	42
4.1.2	<i>Sistema de acoplamiento freno motor</i>	43
4.1.2.1	<i>Acoplamiento flexible</i>	43
4.1.2.2	<i>Pernos del acoplamiento S-18</i>	46
4.1.2.3	<i>Eje de transmisión</i>	47
4.1.2.4	<i>Acoplamientos metálicos que conectan el banco al motor de ensayo</i>	49
4.1.3	<i>Panel de control</i>	49
4.1.3.1	<i>Contador de revoluciones</i>	49
4.1.3.2	<i>Amperímetro</i>	49
4.1.4	<i>Sistema de control de consumo de combustible</i>	50
4.1.4.1	<i>Probeta de medición</i>	50
4.1.4.2	<i>Cañerías</i>	50
4.1.4.3	<i>Tanque de combustible</i>	50
4.1.5	<i>Balanza dinamométrica</i>	50
4.1.6	<i>Freno dinamométrico</i>	54
4.1.6.1	<i>Cañerías de las cámaras de refrigeración</i>	54
4.1.6.2	<i>Palanca de accionamiento</i>	54
4.1.7	<i>Bancada y soportes</i>	54
4.2	<i>Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo del banco</i>	55
4.2.1	<i>Mantenimiento del sistema de refrigeración</i>	55
4.2.1.1	<i>Cisterna</i>	55
4.2.1.2	<i>Bomba de agua</i>	55
4.2.1.3	<i>Descalcificador de agua</i>	55
4.2.2	<i>Sistema de acoplamiento freno motor</i>	56
4.2.2.1	<i>Eje cardán hembra</i>	56
4.2.2.2	<i>Eje estriado</i>	56
4.2.3	<i>Balanza dinamométrica</i>	56
4.2.4	<i>Palanca de accionamiento</i>	56

4.2.5	<i>Bandas del motor de arranque</i>	56
5.	PRUEBAS Y VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO	
5.1	Pruebas de funcionamiento	58
5.1.1	<i>Acoplamiento del motor a prueba con el banco dinamométrico</i>	58
5.1.2	<i>Ensayo y medición de torque</i>	59
5.1.3	<i>Ensayo y medición de potencia efectiva</i>	61
5.1.4	<i>Ensayo y medición del consumo específico</i>	63
5.2	Manual de usuario	65
5.2.1	<i>Descripción del panel de control</i>	65
5.2.2	<i>Descripción de los cuatro tipos de pruebas del freno dinamométrico</i>	69
5.2.3	<i>Encendido y apagado del banco dinamométrico</i>	71
5.2.4	<i>Avisos y seguridad</i>	74
6.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	
6.1	Costos directos	77
6.1.1	<i>Costos de materiales y equipos</i>	77
6.1.2	<i>Costos de rehabilitación del eje de transmisión</i>	78
6.1.3	<i>Costos por importación del acoplamiento flexible S-18 y acoplamientos</i>	79
6.1.4	<i>Total costo directo</i>	79
6.2	Costos indirectos	79
6.3	Costo total	80
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones	81
7.2	Recomendaciones.....	82

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Medidas del eje de transmisión 8
2	Medidas estándar de los soportes del motor 14
3	Estado de los elementos y partes del banco 32
4	Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad 40
5	Datos técnicos del banco 43
6	Aplicación del factor de servicio 44
7	Datos de funcionamiento del acoplamiento Saga 45
8	Pernos del acoplamiento S-18 46
9	Datos técnicos del material base del eje 47
10	Especificaciones técnicas del motor Ducati 59
11	Valores para el cálculo del torque 61
12	Valores para el cálculo de la potencia efectiva 62
13	Potencia efectiva corregida 63
14	Valores para el cálculo del consumo específico de combustible 64
15	Costos de materiales y equipos 77
16	Costos de rehabilitación del eje de transmisión 78
17	Costos por importación de la junta flexible S-18 y sus acoplamientos 79
18	Total costo directo 79
19	Costos indirectos 79
20	Costo total 80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Banco dinamométrico FA 200/SP	4
2 Freno dinamométrico por corrientes parásitas	5
3 Vista de corte de un freno dinamométrico de corrientes parásitas	6
4 Vista de corte de un freno dinamométrico por corrientes parásitas	7
5 Eje de transmisión.....	8
6 Bomba de agua y tuberías del sistema de refrigeración del banco	9
7 Descalsificador o ablandador de agua.....	10
8 Dispositivo de control de presión del agua	10
9 Verificador del consumo de combustible	11
10 Balanza dinamométrica.....	12
11 Panel de control	12
12 Bancada.....	13
13 Soportes	13
14 Medidas estándar de los soportes del motor	14
15 Anclaje del banco al piso	14
16 Esquema de la medición de la potencia efectiva.....	16
17 Cisterna	19
18 Válvula de pie	20
19 Agua de la cisterna.....	20
20 Empaque de sello	21
21 Carcasa y álabes.....	21
22 Sello mecánico	21
23 Aceite de la bomba de agua	21
24 Motor eléctrico y bomba de agua.....	22
25 Cañerías del sistema de refrigeración	22
26 Descalsificador de agua	23
27 Eje estriado	24
28 Eje cardán hembra	24
29 Acoplamiento flexible roto	25
30 Acoplamiento flexible en pésimas condiciones	25
31 Acople metálico averiado	26
32 Encendido de las termocuplas.....	26
33 Verificación de los indicadores de temperatura.....	27
34 Comprobación del contador de revoluciones.....	27
35 Probeta de medición.....	28
36 Tanque de combustible	28
37 Comprobación del rotor	29
38 Comprobación del estator	29
39 Cañerías de las cámaras de refrigeración.....	30
40 Palanca de accionamiento	30
41 Motor de arranque trifásico.....	31
42 Bandas.....	31
43 Bancada y soportes	31
44 Juntas universales	33
45 Pernos de sujeción y tuerca.....	34
46 Bandas y polea	34
47 Pernos y carcasa.....	34
48 Álabes y empaque de sello.....	35
49 Sello mecánico averiado	35
50 Pernos y depósito de aceite.....	36

51	Tapón	36
52	Sello mecánico nuevo	36
53	Viscosímetro Saybolt.....	37
54	Cronómetro ensayo	38
55	Gráfica viscosidad cinemática y temperatura	39
56	Filtro de agua y posiciones de la palanca.....	41
57	Posiciones de la palanca del ablandador de agua.....	42
58	Mantenimiento del dispositivo de control de presión	42
59	Acoplamiento S-18	46
60	Acoplamiento flexible S-18 con sus acoplamientos metálicos	47
61	Eje estriado nuevo.....	48
62	Eje cardán hembra realizado el mantenimiento	48
64	Calibración del sensor de revoluciones.....	49
65	Encendido del amperímetro	49
66	Probeta de medición limpia	50
67	Escala de calibración	52
68	Aguja indicadora con calibración	53
69	Cañerías nuevas de las cámaras de refrigeración.....	54
70	Palanca de accionamiento lubricada	54
71	Bancada y soportes pintadas	55
72	Acoplamiento del motor a prueba con el banco dinamométrico	58
73	Gráfica de torque del motor Ducati	61
74	Gráfica de potencia del motor Ducati	63
75	Gráfica de consumo específico de combustible del motor Ducati.....	64
76	Interruptor del banco ON-OFF	65
77	Potenciómetro de regulación de carga y velocidad.....	66
78	Lámpara de control de velocidad.....	66
79	Potenciómetro de ajuste “FUORI GIRI”	66
80	Potenciómetro de ajuste entre la corriente del freno y las RPM.....	67
81	Selector de funciones	67
82	Amperímetro analógico	67
83	Potenciómetro de tornillo.....	68
84	Selector interno - externo.....	68
85	Lámpara de control y seguridad del agua del freno	68
86	Pulsador de pausa de la carga	69
87	Palanca de accionamiento	71
88	Conexión de la cañería de alimentación de combustible	72
89	Llenado de la probeta.....	72
90	Tapa de seguridad	73
91	Accionamiento del encendido del banco, termocuplas y bomba de agua.....	73
92	Accionamiento del motor de arranque.....	74

SIMBOLOGÍA

M	Torque	Kgm
HP	Caballos de fuerza (Horse power)	HP
CV	Caballos de vapor	CV
P	Peso	Kg
Ft	Fuerza tangencial	Kgf
Wt	Trabajo de la fuerza tangencial	Kgm
We	Trabajo absorbido por el freno	Kgm
Ne	Potencia efectiva	CV
n	Número de revoluciones	RPM
Ct	Consumo de combustible	Kg/h
Vf	Volumen de combustible	cm ³
ρb	Peso específico del combustible	g/cm ³
Cs	Consumo específico de combustible	Kg/CVh
V	Velocidad cinemática	mm ² /s
HB	Unidad de dureza Brinell	kp/mm ²
K	Coefficiente de corrección	-
T	Temperatura ambiente	°C
H	Presión atmosférica	mmHg

LISTA DE ABREVIACIONES

AISI	Instituto Americano del Hierro y del Acero
ISO	Organización Internacional de Normalización
NLGI	Instituto Nacional de Grasas Lubricantes
RPM	Revoluciones por minuto
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
SSU	Segundos Saybolt universales

LISTA DE ANEXOS

- A** Peso específico del diesel o gasóleo
- B** Sala de pruebas y sala de control
- C** Guía de laboratorio

RESUMEN

El estudio de la Rehabilitación y Mantenimiento del Banco Dinamométrico Marca Borghi y Saveri Modelo FA 200 SP de la Facultad de Mecánica - Espoch, tiene como objetivo analizar la efectividad en el desempeño mecánico de un motor de combustión interna, para realizar los respectivos ensayos en el laboratorio de motores.

Mediante técnicas de observación e indagación en estudios similares se buscó información que permitió realizar un diagnóstico de la situación actual del banco dinamométrico, donde se determinó partes averiadas que necesitaban su respectiva sustitución y mantenimiento para ponerlo nuevamente en funcionamiento.

Base fundamental para realizar las pruebas del correcto funcionamiento y proceder y planificar los procesos de manejo y encendido del banco dinamométrico. A través de la información emitida por la balanza dinamométrica se recopilan datos que nos ayudan a graficar las curvas de torque, potencia y consumo específico de combustible del motor de combustión interna a ser testado.

Mediante un análisis de cada una de las gráficas obtenidas se identifica puntos máximos y mínimos de torque, potencia efectiva y consumo específico. Los cuales permiten definir el comportamiento del motor a prueba a diferentes condiciones de trabajo.

Varias son las aplicaciones que se pueden realizar frente a los resultados de las curvas características de un motor de combustión interna, como: conocer el comportamiento antes y después de una reparación mecánica del mismo; una repotenciación tanto mecánica como electrónica al motor y una instalación de un sistema de anticontaminación de los gases de escape. Por lo que, se recomienda previo a su adecuado manejo conocer el manual del usuario, el plan de mantenimiento preventivo del banco.

ABSTRACT

The study of the rehabilitation and maintenance of dynamometer Borghi brand and model Saveri FA 200 SP, of the Faculty of Mechanical Engineering - ESPOCH aims to analyze the effectiveness of a mechanical performance of an internal combustion engine, for the respective tests in the engine laboratory.

By using observing - techniques and inquiring in similar studies, information that allowed a diagnosis of the current situation of dynamometer was compiled, where it was found damaged parts that needed their respective replacement and maintenance to bring it back into operation.

Because it is the fundamental basis to make test the proper operation and to proceed to planning and management processes on the dynamometer. Through the information issued by the torque balance data to help us plot the curves of torque, power and specific fuel consumption of the internal combustion engine to be tested is collected.

Through an analysis of each of the graphs obtained maximum and minimum points of torque, power and specific consumption were effectively identified. Which allow defining the behavior of the engine tested in different conditions.

There are several applications that can be made against the results of the characteristics of an internal combustion engine, such as: understanding the behavior before and after mechanical repair there of; repowering both a mechanical and electronic motor, and installation one antipollution system for the exhaust gases. As is recommended prior to proper handling, make the user manual and maintenance plan of dynamometer.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Facultad de Mecánica se ha caracterizado por proporcionar a los señores estudiantes laboratorios, talleres adecuados y especializados, para el correcto aprendizaje y formación de los conocimientos de los futuros profesionales.

Aquellos talleres y laboratorios se han conseguido gracias a la contribución de todos quienes conformamos la politécnica y también por parte de entidades externas. Así mediante el convenio ESPOCH – ITALIA la Facultad de Mecánica recibió un banco dinamométrico de pruebas marca Borghi y Saveri, modelo FA 200 SP importado de Italia, el cual lo utilizaban los señores estudiantes de la Facultad de Mecánica para realizar pruebas y recolección de datos de potencia, torque y consumo específico de motores de combustión interna. Con el pasar del tiempo se deterioró y averió ciertas partes del banco y además por efecto del uso del mismo.

Por esta razón el banco dinamométrico ha permanecido inutilizable, sin prestar sus servicios a la Facultad de Mecánica y a la ESPOCH, permaneciendo en ese estado por varios años; por lo tanto hemos visto la necesidad de rehabilitar el banco mediante un análisis del estado, reparación y mantenimiento del mismo.

En este proyecto se analizará y describirá la secuencia de pasos que son necesarios para la rehabilitación y mantenimiento del banco dinamométrico, todo esto basado en criterios ingenieriles para su adecuada realización.

1.2 Justificación

Con la realización de este proyecto se logrará poner de nuevo en funcionamiento el banco dinamométrico, con el fin de realizar diferentes pruebas y recolección de datos de potencia, consumo y par de un motor lo cual ayudará al estudiante a reforzar los

conocimientos adquiridos en la carrera en lo que se refiere a motores de combustión interna.

En el ámbito social se ha evidenciado que un banco de pruebas dinamométrico es esencial sobre todo en el campo automotriz lo cual beneficiará también a todas las universidades que no cuenten con dicho banco.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Rehabilitar y realizar un mantenimiento del banco dinamométrico marca Borghi y Saveri modelo FA 200 SP de la Facultad de Mecánica – ESPOCH

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Analizar y estudiar las diferentes partes que componen el banco dinamométrico y los sistemas que lo conforman.

Rehabilitar el banco mediante técnicas recomendadas por el fabricante.

Efectuar las respectivas pruebas de funcionamiento del banco dinamómetro mediante la unión a un motor de combustión interna.

Establecer un presupuesto del proyecto.

Elaborar un manual de usuario del equipo y plan de mantenimiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Existen dos aspectos muy importantes dentro de la industria automotriz, el primero es la fase de desarrollo de los nuevos motores de combustión interna, y el segundo es el mantenimiento que se brinda a motores ya fabricados, con el objetivo de lograr que su tiempo de vida útil aumente.

De ahí que una gran cantidad de esfuerzos están dirigidos especialmente a la medición de diferentes parámetros de los motores de combustión interna, máquinas que son el alma de los vehículos.

La medición de estos parámetros tales como torque, potencia efectiva y consumo específico de combustible ayuda a varios aspectos; los cuales se encuentran muy entrelazados, pues los objetivos principales son mejorar la potencia del motor, disminuir el consumo de combustible y aminorar el impacto ambiental que produce la combustión.

Existen algunas máquinas para efectuar la medición de estos parámetros, una de ellas son los bancos dinamométricos (estáticos y dinámicos). Concerniendo realizar un estudio más detallado acerca del equipo dinamométrico estático, explayando sus diferentes partes y características.

2.2 Banco dinamométrico

Es un equipo que se emplea en la industria automotriz con el fin de conocer el comportamiento de un motor de combustión interna, mediante la obtención de datos que permitirán graficar curvas de torque, potencia y consumo específico de combustible a determinadas revoluciones por minuto (R.P.M.), las cuales posteriormente serán evaluadas.

Por esta razón el banco dispone de un freno dinamométrico el cual genera un par resistente proporcionando carga al motor, es necesario indicar que como característica primordial, esta carga debe ser variable y de esta forma permite ensayar las distintas condiciones operativas del motor.

Esto lo obtendremos con la ayuda del banco pues su funcionamiento se basa en el principio de freno electromagnético, es decir en sus interiores está compuesta por un estator y un rotor.

Figura 1. Banco dinamométrico FA 200/SP



Fuente:Autores

El estator está montado sobre una carcasa circular, el rotor se acopla al motor de combustión interna mediante una junta cardán; cuando el rotor gira a consecuencia del mismo giro del motor de combustión interna, el estator está sujeto al campo magnético generando cuando se hace circular corriente eléctrica por las bobinas del estator; cuando el rotor gira este corta las líneas de fuerza generándose corrientes parásitas. Estas corrientes generan fuerzas en sentido contrario al giro del rotor, entonces se produce un par resistivo el cual es transmitido mediante varillas a la balanza dinamométrica. La energía mecánica absorbida por el freno es energía térmica, ésta es disipada por un sistema de refrigeración compuesto por unos conductos dentro del estator.

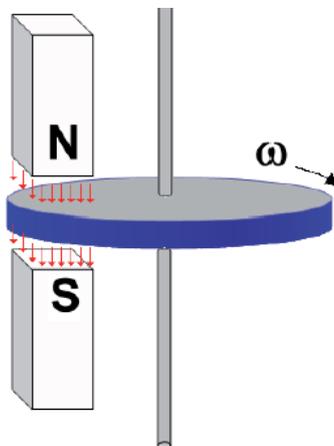
2.2.1 Principales partes del banco de pruebas. Los bancos dinamométricos están compuestos de diferentes elementos que cambian de acuerdo a la marca, tipo y el año de fabricación, por lo que a continuación enumeramos los elementos más básicos que lo conforman el banco dinamométrico FA 200/SP.

2.2.1.1 Freno eléctrico de corrientes parásitas. (slideshare, 2012) Una de las formas más antiguas de dinamómetro es el de corrientes parásitas, la versión más simple consiste en un disco que al ser accionado por el motor sujeto a prueba, gira en campo magnético.

La intensidad del campo se controla variando la corriente que pasa por una serie de bobinas colocadas en ambos lados del disco, éste actúa como un conductor cortando al campo magnético.

En el disco se inducen corrientes y por no haber circuito externo, lo calientan. Con la absorción de potencia, se hace excesivo el calentamiento del disco dificultando el control.

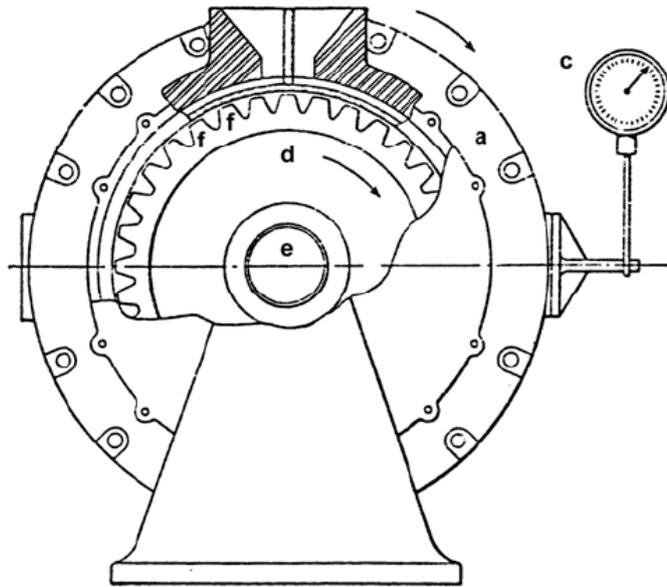
Figura 2. Freno dinamométrico por corrientes parásitas



Fuente: <http://www.slideshare.net/juanky079/95392752-dinamometros>

También existe una versión modificada del de corrientes parásitas el cual se indica en la Figura 2, en dicho dispositivo se inducen las corrientes parásitas en el estator para su fácil enfriamiento.

Figura 3. Vista de corte de un freno dinamoétrico de corrientes parásitas



Fuente: <http://www.slideshare.net/juanky079/95392752-dinamometros>

Como se puede observar en las Figuras 3 y 4, el estator o cubierta (a) se soporta en los cojinetes (b) de modo que cualquier tendencia del estator a girar se lee en la balanza acoplada (c).

A un lado del estator, está el rotor (d) acuñado al eje (e) y provisto de dientes (f) que pasan muy cerca de la superficie lisa del estator, cuando se hace girar al rotor, el flujo penetra dentro de él, principalmente por los extremos de los dientes.

A medida que estos se mueven hacen que las líneas de flujo magnético se curven a lo largo del hierro del estator; el flujo induce las corrientes parásitas en el estator y tienden a hacerlo girar en la misma dirección del eje.

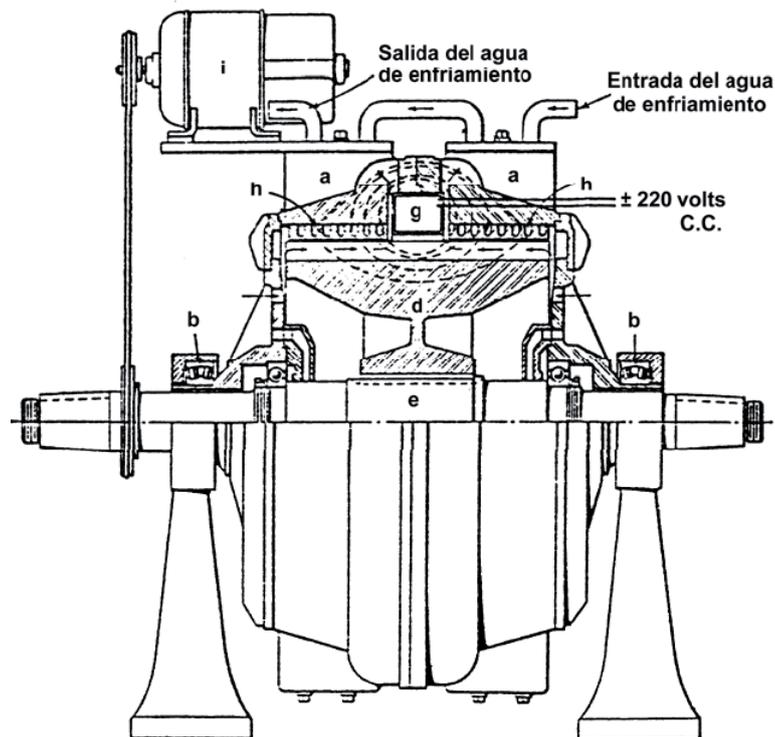
- *Principio de funcionamiento.* El principio de frenado es la creación de corrientes parásitas por un rotor dentado que gira en el seno de un campo magnético estacionario, producido por un electroimán anular y que constituye el estator del freno.

Las corrientes parásitas se producen en la zona del estator enfrentada a los dientes del rotor, y se manifiestan en forma de calor, que es eliminado por el agua de refrigeración. El par frenante es regulado variando la excitación de la bobina del

estator, con resolución prácticamente infinita, y con una elevada velocidad de respuesta.

Como en cualquier freno dinamométrico, el estator es basculante sobre dos rodamientos y transmite, en consecuencia, íntegramente el par motor a una célula de carga extensométrica (Tecner ingeniería S.A, 2011).

Figura 4. Vista de corte de un freno dinamométrico por corrientes parásitas

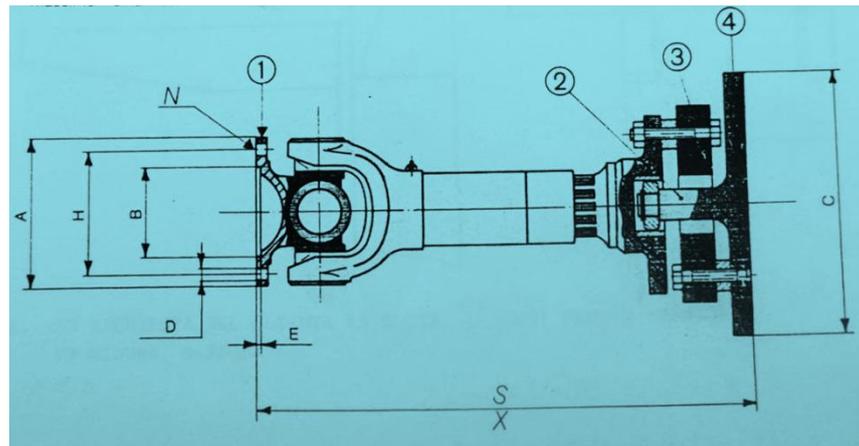


Fuente: <http://www.slideshare.net/juanky079/95392752-dinamometros>

2.2.1.2 Transmisión. Permite la conexión del freno dinamométrico con el motor, brindando una cierta elasticidad y capacidad de absorber desalineaciones ocasionadas por el movimiento y vibraciones del equipo.

Para enlazar el banco con el motor es necesario conectar el árbol del cardán con el freno, el otro extremo del árbol del cardán en cambio se conecta mediante un acoplamiento flexible el cual va unido con ayuda de una base metálica al volante del motor de combustión interna.

Figura 5. Eje de transmisión



Fuente: Borghi & Saveri s.r.l, 1989

- (1) Acoplamiento metálico del freno al cardán
- (2) Punta de centro
- (3) Acoplamiento flexible
- (4) Acoplamiento metálico que conecta el eje al motor de prueba

Tabla 1. Medidas del eje de transmisión

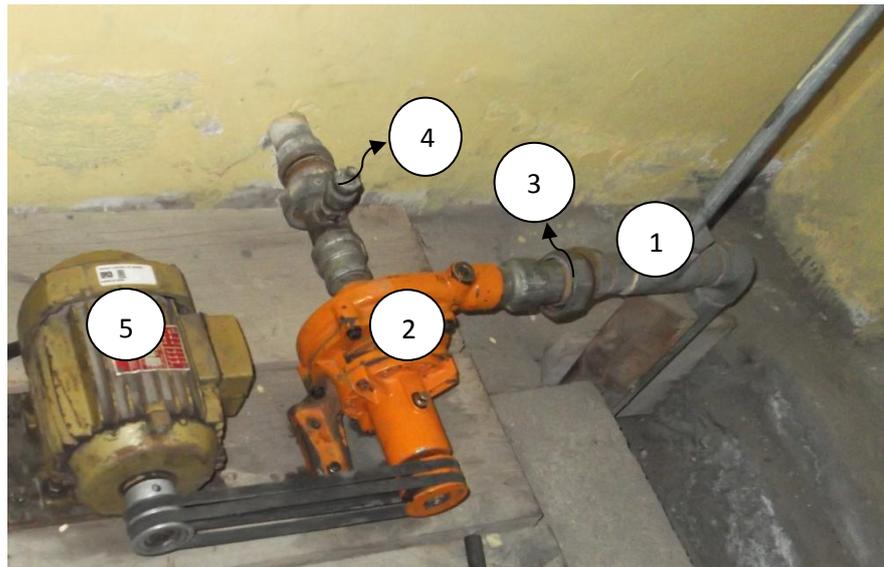
Tipo de Freno	A	H	B	E	C	S	X	D	N	B°	Peso	MT	Giro Max
											Kg	Kgm	RPM
FA 200 SP	120	101,5	75 - H7	2,5	200	388	448	8	8	1°	14,8	60	8000

Fuente: Borghi & Saveri s.r.l, 1989

2.2.1.3 Sistema de refrigeración del banco. 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 (Escuela Universitaria Politécnica de Donostia-San Sebastián, 2009).

El sistema de refrigeración por agua es indispensable para obtener el correcto funcionamiento del freno, en consecuencia la instalación de las tuberías (1), bomba de agua (2), accesorios (3), dispositivos de seguridad (4) y un motor eléctrico (5); indicadas en la Figura 6, tienen que estar acorde con la potencia absorbida y la variación de temperatura a la que el banco durante la prueba está sometido.

Figura 6. Bomba de agua y tuberías del sistema de refrigeración del banco



Fuentes: Autores

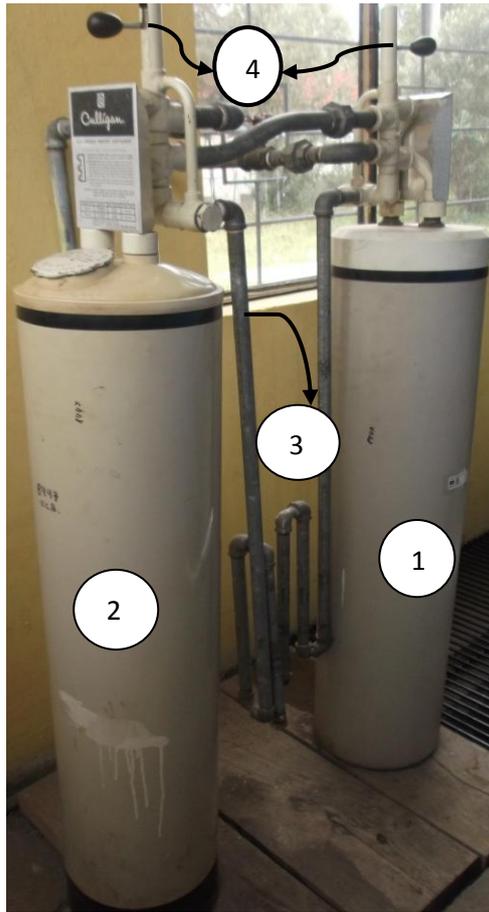
- *Descalsificador o ablandador de agua.* Cuando el agua contiene una cantidad significativa de calcio y magnesio, es llamada agua dura. El agua dura es conocida por taponar las tuberías y complicar la disolución de detergentes en agua. El ablandamiento del agua es una técnica que sirve para eliminar los iones que hacen que el agua sea dura, en la mayoría de los casos iones de calcio y magnesio.

Un ablandador de agua colecta los minerales que causan la dureza y los contiene en un tanque colector y éste es de vez en cuando limpiado de su contenido (Lenntech, 2013).

El ablandador de agua consta con las siguientes partes, como se puede apreciar en la Figura 7.

- (1) Filtro de agua
- (2) Descalsificador de agua
- (3) Cañerías
- (4) Mandos

Figura 7. Descalsificador o ablandador de agua



Fuente: Autores

- *Dispositivo de control de presión del agua.* Es un dispositivo de seguridad del banco que actúa cuando la presión del agua es insuficiente, encendiendo la lámpara de control del agua mostrada en el panel de control, y bloqueando la excitación de las bobinas del freno dinamométrico.

Figura 8. Dispositivo de control de presión del agua

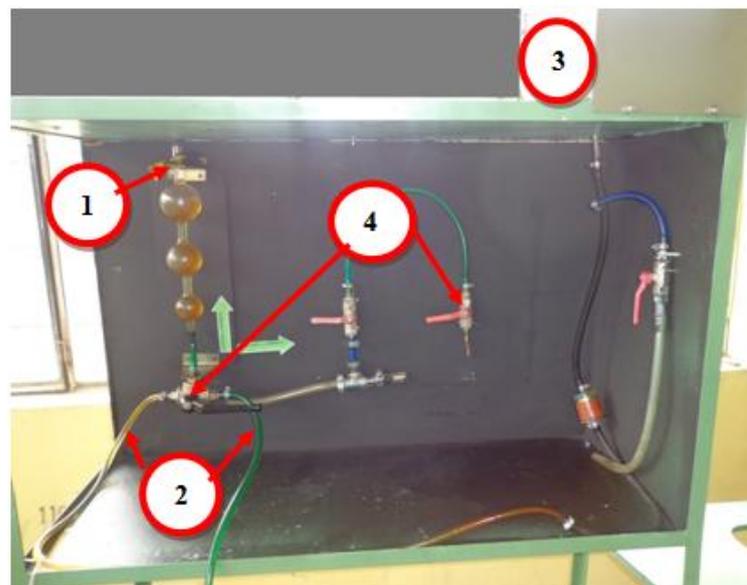


Fuente: Autores

2.2.1.4 Sistema de control de consumo de combustible. Este elemento es el encargado de verificar la cantidad de carburante que consume el motor de combustión interna en los respectivos ensayos, y constan de las diferentes partes como son:

- (1) Probeta de medición
- (2) Cañerías
- (3) Tanque de combustible
- (4) Válvulas de paso

Figura 9. Verificador del consumo de combustible



Fuente: Autores

2.2.1.5 Balanza dinamométrica. Este elemento es muy indispensable para poder obtener los datos tanto de torque y potencia, razón por la cual es importante realizar los distintos tipos de ajustes y calibraciones necesarias para su correcto desempeño.

La escala dinamométrica se expone en una balanza de aguja (ver Figura 10), que tiene un giro de 360° con una apreciación máxima de 50kg. Esta balanza está ubicada sobre una estructura metálica y se conecta con el freno por medio de un sistema de varilla, entre la estructura y la base del banco se encuentran acoplados 4 amortiguadores de oscilaciones encargados de eliminar las vibraciones en la balanza. Para estabilizar la aguja de la balanza el sistema de varillaje consta con un amortiguador de aceite (Borghini & Saveri s.r.l, 1989).

Figura 10. Balanza dinamométrica



Fuente: Autores

2.2.1.6 Panel de control. Es un instrumento que sirve para controlar tanto al banco como al motor de prueba. Y está compuesto por una fuente de alimentación, indicadores y mandos.

Figura 11. Panel de control



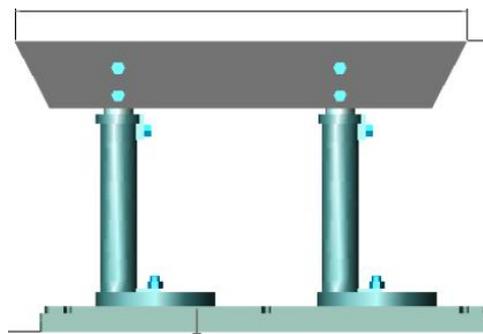
Fuente: Autores

- Fuente de alimentación. Se utiliza para ajustar la corriente continua utilizada para excitar la bobina del freno de corrientes parásitas. A partir de la red, de corriente alterna, un transformador y un rectificador controlado de diodos permiten alimentar el freno con una corriente continua que tiene un valor adecuado (Borghini & Saveri s.r.l, 1989).
- Indicadores
 - Termocuplas
 - Tacómetro

- Medidor de temperatura
- Manómetro
- Amperímetro, entre otros.
- Mandos
 - Interruptores de encendido del banco, arranque, bomba de agua, termocuplas
 - Switch de excitación de bobinas del freno
 - Potenciómetro de regulación de carga
 - Selector de funciones, etc.

2.2.1.7 Bancada. Su misión es soportar al motor de combustión interna, el cual va ser evaluado (Escuela Universitaria Politécnica de Donostia-San Sebastián, 2009).

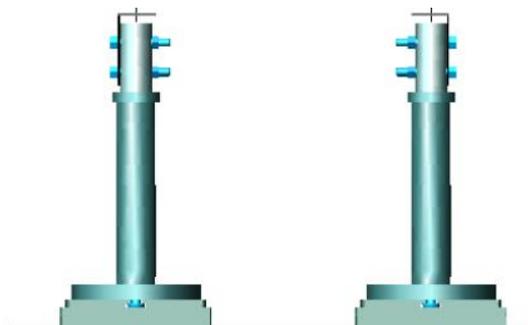
Figura 12. Bancada



Fuente: Autores

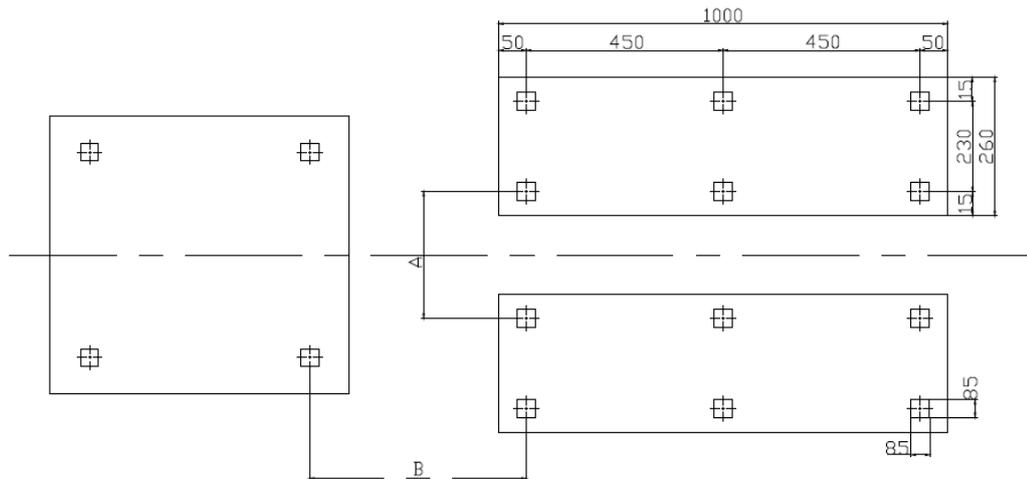
2.2.1.8 Soportes. Necesarios para montar y fijar el motor en la bancada, así como regular la altura y alinear el motor con el freno (Escuela Universitaria Politécnica de Donostia-San Sebastián, 2009).

Figura 13. Soportes



Fuente: Autores

Figura 14. Medidas estándar de los soportes del motor



Fuente: Borghi & Saveri s.r.l, 1989

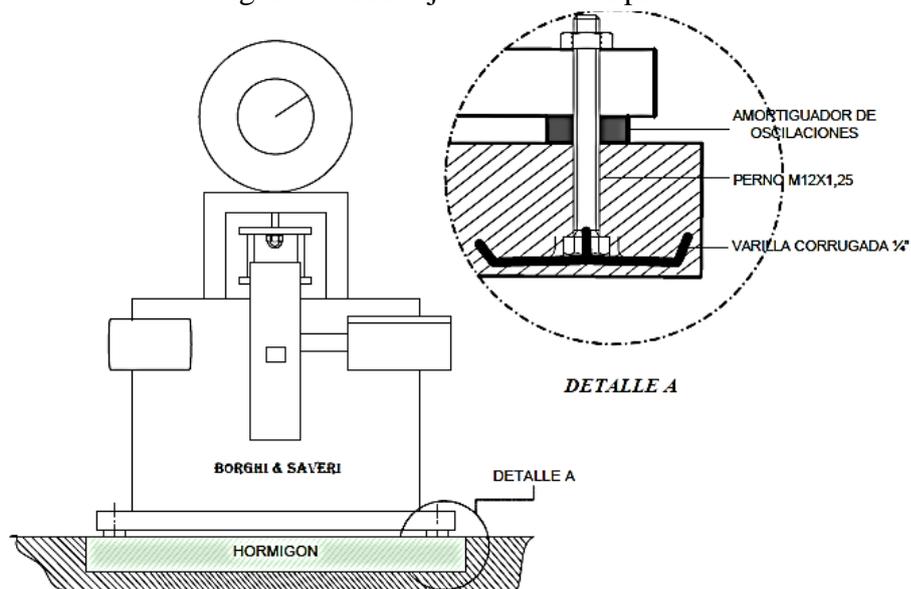
Tabla 2. Medidas estándar de los soportes del motor

Tipo de Motor		A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)
Gasolina		220	310	450	1100
Diésel	500 700	730	1400		

Fuente: Borghi & Saveri s.r.l, 1989

2.2.1.9 Cimentación. Su objetivo es absorber las vibraciones, que se producen debido a la existencia en el motor de fuerzas de inercia no equilibradas y los correspondientes momentos resultantes.

Figura 15. Anclaje del banco al piso



Fuente: Borghi & Saveri s.r.l, 1989

El motor como el banco al estar solidarios en el proceso de frenado tienden a estar sujetos a vibraciones y esfuerzos los mismos que pueden ocasionar desplazamiento y/o fisuras, para evitar esto es necesario fijar el banco y el motor en bases sólidas de hormigón y utilizar placas de caucho, para amortiguar las vibraciones ocasionadas en el funcionamiento (Escuela Universitaria Politécnica de Donostia-San Sebastián, 2009).

2.3 Características de los motores de combustión interna

Todo motor sin importar su tipo, cilindrada, si es de competición, de trabajo o de ciudad, está regido por los siguientes parámetros “torque, potencia y consumo específico” lo cual van a determinar el destino final de éste, y el tipo de vehículo en el que será incorporado.

Muchas personas confunden estos dos términos ya que cuando se habla de uno de ellos se tiende a hablar inevitablemente del otro, por esta razón es bueno definirlos.

2.3.1 El torque. Es la fuerza en sí, capaz de producir un motor y se mide en libras-pie (Medida utilizada para vehículos de USA) o Kg-m. (Medida utilizada para vehículos Europeos y Asiáticos) (ERASO, 2011).

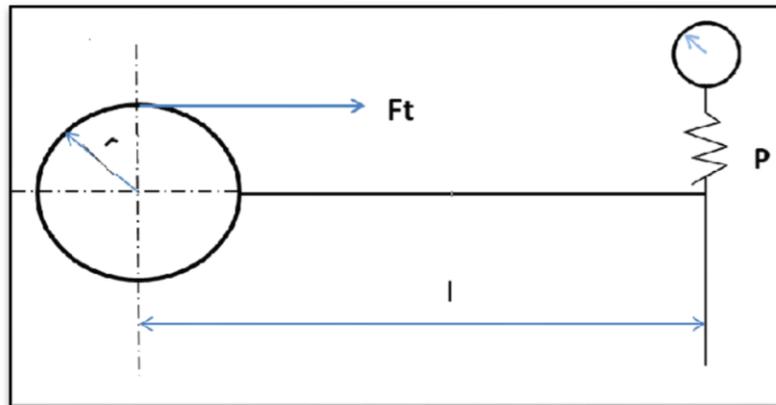
$$M = P * l \quad (1)$$

Donde M es el torque del motor, P es la carga (peso) en Kg y l es la longitud del brazo en metros (DÍAZ, 1987 pág. 47).

2.3.2 La Potencia. Se define como la energía liberada por una máquina en la unidad de tiempo. Ésta determina el caballaje de un motor y se mide en HP (medida utilizada para vehículos de USA y la más estandarizada) o CV (medida utilizada para vehículos Europeos y Asiáticos) (ERASO, 2011).

2.3.2.1 Potencia efectiva. Es aquella desarrollada por el fluido operante en el interior del cilindro. De mayor interés práctico es la potencia generada del torque (par) disponible en el eje cigüeñal del motor, esta potencia es la potencia efectiva o potencia al freno, porque es medida con un dispositivo aplicado al eje cigüeñal del motor.

Figura 16. Esquema de la medición de la potencia efectiva



Fuente: DÍAZ Rodrigo, Motores de combustión interna. págs. 46-47

La Figura 16 representa en forma esquemática, una rueda de radio r aplicada al eje cigüeñal del motor, un brazo de longitud l conectado al freno, el peso P varía libremente en relación al torque resistente de equilibrio y F_t es la fuerza tangencial correspondiente.

A cada vuelta del cigüeñal, un punto cualquiera situado en la periferia de la rueda cumple un recorrido igual a $2\pi r$, así que el trabajo de la fuerza tangencial F_t es:

$$W_t = 2\pi r \cdot F_t \quad (2)$$

Ahora el producto $F_t \cdot r$ no es otro que el momento (torque motriz) desarrollado por el motor, el mismo que es igualado por el momento resistente $P \cdot l$ producido por el banco.

El trabajo absorbido por el freno a cada vuelta del cigüeñal es por tanto:

$$W_e = 2\pi l \cdot P \quad (3)$$

Y por tanto la potencia efectiva será:

$$N_e = 2\pi l \cdot P \cdot n \quad (4)$$

Donde n es el número de revoluciones del motor en la unidad de tiempo (r.p.m.), l en metros y P en kg. La potencia en CV es:

$$N_e = \frac{2\pi l \cdot P \cdot n}{75 \cdot 60} \quad (5)$$

$$N_e = \frac{P \cdot l \cdot n}{716.2} \quad (6)$$

Donde P es la carga (peso) en kg, leídos en el dinamómetro del banco.

El producto P.l es llamado torque del motor (M). El torque representa la capacidad del motor de producir trabajo, mientras la potencia es la medida de la capacidad de trabajo que el motor cumple en cierto período de tiempo (DÍAZ, 1987 págs. 46-47).

2.3.3 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 (Km 77.com, 2010).

- Medida de consumo. (DÍAZ, 1987 pág. 59). El consumo de combustible será:

$$C_t = 3600 \frac{V_f}{t} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{h}} \right] \quad (7)$$

$$C_t = 3.6 \frac{V_f \cdot \rho_b}{t} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad (8)$$

En donde V_f es el volumen en cm^3 de combustible que afluye del fluviómetro; t el tiempo en segundos para consumir $(V_f)\text{cm}^3$ de combustible; ρ_b es el peso específico del combustible en g/cm^3 .

El consumo específico estará dado por:

$$C_s = \frac{C_t}{N_e} \quad (9)$$

$$C_s = \frac{3600 \cdot V_f \cdot \rho_b}{t \cdot N_e} \left[\frac{\text{g}}{\text{CVh}} \right] \quad (10)$$

$$C_s = 3.6 \frac{V_f \cdot \rho_b}{t \cdot N_e} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{CVh}} \right] \quad (11)$$

2.4 Tipos de mantenimiento de máquinas

En el libro de Logística y comunicación en un taller de vehículos, define a los tipos de mantenimiento como un conjunto de operaciones y de trabajos que se hacen sobre una máquina en cuestión, para mantener su buen estado de uso y de funcionamiento. También es considerado mantenimiento a la reposición de una pieza dañada.

2.4.1 *Mantenimiento correctivo.* Es el tipo de mantenimiento que se debe realizar cuando a una pieza o elemento de una máquina se le ha acabado la vida útil o porque simplemente ha surgido un fallo. Las diferentes partes del banco dinamométrico que van a recibir mantenimiento correctivo, son las detalladas a continuación:

- Reparación de la bomba de agua
- Cambio de la válvula de canastilla de la cisterna
- Rehabilitación de la transmisión

2.4.2 *Mantenimiento predictivo.* Es el tipo de mantenimiento que más ha crecido en los últimos años dentro de nuestro sector; en lo cual consiste en una serie de operaciones realizadas a intervalos establecidos que analizan el estado de los componentes. Para ello hay que determinar el periodo óptimo para realizar la comprobación (aproximadamente la mitad de la vida útil), este período viene determinado por la calidad de la pieza, uso, etc.

2.4.3 *Mantenimiento preventivo.* Es aquel basado en inspecciones cuyo objetivo es anticiparse a la aparición de averías, por lo que es muy importante conocer el tipo de trabajo que realiza la máquina.

El banco dinamométrico consta de algunos elementos que deben cumplir este tipo de mantenimiento, como son los siguientes:

- Unidad de tratamiento del agua
- Ajuste de la balanza dinamométrica
- Engrase de las partes móviles del banco
- Ajuste de los soportes de la bancada
- Limpieza de la cisterna
- Cambio de aceite de la bomba, etc. (CASANOVA, 2011)

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO ANTES DEL MANTENIMIENTO

En este capítulo se va a detallar el análisis del estado técnico de cada uno de los elementos y piezas que conforman el banco dinamométrico, esto se realiza mediante una inspección general del equipo, con lo cual se va a determinar el estado de cada una de los sistemas y partes que lo conforman.

3.1 Inspección y determinación del estado técnico del banco antes del mantenimiento

3.1.1 *Sistema de refrigeración*

3.1.1.1 Cisterna. El reservorio o cisterna de donde parte el agua para la refrigeración del banco no se encontraba en condiciones de operar, puesto que se observó las siguientes anomalías:

- Paredes y piso sucios

Figura 17. Cisterna



Fuente: Autores

- Válvula de pie defectuosa

Figura 18. Válvula de pie



Fuente: Autores

- Presencia de basuras en el agua

Figura 19. Agua de la cisterna



Fuente: Autores

3.1.1.2 Bomba de agua. Para la inspección de este elemento se tuvo la necesidad de desarmar la bomba y así determinar su estado interno, encontrando los problemas detallados a continuación:

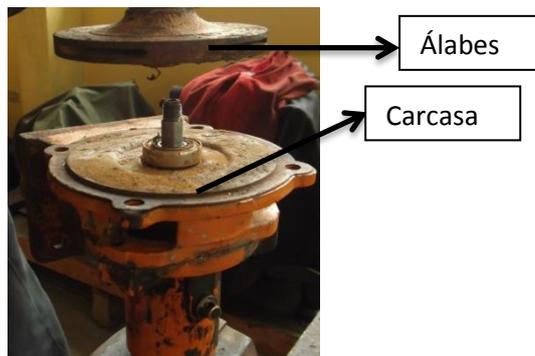
- Empaque de sello en mal estado (ver Figura 20)
- Carcasa y álabes oxidados (ver Figura 21)
- Sello mecánico dañado (ver Figura 22)
- Aceite en malas condiciones de operar (ver Figura 23)

Figura 20. Empaque de sello



Fuente: Autores

Figura 21. Carcasa y álabes



Fuente: Autores

Figura 22. Sello mecánico



Fuente: Autores

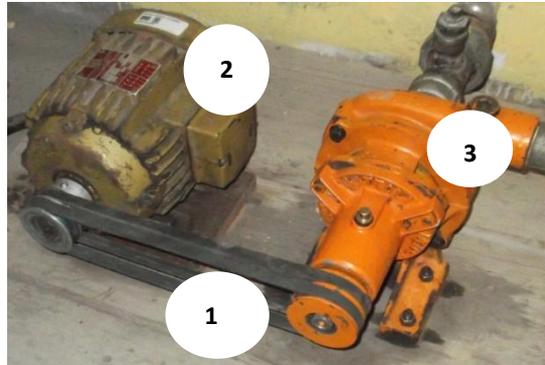
Figura 23. Aceite de la bomba de agua



Fuente: Autores

En cuanto a las bandas que conectan el motor eléctrico con la bomba de agua, se encontraban en buen estado.

Figura 24. Motor eléctrico y bomba de agua

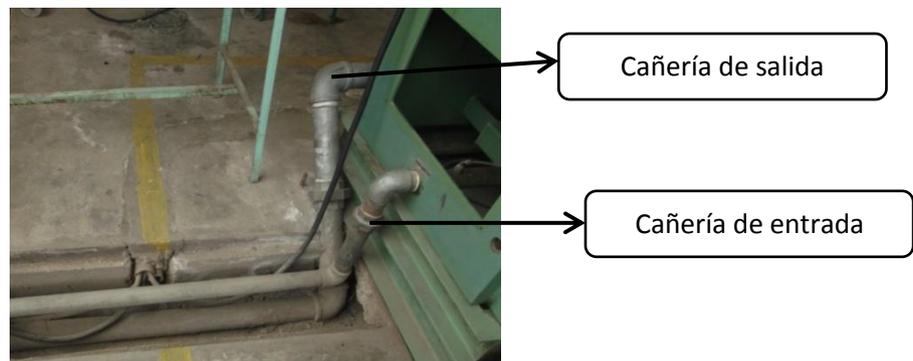


Fuente: Autores

(1) Bandas, (2) motor eléctrico, (3) bomba de agua

3.1.1.3 *Cañerías del sistema de refrigeración.* Durante la inspección de las cañerías se observó que éstas no presentaban ninguna clase de anomalías externas pero se debe realizar un mantenimiento preventivo detallado en el Capítulo 4.

Figura 25. Cañerías del sistema de refrigeración



Fuente: Autores

3.1.1.4 *Descalsificador de agua.* Luego de la inspección de este equipo se determinó que se debe realizar un mantenimiento preventivo del mismo, para que esté en condiciones óptimas de operación y será detallado en el Capítulo 4.

Figura 26. Descalsificador de agua



Fuente: Autores

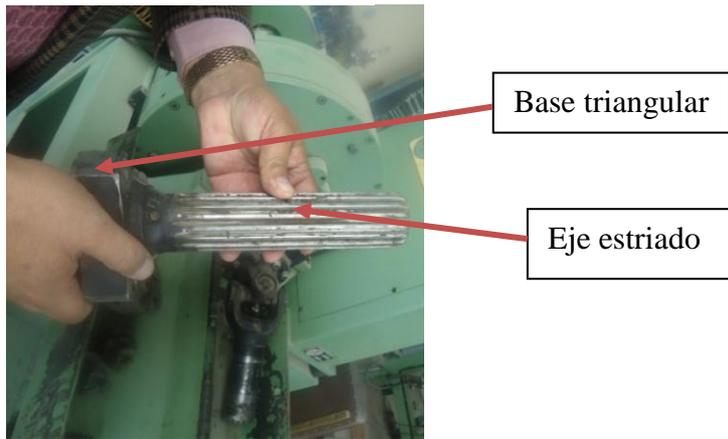
3.1.1.5 *Dispositivo de control de presión del agua.* Se procedió a accionar el breaker de encendido del banco y de la bomba de agua, presenciando en el panel el encendido de la lámpara de control de agua. Lo cual implica realizar un mantenimiento del dispositivo que se detallará en el Capítulo 4.

3.1.2 *Sistema de acoplamiento freno motor*

3.1.2.1 *Eje de transmisión.* El eje de transmisión consta de dos partes principales: el eje estriado, y el eje cardán hembra. La inspección y aprobación de funcionalidad de estos elementos se lo realizó en el Taller Tecno Diseños por parte del Ing. Julio Carrasco.

Para la inspección del eje estriado se realizó una verificación de rectitud, con la ayuda de un reloj comparador. Y con esto se logró observar que no presentaba ningún desfase en la superficie del eje. También se realizó una inspección visual, en donde no presentaba ninguna anomalía como picado o agrietamiento de los dientes del estriado, pero se presentó una falta de lubricación del mismo.

Figura 27. Eje estriado



Fuente: Autores

En cuanto al eje cardán hembra, luego de una inspección visual se determinó que la cruceta estaba apta para entrar en funcionamiento puesto que no presento ningún juego axial ni radial; lo que si faltaba es lubricación tanto de la cruceta como del eje. También se observó que el estriado interno de este elemento no presentó ninguna anomalía.

Figura 28. Eje cardán hembra



Fuente: Autores

3.1.2.2 Acoplamiento flexible. En la inspección de esta pieza se encontraron dos acoplamientos, un roto y otro en pésimas condiciones de operar, puesto que había perdido propiedades de flexibilidad. Se puede apreciar imágenes de estos elementos en las Figuras 29 y 30.

Figura 29. Acoplamiento flexible roto



Fuente: Autores

Figura 30. Acoplamiento flexible en pésimas condiciones



Fuente: Autores

3.1.2.3 *Acoplamientos metálicos que conectan el banco al motor de ensayo.* En el Taller de Motores de Combustión Interna de la Facultad de Mecánica existen tres motores de ensayo, detallados a continuación:

- (1) Motor Ducati 1000 cc a Diésel
- (2) Motor Fiat a Diésel
- (3) Motor Fiat a Gasolina

Por lo tanto cada motor tiene su acople respectivo para conectarse al banco dinamométrico. El acople del motor (1) estaba averiado puesto que presentaba una ruptura, el acople de los motores (2) y (3) estaba apto para entrar en funcionamiento.

Figura 31. Acople metálico averiado



Fuente: Autores

3.1.3 *Panel de control*

3.1.3.1 *Termocuplas.* Al accionar el breaker de encendido de las termocuplas se observó que no presentaban ninguna anomalía durante su funcionamiento. Puesto que se realizó la medición de la temperatura de los gases de escape, refrigerante, de un motor de combustión interna.

Figura 32. Encendido de las termocuplas



Fuente: Autores

3.1.3.2 *Indicadores de temperatura.* Para verificar el funcionamiento de estos elementos se procedió a someterlos a calor a cada sensor de temperatura, logrando así observar que su lectura era la correcta previa a la comparación con otro indicador de temperatura (ver Figura 33).

3.1.3.3 *Fuente de alimentación.* Con el fin de lograr verificar la fuente se retiró la carcasa de la misma, y con un multímetro se realizó una prueba de continuidad desde la caja de potencia hacia la fuente observando que si existía continuidad.

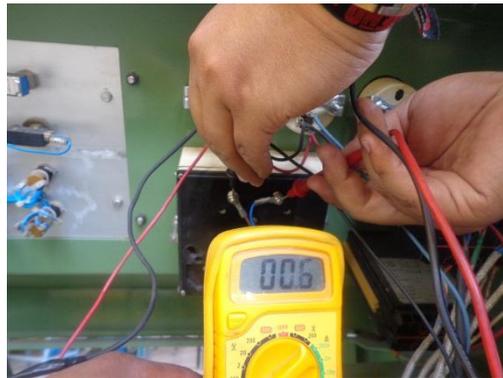
Figura 33. Verificación de los indicadores de temperatura



Fuente: Autores

3.1.3.4 *Contador de revoluciones.* Mediante un multímetro se verificó que si existe continuidad desde el sensor hacia el indicador de revoluciones, también se efectuó una verificación de la señal eléctrica que emite el sensor y no mostró ningún valor en el multímetro, con lo cual se determinó que el sensor estaba mal calibrado.

Figura 34. Comprobación del contador de revoluciones



Fuente: Autores

3.1.3.5 *Amperímetro.* La única manera de lograr comprobar este elemento es encendiendo el banco dinámico, y esto se lo realizará una vez ya terminada la rehabilitación del sistema de acoplamiento freno motor.

3.1.4 *Sistema de control de consumo de combustible*

3.1.4.1 *Probeta de medición.* Por efecto del uso la probeta se encontraba sucia y no se apreciaba claramente las mediciones.

Figura 35. Probeta de medición



Fuente: Autores

3.1.4.2 *Cañerías.* En ciertas cañerías del sistema faltaban abrazaderas y presentaban suciedad en su interior.

3.1.4.3 *Tanque de combustible.* Durante la inspección visual se pudo observar que en su interior presentaba suciedad y no disponía de un filtro de combustible.

Figura 36. Tanque de combustible



Fuente: Autores

3.1.4.4 *Válvulas de paso.* Estos elementos presentaban un buen estado y apto para ser utilizadas, puesto que no se presentó fugas en estos elementos.

3.1.5 *Balanza dinamométrica.* Mediante una inspección visual la balanza dinamométrica estaba en muy buen estado, pero para obtener un funcionamiento adecuado se debe realizar una calibración del sistema, que será detallada en el Capítulo 4.

3.1.6 Freno dinamométrico

3.1.6.1 Rotor. Con la ayuda de un reloj comparador se efectuó una prueba de reglaje, verificando así que este elemento estaba correctamente alineado.

Figura 37. Comprobación del rotor



Fuente: Autores

3.1.6.2 Estator. Se procedió a la verificación de la bobina del estator, efectuando una prueba de continuidad de la misma, y obteniendo un valor de $8,3 \Omega$. Lo cual indica que esta bobina está en buen estado.

Figura 38. Comprobación del estator



Fuente: Autores

3.1.6.3 Cañerías de las cámaras de refrigeración. Las cañerías en este sistema presentaban suciedad en su interior y pérdida de propiedades de flexibilidad.

Figura 39. Cañerías de las cámaras de refrigeración



Fuente: Autores

3.1.7 *Sistema de accionamiento del motor de arranque*

3.1.7.1 *Palanca de accionamiento.* Este mecanismo se encontraba sin mayor movilidad al accionarlo, por falta de lubricación y suciedad en el sistema.

Figura 40. Palanca de accionamiento



Fuente: Autores

3.1.7.2 *Motor de arranque trifásico.* Para lograr la verificación de este elemento se procedió a accionar el breaker de encendido trifásico, logrando así comprobar que el motor de arranque no presentó ninguna anomalía durante su funcionamiento (ver Figura 41).

3.1.7.3 *Bandas.* El movimiento hacia el motor de arranque lo transmiten tres bandas, las cuales se encontraban en buen estado, adecuadamente templadas y aptas para cumplir su función (ver Figura 42).

Figura 41. Motor de arranque trifásico



Fuente: Autores

Figura 42. Bandas



Fuente: Autores

3.1.8 *Bancada y soportes.* Tanto la bancada como los soportes presentaron suciedad, y formaciones mínimas de corrosión.

Figura 43. Bancada y soportes



Fuente: Autores

3.2 Resumen del estado técnico del banco antes del mantenimiento

Tabla 3. Estado de los elementos y partes del banco

ELEMENTO / PARTE	ESTADO	ACCIONES
Cisterna	Regular	Limpiar, reemplazar válvula de pie
Bomba de agua	Regular	Mantenimiento correctivo
Cañerías del sistema de refrigeración	Bueno	Limpiar
Descalsificador de agua	Bueno	Mantenimiento preventivo
Dispositivo de control de presión del agua.	Regular	Limpiar, reajustar.
Eje estriado	Bueno	Reconstrucción por razones detalladas en el Capítulo 4.
Eje cardán hembra	Bueno	Lubricar
Acoplamiento flexible	Malo	Seleccionar y reemplazar
Acoplamientos metálicos que conectan el banco al motor de ensayo	Regular	Seleccionar y reemplazar
Termocuplas	Bueno	-
Indicadores de temperatura	Bueno	-
Fuente de alimentación	Bueno	Limpiar
Contador de revoluciones	Regular	Limpiar y calibrar.
Amperímetro	-	Por comprobar
Probeta de medición	Regular	Limpieza
Cañerías del sistema de control de consumo de combustible	Regular	Reemplazar, colocar abrazaderas
Tanque de combustible	Regular	Limpieza interna, colocar un filtro.
Válvulas de control	Bueno	-
Balanza dinamométrica	Bueno	Calibración
Rotor	Bueno	-
Estator	Bueno	-
Cañerías de las cámaras de refrigeración.	Malo	Reemplazar.
Palanca de accionamiento	Regular	Limpiar, lubricar.
Motor de arranque trifásico	Bueno	-
Bancada y soportes	Regular	Limpiar, lijar, pintar.

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. MANTENIMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO

4.1 Mantenimiento de los sistemas y partes averiadas del banco

4.1.1 Sistema de refrigeración

4.1.1.1 Cisterna. Se realizó una limpieza total de paredes, piso y el cambio de la válvula de pie de la cañería de entrada del agua, y finalmente el almacenamiento de una nueva agua tratada.

4.1.1.2 Bomba de agua. Se procedió a desarmar la bomba de la siguiente manera, para posteriormente aplicar el mantenimiento y armarla nuevamente.

1. Aflojar las juntas universales (a) y (b).

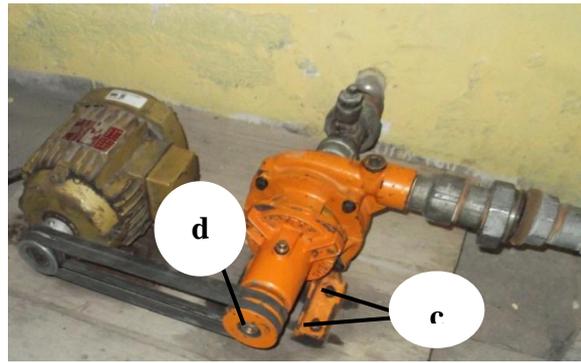
Figura 44. Juntas universales



Fuente: Autores

2. Aflojar los pernos de sujeción (c) de la base del piso.

Figura 45. Pernos de sujeción y tuerca



Fuente: Autores

3. Aflojar la tuerca (d).
4. Sacar las bandas (e) y luego la polea (f).

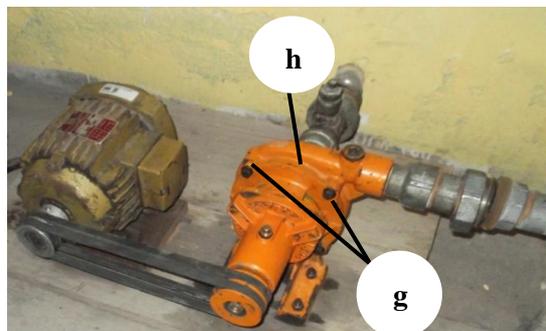
Figura 46. Bandas y polea



Fuente: Autores

5. Montar la bomba de agua en el tornillo de banco.
6. Aflojar los pernos (g) y retirar la carcasa (h).

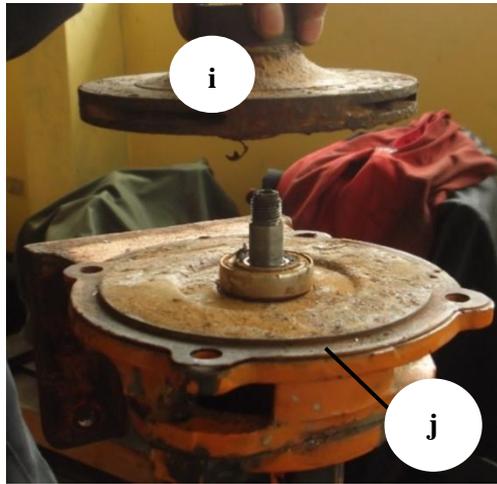
Figura 47. Pernos y carcasa



Fuente: Autores

7. Retirar los álabes (i) y el empaque de sello (j).

Figura 48. Álabes y empaque de sello



Fuente: Autores

8. Proceder a retirar el sello mecánico (k).

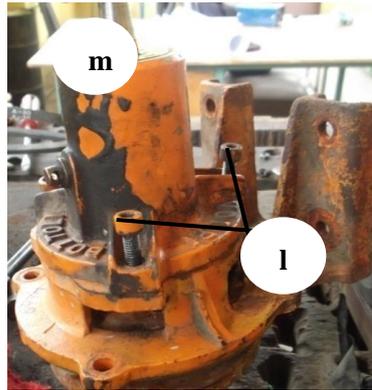
Figura 49. Sello mecánico averiado



Fuente: Autores

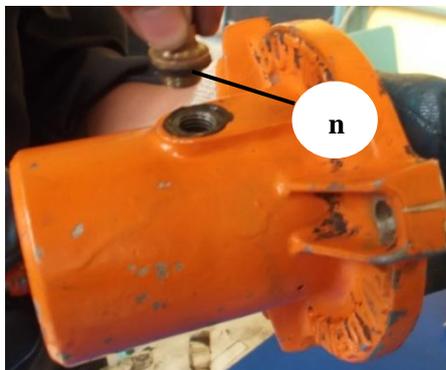
9. Aflojar los pernos (l), y retirar la parte (m) que contiene el aceite que lubrica el eje (ver Figura 50).
10. Retirar el tapón (n), y vaciar el aceite (ver Figura 51).
11. Proceder a lijar todas las partes oxidadas (álabes, carcasa, etc).
12. Colocar y apretar los pernos (l), junto con la parte (m).
13. Colocar el nuevo sello mecánico (k), (ver Figura 52).

Figura 50. Pernos y depósito de aceite



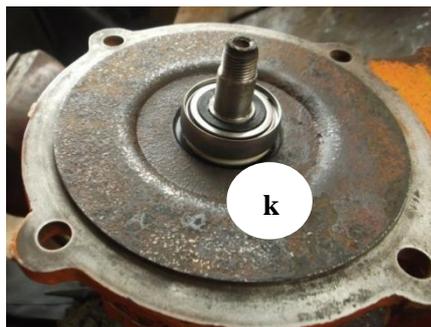
Fuente: Autores

Figura 51. Tapón



Fuente: Autores

Figura 52. Sello mecánico nuevo



Fuente: Autores

14. Colocar el empaque de sello nuevo (j) y los álabes (i).
15. Colocar y apretar los pernos (g) junto con la carcasa (h).
16. Desmontar la bomba de agua del tornillo de banco.

17. Colocar la polea (f) y luego las bandas (e).
18. Montar la tuerca (d) y apretarla.
19. Colocar y ajustar los pernos de sujeción (c) de la base del piso.
20. Ajustar las juntas universales (a) y (b).

NOTA: Puesto que no se conocía el tipo de aceite que contenía el depósito de la bomba de agua, se realizó un ensayo del aceite con la ayuda de un viscosímetro Saybolt del Laboratorio de Fluidos de la Facultad de Mecánica. Dicho ensayo es detallado a continuación:

1. Como primer paso para la obtención de la viscosidad encenderemos la bomba para que el agua suba a llenar el calentador del viscosímetro.
2. Utilizando el controlador de temperatura se regula la temperatura del aceite como también del baño maría.

Figura 53. Viscosímetro Saybolt



Fuente: Autores

3. Cuando el aceite llega a la temperatura de 50°C se evacua el agua del contenedor de baño maría y con la ayuda de un cronómetro se toma el tiempo en que el aceite cae y llena la probeta de 60 mml.
4. Una vez que se llena la probeta detenemos el cronómetro y anotamos el tiempo total transcurrido en el proceso obteniendo como resultado de 13 minutos con 46 segundos este tiempo se llama segundos Saybolt universales (SSU).

Figura 54. Cronómetro ensayo



Fuente: Autores

5. Con la ayuda de los de los SSU ahora debemos transformar a grados ISO, lo cual consiste en transformar de los SSU a la viscosidad cinemática en centistock (mm^2/s).

Datos:

Temperatura de prueba = 50°C

Segundos Saybolt universales (SSU) = 826 segundos

$$V = 2,2 \times 10^{-7} (\text{SSU}) - \frac{1,8 \times 10^{-4}}{\text{SSU}} \quad (11)$$

$$V = 2,2 \times 10^{-7} (826) - \frac{1,8 \times 10^{-4}}{826}$$

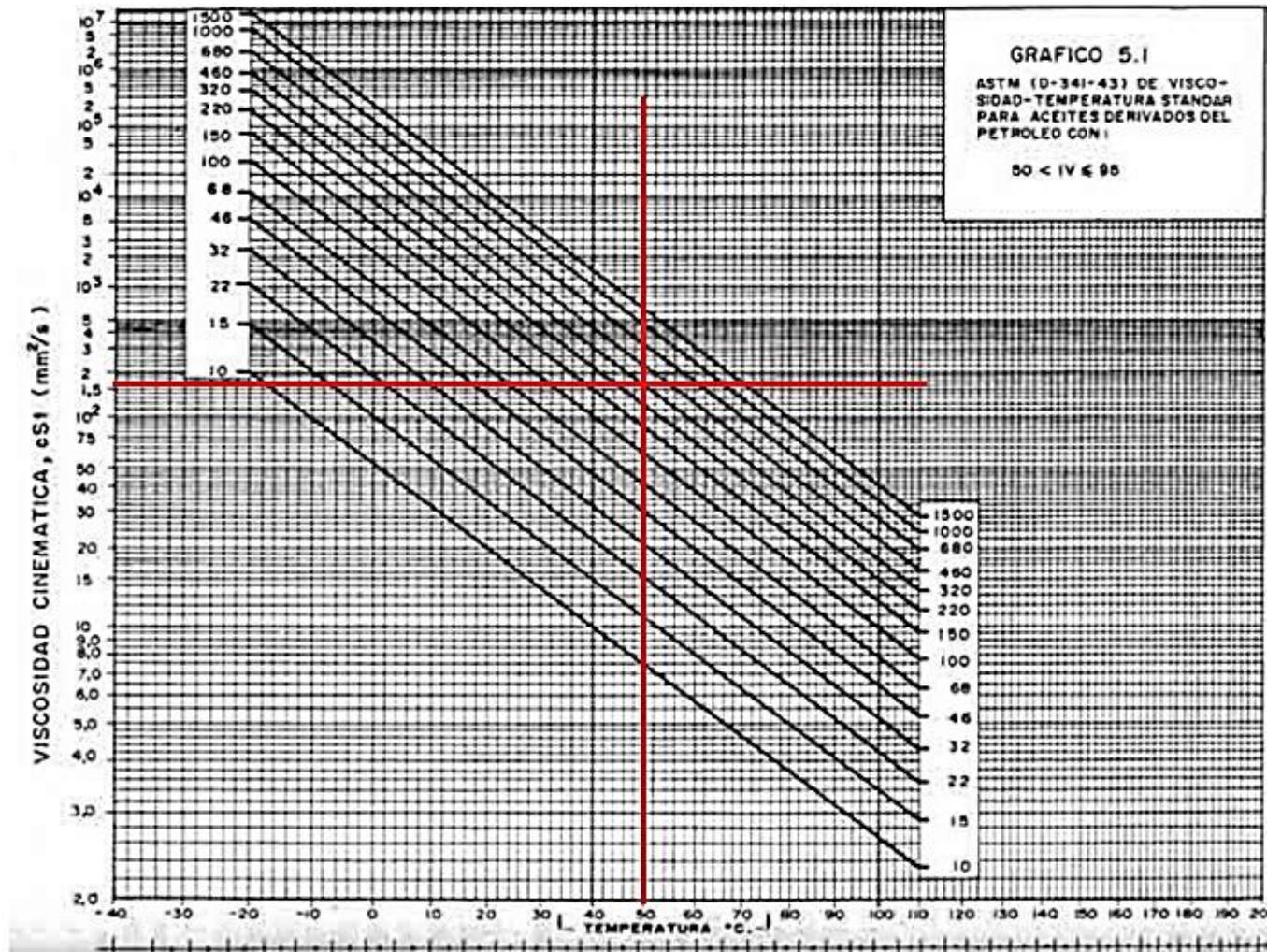
$$V = 1,575 \times 10^{-4} - 2,179 \times 10^{-7}$$

$$V = 1,815 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{s}$$

$$V = 181,5 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ (cSt)}$$

6. Esta velocidad cinemática obtenida viene dada en centistock, procedemos a ubicar en la gráfica de la Figura 55, junto con la temperatura con la que realizamos el ensayo.

Figura 55. Gráfica viscosidad cinemática y temperatura



Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/bo2.pdf>

7. En la intersección de las dos rectas se determinó el valor de los grados ISO igual a 320, y con esto se halla el valor equivalente a los grados SAE, expuesto en la Tabla 5.

Tabla 4. Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad

Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE			
			Motor		Engranajes	
			Unigrado	Multigrado	Unigrado	Multigrado
10						
15	75					
22	105		OW, 5W		75W	
32	150		10W			
46	215	1	10,15W			
68,68EP	315	2, 2EP	20W,20	10W30,20W20	80,80W	
100,100EP	465	3,3EP	25W,30	5W50, 15W40		
150,150EP	700	4,4EP	40	15W50, 20W40		
220,220EP	1000	5,5EP	50		90	85W90
320,320EP	1500	6,6EP				85W140
460,460EP,460C	2150	7,7EP,7C			140	
680,680EP,680C	3150	8,8EP,8C				
1000,1000EP,1000C	4650	9,9EP,9C				
1500,1500EP,1500C	7000	10,10EP,10C			250	

Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/bo2.pdf>

8. En la tabla anterior se aprecia la conversión de grados ISO a grados SAE, obteniendo como resultado un aceite con viscosidad SAE 85W140.

4.1.1.3 Cañerías del sistema de refrigeración. Se procedió a realizar una limpieza interna de las cañerías de entrada y salida del sistema de refrigeración.

4.1.1.4 Descalsificador de agua. En la placa de identificación se detalla el proceso de mantenimiento que debemos realizar tanto del filtro de agua como del ablandador de agua.

- Mantenimiento del filtro de agua (ver Figura 56)
 - a) *Posición de lavado:* Cierre la válvula de entrada de agua. Mueva la palanca a la posición N° 1. Abrir lentamente la válvula de entrada de agua, hasta que el agua de drenaje salga tan claro como el agua sin filtrar.
 - b) *Agua en posición:* Mueva la palanca a la posición N° 2 y enjuague durante 2 minutos.

- c) *Posición de servicio:* Para volver al servicio del filtro, mueva la palanca a la posición N° 3.

Figura 56. Filtro de agua y posiciones de la palanca



Fuente: Autores

NOTA: La frecuencia de lavado y el enjuague del filtro es dependiente en el uso del agua y la cantidad, y el tipo de turbidez que se está filtrando. Si el flujo de agua disminuye considerablemente, esto indica que el filtro requiere el lavado a contracorriente y en aumento.

- Mantenimiento del ablandador de agua (ver Figura 57)
 - a) *Posición de lavado:* Mueva la palanca a la posición N° 1. Retrolavado hasta que el agua de desagüe este clara, o por lo menos 10 minutos.
 - b) *Recarga:* Mientras este en la posición N° 1, cerrar la válvula de entrada. Inmediatamente después de cerrar la válvula de entrada, presione la tapa, gire y retire la tapa tan pronto como sea posible. Espere hasta que el agua deje de correr al desagüe. Coloque el embudo en el puerto de sal y añada la cantidad recomendada de sal. Coloque y apriete nuevamente la tapa. Mueva palanca a la posición N°2. Abra la válvula de entrada. Deje que la unidad enjuague por el tiempo de 90 minutos que recomienda el fabricante.

- c) *Servicio:* Después de enjuagar el tiempo indicado, realice pruebas de presencia de sal en el agua de drenaje. Cuando se haga la prueba del agua suave, mueva la palanca a la posición No. 3.

Figura 57. Posiciones de la palanca del ablandador de agua



Fuente: Autores

4.1.1.5 *Dispositivo de control de presión del agua.* Para cumplir el mantenimiento primero se realizó la limpieza de la cañería que actúa sobre el dispositivo; luego se procedió a desarmar y limpiar el mecanismo interno del mismo, puesto que se encontraba obstruido. Logrando así que el dispositivo lea la presión correcta y solucionando la falla del encendido de la lámpara de control de agua, para poder continuar con un posterior ensayo.

Figura 58. Mantenimiento del dispositivo de control de presión



Fuente: Autores

4.1.2 Sistema de acoplamiento freno motor

4.1.2.1 *Acoplamiento flexible.* Antes de proceder con la selección de un nuevo acoplamiento, se debe especificar lo siguiente:

Tabla 5. Datos técnicos del banco

Potencia máxima del banco	147,2 kW = 197,4 HP
Giro máximo	12000 RPM
Máximo torque	60 kgm = 588 Nm

Fuente: Borghi & Saveri s.r.l, 1989

- 1) Establezca el torque o HP del conductor y operando a máximas RPM.
- 2) Determine los caballos de fuerza mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{HP} \times 100}{\text{RPM}} = \frac{197,4 \times 100}{12000} \quad (12)$$

- 3) Usando la Tabla 7, multiplique la ecuación (12) por el factor de servicio encontrado.

$$\text{HP}/100 \text{ RPM} = \frac{197,4 \times 100 \times \text{FactorServicio}}{12000} \quad (13)$$

$$\text{HP}/100 \text{ RPM} = \frac{197,4 \times 100 \times 1,75}{12000}$$

$$\text{HP}/100 \text{ RPM} = 2,9$$

- 4) Usando este resultado, seleccione un acoplamiento de acuerdo a la Tabla 8, este resultado debe ser igual o mayor a los valores determinados en ella.
 - 5) Compare los valores de la tabla anterior, para asegurar que el límite de velocidad del acoplamiento no se exceda.
- El acoplamiento seleccionado es el S-18, el cual cumple con los requerimientos técnicos del banco dinamométrico y se importó de los Estados Unidos.

Tabla 6. Aplicación del factor de servicio

	Service Factors						Service Factors				
	Electric Motor w/ Standard Torque	Electric Motor w/ High Torque	Steam Turbines & En- gines w/ or more cyl ¹	Reciprocating Engines ²			Electric Motor w/ Standard Torque	Electric Motor w/ High Torque	Steam Turbines & En- gines w/ or more cyl ¹	Reciprocating Engines ²	
				1-Cyl	2-Cyl					1-Cyl	2-Cyl
Agitators.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3						
Band Resaw (lumber).....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Feeders					
Barge Haul Puller.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Belt, Screw.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Beaters.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Reciprocating.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Blowers						Filter, Press-oil.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Centrifugal.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Generators					
Lobe, Vane.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Not Welding.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Bottling Machinery.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Welding.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Brew Kettles (distilling).....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Hoist.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Can Filling Machinery.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Hammermills.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Car Dumpers.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8	Kilns.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Car Pullers.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Laundry Washers—					
Card Machine.....	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0	Reversing.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Chiller (oil).....	1.50	2.00	1.25	2.0	2.0	Lumber Machinery					
Compressors						Barkers, Edger Feeder,					
Centrifugal.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Live Roll.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Screw, Lobe.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Planer, Slab Conveyor.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Reciprocating.....	See Not					Machine Tools					
Conveyors, Uniformly Fed						Punch Press-gear Driven,					
Assembly, Belt, Screw.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Plate Planer.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Bucket, Sawdust.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Tapping Machinery,					
Live Roll, Shaker,						Bending Roll.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Reciprocating.....	3.00	3.25	3.00	3.7	3.3	Main Drive.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Conveyors, Not Uniformly Fed						Auxiliary Drives.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3
Assembly, Belt,						Metal Forming Machines					
Oven, Screw.....	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5	Draw Bench-carriage					
Reciprocating.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8	& Main Drive.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Shaker.....	3.00	3.25	3.00	3.7	3.3	Extruder, Forming Machine,					
Cookers—Brewing, Distilling,						Wire Drawing.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Food.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	Table Conveyors.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8
Cranes & Hoist ¹	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Wire Winding, Coilers,					
Crushers—Cane (sugar), Stone, or Ore						Slitters.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
.....	3.00	3.25	3.00	3.7	3.3	Mills, Rotary Type					
Dredges						Ball, Kilns, Pebble,					
Cable reels.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Rolling, Tube.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Conveyors, Pumps,						Cement Kilns,					
Maneuvering Winches.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Dryers, Coolers.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Cutter Head Drives.....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8	Tumbling.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Dynamometer.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Mixers					
Evaporators.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Concrete, continuous.....	1.75	2.00	1.75	2.5	2.0
Fans						Muller.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8
Centrifugal.....	1.00	1.25	1.00	1.7	1.3	Paper Mills					
Cooling Towers.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Agitator (mixers),					
Forced Draft,						Reel, Winder.....	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5
Propeller.....	1.50	1.75	1.50	2.2	1.8	Winder.....	1.20	1.45	1.20	1.9	1.5
Induced draft						Barker (mechanical),					
w/damper control.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3	Log Haul, Chipper.....	2.00	2.25	2.00	2.7	2.3
Induced draft w/o						Barking Drum					
damper control.....	1.25	1.50	1.25	2.0	1.6	(spur gear).....	2.50	2.75	2.50	3.2	2.8

Fuente: LOVEJOY, 2012. pág. 23

Tabla 7. Datos de funcionamiento del acoplamiento saga

Size	HP/100 RPM for 1.0 Service Factor	Rated Torque for 1.0 SF		Max Shock Load		Dynamic Torsional Stiffness		Specific Torsional Stiffness	Max Speed RPM ¹	Approx Weight		Moment of Inertia WR ² lb in ²
		in-lbs	Nm	in-lbs	Nm	in-lbs/Deg	in-lbs/Rad			lbs	kg	
S-11	0.56	350	40	1,000	113	47	2,693	7.69	10,000	4.75	2.2	3.0
S-13	0.95	600	68	1,800	203	67	3,839	6.40	8,400	6.50	2.9	6.6
S-15	1.59	1,000	113	3,000	339	120	6,875	6.88	7,000	10.00	4.5	14.3
S-18	3.17	2,000	226	6,000	678	200	11,459	5.73	5,600	17.00	7.7	40.0
S-22	4.76	3,000	339	9,000	1 017	400	22,918	7.64	5,000	31.00	14.1	102.0
S-26	7.93	5,000	565	15,000	1 695	590	33,805	6.76	4,000	46.00	20.9	234.0
S-30	11.11	7,000	791	21,000	2 373	800	45,837	6.55	3,500	64.00	29.0	384.0
S-34	19.04	12,000	1 356	36,000	4 067	2,000	114,592	9.55	2,800	122.00	55.3	832.0
S-40	31.73	20,000	2 260	60,000	6 779	3,500	200,535	10.03	2,200	175.00	79.4	1,200.0

Fuente: LOVEJOY, 2012. pág. 24

Luego de una exhaustiva búsqueda en el mercado nacional no se logró conseguir este tipo de acoplamiento, es así que se importó un repuesto similar que cumpla los requerimientos técnicos del banco dinamométrico.

Figura 59. Acoplamiento S-18



Fuente: Autores

Especificaciones técnicas del acoplamiento S-18:

- No permite reacciones axiales que puedan dañar o acelerar el desgaste en el sistema de rodamientos.
- Acepta una desalineación angular constante de hasta 3 °.
- El caucho natural puede funcionar en temperaturas de -60° a 200 °F (-51° a 93 °C).
- Máxima carga permitida: 678 Nm (LOVEJOY, 2012 pág. 23).

4.1.2.2 Pernos del acoplamiento S-18. Los pernos que se debe utilizar por seguridad en el sistema de acoplamiento freno motor, corresponden a la Tabla 9.

Tabla 8. Pernos del acoplamiento S-18

Size	Bolt Grade No 5 Size	Recommended Torque			
		Wet		Dry	
		ft-lb	Nm	ft-lb	Nm
S-11	5/16 - 18 x 1-3/4	13	18	17	23
S-13	3/8 - 16 x 2	23	31	30	41
S-15	3/8 - 16 x 2-1/2	23	31	30	41
S-18	1/2 - 13 x 3	55	75	75	102
S-22	5/8 - 11 x 3-1/4	110	149	150	203

Fuente: LOVEJOY, 2012 pág. 24

4.1.2.3 Eje de transmisión

- Eje estriado.- El acoplamiento flexible seleccionado anteriormente se importó junto con sus correspondientes acoplamientos metálicos (ver Figura 60), uno de ellos sirve para la unión del eje estriado con el acoplamiento flexible S-18. El eje estriado original junto con su base triangular (ver Figura 27), estaba unido mediante una soldadura, la cual impedía utilizar el eje estriado original para proceder a unir con el acoplamiento metálico nuevo.

Figura 60. Acoplamiento flexible S-18 con sus acoplamientos metálicos



Fuente: LOVEJOY, 2012 pág. 23

Razón por la cual se reconstruyó el eje estriado (ver Plano eje estriado), entonces se procedió a identificar el tipo de material del cual estaba elaborado con la ayuda de un medidor de dureza, obteniéndose un valor de 170 HB (dureza Brinell). Con esto se determinó que corresponde a un acero AISI: 5115.

Tabla 9. Datos técnicos del material base del eje

Diámetro (mm)	>16 <100
Resistencia a la tracción (N/mm ²)	800
Resiliencia (Kgm/cm ²)	10
Tipo de aleación (%)	C 0.16, Si 0.25, Mn 1.15, Cr 0.95
Alargamiento (% min)	10
Contracción (% min)	40

Fuente: Aceros BÖHLER Ecuador, 2007 pág. 67

Figura 61. Eje estriado nuevo



Fuente: Autores

La unión del eje estriado y el acoplamiento metálico se realizó mediante una soldadura como se puede ver en la Figura 61. Esta soldadura se aplicó con electrodos E 6011, el cual es un electrodo para soldadura de aceros al carbono para alta penetración, y tiene una resistencia a la tracción de 414 MPa (Lincoln Electric, 2013). Y su posición de soldeo fue horizontal para la unión inicial del conjunto y en posición vertical para un mejor acabado de la soldadura.

Finalmente para obtener una mejor resistencia a esfuerzos mecánicos de tracción y torsión, al conjunto eje – acoplamiento se envió a Aceros BÖHLER de Ecuador a realizar un tratamiento térmico de cementación.

- Eje cardán hembra.- Se procedió a lijar, pintar y finalmente lubricar por medio de los graseros provistos en este elemento.

Figura 62. Eje cardán hembra realizado el mantenimiento



Fuente: Autores

4.1.2.4 *Acoplamiento metálicos que conectan el banco al motor de ensayo.* El acoplamiento metálico restante importado junto con el acoplamiento flexible S-18, se utilizó para efectuar la unión del eje de transmisión con el motor a ser testeado (ver Figura 60). El cual también sirve para los dos motores a prueba restantes del Taller de Motores de Combustión Interna de la Facultad de Mecánica.

4.1.3 *Panel de control*

4.1.3.1 *Contador de revoluciones.* Se procedió al reajuste y calibración adecuada del sensor como recomienda el catálogo. La respectiva calibración entre la rueda dentada y el sensor de las rpm es un espacio de $0,9 \div 1,2$ mm.

Figura 63. Calibración del sensor de revoluciones



Fuente: Autores

4.1.3.2 *Amperímetro.* Una vez ya rehabilitado el sistema de acoplamiento freno motor, se encendió el banco, y se observó que el amperímetro si presentó valores de amperaje de la bobina del freno.

Figura 64. Encendido del amperímetro



Fuente: Autores

4.1.4 Sistema de control de consumo de combustible

4.1.4.1 *Probeta de medición.* Se realizó la limpieza de este elemento, logrando así apreciar de mejor manera las mediciones que dispone esta probeta.

Figura 65. Probeta de medición limpia



Fuente: Autores

4.1.4.2 *Cañerías.* Se efectuó una limpieza de todas las cañerías, y la colocación de las abrazaderas faltantes para su adecuada sujeción a las válvulas de paso.

4.1.4.3 *Tanque de combustible.* Procedimos a lavar el tanque y se colocó un filtro de combustible antes de la probeta de medición, para retener las impurezas provenientes del tanque.

4.1.5 *Balanza dinamométrica.* (Borghì & Saveri s.r.l, 1989). Para obtener un correcto funcionamiento de este elemento se debe realizar las distintas calibraciones detalladas a continuación:

- Calibración del dinamómetro con pesos patrones (ver hoja 14.101 del manual de funcionamiento del freno dinamométrico de corrientes parásitas).

Durante la calibración del dinamómetro con pesos probetas, no debe circular agua en el banco.

A. Calibración con rotación en sentido horario

- A.1 Quite la protección (6), coloque el brazo de control (4) en la palanca (7) por medio de los pernos (3). En la parte posterior del banco aplicar el brazo (8) y su contrapeso (9).
- A.2 Encere la escala dinamométrica con la perilla (15), cuelgue un peso determinada en el gancho opuesto (47) del brazo de calibración del lado de la balanza, y lea el valor de dicho peso que debe estar indicado sobre la escala de la balanza; como indica en la hoja 21.121D del manual de funcionamiento del freno dinamométrico de corrientes parásitas.

B. Calibración con rotación en sentido anti-horario

- B.1 Fijar los dos brazos (4) en las palancas (7) y (8) con sus correspondientes pernos.
- B.2 Encere la escala con la perilla (15) cuelgue un peso determinado en el gancho (48), del brazo de calibración del lado opuesto de la balanza, y lea el valor de dicho peso que debe estar indicado sobre la escala de la balanza. Ver hoja 21.121D del manual de funcionamiento del freno dinamométrico de corrientes parásitas.

El brazo (8) y su contrapeso (9) siempre tienen que estar colgados, en los frenos proporcionados con rotación anti-horaria, también después de ser calibrados.

En caso de que el valor leído en la escala no corresponda a lo indicado en los puntos A.2 y B.2, calibre la escala como se indica a continuación.

C. Chequeo de posibles fallos en la escala

- C.1 Revise que las bandas metálicas (3-8) no estén dobladas o rotas.
- C.2 Controlar la cremallera (11) tiene que tener sus dientes en perfecto estado, y limpios, el juego entre la cremallera y el piñón del eje no debe ser mayor a 0,2mm.
- C.3 Los rodamientos (14) no deben estar trabados, en el caso de que lo estén hay que lavarlos con gasolina y lubricarlos apenas con un poco de aceite de vaselina, al montaje dejar un juego axial del eje de 2/10.
- C.4 Controlar que los cuchillos (38) tengan el tallo bien afilado, eventualmente limpiarlos con gasolina.

C.5 El disco (36) debe ser montado con la flecha en la misma dirección de la lanceta del dinamómetro.

D. Calibración de la balanza (ver Figura 66)

Cada vez que se encuentre diferencias sobre la precisión de la balanza es necesario realizar la calibración con pesos patrones, de la siguiente forma:

D.1 Calibración a máxima capacidad (aguja en la posición A)

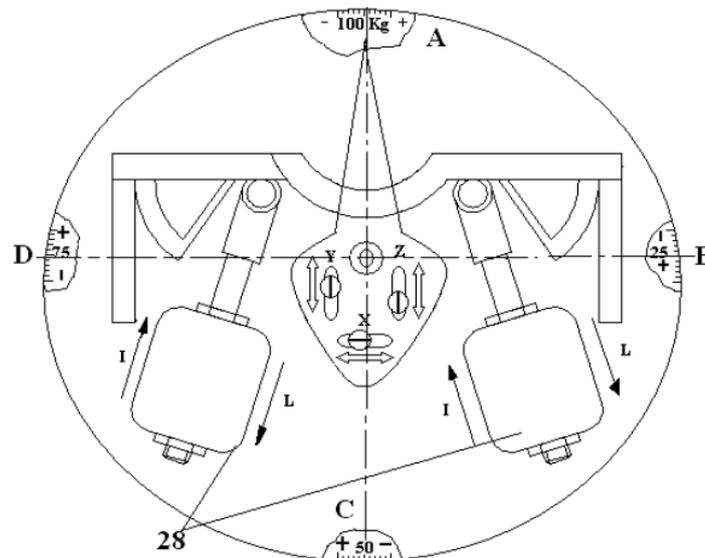
Coloque el brazo de calibración en su alojamiento, encere la escala y enganche en el brazo un peso patrón, según se indica en la hoja 21.121D del manual de funcionamiento del freno dinamométrico de corrientes parásitas.

Si el peso indicado en la escala es menor (-), con respecto al peso patrón, ajuste los dos contrapesos (28) hacia la dirección I, y de igual medida.

En caso contrario si el peso observado en la escala es mayor (+), con respecto al peso patrón, ajuste los dos contrapesos (28) hacia la dirección L.

Después de cada ajuste quite los pesos patrones que están sobre el brazo y encere la escala, repita la prueba hasta que obtenga la calibración correcta.

Figura 66. Escala de calibración



Fuente: Borghi & Saveri s.r.l, 1989

D.2 Calibración a media capacidad (aguja en la posición C)

Encere la escala, cuelgue en el brazo de calibración un peso patrón correspondiente a la mitad del indicado en la capacidad máxima del cuadrante (ver Figura 68). Si el peso indicado es menor (-) aflojar el tornillo X, mover en dirección G de la mitad de la diferencia encontrada.

Ejemplo: Si la diferencia encontrada es menos de cuatro divisiones es necesario mover el tornillo X en dirección G, hasta cuando la indicación llegue sobre menos de dos divisiones, quitar los pesos patrones sobre el brazo y repetir la prueba hasta la indicación justa, recordando que en cada prueba es indispensable encerar el dinamómetro.

Si al contrario el peso indicado es mayor (+), actuar sobre el tornillo X moviendo en la dirección de H.

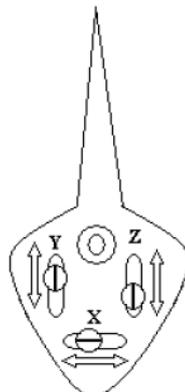
D.3 Calibración a cuarto y tres cuartos de capacidad (aguja en la posición B y D)

Encere la escala, cuelgue en el brazo de calibración un peso patrón correspondiente a un cuarto de la capacidad máxima del cuadrante.

Si el peso observado en la escala es menor (-), con respecto al peso patrón, afloje el tornillo "Z" o el tornillo (Y) y mueva este en la dirección E hasta que el valor indicado sea el correcto.

Si el peso observado en la escala es mayor (+), mueva el tornillo Y hacia la dirección F. Cuando haya conseguido la calibración del cuarto de capacidad, también los $\frac{3}{4}$ deben resultar exactos.

Figura 67. Aguja indicadora con calibración



Fuente: Borghi & Saveri s.r.l, 1989

4.1.6 Freno dinamométrico

4.1.6.1 Cañerías de las cámaras de refrigeración. Se colocó cañerías nuevas de medida $1\frac{1}{4} \times 11$ in, con resorte interno para reducir las vibraciones producidas al momento del ensayo.

Figura 68. Cañerías nuevas de las cámaras de refrigeración



Fuente: Autores

4.1.6.2 Palanca de accionamiento. Se procedió a limpiar y lubricar el mecanismo, por medio de los graseros provistos en este elemento.

Figura 69. Palanca de accionamiento lubricada



Fuente: Autores

4.1.7 Bancada y soportes. Primero se realizó una limpieza de estos elementos, luego se lijó para finalmente aplicar la pintura.

Figura 70. Bancada y soportes pintadas



Fuente: Autores

4.2 Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo del banco

4.2.1 *Mantenimiento del sistema de refrigeración*

4.2.1.1 *Cisterna.* El cambio total del agua se lo debe realizar cada 3 meses, por motivos que el agua recircula constantemente en el sistema.

4.2.1.2 *Bomba de agua*

Especificaciones:

Bandas: Numeración A30 en V

Aceite: SAE 85W140

- Realizar una inspección visual y auditiva de las bandas cada 3 meses, para prevenir averías de los mecanismos que son accionados por estos elementos.
- El aceite se lo debe cambiar cada 1200 horas de trabajo, puesto que ha cumplido su vida de servicio y ha perdido sus propiedades de lubricación.

4.2.1.3 *Descalsificador de agua.* El mantenimiento descrito en el Capítulo 4, se lo debe aplicar cada 6 meses. Debido a que el agua tiende a volverse dura debido al ingreso de agua de reposición, lo cual provocaría la formación de sedimentos en las cañerías.

4.2.2 *Sistema de acoplamiento freno motor*

4.2.2.1 *Eje cardán hembra*

Especificaciones:

Grasa: NLGI 2

- Engrasar la junta de unión o cruceta cada 100 horas de trabajo, junto con el graseo provisto en el eje.

4.2.2.2 *Eje estriado*

Especificaciones:

Grasa: NLGI 2

- Lubricar por medio del graseo provisto en el eje, cada 100 horas de trabajo.

4.2.3 *Balanza dinamométrica*

- Realizar la calibración de este elemento descrito en el Capítulo 4, cada 250 horas de trabajo.

4.2.4 *Palanca de accionamiento*

Especificaciones:

Grasa: NLGI 2

- Engrasar la chumacera provista en el eje, cada 250 horas de trabajo.

4.2.5 *Bandas del motor de arranque*

Especificaciones:

Bandas: Numeración A46 en V

- Realizar una inspección visual y auditiva de las bandas cada 3 meses, para prevenir averías de los mecanismos que son accionados por estos elementos.

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO

5.1 Pruebas de funcionamiento

5.1.1 *Acoplamiento del motor a prueba con el banco dinamométrico.* Para efectuar la unión del motor con el freno dinamométrico se debe seguir los pasos detallados a continuación:

1. Montar y fijar el motor a prueba en la bancada del banco dinamométrico.
2. Ensamblar el eje estriado con el eje cardán hembra.
3. Mediante los ocho pernos provistos en el acoplamiento metálico del freno, unir éste con el extremo del eje cardán hembra. Luego ajustar los pernos uniformemente.
4. Colocar el acoplamiento flexible S-18 junto con el eje estriado, con los respectivos tres pernos del acoplamiento S-18.
5. Fijar el acoplamiento metálico del motor y ensamblarlo con el otro extremo del acoplamiento flexible, con los tres pernos restantes del mismo.
6. Finalmente, proceder a ajustar uniformemente los seis pernos del acoplamiento flexible.

Figura 71. Acoplamiento del motor a prueba con el banco dinamométrico



Fuente: Autores

(1) Motor a prueba, (2) acoplamiento metálico del freno, (3) eje de transmisión, (4) pernos del acoplamiento S-18, (5) acoplamiento metálico del motor.

5.1.2 *Ensayo y medición de torque.* Este ensayo y los posteriores se efectuó con el motor Ducati, del Taller de Motores de Combustión Interna de la Facultad de Mecánica.

Tabla 10. Especificaciones técnicas del motor Ducati

Cilindrada	1000 cc.
Revoluciones por minuto máximas	3000 RPM
Potencia máxima	22 CV
Combustible	Diesel
Aceite	SAE 40
Tipo de refrigeración	Por aire

Fuente: VM Diesel Company, 1970

Para realizar este ensayo se debe tomar en cuenta los pasos siguientes:

1. Ubique en la función "M" el selector de funciones (6) del panel de control (ver Figura 80).
2. Imponga la velocidad del freno, teniendo en cuenta la posible relación entre la velocidad del freno y las revoluciones del motor, con el potenciómetro de ajuste (4) (ver Figura 79).
3. Compruebe que el selector (9) se encuentre en la posición de "Interno" (ver Figura 84).
4. Gire el potenciómetro (2) en sentido anti-horario, hasta que la escala llegue a la posición cero (ver Figura 77).
5. Acople el motor eléctrico que sirve para arrancar el motor a prueba, mediante la palanca de accionamiento hacia el rotor del freno dinamométrico. Hasta lograr una posición de acople (ver Figura 87).
6. En el sistema de control de consumo, conectar la cañería de alimentación de combustible, hacia la entrada de combustible del motor a prueba (ver Figura 88).

7. Llenar una escala de la probeta de medición abriendo la llave de paso hacia arriba, una vez llena coloque la llave de paso hacia la derecha (ver Figura 89).
8. En la caja de potencia accionar los breakers en el siguiente orden (ver Figura 91).
 - 1) Encendido del banco
 - 2) Termocuplas
 - 3) Bomba de agua
9. Pulse la tecla "ON " (1) del panel de control, y si es necesario restaure la lámpara "FUORI GIRI" (3) (ver Figuras 76 y 78).
10. Arranque el motor a prueba, para esto accione el breaker 4 "motor de arranque" de la caja de potencia. Una vez ya arrancado el motor regrese el interruptor a la posición de apagado (ver Figura 91).
11. Mediante el acelerador manual del motor, fije las RPM máximas del motor a las que será sometido a prueba, en el contador de revoluciones del panel de control.
12. Usando el potenciómetro (2) en sentido horario, aumente la carga de freno gradualmente, hasta que se estabilice el valor de la balanza dinamométrica. Es decir hasta que la pluma se quede fija.
13. Anote el valor de P (en Kg) expuesto en la balanza dinamométrica.
14. Cronometrar el tiempo que se demora en consumir una escala de la probeta de medición.
15. Fije nuevas RPM menores a las iniciales, usando el potenciómetro (2) en sentido horario.
16. Repita los pasos 12, 13, 14 y 15 hasta alcanzar las RPM mínimas de funcionamiento del motor a prueba.
17. Gire en sentido antihorario el acelerador para proceder apagar el motor a prueba. Inmediatamente pulse la tecla "OFF " (1) del panel de control, para apagar el banco.
18. Finalmente apague todos los breakers de la caja de potencia.

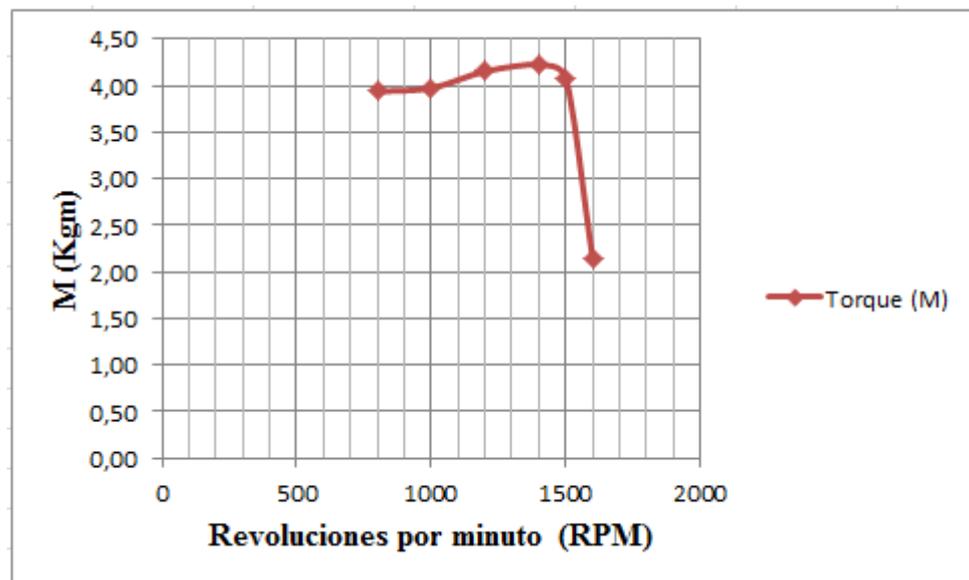
Una vez ya terminada la prueba con el motor Ducati se obtuvieron los datos mostrados en la Tabla 12; el cálculo del torque se realizó aplicando la ecuación (1), establecida en el Capítulo 2.

Tabla 11. Valores para el cálculo del torque

RPM (Revoluciones por minuto)	P (Kg)	M= P*0.716 (Kgm)
1600	3	2,15
1500	5,7	4,08
1400	5,9	4,22
1200	5,8	4,15
1000	5,55	3,97
800	5,5	3,94

Fuente: Autores

Figura 72. Gráfica de torque del motor Ducati



Fuente: Autores

5.1.3 *Ensayo y medición de potencia efectiva.* Para la realización de este ensayo los datos obtenidos para el cálculo anterior, sirven para la elaboración de la gráfica de potencia efectiva aplicando la ecuación (6), detallada en el Capítulo 2.

Tabla 12. Valores para el cálculo de la potencia efectiva

RPM (Revoluciones por minuto)	P (Kg)	Ne= P*0,716*RPM/716,2 (CV)
1600	3	4,80
1500	5,7	8,55
1400	5,9	8,26
1200	5,8	6,96
1000	5,55	5,55
800	5,5	4,40

Fuente: Autores

La potencia efectiva Ne calculada debe ser multiplicada por el coeficiente de corrección K, en función de la temperatura ambiente y la presión atmosférica de la ciudad de Riobamba. Para esto se debe utilizar la ecuación (14) descrita en la hoja 23.121 del manual de funcionamiento del freno dinamométrico de corrientes parásitas.

$$K = \left(\frac{529+T}{529+15} \right) \left(\frac{760}{H} \right) \quad (14)$$

Donde K es el coeficiente de corrección, T la temperatura ambiente en °C, y H la presión atmosférica en mm Hg.

Datos:

$$T = 20 \text{ °C}$$

H = 556 mm Hg (Tomado de la Estación Meteorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)

Entonces:

$$K = \left(\frac{529 + 20}{529 + 15} \right) \left(\frac{760}{556} \right)$$

$$K = 1,4$$

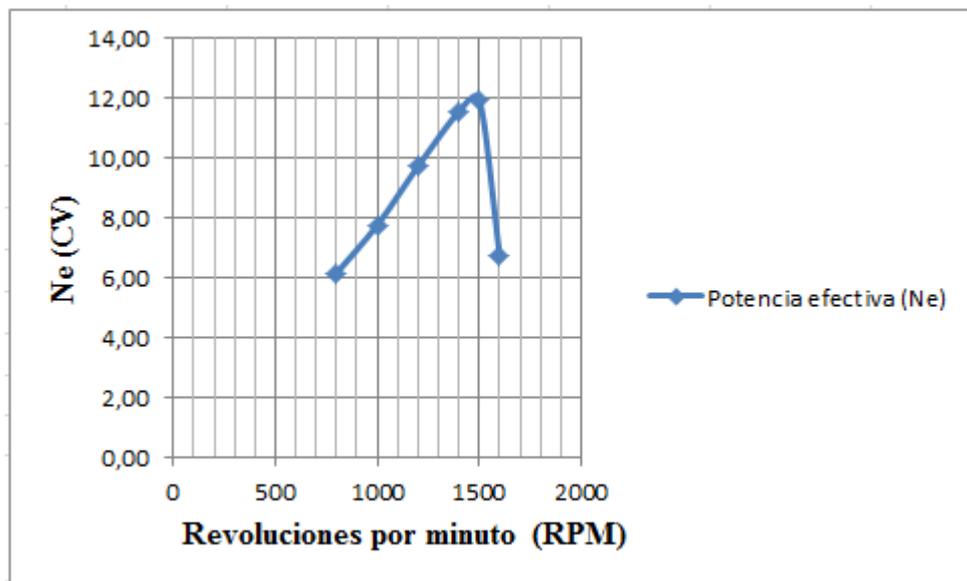
Una vez encontrado el coeficiente de corrección se procedió a corregir la potencia efectiva, mostrada en la Tabla 14.

Tabla 13. Potencia efectiva corregida

RPM (Revoluciones por minuto)	Ne (CV)	K	\bar{N}_e (CV) Corregida
1600	4,80	1,4	6,72
1500	8,55	1,4	11,97
1400	8,26	1,4	11,56
1200	6,96	1,4	9,74
1000	5,55	1,4	7,77
800	4,40	1,4	6,16

Fuente: Autores

Figura 73. Gráfica de potencia del motor Ducati



Fuente: Autores

5.1.4 *Ensayo y medición del consumo específico.* Los valores de tiempo de consumo de la probeta de medición obtenidos en el ensayo de torque, sirven para calcular el consumo específico de combustible a diferente régimen.

Datos:

Ct = Consumo de combustible

Cs = Consumo específico de combustible

Vf = 50cm³

$\rho_b = 0.865 \text{ g/cm}^3$ (ver Anexo A)

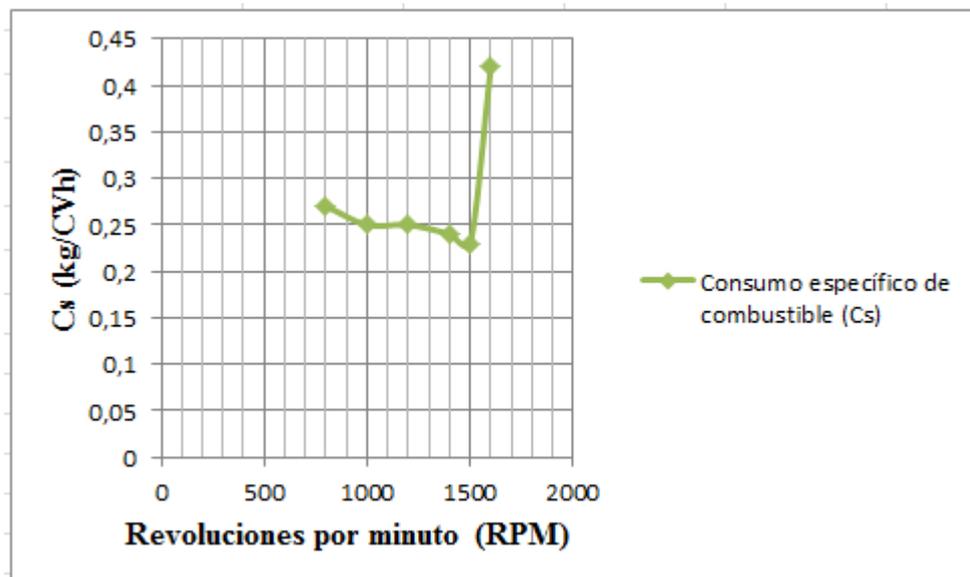
Para el cálculo del consumo específico se debe emplear la ecuación (8) y (9), de la siguiente manera:

Tabla 14. Valores para el cálculo del consumo específico de combustible

RPM (Revoluciones por minuto)	\bar{N}_e (CV) Corregida	t (s)	$C_t = 3.6 \frac{V_f \cdot \rho_b}{t} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right]$	$C_s = \frac{C_t}{N_e} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{CVh}} \right]$
1600	6,72	55	2,83	0,42
1500	11,97	56	2,78	0,23
1400	11,56	57	2,73	0,24
1200	9,74	65	2,39	0,25
1000	7,77	80	1,95	0,25
800	6,16	95	1,64	0,27

Fuente: Autores

Figura 74. Gráfica de consumo específico de combustible del motor Ducati



Fuente: Autores

5.1.5 Análisis de los ensayos

En la gráfica de torque (Figura 72) se puede apreciar como ésta va creciendo de acuerdo como aumenta la carga P, llegando a un torque máximo de 4,2 Kgm, a 1400 RPM.

Referente a la gráfica de potencia efectiva, el punto máximo corresponde a un valor de 12 CV a 1500 RPM.

De acuerdo a la gráfica de consumo específico de combustible (Figura 74) se puede apreciar que el consumo mínimo de combustible es a las 1500 RPM.

Entonces, en el rango de 1400 a 1500 RPM es donde el motor se encuentra en su mejor rendimiento, puesto que a esas revoluciones obtenemos un torque y potencia efectiva máximos, obteniendo también en el mismo rango un consumo específico de combustible mínimo.

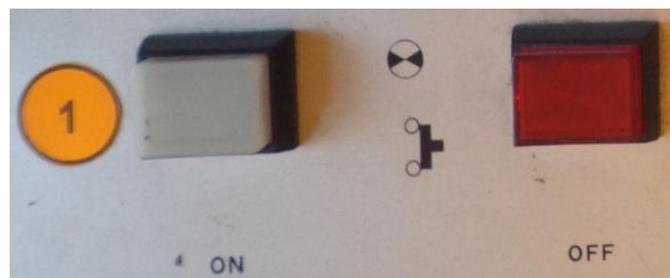
5.2 Manual de usuario

El equipo dinamométrico por lo general se emplea en la industria automotriz, con el fin de conocer el comportamiento de un motor de combustión interna, mediante la obtención de datos que el equipo emite en una balanza dinamométrica, los cuales permiten graficar el torque, la potencia y el consumo específico del combustible.

5.2.1 Descripción del panel de control. Este elemento consta de las siguientes partes:

- Un interruptor general del banco ON - OFF (1) con una lámpara.

Figura 75. Interruptor del banco ON-OFF



Fuente: Autores

- Potenciómetro de 10 vueltas (2) para la "regulación" de la carga y la velocidad del programa.

Figura 76. Potenciómetro de regulación de carga y velocidad



Fuente: Autores

- Tecla luminosa "FUORI GIRI" (3). Se ilumina en consecuencia de la velocidad establecida. Para restaurarla, pulse el botón.

Figura 77. Lámpara de control de velocidad



Fuente: Autores

- Potenciómetro de ajuste "FUORI GIRI" (4) se utiliza para establecer la velocidad máxima a partir de la cual puede dañar el motor. Después de alcanzar la velocidad máxima fijada en la fuente de alimentación, se enciende la iluminación de la lámpara "FUORI GIRI" y posiblemente el paro del motor a prueba.

Figura 78. Potenciómetro de ajuste "FUORI GIRI"



Fuente: Autores

- Potenciómetro " Mn^2 " (5) se utiliza para ajustar el factor de proporcionalidad entre la corriente para el freno y el número de revoluciones por minuto, esta operación sólo en " Mn^2 ".

Figura 79. Potenciómetro de ajuste entre la corriente del freno y las RPM



Fuente: Autores

- Selector (6) para la elección de las cuatro funciones de prueba.

Figura 80. Selector de funciones



Fuente: Autores

- Amperímetro (7) indica la cantidad de corriente suministrada desde la fuente de alimentación, o por un comando externo eventual.

Figura 81. Amperímetro analógico



Fuente: Autores

- Potenciómetro de destornillador (8), que determina la pendiente de la curva en la función "n".

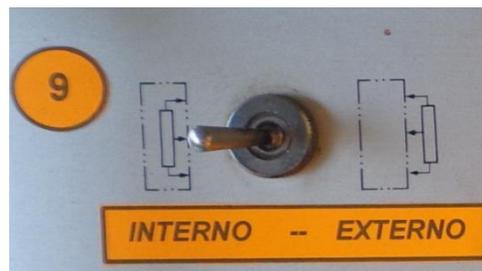
Figura 82. Potenciómetro de tornillo



Fuente: Autores

- Selector interno - externo (9), sirve para el control del freno desde la fuente de alimentación, o de cualquier control externo.

Figura 83. Selector interno - externo



Fuente: Autores

- Lámpara de control de agua del freno y seguridad (10).

Figura 84. Lámpara de control y seguridad del agua del freno



Fuente: Autores

- Pulsador de pausa momentánea de la medida de la carga (ver Figura 85).

Figura 85. Pulsador de pausa de la carga



Fuente: Autores

5.2.2 Descripción de los cuatro tipos de pruebas del freno dinamométrico.

- A) Control de par "M".- La corriente de excitación suministrada por la fuente de alimentación es constante e independiente del número de revoluciones del freno. El par de frenado varía poco al aumentar la velocidad.

PRUEBA EN PAR "M"

- Girar el potenciómetro (2) en sentido anti horario, hasta que la escala llegue a la posición cero.
- Pulsar la tecla "ON - OFF" (1), y si es necesario restaurar la lámpara "FUORI GIRI" (3).
- Arranque el motor a prueba.
- Usando el potenciómetro (2) en sentido horario, aumente la carga de freno gradualmente.
- Prueba recomendada para todo tipo de motores eléctricos y algunos motores de pistón, con regulador de velocidad, una operación estable.

- B) Control de velocidad "n".- La corriente de excitación suministrada por la fuente de alimentación depende de la velocidad del freno, y simplemente ajustar la velocidad a la que está permitiendo que el freno actúe con una curva pronunciada. La pendiente de esta curva se determina actuando sobre un potenciómetro.

PRUEBA EN VELOCIDAD "n"

- Girar el potenciómetro (2) con el número de vueltas que desea alcanzar.

- Pulsar el interruptor "ON - OFF" (1), y si es necesario restaurar la lámpara "FUORI GIRI" (3).
 - Arranque el motor a prueba y acelerar, cuando el actuador alcanza la velocidad ajustada aumenta el par de frenado rápidamente, mientras que la velocidad se somete a una pequeña pendiente, que se puede variar mediante el ajuste del potenciómetro de destornillador (8).
 - La prueba se puede realizar con motores de pistón.
- C) " Mn^2 " Control cuadrático.- Con este ajuste, la fuente de alimentación emite una excitación para el freno proporcional al número de revoluciones. El par de frenado es por consiguiente, con una aproximación casi cuadrática, y tiene una tendencia similar a la resistencia del aire contra un vehículo de motor. La curva característica se puede adaptar por medio de un potenciómetro, la curva de potencia del motor bajo prueba.

PRUEBA EN " Mn^2 "

- Girar el potenciómetro (2) y fijar el número máximo de vueltas, que quiere alcanzar.
 - Girar el potenciómetro (5) en sentido anti horario, hasta que la escala llegue a la posición cero.
 - Pulsar el interruptor "ON - OFF" (1), y si es necesario restaurar la lámpara "FUORI GIRI" (3).
 - Arrancar el motor a prueba y acelerar gradualmente, actuar simultáneamente sobre el mando (5) en sentido horario, así aumenta el par de frenado que crece más o menos proporcional al cuadrado de la velocidad.
 - Al llegar a la velocidad máxima ajustada en el potenciómetro (2), la velocidad del motor se mantiene como tal para la siguiente operación de "n constante".
 - Recomendado para todos los motores de pistón.
- D) Control de velocidad constante "constante n".- Al llegar a la fuente de alimentación de la velocidad ajustada, entrega la corriente para el freno

rápidamente, lo que mantiene la velocidad dentro de límites muy precisos, independientemente de la carga.

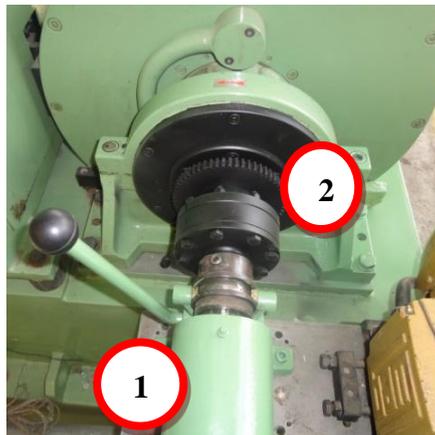
PRUEBA EN "n constante"

- Girar el potenciómetro (2) y establecer la velocidad máxima que se quiere alcanzar.
- Pulsar el interruptor "ON - OFF" (1), y si es necesario restaurar la lámpara "FUORI GIRI" (3).
- Arrancar el motor y acelerar, cuando la velocidad alcanza el valor ajustado, el motor se mantiene a esta velocidad, independientemente del par.
- Para todos los motores de pistón y para motores eléctricos a c.c.

5.2.3 *Encendido y apagado del banco dinamométrico.* En este punto se va a detallar de cómo se procede a encender y apagar correctamente el banco dinamométrico.

- Acople la palanca del motor eléctrico (1) que acciona al rotor del freno dinamométrico (2), que está unido con el motor de combustión interna.

Figura 86. Palanca de accionamiento

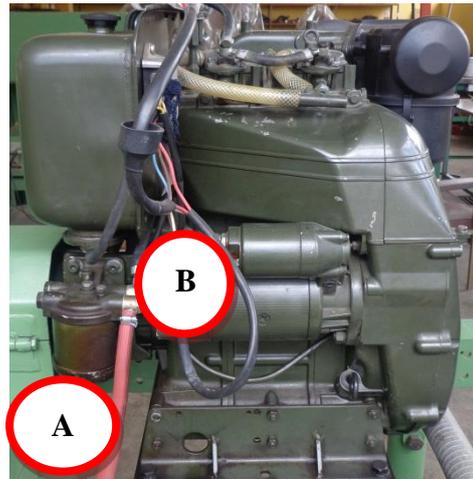


Fuente: Autores

(1) Palanca del motor eléctrico, (2) rotor del freno dinamométrico.

- En el sistema de control de consumo, conectar la cañería de alimentación de combustible (A), hacia la entrada de combustible del motor a prueba (B).

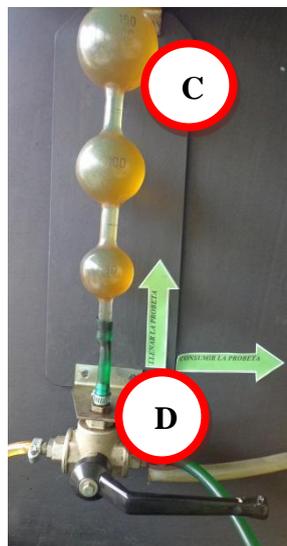
Figura 87. Conexión de la cañería de alimentación de combustible



Fuente: Autores

- Llenar una escala de la probeta de medición (C) abriendo la llave de paso hacia arriba, una vez llena coloque la llave de paso (D) hacia la derecha.

Figura 88. Llenado de la probeta



Fuente: Autores

- En el sistema de transmisión, cerrar la tapa de seguridad (E).

Figura 89. Tapa de seguridad



Fuente: Autores

- En la caja de potencia (F) que comanda al banco, accionar el breaker eléctricos 1, 2 y 3 para el encendido del banco, termocuplas y la bomba de agua, respectivamente.

Figura 90. Accionamiento del encendido del banco, termocuplas y bomba de agua



Fuente: Autores

(F) Caja de potencia, (1) (2) y (3) breakers eléctricos.

- Accionar el breaker eléctrico número 4 para arrancar el motor a prueba, una vez encendido proceder a deshabilitar la corriente con el mismo breaker.

Figura 91. Accionamiento del motor de arranque



Fuente: Autores

- Una vez terminadas las respectivas pruebas proceder a apagar el motor a prueba.
- Desactivar los breaker eléctricos 1, 2 y 3 de la caja de potencia, para apagar totalmente el banco.

5.2.4 Avisos y seguridad



Peligro alto voltaje 220V



Máquina trabajando



Peligro inflamable



¡Alto!



Peligro en general

Accesible solo a personal autorizado

- En el caso de que intervenga el dispositivo de sobre velocidad o “FUORI GIRI”, la fuente de alimentación desconecta la energía al freno y este permanece bloqueada, hasta que se aplaste la tecla luminosa (3) de señalización y recuperación.
- Para cambiar de una prueba a otra, debe apagar el suministro de alimentación y ajustar el selector de la función deseada (6).
- Cierre la tapa de seguridad de la transmisión, cuando se vaya a realizar las pruebas (ver Figura 89).
- Se produce el encendido de la lámpara de control de agua de freno debido a un fallo del agua de refrigeración o porque la misma ha alcanzado una temperatura superior a la permitida. Cuando la luz de control del agua está encendida la salida de corriente de alimentación eléctrica se interrumpe, entonces usted tiene la caída de la red eléctrica.
- Verificar el nivel de agua de la cisterna, para que trabaje correctamente el sistema de refrigeración del freno dinamométrico.
- Verificar el apriete de los pernos de las bases que sujeta al motor, de igual manera los pernos de la transmisión los cuales están acoplados al motor de prueba con el eje del freno.
- Verificar el nivel de combustible del motor a prueba, así como también las posibles fugas del sistema.
- Mantener una distancia adecuada cuando se efectuó las pruebas del consumo de combustible.
- No exceder las revoluciones del motor a prueba.
- Durante las pruebas no tocar el motor a prueba ni la transmisión.

- Tener cuidado cuando este manejando con la tensión de 220V en la caja de potencia.

CAPÍTULO VI

6. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Los costos es un factor muy importante ya que con ello se puede verificar la estimación que se implantó en el inicio del proyecto.

Por lo tanto los costos de la rehabilitación y mantenimiento del banco dinamométrico se clasificaron de la siguiente manera:

- Costos directos
- Costos indirectos

6.1 Costos directos

Los costos directos principalmente se destinaron a la rehabilitación, reparación y mantenimiento del banco dinamométrico, que son los siguientes:

- Materiales y equipos
- Rehabilitación del eje de transmisión
- Costos por importación de la junta flexible S-18

6.1.1 Costos de materiales y equipos

Tabla 15. Costos de materiales y equipos

Cant.	Denominación	Características	Costo unitario	Costo total (USD)
1	Sello mecánico	Para la bomba Bottoli	45,00	45,00
1	Galón aceite bomba	SAE 85w140	8,00	8,00
1	Galón aceite motor	SAE 40	20,00	20,00
1	Galón aceite motor	SAE 20W50	21,00	21,00
1	Filtro combustible	F. combustible	8,00	8,00
2	Cañerías de refrigeración	1/4 x 11 in	5,00	10,00

Tabla 15. (Continuación)

10	Abrazaderas metálicas	3/4 in	0,25	2,50
1	Cañería de presión	1/2 in	2,50	2,50
1	Batería Elektra	12 voltios	70,00	70,00
2	Bornes de batería	1 in	1,50	3,00
6	Pernos	1/2 x 3 1/2 UNC	0,65	3,90
2	Graseros	Grasero recto M6	0,25	0,50
1	Grasa	NLGI 2	6,00	6,00
6	Tuercas de acero	1/2 plg UNC	0,15	0,90
6	Arandelas de presión	1/2 plg	0,10	0,60
6	Pernos	1/2 x 4 UNC	0,75	4,50
1	Pintura verde	1 litro	5,89	5,89
1	Pintura negra	1 litro	3,50	3,50
6	Litros tiñer laca	Tiñer laca	1,43	8,58
2	Masking ABRO	3/4 plg automotriz	0,98	1,96
2	Lijas de pulir	Numero 400	0,65	1,30
2	Lija de fandeli	Numero 1000	0,35	0,70
2	Lijas de hierro	Numero 80	1,00	2,00
1	Válvula de pie	1"1/2 x 4 in	20,00	20,00
1	Compresor de aire	Shimaha	100,00	100,00
1	Soplete	Por gravedad	30,00	30,00
1	Cinta adhesiva	Cinta seguridad	15,00	15,00
10	Adhesivos	Avisos de seguridad	1,00	10,00
Total				405,33

Fuente: Autores

6.1.2 Costos de rehabilitación del eje de transmisión

Tabla 16. Costos de rehabilitación del eje de transmisión

Cant.	Denominación	Características	Costo unitario	Costo total (USD)
1	Eje de transmisión	Eje estriado	660,00	660,00
2	Acoplamiento metálicos	Acoplamientos para el eje estriado y para el motor	120,00	240,00
1	Acoplamiento flexible	S-18	170,27	170,27
Total				1070,27

Fuente: Autores

6.1.3 Costos por importación del acoplamiento flexible S-18 y acoplamientos metálicos

Tabla 17. Costos por importación de la junta flexible S-18 y sus acoplamientos

Denominación	Características	Costo total (USD)
Envío	Estados Unidos-Ecuador	30,80
Impuesto a la salida de divisas	ISD	10,51
Seguro		9,81
Costos de compra		17,62
Total		68,74

Fuente: Autores

6.1.4 Total costo directo

Tabla 18. Total costo directo

Descripción	Valor (USD)
Costos de materiales y equipos	405,33
Costos de la rehabilitación del eje de transmisión	1070,27
Costos por importación de la junta flexible S-18 y sus acoplamientos metálicos.	68,74
Total	1544,34

Fuente: Autores

6.2 Costos indirectos

Tabla 19. Costos indirectos

Denominación	Costo (USD)
Movilización y transporte	100,00
Asesoramiento técnico	90,00
Documentación e investigación	200,00
Gastos extras	70,00
Total	460,00

Fuente: Autores

6.3 Costo total

Tabla 20. Costo total

Denominación	Costo (USD)
Costos directos	1544,34
Costos indirectos	460,00
Total	2004,34

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se realizó un estudio y análisis completo de los diferentes sistemas y partes que componen el banco dinamométrico marca Borghi y Saveri modelo FA 200 SP de la Facultad de Mecánica, llegando así a conocer cómo funciona cada uno de los sistemas que componen el equipo.

La rehabilitación y mantenimiento del banco se desarrolló con una respectiva investigación de cómo realizar los diferentes tipos de mantenimiento para cada sistema, y también con la ayuda del manual de funcionamiento del freno dinamométrico de corrientes parásitas.

Mediante la unión del banco a un motor de combustión interna se efectuó las pruebas de funcionamiento del equipo, en donde se pudo obtener datos los cuales sirven para realizar los cálculos y gráficas de torque, potencia efectiva y consumo específico de combustible del motor testado.

Luego de realizar presupuesto del proyecto se determinó que están dentro del rango establecido en la fase inicial de la ejecución, lo cual nos ayudó a culminar el trabajo propuesto en el tiempo establecido, sin tener dificultades económicas mayores.

Se elaboró un manual de usuario y un plan de mantenimiento preventivo del banco, para alargar el tiempo de vida útil del equipo dinamométrico.

El estado final del equipo se encuentra en un grado óptimo de funcionamiento, pero no se encuentra instalado en una celda de prueba.

7.2 Recomendaciones

Verificar el nivel de agua de la cisterna del sistema de refrigeración, para evitar un recalentamiento de las bobinas del freno dinamométrico y recopilación de datos erróneos.

Accionar el breaker eléctrico del motor arranque, una vez acoplada la palanca de accionamiento al rotor.

Comprobar el apriete adecuado de todos los pernos del sistema de transmisión, y de las bases que sujetan al motor junto con la bancada.

Fijar la tapa de seguridad del eje de transmisión antes de realizar un ensayo.

Conservar una distancia prudente del banco dinamométrico, una vez arrancado el motor a prueba.

Mantenerse en una posición perpendicular con respecto a la balanza dinamométrica, al momento de la toma de datos.

Respetar las señales de seguridad provistas en el equipo.

Seguir las instrucciones detalladas en el manual de usuario, antes de operar el banco dinamométrico.

Realizar pruebas a bajo régimen de revoluciones con el fin de evitar vibraciones excesivas que puedan poner en riesgo a las personas.

Construir una celda de pruebas, con todas las recomendaciones técnicas que se requieren para instalar el banco de pruebas en su interior, evitando que las personas se encuentren en contacto directo con el equipo durante los respectivos ensayos. Para ello se ha adjuntado el Anexo B, con algunas sugerencias a ser consideradas en el respectivo diseño de la celda de pruebas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceros BÖHLER Ecuador. 2007.** Manual de aceros especiales. Guayaquil : s.n., 2007.
- Borghi & Saveri s.r.l. 1989.** *Manuale d'istruzioni freni dinamometrici a correnti parassite.* Bologna : s.n., 1989.
- CASANOVA, Oscar. 2011.** *Logística y comunicación en un taller de vehículos.* Madrid : Ediciones Paraninfo S.A, 2011.
- DÍAZ, Rodrigo. 1987.** *Motores de combustión interna.* Riobamba : Pedagógica "Freire", 1987.
- ERASO, Eduardo. 2011.** "Torque y potencia". [En línea] 14 de Enero de 2011. [Citado el: 4 de Junio de 2013.] <https://sites.google.com/site/manualdeduardo/Home/torque-y-potencia>.
- Escuela Universitaria Politécnica de Donostia-San Sebastián. 2009.** Banco de pruebas. [En línea] 27 de Octubre de 2009. [Citado el: 12 de Mayo de 2013.] <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/bancomot.htm>.
- Km 77.com. 2010.** Consumo específico. [En línea] 21 de Marzo de 2010. [Citado el: 05 de Junio de 2013.] <http://www.km77.com/glosario/c/consuespe.asp>.
- Lenntech. 2013.** Ablandador de agua. [En línea] 21 de Marzo de 2013. [Citado el: 22 de Mayo de 2013.] <http://www.lenntech.es/procesos/ablandamiento/preguntas-mas-frecuentes/faq-ablandamiento-agua.htm>.
- Lincoln Electric. 2013.** Características de los electrodos. [En línea] 2013. [Citado el: 12 de Junio de 2013.] <http://www.lincolnelectric.com.ve>.
- LOVEJOY. 2012.** Specialty products. [En línea] 2012. [Citado el: 22 de Abril de 2013.] <http://www.lovejoy-inc.com>.
- slideshare. 2012.** Dinamómetros. [En línea] Juan Loaiza, 19 de Septiembre de 2012. [Citado el: 6 de Mayo de 2013.] <http://www.slideshare.net/juanky079/95392752-dinamometros>.
- Tecner ingeniería S.A. 2011.** Frenos eléctricos. [En línea] 23 de Noviembre de 2011. [Citado el: 08 de Abril de 2013.] www.tecner.com/descarga/2-%20frenos%20serie%20E.doc.
- Widman international srl. 2003.** Selección correcta de un aceite industrial. [En línea] 9 de Abril de 2003. [Citado el: 30 de Mayo de 2013.] <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/bo2.pdf>.