



UPA Universidad
Politécnica Amazónica

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRACCIÓN
ELECTROMECAÁNICA PARA MEJORAMIENTO
DEL RENDIMIENTO DE UN VEHÍCULO MENOR
MOTOTAXI DE TRANSPORTE PÚBLICO EN
BAGUA GRANDE-AMAZONAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

AUTOR:

Fortunato Eduan Paredes Frías

ORCID: 0000-0003-4325-8952

ASESOR:

Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

ORCID: 0000-0002-9018-9569

Registro: UPA-PITIM0015

Bagua Grande – Perú

2023

Dedicatoria

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres que me han dado todo su apoyo tanto moral como económico pues de otro modo no hubiera podido realizar o concluir la carrera profesional.

Agradecimiento

Agradecer principalmente al Dios de Israel por el conocimiento que me ha dado para entender un poco de ciencia, ya que si no fuera por ello nada de lo que se ha logrado se hubiera realizado a él sea toda la gloria.

También agradecer al Ingeniero Eduar Jamis Mejía Vásquez por su incondicional apoyo y por el tiempo dedicado que ha tenido en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Autoridades universitarias

Rector : Dr. Ever Salomé Lázaro Bazán
Coordinador de Escuela : Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Visto bueno del asesor

Yo, Eduar Jamis Mejía Vásquez, docente y coordinador de Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica, dejo constancia de haber asesorado al tesista Fortunato Eduan Paredes Frías, en su tesis titulada: “Diseño de un Sistema de Tracción Electromecánica para Mejoramiento del Rendimiento de un Vehículo Menor Mototaxi de Transporte Público en Bagua Grande - Amazonas”. Asimismo dejo constancia que se ha levantado las observaciones señaladas en las revisiones previas a esta presentación.

Por lo indicado, doy fe y visto bueno.

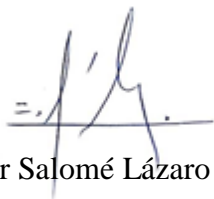
Bagua Grande, 05 de enero del 2023



Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

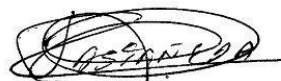
Asesor

Jurado evaluador



Dr. Ever Salomé Lázaro Bazán

Presidente



Mg. Ing. Juan José Castañeda León

Secretario



Mg. Ing. Emilio Periche Chunga

Vocal

Declaración jurada de no plagio

Yo, Fortunato Eduan Paredes Frías, identificado con DNI 44937975 egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica.

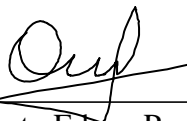
Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: “Diseño de un Sistema de Tracción Electromecánica para Mejoramiento del Rendimiento de un Vehículo Menor Mototaxi de Transporte Público en Bagua Grande - Amazonas”.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.
6. Se ha respetado las consideraciones éticas en la investigación.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir todas las cargas pecuniarias que pudiera derivarse para la Universidad Politécnica Amazónica en favor de terceros por motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del cumplimiento de lo declarado, y que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias o sanciones civiles y penales que de mi acción deriven.

Bagua Grande, 05 de enero del 2023



Fortunato Eduan Paredes Frías

DNI 44937975

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Autoridades universitarias	iv
Visto bueno del asesor	v
Jurado evaluador.....	vi
Declaración jurada de no plagio	vii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. Introducción	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Justificación.....	2
1.3.1. Justificación técnica	2
1.3.2. Justificación social.....	2
1.3.3. Justificación económica.....	3
1.3.4. Justificación ambiental	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Objetivos	3
1.5.1. Objetivo general.....	3
1.5.2. Objetivos específicos	4
II. Marco teórico	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. A nivel internacional.....	5
2.1.2. A nivel nacional	7
2.1.3. A nivel local.....	8
2.2. Bases teóricas	8

2.2.1. Mototaxi.....	8
2.2.2. Motores de combustión interna.....	10
2.2.3. Motores eléctricos.....	13
2.2.4. Motores eléctricos de corriente continua.....	15
2.2.5. Clasificación de motores eléctricos de corriente continua.....	18
2.2.6. Motores de imanes permanentes.....	20
2.2.7. Batería.....	24
2.2.8. Tipos de baterías.....	24
2.2.9. Indicadores económicos.....	27
2.3. Definición de términos.....	28
III. Material y métodos.....	29
3.1. Diseño de investigación.....	29
3.2. Población, muestra y muestreo.....	29
3.3. Determinación de variables.....	30
3.4. Fuentes de información.....	30
3.5. Métodos.....	30
3.6. Técnicas e instrumentos.....	31
3.7. Procedimiento.....	31
3.8. Análisis estadístico.....	33
3.9. Consideraciones éticas.....	33
IV. Resultados.....	34
4.1. Resultados de dimensionamiento de mecanismos electromecánicos.....	34
4.1.1. Resultados de análisis de las fuerzas que ejercen sobre el vehículo mototaxi.....	34
4.1.2. Resultados de selección del sistema de transmisión de potencia.....	37
4.1.3. Resultados del torque necesario.....	39
4.1.4. Resultados de velocidad angular.....	39

4.1.5. Resultados de la potencia del motor eléctrico	40
4.1.6. Resultados del torque nominal.....	40
4.1.7. Resultados de cálculo y selección del motor eléctrico.....	41
4.1.8. Resultados de cálculo y selección del sistema de acumulación de energía	43
4.1.9. Resultados de selección del cargador de la batería.....	45
4.1.10. Calculo y selección fusible e interruptor de encendido.....	46
4.1.11. Calculo y selección de cables eléctricos.....	47
4.2. Simulación de las piezas del sistema de tracción electromecánico con el software SolidWorks	47
4.2.1. Diseño del eje.....	47
4.2.2. Diseño del pin	48
4.2.3. Diseño del empate entre el motor eléctrico y el eje	48
4.2.4. Simulación del sistema de tracción electromecánico	49
4.2.5. Esquema del diseño de sistema de tracción electromecánico para la mototaxi.....	52
4.3. Evaluación económica del proyecto.....	53
4.3.1. Presupuesto referencial	53
4.3.2. Evaluación de costos de energía	54
V. Discusión	59
Conclusiones.....	61
Recomendaciones	62
Referencias bibliográficas	63

Índice de figuras

Figura 1 Esquema del sistema de tracción mecánica de una mototaxi convencional referencial.....	10
Figura 2 Ciclo de trabajo teórico del motor dos tiempos.....	12
Figura 3 Motor de corriente continua	16
Figura 4 Circuito equivalente de un motor de corriente continua	17
Figura 5 Diagrama del flujo de potencia de un motor de corriente continua	18
Figura 6 Diagrama de motores de corriente continua.....	19
Figura 7 Motor Brushless DC (BLDC).....	21
Figura 8 Estator de un motor Brushless.....	21
Figura 9 Rotor de un motor Brushless	22
Figura 10 Sensor Hall de un motor Brushless	22
Figura 11 Esquema de funcionamiento de un motor Brushless sin escobillas	23
Figura 12 Torque/velocidad de un motor Brushless	24
Figura 13 Batería de tracción.....	27
Figura 14 Diseño de la investigación.....	29
Figura 15 Procedimiento de cálculo para diseño del sistema de tracción electromecánica	32
Figura 16 Dimensiones de la mototaxi	36
Figura 17 Esquema de análisis para determinar la resistencia por pendiente.....	37
Figura 18 Propuestas de selección del sistema de transmisión de potencia	38
Figura 19 Interruptor de encendido.....	46
Figura 20 Diseño del eje de acero AISI 1020	48
Figura 21 Diseño del pin entre el empate y el eje.....	48
Figura 22 Diseño del empate entre el motor eléctrico y el eje.....	49
Figura 23 Secuencia de cálculos y simulación en el SolidWorks.....	49
Figura 24 Diseño del sistema de tracción	50
Figura 25 Análisis de la deformación unitaria.....	50
Figura 26 Factor de seguridad.....	51
Figura 27 Análisis de la tensión.....	52

Figura 28 Esquema del sistema de tracción mecánica mototaxi eléctrica con baterías propuesta53

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción aproximada peso del mototaxi.....	34
Tabla 2 Características del motor eléctrico seleccionado	41
Tabla 3 Parámetros comparativos del motor de combustión interna vs motor eléctrico	42
Tabla 4 Características eléctricas de la batería seleccionada.....	44
Tabla 5 Resultado de cálculo de cables	47
Tabla 6 Presupuesto referencial	53
Tabla 7 Costos de energía mototaxi eléctrico	54
Tabla 8 Costos de energía mototaxi con motor de combustión interna.....	55
Tabla 9 Costos de combustible de estaciones de servicio de combustible- Bagua Grande.	55
Tabla 10 Costos operativos anuales mototaxi motor de combustión interna vs motor eléctrico	56
Tabla 11 Evaluación económica del proyecto, propuesta 1.....	57
Tabla 12 Evaluación económica del proyecto, propuesta 2.....	58

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de tracción electromecánica para el mejoramiento del rendimiento de un vehículo menor mototaxi. Los motores de combustión interna presentan deficiencias con respecto al rendimiento, y una de las mejoras es utilizar motores eléctricos que son aproximadamente 50% más eficientes, y las emisiones contaminantes son cero. La muestra es un mototaxi marca Honda CG 125, el tipo de investigación es básica y un nivel descriptivo, no experimental. Para el dimensionamiento de los mecanismos electromecánicos, se seleccionó un motor eléctrico CD Brushless de 5.5 kW de 48 V, que cumple con los parámetros en cuanto a potencia, torque nominal (35 N.m), torque máximo (70 N.m), rendimiento calculada del motor 80.17%. Para el diseño y simulación de las piezas se realizó un mallado, se seleccionó un acero AISI 1020, y se aplicó una carga de 5329.28 N. Los resultados de simulación de deformaciones unitarias, factor de seguridad, y análisis de tensiones indica que no existen riesgos de falla, basado en el criterio de VonMises. Por último, la evaluación económica se realizó para un periodo de 15 años, tomando una tasa de interés para el VAN del 10%, resultó rentable, tiempo de recuperación 10.81 años, VAN S/. 3595.14, y un B/C de 1.15; también se realizó la evaluación para un segundo escenario con una tasa de interés para el VAN del 6 %, resultando más rentable, tiempo de recuperación 8.18 años, VAN S/. 9398.20, y un B/C de 1.38.

Palabras claves: Rendimiento, mototaxi eléctrico, tracción eléctrica.

ABSTRACT

The objective of this research is to design an electromechanical traction system to improve the performance of a minor mototaxi vehicle. Internal combustion engines have deficiencies with respect to performance, and one of the improvements is to use electric motors that are approximately 50% more efficient, and polluting emissions are zero. The sample is a Honda CG 125 motorcycle taxi, the type of research is basic and a descriptive level, not experimental. For the sizing of the electromechanical mechanisms, a 5.5 kW, 48 V DC Brushless electric motor was selected, which meets the parameters in terms of power, nominal torque (35 N.m), maximum torque (70 N.m), calculated performance of the motor 80.17% For the design and simulation of the pieces, a mesh was made, an AISI 1020 steel was selected, and a load of 5329.28 N was applied. The results of the simulation of unitary deformations, safety factor, and stress analysis indicate that there are no risks, of failure, based on the VonMises criterion. Finally, the economic evaluation was carried out for a period of 15 years, taking an interest rate for the VAN of 10%, it was profitable, recovery time 10.81 years, VAN S/. 3595.14, and a B/C of 1.15; the evaluation was also carried out for a second scenario with an interest rate for the VAN of 6%, resulting in a more profitable recovery time of 8.18 years, VAN S/. 9398.20, and a B/C of 1.38.

Keywords: Performance, electric motorcycle taxi, electric traction.

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

Impulsada por las crisis de contaminación del aire urbano, el aumento de las emisiones de carbono del sector del transporte y la dependencia de los combustibles fósiles, la movilidad eléctrica ha surgido en las últimas décadas como una estrategia baja en carbono. Si bien hasta hace poco tiempo estaban ausentes en algunos países como en Kenia -África, los vehículos eléctricos han comenzado a aparecer, aunque principalmente en una etapa de pilotos o con pequeñas flotas (Martin, 2021).

El rendimiento de los vehículos de tres ruedas que funcionan con gasolina es sumamente bajo, también estos vehículos están vinculados con la contaminación del medio ambiente debido a la combustión que estos motores realizan, adicionalmente queman aceite lubricante; como resultado de dichos contaminantes tenemos las enfermedades respiratorias. El diseño de un sistema eléctrica es una alternativa para los problemas actuales de contaminación mejora de rendimiento de la ciudad de Quito, el planeta necesita un menor índice de contaminación del aire, ya que el solo hecho de ser una ciudad con un excesivo parque automotor colapsa el aire respirado por los quiteños.

Los vehículos eléctricos, tienen varias ventajas sobre los vehículos convencionales que suelen utilizar un motor de combustión interna. Estas ventajas son que pueden recuperar energía cinética al frenar y energía potencial en tramos de bajada. Esto convirtió a los vehículos eléctricos en una buena forma de reducir los efectos negativos asociados con el tráfico humano, como la contaminación, el calentamiento climático y la reducción de la disponibilidad de combustibles fósiles, así como las consecuencias socioeconómicas asociadas (Durán et al., 2014).

El bajo rendimiento que los motores de combustión interna aprovechan en el consumo de la energía química para realizar su trabajo y la contaminación ambiental que estos emiten a la atmosfera cuando combustionan. Debido a ello en Lima se plantea que los mototaxis funcionen con energía proveniente del hidrógeno en ese sentido las baterías serían

recargadas con la energía proveniente de este tipo de fuente esto daría a la población limeña una mejor calidad de vida.

Los mototaxis convencionales utilizan motores de combustión interna los cuales son de bajo rendimiento, emiten emisiones contaminantes a la atmosfera también perjudican la audición sonora. Debido a ello se desea diseñar un sistema de tracción eléctrico para mejorar su rendimiento del mototaxi, así como también la calidad del aire y el medio ambiente. Por otro lado, la utilización masiva en la ciudad de Bagua Grande de vehículos menores como son los mototaxis que los pobladores utilizan para su transporte en dicho ciudad, siendo para algunos una herramienta de trabajo y para otros el transporte que utilizan para movilizarse a su centro de labores.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo se diseñará un sistema de tracción electromecánica para mejoramiento del rendimiento de un vehículo menor mototaxi de transporte público en Bagua Grande – Amazonas?.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación técnica

Con la presente investigación se logrará diseñar un sistema de tracción eléctrica a un mototaxi que actualmente es accionada por un motor a gasolina. Logrando así utilizar energía limpia, donde no se necesita de mantenimientos periódicos, como, por ejemplo, el cambio de aditivos lubricantes el manejo del vehículo eléctrico será de fácil operación. Su mantenimiento será muy sencillo de fácil desmontaje. También, mediante esta investigación, se tiene como visión estimular a los gobiernos locales a la toma de decisiones para aminorar el problema ambiental, utilizando energía alternas y limpias.

1.3.2. Justificación social

Al diseñar este sistema de tracción eléctrico, habrá una notable diferencia. Los pasajeros sentirán más confort al momento de viajar, ya no habrá ruido, ni mucho menos tendrá que percibir el olor del combustible quemado. Cabe resaltar la salud del chofer que a

diario sale a trabajar en esta unidad de transporte se sentirá más cómodo al manejar su vehículo; y también con el confort de los pasajeros. Por otra parte podrá recorrer rutas largas. Otro dato que tenemos que resaltar al reducirse los costos de mantenimiento y carga del vehículo menor, cabe la posibilidad de que se reduzca el pasaje, beneficiando de manera directa a los usuarios.

1.3.3. Justificación económica

Recargar una moto eléctrica es más barato que llenar el tanque de una moto convencional en una estación de servicio a gasolina. Se cargará en un aproximado de seis horas. Definitivamente hay un considerable ahorro económico, y un mayor ingreso de ganancia a los hogares de aquellos que utilizan este medio de transporte como única fuente de trabajo.

1.3.4. Justificación ambiental

En nuestro país, se nombraron estándares de calidad para el aire; según el decreto supremo N° 003-2017 MINAN, actualizando la normativa sobre los límites máximos permisibles de emisiones para vehículos. Entonces este reglamento nos lleva a la necesidad de considerar instrumentos de gestión ambiental que controlen estas fuentes de contaminación. Debido a estas normas se buscan alternativas de energía. En esta investigación se pretende diseñar un sistema de tracción electromecánico para mejorar el rendimiento del vehículo menor mototaxi.

1.4. Hipótesis

Si se diseña un sistema de tracción electromecánica se mejora el rendimiento de un vehículo menor mototaxi de transporte público en Bagua Grande - Amazonas

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de tracción electromecánica para mejoramiento del rendimiento de un vehículo menor mototaxi de transporte público en Bagua Grande – Amazonas

1.5.2. Objetivos específicos

- Dimensionar los mecanismos electromecánicos para el vehículo menor mototaxi.
- Simular el sistema de tracción electromecánico con el software SolidWorks.
- Evaluar económicamente el proyecto.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Ewert et al. (2021) en su investigación titulada “Pequeños vehículos eléctricos (SEVs): Ventajas e inconvenientes para el desarrollo urbano sostenible”, cuyo objetivo fue analizar las ventajas y desventajas de estos vehículos al combinar la investigación bibliográfica y los resultados de un enfoque de método mixto con entrevistas a expertos y una encuesta en línea. Como resultado de estos argumentos, se dibuja una visión para los SEV en áreas urbanas que los muestra integrados en una combinación de varios modos de transporte. Si los SEV reemplazaran a los vehículos con motores de combustión interna (ICE), los beneficios medioambientales se derivan, por ejemplo, de su menor peso y baja velocidad máxima, lo que los convierte en una opción de transporte más eficiente desde el punto de vista energético que los coches más pesados. Además, el tamaño pequeño del vehículo reduce el uso del suelo para SEV y, por ejemplo, permite que se necesiten menos áreas de estacionamiento. Sin embargo, también tienen limitaciones que deben abordarse de diferentes maneras. Por un lado, la menor seguridad respecto a los turismos es una cuestión que se agrava aún más con las normas de circulación vigentes. Por otro lado, los costos en términos de precios de compra parecen ser un problema para los SEV.

Gökozan (2020) en su artículo titulado “Motores de tracción y controladores de motor utilizados en vehículos eléctricos”, cuyo objetivo fue realizar un estudio de la estructura, tipos, características de funcionamiento de las pequeñas, medianas y grandes potencias de los motores eléctricos utilizados en vehículos eléctricos y los circuitos de accionamiento de motor necesarios para hacer funcionar los motores. La producción y el uso de vehículos eléctricos (VE) se están generalizando. El efecto negativo de los vehículos de combustibles fósiles en el medio ambiente la contaminación también aumenta los incentivos y la demanda de vehículos eléctricos. Uno de los equipamientos más importantes en los vehículos eléctricos es el motor eléctrico. Las características de los motores eléctricos (EMs), cambian de acuerdo al área de uso y potencia de los vehículos eléctricos. Hay algunos

cambios estructurales en los motores eléctricos utilizados para vehículos eléctricos pequeños y potentes y motores eléctricos producidos para vehículos medianos y grandes de gran potencia. En función de la potencia y estructura de los motores eléctricos, las características de los accionamientos que el control de estos motores también cambia.

Reyes (2018) en su tesis titulada “Diseño de un sistema regenerativo de carga de baterías con paneles solares para un vehículo eléctrico Kia Soul”, tiene como objetivo diseñar el sistema de recarga de baterías por fuentes solares mediante software de ingeniería, para generar el incremento de su autonomía con una muestra del motor eléctrico Kia Soul de esto se obtiene resultados que la batería de 12 voltios denota un consumo de 9.73 amperios, obtenidos en la prueba de carretera durante el periodo de 1 hora al accionar los sistemas eléctricos del vehículo como luces, audio, etc.; valor de consumo atenuado por el suministro de energía eléctrica que brinda el LDC, destinado a cargar la batería de 12V, para lo cual se escrutan los valores de carga obteniendo un valor de consumo máximo de 10.13 amperios.

Pavon (2020) en su tesis titulada “Diseño y construcción del chasis, suspensión y tren de potencia de una moto eléctrica”, cuyo objetivo fue diseñar y construir el chasis, suspensión y tren de potencia de una moto eléctrica. Los problemas de tráfico en las ciudades perturban nuestra vida diaria. Los vehículos eléctricos han intentado ser la solución a este problema y también al problema de la contaminación. Para el diseño en sí, se definieron los parámetros generales de acuerdo a la literatura, mientras que se realizó el diseño CAD de la motocicleta y el correspondiente análisis estructural mediante el método de elementos finitos. Se presentaron las ecuaciones del modelo matemático de la suspensión, su simulación y optimización de parámetros, y finalmente llegamos a la parte de rendimiento de la moto, donde junto con el controlador pudieron determinar la potencia del motor y las baterías a partir de la base de datos de ciclos de conducción. En la última parte se realizó la construcción de la moto y el correspondiente análisis de los resultados, donde se presentaron las curvas de rendimiento del motor y de la moto, las curvas de autonomía de las baterías y la comparación de los resultados teóricos y experimentales. Finalmente, se detallaron en los anexos los planos de edificación, planos eléctricos y ecuaciones de cálculo.

Cajamarca (2020) en su tesis titulada “Análisis de la factibilidad económica para la implementación de vehículos la factibilidad económica para el despliegue de vehículos eléctricos para Correos del Ecuador como parte de la flota vehicular de la ciudad de Cuenca; Para ello, en primer lugar, realizó un recorrido histórico de los servicios postales del mundo, y en especial del Ecuador, y se crea un marco conceptual de los vehículos eléctricos en la industria automotriz. Luego se hizo un análisis de la situación actual de Correos del Ecuador, sus rutas, flota vehicular y costos operativos actuales de entrega y recepción de paquetería. Como resultado, se determinaron los costos de introducir los autos eléctricos en las operaciones de la empresa y se compararon con los costos de los autos a gasolina, y se elaboró un pronóstico futuro a 10 años para determinar la mejor opción y finalmente la factibilidad de introducción de vehículos eléctricos. Para la recolección de datos se utilizaron métodos de investigación como entrevistas directas a funcionarios de la empresa y revisión bibliográfica; así como datos de EMOLAB de la Universidad Politécnica de Salesiana. Así, los resultados fueron calculados, presentados y graficados en el programa Excel del paquete office, donde finalmente se concluyó que la introducción de carros eléctricos para las operaciones de Correos del Ecuador no es posible, debido a que los vehículos no cuentan con la suficiente autonomía.

2.1.2. A nivel nacional

Romero (2020) en su tesis titulada “Diseño de un sistema mecánico-eléctrico con carga solar para un vehículo automotriz menor de tres ruedas”, cuyo objetivo fue diseñar un sistema mecánico-eléctrico con carga solar para un vehículo automotriz menor de tres ruedas. La metodología utilizada en esta tesis se basa en un método descriptivo/analítico y el diseño fue no -experimental, lo que permite realizar múltiples análisis basados en la observación de la radiación solar y el propio diseño del vehículo, con ayuda de los cuales es posible describir e identificar posteriormente los elementos que componen el sistema de suministro de energía eléctrica con la ayuda de paneles solares y la transmisión de la energía del sistema por cadena. En los resultados obtenidos en este trabajo, la creación de un banco de baterías con la ayuda de un sistema de carga solar y la elección de un motor eléctrico de corriente continua después de analizar se determina parámetros como la velocidad máxima permisible y el peso de un vehículo de menor tamaño sobre el propio vehículo; además, se

analiza el sistema de transmisión de potencia, el cual por la facilidad de adquisición y bajos costos económicos se decidió elegir el tipo de transmisión por cadena. Finalmente, se determinan los costos totales necesarios que demandará la fabricación del vehículo objeto de este estudio.

Sanchez (2020) en su tesis titulada “Diseño de un motor magnético para la generación de energía mecánica, con posterior transformación a energía eléctrica, conectado a las baterías del auto eléctrico I-MIEV de Mitsubishi mejorando así su autonomía”, cuyo objetivo fue evaluar la mejora de autonomía con el generador acoplado al sistema del auto eléctrico I-MIEV de Mitsubishi. Para el diseño del motor magnético se utilizó los programas AutoCAD y SolidWorks. Como resultados al acoplar el motor magnético al sistema del auto eléctrico, se encontró una mejora de autonomía del 25%, misma que nos permite recorrer unos 40 km más de la autonomía natural del auto eléctrico, solucionado su problema de autonomía, carga remota y ayudando al medio ambiente incentivado a que más personas compren autos eléctricos.

2.1.3. A nivel local

A nivel regional y local no se tiene proyectos de este tipo, por lo que se presenta este proyecto como una de las alternativas para mejorar el rendimiento de las mototaxis que utilizan motores de combustión interna, con esta alternativa también se mejora la calidad del medio ambiente reduciendo las emisiones de carbono ya que los vehículos eléctricos no emiten CO₂.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mototaxi

Según la Real Academia Española, la definición de una motocicleta cubierta de tres ruedas utilizada como medio de transporte general de corta distancia, capaz de transportar pasajeros adicionales detrás del conductor.

Utilizado en gran parte de México y el resto del mundo incluyendo Tailandia, China e India, los orígenes de este modo de transporte se remontan a Italia en 1928 con Carlos Guzzi. El diseño de Guzzi fue una motocicleta de tres ruedas con cabina y tolva. Otro antecedente es el de Piaggio Ape, también fabricado en Italia en 1948 que es muy parecido al que ha sido descrito anteriormente. El adelanto para llevar pasajeros surgió con el nacimiento del llamado ‘Autorickshaw’. Los primeros modelos salieron en los años 60 en Japón. Después de ello se propagaron por diferentes países como Tailandia, China y la India, quedando estos dos últimos como principales fabricantes. En América se usan los mototaxis en Estados Unidos, México, Colombia, Bolivia, Venezuela, y Perú.

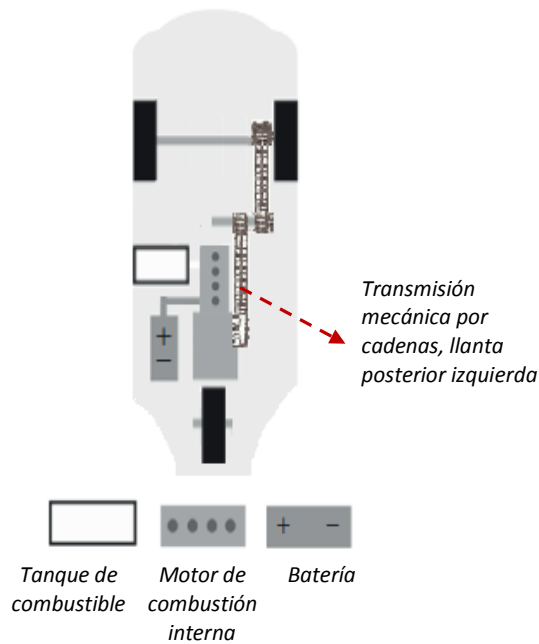
El servicio de mototaxi, característico de las pequeñas ciudades, se utiliza normalmente para viajes de emergencia, viajes por zonas rurales y por algunos centros especiales de atracción. Los mototaxis se pueden encontrar en esos centros, cerca de terminales de transporte público o en puntos de concentración donde los choferes cuenten con una línea telefónica de uso colectivo (Oliveira y Filho, 2002). Los mototaxis operan en una distancia relativamente cortas (generalmente menos de 10-20 km) de puestos en ciudades y negocios centros y paradas a lo largo de las principales carreteras para pasajeros servicio de acceso a rutas alimentadoras. Los mototaxis comienzan en áreas urbanas, donde hay una gran demanda de servicios de transporte de punto a punto, se extiende a las áreas periurbanas y luego a pueblos más amplios antes de entrar áreas rurales remotas (Obudho et al., 2020).

En el Perú, al comenzar los años 80 en la ciudad de Iquitos se construyó el primer mototaxi. Se hizo algunos arreglos a las motos lineales, cortándolo la parte posterior para luego adaptarlo una carrocería con dos llantas. Esto tuvo una acogida en la población que se fue extendiendo rápidamente a las ciudades de Pucallpa, Puerto Maldonado y posteriormente a la ciudad de Lima finalmente a todos los departamentos del país. Asimismo Pacheco et al., (2012), investigó respecto al mototaxi accionado por motor eléctrico que utiliza energía solar y otros tipos de energía, que fue generado como parte de un proyecto de investigación en la Universidad Mayor de San Marcos. El mototaxi que funciona con energía renovable, mediante paneles solares sobre el techo de un mototaxi y los acopló al motor eléctrico su patente el mototaxi hace uso óptimo de la energía solar, dando un costo de valor muy bajo,

también constituye una alternativa para el transporte rural y urbano, utilizando energía limpia como combustible y lo más importante es la preservación del medio ambiente, al no producir emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes.

Figura 1

Esquema del sistema de tracción mecánica de una mototaxi convencional referencial



Nota. Muestra los componentes de una mototaxi convencional.

2.2.2. Motores de combustión interna

El motor de combustión interna es un motor térmico que convierte la energía química de un combustible en energía mecánica, generalmente disponible en un eje de salida giratorio. La energía química del combustible se convierte primero en energía térmica mediante combustión u oxidación con aire dentro del motor. Esta energía térmica eleva la temperatura y la presión de los gases dentro del motor, y el gas a alta presión se expande contra los mecanismos mecánicos del motor. Esta expansión es convertida por los enlaces mecánicos del motor en un cigüeñal giratorio, que es la salida del motor. El cigüeñal, a su vez, está conectado a un tren de transmisión y/o fuerza para transmitir la energía mecánica rotatoria al uso final deseado. En el caso de los motores, a menudo será la propulsión de

un vehículo (es decir, un automóvil, un camión, una locomotora, una embarcación o un avión) (Pulkrabek, 2003).

Los motores reciprocantes se clasifican como motores Otto de encendido por chispa (ECH) o motores Diesel de encendido por compresión (ECOM) dependiendo de cómo se inicie el proceso de combustión en el cilindro. En los motores ECH, la combustión de la mezcla de aire y combustible se inicia con una chispa en la bujía, mientras que en los motores ECOM, la mezcla de aire y combustible se enciende cuando se comprime por encima de la temperatura de funcionamiento del automóvil (Cengel y Boles, 2012)

a) Motor de combustión interna de 4 tiempos

El funcionamiento de las máquinas de tipo Otto fueron descubiertos por este científico que su nombre es Nikolaus A. Otto, quien en 1876 construyó un exitoso motor de cuatro tiempos en Alemania utilizando un ciclo propuesto en 1862 por el francés Beau de Rochas. En la mayoría de los motores de gasolina, el pistón en el cilindro se utiliza para cuatro carreras completas (dos ciclos mecánicos) y el cigüeñal realiza dos revoluciones por cada ciclo termodinámico. Estas máquinas se denominan motores de combustión interna de cuatro tiempos (Cengel y Boles, 2012).

Este motor tiene como funcionamiento el ciclo completo del pistón tiene cuatro fases, dos hacia la parte superior del cilindro y dos hacia la parte inferior. Primero el pistón desciende, se abre la válvula de admisión y esto permite el ingreso de la mezcla de aire y gasolina al cilindro, luego el pistón asciende y la válvula de admisión se cierra el ciclo de combustión continúa dando lugar a que la bujía produzca una chispa eléctrica que da paso a la explosión. Finalmente el proceso de funcionamiento termina cuando se abre la válvula de escape y el pistón se mueve hacia el punto muerto superior del cilindro para expulsar los gases, quedando preparado para empezar un nuevo ciclo (Rafael y Guzmán, 2014).

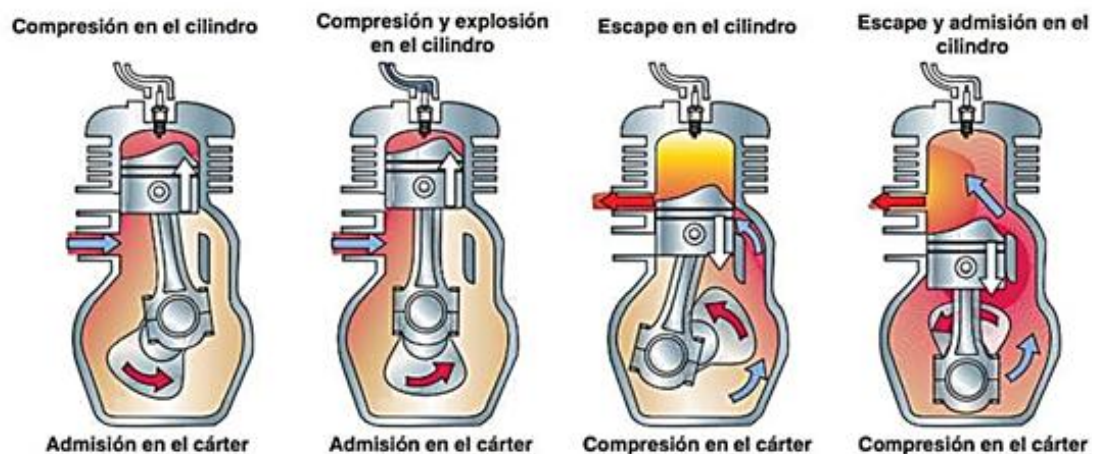
b) Motor de dos tiempos

Este motor tiene un ciclo de potencia cada dos fases, diferente de los de cuatro fases. El rendimiento de este tipo de motores es más pequeño que la de los motores de cuatro tiempos, lo que involucra que la potencia que producen es menor que la mitad de la que

produce un motor de cuatro tiempos de dimensión equivalente. En este ciclo, la compresión es el primer curso o carrera, en esta fase se enciende la carga de mezcla esto sucede cuando el pistón llega a la última etapa de la fase. Consecutivamente el pistón se corre hacia abajo en la fase de explosión, apresurando el orificio de expulsión y admitiendo que los gases salgan de la cámara (Rafael y Guzmán, 2014). En la Figura 2, se muestra el trabajo teórico de un motor de combustión interna de 2 tiempos.

Figura 2

Ciclo de trabajo teórico del motor dos tiempos



Nota. Funcionamiento de un motor de combustión interna de dos tiempos. Tomado (Abatta y Moya, 2013).

c) Eficiencia de un motor de combustión interna

Segun datos teóricos la relación de compresión 8:1 es de un 56.5 %, para la eficiencia de un motor naturalmente depende de la relación de compresión. El rendimiento promedio de un buen motor Otto es de un 25 % a un 30%, entre las pérdidas más relevantes que se producen en estos motores se dan en la fricción y refrigeración; por lo que, sólo el fragmento de la cuarta parte de la energía calorífica se convierte en energía mecánica (Rafael y Guzmán, 2014).

d) Gases producto de la combustión interna de un motor

Los gases emitidos por la quema de gasolina son inofensivos y contaminantes, estos son los más tomados en cuenta. Los iniciales están formados, esencialmente, por nitrógeno,

oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua e hidrógeno. El tanque de gasolina y el carburador emiten vapores de gasolina. El cárter de un motor de cuatro tiempos expide una mezcla de aire-gasolina incendiada que es arrojada por los aros del pistón. Los gases que provienen del sistema de escape originados en la combustión son gasolina quemada (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), si hay azufre en la gasolina óxido de azufre (SOx) y algún otro si se han usado aditivos, los gases se pueden diferenciar en dos tipos: Inofensivos y ofensivos (Augeri, 2011).

Según Fayette (1985), si el calor de combustión por unidad de masa de combustible se denota como Q_c , la eficiencia η de cualquier máquina térmica puede definirse mediante la Ecuación (1).

$$\eta = \frac{P}{\dot{M}_f \times Q_c} \quad (1)$$

Donde:

P : Potencia

\dot{M}_f : Masa de combustible suministrada por unidad de tiempo

Q_c : Calor de combustión por una unidad de masa de combustible

2.2.3. Motores eléctricos

Los motores eléctricos en esta era se están consolidando como una alternativa robusta y sostenible a los motores de combustión interna, los motores de corriente continua o llamados también motores de corriente directa, es una máquina que transforma la energía eléctrica en mecánica. Por otra parte también existe motores de corriente alterna los que a continuación se hará una breve descripción de lo que son estas máquinas, utilizan la corriente eléctrica para su debido labor, de acuerdo a su sistema de funcionamiento, en motores de inducción y motores sincrónicos (Morales, 2018).

a) Magnetismo

Dado que las máquinas eléctricas funcionan en base a fenómenos magnéticos y electromagnéticos, es importante referirse a ellos para comprender cómo están contruidos, cómo funcionan y cómo proceden en caso de reparación o mantenimiento. Se hace referencia

al magnetismo como la propiedad por la cual una sustancia en particular debe, en condiciones naturales o artificiales (forzada por la aplicación de una tecnología externa), atraer el hierro. Por lo tanto, esta propiedad se puede utilizar para convertir energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Los elementos con esta atractiva propiedad se denominan imanes y se pueden clasificar en permanentes o temporales según su capacidad para mantener el magnetismo. Los de imán permanente, son aquellos en los que el efecto magnetizador se mantiene de forma continua. Pueden magnetizarse de forma natural o artificial (Martín, 2012).

b) **Campo magnético**

Es la región del espacio sobre la cual se percibe la fuerza magnética de un imán o elemento magnetizado. Crea un cambio de carga direccional que se fija por convención desde el Polo Norte al Polo Sur. Se representan gráficamente por las llamadas líneas de fuerza o de inducción magnética (Martín, 2012).

- **Flujo magnético**

Es una medida del campo magnético total que pasa a través de una área. El flujo magnético se representa mediante la letra griega ϕ cuya unidad es el weber (Wb).

- **Inducción magnética**

Es la cantidad de líneas de fuerza que cruzan las líneas de campo una unidad de área (S). La inducción magnética, también llamada densidad de flujo, se denota con la letra B , aunque la letra griega β (beta) se ha utilizado durante mucho tiempo. La unidad es Tesla (T).

$$\phi = B \times S \quad (2)$$

c) **Intensidad de campo magnético**

Esta magnitud indica la fuerza del campo magnético. Está representado por el símbolo H y tiene unidades de amperios-vueltas por metro ($A \cdot m$). Por lo tanto, el campo magnético es tanto más fuerte cuanto mayor es la corriente (I) que lo atraviesa y el número de vueltas (N) que lo forman. Por otro lado, cuanto mayor sea la longitud de la bobina (L), más menor.

$$H = \frac{N \times I}{L} \quad (3)$$

d) Intensidad de campo magnético

Faraday descubrió que cuando un conductor se mueve a través de un campo magnético, las cargas de signo opuesto se acumulan a lo largo del conductor, creando una fuerza electromotriz que produce una diferencia de potencial en voltios. A esta fuerza se la denomina electromotriz inducida (E o f.e.m.) y es directamente proporcional al campo B , a la longitud de conductor l y la velocidad v a la que se desplaza (Martín, 2012).

$$E = B \cdot l \cdot v \quad (4)$$

$$E = B \cdot l \cdot v \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Donde:

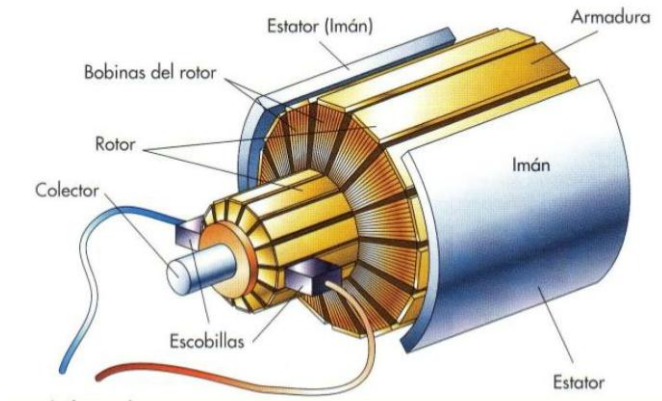
α : Angulo entre la velocidad (v) y la dirección del campo (B)

2.2.4. Motores eléctricos de corriente continua

Conocidos también como motores de corriente directa, es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica. En detalles un motor de corriente continua tiene un campo magnético, que se forma entre los dos polos opuestos de un imán, es un escenario donde se desarrollan determinadas fuerzas y campos magnéticos. Los motores eléctricos de corriente continua se pueden utilizar tanto para aplicaciones de baja y alta potencia. En el rotor hay bobinados eléctricos por los que circula la corriente eléctrica. Las características principales que poseen los motores de corriente continua son el torque de arranque elevado y capacidad alta para poder controlar su velocidad (Morales, 2018). En la Figura 3, se muestra un motor de corriente continua.

Figura 3

Motor de corriente continua



Nota. Esta imagen representa una topología de un motor eléctrico de corriente continua. Tomado de (Morales, 2018).

a) Principios de funcionamiento

Al pasar la corriente eléctrica por el devanado del estator, se genera una fuerza magnetomotriz, que crea el flujo en el conjunto magnético, llamado también excitación o inductor. En el devanado de rotor se induce una fuerza electromotriz, teniendo como consecuencia a un par motor; entonces el par que desarrolla el eje del motor es proporcional al flujo de campo y a la corriente en la armadura (Chapman, 2012).

El voltaje interno que genera esta máquina está dado por la Ecuación (6). Asimismo, el par inducido desarrollado por la máquina está dado por la Ecuación (7).

$$E_a = K \cdot \phi \cdot \omega_m \quad (6)$$

Por lo tanto, E_a es directamente proporcional al flujo en la máquina y a la velocidad de rotación (ω_m) de ella. Así mismo K , es la constante geométrica de diseño de la máquina.

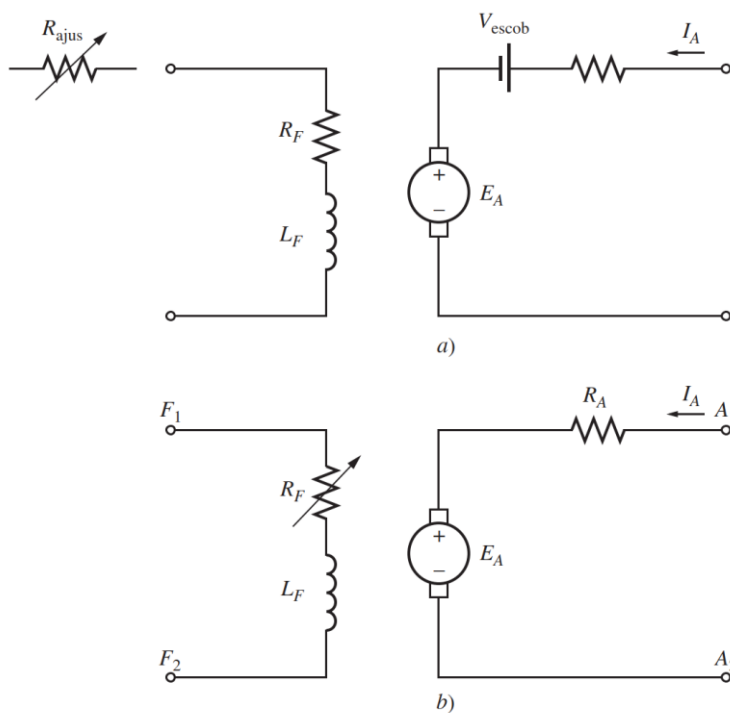
$$\tau_{ind} = K \cdot \phi \cdot I_A \quad (7)$$

Para determinar la velocidad n , del motor de CD, se obtiene con la Ecuación (8). Cuando la tensión de alimentación V se aplica al motor y la tensión de alimentación disminuye/aumenta, la velocidad disminuye/aumenta (Mora, 2002).

$$n = \frac{V - R_A I_A}{K \cdot \phi} \quad (8)$$

Figura 4

Circuito equivalente de un motor de corriente continua



Nota. a) Circuito equivalente de un motor de cd. b) Circuito equivalente simplificado que elimina la caída de voltaje en las escobillas y combina R_{ajus} con la resistencia de campo. Tomado de (Chapman, 2012).

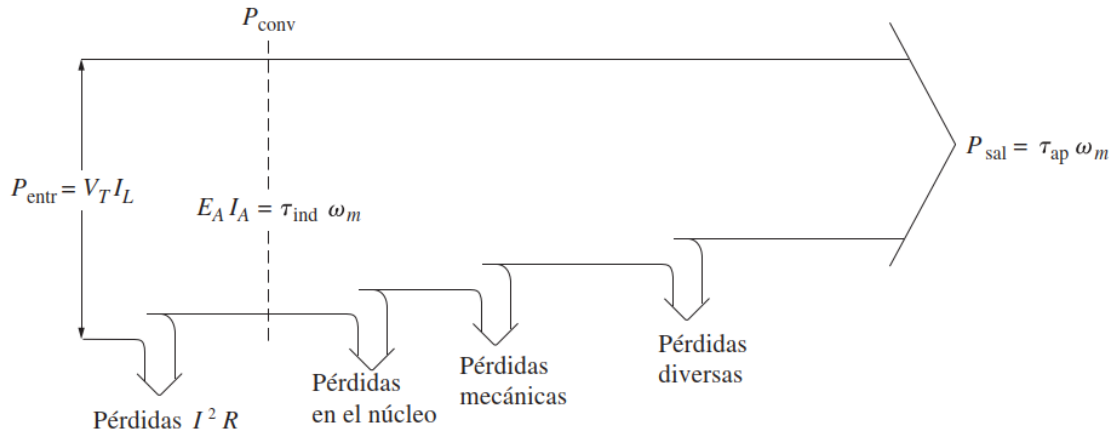
b) Flujo de potencia y pérdidas en las máquinas de corriente continua

Los generadores de CD funcionan con energía mecánica y producen energía eléctrica, mientras que los motores de CD funcionan con energía eléctrica y producen energía mecánica. En cualquier caso, no toda la energía puesta en la máquina aparece en forma utilizable en el otro lado de la máquina. Siempre habrá pérdidas asociadas con el proceso (Chapman, 2012). La eficiencia de una máquina de CD se define mediante la Ecuación (9).

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} \times 100 \quad (9)$$

Figura 5

Diagrama del flujo de potencia de un motor de corriente continua



Nota. Esta imagen representa el diagrama del flujo de potencia y sus respectivas pérdidas. Tomado de (Chapman, 2012).

2.2.5. Clasificación de motores eléctricos de corriente continua

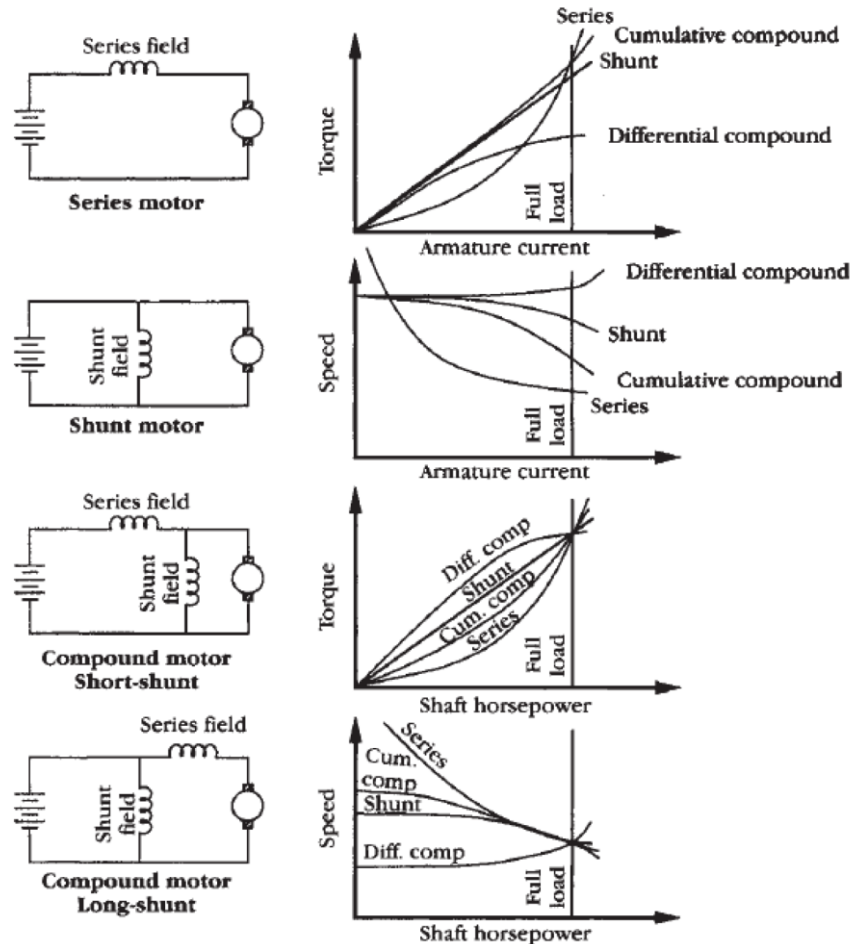
Según Abatta y Moya (2013), la clasificación de estos motores se describe a continuación:

a) Motor tipo serie

Es un tipo de motor, en el que el devanado de campo se conecta en serie con la armadura. Este devanado está diseñado con un alambre grueso para tener que soportar la corriente total de la armadura. Un motor alimentado en serie es un tipo de motor eléctrico de cd en el que la armadura y los devanados de excitación o de campo están conectados en serie. La corriente debe fluir a través del devanado de campo ya través de la armadura misma. Como resultado, la corriente de campo y la corriente de armadura son iguales. El principal inconveniente de este motor es la velocidad. Con el motor conectado y sin carga, la velocidad del motor puede aumentar hasta el punto de dañar el motor (Abatta y Moya, 2013). En la Figura 6, se muestra el diagrama de los motores de corriente continua.

Figura 6

Diagrama de motores de corriente continua



Nota. Se representa el diagrama de motores de corriente continua tipo Shunt, serie y Compound. Tomado de (Abatta y Moya, 2013).

b) Motor Shunt

Un motor de bobinado en derivación o excitado en paralelo es un motor de cd cuyo devanado del inductor principal está conectado en derivación o en paralelo con el circuito formado por el devanado del inducido y el inductor auxiliar. Se trata de un motor de cd con un devanado de bobina principal en derivación conectado en un circuito formado por un devanado de armadura y una bobina auxiliar. Si el par de arranque es bajo, se debe reducir la carga del eje. La dirección de rotación del motor de devanado en derivación se puede invertir cambiando la polaridad de cualquier armadura o bobina de campo (Abatta y Moya, 2013).

c) Motor Compound

El motor Compound tiene mayor torque que un motor Shunt, debido a la conexión en serie en el campo. En estos motores, algunos de los devanados de excitación están conectados en serie y algunos están conectados en paralelo. Además, la velocidad es constante debido al devanado de campo en derivación. El cuenta con un alto par de arranque y no tiembla como ocurre con el motor original, pero puede alcanzar velocidades muy altas. En cualquier motor compuesto, la dirección de rotación se puede invertir cambiando la polaridad de los devanados del inducido (Abatta y Moya, 2013).

2.2.6. Motores de imanes permanentes

Los motores de imanes permanentes son motores eléctricos que utilizan la velocidad efectiva nominal de la industria resistente hasta 100– 850 rev/min. Estas máquinas son dispositivos que pueden encerrar la máxima potencia en un volumen pequeño. A medida que cambia la corriente del inducido, el flujo del campo en serie cambia directamente y es directamente proporcional a la carga. Dado que el campo serial está conectado, su flujo se suma al flujo del campo principal, son dispositivos que pueden encerrar la máxima potencia en un volumen pequeño así como también alta densidad de potencia por cuadro, larga vida, durabilidad y fiabilidad en el tiempo, peso y volumen reducidos para un diseño compacto (Abatta y Moya, 2013).

a) Motor Brushless

Los motores Brushless CD (BLDC), es un motor de imanes permanentes, también estos motores sin escobillas son uno de los tipos de motores más populares en los últimos años. Actualmente, los motores BLDC se utilizan en industrias tales como: automotriz, aeroespacial, de consumo, automatización e instrumentación. Al arrancar el motor, se debe aumentar gradualmente la frecuencia de los pulsos suministrados al estator para que el motor no pierda la sincronización. Rendimiento degradado debido a la fricción y la generación de calor resultante, lo que genera mayores requisitos de mantenimiento y del motor (Abatta y Moya, 2013).

Figura 7

Motor Brushless DC (BLDC)



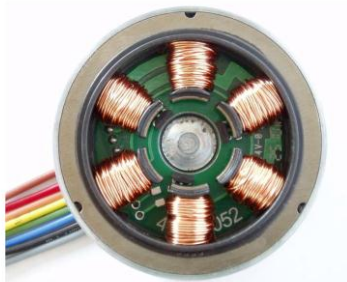
Nota. Esta imagen representa un motor Brushless.

- **El estator**

El estator es la parte estacionaria de una máquina rotatoria y uno de los dos elementos básicos de la conversión electromecánica de la electricidad, y el rotor es su contraparte móvil. El estator de un motor BLDC consta de un conjunto de placas de acero apiladas con devanados ubicados axialmente en ranuras a lo largo de la circunferencia interior (Morales, 2018). La Figura 8, muestra el estator de un motor Brushless.

Figura 8

Estator de un motor Brushless



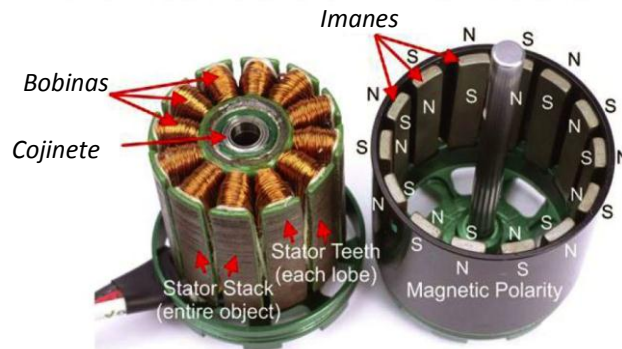
Nota. Representa el estator de un motor Brushless. Tomado de (Morales, 2018).

- **El rotor**

Un rotor es una parte giratoria de una máquina eléctrica, ya sea un motor o un generador. Los rotores son imanes permanentes que pueden variar de dos a ocho pares alternos norte (N) y sur (S). De acuerdo con la densidad de campo magnético requerida para el rotor, se selecciona el material magnético apropiado para la producción del rotor (Morales, 2018).

Figura 9

Rotor de un motor Brushless



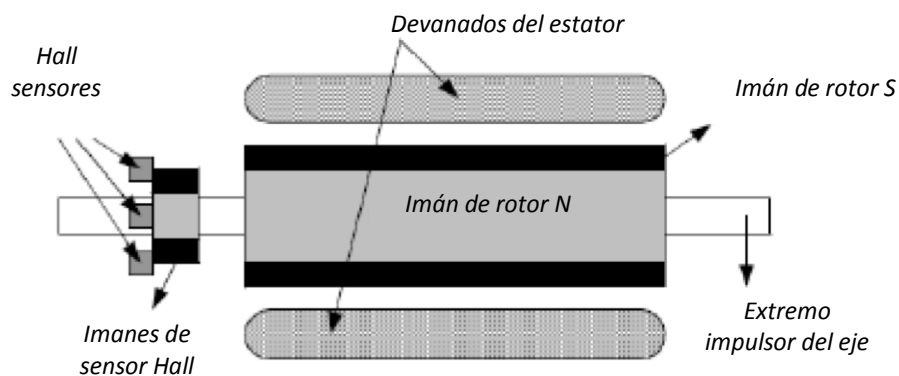
Nota. La imagen representa el estator y rotor de un motor Brushless. Adecuado de (Morales, 2018).

- **Sensor Hall**

La mayoría de los motores BLDC tienen tres sensores Hall integrados en el estator en el otro lado del motor y el rotor. Proporcionan retroalimentación a un circuito externo que ayuda a controlar con precisión las bobinas magnéticas del estator al indicar que el polo N o S se acerca al sensor (Morales, 2018).

Figura 10

Sensor Hall de un motor Brushless



Nota. La imagen representa el Sensor Hall de un motor Brushless con sus respectivas partes. Adecuado de (Morales, 2018).

- **Características de un motor Brushless**

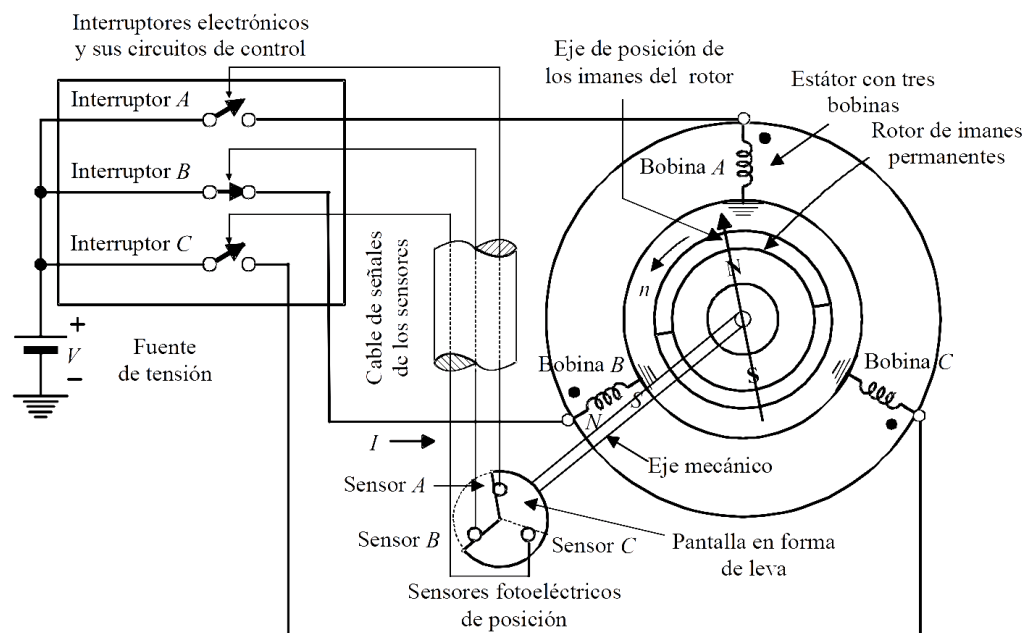
Los motores Brushless de corriente continua son muy utilizados hoy en día tanto para aplicaciones de consumo como para operaciones industriales debido a su tamaño compacto, controlabilidad y alta eficiencia (Morales, 2018).

- **Funcionamiento de un motor Brushless**

El funcionamiento del motor consiste en la inducción de un campo magnético en los dos polos de las tres bobinas que hay en él en el momento de la activación, correspondiendo cada secuencia de conmutación al estado de activación de las bobinas de manera que cuando uno de los devanados tiene un tensión de alimentación positiva (Morales, 2018).

Figura 11

Esquema de funcionamiento de un motor Brushless sin escobillas



Nota. Tomado de (Mora, 2002).

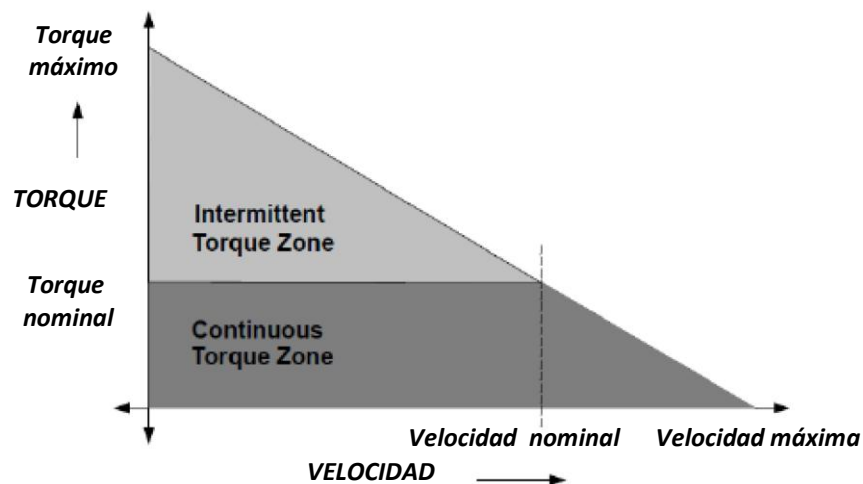
- **Par y velocidad de un motor Brushless**

Se utilizan dos parámetros de par para definir un motor BLDC; par máximo y par nominal. En funcionamiento continuo, el motor se carga al par nominal y se mantiene

constante hasta la velocidad nominal. Los motores pueden funcionar a velocidades más altas que la velocidad nominal (hasta un 150 %), lo que reduce el par motor (Morales, 2018).

Figura 12

Torque/velocidad de un motor Brushless



Nota. La imagen representa el diagrama par/velocidad de un motor Brushless y sus torques a una respectiva velocidad. Adecuado de (Morales, 2018).

2.2.7. Batería

La batería es un acumulador de energía utilizada tanto para arranque como para ser recargable, también es un dispositivo que consiste en dos o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química acumulada en corriente eléctrica. Las baterías se muestran en muchas formas y tamaños dependiendo como lo quiera el consumidor, desde las celdas en miniatura que se utilizan en audífonos y relojes de pulsera, a los bancos de baterías del tamaño de las viviendas que proveen energía de reserva a las centrales telefónicas y ordenadores de centros de datos (Abatta y Moya, 2013).

2.2.8. Tipos de baterías

a) Baterías de arranque

Las baterías de arranque, iluminación e ignición (*Starting Lighting Ignition o SLI*) sobresalen por su elevada potencia de arranque cuando solamente se requiere un ciclado superficial (Abatta y Moya, 2013).

b) Baterías abiertas

Las baterías abiertas conocidas también por su nombre en inglés como "*flooded*", Consisten en una celda con dos placas de plomo que actúan como electrodos, sumergidas en un electrolito líquido a base de ácido sulfúrico diluido. Por lo tanto, el gas de las reacciones de carga y descarga está libre. Debido a su electrolito líquido, se deben usar en posición horizontal y regularmente requieren un aporte habitual de agua destilada para seguir funcionando. Estas baterías tienen un costo bajo de adquisición lo que permite altas demandas de intensidad y suelen tener una vida útil larga si se mantienen correctamente. Se utilizan habitualmente como baterías de arranque (Abatta y Moya, 2013).

c) Baterías de tracción

Según Abatta y Moya (2013), dependiendo de la naturaleza interna de la batería y sus características electroquímicas, a continuación, vamos a describir los siguientes tipos de baterías de tracción que se comercializan:

- **Baterías de plomo-ácido.** Estas baterías están formadas por electrodos de plomo bañados en un electrolito de ácido sulfúrico. Estos dispositivos son fáciles de elaborar y muy rentables para su compra. Pero tienen algunas desventajas sobre todo que no admiten sobrecargas y tampoco descargas completas, debido a la energía que almacenan su peso y su volumen son grandes (Abatta y Moya, 2013).
- **Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd).** Estos dispositivos están formadas por electrodos de cadmio bañados en un electrolito de hidróxido de potasio. Trabajan bien en un porcentaje de temperaturas altas y se pueden sobrecargar sin sufrir daños. La capacidad real de una batería Ni-Cd (producto de intensidad consumida por el tiempo de descarga) sólo es la nominal si la descarga se realiza

a 20°C. En comparación con las baterías de plomo-acido su peso y su volumen de estos dispositivos son menores, pero para su utilización en estos tiempos la energía que almacenan es pobre (Abatta y Moya, 2013).

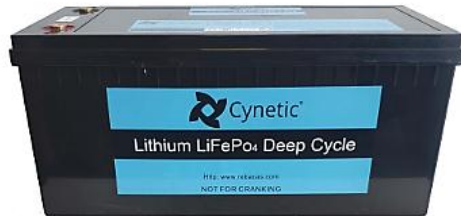
- **Baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH).** Por su parte estas están formadas por un ánodo de cadmio y un cátodo de aleación de hidruro metálico. Están reemplazando a las baterías de níquel-cadmio por su menor efecto memoria y mayor capacidad. Por otra parte, estas baterías proporcionan un número de periodos bajos y no trabajan bien con frío intenso, que reduce considerablemente su capacidad (Abatta y Moya, 2013).

- **Baterías de iones de litio (Li-ion).** Estas baterías emplean un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina u óxido de manganeso. En cotejo con los tipos anteriores, tienen una característica muy peculiar son nuevas en su construcción han facilitado la existencia de tecnologías portátiles lo que les hace diferentes a las presentadas anteriormente. Su capacidad es elevada en relación a su peso y volumen, teniendo además un factor de auto descarga muy pequeño. Es muy difícil que se vean afectadas por el efecto memoria y pueden cargarse si no han sido descargadas anticipadamente. Estas baterías no soportan bien los cambios de temperatura y no permiten descargas completas, cuando esto ocurre sufren mucho este suceso (Abatta y Moya, 2013).

- **Baterías de polímero de litio (Li-Po).** Las baterías Li-Po, son baterías recargable que consta de celdas múltiples y se utiliza en aplicaciones que requieren más de 1A (un amperio) de corriente. con bajo peso y tamaño reducido, las baterías de iones de litio que mejoran sus particularidades de peso y volumen, así como su tasa de descarga. De la misma manera como las baterías de iones de litio culpan mucho las descargas profundas, quedando prácticamente inutilizadas si se descargan en exceso (Abatta y Moya, 2013).

Figura 13

Batería de tracción



Nota. Batería Lithium Li FePO₄ Deep Cycle.

2.2.9. Indicadores económicos

a) Valor actual neto

Una inversión I_0 origina en los años futuros unos flujos de caja positivos o negativos que se producen en los distintos años j de duración de la propia inversión. Estos flujos de efectivo: FC_1 en el primer año, FC_2 en el segundo año, FC_j en el j -ésimo año. Para hacer esta comparación, el efectivo los flujos deben ser “actualizados”, cada uno referido al año en que estará disponible, multiplicándolo por el factor de descuento relevante $1/(1+i_j)^j$. (Kumar, 2015).

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i_j)^j} - I_0 \quad (10)$$

Donde i_j es la rentabilidad mínima (interés para el VAN).

b) Tiempo de recuperación.

El Tiempo de Recuperación (TR), se define como la relación entre la inversión inicial y el flujo de caja esperado, que se considera una cantidad fija y planificada periódicamente (Kumar, 2015).

$$TR = \frac{I_0}{FC} \quad (11)$$

2.3. Definición de términos

- **Mototaxi**

Según la Real Academia Española, define como motocicleta de tres ruedas y con techo que se usa como medio de transporte popular para trechos cortos, que pueden llevar pasajeros adicionales al conductor en su parte posterior.

- **Sistemas de tracción**

Los sistemas de tracción total tienen como objetivo principal mejorar la capacidad de transformar la energía del motor en movimiento del vehículo. Existen varios sistemas que tienen distintas cualidades y usos.

- **Tracción de un vehículo.**

Indica a qué ruedas se transmite la potencia del motor. Existen 3 tipos de tracción: delantera, trasera, y total, según cuáles sean las ruedas motrices.

- **Motores de corriente continua**

Conocidos también como motores de corriente directa, es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica. En detalles un motor de corriente continua tiene un campo magnético, que se forma entre los dos polos opuestos de un imán, es un escenario donde se desarrollan determinadas fuerzas y campos magnéticos (Chapman, 2012).

- **Batería**

La batería es un acumulador de energía utilizada tanto para arranque como para ser recargable, también es un dispositivo que consiste en dos o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química acumulada en corriente eléctrica (Abatta y Moya, 2013).

- **Rendimiento**

El rendimiento es el porcentaje o la cantidad de la energía química convertida en trabajo sin la pérdida de calor. También es la relación entre el trabajo útil desarrollado por una máquina durante un intervalo de tiempo determinado y la energía que se suministra a la misma (Rafael y Guzmán, 2014).

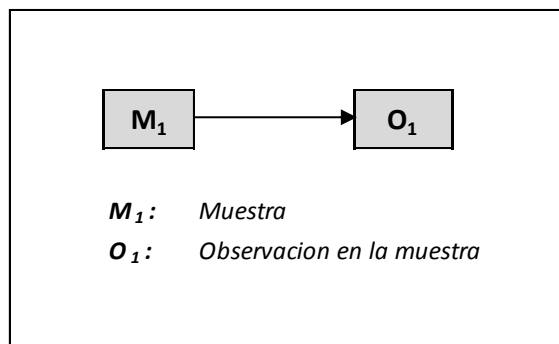
III. Material y métodos

3.1. Diseño de investigación

El diseño es la transformación de preguntas e hipótesis de investigación en estrategias para seleccionar participantes, aplicar tratamientos, usar dispositivos de medición, recopilar datos, etc. (Lázaro y Panduro, 2020). El tipo de investigación es básica con un nivel de investigación descriptiva y el diseño de investigación de campo y gabinete (no experimental).

Figura 14

Diseño de la investigación



Nota. Adecuado de (Lázaro y Panduro, 2020).

3.2. Población, muestra y muestreo

La población es el colectivo finito o infinito de elementos. Conjunto de medidas o recuento de elementos que tienen una característica común. La muestra es parte de una población o subconjunto de un conjunto de elementos, que resulta de la aplicación de algún proceso (Martínez, 2012).

Población

Mototaxis de servicio público en la ciudad de Bagua Grande, año 2021.

Muestra

Sistema de tracción del mototaxi marca Honda CCG125cc, año 2021.

Muestreo

Se consideró un muestreo no probabilístico, a conveniencia del investigador.

3.3. Determinación de variables

Variable independiente

Diseño un sistema de tracción electromecánica

Variable dependiente

Rendimiento

3.4. Fuentes de información

Las fuentes de información que se utilizaron para desarrollar el proyecto son libros especializados en el tema, base de datos de Scielo, Springer, y Science Direct, y datos de la Municipalidad Distrital de Bagua Grande, entre otros.

3.5. Métodos

Método inductivo es una forma de razonamiento en la que el conocimiento de un caso particular se transfiere a un conocimiento más general que intenta explicar el comportamiento de un conjunto de observaciones examinando el significado o la validez de los resultados. Un método deductivo que tiene como objetivo resaltar aspectos específicos de los grupos (medias, variabilidad de los datos, etc.) con fines de comparación en lugar de tratar de sacar conclusiones más generales. La descripción analítica es un conjunto de procedimientos sistemáticos para observar y describir numéricamente un fenómeno, y también se refiere a dos procesos intelectuales inversos que funcionan al unísono. El análisis es un proceso lógico que descompone un todo en partes y propiedades, incluidas múltiples relaciones, propiedades y componentes (Martínez, 2012).

Los métodos de la investigación son coherentes. Deberá incluir, dependiendo de cada caso; la recolección de información del mototaxi, coste de la adaptación, los mecanismos, métodos o técnicas y/o herramientas utilizadas en el desarrollo del proyecto de investigación.

3.6. Técnicas e instrumentos

Los métodos de observación, independientemente si involucran factores humanos o instrumentales. También permite al investigador escribir sobre situaciones o eventos observados por el investigador durante la investigación (Martínez, 2012). En la investigación se utilizarán la técnica de observación y análisis documental.

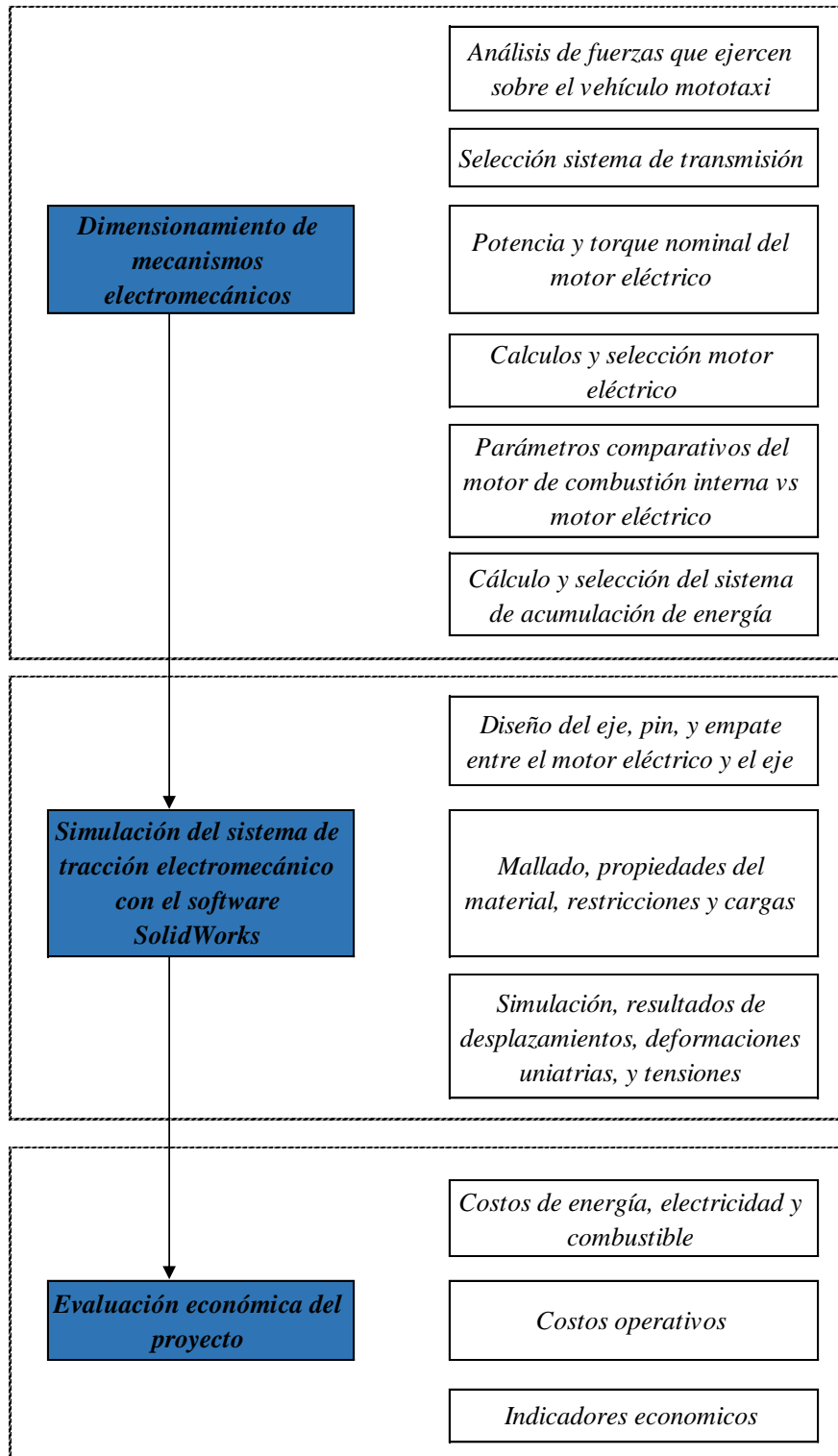
- Técnicas de observación: Instrumento como guía de observación de la mototaxi Honda 125cc.
- Técnica de análisis de documentos: Instrumento como guías de análisis de documentos (artículos, tesis, ficha técnica de fabricante Honda 125cc, ficha de fabricante de otras mototaxis con características similares, ficha técnicas de motor eléctrico CD, y ficha técnica de batería de polímeros de litio.).

3.7. Procedimiento

La investigación se desarrolló en la ciudad de Bagua Grande, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas, se diseñó un sistema de tracción electromecánico para mejoramiento del rendimiento utilizando un motor eléctrico de CD, en reemplazo de un motor de combustión interna de dos tiempos tipo Otto, modelo CCG125 c.c. marca Honda. El procedimiento de cálculo se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Procedimiento de cálculo para diseño del sistema de tracción electromecánica



Nota. Diseño del sistema de tracción electromecánica vehículo mototaxi.

3.8. Análisis estadístico

Para el análisis de datos y estadísticos se utilizó el Excel. Las etapas del análisis de datos cuantitativos incluyen las variables de las hipótesis presentadas, construcción de bases de datos, procesamiento de datos con funciones de tabla, lectura y análisis de datos, interpretación de datos. Luego la interpretación de la resultados de la investigación.

3.9. Consideraciones éticas

De acuerdo a lo desarrollado en la investigación es sumamente académico, se consideraron las directrices éticas internacionales para la investigación. La tesis está libre de plagio en todo o en parte y se adhiere a los estándares internacionales de citas y bibliografías de las fuentes referidas. Asimismo, no infringe los derechos de terceros.

IV. Resultados

4.1. Resultados de dimensionamiento de mecanismos electromecánicos

Los resultados de cálculo de parámetros, y selección de componentes del sistema de tracción electromecánico para el vehículo menor mototaxi, se muestran a continuación:

4.1.1. Resultados de análisis de las fuerzas que ejercen sobre el vehículo mototaxi

▪ Fuerza necesaria de empuje

La fuerza necesaria de empuje es la que se necesita para mover un objeto o cosa, es la cantidad de masa por la gravedad (Dominguez y Ferrer, 2018). Para calcular la fuerza de empuje se utilizó la Ecuación (12). Para determinar el peso aproximado de la mototaxi se tomó datos de la mototaxi existente, referencias bibliográficas, y fichas técnicas de fabricantes del motor eléctrico y baterías (Tabla 1).

$$F_e = \mu \times N = \mu \times (m \times g) \quad (12)$$

$$F_e = 0.03 \times (530 \times 9.81) = 155.98\text{N}$$

Donde:

F_e : Fuerza de empuje (N)

μ : Coeficiente dinámico, o de resistencia a la rodadura (0.03)

m : Masa (kg)

g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Tabla 1

Descripción aproximada peso del mototaxi

Descripción	Unidad	Cantidad	Sub total peso (kg)
Chasis	Und.	1	207
Motor eléctrico	Und.	1	26
Batería	Und.	2-4	87
Chofer	Und.	1	60
Pasajeros	Und.	2	120
Equipaje	Glb.	1	30
Total (kg)			530

- **Resistencia al aire**

La resistencia aerodinámica, o arrastre, depende de factores específicos del vehículo, como la velocidad y la dirección del viento. Cuando el viento golpea la parte delantera del vehículo, se produce estancamiento, lo que hace que disminuya la velocidad (Dominguez y Ferrer, 2018). Los cálculos se realizan con las Ecuaciones (13) y (14).

$$F_a = \frac{1}{16} C_x \times S \times V^2 \quad (13)$$

$$S = 0.85 \times a \times b \quad (14)$$

$$S = 0.85 \times 1.32 \times 1.71 = 1.92\text{m}$$

Reemplazando en la Ecuación (13), se tiene como resultado una fuerza aerodinámica del aire de 10 N.

$$F_a = \frac{1}{16} 0.3 \times 1.92 \times 16.67^2 = 10\text{N}$$

Donde:

C_x : Coeficiente de resistencia aerodinámica. Varía de 0.2- 0.4, en función a las pérdidas de potencia y la velocidad del vehículo (Dominguez y Ferrer, 2018). Para los cálculos se tomó el promedio 0.3.

S : Superficie frontal del vehículo (m^2).

V : Velocidad del vehículo (m/s). La velocidad debe estar limitada por el Reglamento Nacional de Tránsito (para el proyecto se tomó 60 km/h = 16.67 m/s):

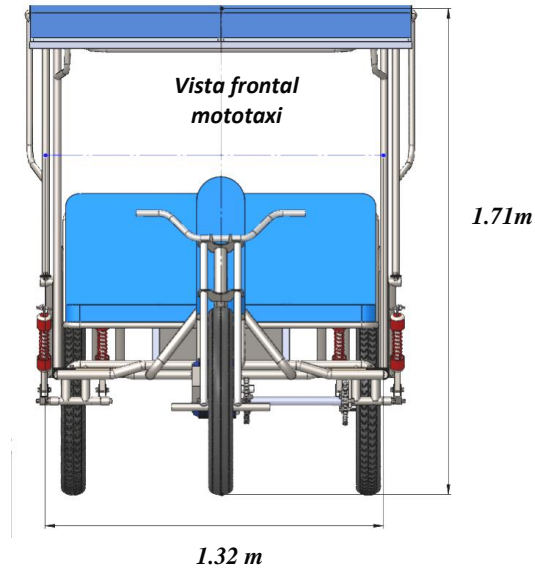
S : Superficie frontal del vehículo (m^2).

A : Ancho de la carrocería (m).

B : Altura de la carrocería (m).

Figura 16

Dimensiones de la mototaxi



Nota. Muestra la vista frontal de la mototaxi, y sus dimensiones referenciales.

▪ **Resistencia por pendiente**

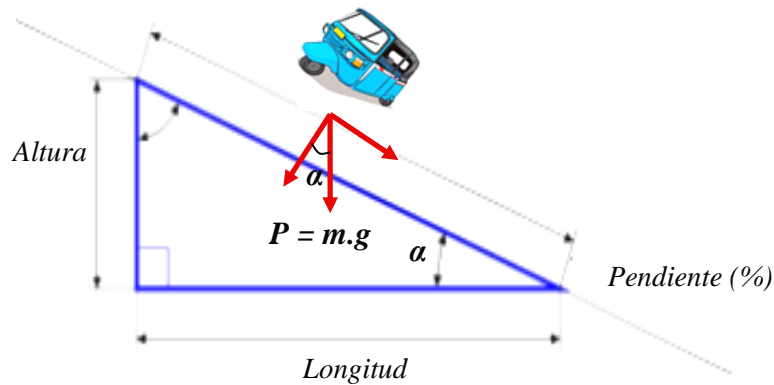
La fuerza que origina la resistencia en un vehículo al subir una pendiente, depende del Angulo de la pendiente a superar (Dominguez y Ferrer, 2018). La fuerza de pendiente de resistencia puede expresarse en grados o en porcentaje de desnivel. Es decir considerando un desnivel del 2.5 % significa que en un tramo de 100 m se incrementa la altura en 2.5 m. Los cálculos se realizan con las Ecuación (15).

$$F_p = P \times \text{sen} \alpha = m \cdot g \times \text{sen} \alpha \quad (15)$$

$$F_p = 530 \times 9.81 \times \text{sen} \left(\text{sen}^{-1} \left(\frac{2.5}{100} \right) \right) = 129.98 \text{ N}$$

Figura 17

Esquema de análisis para determinar la resistencia por pendiente



Nota. Desnivel o pendiente 2.5 %

- **Resistencia total**

Por lo tanto la resistencia total se determinó con la Ecuación (16). Como resultado se obtuvo 295.96 N.

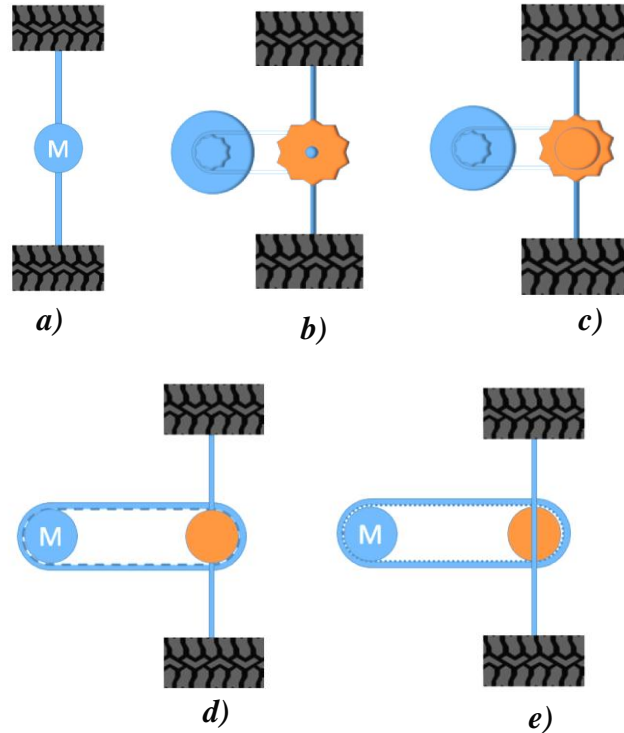
$$F_t = F_e + F_a + F_p \quad (16)$$

4.1.2. Resultados de selección del sistema de transmisión de potencia.

La unidad se puede implementar de muchas maneras diferentes. La vectorización de par, es decir, la capacidad de dividir el par entre la rueda derecha y la izquierda de forma controlada, es una característica deseada del sistema en vehículos eléctricos. La necesidad de engranajes dependerá del diseño de la máquina. Se necesitan embragues en caso de que las máquinas eléctricas deban desconectarse mecánicamente de las ruedas (Marquez, 2014). Habiendo analizado las necesidades del vehículo mototaxi, se proponen posibles soluciones para el sistema de transmisión del vehículo. También se analizan formas de conexión de la transmisión posibles.

Figura 18

Propuestas de selección del sistema de transmisión de potencia



Nota. Adecuado de (Pardo, 2016). a) Sistema de transmisión con motor sobre eje motriz. b) Sistema de transmisión con reducción sobre eje motriz. c) Sistema de transmisión con reducción y diferencial sobre eje motriz. d) Sistema conectado mediante banda. e) Sistema conectado mediante cadena.

Analizando la factibilidad, la primera opción (Figura 18. a), es un sistema sencillo que tiene la gran ventaja de ser rápido y muy económico de construir. Sin embargo, dado que no hay relación de transmisión para reducir la velocidad, la velocidad de salida es tan alta como la velocidad del motor. Como resultado, el motor, que debe usarse a 1500-3000 rpm debido a su curva característica, no puede utilizarse por completo.

Para el proyecto se propone y se seleccionó la primera opción de un sistema de transmisión con motor sobre eje motriz, por ser más sencillo y económico de construir. Las otras opciones tienen la ventaja de mayor maniobrabilidad del vehículo, y desventajas como costo, peso, tiempo de diseño y manufactura.

4.1.3. Resultados del torque necesario

El torque y lo que mide se refiere a la fuerza de rotación o giro generada por el cigüeñal del motor; también se denomina fuerza o potencia de tracción. Para calcular el torque necesario, se depende del radio de las ruedas (neumáticos) y de la fuerza de empuje. Los cálculos se realizaron con la Ecuación (17).

$$P = F_t \times r \quad (17)$$

$$T = 295.96 \times 0.23 = 68.07 \text{ N.m}$$

Donde:

T : Torque en el neumático donde se transmite la fuerza.

r : Radio del neumático, 9 pulgadas = 0.23 m. (Aro – 18)

F : Fuerza total para mover el mototaxi (295.96 N)

4.1.4. Resultados de velocidad angular

Para calcular la velocidad angular a velocidad máxima se utiliza la Ecuación (18).

$$\omega = \frac{V_{\max}}{r} \quad (18)$$

$$\omega = \frac{16.67}{0.23} = 72.48 \text{ rad/s}$$

Donde:

ω : Velocidad angular

r : Radio del neumático

Debido a que la velocidad angular está dada en RPM, en las especificaciones de los motores, es conveniente realizar la siguiente conversión con la Ecuación (19).

$$n = \frac{\omega \times 60}{2\pi} \quad (19)$$

$$n = \frac{72.48 \times 60}{2\pi} = 692.15 \text{ rpm}$$

4.1.5. Resultados de la potencia del motor eléctrico

Para seleccionar el motor eléctrico de acuerdo a estos parámetros, tenemos que tomar la velocidad máxima del vehículo para este cálculo se tomó en cuenta la velocidad de 60 km/h y la fuerza la fuerza para mover el vehículo con su carga total, los cálculos se realizaron con las Ecuaciones (20) y (21).

$$P = F_t \times V_{\max} \quad (20)$$

$$P = 295.96 \times 16.67 = 4933.58 \text{ W} = 4.93 \text{ kW}$$

$$P = \frac{F_t \times V_{\max}}{746} \quad (21)$$

$$P = \frac{295.96 \times 16.67}{746} = 6.61 \text{ HP}$$

Donde:

P : Potencia del motor.

V_{\max} : Velocidad máxima (16.67 m/s)

F_t : Fuerza total para mover la mototaxi (295.96 N)

4.1.6. Resultados del torque nominal

Para calcular el torque nominal se tiene que considerar la velocidad de giro nominal que se dan en revoluciones rpm. Para el cálculo del torque nominal se utilizó la Ecuación (22). La velocidad de giro nominal de una máquina de aproximadamente 5 kW potencia, esta aproximadamente entre 1500 a 3000 rpm. Luego de la revisión bibliográfica considerando una velocidad nominal de 1500 rpm, característica de los motores eléctricos Brushless de corriente continua, una de las características principales de estas máquinas es también su alto torque. Como resultado se obtuvo 31.41 N.m de torque nominal.

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi n} \quad (22)$$

$$T = \frac{4933.58 \times 60}{2\pi(1500)} = 31.41 \text{ N.m}$$

Donde:

P : Potencia del motor

n : Velocidad de giro (1500 rpm)

4.1.7. Resultados de cálculo y selección del motor eléctrico.

Se seleccionó un motor eléctrico KY200AS455-15 de 5.5 kW, que cumple con los parámetros en cuanto a potencia, torque nominal (35 N.m), torque máximo (70 N.m). El motor eléctrico KY200AS0450-15 de 5 kW de 48 V CD, cumple con los parámetros de potencia y torque nominal, pero no con el torque máximo (solo llega a 63.6 N.m). En la Tabla 2, se muestra las características del motor eléctrico seleccionado.

Tabla 2

Características del motor eléctrico seleccionado

Parámetros del motor	Características/valores	Unidades
Tipo	Brushless BLDC	...
Modelo	KY200AS455-15	...
Voltaje	48	V
Potencia	5.5	kW
Torque nominal	35	N.m
Velocidad nominal	1500	Rpm
Corriente nominal	143	A
Torque máximo	70	N.m
Peso	26	kg

Nota. Datos ficha técnica de fabricante. El motor seleccionado cumple los parámetros calculados en cuanto a potencia y torque.

Según Mora (2002), para determinar la potencia eléctrica absorbida o potencia de entrada (P_e) del motor se realizó con la Ecuación (23). Por otra parte el rendimiento (η)

del motor se determinó con la Ecuación (24). Para cálculos se la potencia absorbida, se tomó datos del motor eléctrico seleccionado Brushless BLDC (voltaje 48 V, corriente 143 A).

$$P_e = V_n \times I_n \quad (23)$$

$$P_e = 48 \times 143 = 6.86 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} \quad (24)$$

$$\eta = \frac{5.5}{6.86} = 80.17\%$$

En la Tabla 3, se compararon los parámetros principales del motor de combustión interna versus el motor eléctrico Brushless BLDC. Donde el motor eléctrico tiene un rendimiento del 80.17 %, contra un 27 % del motor de combustión interna.

Tabla 3

Parámetros comparativos del motor de combustión interna vs motor eléctrico

Datos	Motor de combustión interna	Motor eléctrico Brushless BLDC
Modelo	Motocar Honda CCG125	KY200AS455-15
Cilindrada	124 cc.	Ninguno
Velocidad	1420 RPM	1500 RPM
Potencia	8 kW	5.5 kW
Peso	35 kg	26 kg
Torque nominal	9.8 N.m	35 N.m
Rendimiento	27%	80.17 % (calculado)

Nota. Datos correspondientes a parámetros de los motores de combustión interna, y el motor eléctrico Brushless de corriente directa.

4.1.8. Resultados de cálculo y selección del sistema de acumulación de energía

Considerando la potencia del motor seleccionado 5.5 kW, y considerando 03 horas por carga de batería, se tiene como resultado 16.5 kWh de energía. Debe de haber una combinación entre motor y baterías, y no sobre cargar con peso de baterías la mototaxi. Según Mejía (2019), para determinar el consumo de energía se determinó con la Ecuación (25). Para lo cual se consideró un voltaje del banco de baterías igual al voltaje de del motor eléctrico.

$$E_{m\acute{a}x} = \frac{E_{dm}}{V_n} \quad (25)$$

$$E_{im\acute{a}x} = \frac{16.5 \times 1000}{48} = 343.75 \text{ Ah/dia}$$

Según Mejía (2019), y Pareja (2016), para calcular el número de baterías necesarias, primeramente es necesario conocer la capacidad del banco de baterías. Para los cálculos del banco de baterías se tomó un factor de profundidad de descarga máxima diaria de la batería (P_d) del 80 %, 01 día de autonomía. La capacidad nominal del banco de baterías ($C_{baterias}$) se realizó con la Ecuación (26).

$$C_{baterias} = \frac{D_{aut} \times E_{m\acute{a}x}}{P_d} \quad (26)$$

$$C_{baterias} = \frac{1 \times 343.75}{0.80} = 429.69 \text{ Ah}$$

Donde:

D_{aut} : Días de autonomía

P_d : Factor de profundidad de descarga máxima diaria de batería.

Las baterías que se seleccionaron para dar funcionamiento al sistema, son de la marca Koyosonic, batería LiFePO4 de iones de litio, Modelo LFP200-24; cuyas características se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4*Características eléctricas de la batería seleccionada*

Datos	Valores	Unidades
Tensión nominal (V_{nom})	24	V
Capacidad nominal	200	Ah
Peso aproximado	39	kg

Nota. Datos ficha técnica de fabricantes Koyosonic. Modelo LFP200-24

Según Mejía (2019), para determinar el número de baterías en serie y paralelo, se realiza con las Ecuaciones (27) y (28).

$$N_{paralelo,baterías} \geq \frac{C_{batería}}{C_{n,batería}} \quad (27)$$

$$N_{paralelo,baterías} \geq \frac{429.69}{200} = 2.15 \approx 2 \text{ baterías}$$

$$N_{serie,baterías} \geq \frac{V_{batería}}{V_{n,batería}} \quad (28)$$

$$N_{serie,baterías} \geq \frac{48}{24} = 2 \text{ baterías}$$

$$N_{total,baterías} = N_{s,baterías} \times N_{p,baterías} \quad (29)$$

$$N_{total,baterías} = 2 \times 2 = 4 \text{ baterías}$$

Basándose en la Tabla 2, se requiere una intensidad de corriente máxima de 143 A y un voltaje de 48 V con lo cual podemos calcular la autonomía teórica de la mototaxi. Para el cálculo de la corriente suministrada por cada batería para la operación del motor se utilizó la Ecuación (30).

$$I_B = \frac{I_0}{N_{\text{paralelo}, \text{baterías}}} \quad (30)$$

$$I_B = \frac{143}{2} = 71.5 \text{ A}$$

Dónde:

I_B : Corriente suministrada por la batería

I_0 : Corriente de operación

Para calcular el tiempo de duración de la carga, se realizó con la Ecuación (31):

$$t_0 = \frac{Q}{I_B} \quad (31)$$

$$t_0 = \frac{200}{71.5} = 2.8 \text{ horas}$$

Donde:

t_0 : Tiempo de operación a corriente continua

Q : Carga de la batería

Se concluye que con 4 baterías de LiFePO4 de iones de litio, Modelo LFP200-24, conectadas (2 serie por 2 paralelo), la mototaxi será capaz de alcanzar una autonomía de 2.8 horas.

4.1.9. Resultados de selección del cargador de la batería

Para dimensionar y seleccionar correctamente un cargador, las referencias bibliográficas recomiendan tomar entre 10-15% del total del banco de baterías. Cargar una batería requiere una tensión de carga superior; si la corriente de carga cae a una tensión de carga (superior), se necesitará mucho más tiempo para cargar la batería.

El cargador batería de litio seleccionada debe tener las siguientes especificaciones: Voltaje de entrada de CA: 100-240V (enchufe del cargador CA estandarizado), voltaje de carga: 54.6 voltios, corriente de carga: 20 amperios.

4.1.10. Cálculo y selección fusible e interruptor de encendido

Los elementos de protección son el fusible, que sirven como disparo de protección ante cortocircuitos y sobre tensiones (Pareja, 2016). El circuito de corriente continua corresponde al tramo de la instalación eléctrica que va a partir de la batería hasta el motor eléctrico de corriente continua. Para el cálculo de fusibles e interruptor se realizó con Ecuaciones (32) y (33).

- Fusible batería al motor eléctrico

$$I_{\text{fusible}(B-MECD)} \geq \frac{P_{MECD}}{V_n} \quad (32)$$

$$I_{\text{fusible}(B-MECD)} \geq \frac{5500}{48} = 114.58 \text{ A}$$

- Interruptor batería al motor eléctrico

$$I_{\text{interruptor}} = \frac{P_{MECD}}{V_n} \quad (33)$$

$$I_{\text{interruptor}} = \frac{5500}{48} = 114.58 \text{ A}$$

De acuerdo a cálculos realizados se seleccionó fusibles estandarizados y disponibles en el mercado del tipo GL cilíndricos de 125 A. El interruptor de encendido se ubicará en el timón del vehículo específicamente en el lado derecho para su control de encendido y apagado; se seleccionó un interruptor Empot.2Px125 A, tamaño 30 x 22mm, 2 polos.

Figura 19

Interruptor de encendido



Nota. Fabricante APEM.

4.1.11. Cálculo y selección de cables eléctricos

Para determinar la sección del conductor que se va a utilizar en el diseño del sistema electromecánico, la longitud requerida es de 5 metros el cual se utilizara desde la batería hasta el motor Brushless de corriente directa hasta llegar el botón de puesta en marcha (Pareja, 2016). Para determinar la sección del conductor se utilizó la Ecuación (34).

$$s = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\Delta V} \quad (34)$$

Donde:

S : Sección conductor (mm^2)

ρ : Resistencia del material ($\rho_{\text{Cu } 75^\circ\text{C}} = 0.022 \Omega\text{mm}^2 / \text{m}$).

ΔV : Caída de tensión (V)

L : Longitud del conductor

I : Amperaje

Tabla 5

Resultado de cálculo de cables

Componentes	Longitud (m)	Máxima caída de tensión admisible	I (A)	Vn	S (mm^2)	AWG
Baterías -Motor Eléctrico CD	5	1%	114.58	48	52.52	1/0

Nota. Esto indica que el conductor a elegir es un cable 1/0 AWG, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

4.2. Simulación de las piezas del sistema de tracción electromecánico con el software SolidWorks

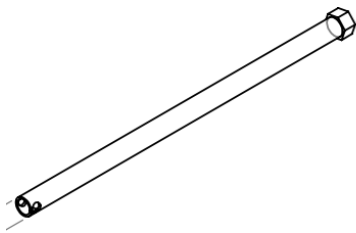
4.2.1. Diseño del eje

El material que se aplicara al eje es acero AISI 1020, cuyas propiedades se encuentran en el Anexo 5. El diseño consiste en cambiar un motor combustión interna por un motor eléctrico. El eje es de acero con las siguientes especificaciones:

- Para el diseño y simulación se utilizó acero AISI 1020.
- El eje tiene un diámetro de 15.92 mm y un largo de 415 mm.

Figura 20

Diseño del eje de acero AISI 1020

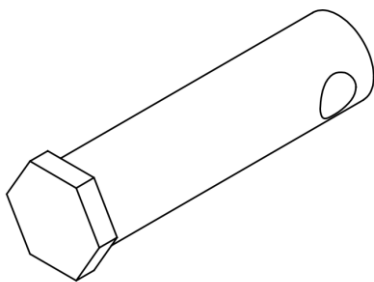


4.2.2. Diseño del pin

El pin es diseñado para que pase entre el empate y el eje, sus medidas están descritas en el Anexo 6.

Figura 21

Diseño del pin entre el empate y el eje

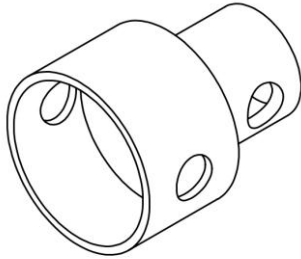


4.2.3. Diseño del empate entre el motor eléctrico y el eje

El diseño del empate entre el motor eléctrico y el eje tiene un material de acero AISI 1020 con sus características que están descritas en el Anexo 7.

Figura 22

Diseño del empate entre el motor eléctrico y el eje

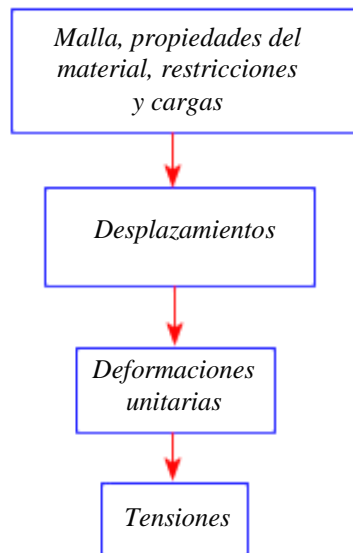


4.2.4. Simulación del sistema de tracción electromecánico

Dado un modelo mallado con un conjunto de restricciones de desplazamiento y cargas, el programa SolidWorks de análisis estático procede lo indicado en la Figura 23.

Figura 23

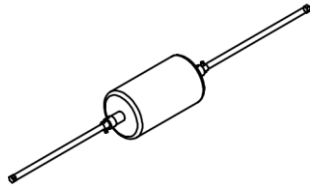
Secuencia de cálculos y simulación en el SolidWorks



Para la simulación del sistema electromecánico, se unieron las piezas del diseño para luego aplicar la carga de 5329.28 N, 2.5% mas de la carga inicial 5199.30 N. La simulación se realizó en un análisis estático para ver sus deformaciones unitarias, tensión elástica y desplazamiento, tomando en cuenta la secuencia de la Figura 23.

Figura 24

Diseño del sistema de tracción

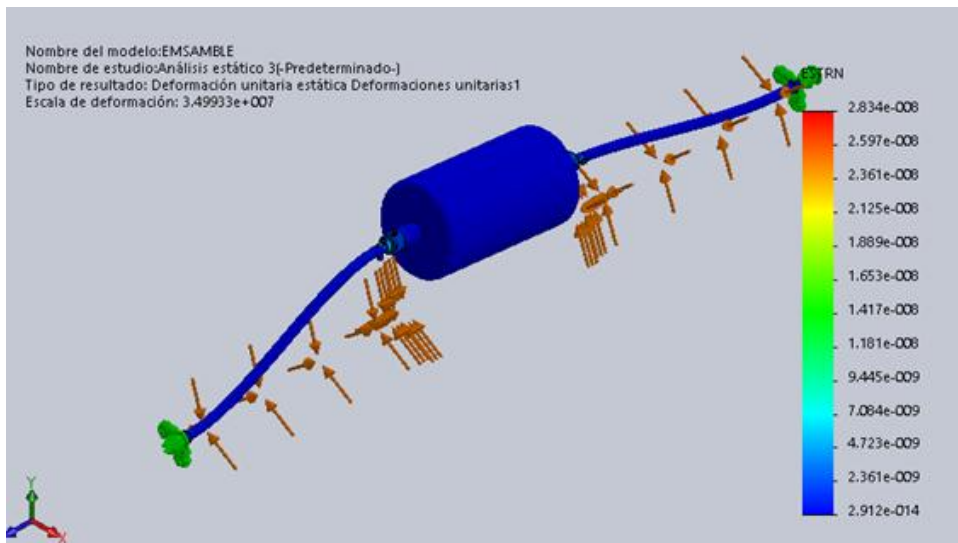


a. Deformación unitaria

Las deformaciones unitarias son la magnitud más simple para medir deformación es llamada también deformación axial y se define como el cambio de longitud por unidad de longitud. La Figura 25, expone los resultados debido a las deformaciones unitarias, tiene una barra en la cual se expone el rango de la deformación unitaria en el eje y los apoyos. El color rojo expresa la deformación unitaria máxima y el color azul la mínima deformación unitaria. Los valores máximo y mínimo de las deformaciones unitarias son las siguientes: $2.912e-014$ (mínimo) a $2.834e-008$ (máximo). Por lo tanto la deformación estática unitaria está dentro de los márgenes que indica el material, de acuerdo a ello quiere decir que el diseño tiene confiabilidad para su debido montaje

Figura 25

Análisis de la deformación unitaria



Nota. Simulado en el SolidWorks

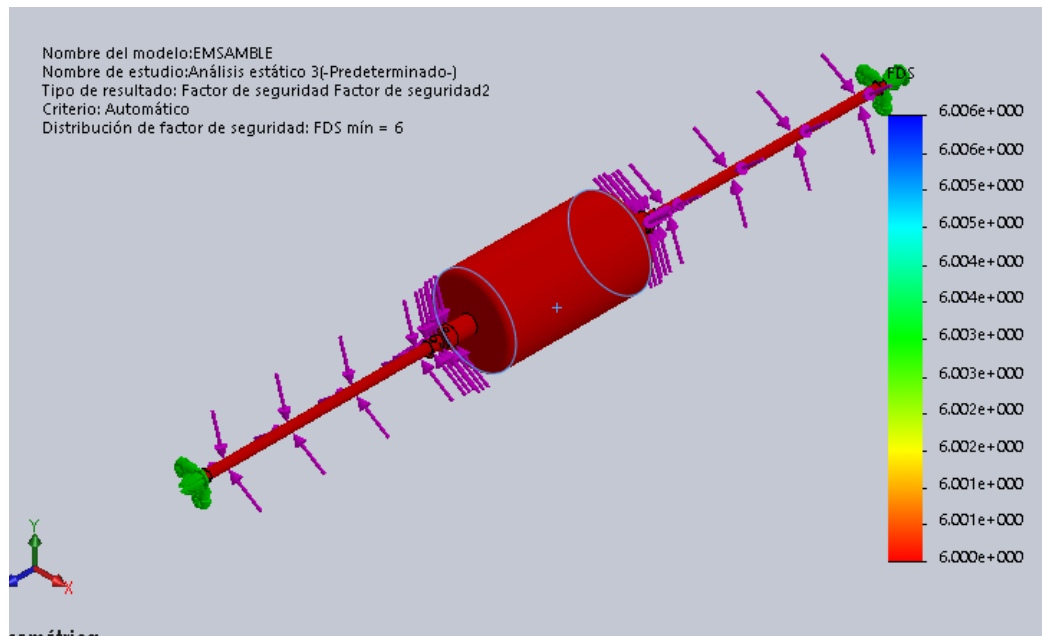
b. Factor de seguridad

La Figura 26, muestra los resultados de la verificación de diseño debido a esfuerzos por tensión con base en el criterio de tensiones de vonMises máximo. Muestra los diferentes factores de seguridad que existen en cualquier punto de los elementos en estudio. Las zonas de color rojo son las que tienen el mínimo factor de seguridad. Las zonas de color azul son las que tienen un factor de seguridad máximo, por lo tanto esas zonas podrían estar sobredimensionadas. El rango de valores de los factores de seguridad tiene los siguientes máximo y mínimo: 6.000 (FS mínimo) a 6.006 (FS máximo).

Los puntos o áreas donde aparece el factor de seguridad mínimo son zonas de posible riesgo de rotura o falla en el diseño. Donde aparece el factor de seguridad máximo son las zonas más seguras y no están expuestas a roturas o fallas estáticas.

Figura 26

Factor de seguridad



Nota. Simulado en el SolidWorks

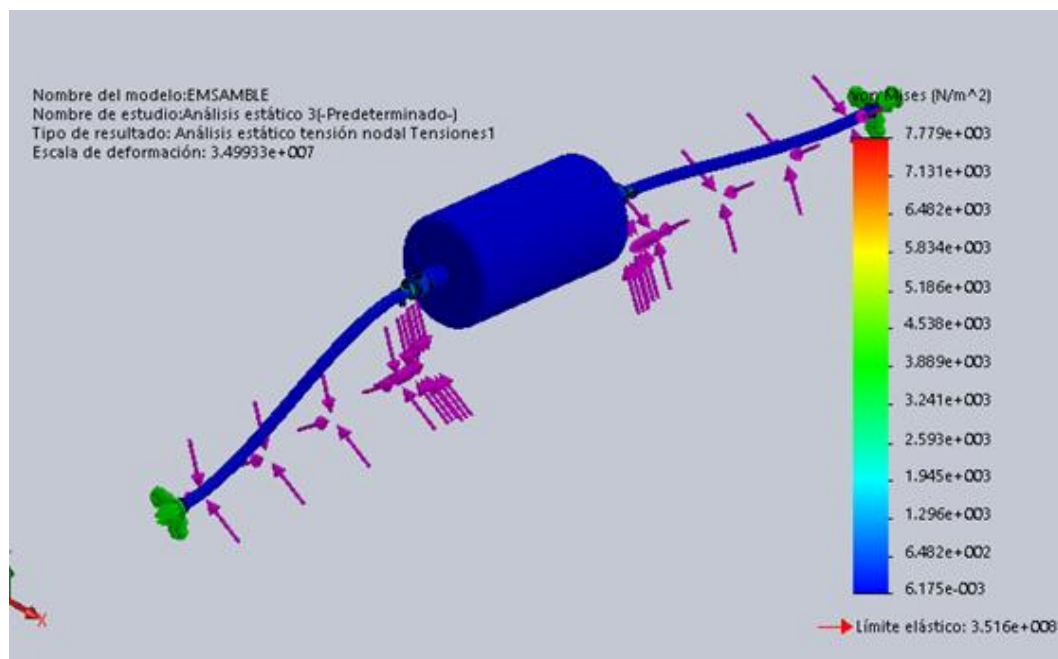
c. Análisis de la tensión

El límite elástico para este análisis de acuerdo al material utilizado es de $3.516e+008$ N/m² (351.6 MN/m²). En la Figura 27, se observa que hay una barra de colores al lado derecho que indica los diferentes esfuerzos que podrían estar actuando en los elementos. Los valores máximo y mínimo de la barra en mención son: $6.175e-003$ N/m² (mínimo) a $7.779e+003$ N/m² (máximo).

Los elementos en estudio muestran un color azul, lo cual nos indica que no existe una sobretensión sino que están sometidos a esfuerzos mínimos y que no hay riesgos de fractura o falla por tensiones. Este resultado está basado en el criterio de vonMises.

Figura 27

Análisis de la tensión



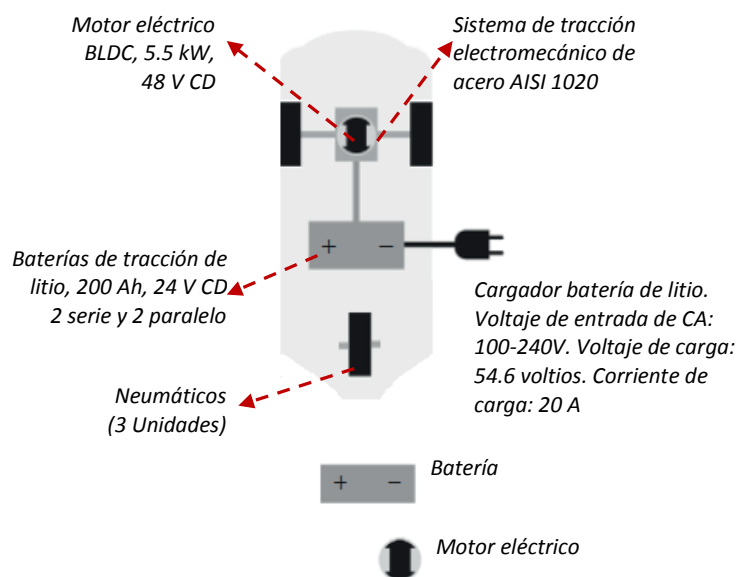
Nota. Simulado en el SolidWorks

4.2.5. Esquema del diseño de sistema de tracción electromecánico para la mototaxi

El esquema de la Figura 28, muestra el diseño del sistema de tracción electromecánico dimensionado.

Figura 28

Esquema del sistema de tracción mecánica mototaxi eléctrica con baterías propuesta.



Nota. Muestra los componentes la mototaxi eléctrica con baterías.

4.3. Evaluación económica del proyecto

4.3.1. Presupuesto referencial

En la Tabla 6, se detallan el presupuesto referencial de materiales, equipos, manufactura y montaje del sistema de tracción electromecánico dimensionado.

Tabla 6

Presupuesto referencial

N°	Descripción de componentes	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Sub total (S/.)
I	Materiales				10725.00
1.1	Motor eléctrico BLDC, 5.5 kW, 48 V DC	Und.	1	1980.00	1980.00
1.2	Batería de tracción de litio, 200 Ah, 24 V DC	Und.	4	1750.00	7000.00

1.3	Cargador batería de litio. Voltaje de entrada de CA: 100-240V. Voltaje de carga: 54.6 voltios. Corriente de carga: 20 A. Enchufe del cargador de CA estandarizado para Perú.	Und	1	260	260.00
1.4	Cables eléctricos 1/0 AWG	m	5	7.00	35.00
1.5	Porta fusibles de 125 A	Und.	1	30.00	30.00
1.6	Interruptor Empot.2Px125 A, 2 polos, 125V DC.	Und.	1	35.00	35.00
1.7	Sistema de tracción electromecánico de acero AISI 1020 (Especificaciones técnicas: láminas de detalle)	Glb	1	1385.00	1385.00
II Montaje					4504.50
2.1	Montaje electromecánico de la mototaxi	Glb	1	3968.25	3968.25
2.2	Pruebas eléctricas y mecánicas	Glb	1	536.25	536.25
Total (Costo Directo)					S/. 15229.50
Transporte de materiales (5% Costo Directo)					S/. 761.48
Gastos generales (9% Costo Directo)					S/. 1370.66
Total presupuesto					S/. 17361.63

Nota. Presupuesto incluye IGV.

4.3.2. Evaluación de costos de energía

En las Tabla 7 y 8, se muestra los cálculos de costos de energía para la mototaxi eléctrica, y mototaxi con motor de combustión interna.

Tabla 7

Costos de energía mototaxi eléctrico

Potencia moto taxi eléctrica (KW)	Horas de carga diaria	Recorrido (km)	Energía eléctrica (kWh)	Costo energía eléctrica (S/. /kWh)	Costo (S/./día)	Costo (S/./año)
5.5	3	40	16.5	0.9811	16.19	5827.73

Nota. Costo de energía BT5B no residencial, octubre 2022. Empresa Municipal de Servicios Eléctricos Utcubamba (EMSEU).

Tabla 8*Costos de energía mototaxi con motor de combustión interna*

Potencia mototaxi a gasolina (KW)	Consumo medio de combustible (km/2.5 lt)	Precio de la gasolina (S./lt)	Costo (S./día)	Costo (S./año)
8	40	4.89	12.225	4401.00

Nota. El consumo de combustible se tomó (40 km/2.5 lt), tomando en cuenta que en la ciudad de Bagua Grande se tiene una topografía de terreno de subidas y bajadas, y zonas sin asfalto.

Tabla 9*Costos de combustible de estaciones de servicio de combustible- Bagua Grande.*

Distrito	Establecimiento	Precio de Venta (Soles/galón)
Bagua Grande	Servicentro Santa Ysabel S.A.C.	18.35
Bagua Grande	Lean Inversiones Generales E.I.R.L.	18.45
Bagua Grande	Estación de Servicios Utcubamba II S.R.L.	18.45
Bagua Grande	Estación de Servicios Utcubamba E.I.R.L.	18.45
Bagua Grande	Estación de Servicios Picorito E.I.R.L.	18.49
Bagua Grande	Estación de Servicio Andy E.I.R.L.	18.54
Bagua Grande	Servicentro Luciano S.A.C.	18.55
Bagua Grande	Cresencio Barrios Correa	18.6
Bagua Grande	Gasolinera Cariñito S.R.L.	18.65
Bagua Grande	Grifo san Martin S.A.C.	18.75
	Promedio (S./galón)	18.53
	Promedio (S./litro)	4.89

Nota. OSINERGMIN (2022). Costos gasolina 90 octanos, noviembre 2022.

Tabla 10*Costos operativos anuales mototaxi motor de combustión interna vs motor eléctrico*

Descripción	Mototaxi con motor de combustión	Mototaxi con motor eléctrico
Baterías	150.00	600.00
Cambios de aceite	700.00	
Kit de arrastre	600.00	
Frenos	160.00	160.00
Mantenimiento correctivo	4900.00	784.00
Combustible 90 octanos (4.89 S./lt)	4401.00	
Electricidad (0.98 S./KWh)		5827.73
Costos de neumáticos	2200.00	2200.00
Total (S./)	13111.00	9571.73

Nota. Costos operativos anuales, que se cuantificaron tomando en cuenta recorridos cada 5000 km.

Se realizó la evaluación para un periodo de 15 años, para una tasa de interés para el VAN del 10%, resultado rentable al largo plazo, tiempo de recuperación 10.81 años, con un VAN S/. 3595.14, y un B/C de 1.15. Así mismo se realizó la evaluación para un segundo escenario tomando una tasa de interés para el VAN del 6 %, resultando un poco más rentable, tiempo de recuperación 8.18 años, con un VAN S/. 9398.20, y un B/C de 1.38. En las Tablas 11 y 12, se muestran los resultados de la evaluación económica del sistema electromecánico.

Tabla 11

Evaluación económica del proyecto, propuesta 1

Año de operación	Costos Inversión (S/.)	Costos Mantenimiento (S/.)	Costos totales (S/.)	Beneficios (S/.)	Factor de actualización 10.0%	Costos actualizados (S/.)	Beneficios actualizados (S/.)	Flujo neto de efectivo act. (S/.)	Flujo neto de efectivo act. acumulado (S/.)	Año repago
0	17361.63		17361.63		1.00	17361.63	0.00	-17361.63	-17361.63	
1		784.00	784.00	3539.27	0.91	712.73	3217.51	2504.79	-14856.84	
2		784.00	784.00	3539.27	0.83	647.93	2925.01	2277.08	-12579.76	
3		784.00	784.00	3539.27	0.75	589.03	2659.10	2070.07	-10509.69	
4		784.00	784.00	3539.27	0.68	535.48	2417.37	1881.88	-8627.81	
5		784.00	784.00	3539.27	0.62	486.80	2197.61	1710.80	-6917.00	
6		784.00	784.00	3539.27	0.56	442.55	1997.82	1555.28	-5361.73	
7		784.00	784.00	3539.27	0.51	402.32	1816.20	1413.89	-3947.84	
8		784.00	784.00	3539.27	0.47	365.74	1651.09	1285.35	-2662.49	
9		784.00	784.00	3539.27	0.42	332.49	1500.99	1168.50	-1493.99	
10		784.00	784.00	3539.27	0.39	302.27	1364.54	1062.27	-431.71	10.81
11		784.00	784.00	3539.27	0.35	274.79	1240.49	965.70	533.99	
12		784.00	784.00	3539.27	0.32	249.81	1127.72	877.91	1411.90	
13		784.00	784.00	3539.27	0.29	227.10	1025.20	798.10	2210.01	
14		784.00	784.00	3539.27	0.26	206.45	932.00	725.55	2935.55	
15		784.00	784.00	3539.27	0.24	187.68	847.27	659.59	3595.14	
Total	17361.63			53088.99		23324.80	26919.94	3595.14		
				VAN=		3595.14				
				TIR =		18.86%				
				B/C =		1.15				

Tabla 12

Evaluación económica del proyecto, propuesta 2

Año de operación	Costos Inversión (S/.)	Costos Mantenimiento (S/.)	Costos totales (S/.)	Beneficios (S/.)	Factor de actualización 6.0%	Costos actualizados (S/.)	Beneficios actualizados (S/.)	Flujo neto de efectivo act. (S/.)	Flujo neto de efectivo act. acumulado (S/.)	Año repago
0	17361.63		17361.63		1.00	17361.63	0.00	-17361.63	-17361.63	
1		784.00	784.00	3539.27	0.94	739.62	3338.93	2599.31	-14762.32	
2		784.00	784.00	3539.27	0.89	697.76	3149.93	2452.18	-12310.15	
3		784.00	784.00	3539.27	0.84	658.26	2971.64	2313.37	-9996.77	
4		784.00	784.00	3539.27	0.79	621.00	2803.43	2182.43	-7814.34	
5		784.00	784.00	3539.27	0.75	585.85	2644.75	2058.90	-5755.45	
6		784.00	784.00	3539.27	0.70	552.69	2495.04	1942.35	-3813.09	
7		784.00	784.00	3539.27	0.67	521.40	2353.81	1832.41	-1980.68	
8		784.00	784.00	3539.27	0.63	491.89	2220.58	1728.69	-252.00	8.18
9		784.00	784.00	3539.27	0.59	464.05	2094.89	1630.84	1378.84	
10		784.00	784.00	3539.27	0.56	437.78	1976.31	1538.53	2917.37	
11		784.00	784.00	3539.27	0.53	413.00	1864.44	1451.44	4368.81	
12		784.00	784.00	3539.27	0.50	389.62	1758.91	1369.28	5738.09	
13		784.00	784.00	3539.27	0.47	367.57	1659.35	1291.78	7029.87	
14		784.00	784.00	3539.27	0.44	346.76	1565.42	1218.66	8248.52	
15		784.00	784.00	3539.27	0.42	327.14	1476.81	1149.68	9398.20	
Total	17361.63			53088.99		24976.03	34374.23	9398.20		
				VAN=	9398.20					
				TIR =	18.86%					
				B/C =	1.38					

V. Discusión

Para el dimensionamiento de los mecanismos electromecánicos, se determinaron las fuerzas que ejercen sobre el vehículo mototaxi resultando 295.96 N, se seleccionó un sistema de transmisión motor sobre eje motriz, se determinó un torque necesario de 68.07N.m, y una velocidad de 692.15 rpm. Asimismo se determinó la potencia del motor eléctrico de 4.93 kW, con un torque nominal de 31.41 N.m. Se seleccionó un motor eléctrico KY200AS455-15 de 5.5 kW de 48 V CD, que cumple con los parámetros en cuanto a potencia, torque nominal (35 N.m), torque máximo (70 N.m), eficiencia calculada del motor 80.17%. También se seleccionaron baterías de tracción de litio, 200 Ah, 24 V CD, 2 serie y 2 paralelos; 01 cargador de batería con un voltaje de entrada de CA: 100-240V, voltaje de carga: 54.6 voltios, y corriente de carga: 20 A. Metodología que guarda relación con Romero (2020), que diseñó un sistema mecánico-eléctrico con carga solar para un vehículo automotriz menor de tres ruedas, en este trabajo para los cálculos de la potencia motor requerido, no tomo en cuenta las fuerzas que ejercen sobre el vehículo mototaxi por pendiente. Por otra parte Pavon (2020), diseño y construyó el chasis, suspensión y tren de potencia de una moto eléctrica. Los vehículos eléctricos han intentado ser la solución a este problema del rendimiento y también al problema de la contaminación ambiental.

Para la simulación en el software SolidWorks se seleccionó un acero AISI 1020. Se diseñó un eje que tiene un diámetro de 15.92 mm y un largo de 415 mm, también se diseñó el pin para que pase entre el empate y el eje, y el empate entre el motor eléctrico y el eje. Para la simulación del sistema de tracción electromecánico se realizó un mallado, y propiedades del acero AISI 1020, se aplicó una carga de 5329.28 N. Los resultados de simulación de deformaciones unitarias están entre $2.912e-014$ (mínimo) a $2.834e-008$ (máximo), por lo tanto la deformación estática unitaria está dentro de los márgenes que indica el material. El factor de seguridad resultó 6.000. El límite elástico para el análisis de tensiones es $3.516e+008$ N/m² (351.6 MN/m²), se tiene valores de tensiones de $6.175e-003$ N/m² (mínimo) a $7.779e+003$ N/m² (máximo), los elementos en estudio indica que no existe una sobretensión sino que están sometidos a esfuerzos mínimos y no hay riesgos de falla por tensiones, basado en el criterio de VonMises. Pavon (2020), dentro del diseño, analisis y selección de componentes, también realiza analisis computacional, el analisis de tensiones o es esfuerzos basados en VonMises.

Para la evaluación económica se determinó un presupuesto referencial de S/. 17361.63. Se determinaron costos de energía de una mototaxi eléctrico para 3 horas de carga diaria y un recorrido de 40 km aproximadamente, resultando 5827.73 S/./año, se tomó un costo de energía eléctrica EMSEU para octubre del 2022 de 0.9811 S/. /kWh. También se determinó los costos de energía de una mototaxi con gasolina de 90 octanos, resultando 4401.00 S/./año, para lo cual se tomó 40 km/2.5 lt como consumo medio de combustible, y el precio promedio de las estaciones de servicio de combustible de Bagua Grande para noviembre del 2022 de 4.89 S/./lt. Por otra parte se determinaron los costos operativos anuales de la mototaxi con motor de combustión interna versus mototaxi con motor eléctrico. Además la evaluación económica para un periodo de 15 años, tomando una tasa de interés para el VAN del 10%, resultó rentable al largo plazo, tiempo de recuperación 10.81 años, con un VAN S/. 3595.14, y un B/C de 1.15. Así mismo se realizó la evaluación para un segundo escenario tomando una tasa de interés para el VAN del 6 %, resultando un poco más rentable, tiempo de recuperación 8.18 años, con un VAN S/. 9398.20, y un B/C de 1.38. Romero (2020), en su estudio solo detalla costos de cada elemento que conforma el vehículo y el gasto que generará su fabricación, no realiza la evaluación económica. Por otra parte Cajamarca (2020), realiza un análisis de la factibilidad económica para la implementación de vehículos la factibilidad económica para el despliegue de vehículos eléctricos para Correos del Ecuador como parte de la flota vehicular de la ciudad de Cuenca, donde también determina los costos operativos totales de un motor a gasolina y un motor eléctrico.

Conclusiones

Se determinaron las fuerzas que ejercen sobre el vehículo mototaxi resultando 295.96 N, se seleccionó un sistema de transmisión motor sobre eje motriz. Se seleccionó un motor eléctrico KY200AS455-15 de 5.5 kW de 48 V CD, que cumple con los parámetros en cuanto a potencia, torque nominal (35 N.m), torque máximo (70 N.m), y eficiencia calculada del motor 80.17%, que ayudan a mejorar el rendimiento del vehículo mototaxi. También se seleccionaron baterías de tracción de litio, 200 Ah, 24 V CD, 2 serie y 2 paralelos; 01 cargador de batería con un voltaje de entrada de CA: 100-240V, voltaje de carga: 54.6 voltios, y corriente de carga: 20 A.

Para la simulación se utilizó software SolidWorks se seleccionó un acero AISI 1020. Se diseñó un eje de 15.92 mm de diámetro y un largo de 415 mm, y el empate entre el motor eléctrico y el eje. Se realizó un mallado, y propiedades del acero AISI 1020, se aplicó una carga de 5329.28 N. De los resultados de simulación, la deformación estática unitaria está dentro de los márgenes que indica el material. El factor de seguridad resultó 6.000. El límite elástico para el análisis de tensiones es $3.516e+008$ N/m² (351.6 MN/m²), los elementos en estudio indica que no existe una sobretensión sino que están sometidos a esfuerzos mínimos y no hay riesgos de falla por tensiones, basado en el criterio de VonMises.

Para la evaluación económica, se determinó un presupuesto referencial de S/. 17361.63. Se determinaron costos de energía de una mototaxi eléctrico, y una mototaxi con gasolina de 90 octanos. También se determinaron los costos operativos anuales de la mototaxi con motor de combustión interna versus mototaxi con motor eléctrico. Además la evaluación económica para un periodo de 15 años, tomando una tasa de interés para el VAN del 10%, resultó rentable, tiempo de recuperación 10.81 años, con un VAN S/. 3595.14, y un B/C de 1.15. Así mismo se realizó la evaluación para un segundo escenario tomando una tasa de interés para el VAN del 6 %, resultando un poco más rentable, tiempo de recuperación 8.18 años, con un VAN S/. 9398.20, y un B/C de 1.38.

Recomendaciones

La Municipalidad de Bagua Grande debe ejecutar este tipo de proyecto de diseño en donde los mototaxis funcionen con motores eléctricos contribuyendo a la no contaminación ambiental, ya que los motores eléctricos no emiten gases contaminantes.

Este trabajo realizado queda como base para otros posibles trabajos de investigación que se realicen más adelante en la Región. En los que también se pueden utilizar sistemas híbridos y otros tipos de transmisión mecánica para el vehículo.

La empresa eléctrica y el Gobierno deben implementar estaciones de carga pilotos de baterías de vehículos eléctricos en las principales ciudades de la Región de Amazonas.

Referencias bibliográficas

- Abatta, L., y Moya, P. (2013). *Diseño, adaptación y conversión de una motocicleta de 100 c.c. a gasolina en eléctrica* [Escuela Politecnica del Ejercito]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6885>
- Augeri, F. (2011). *Análisis de los gases de escape de los motores de combustión interna*. <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/302-análisis-de-los-gases-de-escape-de-los-motores-de-combustión-interna.html>
- Cajamarca, C. (2020). *Análisis de la factibilidad económica para la implemebtación de vehículos eléctricos en correos del Ecuador para la ciudad de Cuenca* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18593/4/UPS-CT008723.pdf>
- Cengel, Y. A., y Boles, M. A. (2012). *Termodinámica* (M. G. Hill (ed.); Séptima Ed). <http://es.slideshare.net/Norpheel/termodinamica-cengel-7th>
- Chapman, S. J. (2012). *Máquinas eléctricas* (Mc Graw Hill (ed.); Quinta ed.).
- Dominguez, E., y Ferrer, J. (2018). *Sistemas de transmisión y frenado*. Editorial Editex S.A.
- Durán, M. A., Gudiño, J., Charre, S. M., y Alcalá, J. A. (2014). Modelado y diseño del controlador para un sistema de tracción de un vehículo eléctrico. *Informacion Tecnologica*, 25(6), 101-108. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600013>
- Ewert, A., Brost, M., y Schmid, S. (2021). Small Electric Vehicles—Benefits and Drawbacks for Sustainable Urban Development. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-65843-4>
- Fayette, C. (1985). *The Internal-Combustion Engine in Theory and Practice* (The MIT Press (ed.); 2nd Editio).
- Gökozan, H. (2020). *Traction Motors and Motor Drivers Used in Electric Vehicles Elektrikli Araçlarda Kullanılan Motorlar ve Motor Sürücülere*. 19, 105-111. <https://doi.org/10.31590/ejosat.699699>
- Kumar, D. (2015). Economic Assessment of Photovoltaic Energy Production Prospects in India. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 425-436.

<https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.042>

- Lázaro, E., y Panduro, H. (2020). *Manual de Metodología de la Investigación Científica* (Editorial Universitaria UPA (ed.); Cuarta Edi).
- Marquez, F. J. (2014). *Electric traction machine design for an E-RWD unit* [Lund University]. <https://lucris.lub.lu.se/ws/files/6383075/4353329.pdf>
- Martin, E. (2021). *What drives electric mobility experimentations? Actors in and motivations for motorcycle taxi electrification in Nairobi, Kenya. February.* <https://www.researchgate.net/publication/349003479>
- Martín, J. C. (2012). *Máquinas Eléctricas* (Editex S.A (ed.)).
- Martínez, C. (2012). *Estadística y Muestreo* (ECOEDICIONES (ed.); Décima ter). <http://ies-booklick.s3.amazonaws.com/1626728222781-Estadistica-MuestreoCiro1-198.pdf>
- Mejía, E. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. *Revista Científica Pakamuros*, 7(2), 73-88. <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/95/89>
- Mora, J. F. (2002). *Máquinas eléctricas* (Mc Graw Hill (ed.); Sexta edic).
- Morales, J. (2018). *Control de velocidad de motores Brushless mediante modulación PWM* [Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/30524/1/TFG-P-787.pdf>
- Obudho, S. M., Otengah, W. A. P., y Shivachi, T. I. (2020). Motorcycle taxi in addressing the rural transport conundrum. *Acta Logistica*, 7(2), 73-84. <https://doi.org/10.22306/al.v7i2.156>
- Oliveira, J. A., y Filho, M. A. N. A. (2002). The brazilian motorcycle taxi phenomenon. *Proceedings of the Conference on Traffic and Transportation Studies, ICTTS, 40630*(February 2015). [https://doi.org/10.1061/40630\(255\)217](https://doi.org/10.1061/40630(255)217)

- Pacheco, W., Romero, A., Flores, S., y La Rosa, J. (2012). *Diseño y Construcción del Prototipo de Mototaxi Accionado por un Motor Eléctrico que Utiliza Energía Proveniente de la Energía Solar y Otros Tipos de Energía* (N.º 30). <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/electron/article/view/3006/2530>
- Pardo, A. (2016). *Diseño del Sistema de Transmisión de Potencia a las Ruedas para un Vehículo Tipo Fórmula SAE con Motor Eléctrico* [Universidad Politécnica Salesiana-Sede Matriz Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12908/1/UPS-CT006727.pdf>
- Pareja, M. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica. Cálculo de una Instalación Aislada*. (Marcombo (ed.); 3era Ed.).
- Pavon, D. (2020). *Diseño y construcción del chasis, suspensión y tren de potencia de una moto eléctrica* [Universidad Autónoma de Bucaramanga]. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/7096>
- Pulkrabek, W. (2003). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine* (Pearson (ed.); 2nd edición).
- Rafael, M., y Guzmán, A. (2014). *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible* (Número 417). <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
- Reyes, N. (2018). *Diseño de un Sistema Regenerativo de Carga de Baterías con Paneles Solares Para un Vehículo Eléctrico Kia Soul* [Universidad Politecnica Saleciana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16402/1/UPS-CT007979.pdf>
- Romero, W. (2020). *Diseño de un sistema mecánico-eléctrico con carga solar para un vehículo automotriz menor de tres ruedas* [Universidad Señor de Sipan]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/7812>
- Sanchez, J. (2020). *Diseño de un Motor Magnético para la Generación de Energía Mecánica, con Posterior Transformación a Energía Eléctrica, Conectado a las Baterías del Auto Eléctrico I-MIEV de Mitsubishi Mejorando así su Autonomía* [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2733>

Anexos

Anexo 1

Registro de mototaxis, según departamento referencial

Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Amazonas	1 421	2 266	1 323	846	987	1 111	999	1 185
Áncash	321	559	468	358	683	617	605	522
Apurímac	2	6	14	30	119	208	284	243
Arequipa	315	649	941	559	703	562	555	709
Ayacucho	212	289	417	274	535	292	256	270
Cajamarca	2 843	3 807	3 517	1 987	2 428	2 769	3 176	3 598
Cusco	748	1 136	745	463	879	489	483	609
Huancavelica	-	2	17	13	41	5	44	33
Huánuco	2 072	2 235	2 559	1 455	1 812	1 670	2 168	2 024
Ica	298	1 096	1 043	239	736	1 220	1 666	1 807
Junín	1 666	2 463	2 270	1 401	2 259	2 458	2 790	2 789
La Libertad	1 433	1 325	1 505	1 139	1 839	1 109	1 207	1 016
Lambayeque	11 004	15 002	14 832	8 693	13 243	14 872	17 524	20 505
Lima 1/	34 991	45 176	46 574	32 346	47 941	44 855	49 284	50 850
Loreto	7 211	4 165	4 013	2 647	3 967	4 123	4 430	4 194
Madre de Dios	898	1 123	1 273	704	908	1 015	1 421	1 514
Moquegua	20	38	35	20	69	64	17	10
Pasco	1	7	8	27	62	44	46	43
Piura	7 834	8 704	8 893	5 609	6 481	6 347	5 814	5 291
Puno	2 208	3 550	4 918	3 228	3 699	3 665	4 376	4 227
San Martín	7 108	8 825	6 624	4 023	6 602	8 024	8 301	10 362
Tacna	227	264	501	307	548	494	457	565
Tumbes	141	169	242	138	144	65	145	176
Ucayali	6 007	6 764	7 086	4 809	7 651	6 442	8 021	8 010
Total	88 981	109 620	109 818	71 315	104 336	102 520	114 069	120 552

Nota. 1/ Incluye la Provincia Constitucional del Callao (2010-2017). Tomado de Superintendencia Nacional de los Registros Públicos.

Anexo 2
Datos del mototaxi

Datos del Vehículo		
Categoría: L5	Año de Fabricación 2017	Cilindros: 1
Marca: MOTOKAR	Año Modelo 2017	Cilindrada: 124 cc
Modelo: CCG125	Versión	Peso bruto: 415 kg
Color: Azul plata	Ejes: 2	Peso neto: 235 kg
Motor: WH156FMI217A70230	Asientos: 3	Carga útil: 180 kg
Combustible: Gasolina	Pasajeros: 2	Longitud: 2.34 m
Formación: Rodante	Ruedas: 3	Altura: 1.71 m
VIN: 8WAKRFS31HL018193	Carrocería: Trimoto	Ancho: 1.315 m
Serie/Chasis: 8WAKRFS31HL018193	Potencia: 7080 a 8000 W	

Anexo 3

Características del motor Brushless

Frame: 200*200mm								
Model	Volt	Power	Rated Torque	Rated Speed	Rated Amps	Peak Torque(10s)	Encoder	Weight
Unit	V	KW	Nm	RPM	A	Nm	PPR	KG
KY200AS0450-15	48	5KW	31.8	1500	130	63.6	2500	26
KY200AS0455-15		5.5KW	35	1500	143	70	2500	26
KY200AS0650-15	60	5KW	31.8	1500	104	63.6	2500	26
KY200AS0660-15		6KW	38.2	1500	125	76.4	2500	26
KY200AS0750-15	72	5KW	31.8	1500	86.8	63.6	2500	26
KY200AS0760-15		6KW	38.2	1500	104	76.4	2500	26
KY200AS0775-15		7.5KW	47.7	1500	130	95.5	2500	30
KY200AS0950-15	96	5KW	31.8	1500	65	63.6	2500	26
KY200AS0960-15		6KW	38.2	1500	78	76.4	2500	26
KY200AS0975-15		7.5KW	47.7	1500	97.6	95.5	2500	30
KY200AS09100-15		10KW	63.6	1500	130	127	2500	30

ADD: NO.66-102 of Xinmao Qilu Technology Park, NO.1 of Zidong Road, Tianqiao District, Jinan, Shandong, China.
 Email: sales@jinky.com skype: dccontroller Tel:0086-18963053321

Anexo 4

Ficha técnica de la batería

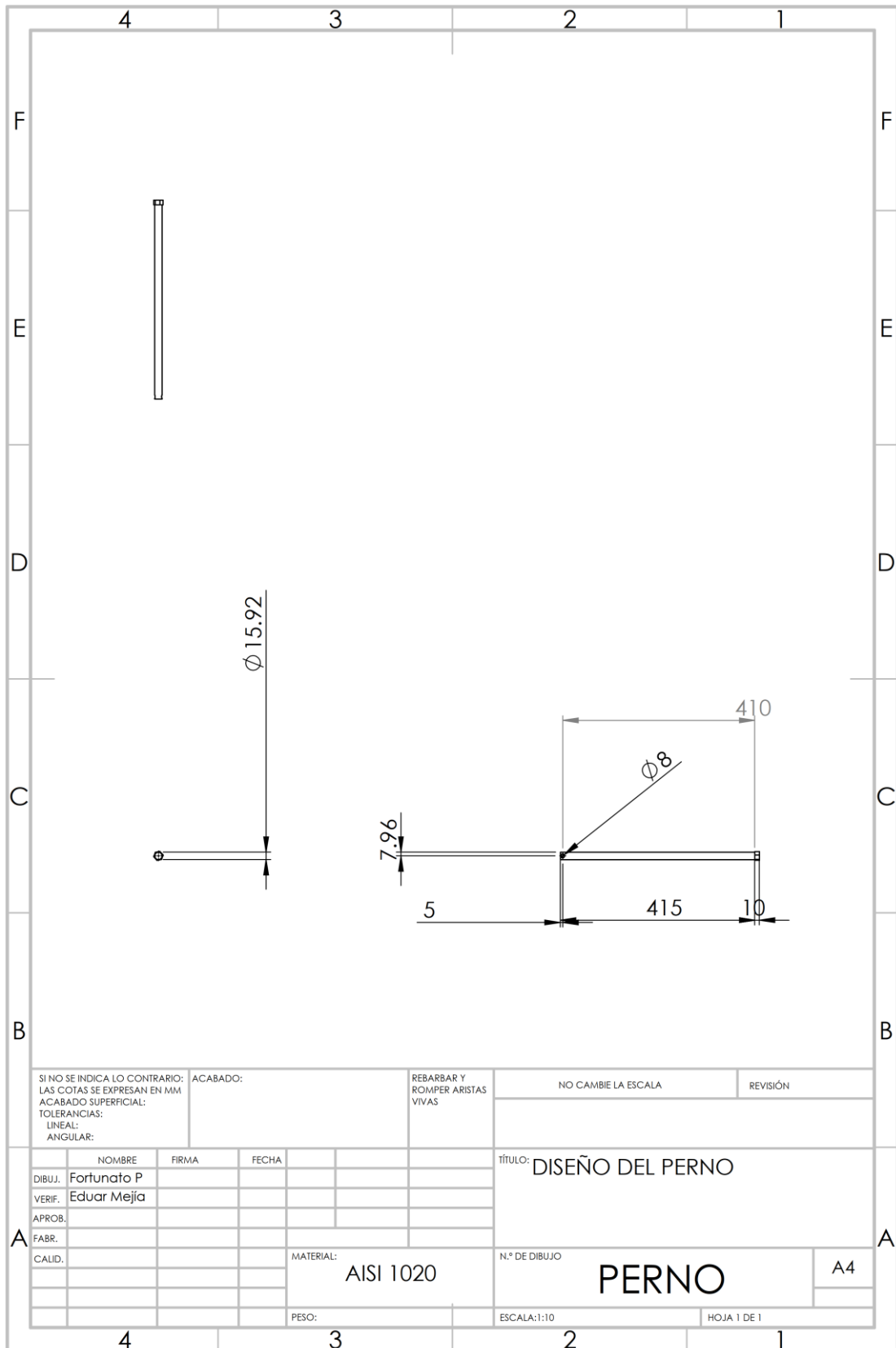


Technical Specification

Model	Volt (V)	Capacity (Ah)	BMS (A)	Dimension (mm)				Approx. Weight	Terminal	
				L	W	H	T.H.		Type	Position
LFP6-12	12	6	6	151	65	95	100	3	F2	C
LFP24-12	12	24	24	180	77	171	171	4	M5	A
LFP50-12	12	50	50	195	133	171	171	6	M5	A
LFP70-12	12	70	70	229	138	208	215	8.0	M6	A
LFP80-12	12	80	80	307	169	211	215	8.5	M8	A
LFP100-12A	12	100	100	307	169	211	215	11.1	M8	A
LFP100-12B	12	100	100	331	174	214	219	11.5	M8	B
LFP135-12	12	135	100	331	174	214	219	13.5	M8	B
LFP150-12A	12	150	100	331	174	214	219	15.5	M8	B
LFP150-12B	12	150	100	484	171	241	241	15.6	M8	A
LFP200-12	12	200	100	522	240	219	224	22	M8	C
LFP300-12	12	300	100	522	240	219	224	29	M8	C
LFP40-24	24	40	40	260	169	211	215	9	M8	A
LFP50-24	24	50	100	331	174	214	219	11	M8	B
LFP100-24	24	100	100	522	240	219	224	22	M8	C
LFP120-24	24	120	100	522	240	219	224	27	M8	C
LFP150-24	24	150	100	522	240	219	224	31	M8	C
LFP200-24	24	200	100	520	268	220	226	39	M8	C
LFP100-36	36	100	100	522	240	219	224	29	M8	C
LFP50-48	48	50	50	522	240	219	224	22	M8	C

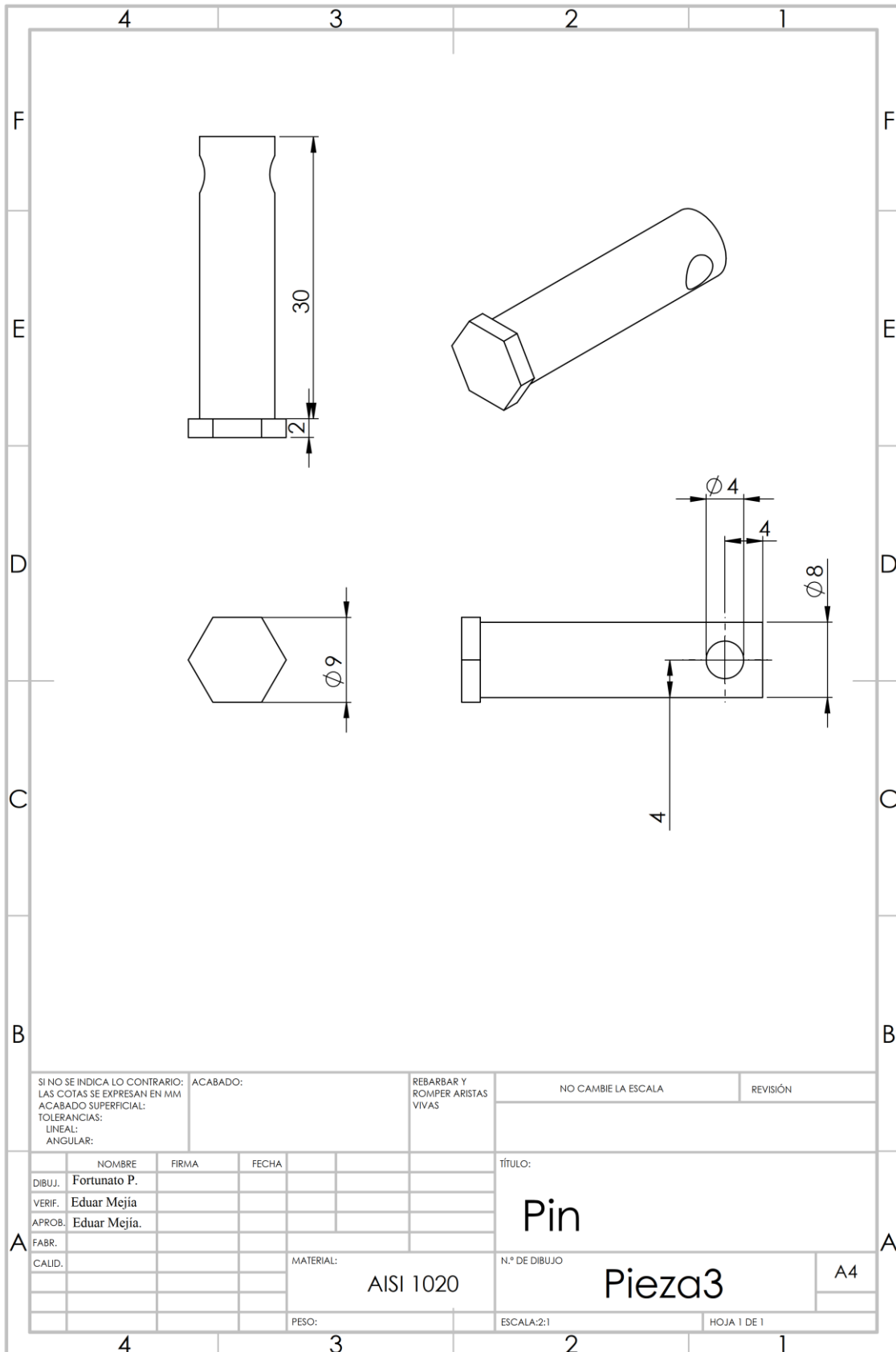
Notes: 1) BMS can be designed as required.
2) Bluetooth is optional.

Anexo 5 Diseño del perno



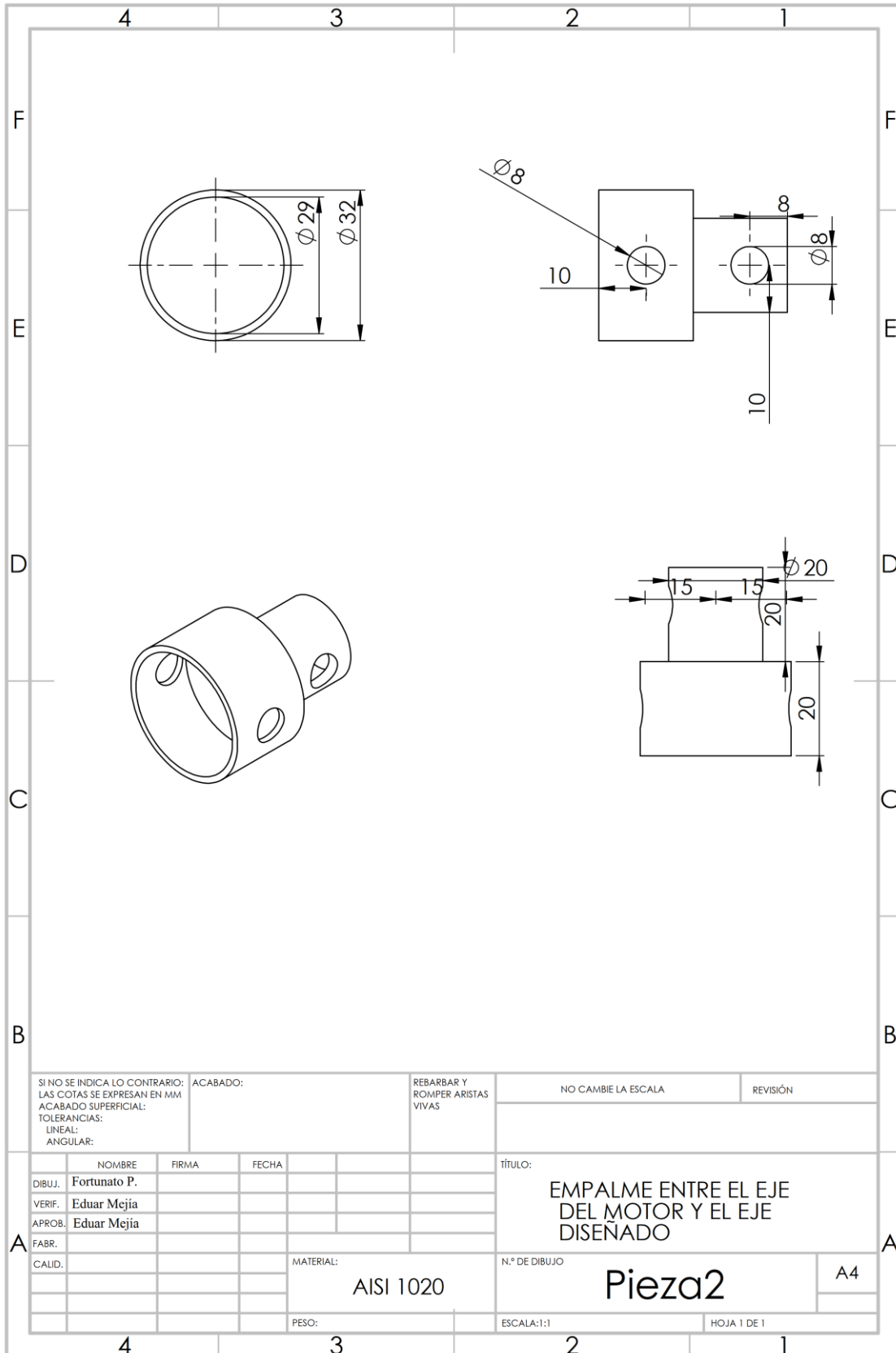
Anexo 6

Pin que une el empalme y el perno



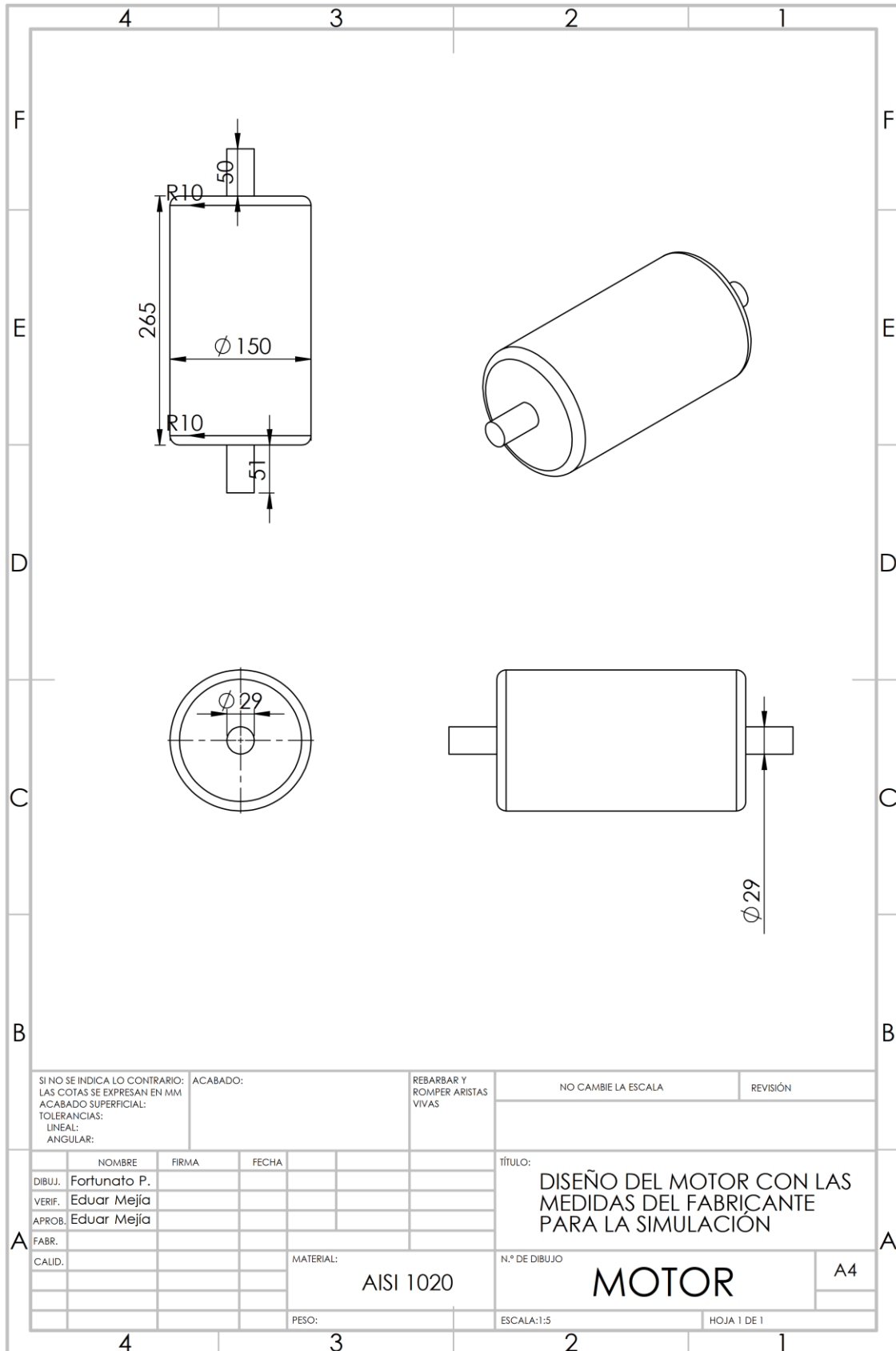
Anexo 7

Empalme del diseño



Anexo 8

Motor eléctrico



Anexo 9

Ensamble de piezas de diseño

