



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO
DE MANABI**

FACULTAD

Ingeniería, Industria y Arquitectura

CARRERA

Ingeniería Marítima

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de “Ingeniero Marítimo”

Proyecto técnico

TEMA

“Diseño y Construcción de un Banco de Prueba para Motores Fuera de Borda Yamaha en
la Carrera de Ingeniería Marítima de la ULEAM”

AUTOR

Washington Alberto León Mora

Vera López Josué Damián

DIRECTOR

Ing. Yusnier Enrique De La Rosa Rosales

Manta - Manabí – Ecuador

2023

 Uleam UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante LEÓN MORA WASHINGTON ALBERTO, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2024-1, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA MOTORES FUERA DE BORDA YAMAHA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 25 de julio de 2024.

Lo certifico,



firmado electrónicamente por:
**YUSNIER ENRIQUE DE
LA ROSA ROSALES**

Ing. Yusnier E de la Rosa Rosales, MSc
Docente Tutor
Ingeniería Marítima

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante VERA LÓPEZ JOSUÉ DAMIÁN, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2024-1, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA MOTORES FUERA DE BORDA YAMAHA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 25 de julio de 2024.

Lo certifico,



Firmado electrónicamente por:
**YUSNIER ENRIQUE DE
LA ROSA ROSALES**

Ing. Yusnier E de la Rosa Rosales, MSc
Docente Tutor
Ingeniería Marítima

Declaración de autoría

La responsabilidad por los hechos, opiniones, ideas e información vertidas en este proyecto de titulación “Diseño y construcción de un banco de prueba para motores fuera de borda Yamaha en la carrera de Ingeniería Marítima” corresponden exclusivamente al autor y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenecerá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Firmado electrónicamente por:
**YUSNIER ENRIQUE DE
LA ROSA ROSALES**

Ing. Yusnier De La Rosa Rosales

C.I. 0959689472

Josué Damián Vera López

C.I. 1315112571

Washington Alberto León Mora

C.I. 1315112571

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico, de manera principal a Dios por que sin el nada es posible en esta vida y a mis padres por ser parte de todo este proceso, pues ellos siempre me han apoyado en todo lo necesario para salir adelante como persona, también gracias a sus buenos ejemplos y consejos he logrado llegar hasta el día de hoy donde yo he querido, sin la ayuda de ellos no estuviera convirtiéndome hoy en un profesional.

A mis queridos catedráticos por ser mi guía durante todo el tiempo de estudio y a mis hermanos por siempre estar pendiente de que todo esté bien dentro y fuera de las aulas de clases por último a mis amigos por estar para brindarme consejos de nos darne por vencido y llegar hasta el final del camino.

Washington León

Damián Vera

Agradecimientos

A Dios, por el don de vida y sus bendiciones.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por acogerme como uno de sus estudiantes brindándome conocimientos teóricos y prácticos dentro de mi carrera en estudio.

A mi director de tesis Ing. Yusnier de la Rosa por su esfuerzo, comprensión quien con sus ilustraciones, experiencias, paciencia y motivación me guio para concluir con éxito mi tesis.

A mis queridos maestros, que compartieron sus sabias enseñanzas, enriqueciéndome de conocimientos para mi profesional.

Washington León

Damián Vera

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad presentar el proceso de construcción de un banco de pruebas para motores fuera de borda, con el propósito fundamental de atender la necesidad de fomentar actividades experimentales en la carrera de Ingeniería Marítima que complementen la formación teórica de los estudiantes. Para ello, se plantean los principales conceptos referentes al tema de estudio, se determina el modelo operativo que se llevará a cabo, se indican los materiales, especificaciones técnicas, planos y medidas requeridas para la construcción del banco de prueba. Posteriormente se describe el procedimiento de corte y soldadura de la estructura, chapas metálicas e instalación de vidrio templado.

Finalmente, se realizan pruebas con un motor fuera de borda en la bancada, donde se verificó el funcionamiento de los sistemas de inyección, combustión y encendido, así como el consumo de combustible, lubricación, la medición de corriente con un Multímetro y ondas con un Osciloscopio, demostrando así su funcionalidad.

Palabras claves: Construcción, diseño, banco de prueba, motor fuera de borda

Abstract

The purpose of this work is to present the construction process of a test bench for outboard motors, with the fundamental purpose of addressing the need to promote experimental activities in the Maritime Engineering career that complement the theoretical training of students. To do this, the main concepts related to the topic of study are presented, the operational model that will be carried out is determined, the materials, technical specifications, plans and measurements required for the construction of the test bench are indicated. Subsequently, the procedure for cutting and welding the structure, metal sheets and installation of tempered glass is described.

Finally, tests were performed with an outboard engine on the bench, where the operation of the injection, combustion and ignition systems were verified, as well as fuel consumption, lubrication, current measurement with a multimeter and waves with an oscilloscope, thus demonstrating its operability.

Keywords: Construction, Design, Test bench, Outboard motor.

INDICE DE CONTENIDO

Tema.....	I
Antecedentes	I
Planteamiento del Problema.....	II
Justificación.....	III
Delimitación	III
Objetivos Específicos	IV
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1.1 Definición de Banco de Pruebas	1
1.1.2 Tipos de ensayos en un banco de Pruebas.....	2
1.1.3 Características de un banco de Pruebas.....	3
1.1.4 Parámetros a medir en un banco de pruebas	4
1.1.5 Motor fuera de borda.....	6
1.1.6 Sistema de alineación de un motor fuera de borda.....	7
1.1.7 Tipos de motores que se pueden montar en el banco de pruebas.....	8
1.1.8 Instrumentos de medición para evaluar parámetros técnicos del motor fuera de borda	17
1.2. Investigaciones previas	18
CAPÍTULO II.....	20
2. DISEÑO DEL PROYECTO	20
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	20
2.2. Modelo Operativo, Cálculos, Planos, Diagramas	20
2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	22
2.4. Presupuesto.....	25
2.5. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	27
2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	30

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
Conclusiones	35
Recomendaciones	36
Bibliografía.....	38

FIGURAS

Figura 1. <i>Variables de entrada y salida de los motores.</i>	8
Figura 2. <i>Parámetros fundamentales.</i>	9
Figura 3. <i>Parámetros específicos.</i>	9
Figura 4. <i>Componentes del motor fuera de borda Yamaha 40V (2019).</i>	12
Figura 5. <i>Especificaciones y requisitos del Motor Yamaha 40V (2019).</i>	13
Figura 6. <i>Componentes del motor fuera de borda Yamaha F15C (2015).</i>	14
Figura 7. <i>Especificaciones y requisitos del motor Yamaha F15C (2015)</i>	15
Figura 8. <i>Componentes del motor fuera de borda Yamaha F20 (2018)</i>	16
Figura 9. <i>Especificaciones y requisitos del motor Yamaha F20 (2018).</i>	17
Figura 10. <i>Componentes del motor fuera de borda F80 (2015).</i>	18
Figura 11. <i>Especificaciones y requisitos del motor F80 (2015).</i>	19
Figura 12. <i>Multímetro.</i>	20
Figura 13. <i>Modelo Operativo para la construcción de un banco de prueba para un motor fuera de borda.</i>	23
Figura 14. <i>Plano de construcción de la Estructura.</i>	24
Figura 15. <i>Plano de construcción de la chapa metálica.</i>	25
Figura 16. <i>Tubos cuadrados de hierro negro.</i>	26
Figura 17 <i>Láminas de hierro negro.</i>	26
Figura 18 <i>Vidrio templado.</i>	27
Figura 19 <i>Soldadura MIG.</i>	28
Figura 20 <i>Máquina de soldar</i>	28
Figura 21 <i>Construcción de la estructura.</i>	30

Figura 22. <i>Chapa metálica.</i>	31
Figura23. <i>Prueba de motor fuera de borda.</i>	32
Figura24. <i>Revisión del sistema de inyección.</i>	33
Figura 25. <i>Medición de consumo de gasolina</i>	35
Figura 26. <i>Medición de la corriente con un multímetro.</i>	35
Figura 27. <i>Medición de RPM mediante tacómetro inductivo</i>	36
Figura 28 <i>Medición de temperatura mediante termómetro digital</i>	37

TABLAS

Tabla 1. <i>Presupuesto de Materiales de construcción para el banco de pruebas.</i>	29
--	----

EL PROBLEMA

Tema

Diseño y construcción de un banco de prueba para motores fuera de borda en la carrera de Ingeniería Marítima.

Antecedentes

En la Costa ecuatoriana las embarcaciones utilizan motores fuera de borda para las diversas operaciones de navegación y pesquería, por lo que del mantenimiento que se les proporcione depende su correcta operatividad y puesta a punto. Los motores fuera de borda son muy populares debido a su versatilidad y maniobrabilidad, logrando satisfacer las necesidades de una gran variedad de embarcaciones y a diferencia de otros motores presenta una mayor facilidad para desmontarse para ser almacenado o reparado

Los motores fuera de borda constituyen un sistema de propulsión que contiene un motor, transmisión y hélice, este es colocado en la parte externa de la borda de la popa de la embarcación, cuya finalidad es dar fuerza para poner a la embarcación en movimiento y permitir su navegación, por lo que debe estar en perfectas condiciones.

En este sentido, históricamente se considera de suma importancia desarrollar equipos de diagnóstico para mejorar su rendimiento y respuesta de acuerdo a las características del motor fuera de borda, tomando en cuenta la funcionalidad de sus sistemas y los parámetros de operación que garanticen su operatividad. Para ello, es necesario crear bancos de prueba que evalúen, determinen y controlen las variables involucradas en el rendimiento del motor, ya que permite obtener información que ayude a optimizar el funcionamiento de los elementos del motor. El banco de pruebas es útil para realizar una serie de pruebas sobre la durabilidad y

carga, realizadas para alcanzar el desempeño óptimo del motor, permite conocer su verdadero estado.

Planteamiento del Problema

Un banco de pruebas es utilizado para la realización de ensayos de producción para verificar los motores después de su proceso de fabricación, para ensayos de investigación y desarrollo con la finalidad de comprobar de forma experimental las mejoras de los motores, también para verificar las características teóricas de los motores antes de comercializarlos, para medir sus emisiones de CO₂ y medir su impacto ambiental.

En la actualidad la funcionalidad de los bancos de prueba se extiende al campo de enseñanza-aprendizaje, puesto que a nivel de formación de las universidades se requiere disponer de sistemas de medición y sensores que evalúen no solo las características de par, emisiones, potencia y consumo de los motores, sino además obtener mayor conocimiento sobre el trabajo que realiza cada una de las partes que componen los motores. Para ello, se fabrican bancos de prueba que permitan relacionar la teoría con las prácticas experimentales, brindando acceso al motor y midiendo parámetros de temperatura, revoluciones, consumo de aire y combustible, así como realizar evaluaciones del desempeño del banco de pruebas, mediante la verificación de su correcto funcionamiento a través del comportamiento de las vibraciones, soportes, apoyos, señales transmitidas por el motor, entre otras. Además, al contar con una correcta función entre la relación del motor y el banco de pruebas se obtendrán datos óptimos y eficientes sobre el motor.

En este sentido, se reconoce que una importante tarea de las universidades es desarrollar sus propias herramientas de medición, como los bancos de prueba, de tal manera que a futuro cuente con servicios de diagnóstico, control y pruebas de los componentes de los motores.

La Carrera de Ing. Marítima, no cuenta con un banco de prueba para motores fuera de borda, por lo cual, en el presente trabajo se plantea diseñar y construir un banco de pruebas. De esta manera, se espera aportar a los conocimientos de los estudiantes, facilitando la experimentación y así desarrollar el análisis sobre cuál es la forma de trabajar de cada componente del motor, a través de pruebas simples y complejas que permitirán comprender su potencialidad, efectividad y rendimiento.

Justificación

Existe la necesidad de fomentar actividades experimentales que complementen la formación teórica de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Marítima. El diseño y construcción de un banco de pruebas para motores fuera de borda permite a los alumnos aplicar sus conocimientos teóricos en un proyecto práctico, fortaleciendo su comprensión y desarrollando habilidades técnicas esenciales.

Este proyecto adquiere especial relevancia considerando el contexto regional, donde las embarcaciones con motores fuera de borda son ampliamente utilizadas en la costa ecuatoriana. Al proporcionar esta valiosa herramienta didáctica, la universidad mejora significativamente su infraestructura educativa, ya que actualmente carece de un banco de pruebas de este tipo.

La implementación de este banco de pruebas no solo fomenta la investigación y sirve como plataforma para futuros proyectos relacionados con motores fuera de borda, sino que también fortalece la vinculación entre teoría y práctica. Los estudiantes podrán contrastar sus conocimientos teóricos con resultados experimentales, enriqueciendo así el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Delimitación

El presente trabajo se desarrolló en la ciudad de Manta, donde se realizó el diseño y construcción del banco de pruebas que se instaló en la carrera de Ingeniería Marítima de la

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y construir un banco de prueba para motores fuera de borda en la carrera de Ingeniería Marítima.

Objetivos Específicos

- Realizar el diseño de planos para la construcción del banco de prueba para motores fuera de borda.
- Ensamblar todos los elementos del banco de prueba
- Comprobar parámetros d funcionamiento de un motor fuera de borda en el banco de pruebas

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1.1 Definición de Banco de Pruebas

El banco de pruebas constituye un equipo industrial para experimentar con prototipos, máquinas o sistemas complejos, el cual posee aplicaciones favorables tanto para los fabricantes, preparadores y usuarios (Márquez & Rojas, 2011).

Un banco de pruebas es un sistema que se encuentra formado por una serie de elementos, los cuales permiten la simulación del comportamiento de un motor y de sus características operativas en condiciones controladas, para ello se utilizan una serie de instrumentos de control y de medida (FLOREZ, 2012)

El análisis del funcionamiento de un motor y la descripción de la efectividad de cada uno de los componentes que lo conforman es muy útil para mejorar su rendimiento. Para ello, es necesario construir un banco de pruebas que contribuya a mejorar la funcionabilidad de cada uno de sus componentes, con la finalidad de realizar planes de mantenimiento que incrementen la productividad del motor. Además, un banco de pruebas permite obtener los conocimientos necesarios acerca de la capacidad del motor en su completo funcionamiento (Ballesteros et al., 2022).

La principal característica de un banco de pruebas es soportar todo el peso del motor, así como de sus accesorios: batería, sistema de alimentación, sistema de admisión y escape, sistema de refrigeración, tablero de instrumentos cableado, etc. (Andrango, 2017).

La importancia que tiene el banco de pruebas es determinar nuevas formas de rendimiento, mediante el ajuste de las variables del sistema y también permite la capacitación de las personas involucradas en su funcionamiento (Ballesteros et al., 2022).

Los bancos de prueba permiten analizar el funcionamiento de los motores, realizar comparaciones con los valores estándar del fabricante, comprender su comportamiento y operación y en definitiva constituyen un instrumento pedagógico que contribuye al conocimiento y comprensión de la funcionalidad del mismo y sus componentes (Ballesteros et al., 2022).

1.1.2 Tipos de ensayos en un banco de Pruebas

De acuerdo con lo señalado por Ballesteros et al. (2022) entre los tipos de ensayos realizados con los bancos de prueba podemos encontrar los siguientes:

Ensayos de Producción: mediante este tipo de ensayos se pueden verificar los motores luego del proceso de fabricación.

Ensayos de investigación y desarrollo del motor y sus componentes: estos son realizados con el objetivo de comprobar de manera experimental las mejoras planteadas teóricamente.

Ensayos de aceptación y homologación de motores: se realizan en los motores nuevos antes de su comercialización, para verificar que cumplan con las características establecidas para su correcto funcionamiento.

Ensayos de emisiones y consumo: generalmente se realizan para verificar las emisiones de CO₂ y de esta manera determinar su impacto ambiental.

Ensayos con fines pedagógicos: son utilizados en los centros educativos para el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que permiten analizar cada una de las partes del motor y aportan conocimientos sobre la medición de parámetros como temperatura, consumo de aire y combustible, revoluciones, presión, etc. (García, 2007; citado por Aristizabal y Flórez, 2015).

1.1.3 Características de un banco de Pruebas

De acuerdo con lo indicado por Castro (2010) las principales características que se deben priorizar en un banco de pruebas son la seguridad y la funcionalidad, esto para evitar riesgos de montaje y así aportar seguridad al elemento de prueba, es así que los componentes del banco de prueba según su función son la estructura fija, estructura móvil, generador de potencia y elemento de par resistente:

Estructura fija

Es la parte que soporta todo el conjunto, por lo que deberá ser fuerte y robusta para todos los esfuerzos a los que estará sometida, debe estar formada por algún tipo de metal resistente a los esfuerzos de compresión, axiales y de torsión, así como los golpes. Las uniones deben realizarse mediante soldadura o atornillado, por ello es importante escoger el material más idóneo para su construcción.

Estructura móvil

Es la parte de la estructura que puede moverse para ajustar los soportes a las dimensiones requeridas para instalar el banco, debe asegurar el cambio a la bancada y la unión entre el cambio y la estructura debe realizarse mediante un “silentblock” que permita reducir las vibraciones en la estructura al probar las marchas para que resista sin problemas todos los esfuerzos a los que será sometida durante los ensayos.

Esta estructura es una de las más importantes, puesto que de ella depende la seguridad de las pruebas al evitar las vibraciones que podrían peligrar el proceso por desprendimiento de la caja de pruebas. También facilita la instalación y permite la versatilidad del banco debido a sus soportes móviles se podrá construir un banco de pruebas que contenga varias cajas de cambios de distintos fabricantes y modelos.

Generador de potencia

Es el encargado de generar las revoluciones necesarias para que el cambio de marchas opere de manera normal, debe montarse en la entrada del cambio de marchas a través de engranajes y soportes. El generador debe ser regulable y los soportes deben ser diferentes de acuerdo al tipo de cambio que se desee probar, por lo que hay que diseñar una gran variedad que permita la instalación en el banco de los principales cambios que se encuentran en el mercado.

Elemento de par resistente

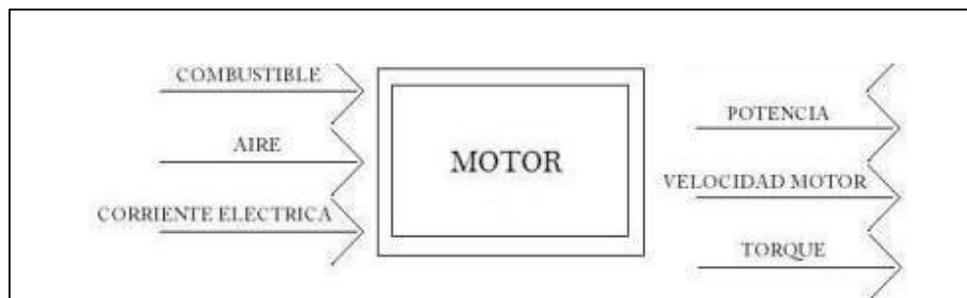
Se encarga de generar una oposición al giro ocasionado por el cambio de marchas, es un elemento indispensable que deberá conectarse a la salida del cambio para brindar un par resistente a la caja de cambios.

1.1.4 Parámetros a medir en un banco de pruebas

Según lo señalado por Márquez y Miller (2011) las variables de entrada de un motor son el combustible, aire y la corriente eléctrica, mientras que entre las variables de salida se encuentran los gases de escape, la potencia, la velocidad del motor y el torque.

Figura 1.

Variables de entrada y salida de los motores.



Fuente: Márquez & Miller, 2011.

Los parámetros que se asocian a los ensayos de motores se pueden clasificar en parámetros fundamentales y específicos (Castro, 2010).

Parámetros fundamentales

Son los que brindan información directa del par, consumo de combustible y potencia del motor:

Figura 2.
Parámetros fundamentales.

Parámetros a medir	Parámetro derivativo	Instrumentación
Par efectivo M_e	Presión media efectiva P_{me}	Balanzas Células de carga frenos
Régimen de giro n	Velocidad lineal C_m Potencia efectiva N_e	Tacómetros: -ópticos -magnéticos -mecánicos
Gasto de combustible m_f	Consumo específico g_e Rendimiento efectivo N_e	Medidores: -volumétricos -gravimétrico

Fuente: Ruiz, 2005.

Parámetros específicos

Son los que proporcionan información cualitativa sobre el gasto de aire, temperatura y presión del motor:

Figura 3.
Parámetros específicos.

Parámetros a medir	Parámetros derivado	Instrumentación
Temperatura media T	Control mf Control ma	Termopares Termorresistencias Semiconductores
Presión media P	Presión media de bombeo	Columnas líquidas Transductores Piezorresistivos
Gasto de aire	Rendimiento volumétrico dosado	Toberas Diafragmas Flujo laminar anemómetro
Contaminantes:		
C0,C02		Infrarrojos
NOx		Quimioluminiscencia
HC		Ionización de llama

Fuente: Ruiz, 2005.

1.1.5 Motor fuera de borda

Los motores fuera de borda son empleados con suma frecuencia para las operaciones de pesca, actividades turísticas y deportivos a lo largo de las costas del Ecuador, incrementándose con rapidez su demanda en el mercado local, lo cual ha generado que los fabricantes realicen un trabajo de asesoría constante mediante manuales y guías de mantenimiento para garantizar la operatividad de estos equipos. (Rodríguez-Gámez, 2023)

Los motores fuera de borda son máquinas que dan movimientos una embarcación ligera, de trabajo o deportivo. nombre se deriva de sus instalaciones ya que estas máquinas se colocan en la parte exterior de la borda de popa de las embarcaciones denominados espejos. (Osorio-Cobo, 2023).

Las partes principales de un motor fuera de borda son las siguientes:

Cabeza de fuerza

La cabeza de fuerza está ubicada en la parte superior del motor, y es allí donde se genera la potencia, es decir. La cabeza de fuerza se compone en su mayoría de un motor que puede ser

dedos o cuatro tiempos, un charol que la soporta y una tapa protectora que tiene los orificios de entrada de aire necesarios para producir la combustión.

Soporte

También conocido como unidad intermedia, el soporte, como su nombre lo indica, contiene los elementos necesarios para sujetar el motor al bote.

Unidad inferior

La unidad inferior es la caja de transmisión del motor fuera de borda; ésta contiene el embrague y juegos de piñones y rodamientos que se encargan de entregar la potencia producida en la cabeza de fuerza a la hélice para convertirla en fuerza de propulsión (Boveda, s.f.)

1.1.6 Sistema de alineación de un motor fuera de borda

Tanto la altura como el ángulo en que ubicas tu fuera de borda puede determinar la durabilidad y desempeño del equipo:

- Incapacidad para alcanzar la velocidad máxima: la falta de velocidad máxima puede ser un indicador obvio, pero es difícil a veces de identificar sin un conocimiento amplio de la embarcación.
- Rocío excesivo: si tu motor fuera de borda levanta una cantidad excesiva de agua al bote, es una señal que tu motor no está montado a la altura adecuada.
- Marsopa: esta ocurre cuando tu embarcación empieza rebotar hacia arriba y abajo mientras navegas a una velocidad normal.
- Dificultades para virar: si presentar dificultades para hacer curvar o giros, probablemente tengas el fuera de borda a una altura demasiado baja.

Inclinación del motor

La mejor posición para obtener la mayor eficiencia del motor de la embarcación depende de los requisitos de la situación

- Mayor velocidad: al ajustar el motor a la posición extrema hacia abajo dirigirá el empuje de la hélice hacia arriba.
- Eliminar obstrucciones: en ocasiones las hélices se pueden enredar con algas, cuerdas o hilos de pescar. Al inclinar el motor hacia arriba se facilita la eliminación de cualquier cosa que esté atrapada.
- Aguas muy poco profundas: un fuera de borda en posición inclinada evitará que se arrastre en el fondo del lago. (Importadora, 2022)

1.1.7 Tipos de motores que se pueden montar en el banco de pruebas

Entre los motores fuera de borda que se pueden ensayar en el banco de pruebas del presente trabajo, considerando las dimensiones y profundidad de inmersión de la pata se encuentran las siguientes marcas y modelos:

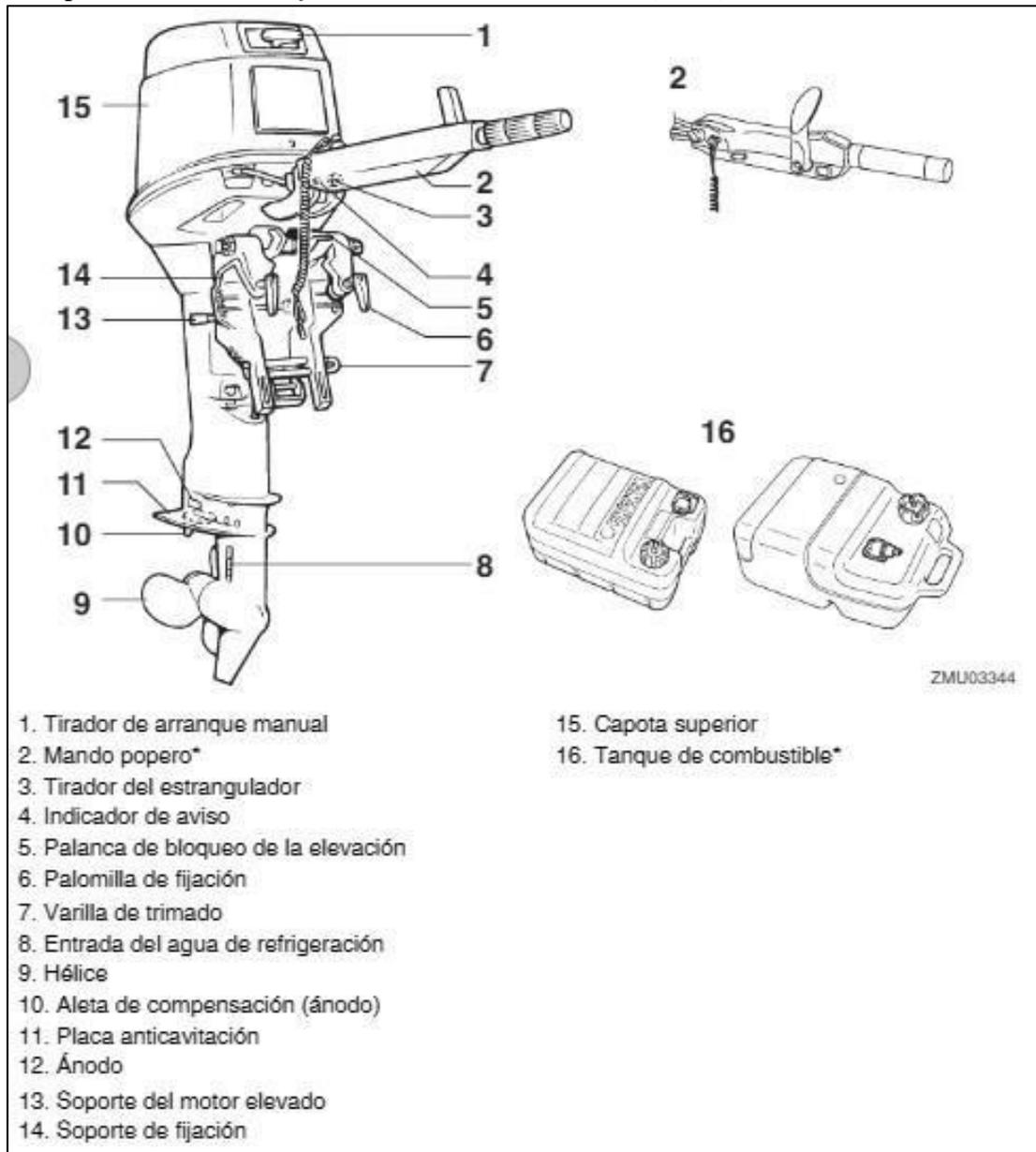
- Yamaha 40V (2019)
- Yamaha F15C (2015)
- Yamaha F20 (2018)
- Yamaha F80 (2015)

Yamaha 40V (2019)

Este tipo de motor esta formado por los componentes que se indican en la Figura 4, así como las especificaciones y requisitos mostrados en la Figura 5:

Figura 4.

Componentes del *motor fuera de borda Yamaha 40V (2019)*.



Fuente: Yamaha, s.f.

Figura 5.

Especificaciones y requisitos del Motor Yamaha 40V (2019).

<p>SMU38092</p> <h2 style="text-align: center;">Especificaciones</h2> <p>NOTA: En los datos de especificaciones mostrados a continuación, "(AL)" representa el valor numérico de la hélice de aluminio instalada.</p> <p>SMU2821Z</p> <p>Dimensiones y peso:</p> <p>Longitud total: 1281 mm (50.4 in) (40VMHO) 670 mm (26.4 in) (40VEO, 50HETO)</p> <p>Anchura total: 349 mm (13.7 in) (40VEO, 40VMHO) 360 mm (14.2 in) (50HETO)</p> <p>Altura total S: 1223 mm (48.1 in) (40VMHO)</p> <p>Altura total L: 1319 mm (51.9 in) (40VEO, 50HETO) 1350 mm (53.1 in) (40VMHO)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en S: 406 mm (16.0 in) (40VMHO)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en L: 533 mm (21.0 in)</p> <p>Peso en seco (AL) S: 76 kg (167 lb) (40VMHO)</p> <p>Peso en seco (AL) L: 77 kg (170 lb) (40VEO) 78 kg (171 lb) (40VMHO) 88 kg (194 lb) (50HETO)</p> <p>Rendimiento:</p> <p>Régimen a pleno gas: 4500–5500 r/min</p> <p>Potencia nominal: 29.4 kW (40 HP) (40VEO, 40VMHO) 36.8 kW (50 HP) (50HETO)</p> <p>Ralentí (en punto neutro): 750–850 r/min</p> <p>Motor:</p> <p>Tipo: 2 tiempos, L3</p>	<p>Cilindrada total: 698 cm³ (42.6 c.i.)</p> <p>Diámetro × carrera: 67.0 × 66.0 mm (2.64 × 2.60 in)</p> <p>Sistema de encendido: CDI</p> <p>Bujía con resistor (NGK): BR7HS-10 (40VEO, 40VMHO) BR8HS-10 (50HETO)</p> <p>Distancia entre electrodos: 0.9–1.0 mm (0.035–0.039 in)</p> <p>Sistema de dirección: Control remoto (40VEO, 50HETO) Mando popero (40VMHO)</p> <p>Sistema de arranque: Eléctrico (40VEO, 50HETO) Manual (40VMHO)</p> <p>Sistema de arranque: Arranque en frío-caliente (40VEO, 50HETO)</p> <p>Válvula de estrangulación (40VMHO)</p> <p>Capacidad de la batería (CCA/EN): 347–411 A (40VEO, 50HETO)</p> <p>Capacidad de la batería (20HR/IEC): 40 Ah (40VEO, 50HETO)</p> <p>Salida del alternador: 80 W (40VMHO)</p> <p>Rendimiento máximo del generador: 6 A (40VEO, 50HETO)</p> <p>Cola:</p> <p>Posiciones del cambio de marchas: Marcha adelante-punto muerto-mar- cha atrás</p> <p>Relación de transmisión: 1.85 (24/13)</p> <p>Sistema de trimado y elevación: Asiento e inclinación asistidos (50HETO) Elevación manual (40VEO, 40VMHO)</p>
---	--

Fuente: Yamaha, s.f.

Yamaha F15C (2015)

Los componentes, especificaciones y requisitos del motor Yamaha F15C (2015), se indican a continuación en las Figuras 6 y 7:

Figura 6.

Componentes del motor fuera de borda Yamaha F15C (2015).



Fuente: Yamaha, s.f.

Figura 7.

Especificaciones y requisitos del motor Yamaha F15C (2015).

Rendimiento:	Sistema de arranque:
Margen de trabajo a plena aceleración: 5000–6000 r/min	F15CE Eléctrico
Potencia nominal: F9.9HE 7.3 kW (9.9 HP) F9.9HMH 7.3 kW (9.9 HP)	F15CEH Eléctrico
Potencia nominal: F15CE 11.0 kW (15 HP) F15CEH 11.0 kW (15 HP) F15CEP 11.0 kW (15 HP) F15CMH 11.0 kW (15 HP) F20BE 14.7 kW (20 HP) F20BEH 14.7 kW (20 HP) F20BEP 14.7 kW (20 HP) F20BMH 14.7 kW (20 HP)	F15CEP Eléctrico
Velocidad de ralentí (en punto muerto): 1000–1100 r/min	F15CMH Manual
Motor:	F20BE Eléctrico
Tipo: 4 tiempos SOHC L2 4válvulas	F20BEH Eléctrico
Cilindrada: 362 cm ³ (22.1 c.i.)	F20BEP Eléctrico
Diámetro × carrera: 63.0 × 58.1 mm (2.48 × 2.29 in)	F20BMH Manual
Sistema de encendido: CDI	F9.9HE Eléctrico
Bujía (NGK): DPR6EB-9	F9.9HMH Manual
Huelgo de la bujía: 0.8–0.9 mm (0.031–0.035 in)	Sistema de carburación para el arranque: Arranque en frío-caliente
Sistema de control: F15CE Control remoto F15CEH Mando popero F15CEP Control remoto F15CMH Mando popero F20BE Control remoto F20BEH Mando popero F20BEP Control remoto F20BMH Mando popero F9.9HE Control remoto F9.9HMH Mando popero	Holgura de la válvula IN (motor en frío): 0.15–0.25 mm (0.0059–0.0098 in)
	Holgura de la válvula EX (motor en frío): 0.25–0.35 mm (0.0098–0.0138 in)
	Capacidad de la batería (CCA/EN): F15CE 347–411 A F15CEH 347–411 A F15CEP 347–411 A F20BE 347–411 A F20BEH 347–411 A F20BEP 347–411 A F9.9HE 347–411 A
	Capacidad de la batería (20HR/IEC): F15CE 40 Ah F15CEH 40 Ah F15CEP 40 Ah F20BE 40 Ah F20BEH 40 Ah F20BEP 40 Ah F9.9HE 40 Ah
	Rendimiento máximo del generador: F15CE 10 A F15CEH 10 A F15CEP 10 A F20BE 10 A F20BEH 10 A F20BEP 10 A F9.9HE 10 A

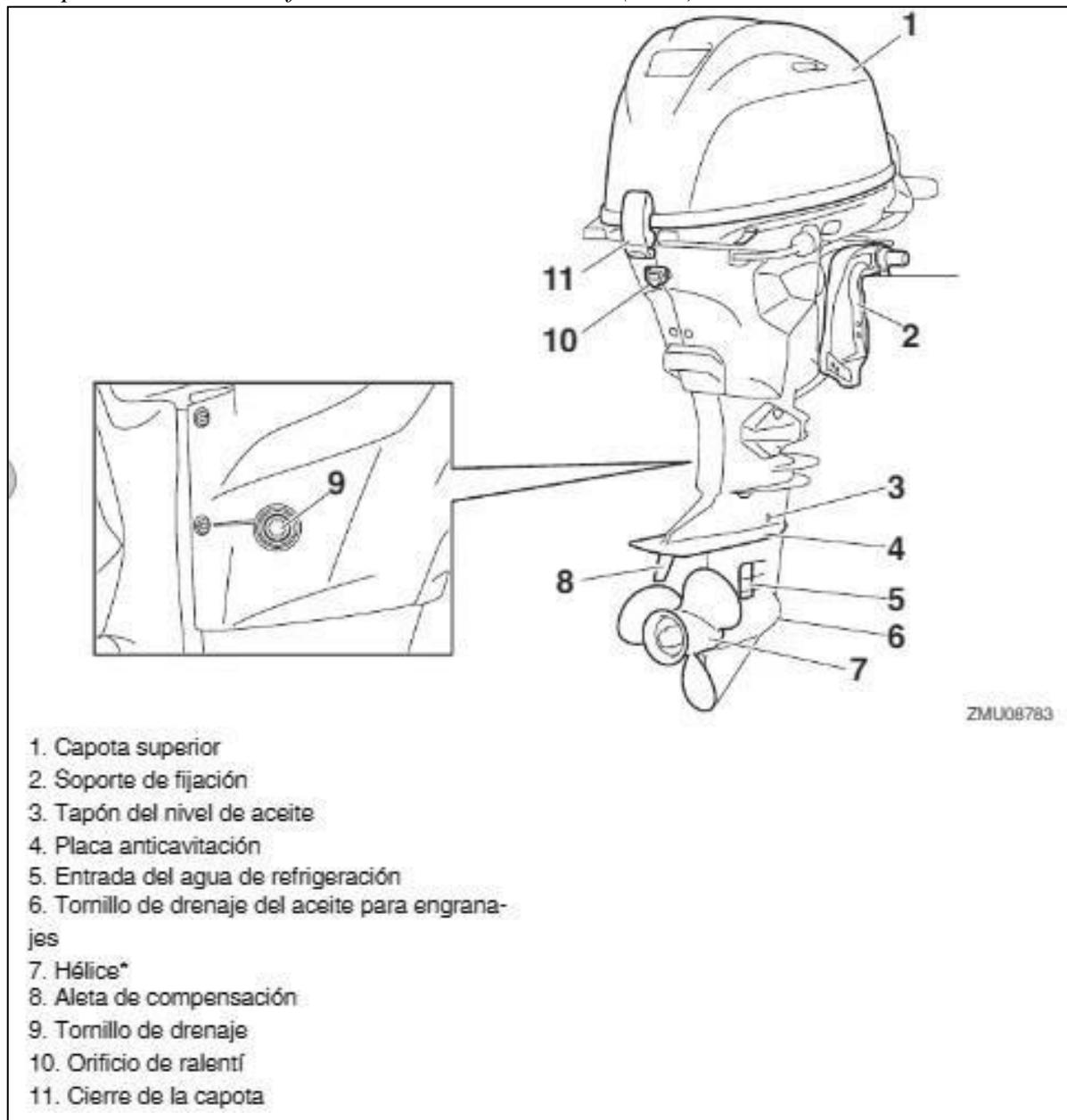
Fuente: Yamaha, s.f.

Yamaha F20 (2018)

En las Figuras 8 y 9 se pueden observar los componentes, especificaciones y requisitos del motor Yamaha F20 (2018):

Figura 8.

Componentes del motor fuera de borda Yamaha F20 (2018).



Fuente: Yamaha, s.f.

Figura 9.

Especificaciones y requisitos del motor Yamaha F20 (2018).

<p>SMJ24822</p> <h2 style="text-align: center;">Especificaciones</h2> <p>NOTA: En los datos de especificaciones mostrados a continuación, "(AL)" representa el valor numérico de la hélice de aluminio instalada. Igualmente, "(SUS)" representa el valor de la hélice de acero inoxidable instalada y "(PL)" representa la hélice de plástico instalada.</p> <p>SMJ2821V</p> <h3>Dimensiones y peso:</h3> <p>Longitud total: 1130 mm (44.5 in) (F25GMH, F25GWH) 633 mm (24.9 in) (F20FET, F25GE, F25GET)</p> <p>Anchura total: 378 mm (14.9 in)</p> <p>Altura total S: 1106 mm (43.5 in) (F25GE, F25GMH, F25GWH)</p> <p>Altura total L: 1233 mm (48.5 in) (F20FET, F25GE, F25GET, F25GMH, F25GWH)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en S: 424 mm (16.7 in) (F25GE, F25GMH, F25GWH)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en L: 551 mm (21.7 in) (F25GE, F25GMH, F25GWH) 553 mm (21.8 in) (F20FET, F25GET)</p> <p>Peso en seco (AL) S: 56 kg (123 lb) (F25GE) 57 kg (126 lb) (F25GMH) 60 kg (132 lb) (F25GWH)</p> <p>Peso en seco (AL) L: 58 kg (128 lb) (F25GE) 59 kg (130 lb) (F25GMH) 62 kg (137 lb) (F25GWH) 64 kg (141 lb) (F20FET, F25GET)</p>	<h3>Rendimiento:</h3> <p>Régimen a pleno gas: 5000–6000 r/min</p> <p>Potencia nominal: 14.7 kW (20 HP) (F20FET) 18.4 kW (25 HP) (F25GE, F25GET, F25GMH, F25GWH)</p> <p>Ralentí (en punto neutro): 850–950 r/min</p> <h3>Motor:</h3> <p>Tipo: 4 tiempos SOHC L2 4válvulas</p> <p>Cilindrada total: 432 cm³ (26.4 c.i.)</p> <p>Diámetro × carrera: 65.0 × 65.1 mm (2.56 × 2.56 in)</p> <p>Sistema de encendido: TCI</p> <p>Bujía (NGK): DPR6EB-9</p> <p>Distancia entre electrodos: 0.8–0.9 mm (0.031–0.035 in)</p> <p>Sistema de dirección: Control remoto (F20FET, F25GE, F25GET) Mando popero (F25GMH, F25GWH)</p> <p>Sistema de arranque: Eléctrico (F20FET, F25GE, F25GET) Manual (F25GMH) Manual y eléctrico (F25GWH)</p> <p>Sistema de arranque: Inyección de combustible</p> <p>Holgura de la válvula IN (motor en frío): 0.15–0.25 mm (0.0059–0.0098 in)</p> <p>Holgura de la válvula EX (motor en frío): 0.25–0.35 mm (0.0098–0.0138 in)</p> <p>Capacidad de la batería (CCA/EN): 347–411 A</p> <p>Capacidad de la batería (20HR/IEC): 40 Ah</p> <p>Rendimiento máximo del generador: 16 A</p>
---	---

Fuente: Yamaha, s.f.

Yamaha F80 (2015)

Las especificaciones, requisitos y componentes del motor Yamaha F80 (2015), se describen en las Figuras 10 y 11:

Figura 10.

Componentes del motor fuera de borda F80 (2015).



Fuente: Yamaha, s.f.

Figura 11.

Especificaciones y requisitos del motor F80 (2015).

Especificaciones	
SMJ3802	Bujía (NGK): LFR5A-11
NOTA: En los datos de especificaciones mostrados a continuación, "(AL)" representa el valor numérico de la hélice de aluminio instalada.	Distancia entre electrodos: 1.0–1.1 mm (0.039–0.043 in)
SMJ2821V	Sistema de gobierno: Control remoto
Dimensiones y peso:	Sistema de arranque: Eléctrico
Longitud total: 721 mm (28.4 in)	Sistema de arranque: Inyección electrónica de combustible
Anchura total: 479 mm (18.9 in)	Holgura de la válvula IN (motor en frío): 0.17–0.24 mm (0.0067–0.0094 in)
Altura total L: 1583 mm (62.3 in)	Holgura de la válvula EX (motor en frío): 0.31–0.38 mm (0.0122–0.0150 in)
Altura total X: 1710 mm (67.3 in)	Capacidad de la batería (CCA/EN): 430–1080 A
Altura del peto de popa del motor en L: 536 mm (21.1 in)	Índice de batería (20HR/IEC): 70 Ah
Altura del peto de popa del motor en X: 664 mm (26.1 in)	Rendimiento máximo del generador: 25 A
Peso en seco (AL) L: 170 kg (375 lb)	Cola:
Peso en seco (AL) X: 173 kg (381 lb)	Posiciones del cambio de marchas: Marcha adelante-punto muerto-marcha atrás
Rendimiento:	Relación de transmisión: 2.27 (25/11)
Régimen a pleno gas: 5000–6000 r/min	Sistema de trimado y elevación: Asiento e inclinación asistidos
Potencia nominal: F100DET 73.6 kW (100 HP) F80BET 58.8 kW (80 HP)	Marca de la hélice: K
Ralentí (en punto neutro): 650–750 r/min	Combustible y aceite:
Motor:	Combustible recomendado: Gasolina normal sin plomo
Tipo: 4 tiempos DOHC L4 16válvulas	Índice mínimo de octanaje (RON): 90
Cilindrada total: 1596 cm ³ (97.4 c.i.)	Capacidad del depósito de combustible: 25 L (6.61 US gal, 5.50 Imp.gal)
Diámetro × carrera: 79.0 × 81.4 mm (3.11 × 3.20 in)	Aceite de motor recomendado: Aceite para motores fueraborda YAMALUBE 4 o de 4 tiempos
Sistema de encendido: TCI	

Fuente: Yamaha, s.f.

1.1.8 Instrumentos de medición para evaluar parámetros técnicos del motor fuera de borda

Los motores fuera de borda generan gran cantidad de energía y requieren una excelente confiabilidad y durabilidad, por lo que sus revisiones son multifacéticas utilizando varios instrumentos de medición. La importancia de estas mediciones radica en evitar fallos que pueden ser catastróficos para la tripulación y pasajeros a bordo de una embarcación.

Los instrumentos de medición utilizados en el presente proyecto fueron un osciloscopio y un multímetro. A continuación, se señalan las características de estos equipos:

Multímetro

Este equipo nos permitirá probar la bobina de un motor fuera de borda, verificando inicialmente la continuidad del circuito entre la bobina y el módulo de control del motor, luego de probar la continuidad entre el lado principal de la bobina y el lado secundario y finalmente pruebas entre la bobina y cada bujía (Charpentier, 2017)

Figura 12.
Multímetro.



Fuente: Charpentier, 2017.

El multímetro TRUE RMS, cuenta con la capacidad de graficar y desplegar varias mediciones de la señal al mismo tiempo, permite verificar el voltaje y medir la resistencia de la bobina.

Tacómetro inductivo

Un tacómetro es una máquina electromagnética que genera un voltaje analógico proporcional a la velocidad del motor. Los tacómetros son ideales para cerrar bucles de velocidad porque ofrecen señales de velocidad con bajo desfase y alta resolución. La mayoría de los sistemas servo utilizaban tacómetros para conocer la velocidad. (Ellis, 2002)

Termostato digital

Estos dispositivos de medición térmica encuentran aplicación en diversos contextos industriales, abarcando desde las etapas de fabricación hasta la conservación de componentes delicados. Su habilidad para ofrecer mediciones veloces y exactas los convierte en herramientas indispensables en escenarios donde la regulación precisa de la temperatura juega un papel crucial, ya sea para mantener la excelencia del producto final o para garantizar la integridad de los procedimientos operativos.

1.2. Investigaciones previas

De acuerdo con lo señalado por Ballesteros et al. (2022) en su trabajo de investigación titulado “La importancia de un banco de ensayos para mejorar el rendimiento de un motor de 4 tiempos”, el análisis del comportamiento de los motores es clave para alcanzar su punto máximo y para ello es necesario contar con un banco de pruebas que permita evaluar y determinar cada uno de los parámetros involucrados en el rendimiento del motor, por lo que se plantea la descripción del banco de pruebas y la realización de una investigación documental. Obteniendo como conclusión que el banco de pruebas logra determinar la efectividad del cumplimiento del motor, así como el comportamiento de cada uno de sus elementos al modificarse sus parámetros.

Según el estudio titulado “Diseño y construcción de un banco de pruebas de motores para ensayos de investigación formativa” realizado por Romero et al. (2016), se construyó un banco

de pruebas de bajo costo con la finalidad de atender las necesidades de formación en los cursos de Ingeniería del área de Máquinas de Combustión Interna, donde se describe las características y diseño del sistema, la construcción, montaje y alineación adecuados para diversos tipos de motores, así como su instalación.. Finalmente se logró instalar el banco de pruebas en una sala adecuada, que permitió la disposición del sistema de refrigeración externa del motor, la alimentación del combustible, la emisión de gases de escape y control del motor, características de par y potencia durante la operación.

De acuerdo a lo indicado por Márquez & Rojas (2011) en el trabajo de grado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para motores monocilindricos de cuatro tiempos a gasolina”, este proyecto aborda el estudio teórico, diseño, construcción y el funcionamiento de un banco de pruebas para la Universidad Pontificia Bolivariana. De acuerdo a la información recopilada se logró construir esta importante herramienta para fomentar el conocimiento de los motores de combustión interna, a través de las variables de potencia, velocidad, torque consumo de combustible y aire, obteniendo un banco de prueba didáctico que se apoya en equipos de medición para pruebas de larga duración como el freno de corrientes de Foucault.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO DEL PROYECTO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

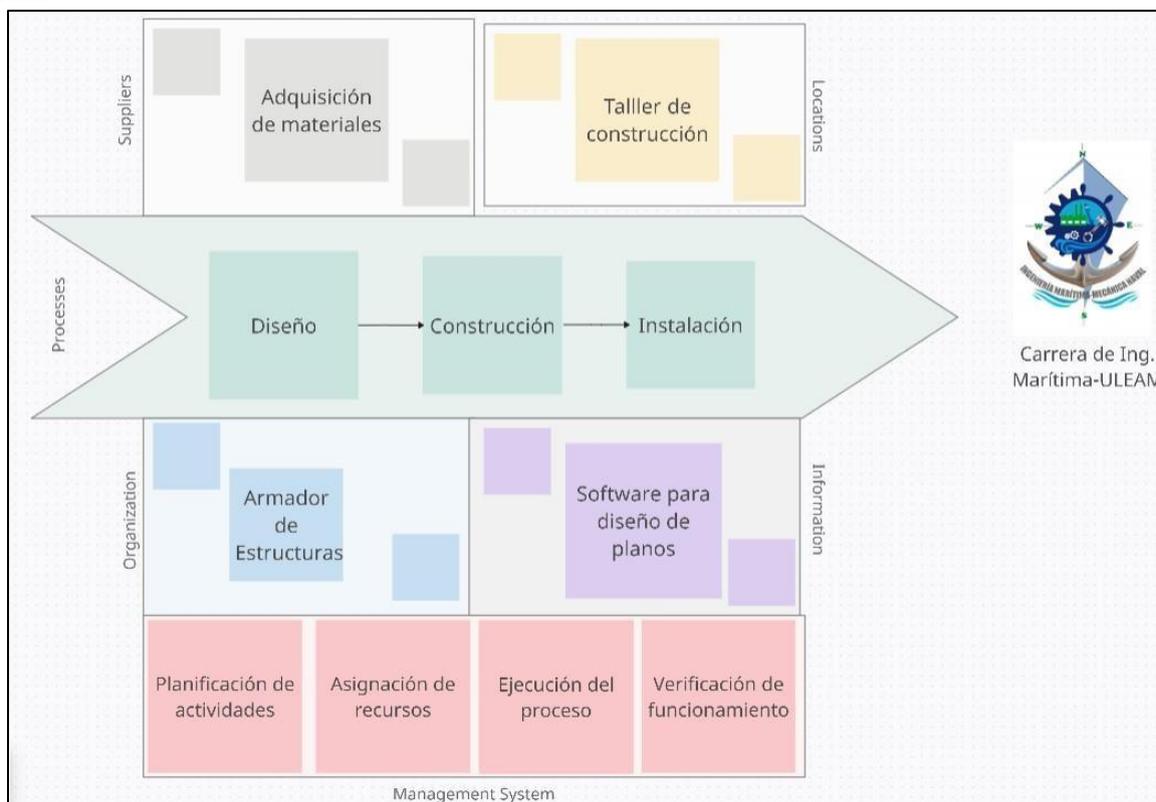
En este apartado se detallarán los materiales utilizados para el prototipo, el plano de construcción, medidas, gastos y el procedimiento para su construcción.

2.2. Modelo Operativo, Cálculos, Planos, Diagramas

Para la ejecución del presente proyecto se partió del establecimiento de un Modelo Operativo que permita conocer los pasos requeridos para lograrlo, en la Figura 4 se muestra este modelo:

Figura 13.

Modelo Operativo para la construcción de un banco de prueba para un motor fuera de borda.

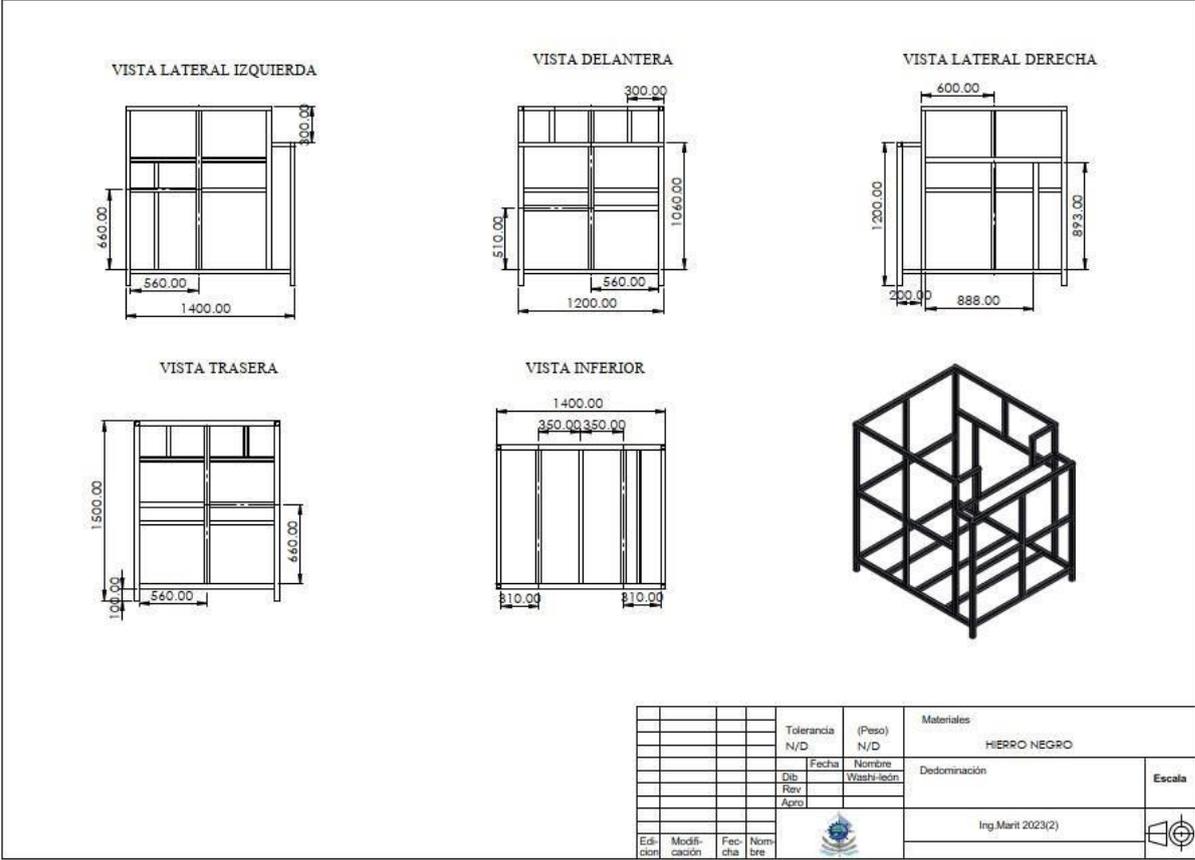


Fuente: Elaboración propia.

Para diseñar los planos de la Estructura y Chapa metálica del banco de prueba se utilizó el software SOLIDWORKS, esta herramienta facilitó el proceso de cálculo y creación del prototipo.

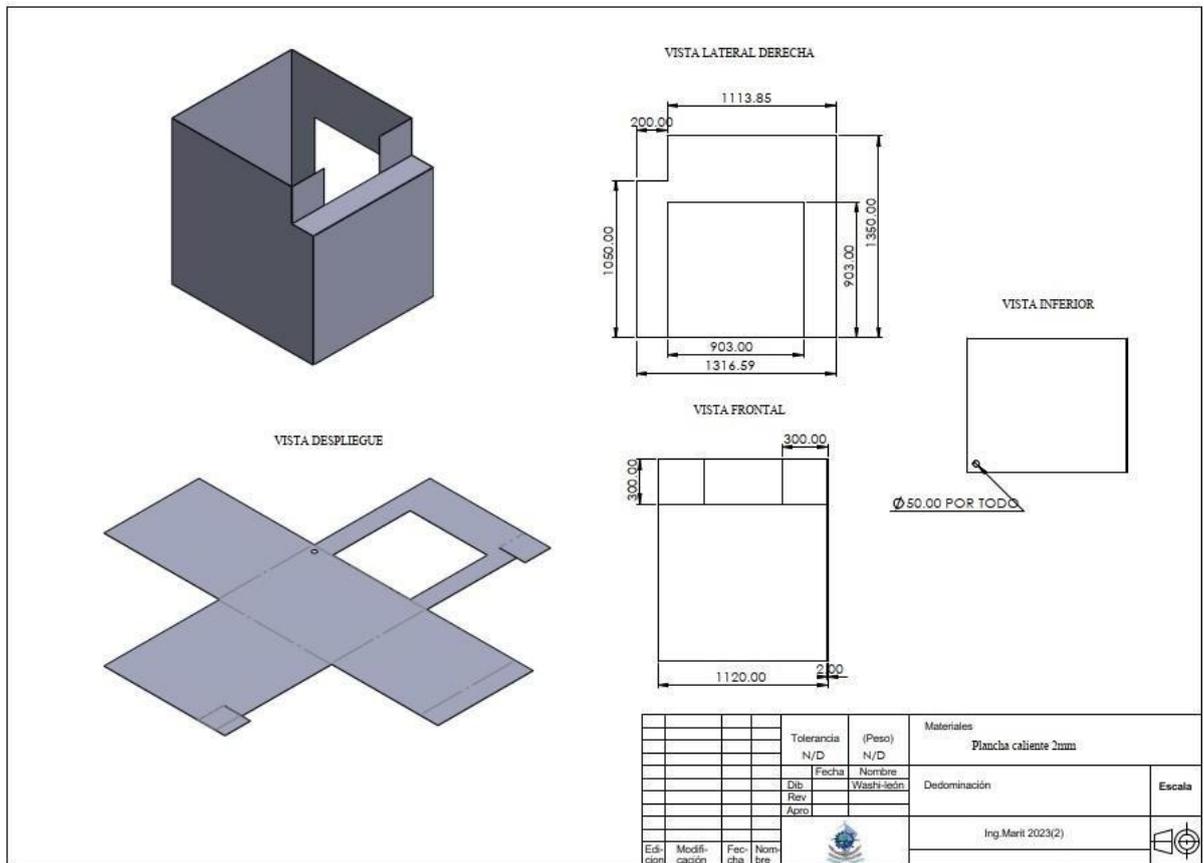
En la Figura 5, se observa la vista lateral izquierda y derecha, vista delantera, trasera e inferior y las medidas correspondientes para la construcción de la Estructura, mientras que en la Figura 6 se visualiza la vista lateral derecha, frontal y vista de despliegue de la Chapa metálica, así como sus medidas.

Figura 14.
Plano de construcción de la Estructura.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15.
Plano de construcción de la chapa metálica.



Fuente: Elaboración propia.

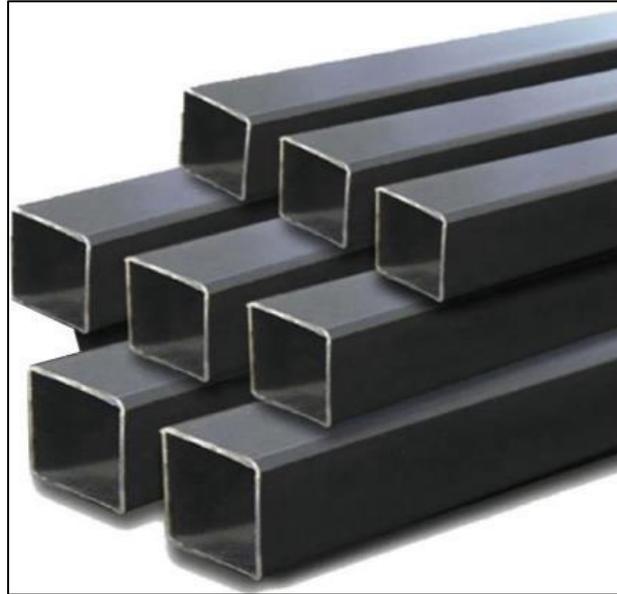
2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación, se detallan las especificaciones de las partes requeridas para la construcción del banco de prueba:

Tubos cuadrados

Para la construcción de la estructura del banco de prueba se utilizaron tubos cuadrados de hierro negro de 40x2 mm, debido a su resistencia a la corrosión y a las temperaturas extremas. Este tipo de tubos aportan mayor peso y tenacidad a la construcción, brinda facilidades para soldar y posee una elevada maquinabilidad. El detalle de las especificaciones técnicas de este material se puede visualizar en el Anexo 1.

Figura 16.
Tubos cuadrados de hierro negro.

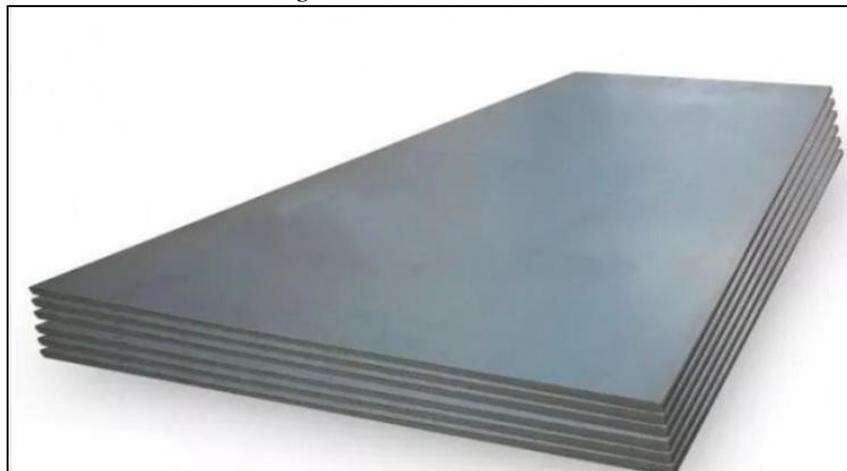


Fuente: Metalhierro, s.f.

Láminas de hierro negro

Las láminas de hierro negro utilizadas para la construcción de la chapa fueron de 2mm, las cuales constituyen productos de acero, planos, laminados en caliente obtenidas a partir de planchones de acero, son muy utilizadas en la industria naval, sus especificaciones técnicas se pueden observar en el Anexo 2.

Figura 17.
Láminas de hierro negro.

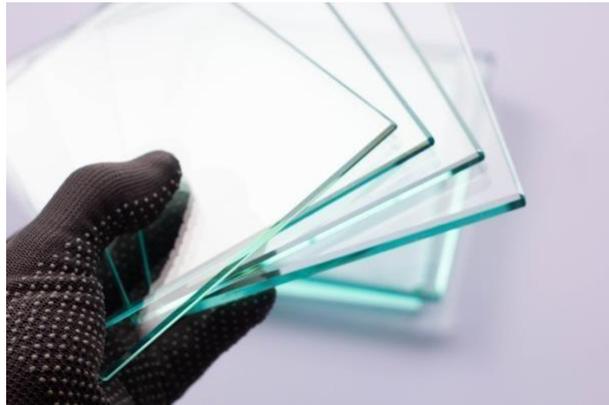


Fuente: Hierro Palermo, s.f.

Vidrio Templado

Este tipo de vidrio tiene gran resistencia a los esfuerzos mecánicos y térmicos, resistencia al impacto, a la compresión, a la flexión, a la torsión. Es un material que en caso de rotura se fragmenta en pequeños trozos no cortantes, por lo cual es adecuado para aplicaciones de seguridad.

Figura 18.
Vidrio templado.



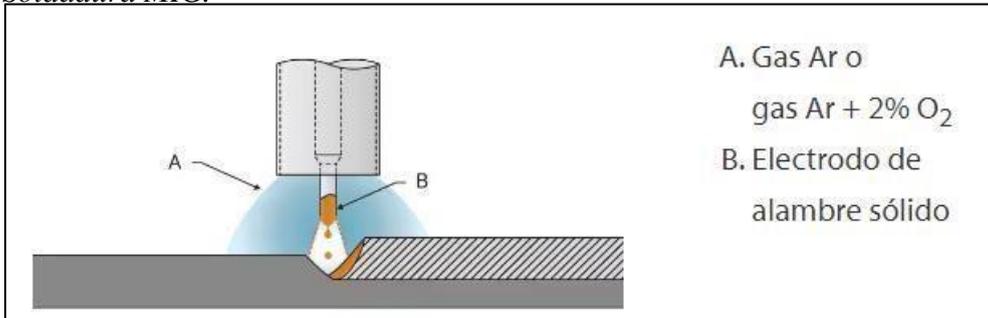
Fuente: Sedatec, s.f.

Máquina de soldar

Se empleó una máquina de soldadura por arco MIG, la cual es adecuada para unir piezas hechas de acero inoxidable, acero al carbono, acero aleado, aleaciones de aluminio, etc. El tipo de soldadura MIG cuenta con electrodos consumibles que utiliza un electrodo de descarga que se funde durante la soldadura, requiere la utilización de un tipo de gas de protección apropiado de acuerdo al metal que sea soldado.

La máquina de soldadura MIG se compone de una fuente de alimentación, unidad de alimentación, soplete y cilindro de gas.

Figura 19.
Soldadura MIG.



Fuente: Keyence, s.f.

Figura 20.
Máquina de soldar.



Fuente: Codinter, 2023.

2.4. Presupuesto

A continuación, se detallan los materiales utilizados para realizar el presente trabajo y sus respectivos costos:

Tabla 1.*Presupuesto de Materiales de construcción para el banco de pruebas.*

N.-	Descripción	Precio unitario \$	Total
8	Tubos cuadrados de 40x2 mm	18.83	150.64
5	Láminas de hierro negro caliente 2mm	66.24	331.20
1	Vidrio templado	80	80
1	Tacómetro inductivo	60	60
1	Medidor de temperatura	50	50
1	Tubería PvC 10 metros de ½	7	7
8	Codos PvC	1.75	6
4	Universales PvC	1.90	3.6
1	Sistema de combustible	15	15
1	Caneca	5	5
1	Terraja	10	10
1	Disco de corte madera	2.20	2.20
4	Placa de hierro de 3 mm	10	40
1	Pintura sintética	13.84	13.84
1	Tablón	20	20
3	Disco de corte	1.10	3.30
1	Diluyente	5.50	5.50
1	Ángulo de 20x20x3mm	12	12
1	Neplo con tapón	2.50	2.50
1	Pulidora	-	-
1	Mano de obra	400	400
TOTAL			1207,58

Fuente: Elaboración propia.

2.5. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

A continuación, se detalla la descripción de los procesos llevados a cabo para la construcción del prototipo:

Estructura

La estructura constituye un conjunto de tubos que, unidos entre sí, tienen la función de soportar las cargas que actúan sobre ella lo que consiste en que soporte el motor fuera de borda y se puedan hacer sus respectivos ensayos.

Para la construcción de esta estructura se tuvo que realizar varios cortes precisos de tubos cuadrados de 40x2 mm de acuerdo a las medidas especificadas en el plano diseñado, este fue construido con el propósito de junto a una lámina de hierro caliente mantener el agua, y posicionar el motor dentro de la bancada.

Figura 21.
Construcción de la estructura.



Fuente: Elaboración propia.

Chapa metálica

La chapa metálica cumple la función de recubrir la estructura metálica mencionada para mantener el agua dentro de ella, para ello, las láminas de hierro negro de 2 mm se cortaron de acuerdo a las medidas señaladas en el plano, posteriormente fueron unidas mediante soldadura a la estructura y se aplicó capas de pintura sintética para su protección.

Figura 22.

Chapa metálica.



Fuente: Elaboración propia.

Colocación del vidrio

Para la colocación vidrio se soldó un ángulo de metal que actuará como receptor del vidrio, dentro del ángulo se colocó Adhesivo Sika Flex gris de(310gr) en el cual fue puesto el vidrio templado. Luego se colocó un tablón donde se posicionará el motor fuera de borda.

Este vidrio nos permitirá observar el funcionamiento de su hélice al momento de prender un motor fuera de borda.

2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez que se ha construido el banco, es fundamental realizar pruebas del motor en la bancada. Para ello, se efectúan pruebas con el motor Yamaha de 2 tiempos, ejecutando los pasos que se describen a continuación:

- Se colocó el motor en el banco de pruebas
- Se retiró la cubierta del motor para revelar los componentes que integran los distintos sistemas de gestión del motor, así como el bloque de cilindros, el sistema eléctrico y el sistema de combustible
- Se verificó el arranque del motor, en caso de no arrancar se debe comprobar sistemáticamente los factores que determinan las posibles causas

Figura 23.

Prueba de motor fuera de borda.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procede a verificar los sistemas de inyección, combustión, encendido, consumo de combustible, lubricación, así como a realizar mediciones de corriente y onda:

Sistema de inyección

- Se revisó si los alambres del sistema de inyección tienen rotura o corto circuito, así como la fuerza de la chispa.
- También se revisó si en la bujía existía decoloración, para comprobar si se está calentando correctamente.

Figura 24.

Revisión del sistema de inyección.



Fuente: Elaboración propia.

Sistema de combustión

Se identificaron los elementos que componen el sistema de combustible y se verificó el suministro de mezcla de aire y combustible desde el tanque al motor. De esta manera se evita la posibilidad de una fuga que podría causar un accidente, con consecuencias catastróficas como quemaduras al operador y a la tripulación, así como daños graves al motor y a la embarcación en su totalidad.

Entre los componentes del sistema de combustible que se identificaron se incluyen: tanque o tanques de combustible, mangueras o líneas, galones de gasolina, bomba principal y carburador. Todos estos componentes, con excepción del tanque de combustible y las mangueras, están ubicados dentro del motor, en la parte delantera. Durante la inspección se tomó en cuenta el apriete entre los componentes y sus conectores para evitar fugas de combustible

Mediante estas verificaciones se pudo comprobar que el tanque está libre de grietas o rasgaduras, que el tanque está limpio, que no hay agua en él y que hay suficiente combustible.

Además, permitió asegurarnos que todas las conexiones entre las

mangueras y otros componentes estén apretadas y que la mezcla de combustible sea la adecuada, lo cual permite que el motor fuera de borda funcione correctamente y no exista complicaciones al momento de que el motor empiece a funcionar.

Sistema de encendido

En esta operación se identificaron e inspeccionaron diversos componentes del sistema eléctrico antes de arrancar el motor, para así reparar los daños detectados, evitando así daños mayores durante el uso del motor durante su uso.

Se verificó el cable de la bujía, el cable de la bobina y el cable CDI en busca de roturas, grietas o roturas en la capa de aislamiento para evitar fugas o cortocircuitos que causen fallas en el motor y riesgos para la seguridad.

La revisión de este sistema dio como resultado la verificación del correcto funcionamiento del motor durante la prueba.

Medición del consumo de gasolina encendido

Para este proceso de medición se tomó en cuenta la mezcla y preparación del aceite según las condiciones del motor fuera de borda. Para los motores nuevos que se encuentran en una operación o período de rodaje inicial, así como para los motores que han sido revisados recientemente, la especificación recomendada por el fabricante es un 4% de aceite, es decir, 25 litros de gasolina y un litro de aceite de motor de dos tiempos.

Para un motor que funciona normalmente, la mezcla está diseñada para ser 2% de aceite, lo que corresponde a 1 litro de lubricante de dos tiempos, lo que corresponde a 50 litros de gasolina.

El consumo específico del motor (expresado en litros/CV/hora) es de unos 0,4

litros/CV/hora, que a máxima potencia es de unos 12-13 litros/hora. Si utiliza 3-4 litros/hora, entonces demasiado no sube. Es decir, ni siquiera se acerca a los 30 CV, sino a unos 8 CV. Esto supone que tiene un rendimiento dentro de lo normal, de lo contrario, el CV seguirá siendo menor.

Con esta prueba que se llevó a cabo, que si el motor va a velocidad normal no existe tanto consumo de combustible y si se acelera se consume más el combustible.

Figura 25.

Medición de consumo de gasolina



Fuente: Elaboración propia.

Medición de la corriente con multímetro

Para el proceso de medición de la corriente con el multímetro en el motor fuera de borda se procedió a encenderlo y luego se iniciaron las respectivas mediciones. Se midió la resistencia de la bobina, para ello se colocó el multímetro en ohmios, dando un resultado favorable puesto que presentó un valor de 12 V.

Figura 26.

Medición de la corriente con un multímetro.



Fuente: Elaboración propia.

Medición de revoluciones con tacómetro inductivo

Para realizar esta acción, primero debemos tener entendido donde se encuentra el sistema de bujías, una vez que lo tengamos localizado vamos a tomar el tacómetro, estiraremos su cable y tal cual lo enrollamos en una de los cables que entra en la bujía, unas 5 a 6 vueltas y al final amarramos el mismo cable, notaremos que en nuestro tacómetro debe estar en RPM, caso contrario iremos al manual el cual nos indica como cambiar de modo, luego de esto le daremos arranque al motor y notamos las revoluciones que este no da al encender 900 a 1000 RPM el motor enduro de 40 HP nos puede dar RPM de hasta 4500 / 5000 RPM

Figura 27

Medición de RPM mediante tacómetro inductivo



Fuente: Elaboración propia

Medición de temperatura con termómetro digital.

Para este proceso debemos saber donde queremos medir la temperatura, nuestro termómetro tiene un rango de -50 a 100 C° tomando en cuenta eso hicimos la prueba en la carcasa la chapa metálica para ver cuanta temperatura podemos obtener, sacamos nuestro termómetro localizamos el sensor el cual tiene un color plomo lo ubicamos en alguna ranura de la carcasa de l motor y podremos ver la temperatura subir, este termómetro va de 1C° por segundo, ósea de 1 en 1 irá marcando el mismo en todo bloque de motor nos da una temperatura entre $80-90\text{ C}^\circ$ y loa gases de salida entre $110-130\text{ C}^\circ$ el rango que nos dió

Figura 28

Medición de temperatura mediante termómetro digital



Fuentes: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El presente proyecto ha logrado cumplir exitosamente con el objetivo de diseñar y construir un banco de prueba para motores fuera de borda en la carrera de Ingeniería Marítima. El proceso de diseño, plasmado en planos detallados realizados con SOLIDWORKS, proporcionó

una base sólida para la construcción, garantizando la precisión y funcionalidad del banco de pruebas.

El ensamblaje de todos los elementos se llevó a cabo con éxito, utilizando materiales como tubos cuadrados de hierro negro, láminas de hierro negro y vidrio templado, junto con técnicas de soldadura MIG, resultando en una estructura robusta y duradera que cumple con las especificaciones requeridas para su propósito educativo.

La comprobación de los parámetros de funcionamiento de un motor fuera de borda en el banco de pruebas construido demostró la eficacia y utilidad práctica del proyecto. Las pruebas realizadas con un motor Yamaha de 2 tiempos permitieron verificar con éxito los sistemas de inyección, combustión, encendido, consumo de combustible y lubricación. Además, las mediciones de corriente y onda realizadas con instrumentos como el multímetro validaron la capacidad del banco para realizar análisis detallados y precisos. Estos resultados no solo cumplen con los objetivos específicos planteados, sino que también confirman el valor del banco de pruebas como una herramienta educativa esencial para la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería Marítima, brindando una plataforma para la aplicación de conocimientos teóricos en un entorno controlado y seguro.

Recomendaciones

Se recomienda que tomando como punto de partida la información suministrada en el presente trabajo, se considere la implementación de equipos de medición para realizar pruebas de oscilación, mediciones de gases, velocidad, etc., que incrementen la funcionalidad del banco de pruebas.

También se sugiere complementar el banco de pruebas con el apoyo de herramientas computacionales, que permitan evidenciar las mediciones de los distintos parámetros de funcionamiento de los motores fuera de borda.

Además, es importante realizar estudios ergonómicos sobre el diseño del banco de pruebas, de tal manera que se garantice que los estudiantes trabajen en posiciones adecuadas, que permitan el fácil acceso y desenvolvimiento de las prácticas experimentales

Bibliografía

- Hierro Palermo C.A. (s. f.). Recuperado 15 de diciembre de 2023, de <https://hierropalermo.com/construccion/544-lamina-de-hierro-negro-2-x-1-calibre-250mm-lisa.html>
- Ballesteros, J., Miranda, O., Punina, D., & Solís, J. (2022). *La importancia de un banco de ensayos para mejorar el rendimiento de un motor de 4 tiempos*. 7(1).
<https://doi.org/10.23857/pc.v7i1.3497>
- Benavides, F. M., & Rojas, M. (2011). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para motores monocilindricos de cuatro tiempos a gasolina* [Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Universidad Pontificia Bolivariana.
https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1679/digital_21165.pdf?sequence=1
- Capítulo 6 Motores Fuera Borda.pdf*. (s. f.).
- Codinter, E. E. (2023, febrero 1). *Las mejores máquinas de soldar MIG en 2023*. Codinter América. <https://www.codinter.com/es/las-mejores-maquinas-de-soldar-mig-en-2023/>
- Fuera de borda. (2020). *Ventajas del Motor Fuera de Borda – Fuera de Borda*.
<https://inversionesfueraдебorda.com/algunas-ventajas-del-motor-fuera-de-borda/>
- Pionce-Acosta, D., & Mielles-García, A. (2023). Impacto ambiental de los desechos hospitalarios del cantón Jipijapa. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(5), 434-448.
<https://doi.org/10.33386/593dp.2023.5.1990>
- Telandweb. (s. f.). *TUBO CUADRADO NEGRO PEQUEÑO*. Recuperado 15 de diciembre de 2023, de <https://metalhierro.com//producto/2447-tubo-cuadrado-negro-pequeno>
- ScienceDirect. (s.f.). *Tachometer - an overview*. En *ScienceDirect Topics*. Recuperado 15 de diciembre de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/tachometer>

Charpentier, W. (2017, julio 21). *puro motores* . Obtenido de <https://www.puromotores.com/13153380/como-probar-una-bobina-de-un-motor-fuera-de-borda-con-un-multimetro>

FLOREZ, G. (2012, JULIO 13). Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2065/digital_24320.pdf

Rodríguez-Gámez. (2023, septiembre 3). *latindex*. Obtenido de https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/2030

Anexos

ANEXO 1. Tubos cuadrados de hierro negro

 **IMPORT ACEROS**
Servicio Importadores y Distribuidores Aceros



TUBO CUADRADO ESTRUCTURAL Y GRANDES DIMENSIONES

Al ser una aleación (hierro y carbón) tiene muchas propiedades interesantes. Es especialmente valorado para su uso en estructuras pesadas que requieren resistencia a la corrosión y las temperaturas extremas. Ejemplos pueden ser la construcción tanto de viviendas como de grandes estructuras, como puentes, carreteras, galpones, centros comerciales. En general, el tubo cuadrado de acero aporta:

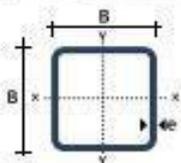
- Mayor peso
- Más tenacidad
- Mayor resistencia a la corrosión
- Amplia resistencia a las temperaturas extremas
- Facilidad para soldar
- Elevada maquinabilidad

DESCRIPCIÓN

Especificaciones Generales:

Largo Normal:	6 metros
Recubrimiento:	Negro y Galvanizado
Norma de Calidad:	ASTM A 500 Gr. A, B o C
Norma de fabricación:	NTE INEN 2415
Espesores:	Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:	Otras dimensiones y largos, previa consulta





Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			De x-x y y-y			Radio de giro
			Momento de inercia	Módulo de resistencia		
S	e	A	P	I	W	r
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,40	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,80	1,25	0,96	0,66	0,66	0,73
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,95
	1,50	1,25	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,08	1,39	1,16
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,68	2,73	1,82	1,13
40	1,40	2,11	1,66	5,18	2,59	1,57
	1,50	2,25	1,77	5,49	2,75	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,90	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,50	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,36	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,38	5,59	1,45
50	1,40	2,67	2,30	10,42	4,17	1,97
	1,50	2,85	2,24	11,07	4,43	1,97
	1,80	3,39	2,66	12,95	5,18	1,96
	2,00	3,74	2,93	14,35	5,66	1,95
	2,50	4,59	3,60	16,96	6,78	1,92
	3,00	5,41	4,25	19,59	7,80	1,90
	4,00	6,95	5,45	23,84	9,54	1,85
60	1,30	3,43	3,71	18,34	6,71	2,39
	1,80	4,11	3,22	22,95	7,65	2,36
	2,00	4,54	3,56	25,15	8,38	2,35
	2,50	5,59	4,39	30,36	10,12	2,33
	3,00	6,61	5,39	35,17	11,72	2,31
	4,00	8,55	6,71	43,65	14,55	2,26

Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			De x-x y y-y			Radio de giro
			Momento de inercia	Módulo de resistencia		
S	e	A	P	I	W	r
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
70	1,50	4,05	3,18	31,46	8,99	2,70
	1,80	4,83	3,79	37,09	10,60	2,77
	2,00	5,34	4,19	40,73	11,64	2,76
	2,50	6,59	5,17	49,43	14,32	2,74
	3,00	7,81	6,13	57,56	16,45	2,72
	4,00	10,15	7,97	72,22	20,64	2,67
75	1,50	4,35	3,42	38,92	10,38	2,90
	1,80	5,38	4,07	45,95	12,25	2,98
	2,00	5,74	4,50	50,50	13,47	2,97
	2,50	7,09	5,56	61,40	16,37	2,94
	3,00	8,41	6,60	71,65	19,11	2,92
	4,00	10,95	8,59	90,29	24,08	2,87
90	1,80	6,27	4,92	60,71	17,94	3,59
	2,00	6,94	5,45	68,87	19,75	3,58
	2,50	8,58	6,74	108,57	24,33	3,56
	3,00	10,21	8,01	127,32	28,29	3,53
	4,00	13,25	10,48	162,02	36,01	3,48
	100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32
2,00		7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
2,50		9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
3,00		11,41	8,96	177,88	35,42	3,94
4,00		14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
5,00		18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
125	3,00	21,63	16,98	332,00	62,40	3,80
	3,00	14,41	11,31	354,53	56,73	4,96
	4,00	18,95	14,87	457,33	73,17	4,91
	5,00	23,36	18,33	552,87	88,46	4,87
	6,00	27,83	21,89	645,41	102,63	4,82
	150	3,00	15,61	12,25	449,88	66,65
4,00		20,55	16,13	581,80	86,19	5,32
5,00		25,36	19,99	705,36	104,47	5,27
6,00		30,03	23,58	820,25	121,52	5,23
150	3,00	17,41	13,67	622,76	83,03	5,98
	4,00	22,95	18,01	807,92	107,72	5,93
	5,00	28,36	22,26	982,37	130,98	5,89
	6,00	33,63	26,40	1146,43	152,86	5,84

ANEXO 2. Láminas de hierro negro caliente 2mm



Lámina Negra o de Hierro Negro



Descripción General

Las láminas de hierro negro son productos de acero, planos, laminados en caliente que se obtienen del corte transversal de las bobinas negras laminadas en caliente obtenidas a partir de planchones de acero.

Se suministran en espesores entre 2,00 mm y 12,00 mm, con anchos de 1,00 m y 1,20 m, y largos estándar de 2,00 m y 2,40 m. Para espesores entre 2,00 mm y 4,50 mm se pueden suministrar decapadas y aceitadas.

Las láminas de acero negro, se utilizan para la fabricación de tubos soldados, recipientes a presión, industria naval, partes y piezas automotrices, fabricación de perfiles soldados, en la industria metalmecánica y para trabajos de herrería en general.

Información Técnica

NORMAS

Fabricación:

ASTM A 568 Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, Structural, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements

ASTM A 635 Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Heavy-Thickness Coils, Hot-Rolled, Alloy, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, and High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, General Requirements

Calidad:

ASTM A1011 Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, and Ultra-High Strength

ASTM-A-36 Standard Specification for Carbon Structural Steel

ASTM A 572 - 50 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel

PROPIEDADES

Calidad del Acero		Grado	Dureza	Fluencia	Tracción	Elongación
ASTM A 1011	HR Acero Comercial	Tipo A	75 RB max	30/60 ksi	NA	25% max
		Tipo B	75 RB max	30/60 ksi	NA	25% max
		Tipo C	75 RB max	30/60 ksi	NA	25% max
ASTM A 1011	HR Acero Estructural	Grado 30		30 ksi min	48 ksi min	21-25% min
		Grado 33		33 ksi min	52 ksi min	18-23% min
		Grado 36 (Tipo 1)		36 ksi min	53 ksi min	17-22% min
		Grado 36 (Tipo 2)		36 ksi min	58/80 ksi	16-21% min
		Grado 40		40 ksi min	55 ksi min	15-21% min
		Grado 45		45 ksi min	60 ksi min	13-19% min
		Grado 50		50 ksi min	65 ksi min	11-17% min
Grado 55		55 ksi min	70 ksi min	9-15% min		
ASTM A 36	Acero Estructural al Carbono			36 ksi min	58/80 ksi	23% min
ASTM A 572 - 50	Acero Estructural al Carbono			50 ksi min	65 ksi min	21% min

TOLERANCIAS

Tolerancia en Espesor, mm	+0,50, -0,25-
Tolerancia en Ancho, mm	-0 mm, + 20 mm
Tolerancia en Largo, mm	-0, + 10 mm
Diferencia Máxima entre Diagonales	Ancho/50
Planitud	15 mm
Rebaba de Corte	< 10% el espesor del material con un mínimo de 0,10 mm

Tabla Comercial del Producto

PESOS Y MEDIDAS

Bobinas y Láminas de Hierro Negro
Láminas Estándar. Peso Teórico Kgs/pza

Espesor (mm)	Ancho por Largo	
	1,00 x 2,00	1,20 x 2,40
2,00	32,00	46,08
2,25	NA	51,84
2,50	40,00	57,60
3,00	48,00	69,12
4,00	64,00	92,16
4,50	72,00	103,68
5,00	80,00	115,20
6,00	96,00	138,24
7,00	112,00	161,28
8,00	128,00	184,32
9,00	144,00	207,36

ANEXO 3. Vidrio Templado



FICHA TECNICA VIDRIO TEMPLADO

EL VIDRIO TEMPLADO ES RESULTADO DE SOMETER UN VIDRIO A UN TRATAMIENTO TERMICO CONTROLADO, CON ESTE PROCESO EL VIDRIO SE CALIENTA HASTA UNOS 700 GRADOS PARA DESPUES SER ENFRIADO BRUSCAMENTE, SE CONSIGUE QUE EL PRODUCTO ADQUIERA MAYOR RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE ORIGEN MECANICO Y TERMICO.

EN CASO DE ROTURA, POR IMPACTO HUMANO ACCIDENTAL U OTRAS CAUSAS, EL VIDRIO TEMPLADO SE FRAGMENTA EN PEQUEÑOS TROZOS NO CORTANTES, LO QUE HACE DEL PRODUCTO ADECUADO PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD

PROPIEDADES

FISICAS

- Resistencia al impacto: Un vidrio templado de 8/10 mm de espesor, resiste el choque de una bola de acero de 500 grs en caída libre desde una altura de 2 m.
- Resistencia a la compresión: El peso necesario para pulverizar un cubo de 1 cm. de lado es del orden de 10.000 Kg/cm².
- Resistencia a la flexión: La tensión de rotura varía de 1.200 a 2.000 kg/cm² y la tensión de trabajo es del orden de 500 kg/cm².
- Resistencia a la torsión: Ensayo realizado en un volumen de 100 x 33 cm. y 6 mm de espesor. Se produce la rotura bajo un ángulo de 27°, equivalente a 180 kg. esfuerzo de torsión.
- Resistencia a la tracción: Aproximadamente 1.000 kg/cm²

El coeficiente de transmisión térmica para una luna de 6 mm de espesor es K= 4,9 Kcal/h. m² °C

- La resistencia al choque térmico es de unos 240° C

Las dimensiones máxima y mínima de los vidrios templados están determinadas, principalmente, por el tipo de horno donde se efectúa el proceso de temple, pero también existen ciertos aspectos técnicos que las limitan, en función del espesor y de las características específicas de la pieza a fabricar.

Las medidas máximas de nuestro horno es la siguiente:

Horno horizontal 2400 x 3600

MANUFACTURA: Todas las manufacturas han de ser realizadas antes del proceso de templado, ya que, en caso contrario, se produciría la rotura del vidrio. Solamente es admisible, después de este proceso, su decorado, mediante un ligero mateado al ácido o a la arena.

Cantos :- En función de la aplicación de los vidrios y de cómo vayan a ser instalados (empotrados o vistos) el acabado de los cantos



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO
DE MANABI**

FACULTAD

Ingeniería, Industria y Arquitectura

CARRERA

Ingeniería Marítima

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de “Ingeniero Marítimo”

Proyecto técnico

TEMA

“Diseño y Construcción de un Banco de Prueba para Motores Fuera de Borda Yamaha en
la Carrera de Ingeniería Marítima de la ULEAM”

AUTOR

Washington Alberto León Mora

Vera López Josué Damián

DIRECTOR

Ing. Yusnier Enrique De La Rosa Rosales

Manta - Manabí – Ecuador

2023

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante LEÓN MORA WASHINGTON ALBERTO, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2024-1, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA MOTORES FUERA DE BORDA YAMAHA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 25 de julio de 2024.

Lo certifico,



firmado electrónicamente por:
**YUSNIER ENRIQUE DE
LA ROSA ROSALES**

Ing. Yusnier E de la Rosa Rosales, MSc
Docente Tutor
Ingeniería Marítima

 Uleam UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante VERA LÓPEZ JOSUÉ DAMIÁN, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2024-1, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA MOTORES FUERA DE BORDA YAMAHA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 25 de julio de 2024.

Lo certifico,



Firmado electrónicamente por:
**YUSNIER ENRIQUE DE
LA ROSA ROSALES**

Ing. Yusnier E de la Rosa Rosales, MSc
Docente Tutor
Ingeniería Marítima

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico, de manera principal a Dios por que sin el nada es posible en esta vida y a mis padres por ser parte de todo este proceso, pues ellos siempre me han apoyado en todo lo necesario para salir adelante como persona, también gracias a sus buenos ejemplos y consejos he logrado llegar hasta el día de hoy donde yo he querido, sin la ayuda de ellos no estuviera convirtiéndome hoy en un profesional.

A mis queridos catedráticos por ser mi guía durante todo el tiempo de estudio y a mis hermanos por siempre estar pendiente de que todo esté bien dentro y fuera de las aulas de clases por último a mis amigos por estar para brindarme consejos de nos darne por vencido y llegar hasta el final del camino.

Washington León

Damián Vera

Agradecimientos

A Dios, por el don de vida y sus bendiciones.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por acogerme como uno de sus estudiantes brindándome conocimientos teóricos y prácticos dentro de mi carrera en estudio.

A mi director de tesis Ing. Yusnier de la Rosa por su esfuerzo, comprensión quien con sus ilustraciones, experiencias, paciencia y motivación me guio para concluir con éxito mi tesis.

A mis queridos maestros, que compartieron sus sabias enseñanzas, enriqueciéndome de conocimientos para mi profesional.

Washington León

Damián Vera

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad presentar el proceso de construcción de un banco de pruebas para motores fuera de borda, con el propósito fundamental de atender la necesidad de fomentar actividades experimentales en la carrera de Ingeniería Marítima que complementen la formación teórica de los estudiantes. Para ello, se plantean los principales conceptos referentes al tema de estudio, se determina el modelo operativo que se llevará a cabo, se indican los materiales, especificaciones técnicas, planos y medidas requeridas para la construcción del banco de prueba. Posteriormente se describe el procedimiento de corte y soldadura de la estructura, chapas metálicas e instalación de vidrio templado.

Finalmente, se realizan pruebas con un motor fuera de borda en la bancada, donde se verificó el funcionamiento de los sistemas de inyección, combustión y encendido, así como el consumo de combustible, lubricación, la medición de corriente con un Multímetro y ondas con un Osciloscopio, demostrando así su funcionalidad.

Palabras claves: Construcción, diseño, banco de prueba, motor fuera de borda

Abstract

The purpose of this work is to present the construction process of a test bench for outboard motors, with the fundamental purpose of addressing the need to promote experimental activities in the Maritime Engineering career that complement the theoretical training of students. To do this, the main concepts related to the topic of study are presented, the operational model that will be carried out is determined, the materials, technical specifications, plans and measurements required for the construction of the test bench are indicated. Subsequently, the procedure for cutting and welding the structure, metal sheets and installation of tempered glass is described.

Finally, tests were performed with an outboard engine on the bench, where the operation of the injection, combustion and ignition systems were verified, as well as fuel consumption, lubrication, current measurement with a multimeter and waves with an oscilloscope, thus demonstrating its operability.

Keywords: Construction, Design, Test bench, Outboard motor.

INDICE DE CONTENIDO

Tema.....	I
Antecedentes	I
Planteamiento del Problema.....	II
Justificación.....	III
Delimitación	III
Objetivos Específicos	IV
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1.1 Definición de Banco de Pruebas	1
1.1.2 Tipos de ensayos en un banco de Pruebas.....	2
1.1.3 Características de un banco de Pruebas.....	3
1.1.4 Parámetros a medir en un banco de pruebas	4
1.1.5 Motor fuera de borda.....	6
1.1.6 Sistema de alineación de un motor fuera de borda.....	7
1.1.7 Tipos de motores que se pueden montar en el banco de pruebas.....	8
1.1.8 Instrumentos de medición para evaluar parámetros técnicos del motor fuera de borda	17
1.2. Investigaciones previas	18
CAPÍTULO II.....	20
2. DISEÑO DEL PROYECTO	20
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	20
2.2. Modelo Operativo, Cálculos, Planos, Diagramas	20
2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	22
2.4. Presupuesto.....	25
2.5. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	27
2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	30

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
Conclusiones	35
Recomendaciones	36
Bibliografía.....	38

FIGURAS

Figura 1. <i>Variables de entrada y salida de los motores.</i>	8
Figura 2. <i>Parámetros fundamentales.</i>	9
Figura 3. <i>Parámetros específicos.</i>	9
Figura 4. <i>Componentes del motor fuera de borda Yamaha 40V (2019).</i>	12
Figura 5. <i>Especificaciones y requisitos del Motor Yamaha 40V (2019).</i>	13
Figura 6. <i>Componentes del motor fuera de borda Yamaha F15C (2015).</i>	14
Figura 7. <i>Especificaciones y requisitos del motor Yamaha F15C (2015)</i>	15
Figura 8. <i>Componentes del motor fuera de borda Yamaha F20 (2018)</i>	16
Figura 9. <i>Especificaciones y requisitos del motor Yamaha F20 (2018).</i>	17
Figura 10. <i>Componentes del motor fuera de borda F80 (2015).</i>	18
Figura 11. <i>Especificaciones y requisitos del motor F80 (2015).</i>	19
Figura 12. <i>Multímetro.</i>	20
Figura 13. <i>Modelo Operativo para la construcción de un banco de prueba para un motor fuera de borda.</i>	23
Figura 14. <i>Plano de construcción de la Estructura.</i>	24
Figura 15. <i>Plano de construcción de la chapa metálica.</i>	25
Figura 16. <i>Tubos cuadrados de hierro negro.</i>	26
Figura 17 <i>Láminas de hierro negro.</i>	26
Figura 18 <i>Vidrio templado.</i>	27
Figura 19 <i>Soldadura MIG.</i>	28
Figura 20 <i>Máquina de soldar</i>	28
Figura 21 <i>Construcción de la estructura.</i>	30

Figura 22. <i>Chapa metálica.</i>	31
Figura23. <i>Prueba de motor fuera de borda.</i>	32
Figura24. <i>Revisión del sistema de inyección.</i>	33
Figura 25. <i>Medición de consumo de gasolina</i>	35
Figura 26. <i>Medición de la corriente con un multímetro.</i>	35
Figura 27. <i>Medición de RPM mediante tacómetro inductivo</i>	36
Figura 28 <i>Medición de temperatura mediante termómetro digital</i>	37

TABLAS

Tabla 1. <i>Presupuesto de Materiales de construcción para el banco de pruebas.</i>	29
--	----

EL PROBLEMA

Tema

Diseño y construcción de un banco de prueba para motores fuera de borda en la carrera de Ingeniería Marítima.

Antecedentes

En la Costa ecuatoriana las embarcaciones utilizan motores fuera de borda para las diversas operaciones de navegación y pesquería, por lo que del mantenimiento que se les proporcione depende su correcta operatividad y puesta a punto. Los motores fuera de borda son muy populares debido a su versatilidad y maniobrabilidad, logrando satisfacer las necesidades de una gran variedad de embarcaciones y a diferencia de otros motores presenta una mayor facilidad para desmontarse para ser almacenado o reparado

Los motores fuera de borda constituyen un sistema de propulsión que contiene un motor, transmisión y hélice, este es colocado en la parte externa de la borda de la popa de la embarcación, cuya finalidad es dar fuerza para poner a la embarcación en movimiento y permitir su navegación, por lo que debe estar en perfectas condiciones.

En este sentido, históricamente se considera de suma importancia desarrollar equipos de diagnóstico para mejorar su rendimiento y respuesta de acuerdo a las características del motor fuera de borda, tomando en cuenta la funcionalidad de sus sistemas y los parámetros de operación que garanticen su operatividad. Para ello, es necesario crear bancos de prueba que evalúen, determinen y controlen las variables involucradas en el rendimiento del motor, ya que permite obtener información que ayude a optimizar el funcionamiento de los elementos del motor. El banco de pruebas es útil para realizar una serie de pruebas sobre la durabilidad y

carga, realizadas para alcanzar el desempeño óptimo del motor, permite conocer su verdadero estado.

Planteamiento del Problema

Un banco de pruebas es utilizado para la realización de ensayos de producción para verificar los motores después de su proceso de fabricación, para ensayos de investigación y desarrollo con la finalidad de comprobar de forma experimental las mejoras de los motores, también para verificar las características teóricas de los motores antes de comercializarlos, para medir sus emisiones de CO₂ y medir su impacto ambiental.

En la actualidad la funcionalidad de los bancos de prueba se extiende al campo de enseñanza-aprendizaje, puesto que a nivel de formación de las universidades se requiere disponer de sistemas de medición y sensores que evalúen no solo las características de par, emisiones, potencia y consumo de los motores, sino además obtener mayor conocimiento sobre el trabajo que realiza cada una de las partes que componen los motores. Para ello, se fabrican bancos de prueba que permitan relacionar la teoría con las prácticas experimentales, brindando acceso al motor y midiendo parámetros de temperatura, revoluciones, consumo de aire y combustible, así como realizar evaluaciones del desempeño del banco de pruebas, mediante la verificación de su correcto funcionamiento a través del comportamiento de las vibraciones, soportes, apoyos, señales transmitidas por el motor, entre otras. Además, al contar con una correcta función entre la relación del motor y el banco de pruebas se obtendrán datos óptimos y eficientes sobre el motor.

En este sentido, se reconoce que una importante tarea de las universidades es desarrollar sus propias herramientas de medición, como los bancos de prueba, de tal manera que a futuro cuente con servicios de diagnóstico, control y pruebas de los componentes de los motores.

La Carrera de Ing. Marítima, no cuenta con un banco de prueba para motores fuera de borda, por lo cual, en el presente trabajo se plantea diseñar y construir un banco de pruebas. De esta manera, se espera aportar a los conocimientos de los estudiantes, facilitando la experimentación y así desarrollar el análisis sobre cuál es la forma de trabajar de cada componente del motor, a través de pruebas simples y complejas que permitirán comprender su potencialidad, efectividad y rendimiento.

Justificación

Existe la necesidad de fomentar actividades experimentales que complementen la formación teórica de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Marítima. El diseño y construcción de un banco de pruebas para motores fuera de borda permite a los alumnos aplicar sus conocimientos teóricos en un proyecto práctico, fortaleciendo su comprensión y desarrollando habilidades técnicas esenciales.

Este proyecto adquiere especial relevancia considerando el contexto regional, donde las embarcaciones con motores fuera de borda son ampliamente utilizadas en la costa ecuatoriana. Al proporcionar esta valiosa herramienta didáctica, la universidad mejora significativamente su infraestructura educativa, ya que actualmente carece de un banco de pruebas de este tipo.

La implementación de este banco de pruebas no solo fomenta la investigación y sirve como plataforma para futuros proyectos relacionados con motores fuera de borda, sino que también fortalece la vinculación entre teoría y práctica. Los estudiantes podrán contrastar sus conocimientos teóricos con resultados experimentales, enriqueciendo así el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Delimitación

El presente trabajo se desarrolló en la ciudad de Manta, donde se realizó el diseño y construcción del banco de pruebas que se instaló en la carrera de Ingeniería Marítima de la

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y construir un banco de prueba para motores fuera de borda en la carrera de Ingeniería Marítima.

Objetivos Específicos

- Realizar el diseño de planos para la construcción del banco de prueba para motores fuera de borda.
- Ensamblar todos los elementos del banco de prueba
- Comprobar parámetros d funcionamiento de un motor fuera de borda en el banco de pruebas

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1.1 Definición de Banco de Pruebas

El banco de pruebas constituye un equipo industrial para experimentar con prototipos, máquinas o sistemas complejos, el cual posee aplicaciones favorables tanto para los fabricantes, preparadores y usuarios (Márquez & Rojas, 2011).

Un banco de pruebas es un sistema que se encuentra formado por una serie de elementos, los cuales permiten la simulación del comportamiento de un motor y de sus características operativas en condiciones controladas, para ello se utilizan una serie de instrumentos de control y de medida (FLOREZ, 2012)

El análisis del funcionamiento de un motor y la descripción de la efectividad de cada uno de los componentes que lo conforman es muy útil para mejorar su rendimiento. Para ello, es necesario construir un banco de pruebas que contribuya a mejorar la funcionabilidad de cada uno de sus componentes, con la finalidad de realizar planes de mantenimiento que incrementen la productividad del motor. Además, un banco de pruebas permite obtener los conocimientos necesarios acerca de la capacidad del motor en su completo funcionamiento (Ballesteros et al., 2022).

La principal característica de un banco de pruebas es soportar todo el peso del motor, así como de sus accesorios: batería, sistema de alimentación, sistema de admisión y escape, sistema de refrigeración, tablero de instrumentos cableado, etc. (Andrango, 2017).

La importancia que tiene el banco de pruebas es determinar nuevas formas de rendimiento, mediante el ajuste de las variables del sistema y también permite la capacitación de las personas involucradas en su funcionamiento (Ballesteros et al., 2022).

Los bancos de prueba permiten analizar el funcionamiento de los motores, realizar comparaciones con los valores estándar del fabricante, comprender su comportamiento y operación y en definitiva constituyen un instrumento pedagógico que contribuye al conocimiento y comprensión de la funcionalidad del mismo y sus componentes (Ballesteros et al., 2022).

1.1.2 Tipos de ensayos en un banco de Pruebas

De acuerdo con lo señalado por Ballesteros et al. (2022) entre los tipos de ensayos realizados con los bancos de prueba podemos encontrar los siguientes:

Ensayos de Producción: mediante este tipo de ensayos se pueden verificar los motores luego del proceso de fabricación.

Ensayos de investigación y desarrollo del motor y sus componentes: estos son realizados con el objetivo de comprobar de manera experimental las mejoras planteadas teóricamente.

Ensayos de aceptación y homologación de motores: se realizan en los motores nuevos antes de su comercialización, para verificar que cumplan con las características establecidas para su correcto funcionamiento.

Ensayos de emisiones y consumo: generalmente se realizan para verificar las emisiones de CO₂ y de esta manera determinar su impacto ambiental.

Ensayos con fines pedagógicos: son utilizados en los centros educativos para el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que permiten analizar cada una de las partes del motor y aportan conocimientos sobre la medición de parámetros como temperatura, consumo de aire y combustible, revoluciones, presión, etc. (García, 2007; citado por Aristizabal y Flórez, 2015).

1.1.3 Características de un banco de Pruebas

De acuerdo con lo indicado por Castro (2010) las principales características que se deben priorizar en un banco de pruebas son la seguridad y la funcionalidad, esto para evitar riesgos de montaje y así aportar seguridad al elemento de prueba, es así que los componentes del banco de prueba según su función son la estructura fija, estructura móvil, generador de potencia y elemento de par resistente:

Estructura fija

Es la parte que soporta todo el conjunto, por lo que deberá ser fuerte y robusta para todos los esfuerzos a los que estará sometida, debe estar formada por algún tipo de metal resistente a los esfuerzos de compresión, axiales y de torsión, así como los golpes. Las uniones deben realizarse mediante soldadura o atornillado, por ello es importante escoger el material más idóneo para su construcción.

Estructura móvil

Es la parte de la estructura que puede moverse para ajustar los soportes a las dimensiones requeridas para instalar el banco, debe asegurar el cambio a la bancada y la unión entre el cambio y la estructura debe realizarse mediante un “silentblock” que permita reducir las vibraciones en la estructura al probar las marchas para que resista sin problemas todos los esfuerzos a los que será sometida durante los ensayos.

Esta estructura es una de las más importantes, puesto que de ella depende la seguridad de las pruebas al evitar las vibraciones que podrían peligrar el proceso por desprendimiento de la caja de pruebas. También facilita la instalación y permite la versatilidad del banco debido a sus soportes móviles se podrá construir un banco de pruebas que contenga varias cajas de cambios de distintos fabricantes y modelos.

Generador de potencia

Es el encargado de generar las revoluciones necesarias para que el cambio de marchas opere de manera normal, debe montarse en la entrada del cambio de marchas a través de engranajes y soportes. El generador debe ser regulable y los soportes deben ser diferentes de acuerdo al tipo de cambio que se desee probar, por lo que hay que diseñar una gran variedad que permita la instalación en el banco de los principales cambios que se encuentran en el mercado.

Elemento de par resistente

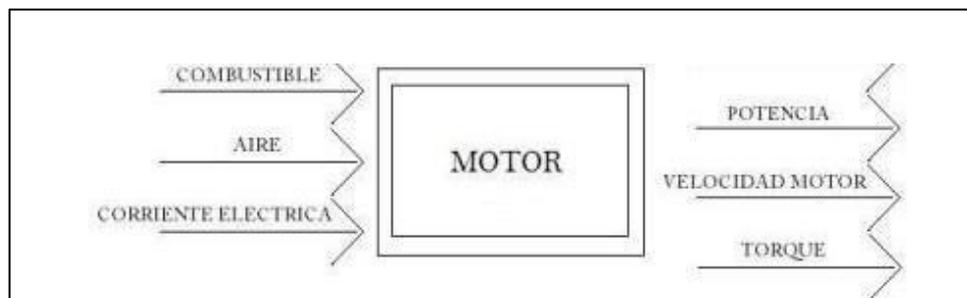
Se encarga de generar una oposición al giro ocasionado por el cambio de marchas, es un elemento indispensable que deberá conectarse a la salida del cambio para brindar un par resistente a la caja de cambios.

1.1.4 Parámetros a medir en un banco de pruebas

Según lo señalado por Márquez y Miller (2011) las variables de entrada de un motor son el combustible, aire y la corriente eléctrica, mientras que entre las variables de salida se encuentran los gases de escape, la potencia, la velocidad del motor y el torque.

Figura 1.

Variables de entrada y salida de los motores.



Fuente: Márquez & Miller, 2011.

Los parámetros que se asocian a los ensayos de motores se pueden clasificar en parámetros fundamentales y específicos (Castro, 2010).

Parámetros fundamentales

Son los que brindan información directa del par, consumo de combustible y potencia del motor:

Figura 2.
Parámetros fundamentales.

Parámetros a medir	Parámetro derivativo	Instrumentación
Par efectivo M_e	Presión media efectiva P_{me}	Balanzas Células de carga frenos
Régimen de giro n	Velocidad lineal C_m Potencia efectiva N_e	Tacómetros: -ópticos -magnéticos -mecánicos
Gasto de combustible m_f	Consumo específico g_e Rendimiento efectivo N_e	Medidores: -volumétricos -gravimétrico

Fuente: Ruiz, 2005.

Parámetros específicos

Son los que proporcionan información cualitativa sobre el gasto de aire, temperatura y presión del motor:

Figura 3.
Parámetros específicos.

Parámetros a medir	Parámetros derivado	Instrumentación
Temperatura media T	Control mf Control ma	Termopares Termorresistencias Semiconductores
Presión media P	Presión media de bombeo	Columnas líquidas Transductores Piezorresistivos
Gasto de aire	Rendimiento volumétrico dosado	Toberas Diafragmas Flujo laminar anemómetro
Contaminantes:		
C0,C02		Infrarrojos
NOx		Quimioluminiscencia
HC		Ionización de llama

Fuente: Ruiz, 2005.

1.1.5 Motor fuera de borda

Los motores fuera de borda son empleados con suma frecuencia para las operaciones de pesca, actividades turísticas y deportivos a lo largo de las costas del Ecuador, incrementándose con rapidez su demanda en el mercado local, lo cual ha generado que los fabricantes realicen un trabajo de asesoría constante mediante manuales y guías de mantenimiento para garantizar la operatividad de estos equipos. (Rodríguez-Gámez, 2023)

Los motores fuera de borda son máquinas que dan movimientos una embarcación ligera, de trabajo o deportivo. nombre se deriva de sus instalaciones ya que estas máquinas se colocan en la parte exterior de la borda de popa de las embarcaciones denominados espejos. (Osorio-Cobo, 2023).

Las partes principales de un motor fuera de borda son las siguientes:

Cabeza de fuerza

La cabeza de fuerza está ubicada en la parte superior del motor, y es allí donde se genera la potencia, es decir. La cabeza de fuerza se compone en su mayoría de un motor que puede ser

dedos o cuatro tiempos, un charol que la soporta y una tapa protectora que tiene los orificios de entrada de aire necesarios para producir la combustión.

Soporte

También conocido como unidad intermedia, el soporte, como su nombre lo indica, contiene los elementos necesarios para sujetar el motor al bote.

Unidad inferior

La unidad inferior es la caja de transmisión del motor fuera de borda; ésta contiene el embrague y juegos de piñones y rodamientos que se encargan de entregar la potencia producida en la cabeza de fuerza a la hélice para convertirla en fuerza de propulsión (Boveda, s.f.)

1.1.6 Sistema de alineación de un motor fuera de borda

Tanto la altura como el ángulo en que ubicas tu fuera de borda puede determinar la durabilidad y desempeño del equipo:

- Incapacidad para alcanzar la velocidad máxima: la falta de velocidad máxima puede ser un indicador obvio, pero es difícil a veces de identificar sin un conocimiento amplio de la embarcación.
- Rocío excesivo: si tu motor fuera de borda levanta una cantidad excesiva de agua al bote, es una señal que tu motor no está montado a la altura adecuada.
- Marsopa: esta ocurre cuando tu embarcación empieza rebotar hacia arriba y abajo mientras navegas a una velocidad normal.
- Dificultades para virar: si presentar dificultades para hacer curvar o giros, probablemente tengas el fuera de borda a una altura demasiado baja.

Inclinación del motor

La mejor posición para obtener la mayor eficiencia del motor de la embarcación depende de los requisitos de la situación

- Mayor velocidad: al ajustar el motor a la posición extrema hacia abajo dirigirá el empuje de la hélice hacia arriba.
- Eliminar obstrucciones: en ocasiones las hélices se pueden enredar con algas, cuerdas o hilos de pescar. Al inclinar el motor hacia arriba se facilita la eliminación de cualquier cosa que esté atrapada.
- Aguas muy poco profundas: un fuera de borda en posición inclinada evitará que se arrastre en el fondo del lago. (Importadora, 2022)

1.1.7 Tipos de motores que se pueden montar en el banco de pruebas

Entre los motores fuera de borda que se pueden ensayar en el banco de pruebas del presente trabajo, considerando las dimensiones y profundidad de inmersión de la pata se encuentran las siguientes marcas y modelos:

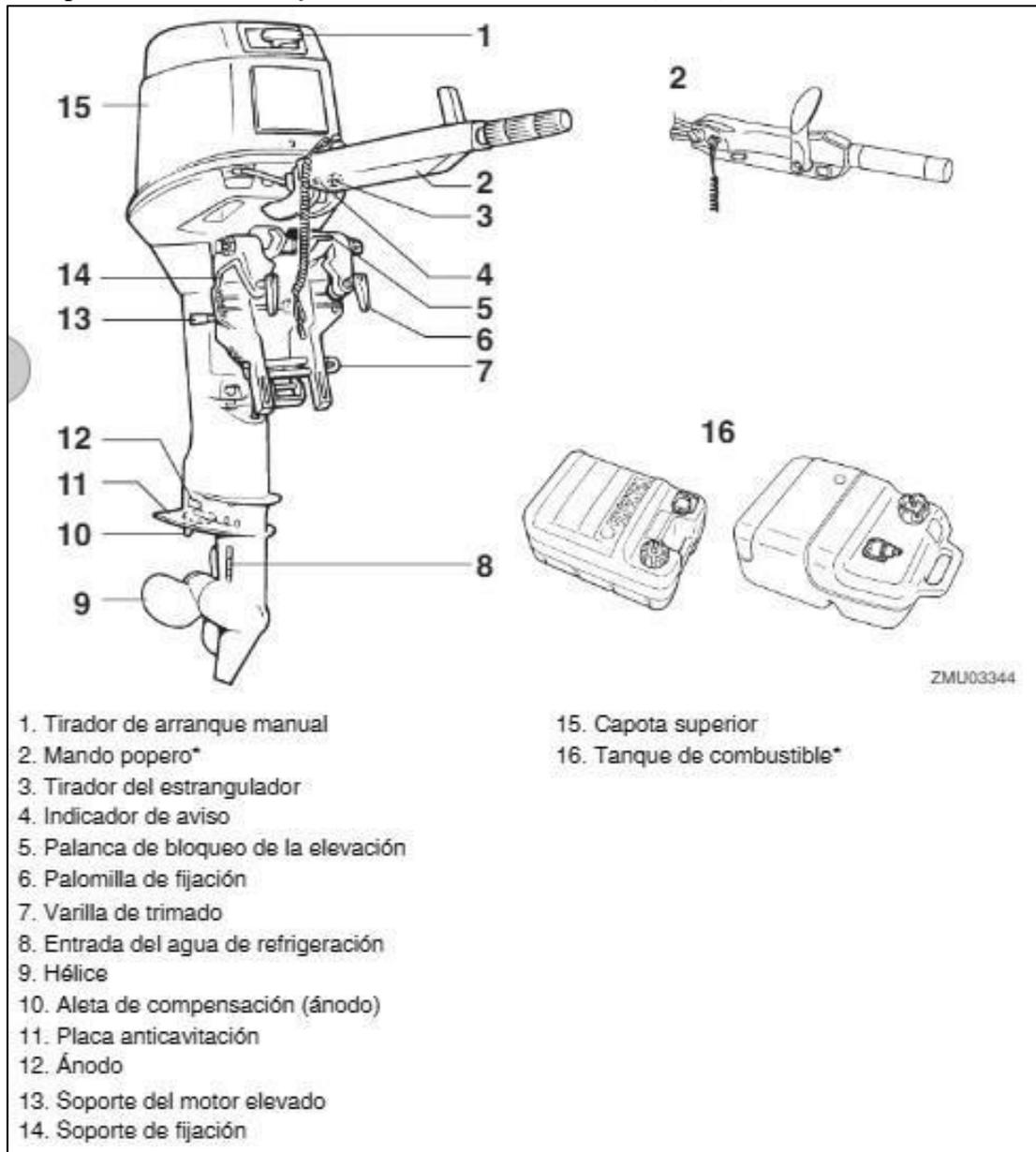
- Yamaha 40V (2019)
- Yamaha F15C (2015)
- Yamaha F20 (2018)
- Yamaha F80 (2015)

Yamaha 40V (2019)

Este tipo de motor esta formado por los componentes que se indican en la Figura 4, así como las especificaciones y requisitos mostrados en la Figura 5:

Figura 4.

Componentes del *motor fuera de borda Yamaha 40V (2019)*.



Fuente: Yamaha, s.f.

Figura 5.

Especificaciones y requisitos del Motor Yamaha 40V (2019).

<p>SMU38092</p> <h2 style="text-align: center;">Especificaciones</h2> <p>NOTA: En los datos de especificaciones mostrados a continuación, "(AL)" representa el valor numérico de la hélice de aluminio instalada.</p> <p>SMU2821Z</p> <p>Dimensiones y peso:</p> <p>Longitud total: 1281 mm (50.4 in) (40VMHO) 670 mm (26.4 in) (40VEO, 50HETO)</p> <p>Anchura total: 349 mm (13.7 in) (40VEO, 40VMHO) 360 mm (14.2 in) (50HETO)</p> <p>Altura total S: 1223 mm (48.1 in) (40VMHO)</p> <p>Altura total L: 1319 mm (51.9 in) (40VEO, 50HETO) 1350 mm (53.1 in) (40VMHO)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en S: 406 mm (16.0 in) (40VMHO)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en L: 533 mm (21.0 in)</p> <p>Peso en seco (AL) S: 76 kg (167 lb) (40VMHO)</p> <p>Peso en seco (AL) L: 77 kg (170 lb) (40VEO) 78 kg (171 lb) (40VMHO) 88 kg (194 lb) (50HETO)</p> <p>Rendimiento:</p> <p>Régimen a pleno gas: 4500–5500 r/min</p> <p>Potencia nominal: 29.4 kW (40 HP) (40VEO, 40VMHO) 36.8 kW (50 HP) (50HETO)</p> <p>Ralentí (en punto neutro): 750–850 r/min</p> <p>Motor:</p> <p>Tipo: 2 tiempos, L3</p>	<p>Cilindrada total: 698 cm³ (42.6 c.i.)</p> <p>Diámetro × carrera: 67.0 × 66.0 mm (2.64 × 2.60 in)</p> <p>Sistema de encendido: CDI</p> <p>Bujía con resistor (NGK): BR7HS-10 (40VEO, 40VMHO) BR8HS-10 (50HETO)</p> <p>Distancia entre electrodos: 0.9–1.0 mm (0.035–0.039 in)</p> <p>Sistema de dirección: Control remoto (40VEO, 50HETO) Mando popero (40VMHO)</p> <p>Sistema de arranque: Eléctrico (40VEO, 50HETO) Manual (40VMHO)</p> <p>Sistema de arranque: Arranque en frío-caliente (40VEO, 50HETO)</p> <p>Válvula de estrangulación (40VMHO)</p> <p>Capacidad de la batería (CCA/EN): 347–411 A (40VEO, 50HETO)</p> <p>Capacidad de la batería (20HR/IEC): 40 Ah (40VEO, 50HETO)</p> <p>Salida del alternador: 80 W (40VMHO)</p> <p>Rendimiento máximo del generador: 6 A (40VEO, 50HETO)</p> <p>Cola:</p> <p>Posiciones del cambio de marchas: Marcha adelante-punto muerto-mar- cha atrás</p> <p>Relación de transmisión: 1.85 (24/13)</p> <p>Sistema de trimado y elevación: Asiento e inclinación asistidos (50HETO) Elevación manual (40VEO, 40VMHO)</p>
---	--

Fuente: Yamaha, s.f.

Yamaha F15C (2015)

Los componentes, especificaciones y requisitos del motor Yamaha F15C (2015), se indican a continuación en las Figuras 6 y 7:

Figura 6.

Componentes del motor fuera de borda Yamaha F15C (2015).



Fuente: Yamaha, s.f.

Figura 7.

Especificaciones y requisitos del motor Yamaha F15C (2015).

Rendimiento:	Sistema de arranque:
Margen de trabajo a plena aceleración: 5000–6000 r/min	F15CE Eléctrico
Potencia nominal: F9.9HE 7.3 kW (9.9 HP) F9.9HMH 7.3 kW (9.9 HP)	F15CEH Eléctrico
Potencia nominal: F15CE 11.0 kW (15 HP) F15CEH 11.0 kW (15 HP) F15CEP 11.0 kW (15 HP) F15CMH 11.0 kW (15 HP) F20BE 14.7 kW (20 HP) F20BEH 14.7 kW (20 HP) F20BEP 14.7 kW (20 HP) F20BMH 14.7 kW (20 HP)	F15CEP Eléctrico
Velocidad de ralentí (en punto muerto): 1000–1100 r/min	F15CMH Manual
Motor:	F20BE Eléctrico
Tipo: 4 tiempos SOHC L2 4válvulas	F20BEH Eléctrico
Cilindrada: 362 cm ³ (22.1 c.i.)	F20BEP Eléctrico
Diámetro × carrera: 63.0 × 58.1 mm (2.48 × 2.29 in)	F20BMH Manual
Sistema de encendido: CDI	F9.9HE Eléctrico
Bujía (NGK): DPR6EB-9	F9.9HMH Manual
Huelgo de la bujía: 0.8–0.9 mm (0.031–0.035 in)	Sistema de carburación para el arranque: Arranque en frío-caliente
Sistema de control: F15CE Control remoto F15CEH Mando popero F15CEP Control remoto F15CMH Mando popero F20BE Control remoto F20BEH Mando popero F20BEP Control remoto F20BMH Mando popero F9.9HE Control remoto F9.9HMH Mando popero	Holgura de la válvula IN (motor en frío): 0.15–0.25 mm (0.0059–0.0098 in)
	Holgura de la válvula EX (motor en frío): 0.25–0.35 mm (0.0098–0.0138 in)
	Capacidad de la batería (CCA/EN): F15CE 347–411 A F15CEH 347–411 A F15CEP 347–411 A F20BE 347–411 A F20BEH 347–411 A F20BEP 347–411 A F9.9HE 347–411 A
	Capacidad de la batería (20HR/IEC): F15CE 40 Ah F15CEH 40 Ah F15CEP 40 Ah F20BE 40 Ah F20BEH 40 Ah F20BEP 40 Ah F9.9HE 40 Ah
	Rendimiento máximo del generador: F15CE 10 A F15CEH 10 A F15CEP 10 A F20BE 10 A F20BEH 10 A F20BEP 10 A F9.9HE 10 A

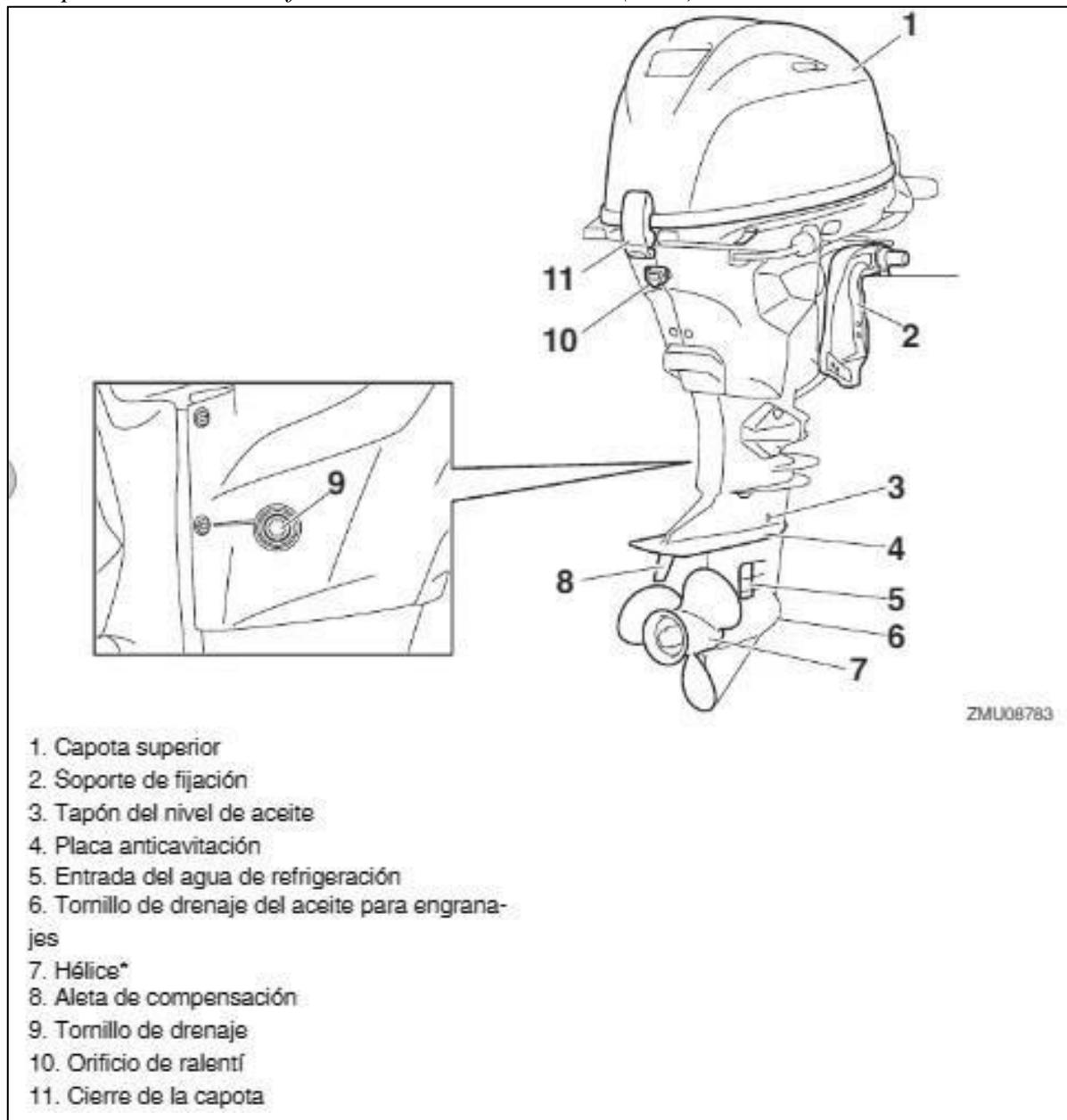
Fuente: Yamaha, s.f.

Yamaha F20 (2018)

En las Figuras 8 y 9 se pueden observar los componentes, especificaciones y requisitos del motor Yamaha F20 (2018):

Figura 8.

Componentes del motor fuera de borda Yamaha F20 (2018).



Fuente: Yamaha, s.f.

Figura 9.

Especificaciones y requisitos del motor Yamaha F20 (2018).

<p>SMJ24822</p> <h2 style="text-align: center;">Especificaciones</h2> <p>NOTA: En los datos de especificaciones mostrados a continuación, "(AL)" representa el valor numérico de la hélice de aluminio instalada. Igualmente, "(SUS)" representa el valor de la hélice de acero inoxidable instalada y "(PL)" representa la hélice de plástico instalada.</p> <p>SMJ2821V</p> <h3>Dimensiones y peso:</h3> <p>Longitud total: 1130 mm (44.5 in) (F25GMH, F25GWH) 633 mm (24.9 in) (F20FET, F25GE, F25GET)</p> <p>Anchura total: 378 mm (14.9 in)</p> <p>Altura total S: 1106 mm (43.5 in) (F25GE, F25GMH, F25GWH)</p> <p>Altura total L: 1233 mm (48.5 in) (F20FET, F25GE, F25GET, F25GMH, F25GWH)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en S: 424 mm (16.7 in) (F25GE, F25GMH, F25GWH)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en L: 551 mm (21.7 in) (F25GE, F25GMH, F25GWH) 553 mm (21.8 in) (F20FET, F25GET)</p> <p>Peso en seco (AL) S: 56 kg (123 lb) (F25GE) 57 kg (126 lb) (F25GMH) 60 kg (132 lb) (F25GWH)</p> <p>Peso en seco (AL) L: 58 kg (128 lb) (F25GE) 59 kg (130 lb) (F25GMH) 62 kg (137 lb) (F25GWH) 64 kg (141 lb) (F20FET, F25GET)</p>	<h3>Rendimiento:</h3> <p>Régimen a pleno gas: 5000–6000 r/min</p> <p>Potencia nominal: 14.7 kW (20 HP) (F20FET) 18.4 kW (25 HP) (F25GE, F25GET, F25GMH, F25GWH)</p> <p>Ralentí (en punto neutro): 850–950 r/min</p> <h3>Motor:</h3> <p>Tipo: 4 tiempos SOHC L2 4válvulas</p> <p>Cilindrada total: 432 cm³ (26.4 c.i.)</p> <p>Diámetro × carrera: 65.0 × 65.1 mm (2.56 × 2.56 in)</p> <p>Sistema de encendido: TCI</p> <p>Bujía (NGK): DPR6EB-9</p> <p>Distancia entre electrodos: 0.8–0.9 mm (0.031–0.035 in)</p> <p>Sistema de dirección: Control remoto (F20FET, F25GE, F25GET) Mando popero (F25GMH, F25GWH)</p> <p>Sistema de arranque: Eléctrico (F20FET, F25GE, F25GET) Manual (F25GMH) Manual y eléctrico (F25GWH)</p> <p>Sistema de arranque: Inyección de combustible</p> <p>Holgura de la válvula IN (motor en frío): 0.15–0.25 mm (0.0059–0.0098 in)</p> <p>Holgura de la válvula EX (motor en frío): 0.25–0.35 mm (0.0098–0.0138 in)</p> <p>Capacidad de la batería (CCA/EN): 347–411 A</p> <p>Capacidad de la batería (20HR/IEC): 40 Ah</p> <p>Rendimiento máximo del generador: 16 A</p>
---	---

Fuente: Yamaha, s.f.

Yamaha F80 (2015)

Las especificaciones, requisitos y componentes del motor Yamaha F80 (2015), se describen en las Figuras 10 y 11:

Figura 10.

Componentes del motor fuera de borda F80 (2015).



Fuente: Yamaha, s.f.

Figura 11.

Especificaciones y requisitos del motor F80 (2015).

<p>SMJ38002</p> <h2 style="text-align: center;">Especificaciones</h2> <p>NOTA: En los datos de especificaciones mostrados a continuación, "(AL)" representa el valor numérico de la hélice de aluminio instalada.</p> <p>SMJ2821V</p> <p>Dimensiones y peso:</p> <p>Longitud total: 721 mm (28.4 in)</p> <p>Anchura total: 479 mm (18.9 in)</p> <p>Altura total L: 1583 mm (62.3 in)</p> <p>Altura total X: 1710 mm (67.3 in)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en L: 536 mm (21.1 in)</p> <p>Altura del peto de popa del motor en X: 664 mm (26.1 in)</p> <p>Peso en seco (AL) L: 170 kg (375 lb)</p> <p>Peso en seco (AL) X: 173 kg (381 lb)</p> <p>Rendimiento:</p> <p>Régimen a pleno gas: 5000–6000 r/min</p> <p>Potencia nominal: F100DET 73.6 kW (100 HP) F80BET 58.8 kW (80 HP)</p> <p>Ralentí (en punto neutro): 650–750 r/min</p> <p>Motor:</p> <p>Tipo: 4 tiempos DOHC L4 16válvulas</p> <p>Cilindrada total: 1596 cm³ (97.4 c.i.)</p> <p>Diámetro × carrera: 79.0 × 81.4 mm (3.11 × 3.20 in)</p> <p>Sistema de encendido: TCI</p>	<p>Bujía (NGK): LFR5A-11</p> <p>Distancia entre electrodos: 1.0–1.1 mm (0.039–0.043 in)</p> <p>Sistema de gobierno: Control remoto</p> <p>Sistema de arranque: Eléctrico</p> <p>Sistema de arranque: Inyección electrónica de combustible</p> <p>Holgura de la válvula IN (motor en frío): 0.17–0.24 mm (0.0067–0.0094 in)</p> <p>Holgura de la válvula EX (motor en frío): 0.31–0.38 mm (0.0122–0.0150 in)</p> <p>Capacidad de la batería (CCA/EN): 430–1080 A</p> <p>Índice de batería (20HR/IEC): 70 Ah</p> <p>Rendimiento máximo del generador: 25 A</p> <p>Cola:</p> <p>Posiciones del cambio de marchas: Marcha adelante-punto muerto-marcha atrás</p> <p>Relación de transmisión: 2.27 (25/11)</p> <p>Sistema de trimado y elevación: Asiento e inclinación asistidos</p> <p>Marca de la hélice: K</p> <p>Combustible y aceite:</p> <p>Combustible recomendado: Gasolina normal sin plomo</p> <p>Índice mínimo de octanaje (RON): 90</p> <p>Capacidad del depósito de combustible: 25 L (6.61 US gal, 5.50 Imp.gal)</p> <p>Aceite de motor recomendado: Aceite para motores fueraborda YAMALUBE 4 o de 4 tiempos</p>
---	---

Fuente: Yamaha, s.f.

1.1.8 Instrumentos de medición para evaluar parámetros técnicos del motor fuera de borda

Los motores fuera de borda generan gran cantidad de energía y requieren una excelente confiabilidad y durabilidad, por lo que sus revisiones son multifacéticas utilizando varios instrumentos de medición. La importancia de estas mediciones radica en evitar fallos que pueden ser catastróficos para la tripulación y pasajeros a bordo de una embarcación.

Los instrumentos de medición utilizados en el presente proyecto fueron un osciloscopio y un multímetro. A continuación, se señalan las características de estos equipos:

Multímetro

Este equipo nos permitirá probar la bobina de un motor fuera de borda, verificando inicialmente la continuidad del circuito entre la bobina y el módulo de control del motor, luego de probar la continuidad entre el lado principal de la bobina y el lado secundario y finalmente pruebas entre la bobina y cada bujía (Charpentier, 2017)

Figura 12.
Multímetro.



Fuente: Charpentier, 2017.

El multímetro TRUE RMS, cuenta con la capacidad de graficar y desplegar varias mediciones de la señal al mismo tiempo, permite verificar el voltaje y medir la resistencia de la bobina.

Tacómetro inductivo

Un tacómetro es una máquina electromagnética que genera un voltaje analógico proporcional a la velocidad del motor. Los tacómetros son ideales para cerrar bucles de velocidad porque ofrecen señales de velocidad con bajo desfase y alta resolución. La mayoría de los sistemas servo utilizaban tacómetros para conocer la velocidad. (Ellis, 2002)

Termostato digital

Estos dispositivos de medición térmica encuentran aplicación en diversos contextos industriales, abarcando desde las etapas de fabricación hasta la conservación de componentes delicados. Su habilidad para ofrecer mediciones veloces y exactas los convierte en herramientas indispensables en escenarios donde la regulación precisa de la temperatura juega un papel crucial, ya sea para mantener la excelencia del producto final o para garantizar la integridad de los procedimientos operativos.

1.2. Investigaciones previas

De acuerdo con lo señalado por Ballesteros et al. (2022) en su trabajo de investigación titulado “La importancia de un banco de ensayos para mejorar el rendimiento de un motor de 4 tiempos”, el análisis del comportamiento de los motores es clave para alcanzar su punto máximo y para ello es necesario contar con un banco de pruebas que permita evaluar y determinar cada uno de los parámetros involucrados en el rendimiento del motor, por lo que se plantea la descripción del banco de pruebas y la realización de una investigación documental. Obteniendo como conclusión que el banco de pruebas logra determinar la efectividad del cumplimiento del motor, así como el comportamiento de cada uno de sus elementos al modificarse sus parámetros.

Según el estudio titulado “Diseño y construcción de un banco de pruebas de motores para ensayos de investigación formativa” realizado por Romero et al. (2016), se construyó un banco

de pruebas de bajo costo con la finalidad de atender las necesidades de formación en los cursos de Ingeniería del área de Máquinas de Combustión Interna, donde se describe las características y diseño del sistema, la construcción, montaje y alineación adecuados para diversos tipos de motores, así como su instalación.. Finalmente se logró instalar el banco de pruebas en una sala adecuada, que permitió la disposición del sistema de refrigeración externa del motor, la alimentación del combustible, la emisión de gases de escape y control del motor, características de par y potencia durante la operación.

De acuerdo a lo indicado por Márquez & Rojas (2011) en el trabajo de grado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para motores monocilindricos de cuatro tiempos a gasolina”, este proyecto aborda el estudio teórico, diseño, construcción y el funcionamiento de un banco de pruebas para la Universidad Pontificia Bolivariana. De acuerdo a la información recopilada se logró construir esta importante herramienta para fomentar el conocimiento de los motores de combustión interna, a través de las variables de potencia, velocidad, torque consumo de combustible y aire, obteniendo un banco de prueba didáctico que se apoya en equipos de medición para pruebas de larga duración como el freno de corrientes de Foucault.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO DEL PROYECTO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

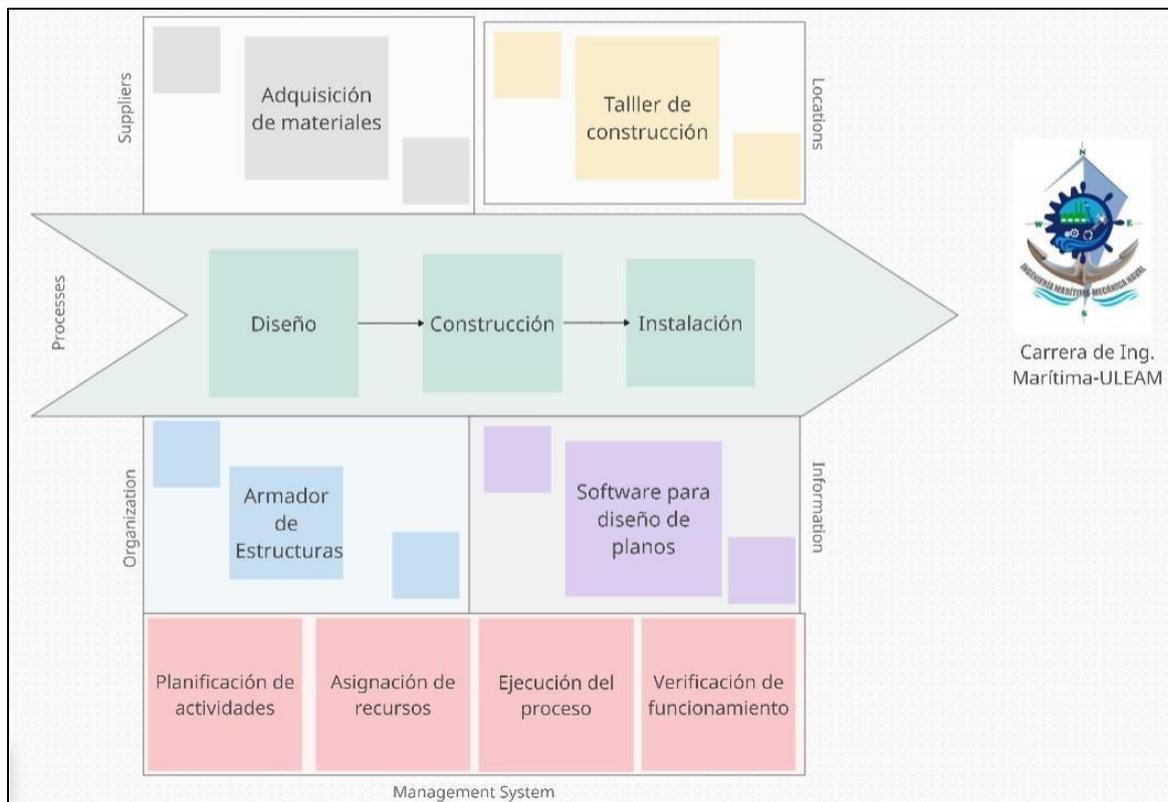
En este apartado se detallarán los materiales utilizados para el prototipo, el plano de construcción, medidas, gastos y el procedimiento para su construcción.

2.2. Modelo Operativo, Cálculos, Planos, Diagramas

Para la ejecución del presente proyecto se partió del establecimiento de un Modelo Operativo que permita conocer los pasos requeridos para lograrlo, en la Figura 4 se muestra este modelo:

Figura 13.

Modelo Operativo para la construcción de un banco de prueba para un motor fuera de borda.

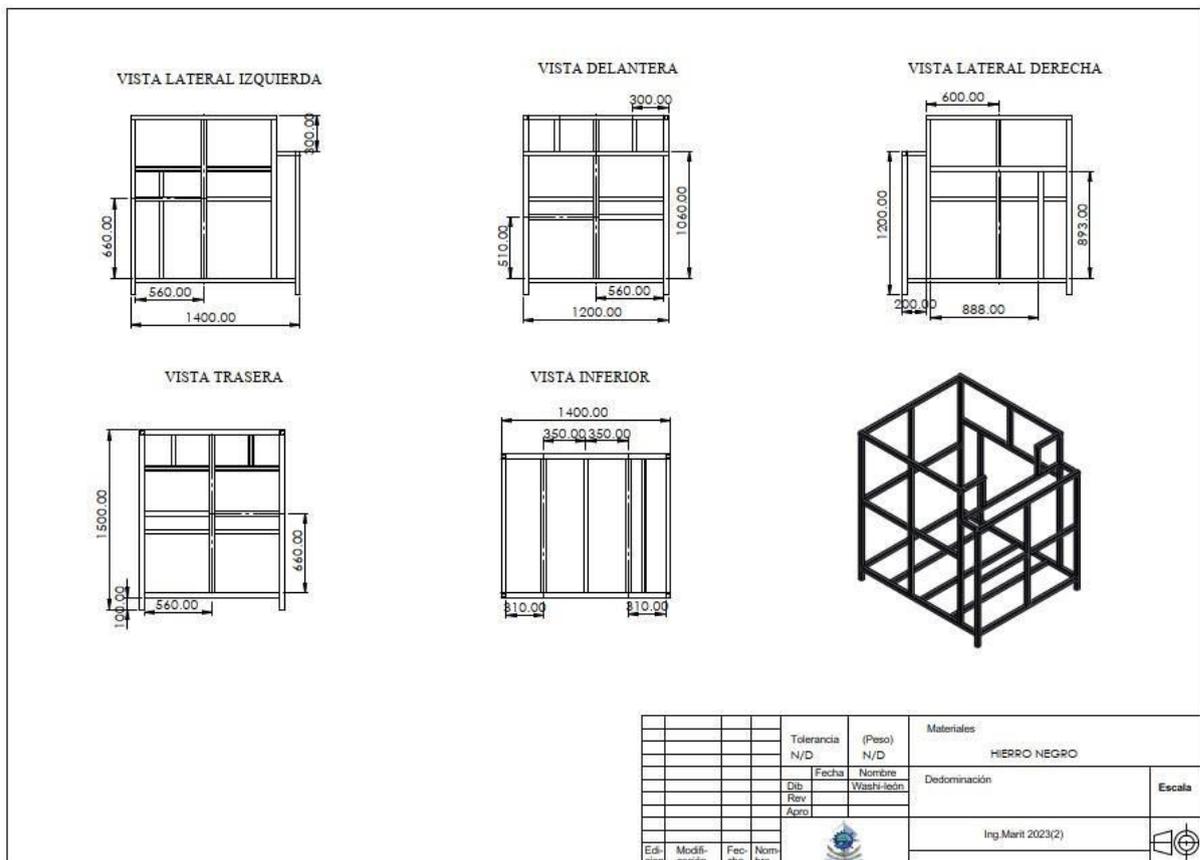


Fuente: Elaboración propia.

Para diseñar los planos de la Estructura y Chapa metálica del banco de prueba se utilizó el software SOLIDWORKS, esta herramienta facilitó el proceso de cálculo y creación del prototipo.

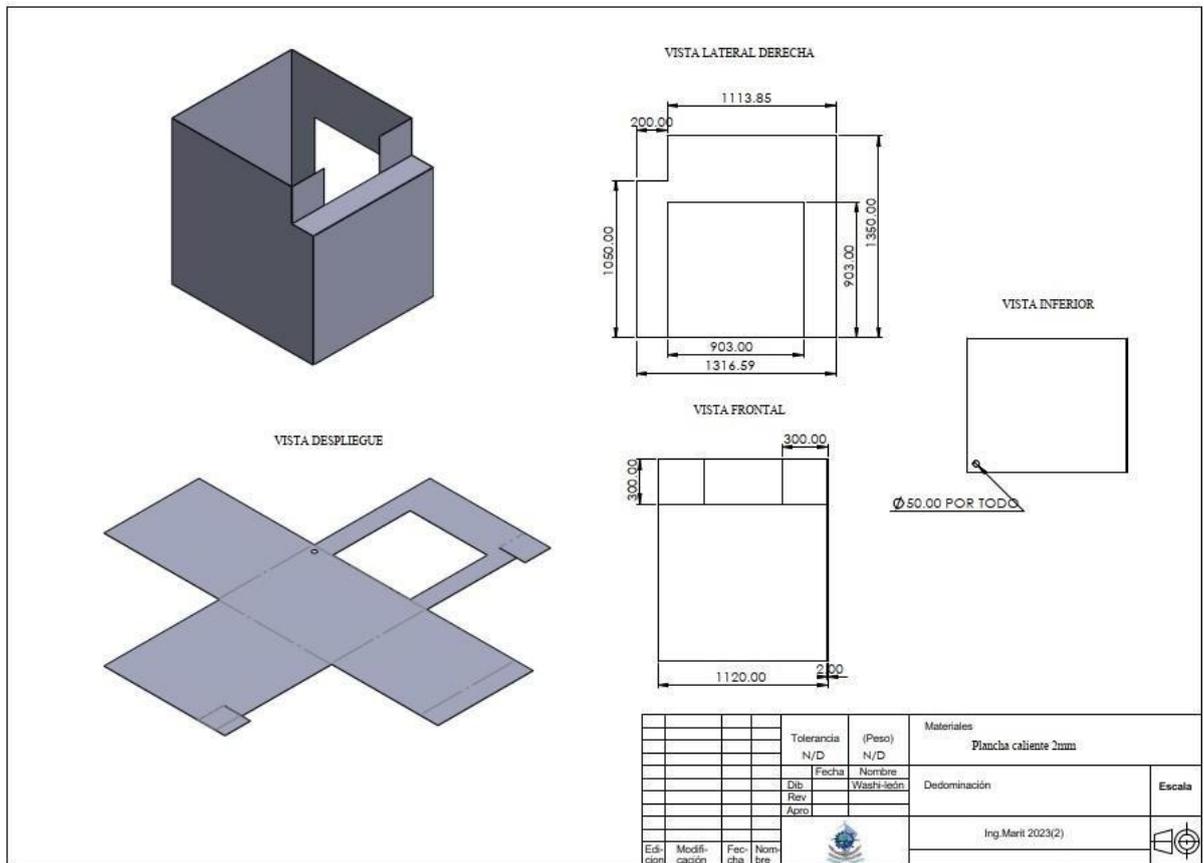
En la Figura 5, se observa la vista lateral izquierda y derecha, vista delantera, trasera e inferior y las medidas correspondientes para la construcción de la Estructura, mientras que en la Figura 6 se visualiza la vista lateral derecha, frontal y vista de despliegue de la Chapa metálica, así como sus medidas.

Figura 14.
Plano de construcción de la Estructura.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15.
Plano de construcción de la chapa metálica.



Fuente: Elaboración propia.

2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

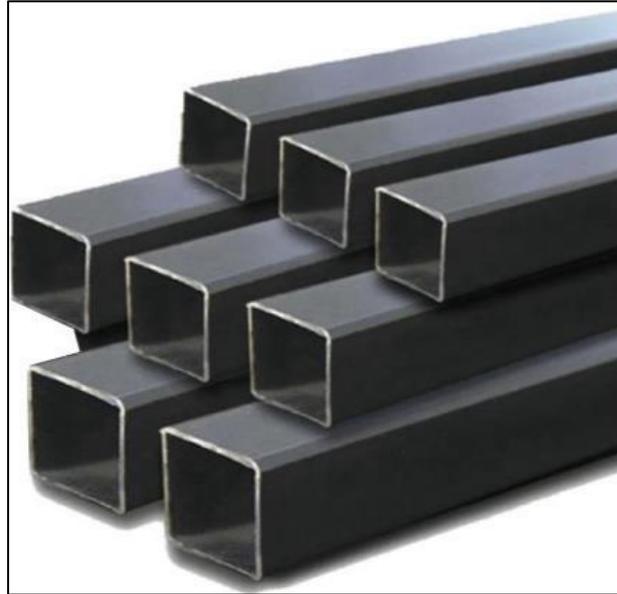
A continuación, se detallan las especificaciones de las partes requeridas para la construcción del banco de prueba:

Tubos cuadrados

Para la construcción de la estructura del banco de prueba se utilizaron tubos cuadrados de hierro negro de 40x2 mm, debido a su resistencia a la corrosión y a las temperaturas extremas. Este tipo de tubos aportan mayor peso y tenacidad a la construcción, brinda facilidades para soldar y posee una elevada maquinabilidad. El detalle de las especificaciones técnicas de este material se puede visualizar en el Anexo 1.

Figura 16.

Tubos cuadrados de hierro negro.



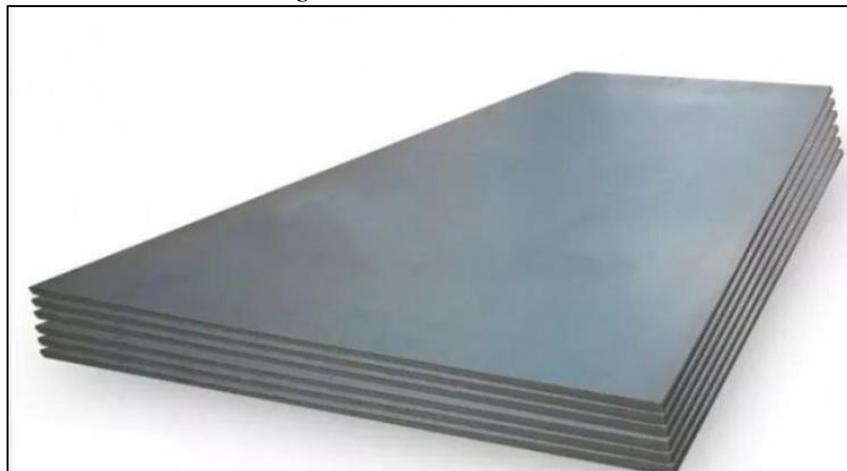
Fuente: Metalhierro, s.f.

Láminas de hierro negro

Las láminas de hierro negro utilizadas para la construcción de la chapa fueron de 2mm, las cuales constituyen productos de acero, planos, laminados en caliente obtenidas a partir de planchones de acero, son muy utilizadas en la industria naval, sus especificaciones técnicas se pueden observar en el Anexo 2.

Figura 17.

Láminas de hierro negro.

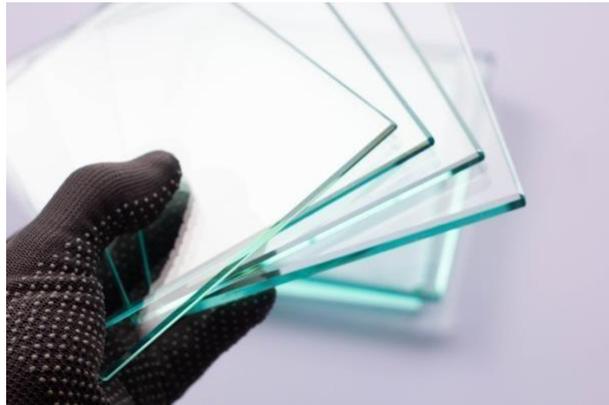


Fuente: Hierro Palermo, s.f.

Vidrio Templado

Este tipo de vidrio tiene gran resistencia a los esfuerzos mecánicos y térmicos, resistencia al impacto, a la compresión, a la flexión, a la torsión. Es un material que en caso de rotura se fragmenta en pequeños trozos no cortantes, por lo cual es adecuado para aplicaciones de seguridad.

Figura 18.
Vidrio templado.



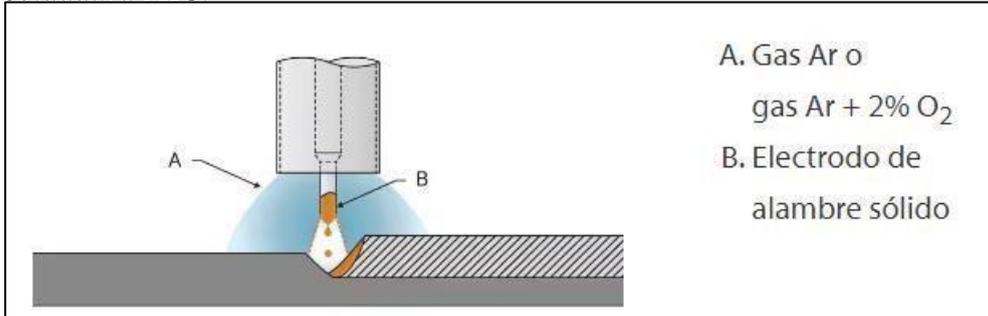
Fuente: Sedatec, s.f.

Máquina de soldar

Se empleó una máquina de soldadura por arco MIG, la cual es adecuada para unir piezas hechas de acero inoxidable, acero al carbono, acero aleado, aleaciones de aluminio, etc. El tipo de soldadura MIG cuenta con electrodos consumibles que utiliza un electrodo de descarga que se funde durante la soldadura, requiere la utilización de un tipo de gas de protección apropiado de acuerdo al metal que sea soldado.

La máquina de soldadura MIG se compone de una fuente de alimentación, unidad de alimentación, soplete y cilindro de gas.

Figura 19.
Soldadura MIG.



Fuente: Keyence, s.f.

Figura 20.
Máquina de soldar.



Fuente: Codinter, 2023.

2.4. Presupuesto

A continuación, se detallan los materiales utilizados para realizar el presente trabajo y sus respectivos costos:

Tabla 1.*Presupuesto de Materiales de construcción para el banco de pruebas.*

N.-	Descripción	Precio unitario \$	Total
8	Tubos cuadrados de 40x2 mm	18.83	150.64
5	Láminas de hierro negro caliente 2mm	66.24	331.20
1	Vidrio templado	80	80
1	Tacómetro inductivo	60	60
1	Medidor de temperatura	50	50
1	Tubería PvC 10 metros de ½	7	7
8	Codos PvC	1.75	6
4	Universales PvC	1.90	3.6
1	Sistema de combustible	15	15
1	Caneca	5	5
1	Terraja	10	10
1	Disco de corte madera	2.20	2.20
4	Placa de hierro de 3 mm	10	40
1	Pintura sintética	13.84	13.84
1	Tablón	20	20
3	Disco de corte	1.10	3.30
1	Diluyente	5.50	5.50
1	Ángulo de 20x20x3mm	12	12
1	Neplo con tapón	2.50	2.50
1	Pulidora	-	-
1	Mano de obra	400	400
TOTAL			1207,58

Fuente: Elaboración propia.

2.5. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

A continuación, se detalla la descripción de los procesos llevados a cabo para la construcción del prototipo:

Estructura

La estructura constituye un conjunto de tubos que, unidos entre sí, tienen la función de soportar las cargas que actúan sobre ella lo que consiste en que soporte el motor fuera de borda y se puedan hacer sus respectivos ensayos.

Para la construcción de esta estructura se tuvo que realizar varios cortes precisos de tubos cuadrados de 40x2 mm de acuerdo a las medidas especificadas en el plano diseñado, este fue construido con el propósito de junto a una lámina de hierro caliente mantener el agua, y posicionar el motor dentro de la bancada.

Figura 21.
Construcción de la estructura.



Fuente: Elaboración propia.

Chapa metálica

La chapa metálica cumple la función de recubrir la estructura metálica mencionada para mantener el agua dentro de ella, para ello, las láminas de hierro negro de 2 mm se cortaron de acuerdo a las medidas señaladas en el plano, posteriormente fueron unidas mediante soldadura a la estructura y se aplicó capas de pintura sintética para su protección.

Figura 22.

Chapa metálica.



Fuente: Elaboración propia.

Colocación del vidrio

Para la colocación vidrio se soldó un ángulo de metal que actuará como receptor del vidrio, dentro del ángulo se colocó Adhesivo Sika Flex gris de(310gr) en el cual fue puesto el vidrio templado. Luego se colocó un tablón donde se posicionará el motor fuera de borda.

Este vidrio nos permitirá observar el funcionamiento de su hélice al momento de prender un motor fuera de borda.

2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez que se ha construido el banco, es fundamental realizar pruebas del motor en la bancada. Para ello, se efectúan pruebas con el motor Yamaha de 2 tiempos, ejecutando los pasos que se describen a continuación:

- Se colocó el motor en el banco de pruebas
- Se retiró la cubierta del motor para revelar los componentes que integran los distintos sistemas de gestión del motor, así como el bloque de cilindros, el sistema eléctrico y el sistema de combustible
- Se verificó el arranque del motor, en caso de no arrancar se debe comprobar sistemáticamente los factores que determinan las posibles causas

Figura 23.

Prueba de motor fuera de borda.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procede a verificar los sistemas de inyección, combustión, encendido, consumo de combustible, lubricación, así como a realizar mediciones de corriente y onda:

Sistema de inyección

- Se revisó si los alambres del sistema de inyección tienen rotura o corto circuito, así como la fuerza de la chispa.
- También se revisó si en la bujía existía decoloración, para comprobar si se está calentando correctamente.

Figura 24.

Revisión del sistema de inyección.



Fuente: Elaboración propia.

Sistema de combustión

Se identificaron los elementos que componen el sistema de combustible y se verificó el suministro de mezcla de aire y combustible desde el tanque al motor. De esta manera se evita la posibilidad de una fuga que podría causar un accidente, con consecuencias catastróficas como quemaduras al operador y a la tripulación, así como daños graves al motor y a la embarcación en su totalidad.

Entre los componentes del sistema de combustible que se identificaron se incluyen: tanque o tanques de combustible, mangueras o líneas, galones de gasolina, bomba principal y carburador. Todos estos componentes, con excepción del tanque de combustible y las mangueras, están ubicados dentro del motor, en la parte delantera. Durante la inspección se tomó en cuenta el apriete entre los componentes y sus conectores para evitar fugas de combustible

Mediante estas verificaciones se pudo comprobar que el tanque está libre de grietas o rasgaduras, que el tanque está limpio, que no hay agua en él y que hay suficiente combustible.

Además, permitió asegurarnos que todas las conexiones entre las

mangueras y otros componentes estén apretadas y que la mezcla de combustible sea la adecuada, lo cual permite que el motor fuera de borda funcione correctamente y no exista complicaciones al momento de que el motor empiece a funcionar.

Sistema de encendido

En esta operación se identificaron e inspeccionaron diversos componentes del sistema eléctrico antes de arrancar el motor, para así reparar los daños detectados, evitando así daños mayores durante el uso del motor durante su uso.

Se verificó el cable de la bujía, el cable de la bobina y el cable CDI en busca de roturas, grietas o roturas en la capa de aislamiento para evitar fugas o cortocircuitos que causen fallas en el motor y riesgos para la seguridad.

La revisión de este sistema dio como resultado la verificación del correcto funcionamiento del motor durante la prueba.

Medición del consumo de gasolina encendido

Para este proceso de medición se tomó en cuenta la mezcla y preparación del aceite según las condiciones del motor fuera de borda. Para los motores nuevos que se encuentran en una operación o período de rodaje inicial, así como para los motores que han sido revisados recientemente, la especificación recomendada por el fabricante es un 4% de aceite, es decir, 25 litros de gasolina y un litro de aceite de motor de dos tiempos.

Para un motor que funciona normalmente, la mezcla está diseñada para ser 2% de aceite, lo que corresponde a 1 litro de lubricante de dos tiempos, lo que corresponde a 50 litros de gasolina.

El consumo específico del motor (expresado en litros/CV/hora) es de unos 0,4

litros/CV/hora, que a máxima potencia es de unos 12-13 litros/hora. Si utiliza 3-4 litros/hora, entonces demasiado no sube. Es decir, ni siquiera se acerca a los 30 CV, sino a unos 8 CV. Esto supone que tiene un rendimiento dentro de lo normal, de lo contrario, el CV seguirá siendo menor.

Con esta prueba que se llevó a cabo, que si el motor va a velocidad normal no existe tanto consumo de combustible y si se acelera se consume más el combustible.

Figura 25.

Medición de consumo de gasolina



Fuente: Elaboración propia.

Medición de la corriente con multímetro

Para el proceso de medición de la corriente con el multímetro en el motor fuera de borda se procedió a encenderlo y luego se iniciaron las respectivas mediciones. Se midió la resistencia de la bobina, para ello se colocó el multímetro en ohmios, dando un resultado favorable puesto que presentó un valor de 12 V.

Figura 26.

Medición de la corriente con un multímetro.



Fuente: Elaboración propia.

Medición de revoluciones con tacómetro inductivo

Para realizar esta acción, primero debemos tener entendido donde se encuentra el sistema de bujías, una vez que lo tengamos localizado vamos a tomar el tacómetro, estiraremos su cable y tal cual lo enrollamos en una de los cables que entra en la bujía, unas 5 a 6 vueltas y al final amarramos el mismo cable, notaremos que en nuestro tacómetro debe estar en RPM, caso contrario iremos al manual el cual nos indica como cambiar de modo, luego de esto le daremos arranque al motor y notamos las revoluciones que este no da al encender 900 a 1000 RPM el motor enduro de 40 HP nos puede dar RPM de hasta 4500 / 5000 RPM

Figura 27

Medición de RPM mediante tacómetro inductivo



Fuente: Elaboración propia

Medición de temperatura con termómetro digital.

Para este proceso debemos saber donde queremos medir la temperatura, nuestro termómetro tiene un rango de -50 a 100 C° tomando en cuenta eso hicimos la prueba en la carcasa la chapa metálica para ver cuanta temperatura podemos obtener, sacamos nuestro termómetro localizamos el sensor el cual tiene un color plomo lo ubicamos en alguna ranura de la carcasa de l motor y podremos ver la temperatura subir, este termómetro va de 1C° por segundo, ósea de 1 en 1 irá marcando el mismo en todo bloque de motor nos da una temperatura entre 80-90 C° y loa gases de salida entre 110-130 C° el rango que nos dió

Figura 28

Medición de temperatura mediante termómetro digital



Fuentes: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El presente proyecto ha logrado cumplir exitosamente con el objetivo de diseñar y construir un banco de prueba para motores fuera de borda en la carrera de Ingeniería Marítima. El proceso de diseño, plasmado en planos detallados realizados con SOLIDWORKS, proporcionó

una base sólida para la construcción, garantizando la precisión y funcionalidad del banco de pruebas.

El ensamblaje de todos los elementos se llevó a cabo con éxito, utilizando materiales como tubos cuadrados de hierro negro, láminas de hierro negro y vidrio templado, junto con técnicas de soldadura MIG, resultando en una estructura robusta y duradera que cumple con las especificaciones requeridas para su propósito educativo.

La comprobación de los parámetros de funcionamiento de un motor fuera de borda en el banco de pruebas construido demostró la eficacia y utilidad práctica del proyecto. Las pruebas realizadas con un motor Yamaha de 2 tiempos permitieron verificar con éxito los sistemas de inyección, combustión, encendido, consumo de combustible y lubricación. Además, las mediciones de corriente y onda realizadas con instrumentos como el multímetro validaron la capacidad del banco para realizar análisis detallados y precisos. Estos resultados no solo cumplen con los objetivos específicos planteados, sino que también confirman el valor del banco de pruebas como una herramienta educativa esencial para la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería Marítima, brindando una plataforma para la aplicación de conocimientos teóricos en un entorno controlado y seguro.

Recomendaciones

Se recomienda que tomando como punto de partida la información suministrada en el presente trabajo, se considere la implementación de equipos de medición para realizar pruebas de oscilación, mediciones de gases, velocidad, etc., que incrementen la funcionalidad del banco de pruebas.

También se sugiere complementar el banco de pruebas con el apoyo de herramientas computacionales, que permitan evidenciar las mediciones de los distintos parámetros de funcionamiento de los motores fuera de borda.

Además, es importante realizar estudios ergonómicos sobre el diseño del banco de pruebas, de tal manera que se garantice que los estudiantes trabajen en posiciones adecuadas, que permitan el fácil acceso y desenvolvimiento de las prácticas experimentales

Bibliografía

- Hierro Palermo C.A. (s. f.). Recuperado 15 de diciembre de 2023, de <https://hierropalermo.com/construccion/544-lamina-de-hierro-negro-2-x-1-calibre-250mm-lisa.html>
- Ballesteros, J., Miranda, O., Punina, D., & Solís, J. (2022). *La importancia de un banco de ensayos para mejorar el rendimiento de un motor de 4 tiempos*. 7(1).
<https://doi.org/10.23857/pc.v7i1.3497>
- Benavides, F. M., & Rojas, M. (2011). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para motores monocilindricos de cuatro tiempos a gasolina* [Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Universidad Pontificia Bolivariana.
https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1679/digital_21165.pdf?sequence=1
- Capítulo 6 Motores Fuera Borda.pdf*. (s. f.).
- Codinter, E. E. (2023, febrero 1). *Las mejores máquinas de soldar MIG en 2023*. Codinter América. <https://www.codinter.com/es/las-mejores-maquinas-de-soldar-mig-en-2023/>
- Fuera de borda. (2020). *Ventajas del Motor Fuera de Borda – Fuera de Borda*.
<https://inversionesfueraдебorda.com/algunas-ventajas-del-motor-fuera-de-borda/>
- Pionce-Acosta, D., & Mielles-García, A. (2023). Impacto ambiental de los desechos hospitalarios del cantón Jipijapa. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(5), 434-448.
<https://doi.org/10.33386/593dp.2023.5.1990>
- Telandweb. (s. f.). *TUBO CUADRADO NEGRO PEQUEÑO*. Recuperado 15 de diciembre de 2023, de <https://metalhierro.com//producto/2447-tubo-cuadrado-negro-pequeño>
- ScienceDirect. (s.f.). *Tachometer - an overview*. En *ScienceDirect Topics*. Recuperado 15 de diciembre de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/tachometer>

Charpentier, W. (2017, julio 21). *puro motores* . Obtenido de <https://www.puromotores.com/13153380/como-probar-una-bobina-de-un-motor-fuera-de-borda-con-un-multimetro>

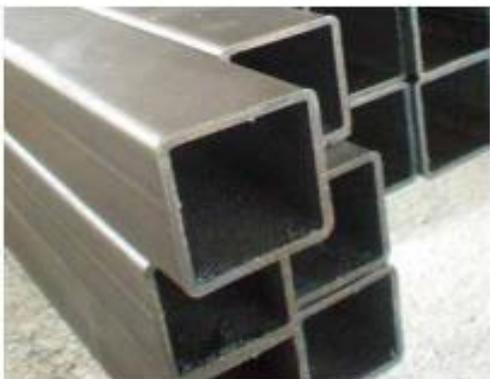
FLOREZ, G. (2012, JULIO 13). Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2065/digital_24320.pdf

Rodríguez-Gámez. (2023, septiembre 3). *latindex*. Obtenido de https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/2030

Anexos

ANEXO 1. Tubos cuadrados de hierro negro

 **IMPORT ACEROS**
Servicio Importadores y Distribuidores Aceros



TUBO CUADRADO ESTRUCTURAL Y GRANDES DIMENSIONES

Al ser una aleación (hierro y carbón) tiene muchas propiedades interesantes. Es especialmente valorado para su uso en estructuras pesadas que requieren resistencia a la corrosión y las temperaturas extremas. Ejemplos pueden ser la construcción tanto de viviendas como de grandes estructuras, como puentes, carreteras, galpones, centros comerciales. En general, el tubo cuadrado de acero aporta:

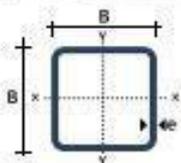
- Mayor peso
- Más tenacidad
- Mayor resistencia a la corrosión
- Amplia resistencia a las temperaturas extremas
- Facilidad para soldar
- Elevada maquinabilidad

DESCRIPCIÓN

Especificaciones Generales:

Largo Normal:	6 metros
Recubrimiento:	Negro y Galvanizado
Norma de Calidad:	ASTM A 500 Gr. A, B o C
Norma de fabricación:	NTE INEN 2415
Espesores:	Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:	Otras dimensiones y largos, previa consulta





Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			De x-x y y-y			Radio de giro
			Momento de inercia	Módulo de resistencia		
S	e	A	P	I	W	r
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,40	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,80	1,25	0,96	0,66	0,66	0,73
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,95
	1,50	1,25	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,08	1,39	1,16
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,68	2,73	1,82	1,13
40	1,40	2,11	1,66	5,18	2,59	1,57
	1,50	2,25	1,77	5,49	2,75	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,90	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,50	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,36	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,38	5,59	1,45
50	1,40	2,67	2,30	10,42	4,17	1,97
	1,50	2,85	2,24	11,07	4,43	1,97
	1,80	3,39	2,66	12,95	5,18	1,96
	2,00	3,74	2,93	14,35	5,66	1,95
	2,50	4,59	3,60	16,96	6,78	1,92
	3,00	5,41	4,25	19,59	7,80	1,90
	4,00	6,95	5,45	23,84	9,54	1,85
60	1,30	3,43	3,71	18,34	6,71	2,39
	1,80	4,11	3,22	22,95	7,65	2,36
	2,00	4,54	3,56	25,15	8,38	2,35
	2,50	5,59	4,39	30,36	10,12	2,33
	3,00	6,61	5,39	35,17	11,72	2,31
	4,00	8,55	6,71	43,65	14,55	2,26

Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			De x-x y y-y			Radio de giro
			Momento de inercia	Módulo de resistencia		
S	e	A	P	I	W	r
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
70	1,50	4,05	3,18	31,46	8,99	2,70
	1,80	4,83	3,79	37,09	10,60	2,77
	2,00	5,34	4,19	40,73	11,64	2,76
	2,50	6,59	5,17	49,43	14,32	2,74
	3,00	7,81	6,13	57,56	16,45	2,72
	4,00	10,15	7,97	72,22	20,64	2,67
75	1,50	4,35	3,42	38,92	10,38	2,90
	1,80	5,38	4,07	45,95	12,25	2,98
	2,00	5,74	4,50	50,50	13,47	2,97
	2,50	7,09	5,56	61,40	16,37	2,94
	3,00	8,41	6,60	71,65	19,11	2,92
	4,00	10,95	8,59	90,29	24,08	2,87
90	1,80	6,27	4,92	60,71	17,94	3,59
	2,00	6,94	5,45	68,87	19,75	3,58
	2,50	8,58	6,74	108,57	24,33	3,56
	3,00	10,21	8,01	127,32	28,29	3,53
	4,00	13,25	10,48	162,02	36,01	3,48
	100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32
2,00		7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
2,50		9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
3,00		11,41	8,96	177,88	35,42	3,94
4,00		14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
5,00		18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
125	3,00	21,63	16,98	332,00	62,40	3,80
	3,00	14,41	11,31	354,53	56,73	4,96
	4,00	18,95	14,87	457,33	73,17	4,91
	5,00	23,36	18,33	552,87	88,46	4,87
	6,00	27,83	21,89	645,41	102,63	4,82
	150	3,00	15,61	12,25	449,88	66,65
4,00		20,55	16,13	581,80	86,19	5,32
5,00		25,36	19,99	705,36	104,47	5,27
6,00		30,03	23,58	820,25	121,52	5,23
150	3,00	17,41	13,67	622,76	83,03	5,98
	4,00	22,95	18,01	807,92	107,72	5,93
	5,00	28,36	22,26	982,37	130,98	5,89
	6,00	33,63	26,40	1146,43	152,86	5,84

ANEXO 2. Láminas de hierro negro caliente 2mm



Lámina Negra o de Hierro Negro



Descripción General

Las láminas de hierro negro son productos de acero, planos, laminados en caliente que se obtienen del corte transversal de las bobinas negras laminadas en caliente obtenidas a partir de planchones de acero.

Se suministran en espesores entre 2,00 mm y 12,00 mm, con anchos de 1,00 m y 1,20 m, y largos estándar de 2,00 m y 2,40 m. Para espesores entre 2,00 mm y 4,50 mm se pueden suministrar decapadas y aceitadas.

Las láminas de acero negro, se utilizan para la fabricación de tubos soldados, recipientes a presión, industria naval, partes y piezas automotrices, fabricación de perfiles soldados, en la industria metalmeccánica y para trabajos de herrería en general.

Información Técnica

NORMAS

Fabricación:

ASTM A 568 Standard Specification for Steel, Sheet, Carbon, Structural, and High-Strength, Low-Alloy, Hot-Rolled and Cold-Rolled, General Requirements

ASTM A 635 Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Heavy-Thickness Coils, Hot-Rolled, Alloy, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, and High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, General Requirements

Calidad:

ASTM A1011 Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, and Ultra-High Strength

ASTM-A-36 Standard Specification for Carbon Structural Steel

ASTM A 572 - 50 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel

PROPIEDADES

Calidad del Acero		Grado	Dureza	Fluencia	Tracción	Elongación
ASTM A 1011	HR Acero Comercial	Tipo A	75 RB max	30/60 ksi	NA	25% max
		Tipo B	75 RB max	30/60 ksi	NA	25% max
		Tipo C	75 RB max	30/60 ksi	NA	25% max
ASTM A 1011	HR Acero Estructural	Grado 30		30 ksi min	48 ksi min	21-25% min
		Grado 33		33 ksi min	52 ksi min	18-23% min
		Grado 36 (Tipo 1)		36 ksi min	53 ksi min	17-22% min
		Grado 36 (Tipo 2)		36 ksi min	58/80 ksi	16-21% min
		Grado 40		40 ksi min	55 ksi min	15-21% min
		Grado 45		45 ksi min	60 ksi min	13-19% min
		Grado 50		50 ksi min	66 ksi min	11-17% min
Grado 55		55 ksi min	70 ksi min	9-15% min		
ASTM A 36	Acero Estructural al Carbono			36 ksi min	58/80 ksi	23% min
ASTM A 572 - 50	Acero Estructural al Carbono			50 ksi min	66 ksi min	21% min

TOLERANCIAS

Tolerancia en Espesor, mm	+0,50, -0,25-
Tolerancia en Ancho, mm	-0 mm, + 20 mm
Tolerancia en Largo, mm	-0, + 10 mm
Diferencia Máxima entre Diagonales	Ancho/50
Planitud	15 mm
Rebaba de Corte	< 10% el espesor del material con un mínimo de 0,10 mm

Tabla Comercial del Producto

PESOS Y MEDIDAS

Bobinas y Láminas de Hierro Negro
Láminas Estándar. Peso Teórico Kgs/pza

Espesor (mm)	Ancho por Largo	
	1,00 x 2,00	1,20 x 2,40
2,00	32,00	46,08
2,25	NA	51,84
2,50	40,00	57,60
3,00	48,00	69,12
4,00	64,00	92,16
4,50	72,00	103,68
5,00	80,00	115,20
6,00	96,00	138,24
7,00	112,00	161,28
8,00	128,00	184,32
9,00	144,00	207,36

ANEXO 3. Vidrio Templado



FICHA TECNICA VIDRIO TEMPLADO

EL VIDRIO TEMPLADO ES RESULTADO DE SOMETER UN VIDRIO A UN TRATAMIENTO TERMICO CONTROLADO, CON ESTE PROCESO EL VIDRIO SE CALIENTA HASTA UNOS 700 GRADOS PARA DESPUES SER ENFRIADO BRUSCAMENTE, SE CONSIGUE QUE EL PRODUCTO ADQUIERA MAYOR RESISTENCIA A LOS ESFUERZOS DE ORIGEN MECANICO Y TERMICO.

EN CASO DE ROTURA, POR IMPACTO HUMANO ACCIDENTAL U OTRAS CAUSAS, EL VIDRIO TEMPLADO SE FRAGMENTA EN PEQUEÑOS TROZOS NO CORTANTES, LO QUE HACE DEL PRODUCTO ADECUADO PARA APLICACIONES DE SEGURIDAD

PROPIEDADES

FISICAS

- Resistencia al impacto: Un vidrio templado de 8/10 mm de espesor, resiste el choque de una bola de acero de 500 grs en caída libre desde una altura de 2 m.
- Resistencia a la compresión: El peso necesario para pulverizar un cubo de 1 cm. de lado es del orden de 10.000 Kg/cm².
- Resistencia a la flexión: La tensión de rotura varía de 1.200 a 2.000 kg/cm² y la tensión de trabajo es del orden de 500 kg/cm².
- Resistencia a la torsión: Ensayo realizado en un volumen de 100 x 33 cm. y 6 mm de espesor. Se produce la rotura bajo un ángulo de 27°, equivalente a 180 kg. esfuerzo de torsión.
- Resistencia a la tracción: Aproximadamente 1.000 kg/cm²

El coeficiente de transmisión térmica para una luna de 6 mm de espesor es K= 4,9 Kcal/h. m² °C

- La resistencia al choque térmico es de unos 240° C

Las dimensiones máxima y mínima de los vidrios templados están determinadas, principalmente, por el tipo de horno donde se efectúa el proceso de temple, pero también existen ciertos aspectos técnicos que las limitan, en función del espesor y de las características específicas de la pieza a fabricar.

Las medidas máximas de nuestro horno es la siguiente:

Horno horizontal 2400 x 3600

MANUFACTURA: Todas las manufacturas han de ser realizadas antes del proceso de templado, ya que, en caso contrario, se produciría la rotura del vidrio. Solamente es admisible, después de este proceso, su decorado, mediante un ligero mateado al ácido o a la arena.

Cantos :- En función de la aplicación de los vidrios y de cómo vayan a ser instalados (empotrados o vistos) el acabado de los cantos