



**Dimensionamiento e implementación del sistema motor, transmisión y eléctrico del
vehículo prototipo tipo tumbler.**

Alvarez Gavilanes, Carlos Arturo y Vivanco Sopa, Josue Damian

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero

Automotriz

Cruz Arcos, Guillermo Mauricio

28 de febrero del 2024

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



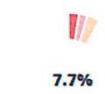
Plagiarism and AI Content Detection Report

COPIA_TESIS_MOTOR TRANSMISIÓN E...

Scan details

Scan time: February 28th, 2024 at 17:59 UTC Total Pages: 83 Total Words: 20573

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
● Identical	2.7%	551
● Minor Changes	1.9%	395
● Paraphrased	3.1%	636
○ Omitted Words	0%	0

AI Content Detection

Text coverage		Words
● AI text	0%	0
○ Human text	100%	20573

[Learn more](#)

Firma



Ing. Cruz Arcos, Guillermo Mauricio
C.C.: 0503010555



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: "Dimensionamiento e implementación del sistema motor, transmisión y eléctrico del vehículo prototipo tipo tumbler" fue realizado por los señores Alvarez Gavilanes, Carlos Arturo y Vivanco Sopa, Josue Damian, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 28 de febrero del 2024

Firma:

.....

Msc. Cruz Arcos, Guillermo Mauricio
C.C: 0503010555



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Alvarez Gavilanez Carlos Arturo** y **Vivanco Sopa Josue Damian** con cédulas de ciudadanía N° 055026572-2 y 050408559-8, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: “**Dimensionamiento e implementación del sistema motor, transmisión y eléctrico del vehículo prototipo tipo tumbler**” es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 28 de febrero del 2024

Firma:

Alvarez Gavilanes, Carlos Arturo

C.C.: 055026572-2

Vivanco Sopa, Josue Damian

C.C.: 050408559-8



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, Alvarez Gavilanez Carlos Arturo y Vivanco Sopa Josue Damian con cédulas de ciudadanía N° 055026572-2 y 050408559-8, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: “**Dimensionamiento e implementación del sistema motor, transmisión y eléctrico del vehículo prototipo tipo tumbler**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 28 de febrero del 2024

Firma

Alvarez Gavilanes, Carlos Arturo

C.C.: 055026572-2

Vivanco Sopa, Josue Damian

C.C.: 050408559-8

Dedicatoria

Dedico el presente proyecto de investigación a mis amados padres Arturo Alvarez y Norma Gavilanes, quienes, al brindarme su amor y apoyo incondicional, han sido mi mayor fuente de inspiración, y mi principal impulso para culminar esta etapa académica.

No existen palabras adecuadas para expresar mi profundo agradecimiento, por sus sacrificios, y paciencia, sin ustedes nada de esto sería posible.

A mi tía Nancy y abuela Fabiola, quienes han sido fundamentales en mi vida debido al amor, apoyo y consejos brindados.

A mi querido hermano José, tu ánimo constante y tu presencia solidaria fueron el sostén que me permitió superar los obstáculos y seguir adelante.

ALVAREZ GAVILANES CARLOS ARTURO

Agradecimiento

Mi más sincero agradecimiento a la noble institución de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, y a la carrera de Ingeniería Automotriz por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios, los conocimientos y orientación, han sido base de mi formación profesional.

A mi estimado tutor, ingeniero Mauricio Cruz, por su dedicación, apoyo, guía y paciencia durante todo el proceso de elaboración del proyecto.

A Elith Fajardo, tu presencia en mi vida ha llenado cada día de alegría, el amor, comprensión y apoyo brindado durante este largo proceso, me ha inspirado y ayudado a crecer como persona.

ALVAREZ GAVILANES CARLOS ARTURO

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por darme la salud y vida para poder cumplir este anhelado objetivo, así como su infinito amor y bondad.

A mis padres, Wilson Vivanco y Teresa Sopa quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este viaje académico. Su amor, sacrificio y constante aliento han sido el motivo por el cual hoy este gran sueño que aparentaba lejano en su comienzo se convierta en realidad.

También a mi abuela, Maria Sopa quien ha sido mi segunda madre, por sus cuidados, sus consejos y su preocupación constante día tras día. También a mi hermana, Juliana Vivanco, por su apoyo y compañía en todo este arduo proceso.

Como no también a mi grandioso grupo de amigos de curso que gracias a la unión y apoyo de todos pudimos superar varios obstáculos difíciles y llegar al final.

A todos aquellos que de una forma u otra han contribuido en mi formación académica y personal, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento.

VIVANCO SOPA JOSUE DAMIAN

Agradecimiento

Agradecer el apoyo incondicional tanto moral como económico a mis padres quienes nunca me han abandonado en el transcurso de mi ciclo estudiantil.

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento al ingeniero Mauricio Cruz por su invaluable orientación, sabiduría y apoyo a lo largo de este proyecto.

También agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"-L, a la grandiosa carrera de Ingeniería Automotriz por brindarme los recursos y el ambiente adecuado para llevar a cabo este estudio.

No puedo pasar por alto el apoyo de mis amigos de aulas y de barrio (Aracely, Lucas, Carlos, Andy, Jonathan, David, José, Brayan, Cristhian, y más) seres queridos, a quienes han estado a mi lado con palabras de aliento y comprensión durante todo este proceso.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que participaron en esta investigación. Este objetivo ha sido alcanzado gracias al trabajo en equipo de muchas personas, por lo que quiero expresar mi profundo agradecimiento a todos ellos.

VIVANCO SOPA JOSUE DAMIAN

ÍNDICE DE CONTENIDO

Caratula	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Dedicatoria.....	8
Agradecimiento.....	9
Indice de contenido.....	10
Indice de figuras.....	15
Indice de tablas.....	17
Indice de ecuaciones	20
Resumen	21
Abstract.....	22
Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación	23
Antecedentes	23
Planteamiento del problema	24
Descripción del proyecto	25
Justificación:.....	26
Importancia:.....	26
Alcance:	27
Objetivos de proyecto.....	27
<i>Objetivo General</i>	27

Objetivos Específicos.....	28
Metas	28
Hipótesis	29
Variables de investigación	29
<i>Variable dependiente</i>	29
<i>Variable independiente</i>	29
Metodología de desarrollo del proyecto	29
<i>Método Bibliográfico:</i>	29
<i>Método Analítico:</i>	30
<i>Método Deductivo:</i>	30
<i>Método Sintético</i>	30
<i>Método Matemático:</i>	30
Capítulo II: Fundamentación teórica.....	32
Metodología de selección de los distintos sistemas.....	32
<i>Método cualitativo</i>	32
<i>Escalamiento tipo Likert</i>	32
Sistema Motor	33
<i>El motor térmico de combustión interna</i>	33
<i>Motor Otto</i>	33
<i>Disposición de los cilindros</i>	34
<i>Motores de cilindros en línea</i>	34
<i>Posición del motor en el vehículo</i>	35
<i>Motores de 2 cilindros</i>	36
<i>Motores de 3 cilindros</i>	36
<i>Motores de 4 cilindros</i>	36
<i>Sistema de refrigeración</i>	37

	12
<i>Sistema de alimentación</i>	38
<i>WLTP</i>	41
<i>Cálculos del sistema motor</i>	42
<i>Ventajas y desventajas de la posición del motor</i>	45
Sistema de Transmisión	45
<i>El sistema de embrague</i>	46
<i>Ventajas y desventajas del accionamiento del embrague</i>	49
<i>El convertidor de par</i>	50
<i>La transmisión en motocicletas y ciclomotores</i>	50
<i>Caja de cambios manual</i>	51
<i>Caja de cambios automática</i>	53
<i>Conjunto reductor</i>	54
<i>Ejes</i>	55
<i>Cálculos</i>	56
<i>Velocidad máxima</i>	56
<i>Ventajas y desventajas de los tipos de sistemas de transmisión</i>	58
Sistema Eléctrico.....	58
<i>Cableados</i>	58
<i>Normativa AWG</i>	58
<i>Magnitudes y unidades eléctricas en corriente continua</i>	60
<i>Potencia eléctrica</i>	61
<i>Sección del conductor y su corriente admisible</i>	62
<i>Protección de los circuitos - Fusibles</i>	62
<i>Terminales y conectores</i>	63
<i>Esquemas de circuitos eléctricos</i>	63
<i>Normativa DIN 72552 - 40719</i>	64

<i>Componentes de los circuitos eléctricos</i>	64
<i>Alumbrado</i>	65
<i>Normativa NTE INEN 1155. Vehículos Automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad. Requisitos</i>	66
<i>Batería</i>	68
<i>Velocímetro</i>	68
<i>Cuentarrevoluciones</i>	68
<i>Circuito indicador de presión de aceite</i>	68
<i>Circuito indicador de temperatura del motor</i>	68
<i>Circuito indicador de combustible</i>	68
<i>Circuito carga</i>	68
<i>Circuito de arranque</i>	69
<i>Circuito de encendido</i>	69
Capítulo III: Selección de los sistemas	71
Sistema Motor	71
Sistema de Transmisión	79
<i>Sistema de cambios</i>	79
<i>Sistema de accionamiento del embrague</i>	83
Sistema Eléctrico.....	85
<i>Selección de batería</i>	85
<i>Selección de cableado</i>	85
<i>Norma AWG</i>	85
<i>Sistema de iluminación</i>	86
<i>Sistema de carga – arranque - encendido</i>	89
<i>Sistema de control</i>	90
Capítulo IV: Implementación y pruebas de los sistemas	93

	14
Implementación	93
<i>Sistema Motor</i>	93
<i>Sistema de Transmisión</i>	95
<i>Sistema Eléctrico</i>	96
Pruebas.....	97
<i>Sistema Motor</i>	98
<i>Sistema de Transmisión</i>	102
<i>Sistema Eléctrico</i>	103
Capítulo V: Marco administrativo	106
Recursos	106
<i>Recursos Humanos</i>	106
<i>Recursos Tecnológicos</i>	106
<i>Recursos Materiales</i>	106
Presupuesto	107
Financiamiento	108
Conclusiones	109
Recomendaciones	112
Bibliografía.....	113
Anexos.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Identificación de problemas</i>	25
Figura 2 <i>Esquema de combustión de motor Otto</i>	34
Figura 3 <i>Disposiciones de los cilindros en línea</i>	34
Figura 4 <i>Posición del motor en el vehículo</i>	35
Figura 5 <i>Motor de 2 cilindros en línea</i>	36
Figura 6 <i>Motor de 3 cilindros en línea</i>	36
Figura 7 <i>Motor de 4 cilindros en línea</i>	36
Figura 8 <i>Constitución del motor</i>	37
Figura 9 <i>Sistema de refrigeración</i>	37
Figura 10 <i>Constitución del radiador</i>	38
Figura 11 <i>Esquema del sistema de alimentación</i>	39
Figura 12 <i>El depósito de combustible y sus componentes</i>	40
Figura 13 <i>Características del material del tanque de combustible</i>	41
Figura 14 <i>Diagrama de fuerzas</i>	43
Figura 15 <i>Sistema de transmisión con semiejes</i>	46
Figura 16 <i>Partes de un sistema de embrague de fricción</i>	47
Figura 17 <i>Collarín de embrague y cojinete de desembrague</i>	48
Figura 18 <i>Accionamiento hidráulico del embrague</i>	49
Figura 19 <i>Partes del convertidor de par</i>	50
Figura 20 <i>Transmisión por cadena catalina</i>	51
Figura 21 <i>Caja manual de cambios y sus elementos</i>	52
Figura 22 <i>Selector de velocidades de la caja de cambios manual</i>	52
Figura 23 <i>Vista de sección de la caja de cambios automática</i>	53
Figura 24 <i>Partes del conjunto diferencial</i>	54
Figura 25 <i>Los semiejes de transmisión</i>	55

Figura 26 <i>Calibres de cables AWG</i>	60
Figura 27 <i>Catálogo de Conductores de Cobre THHN</i>	62
Figura 28 <i>Catálogo de Fusibles Littelfuse</i>	63
Figura 29 <i>Relé</i>	64
Figura 30 <i>Diagrama de encendido convencional</i>	69
Figura 31 <i>Vehículo prototipo en reposo</i>	72
Figura 32 <i>Análisis de grados de pendiente - fuerza de tracción</i>	76
Figura 33 <i>Diseño del tanque de combustible</i>	77
Figura 34 <i>Propiedades físicas de la pieza</i>	78
Figura 35 <i>Aplicación medición</i>	98
Figura 36 <i>Medidor de velocidad en km/h</i>	99
Figura 37 <i>Análisis del consumo de combustible WLTP</i>	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Variable dependiente</i>	29
Tabla 2 <i>Variable independiente</i>	29
Tabla 3 <i>Metodologías</i>	30
Tabla 4 <i>Tabla de puntuación respecto a método evaluativo de likert</i>	33
Tabla 5 <i>Ciclo de prueba WLTP Clase 3</i>	42
Tabla 6 <i>Descripción de ecuaciones de resistencia a la marcha</i>	44
Tabla 7 <i>Descripción de ventajas y desventajas de la posición del motor</i>	45
Tabla 8 <i>Descripción de ventajas y desventajas del accionamiento del embrague</i>	49
Tabla 9 <i>Características de los sistemas de transmisión</i>	58
Tabla 10 <i>Características de los diferentes tipos de lámparas de iluminación</i>	65
Tabla 11 <i>Cantidad, ubicación y color de las luces indicadores delanteras</i>	66
Tabla 12 <i>Cantidad, ubicación y color de las luces indicadores posteriores</i>	67
Tabla 13 <i>Matriz de evaluación cuantitativa del sistema motor</i>	71
Tabla 14 <i>Valores de masa de sistemas</i>	72
Tabla 15 <i>Cálculo de resistencia a la marcha del vehículo con sus valores</i>	73
Tabla 16 <i>Matriz de selección del sistema motor</i>	74
Tabla 17 <i>Peso real del vehículo</i>	75
Tabla 18 <i>Cálculo de la resistencia a la marcha a diferentes ángulos</i>	76
Tabla 19 <i>Matriz de evaluación cuantitativa del sistema de transmisión</i>	79
Tabla 20 <i>Matriz de selección del sistema de transmisión</i>	80
Tabla 21 <i>Relaciones de transmisión</i>	81
Tabla 22 <i>Matriz de selección del accionamiento del embrague</i>	83
Tabla 23 <i>Datos de accionamiento del embrague</i>	84
Tabla 24 <i>Cálculos de accionamiento del embrague</i>	84
Tabla 25 <i>Datos técnicos de la batería</i>	85

Tabla 26 <i>Matriz de evaluación cuantitativa del sistema de iluminación</i>	86
Tabla 27 <i>Resumen de conceptos y requisitos</i>	87
Tabla 28 <i>Datos de faros</i>	87
Tabla 29 <i>Cálculo de amperaje en los circuitos de iluminación</i>	88
Tabla 30 <i>Resumen de calibre, fusible y relé empleados</i>	89
Tabla 31 <i>Resumen de datos circuitos de carga – arranque – encendido</i>	89
Tabla 32 <i>Diagramas de sistemas eléctricos, calibre y corriente</i>	90
Tabla 33 <i>Especificaciones y cálculos de sistemas de control</i>	90
Tabla 34 <i>Especificación del calibre de cable, fusible y relé de los sistemas eléctricos</i>	91
Tabla 35 <i>Diagramas eléctricos del sistema de control</i>	91
Tabla 36 <i>Implementación de componentes del motor</i>	93
Tabla 37 <i>Implementación de componentes de alimentación del motor</i>	94
Tabla 38 <i>Implementación de componentes del sistema de transmisión</i>	95
Tabla 39 <i>Implementación de componentes del sistema eléctrico de iluminación</i>	96
Tabla 40 <i>Implementación de componentes del sistema eléctrico</i>	97
Tabla 41 <i>Pruebas de resistencia a la marcha</i>	98
Tabla 42 <i>Ruta y datos WLTP de prueba de consumo</i>	100
Tabla 43 <i>Consumo de combustible</i>	101
Tabla 44 <i>Análisis WLTP consumo de combustible</i>	102
Tabla 45 <i>Pruebas de accionamiento de la transmisión</i>	103
Tabla 46 <i>Pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico</i>	104
Tabla 47 <i>Pruebas de funcionamiento del sistema iluminación</i>	104
Tabla 48 <i>Prueba de distancia de alumbrado</i>	105
Tabla 49 <i>Recursos Humanos</i>	106
Tabla 50 <i>Recursos Tecnológicos</i>	106
Tabla 51 <i>Recursos Materiales</i>	107

Tabla 52 Presupuesto.....107

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Relación de clase WLTP</i>	41
Ecuación 2 <i>Consumo de combustible</i>	42
Ecuación 3 <i>Ley de Newton</i>	43
Ecuación 4 <i>Resistencia a la marcha F_d</i>	44
Ecuación 5 <i>Fuerza de resistencia aerodinámica F_{air}</i>	44
Ecuación 6 <i>Fuerza de resistencia debida a la pendiente F_{pte}</i>	44
Ecuación 7 <i>Resistencia de la rodadura R_r</i>	44
Ecuación 8 <i>Potencia requerida</i>	44
Ecuación 9 <i>Ley de la palanca</i>	49
Ecuación 10 <i>Par generado</i>	56
Ecuación 11 <i>Torque máximo</i>	56
Ecuación 12 <i>Velocidad máxima del vehículo</i>	57
Ecuación 13 <i>Ley de Ohm</i>	61
Ecuación 14 <i>Potencia eléctrica</i>	62

Resumen

El dimensionamiento e implementación del sistema motor, transmisión y eléctrico del vehículo prototipo tipo Tumbler, representa un desafío técnico que demanda conocimiento en diversas áreas de la ingeniería automotriz. Esto no solo implica la creación de un vehículo específico, sino también la necesidad de equilibrar factores como rendimiento y estética. Además, es esencial explorar en detalle los antecedentes que fundamentan las decisiones clave tomadas en el dimensionamiento, selección e implementación. La primera consideración crucial es la adaptación de un motor. Esta elección se fundamenta en la capacidad de aprovechar la potencia y el tamaño del motor en la búsqueda de un equilibrio óptimo entre rendimiento y estética. De esta forma es como se considera que los motores empleados en vehículos ofrecen un rendimiento destacado y, al mismo tiempo, permiten un diseño compacto esencial para un vehículo prototipo. Respecto a la transmisión la aplicación de un sistema manual con caja de cambios y diferencial se presenta como una opción debido a su efectividad en diversas aplicaciones. Dichos sistemas se caracterizan por su durabilidad y eficiencia, lo cual es una característica vital para el Tumbler, cuyo desempeño sea óptimo, sin embargo, teniendo un enfoque para su desarrollo en lo que respecta a exposición. En el ámbito del sistema eléctrico, se señala la importancia del sistema de alumbrado y control. Este aspecto no solo tiene implicaciones en términos de seguridad, sino que también juega un papel crucial en la estética del vehículo.

Palabras clave: Motor a combustión, transmisión manual, sistema eléctrico, tumbler, sistemas automotrices.

Abstract

The sizing and implementation of the engine, transmission and electrical system of the Tumbler prototype vehicle represents a technical challenge that demands knowledge in various areas of automotive engineering. This not only involves the creation of a specific vehicle, but also the need to balance factors such as performance and aesthetics. Furthermore, it is essential to explore in detail the background that underlies the key decisions made in sizing, selection and implementation. The first crucial consideration is the adaptation of an engine. This choice is based on the ability to take advantage of the power and size of the engine in the search for an optimal balance between performance and aesthetics. This is how the engines used in vehicles are considered to offer outstanding performance and, at the same time, allow for a compact design essential for a prototype vehicle. Regarding transmission, the application of a manual system with gearbox and differential is presented as an option due to its effectiveness in various applications. Such systems are characterized by their durability and efficiency, which is a vital characteristic for the Tumbler, whose performance is expected to be optimal, however, having a focus for its development in regards to exposure. In the area of the electrical system, the importance of the lighting and control system is noted. This aspect not only has implications in terms of safety, but also plays a crucial role in the aesthetics of the vehicle.

Sizing: Combustion engine, manual transmission, electrical system, dryer, automotive systems.

Capítulo I

Planteamiento del problema de investigación

Antecedentes

En el contexto del proyecto, se aborda el desafío técnico del dimensionamiento e implementación del sistema motor, transmisión y eléctrico para el vehículo prototipo tipo Tumbler, se destaca la complejidad que demanda un profundo conocimiento en diversas áreas y disciplinas de la ingeniería automotriz.

La primera consideración trascendental se centra en la adaptación del motor para este vehículo en singular. La elección estratégica de aprovechar la potencia y el tamaño de los motores se basa en la búsqueda de un equilibrio óptimo entre rendimiento y estética. En este apartado se considera que la implementación de un motor de vehículo, ya que no solo ofrecen un buen rendimiento para las necesidades solicitadas, sino que también permiten un diseño más compacto, esencial para un vehículo que aspira a sobresalir tanto en términos de desempeño como de apariencia.

En cuanto a la transmisión, la elección de un sistema con caja de cambios y diferencial se presenta como una opción estratégica. La efectividad comprobada de estos sistemas en diversas aplicaciones, respaldada por su durabilidad y eficiencia, se convierte en una característica crucial para el Tumbler. Se espera que este, no solo se desempeñe de manera óptima en terrenos variados, sino que también destaque en exposiciones.

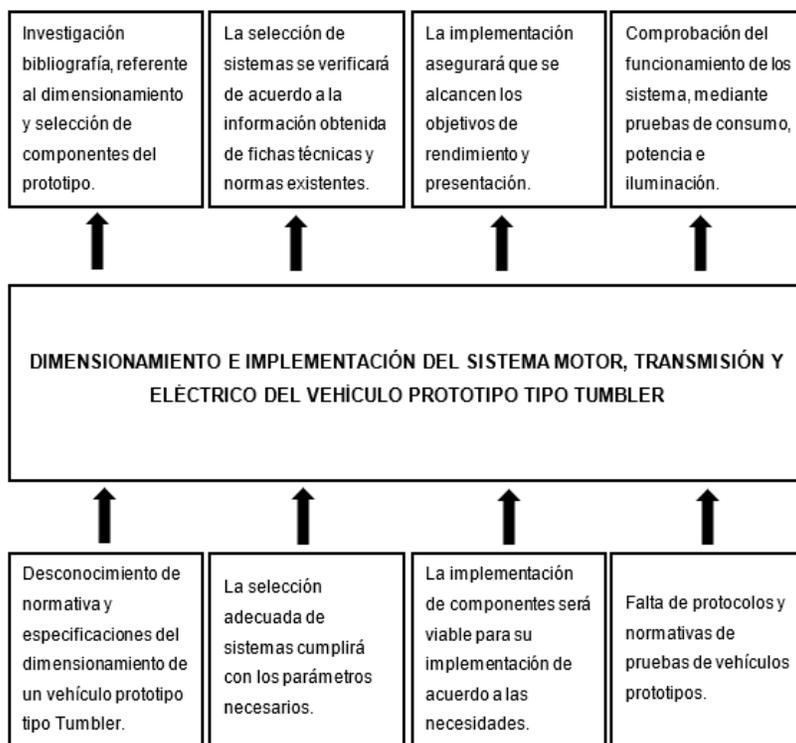
Respecto al sistema eléctrico, no solo tiene implicaciones fundamentales en términos de seguridad, sino que también en la estética del vehículo, especialmente considerando su utilización en exposiciones y rutas. La implementación de tecnología LED y de iluminación ofrece oportunidades significativas para desarrollar un sistema de iluminación eficiente y altamente personalizable.

Planteamiento del problema

La carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"-L reconoce la importancia del diseño, selección e implementación de un vehículo prototipo tipo "Tumbler" con características similares al ficticio vehículo Batimovil que sirvan como material de presentación y exposición. Este no solo se destaca como un símbolo en ingeniería automotriz, sino que también pretende captar la atención no solo de la comunidad académica sino también de empresas y la industria automotriz en general. Dado que, la exhibición de un vehículo de vanguardia no solo es un acto de innovación, sino que también subraya el compromiso continuo de la institución con el avance tecnológico.

El desarrollo de un vehículo prototipo tipo "Tumbler" no solo se trata de un proyecto expositivo, más bien representa una oportunidad para resaltar las hazañas realizadas dentro de la carrera. Este proyecto será un testimonio tangible de la destreza y creatividad que caracterizan su diseño y construcción, destacando la diversidad de aplicaciones que tiene la ingeniería automotriz, abarcando desde la seguridad vehicular hasta la movilidad. De modo que se exige el empleo de herramientas y tecnologías que potencien los diferentes sistemas del vehículo. La simulación por computadora y otros recursos tecnológicos son esenciales para optimizar cada aspecto del prototipo. Este enfoque garantizará que el vehículo sea seguro, eficiente y funcional, tomando como apoyo ciertas normativas establecidas en el país para cumplir con estándares de funcionamiento requeridos, lo cual constituye un desafío fundamental para este proyecto. Se requiere una selección y dimensionamiento cuidadosos de todos los componentes para asegurar que el prototipo alcance sus objetivos de rendimiento y estética.

Este logro centrado en la implementación de sistemas avanzados posicionará a la Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"-L como un referente, reforzando su posición como líder en la formación de profesionales capaces de enfrentar los retos del futuro en la industria automotriz.

Figura 1*Identificación de problemas*

Nota. En la presente figura se detalla la descripción del planteamiento del problema y su respectiva solución referente al desarrollo del proyecto de investigación.

Descripción del proyecto

El proyecto del vehículo prototipo tipo Tumbler, inspirado en el icónico Batimóvil, se fundamenta en la ingeniosa integración de un motor compacto, con su transmisión y los sistemas eléctricos necesarios los cuales dan el factor más importante en un vehículo como lo es la movilidad. El objetivo fundamental es lograr un equilibrio entre la potencia sin sacrificar la maniobrabilidad y estabilidad requeridas para su funcionamiento en las rutas de exhibición. Para lograr cumplir con lo dispuesto anteriormente, es necesario realizar una investigación bibliográfica de los sistemas que se requieren, y de esta forma conocer los estándares y normativas que se apliquen en vehículos o tengan cierta similitud con la del proyecto, debido a que aún no existen normativas específicas para la aplicación de este tipo de prototipos, con

esto se procederá a realizar la selección de los sistemas óptimos para su debida implementación, finalmente se realizará pruebas de funcionamiento en carretera como: consumo, rendimiento, y funcionamiento de sistemas y obtener un vehículo que cumpla con las especificaciones necesarias.

Justificación

La dimensión e implementación del sistema motor, transmisión y eléctrico para el vehículo prototipo tipo Tumbler se presenta como un proyecto relevante con gran potencial en términos de exhibición y avances en el desarrollo de prototipos. Considerando la poca información que hoy en día existe para la creación de este tipo de vehículo. Este proyecto no solo busca superar barreras técnicas, sino también inspirar a profesionales, contribuyendo de manera activa al desarrollo de tecnologías automotrices.

La necesidad de dimensionar y seleccionar minuciosamente el motor a implementar, así como el tipo de transmisión y lo correspondiente al sistema eléctrico, para asegurar una correcta integración de componentes con el diseño distintivo del Tumbler, no solo busca cumplir con estándares estéticos, sino también optimizar la eficiencia y la funcionalidad del vehículo, así como cumplir con normativas o especificaciones necesarias que se apliquen de ser el caso.

A partir de un análisis detallado de las especificaciones técnicas del motor, la transmisión y el sistema eléctrico se garantizará que estos componentes cumplan con los requisitos necesarios para operar de manera segura, eficiente y acorde con los estándares establecidos. Conociendo que principalmente el uso destinado para el vehículo es el de exhibiciones, se busca evaluar y ajustar el rendimiento del motor y la transmisión para garantizar una conducción suave, segura y una experiencia de exhibición única.

Importancia

Inspirado en el aspecto visual del Batimóvil la elección consciente de los sistemas no solo contribuirá en lo antes mencionado, sino que también garantizará su similitud. Este factor

crucial aumentará significativamente el atractivo del vehículo como una pieza única en exposiciones y eventos que se organicen dentro o fuera de la universidad “ESPE”-L. Aunque concebido primordialmente para fines expositivos, el vehículo contará con toda la capacidad funcional para desarrollarse en condiciones de ruta, proporcionando un rendimiento acorde con los estándares.

Alcance

La adecuada selección de los sistemas que se implementarán en el prototipo serán sometidos a un proceso que abarca la búsqueda exhaustiva de información requerida, cotizaciones, análisis de características, funcionamiento, entre otros, necesarios en los sistemas a fin de proceder a la implementación que seguirá un conjunto de pasos preestablecidos donde se aplicarán soluciones a problemas emergentes, además, se realizarán comprobaciones necesarias para garantizar la funcionalidad y seguridad de cada sistema. Finalmente se evaluará la operación con datos precisos, donde cualquier error identificado será corregido con el fin de asegurar el funcionamiento de los sistemas.

El dimensionamiento, selección e implementación de los componentes del vehículo prototipo se llevará a cabo de manera que no solo cumpla con su función en el ámbito de la exhibición y presentación, sino que también se destaque por su versatilidad, adaptándose a diferentes aplicaciones y demostrando así su potencial en diversos contextos y escenarios.

Objetivos de proyecto

Objetivo General

- Dimensionar y seleccionar el sistema motor, transmisión y eléctrico del prototipo, en base a la investigación bibliográfica, fichas técnicas y normativas aplicables para este tipo de vehículo, con la implementación de componentes de acuerdo a las necesidades requeridas.

Objetivos Específicos

- Investigar bibliografía, referente al dimensionamiento y selección de componentes correspondientes al sistema motor, transmisión y eléctrico del prototipo.
- Seleccionar los componentes correspondientes al sistema motor, transmisión y eléctrico del prototipo, de acuerdo con normativa y especificaciones requeridas.
- Implementar los sistemas seleccionados para el vehículo siguiendo información obtenida tanto de la investigación bibliográfica como de las fichas y normas existentes o que tenga similitud para este tipo de vehículo.
- Comprobar el funcionamiento del sistema motor, transmisión y eléctrico del vehículo prototipo, mediante pruebas de consumo, potencia e iluminación.

Metas

- Recopilar información clave de la bibliografía existente sobre dimensionamiento y selección de componentes para el sistema motor, transmisión y eléctrico del prototipo Tumbler.
- Seleccionar componentes adecuados para los distintos sistemas del prototipo, considerando normativas y especificaciones que puedan ser aplicados en este tipo de vehículo.
- Implementar los sistemas elegidos en el prototipo, aplicando soluciones para optimizar el consumo, la eficiencia y funcionalidad.
- Realizar pruebas de consumo, potencia e iluminación para evaluar la eficiencia y seguridad de los sistemas implementados verificando su perfecto funcionamiento.
- Realizar una comprobación integral del funcionamiento general del vehículo prototipo, corrigiendo cualquier error identificado durante las pruebas para garantizar su desempeño óptimo y seguro.

Hipótesis

¿El tipo de motor, transmisión y sistema eléctrico implementados en el vehículo Tumbler tendrán un impacto directo en su desempeño?

Variables de investigación

Variable dependiente

Tabla 1

Variable dependiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Items	Técnica	Instrumentos
Implementación de sistemas compactos del prototipo que cumplan con las características requeridas.	Aplicación práctica	Fase 1: Sistema motor Fase 2: Sistema de transmisión Fase 3: Sistema eléctrico	Sin errores o Con errores	Comprobación del funcionamiento	Protocolo de pruebas

Nota. Esta tabla define la variable dependiente con todos sus parámetros.

Variable independiente

Tabla 2

Variable independiente

Concepto	Categorías	Indicadores	Items	Técnica	Instrumentos
Dimensionamiento y selección del sistema motor, transmisión y eléctrico en el vehículo prototipo.	Investigación	Fase 1: Potencia Fase 2: Tipo Fase 3: Eficiencia	Adecuado o Inadecuado	Selección	Investigación bibliográfica Fichas técnicas Normativas (de ser el caso) Protocolo de pruebas

Nota. Esta tabla define la variable independiente con todos sus parámetros.

Metodología de desarrollo del proyecto

Método Bibliográfico:

- Se recurrirá a técnicas de investigación bibliográfica documental, de esta forma es posible obtener información referida a los sistemas motor, transmisión y eléctrico.

Método Analítico:

- Para la correcta realización de la implementación de los componentes de cada sistema, se efectuará un análisis inicial sobre el estado del sistema motor, transmisión y eléctrico del vehículo prototipo y su puesta a punto. Para posteriormente realizar el montaje de los diferentes elementos y evaluar el funcionamiento conjunto de los componentes de acuerdo con los parámetros característicos de las fichas técnicas.

Método Deductivo:

- Se emplea el método deductivo para el análisis de calibración, medidas y tolerancias, para determinar los parámetros de modificación adecuados para una transmisión de potencia eficaz.

Método Sintético

- Se presentará información recopilada sobre el comportamiento del motor, transmisión y sistema eléctrico, cuando se emplean los elementos y calibraciones indicadas. Dichos datos se tomarán para implementar el montaje de elementos adecuados.

Método Matemático:

- A través de este método se obtendrá datos de medidas y dimensiones en el sistema de transmisión para determinar con los cálculos una posición y distancia adecuada con respecto al eje, obteniendo una transferencia de potencia correcta.
- Otros datos que requieren la aplicación de este método son cálculos reales de las prestaciones del motor, como potencia, torque, entre otros.

Tabla 3*Metodologías*

Metodología	Descripción	Equipo
Bibliográfico	Técnicas de investigación bibliográfica documental, de esta forma es posible obtener información	1. Libros 2. Artículos científicos 3. Tesis 4. Normativas

Metodología	Descripción	Equipo
		5. Fichas Técnicas
Analítico	Análisis inicial sobre el estado de los sistemas, evaluación del funcionamiento en conjunto acorde con los parámetros característicos.	
Deductivo	Análisis de calibración, medidas y tolerancias.	6. Manuales de reparación
Sintético	Datos de información recopilada.	7. Fichas Técnicas
Matemático	Evaluación matemática de parámetros para la selección de componentes.	8. Libros 9. Normativas 10. Fichas Técnicas

Nota. Esta tabla especifica las metodologías de investigación que se utilizarán.

Capítulo II

Fundamentación Teórica

Metodología de selección de los distintos sistemas

Método cualitativo

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010) Los estudios cualitativos pueden involucrar la formulación de interrogantes y suposiciones antes, durante o después de la recopilación y el análisis de datos. Esta práctica frecuentemente tiene como objetivo inicial descubrir las interrogantes de investigación más relevantes, para luego refinarlas y ofrecer respuestas. La exploración indagatoria se desarrolla de manera dinámica en ambos sentidos: entre los eventos observados y su interpretación, conformando así un proceso más bien circular. No obstante, esta secuencia no siempre sigue el mismo orden, variando según las particularidades de cada estudio. Las características distintivas del enfoque cualitativo en la investigación incluyen:

- La recolección de datos se realiza a través de métodos no estandarizados y no predeterminados, centrándose en obtener las perspectivas y puntos de vista de los participantes, así como en las interacciones y experiencias.
- Se emplean diversas técnicas para recolectar datos, como la observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusiones en grupo, entre otras.

Escalamiento tipo Likert

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010). Este método fue ideado por Rensis Likert en 1932, aunque sigue siendo ampliamente utilizado y difundido en la actualidad. Consiste en un conjunto de declaraciones o juicios que se presentan a los participantes, quienes deben expresar su opinión o reacción seleccionando uno de los cinco puntos o categorías de la escala. Cada punto de la escala se corresponde con un valor numérico. De

esta manera, el participante otorga una puntuación a cada afirmación y al final obtiene una puntuación total sumando las puntuaciones asignadas a todas las afirmaciones.

Valores de escala de Likert.

Tabla 4

Método evaluativo de likert.

Calificación	Valor
Excelente	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

Nota. Tabla de puntuación respecto a método evaluativo de likert.

Sistema Motor

El motor térmico de combustión interna

“Se denomina así al motor que transforma la energía térmica en energía mecánica mediante la combustión de una mezcla de aire y carburante que se quema interiormente generando un trabajo mecánico” (Sanz, 2011, p. 11).

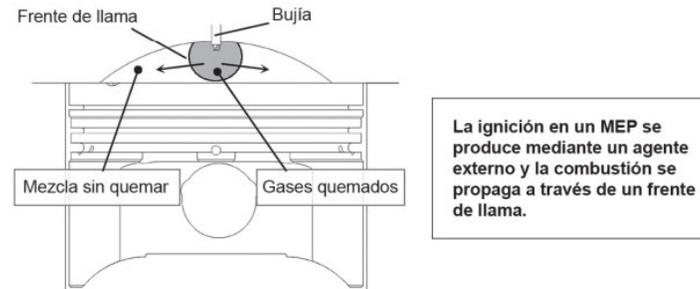
Motor Otto

“Su ciclo de trabajo se desarrolla en cuatro tiempos admisión, compresión, expansión y escape durante dos vueltas completas de cigüeñal. El intercambio de gases es controlado por válvulas que abren y cierran los conductos de admisión y escape” (Sanz, 2011, p.12).

El motor de cuatro tiempos de ciclo Otto perteneciente a la categoría de motores térmicos de combustión interna opera mediante la combustión de una mezcla preelaborada de aire y combustible. Equipado con un sistema de encendido eléctrico, el cual genera una chispa para inflamar la mezcla comprimida en la cámara de combustión, este motor sigue un ciclo de cuatro tiempos. La gestión de los procesos de admisión de la mezcla y la expulsión de los gases quemados se realiza a través de válvulas controladas por el sistema de distribución, encargadas de abrir y cerrar los conductos correspondientes.

Figura 2

Esquema de combustión de motor Otto



Nota. La grafica representa el esquema de combustión en los MEP. Tomado de *Motores de combustión interna* (p. 25), por Rovira de Antonio & Muños Domingues, 2015, UNED.

Disposición de los cilindros

La configuración de un motor exhibe variaciones según la cantidad y disposición de los cilindros en el bloque. Las dimensiones externas del motor deben ajustarse a las restricciones del compartimento vehicular correspondiente.

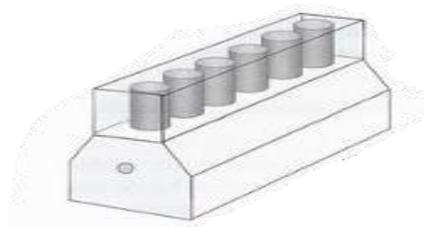
- Motores de cilindros en línea.

Motores de cilindros en línea

Los cilindros se encuentran alineados de manera contigua sobre en el bloque.

Figura 3

Disposiciones de los cilindros en línea



Nota. La grafica representa las diferentes disposiciones de los cilindros. Tomado de *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (p. 65), por Gonzàles Calleja, 2015, Paraninfo.

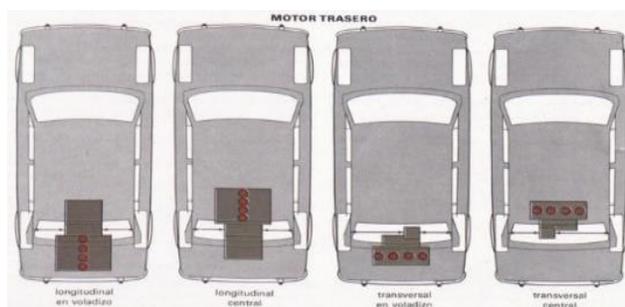
Posición del motor en el vehículo

Según (Sanz, 2011) la ubicación se basa en consideraciones como la distribución de pesos que afecta la dinámica del vehículo, la optimización del espacio para pasajeros y carga, la gestión de la refrigeración del motor, y el tipo de vehículo en cuestión.

- **Motor delantero:** Ampliamente adoptada en vehículos con tracción delantera o propulsión trasera, la orientación del motor puede ser tanto longitudinal como transversal.
- **Motor central:** Estratégicamente posicionado entre los ejes, puede desplazarse hacia adelante o hacia atrás, designándose como central delantero o central trasero, siendo esta última configuración exclusiva de vehículos deportivos.
- **Motor trasero:** Montado posterior al eje trasero, esta opción presenta una escasa utilización en la actualidad.

Figura 4

Posición del motor en el vehículo

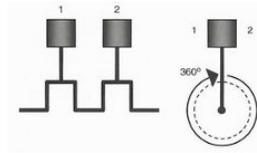


Nota. La grafica presenta la posición del motor- definición - Significado. Tomado de diccionario. motorgigacom, <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/posicion-del-motor-definicion-significado/gmx-niv15-con195200.htm>, 2023.

Motores de 2 cilindros

Figura 5

Motor de 2 cilindros en línea

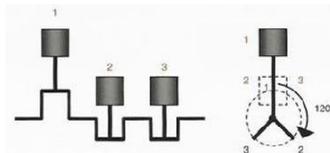


Nota. Disposición de las muñequillas en un motor de dos cilindros en línea. Tomado de *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (p. 90), por Gonzàles Calleja, 2015, Paraninfo.

Motores de 3 cilindros

Figura 6

Motor de 3 cilindros en línea

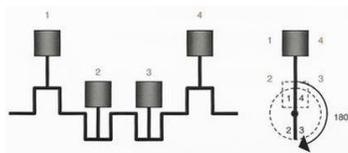


Nota. Posición de las muñequillas del cigüeñal y de los pistones de un motor de tres cilindros en línea de cuatro tiempos. Tomado de *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (p. 91), por Gonzàles Calleja, 2015, Paraninfo.

Motores de 4 cilindros

Figura 7

Motor de 4 cilindros en línea

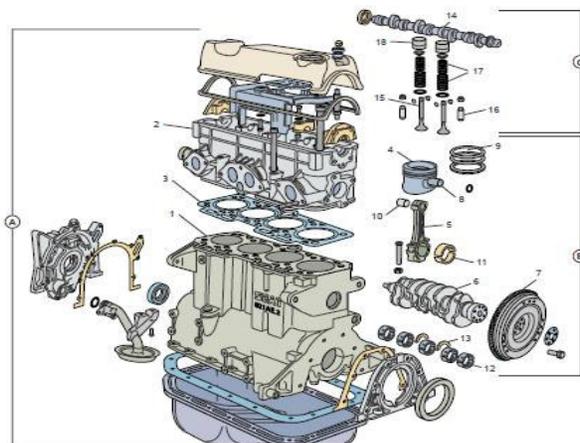


Nota. Disposición de las muñequillas del cigüeñal y de los pistones de un motor de cuatro cilindros en línea con orden de encendido 1-3-4-2. Tomado de *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (p. 91), por Gonzàles Calleja, 2015, Paraninfo.

Constitución del motor

Figura 8

Constitución del motor



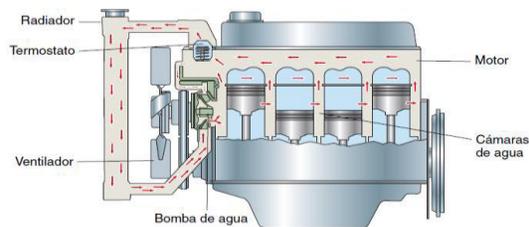
Nota. Constitución del motor. Tomado de *Motores* (p. 111), por Sanz, 2011, Editex.

Sistema de refrigeración

Según Ocaña (2000) El propósito de la refrigeración es mantener la temperatura del motor en niveles seguros para sus componentes, al mismo tiempo que se aprovecha eficientemente el calor generado durante la combustión. El sistema de enfriamiento emplea un fluido compuesto principalmente de agua para absorber el calor del motor y llevarlo al radiador, donde se disipa hacia el aire. Esta técnica ofrece la ventaja de ofrecer una refrigeración más efectiva y uniforme, lo que ayuda a mantener una temperatura más constante.

Figura 9

Sistema de refrigeración



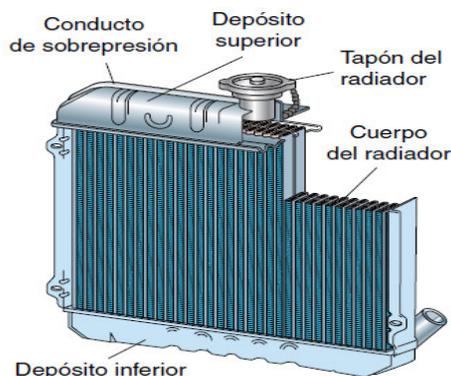
Nota. Sistema de refrigeración por agua. Tomado de *Motores* (p. 251), por Sanz, 2011, Editex.

Radiador

Según (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2018) El radiador funciona como un dispositivo para transferir calor entre el líquido refrigerante y el aire. El calor proveniente del motor es transferido al líquido refrigerante y luego parte de este calor se transfiere al aire mientras pasa a través del radiador. Se ubica en el vehículo de manera que pueda recibir el flujo de aire que se genera durante la marcha, y generalmente se añade un ventilador para proporcionar un flujo adicional de aire.

Figura 10

Constitución del radiador



Nota. Constitución del radiador. Tomado de *Motores* (p. 354), por Sanz, 2011, Editex.

Sistema de alimentación

Según (González Calleja, 2015) el sistema de alimentación de gasolina es un conjunto de componentes diseñados para suministrar combustible a un motor de combustión interna que utiliza gasolina como su fuente principal de energía.

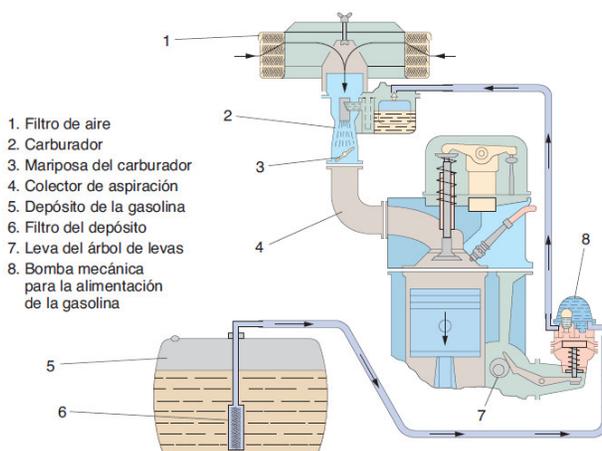
Carburador

El combustible se combina con el aire que fluye a través del conducto de admisión, gracias a la succión creada por la aspiración en el mismo. El encargado de preparar esta mezcla es el carburador, mientras que una bomba, generalmente de accionamiento mecánico a través del árbol de levas, transporta la gasolina desde el depósito hasta este componente. El carburador opera según el principio del efecto Venturi, donde la velocidad del aire se incrementa al pasar

por una sección estrecha, lo que provoca la succión del combustible. Esta acción resulta en la pulverización de la gasolina al mezclarse con el aire a alta velocidad (Ocaña, 2000).

Figura 11

Esquema del sistema de alimentación



Nota. Esquema del circuito de alimentación con carburador. Tomado de *Sistemas auxiliares del motor* (p. 88), por Pardiñas, 2012, Editex.

Combustible

Como fuente energética primaria, comúnmente se emplea la gasolina en calidad de combustible. “Este derivado del petróleo tiene una densidad de 0,71 a 0,76 kg/L a 15 °C” (Sanz, 2011, p. 26).

Tanque de combustible

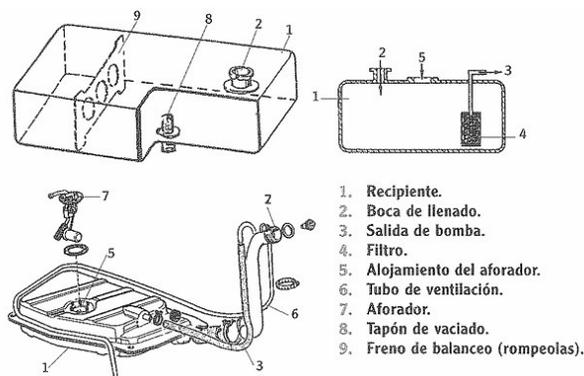
Es un componente fundamental en un vehículo que almacena el combustible necesario para su funcionamiento. Este depósito generalmente está ubicado en la parte trasera del vehículo, aunque su posición puede variar dependiendo del diseño del vehículo. Está fabricado generalmente con chapa de acero galvanizado, el depósito ha de ser perfectamente estanco (Ocaña, 2000, p. 269).

Hasta hace unos años se fabricaba en chapa de acero, y actualmente se utiliza material plástico. Dispone de una boca de llenado, un respiradero, el sistema de medición de nivel,

constituido por un aforador, así como las conexiones de salida y retorno. Desde hace ya tiempo se dispone en su interior la electrobomba (Perez Bello, 2011)

Figura 12

El depósito de combustible y sus componentes



Nota. Depósito de combustible. Tomado de *Tratado del automóvil* (p. 271), por Ocaña, 2000, DOSSAT.

Para minimizar el balanceo, y con ello el desequilibrio del vehículo y la creación de vapores, en el interior del depósito se montan unos tabiques o planchas agujereadas.

El depósito también incluye un orificio de salida, que puede estar ubicado en la parte inferior del depósito o tener un tubo que llegue hasta allí si está en la parte superior. Este orificio generalmente cuenta con un filtro para el combustible en su entrada. Además, el depósito tiene un taladro para conectar un indicador de nivel de combustible, que puede funcionar de manera eléctrica, utilizando un flotador de plástico que altera la resistencia de un circuito eléctrico según el nivel de combustible, lo que se refleja en el medidor de corriente. “El depósito se coloca, generalmente en la parte alejada del motor, para evitar el peligro de incendio. Así mismo en un punto bajo para hacer descender el centro de gravedad del vehículo y con ello aumentar la estabilidad del conjunto” (Ocaña, 2000, p. 272).

Materiales

Uno de los materiales empleados para la construcción de tanques de combustible es el acero inoxidable AISI 201

Figura 13

Características del material del tanque de combustible

ESPEORES	desde 0.70-3mm	
DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)	
	1220 x otros largos (especial)	
DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 201
	ASTM	201
	DIN	XXX

Nota. Catálogo de planchas de acero inoxidable. Tomado de DIPAC, <https://dipacmanta.com/wp-content/uploads/2022/01/planchas-inox.pdf>.

WLTP

El procedimiento WLTP (World Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure). Es una norma internacional utilizada para evaluar los niveles de contaminantes, emisiones de CO₂ y consumo de combustible de vehículos convencionales, híbridos y completamente eléctricos. Este estándar incluye cuatro series de pruebas que se llevan a cabo en distintos niveles de intensidad: baja, media, alta y muy alta.

Ecuación 1

Relación de clase WLTP

$$\text{relación potencia - peso} = \frac{P}{m}$$

Donde:

- *P: Es la potencia [W]*
- *m: Es la masa [kg]*

Clase 3

La clase de vehículo está definida por la relación potencia/peso (PWr) medida en W/kg. La clase 3 abarca los vehículos con PWr > 34.

Tabla 5*Ciclo de prueba WLTP Clase 3*

Parámetros	Baja	Medio	Alto	Extra Alto
Duración, s	590	433	455	323
Duración de parada, s	145	47	29	6
Distancia, m	3095	4756	7162	8254
% de paradas	24.6	10.9	6.4	1.9
Velocidad máxima, km/h	56.5	76.6	97.4	131.3
Velocidad media sin paradas, km/h	25	44.4	60.5	93.7
Velocidad media con paradas, km/h	18.9	39.5	56.7	92
Aceleración mínima, m/s ²	-1.47	-1.49	-1.49	-1.21
Aceleración máxima, m/s ²	1.47	1.47	1.58	1.03

Nota. Esta tabla especifica el ciclo de prueba WLTP Clase 3 e1.57n el ciclo bajo. Tomade de (WLTP, 2024).

Cálculos del sistema motor

Consumo de combustible

Según la normativa (Hamm & G, 1981), la fórmula para el cálculo del consumo del combustible es la siguiente

Ecuación 2

Consumo de combustible

$$C = \frac{100 \cdot V_K}{s}$$

Donde:

- C : Es el consumo de combustible en $\frac{\text{km}}{\text{L}}$
- V_K : Es el volumen de combustible registrado [L]
- s : *Es el recorrido [km]*

Resistencia a la marcha

La energía generada por el motor del vehículo se transfiere a las ruedas, generando una fuerza que impulsa el movimiento del vehículo. Esta fuerza debe superar las resistencias que se oponen al movimiento para lograr que el vehículo avance. Las fórmulas presentadas a continuación son tomadas del texto (Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009)

Ecuación 3

Ley de Newton

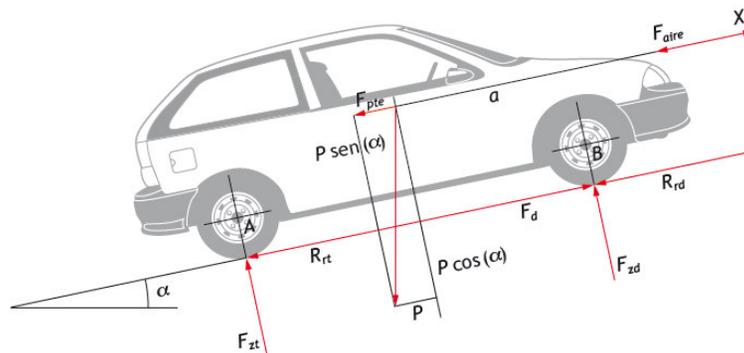
$$\sum F_x = m \cdot a$$

Considerando las fuerzas que actúan en el desplazamiento de un vehículo se obtiene lo siguiente:

Si se toma en cuenta la primera ley de Newton donde cualquier objeto permanece en su estado actual de reposo o movimiento rectilíneo y uniforme, a menos que sea alterado por la aplicación de fuerzas externas. Se tiene que la expresión anterior es igual a 0.

Figura 14

Diagrama de fuerzas



Nota. La figura representa las fuerzas que interactúan en un vehículo en una pendiente.

Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado*, por Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009.

Tabla 6

Descripción de ecuaciones de resistencia a la marcha

Descripción	Ecuación
De la ecuación se despeja F_d , para determinar la resistencia a la marcha	Ecuación 4 <i>Resistencia a la marcha F_d</i> $F_d - R_r - F_{air} - F_{pte} = m \cdot a$
El movimiento de los vehículos encuentra resistencia por parte del aire que atraviesan. Donde:	
<ul style="list-style-type: none"> ρ: Es la densidad del aire kg/m^3 Según (Hamm & G, 1981) $\rho = 1.11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ a 2000 m	Ecuación 5 <i>Fuerza de resistencia aerodinámica F_{air}</i> $F_{air} = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A_f \cdot C_x$
<ul style="list-style-type: none"> v: Es la velocidad del aire $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$ A_f: Es el área frontal del vehículo $[\text{m}^2]$ C_x: Es el coeficiente de resistencia al aire Según (Hamm & G, 1981) $C_x = 0.2 - 0.4$ en vehículos turismo	
La resistencia generada por la pendiente dificulta el ascenso del vehículo en una superficie inclinada debido a la fuerza contraria ejercida por una parte de su peso.	Ecuación 6 <i>Fuerza de resistencia debida a la pendiente F_{pte}</i> $F_{pte} = m \cdot g \cdot \text{sen}(\theta)$
Ocurre cuando la rueda al girar o la superficie sobre la que descansa experimenta alguna deformación, incluso si es mínima.	
Donde:	Ecuación 7 <i>Resistencia de la rodadura R_r</i> $R_r = k \cdot m \cdot g \cdot \text{sen}(\theta)$
k : Es el coeficiente de resistencia a la rodadura	
Según (Hamm & G, 1981) $k = 0.015$ para asfalto	

Nota. La tabla describe ecuaciones y valores estándar para el cálculo de la resistencia a la marcha.

Para determinar la potencia requerida basta con multiplicar la fuerza de resistencia a la marcha por la velocidad del vehículo, que para el caso se empleará la velocidad máxima establecida.

Ecuación 8

Potencia requerida

$$P = F_d \cdot v$$

Donde:

- F_d : Es la fuerza de resistencia a la marcha $[N]$

- $v =$ Es la velocidad del vehículo $\left[\frac{m}{s}\right]$

Ventajas y desventajas de la posición del motor

A continuación, se presenta una tabla la cual detalla las ventajas y desventajas de la implementación de las diferentes posiciones de un motor.

Tabla 7

Ventajas y desventajas de la posición del motor

Posición	Ventaja	Desventaja
Motor delantero	Mejora el equilibrio de pesos entre los ejes. Facilita el acceso al motor, referente a mantenimiento. Mejor sistema de refrigeración. Adecuado para la mayoría de los tipos de vehículos.	Reduce el espacio disponible para pasajeros y carga. Puede resultar en un mayor peso sobre el eje delantero. La transmisión en vehículos con tiende a ser más compleja.
Motor central	Equilibrio pesos entre los ejes, lo que mejora la estabilidad. Mejor maniobrabilidad. Adecuado para vehículos deportivos y de competición.	Reduce el espacio interior del vehículo. Acceso para mantenimiento o reparación más complicado. Requiere sistemas de enfriamiento más elaborados.
Motor trasero	Más espacio en la parte delantera del vehículo. Mejor capacidad de tracción. Menor complejidad de la transmisión. Ideal para vehículos pequeños y urbanos.	Reduce el equilibrio de pesos entre los ejes del vehículo. Dificulta el acceso para tareas de mantenimiento. La refrigeración del motor es más compleja.

Nota. Esta tabla describe las ventajas y desventajas de la posición del motor en el vehículo.

Sistema de Transmisión

La transmisión de los vehículos está formada por diferentes órganos mecánicos: el embrague, la caja de cambios, el grupo reductor, el diferencial, etc. La transmisión tiene como misión principal transmitir el giro del motor hasta las ruedas, adaptando el par motor a las necesidades de conducción del vehículo (Domínguez & Ferrer, 2018, p. 8).

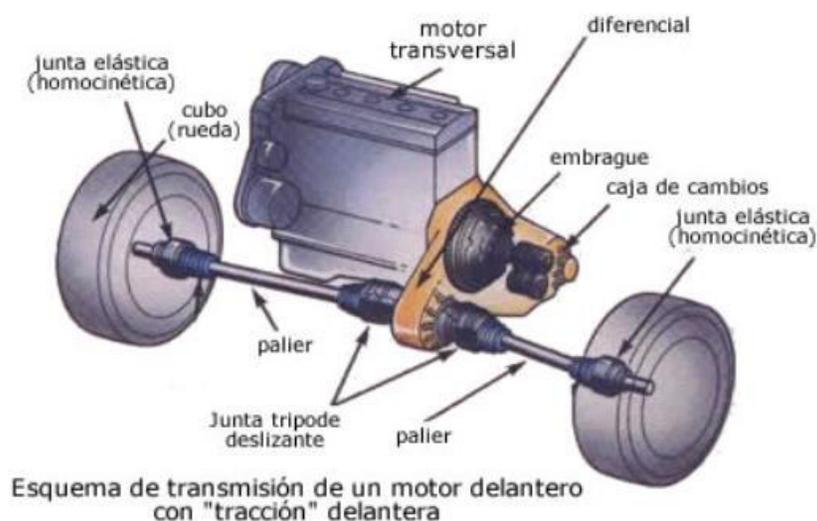
Estas condiciones afectan cómo el vehículo se desempeña mientras está en movimiento. Por lo tanto, el vehículo debe ajustar su potencia y par de transmisión según las demandas del tráfico.

La transmisión tiene varias funciones, como acoplar o desacoplar la rotación del motor con el

cambio, tarea que realiza el embrague. Además, la transmisión puede disminuir o aumentar el par proporcionado por el motor a través de la caja de cambios, facilitar la marcha atrás y transmitir el par desde la salida de la caja de cambios hasta las ruedas mediante árboles de transmisión, diferenciales, grupos cónicos y semi-árboles.

Figura 15

Sistema de transmisión con semiejes



Nota. Esquema de transmisión de un motor delantero con tracción delantera. Tomado de *¿Qué es el sistema de transmisión?*, por RO-DES.

El sistema de embrague

“Los sistemas de embrague son los encargados de interrumpir la transmisión del movimiento del motor de combustión hacia la caja de cambios y hacia el resto de los sistemas de transmisión del vehículo” (Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009, p. 11).

Aunque el motor debe operar de manera constante, es esencial poder desconectar temporalmente la transmisión de movimiento hacia los demás sistemas del vehículo en ciertos momentos específicos.

Figura 16

Partes de un sistema de embrague de fricción



Nota. Embrague de fricción. Tomado de *tipos de sistemas de embrague y sus partes*, por Frenkit.

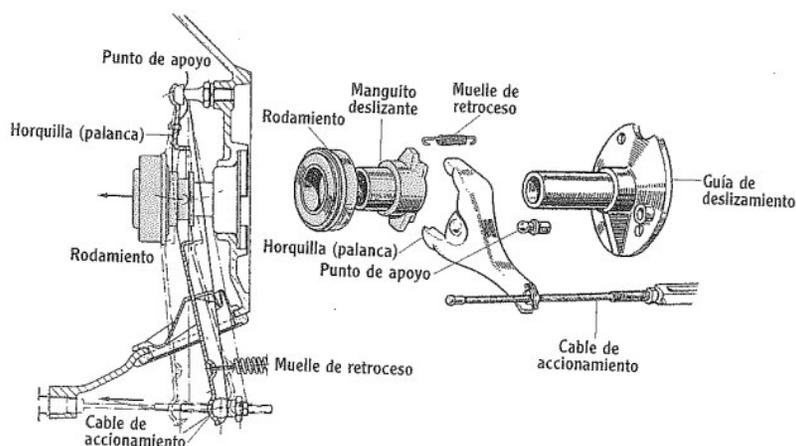
- **Disco de embrague:** El disco de embrague es el elemento de fricción del sistema, es decir, es el que transmite el par y potencia del motor a la caja de cambios y al sistema de transmisión. Tiene, por tanto, un alto coeficiente de rozamiento (Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009, p. 12).
- **Plato de presión:** Es la pieza que va montada entre el disco y la cubierta o carcasa del embrague. Mediante un mecanismo de presión (muelles helicoidales, o diafragma, y palancas), el plato de presión permite que el disco de embrague quede oprimido entre el volante de inercia y el propio plato de presión, transmitiendo el esfuerzo del motor (Ocaña, 2000, p. 917).
- **Volante motor o de inercia:** “El volante motor o de inercia tiene como misión eliminar desequilibrios para un mejor funcionamiento del motor” (Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009, p. 13).
 - Reduce la transmisión de vibraciones al vehículo durante aceleraciones repentinas.

- Mejora el acoplamiento del disco de embrague.

1. **Mecanismo de presión:** Estos componentes tienen la función de presionar el plato o disco de presión contra el disco de fricción para permitir la transferencia del movimiento del volante de inercia.

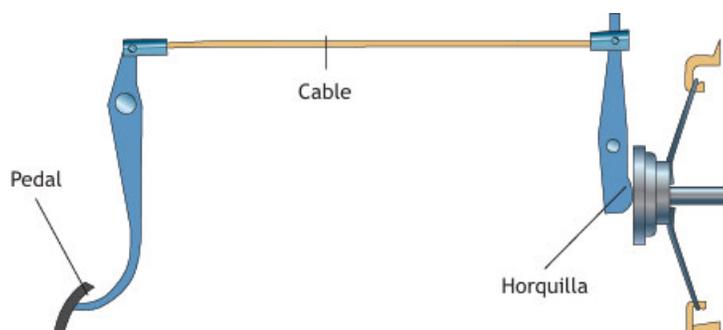
Figura 17

Collarín de embrague y cojinete de desembrague



Nota. El collarín de embrague y cojinete para desembrague. Tomado de *Tratado del automóvil* (p. 919), por Ocaña, 2000, Dossat.

- **Accionamiento del sistema de embrague:** Este sistema de transmisión está compuesto por un cable de acero protegido dentro de una cubierta de. La principal desventaja de este sistema de control es la pérdida de tensión del cable, que ocurre debido al desgaste del disco de embrague durante el funcionamiento normal. Por esta razón, los vehículos modernos están equipados con sistemas automáticos de tensado para este cable. El funcionamiento se basa en un trinquete anclado en un sector dentado, similar al mecanismo de una llave de carraca: a medida que el cable se afloja, el trinquete salta al siguiente diente en el sector dentado, logrando así la tensión adecuada del cable de control.

Figura 18*Accionamiento hidráulico del embrague*

Nota. Sistema de accionamiento por cable de acero. Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado* (p. 14), por Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009, Macmillan.

*Ventajas y desventajas del accionamiento del embrague***Tabla 8***Descripción de ventajas y desventajas del accionamiento del embrague*

Accionamiento	Ventajas	Desventajas
Hidráulico	Suavidad en el accionamiento. Menor desgaste de los componentes. La cantidad de fuerza necesaria para accionar el pedal es menor.	Mayor complejidad de instalación. Existe la posibilidad de pérdida de presión. Mayor cantidad de componentes.
Mecánico	Diseño y la instalación es simple. Respuesta más directa y rápida.	Requiere ajustes periódicos. Mayor esfuerzo físico requerido para accionar el pedal. Sensación menos suave durante accionamiento.

Nota. Esta tabla describe las ventajas y desventajas del accionamiento del embrague.

Cálculo de la fuerza ejercida sobre el embrague

Para determinar la fuerza que ejerce el conductor sobre el pedal del embrague para su accionamiento, se emplea la siguiente fórmula obtenida de (Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009)

Ecuación 9*Ley de la palanca*

$$F_1 = \frac{d_1 \cdot F_2}{d_2}$$

Donde:

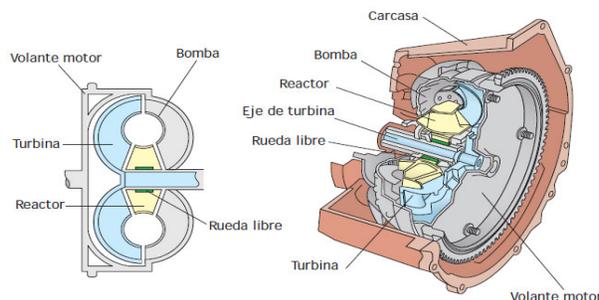
- F : Es la fuerza aplicada al pedal de freno [N]
- d_1 : Es la distancia entre el apoyo y el extremo donde se aplica la fuerza [m]
- d_2 : Es la distancia entre el eje y el otro extremo [m]

El convertidor de par

“El convertidor de par es una evolución del embrague hidráulico y su funcionamiento es semejante. Su principal característica es la capacidad de aumentar por sí solo el par de salida del motor y transmitirlo a la caja de cambios automática” (Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009).

Figura 19

Partes del convertidor de par



Nota. Partes del convertidor de par. Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado* (p. 31), por Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009, Macmillan.

La transmisión en motocicletas y ciclomotores

En el diseño de las motocicletas, el motor se coloca entre las dos ruedas, y la fuerza propulsora se dirige hacia la rueda trasera. La limitación de espacio disponible requiere la integración de un conjunto mecánico que incluye el motor, el embrague y la caja de cambios. La transmisión más comúnmente utilizada en motocicletas implica un piñón en la salida del cambio y otro en la rueda motriz, conectados mediante una cadena.

“En los quart o motos de cuatro ruedas, la transmisión del par desde la salida del cambio a las ruedas traseras se realiza con cadena dentada, estos modelos especiales no suelen montar diferencial” (Domínguez & Ferrer, 2018, p 20).

Figura 20

Transmisión por cadena catalina



Nota. Transmisión por cadena de una moto, Tomado de *¿qué es kit de transmisión de una moto?*, por (GARCÍA, 2023).

Caja de cambios manual

La caja de cambios es un elemento de transmisión que se interpone entre el motor y las ruedas con la función de administrar las revoluciones entre estos dos elementos. Para ello la caja de cambios modifica el número de revoluciones transmitidas a las ruedas e invierte su sentido de giro cuando las necesidades de la marcha así lo requieren (Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009, p. 39).

En las transmisiones manuales, el conductor elige manualmente las velocidades, utilizando el embrague para desvincular la transmisión del par motor.

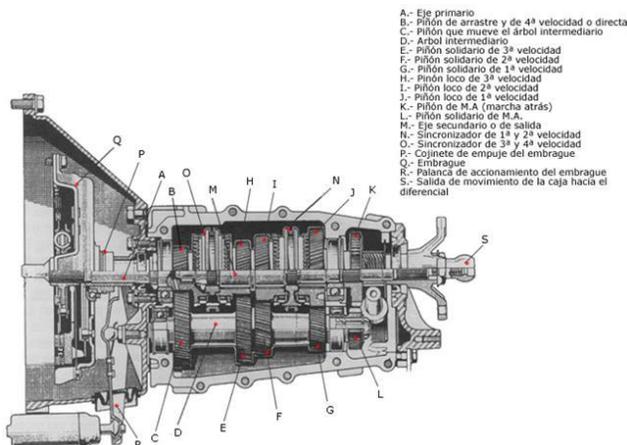
Composición de la caja de cambios manual

Las cajas de cambios constan de los siguientes componentes:

- **Piñones:** “Las distintas relaciones de transmisión se consiguen empleando ruedas dentadas con distinto número de dientes” (Domínguez & Ferrer, *Sistemas de transmisión y frenado*, 2018).
- **Sincronizadores:** Los sincronizadores son mecanismos que facilitan el cambio de marcha al equilibrar las velocidades de los piñones y sus ejes.

Figura 21

Caja manual de cambios y sus elementos

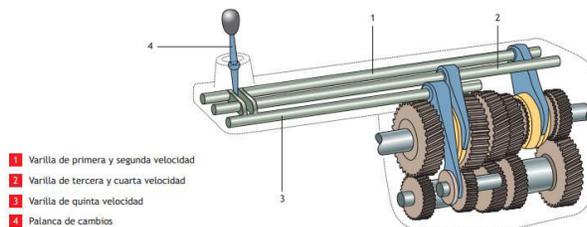


Nota. Elementos de una caja de cambios manual. Tomado de *Componentes de una transmisión manual*, por Tecnología Mecatronica Automotores Sena, 2016.

- **Mandos de accionamiento de la caja de cambios:** En la caja de cambios, los desplazables se utilizan para seleccionar velocidades mediante horquillas de accionamiento vinculadas a varillas impulsadas por la palanca de cambios.
- **Selector de velocidades:** La palanca de cambios, ubicada dentro del habitáculo, gira alrededor de una rótula. La función de esta rótula es facilitar el movimiento de la palanca para activar las varillas responsables de seleccionar las distintas velocidades.

Figura 22

Selector de velocidades de la caja de cambios manual.



Nota. Esquema de selector de velocidades. Tomado de *Sistemas de transmisión y frenado* (p. 42), por Borja, Fenoll, & De Herrera, 2009, Macmillan.

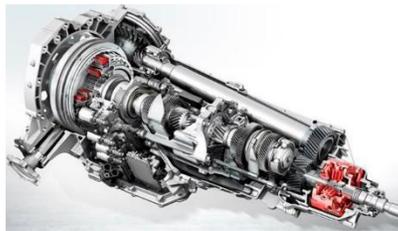
Caja de cambios automática

La caja de cambios automática tiene el mismo lugar en la cadena de transmisión que la caja de cambios manuales. La caja de cambios automática cumple las funciones esenciales asignadas al cambio manual con funciones adicionales y optimizadas, gracias a la integración de la gestión electrónica.

El principal elemento del cambio automático es el tren epicycloidal, El resto de los elementos que disponen las cajas pueden considerarse colaboradores del tren, ayudan a que el tren epicycloidal realice las distintas relaciones de transmisión (Domínguez & Ferrer, Sistemas de transmisión y frenado, 2018).

Figura 23

Vista de sección de la caja de cambios automática



Nota. La grafica muestra un ejemplo de transmisión automática. Tomado de *El mundo de las cajas automáticas: mitos o verdades*, por Miranda, 2021.

Las cajas automáticas constan de los siguientes componentes:

- Trenes epicycloidales.
- Frenos y embragues.
- Rodamientos y ruedas libres.
- Dispositivo de aparcamiento.
- Bomba de aceite.
- Caja de válvulas.
- Sensores.
- Centralita electrónica.

- Actuadores (electroválvulas, electroimán bloqueo de llave, electroimán de bloqueo de palanca selectora).

Conjunto reductor

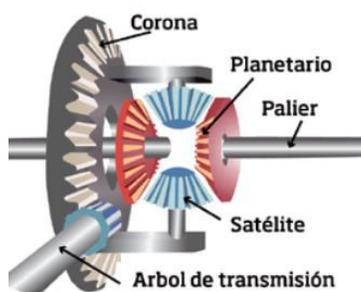
El par motor que se reduce en la caja de cambios no basta para aprovechar al máximo la potencia del motor y el vehículo requiere una menor relación, que se logra instalando un grupo reductor.

Diferencial

El diferencial es un mecanismo que distribuye el par de la caja de cambios a los semiejes que, conectados al eje de rotación de las ruedas, completan la cadena de transmisión cinemática. Ajusta las variaciones de giro de los ejes de las ruedas cuando el vehículo hace una curva. Cuando el vehículo avanza en línea recta, las dos ruedas del eje avanzan la misma distancia, el diferencial no tiene que equilibrar el giro entre ruedas, el par se divide al 50% a cada rueda. Al trazar el vehículo una curva en su recorrido, la rueda exterior hace mayor trayecto que la interior. Para que no haya deslizamiento entre las dos ruedas del mismo eje de tracción o propulsión, la rueda exterior debe rotar más rápido que la interior. El giro transmitido se reparte proporcionalmente entre las ruedas; si, por ejemplo, una rueda exterior rota al 60%, la interior rota al 40%.

Figura 24

Partes del conjunto diferencial



Nota. La grafica muestra las partes del conjunto diferencial. Tomado del *diferencial*, por PlanetaCamión, 2016.

Los componentes que integran los diferenciales son:

- Piñón de ataque: Recibe el movimiento del motor y lo transmite a la corona.
- Corona: Está fijada a un elemento denominado jaula donde están acoplados los satélites y los planetarios.
- Planetarios: Ubicados en la parte estriada de los ejes de las ruedas.
- Satélites: Están conectados a los piñones planetarios. En conjunto con estos, son responsables de transferir el movimiento a los ejes de las ruedas.

El objetivo de un sistema diferencial convencional es adaptar el recorrido de las ruedas del vehículo a cada situación, y su funcionamiento se basa en la resistencia a la rodadura de las ruedas de un mismo eje de tracción (Domínguez & Ferrer, Sistemas de transmisión y frenado, 2018).

Ejes

Los semiejes son los responsables de transmitir el par desde los satélites del diferencial hasta las ruedas. Los semiejes se elaboran considerando el sistema de propulsión, tracción delantera o propulsión trasera y también el tipo de suspensión y dirección que usa el vehículo. Este tipo de semieje tiene que posibilitar los movimientos de la rueda en sentidos ascendente y descendente y también el movimiento direccional.

Figura 25

Los semiejes de transmisión



Nota. La grafica muestra los semiejes y palier de una transmisión. Tomado de (*semieje–palier. Qué es, como funciona, partes y averías*), por R, 2021, https://como-funciona.co/semieje-palier/#google_vignette.

Cálculos

Par en la rueda motriz

Para determinar si un vehículo es capaz de superar las resistencias que se oponen a su movimiento, es fundamental evaluar el par máximo sufrido por las ruedas debido a las fuerzas a las que están sometidas.

Ecuación 10

Par generado

$$T = F_d \cdot r$$

Donde:

- F_d : Es la resistencia a la marcha [N]
- r_{din} : Es el radio del neumático [m]

El par máximo transmitido se puede determinar a partir de la multiplicación del torque y la relación de transmisión total.

Ecuación 11

Torque máximo

$$T_{max} = T \cdot i_T$$

Donde:

- T : Es el torque [N · m]
- i_T : Es la relación de transmisión total

Velocidad máxima

“La velocidad del vehículo depende del tamaño de los neumáticos, las revoluciones del motor y la relación de transmisión total” (Kindler & Kynast, 1986).

Tamaño de los neumáticos

Según (Kindler & Kynast, 1986), para el vehículo en marcha no es el radio estático sino el dinámico el que interesa.

a) Radio estático

El radio estático se define como la medida desde el centro de la rueda hasta el nivel del suelo cuando el vehículo se encuentra inmóvil.

b) Radio dinámico

El radio dinámico se refiere a la distancia desde el centro de la rueda hasta el suelo mientras el vehículo está en movimiento. Esta medida es generalmente mayor que el radio estático debido a que la fuerza centrífuga hace que la forma del neumático se expanda hacia afuera.

Revoluciones del motor

El motor de un vehículo convierte la energía química del combustible en energía mecánica, la cual impulsa el pistón o el cigüeñal. Este proceso genera un conjunto específico de revoluciones que se transfieren a las ruedas motrices.

Ecuación 12

Velocidad máxima del vehículo

$$v = \frac{2 \cdot r_{din} \cdot \pi \cdot n \cdot 3.6}{i_{trans} \cdot i_{diff} \cdot 60 \cdot 1000}$$

Donde:

- v_{rueda} : Es la velocidad máxima de la rueda $\left[\frac{km}{h} \right]$
- n_{motor} : Es las revoluciones del motor [rpm]
- i_{trans} : Es la relación de transmisión de la marcha
- i_{dif} : Es la relación de transmisión del diferencial
- r_{rueda} : Es el radio dinámico de la rueda [m]

Ventajas y desventajas de los tipos de sistemas de transmisión

Tabla 9

Características de los sistemas de transmisión

Transmisión	Ventajas	Desventajas
Transmisión manual	Más económica en términos de mantenimiento. Diseño simple y robusto Proporciona una mayor durabilidad. Brinda al conductor un mayor control. Más eficiente contribuye a un menor consumo de combustible. Construcción más ligera.	Requiere un mayor esfuerzo y atención por parte del conductor. Uso constante del embrague para cambiar de marcha.
Transmisión por cadena catalina	Facilidad de montaje y mantenimiento. Reduce las pérdidas de energía en comparación con otros sistemas. Su diseño requiere menos mantenimiento y genera menos ruido durante su operación.	Su menor versatilidad y adaptabilidad pueden ser un inconveniente en entornos. El mayor desgaste y tensión de la cadena pueden resultar en una vida útil más corta. La seguridad y estabilidad, la transmisión cadena-catalina es menor.
Transmisión automática	Funcionamiento sin necesidad de intervención manual. Sistema de cambio de marchas más preciso y suave. La seguridad y estabilidad, la transmisión automática brinda un control más consistente sobre el vehículo.	Mayor costo. Mayor complejidad en comparación con las transmisiones manuales. Tienden a tener un menor rendimiento y eficiencia en comparación con sus contrapartes manuales.

Nota. La tabla detalla las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de transmisión.

Sistema Eléctrico

Los automóviles poseen un sistema de autonomía eléctrica en el que la generación de electricidad se lleva a cabo mediante un alternador. Esta electricidad se acumula en una batería y posteriormente se emplea en diversos dispositivos como actuadores, lámparas y motores.

Cableados

“El cableado entre los componentes de un circuito se realiza agrupando los cables en un conjunto conocido como mazo” (Domínguez & Ferrer, 2012, p. 9).

Normativa AWG

La relación entre el diámetro y el área de un conductor permite crear un sistema de clasificación para los cables. A ciertos diámetros se les asigna un número en una escala

arbitraria, que se conoce como el calibre del conductor. Esta escala se la conoce como el AWG (American Wire Gauge, calibre americano para conductores) y es utilizada dentro y fuera de los EEUU. (AWG, 1857)

Valores normalizados cables A.W.G (American Wire Gauge Standard)

Los conductores en condiciones óptimas deben exhibir una resistencia muy reducida. Estos valores están influenciados por la longitud y el grosor de los hilos. En el caso de hilos comunes de hasta 20 metros de longitud, la resistencia debe ser siempre inferior a 1 ohmio. Sin embargo, para hilos esmaltados, la resistencia puede variar significativamente según el espesor.

- Los cables unifilares no se utilizan en vehículos debido a su dificultad para doblarse y ajustarse en los mazos. Además, son más propensos a romperse debido a las vibraciones constantes.
- Los conductores utilizados están compuestos por varios hilos o cables de menor diámetro.
- El tubo Conduit es responsable de proteger y direccionar el cableado en una instalación eléctrica.

Figura 26

Calibres de cables AWG

Calibre AWG ó MCM	Sección mm ²	FORMACION		ESPEJOR AISLAM. mm	ESPEJOR CHAQUETA mm	DIAM. EXTERIOR mm	PESO TOTAL Kg/Km	Capacidad de corriente		TIPO CABLE	Altern. de embal.
		No. de Hilos por diámetro en mm.	ESPEJOR					Para 1 cond. al aire libre Amp.	Para 3 cond. en conduit Amp.		
20	0.519	1 x 0.813	0.38	0.10	1.77	7.07	15	10	TFN	A,B	
18	0.823	1 x 1,02	0.38	0.10	1.98	10.94	15	10	TFN	A,B	
16	1.31	1 x 1,29	0.38	0.10	2.25	16.48	20	15	TFN	A,B	
14	2.08	1 x 1,63	0.38	0.10	2.59	23.17	35	25	THHN	A,B	
12	3.31	1 x 2,05	0.38	0.10	3.01	34.16	40	30	THHN	A,C	
10	5.26	1 x 2,59	0.51	0.10	3.81	55.04	55	40	THHN	A,D	
8	8.34	1 x 3,26	0.76	0.13	5.04	91.22	80	55	THHN	A,B	
16	1.31	19 x 0,30	0.38	0.10	2.46	17.95	20	15	TFN	A,B	
14	2.08	19 x 0,38	0.38	0.10	2.86	23.80	35	25	THHN	A,B	
12	3.31	19 x 0,47	0.38	0.10	3.31	35.70	40	30	THHN	A,C	
10	5.26	19 x 0,60	0.51	0.10	4.22	56.20	55	40	THHN	A,D	
8	8.37	7 x 1,23	0.76	0.13	5.47	93.70	80	55	THHN	A,B,E	
6	13.30	7 x 1,55	0.76	0.13	6.43	141.30	105	75	THHN	A,E	
4	21.15	7 x 1,96	1.02	0.15	8.22	227.60	140	95	THHN	A,E	
2	33.62	7 x 2,47	1.02	0.15	9.75	348.10	190	130	THHN	A,E	
1	42.36	7 x 2,78	1.27	0.18	11.24	446.20	220	150	THHN	A,D,E	
1/0	53.49	19 x 1,89	1.27	0.18	12.35	553.30	260	170	THHN	D,E,Z	
2/0	67.43	19 x 2,12	1.27	0.18	13.50	688.70	300	195	THHN	D,E,Z	
3/0	85.01	19 x 2,39	1.27	0.18	14.85	856.80	350	225	THHN	D,E,Z	
4/0	107.20	19 x 2,68	1.27	0.18	16.30	1069.50	405	260	THHN	D,E,Z	
250	127.00	37 x 2,09	1.52	0.20	18.07	1263.00	455	290	THHN	Z	
300	152.00	37 x 2,29	1.52	0.20	19.47	1502.00	505	320	THHN	Z	
350	177.00	37 x 2,47	1.52	0.20	20.73	1743.00	570	350	THHN	Z	
400	203.00	37 x 2,64	1.52	0.20	21.92	1981.00	615	380	THHN	Z	
500	253.00	37 x 2,95	1.52	0.20	24.09	2457.00	700	430	THHN	Z	
600	304.00	37 x 3,23	1.78	0.23	26.63	2960.00	780	475	THHN	Z	
650	329.00	37 x 3,37	1.78	0.23	27.61	3221.00	820	500	THHN	Z	
700	355.00	37 x 3,49	1.78	0.23	28.45	3453.00	855	520	THHN	Z	

Nota. La figura muestra los diferentes calibres AWG con el tipo de cable empleado. Tomado de *Conductor elaborado bajo normas NEMA WC -5, ICEA S -61-402, ASTM B3, B8, UL STANDARD 83, INEN, por AWG.*

Magnitudes y unidades eléctricas en corriente continua

En el ámbito de los circuitos eléctricos, participan activamente tres magnitudes fundamentales.

- Voltaje
- Corriente
- Resistencia

La ley de Ohm establece de manera inequívoca la interrelación entre las tres unidades eléctricas fundamentales voltio, amperio y ohmio. Esta ley permite la definición precisa de cada una de estas magnitudes mediante la combinación adecuada de las otras dos.

Un amperio es la corriente que circula por un conductor de un ohmio de resistencia cuando se aplica un voltio de tensión mientras que la resistencia de un cuerpo es la medida de la oposición al paso de la corriente, en el Sistema Internacional la unidad de medida es el ohmio.

(Domínguez & Ferrer, 2012, p. 19)

Ecuación 13

Ley de Ohm

$$V = I \cdot R$$

Donde:

- *V: Es el voltaje [V]*
- *I: Es la corriente [A]*
- *R: Es la resistencia [Ω]*

Potencia eléctrica

El ritmo con el que se transfiere la energía es la potencia. Según (Rela, 2010), la potencia eléctrica, en watt, o joule por cada segundo, es igual al producto de la tensión, en volt, por la corriente, en ampere. Para la misma potencia, cuanto más elevada es la tensión, más pequeña resulta la corriente, y por eso más fácil de conducir por cables que no sean demasiado gruesos.

La potencia se conceptualiza como la cantidad de energía o trabajo ejecutado en una unidad de tiempo. Un vatio representa la potencia generada por un dispositivo eléctrico al convertir la energía de un julio por segundo.

Ecuación 14

Potencia eléctrica

$$W = V \cdot I$$

Donde:

- W : Es la potencia [Watt o $\frac{J}{s}$]

Sección del conductor y su corriente admisible

La característica preeminente de un conductor eléctrico reside en su capacidad para soportar una intensidad sin experimentar calentamiento. En el diseño de un circuito eléctrico, es imperativo determinar la sección mínima requerida por el cable para tolerar la corriente en amperios que transitará por él.

Figura 27

Catálogo de Conductores de Cobre THHN

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Espesor de Chaqueta (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos					
FORMACIÓN UNILAY							
14	2,08	19	0,38	0,1	2,76	23,58	25
12	3,31	19	0,38	0,1	3,26	35,93	30
10	5,261	19	0,51	0,1	4,11	55,95	40
8	8,367	19	0,76	0,13	5,40	93,62	55
6	13,3	19	0,76	0,13	6,34	142,58	75
4	21,15	19	1,02	0,15	8,09	228,51	95
2	33,62	19	1,02	0,15	9,59	350,90	130
1	42,4	19	1,27	0,18	11,04	437,08	145
1/0	53,49	19	1,27	0,18	12,05	560,77	170
2/0	67,44	19	1,27	0,18	13,17	697,21	195
3/0	85,02	19	1,27	0,18	14,43	868,29	225
4/0	107,2	19	1,27	0,18	15,85	1083,04	260

Nota. La grafica muestra los diferentes conductores de cobre. Tomado de *Catálogo de conductores de cobre THHN*, por ELECTRO CABLES, 2020.

Protección de los circuitos - Fusibles

Los circuitos de corriente continua implementan la protección contra cortocircuitos y sobrecalentamiento mediante la utilización de fusibles. Los fusibles constan de un conductor

con una sección menor en comparación con el resto del conductor; esta sección reducida, aunque siempre inferior, es adecuada para permitir el flujo de corriente necesario para el funcionamiento normal del circuito (Domínguez & Ferrer, 2012).

Figura 28

Catálogo de Fusibles Littelfuse

Part Number	Current Rating	Housing Color	Typ. Voltage Drop	Cold Resistance	I ² t
0287001_	1 A	■	159 mV	121.1 mΩ	0.4 A ² s
0287002_	2 A	■	158 mV	54.5 mΩ	1.4 A ² s
0287003_	3 A	■	134 mV	30.5 mΩ	7.4 A ² s
0287004_	4 A	■	130 mV	21.9 mΩ	14 A ² s
0287005_	5 A	■	130 mV	17.2 mΩ	26 A ² s
028707.5_	7.5 A	■	123 mV	10.9 mΩ	60 A ² s
0287010_	10 A	■	113 mV	7.6 mΩ	115 A ² s
0287015_	15 A	■	106 mV	4.7 mΩ	340 A ² s
0287020_	20 A	■	104 mV	3.4 mΩ	520 A ² s
0287025_	25 A	■	100 mV	2.5 mΩ	1080 A ² s
0287030_	30 A	■	95 mV	2.0 mΩ	1510 A ² s
0287035_	35 A	■	93 mV	1.6 mΩ	2280 A ² s
0287040_	40 A	■	91 mV	1.4 mΩ	3310 A ² s

Nota. La grafica muestra los tipos de fusibles con sus características. Tomado de *Catálogo de fusibles, ATO Silver Fuse Rated 32 V*, por Littelfuse, 2012.

Terminales y conectores

Los terminales desempeñan la función de conectar el cable al componente eléctrico del circuito. La fijación del terminal al cable puede llevarse a cabo de dos maneras:

- Mediante engatillado.
- Mediante soldadura blanda de plomo-estaño.

Esquemas de circuitos eléctricos

“En el esquema de un circuito eléctrico se representan gráficamente todos los componentes y dispositivos eléctricos que dispone el circuito: interruptores, conectores, fusibles, cables, motores, etc” (Domínguez & Ferrer, 2012, p. 46). La representación de los dispositivos eléctricos se realiza conforme a la simbología estandarizada por la norma DIN 40719.

Normativa DIN 72552 - 40719.

Las normativas DIN 40719 y 72552 establecen la estandarización de la simbología eléctrica en el contexto automotriz. La norma define un sistema de designación de bornes que facilita la conexión precisa de cables en dispositivos, especialmente durante reparaciones y reemplazos de módulos. La asignación de números específicos a los distintos puntos de derivación de corriente o grupos de dispositivos permite la conexión sin complicaciones de aparatos de diversas fuentes, siguiendo las indicaciones de un único diagrama. Este proceso está regulado conforme a la normativa DIN en el ámbito automotriz.

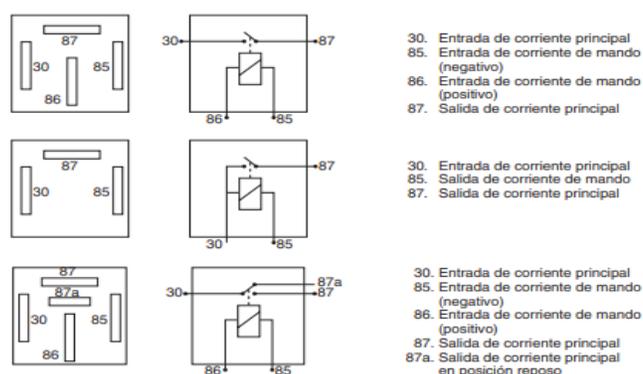
Componentes de los circuitos eléctricos

Interruptores: Estos componentes desempeñan la función crucial de iniciar y detener la circulación de corriente en el circuito eléctrico.

Relés: Se trata de interruptores con mecanismo de activación eléctrica, ampliamente utilizados en circuitos para gestionar y autorizar el flujo de corriente en los sistemas eléctricos.

Figura 29

Relé



Nota. Relé y esquemas internos y bornes de conexión de distintos relés. Tomado de *Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo* (p. 56), por Domínguez & Ferrer, 2012, Editex.

Alumbrado

“Todos los vehículos, para ser homologados y poder circular, deben disponer de un sistema de alumbrado que cumpla la normativa del país por donde circulará” (Domínguez & Ferrer, 2012, p. 136).

Tabla 10

Tabla de características de los diferentes tipos de lámparas de iluminación.

Tipo	Características
LED	<ul style="list-style-type: none"> • Alta seguridad contra fallos; los diodos, al contrario que las lámparas, son insensibles a las vibraciones y sacudidas. • Ahorro de costes de mantenimiento, pues no resulta necesario cambiar las lámparas. • Duración muy superior, más de 10.000 h de servicio. • Corto tiempo de respuesta. • Bajo consumo de energía, sin retraso de encendido y larga vida útil. • Ofrecen variedad de aplicaciones y la posibilidad de diferentes colores.
Incandescentes	<ul style="list-style-type: none"> • Un rendimiento luminoso casi tres veces superior, con una absorción de potencia normalmente inferior; proporciona un flujo luminoso de 3.200 lm con tan solo 35 W de potencia. • Alta producción de luz; mediante una configuración especial del reflector, visera y lente se consigue un alcance claramente superior y una zona de dispersión bastante más ancha en la zona de proximidad. De esta forma es posible una mejor iluminación del borde de la calzada, lo cual reduce la fatiga visual del conductor. • Duración notablemente superior; la vida útil de una lámpara de xenón alcanza las 2.500 h. • Estas lámparas a pesar de su baja eficiencia tienen un gran riesgo de incendio debido a sus altas temperaturas de trabajo.
Halógenas	<ul style="list-style-type: none"> • Las lámparas halógenas, aunque trabajen a más altas temperaturas que las convencionales. • Tienen mayor duración y mejor rendimiento luminoso (alrededor de 2.000 h y 25 lm/W). • Las lámparas de halógenos generan una luz con temperaturas de color de entre 3.200 y 4.000 K. • Pierden energía en forma de calor.

Nota. Esta tabla presenta las características de los diferentes tipos de lámparas de iluminación que se tienen en el vehículo.

Normativa NTE INEN 1155. Vehículos Automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad. Requisitos

La presente normativa establece las especificaciones mínimas para dispositivos luminosos, retrovisores y señalización lumínica dirigidos a vehículos automotores, con la finalidad de garantizar la visibilidad óptima para el conductor. Su objetivo principal es facilitar la detección, tanto de la presencia como de los movimientos del vehículo, por parte de peatones y otros conductores que circulan en la zona adyacente (INEN, NTE INEN 1155. Vehículo Automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad. Requisitos, 2009).

Tabla 11

Cantidad, ubicación y color de las luces indicadores delanteras

LUCES INDICADORAS DELANTERAS	CANTIDAD MIN. POR CADA LADO	UBICACIÓN	COLOR (Ver anexo A)
Luces de posición	1	Incorporadas o próximas a los faros delanteros y vértices de la carrocería a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones)	Blanco o ámbar
Luces direccionales (ver nota 1)	1	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1 500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones)	Ámbar
Luces de emergencia (ver nota 1 y 2)	1	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1 500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones)	Ámbar
Luces de volumen (ver nota 3)	1	A la máxima altura posible y no más de 400 mm desde los extremos laterales.	Blanco

NOTA 1. La frecuencia de los destellos debe ser de 90 ± 30 períodos por minuto.

NOTA 2. Los dispositivos de las luces direccionales pueden usarse como luces de emergencia.

NOTA 3. Aplicables a vehículos con carrocerías mayores a 2 100 mm de ancho.

Nota. La tabla describe la cantidad, ubicación y color de las luces indicadores delanteras,

elaborado a partir de (INEN, NTE INEN 1155), por (INEN, 2009)

Tabla 12

Cantidad, ubicación y color de las luces indicadores posteriores

LUCES INDICADORAS POSTERIORES	CANTIDAD MINIMA	UBICACIÓN	COLOR (Ver anexo A)
Luces de posición	1 por lado	A no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto de la calzada (hasta 2 100 mm cuando la carrocería no lo permita).	Rojo
Luces direccionales (ver nota 6)	1 por lado	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1 500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones).	Ámbar o rojo
Luces de emergencia (ver nota 6 y 7)	1 por lado	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1 500 mm de altura respecto del suelo (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones)	Ámbar o rojo
Luces de volumen (ver nota 8)	1 por lado	A la máxima altura posible y no más de 400 mm desde los extremos laterales.	Rojo
Luces de reversa (ver nota 9)	1	A una altura máxima de 1 200 mm de la calzada.	Blanco
Luces de freno	1 por lado	En su parte posterior a no más de 400 mm de los extremos laterales y a una altura entre 350 y 1 500 mm (hasta 2 100 mm para camiones o tractocamiones).	Rojo
Luz de freno central (ver nota 10)	1	Central en su parte posterior	Rojo
Luz de placa	1	La necesaria para iluminar la placa	Blanco

NOTA 6. La frecuencia de los destellos debe ser de 90 ± 30 períodos por minuto.

NOTA 7. Los dispositivos de las luces direccionales pueden usarse como luces de emergencia.

NOTA 8. Aplicables a vehículos con carrocerías mayores a 2 100 mm de ancho.

NOTA 9. Para vehículos con longitud mayor a 6 000 mm deben disponer de mínimo 1 a cada lado.

NOTA 10. No obligatorio para chasis combinados, vehículos de carga con espacio abierto y para vehículos con longitud mayor a 6 000 mm.

Nota. La tabla describe la cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras posteriores,

elaborado a partir de (INEN, NTE INEN 1155), por (INEN, 2009).

Batería

La batería es un acumulador que suministra la energía necesaria para alimentar el circuito primario del sistema de encendido. Su tensión nominal es de 12 V, aunque normalmente es mayor para absorber las pérdidas de energía en el transporte desde la fuente hasta los consumidores (Calleja, 2015).

Velocímetro

Un componente fundamental que comunica al conductor la velocidad a la que el vehículo se desplaza.

Cuentarrevoluciones

Identificado también como cuentavuelas o tacómetro, este instrumento sirve para determinar la velocidad de rotación del motor, expresada en revoluciones por minuto.

Circuito indicador de presión de aceite

“El panel de instrumentos comúnmente cuenta con un dispositivo indicador que alerta sobre la ausencia de presión hidráulica en el circuito de lubricación del motor” (Sánchez Fernández, 2012, p. 201).

Circuito indicador de temperatura del motor

“La temperatura alcanzada por el líquido refrigerante es otro de los valores que deben controlarse y para ello se dispone de tres elementos, indicador de aguja, termorresistencia y termocontacto (unidades de información), en el circuito de refrigeración del vehículo” (Sánchez Fernández, 2012, p. 199).

Circuito indicador de combustible

“Este indicador se emplea para conocer en todo momento la cantidad de combustible que hay en el depósito y cuándo estamos en la zona de reserva” (Sánchez Fernández, 2012, p. 198).

Circuito carga

“Tiene la misión de generar la energía eléctrica que los circuitos eléctricos del vehículo necesitan para poder funcionar, circuito de encendido, gestión del motor, iluminación, etc. La

corriente sobrante en la alimentación de circuitos, se emplea para recargar la batería”

(Domínguez E. , 2011).

Circuito de arranque

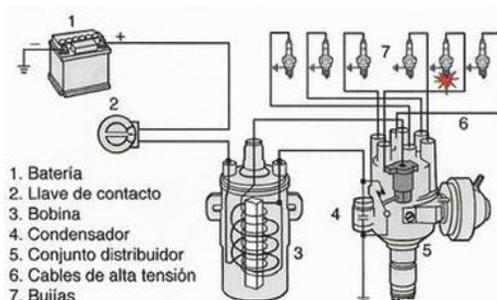
“El motor de combustión interna, no puede ponerse en marcha por sí solo, para que se ponga en funcionamiento y arranque, necesita la ayuda externa de un motor de arranque eléctrico, que lo girará hasta conseguir que se ponga en marcha y gire por sí mismo” (Domínguez E. , 2011).

Circuito de encendido

El sistema de encendido está constituido por diversos componentes que facilitan la generación de la chispa en las bujías, un proceso esencial para iniciar la combustión de la mezcla de aire y gasolina dentro del cilindro del motor. Esta chispa se origina entre los electrodos de la bujía, requiriendo la creación de un arco eléctrico entre ambos puntos.

Figura 30

Diagrama de encendido convencional



Nota. Elementos del encendido convencional. Tomado de *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (p. 279), por Calleja, 2015, Paraninfo.

- Bobina: La bobina de encendido es un transformador elevador de tensión que convierte la tensión de batería en la necesaria para hacer saltar la chispa en la bujía.
- Condensador: cumple la función de acumular carga eléctrica cuando los contactos del ruptor se abren. Durante este proceso de carga, el condensador absorbe toda la corriente, lo que permite que los contactos del ruptor interrumpan el flujo de corriente sin

generar un arco eléctrico entre ellos. Esto protege los contactos del ruptor y permite que se corte la corriente del primario de manera rápida. Esta interrupción de la corriente en el primario provoca una variación instantánea en el flujo magnético, lo que a su vez produce una mayor tensión inducida en el secundario del sistema de encendido.

- Conjunto distribuidor: El distribuidor desempeña el rol de coordinar y distribuir la corriente eléctrica de manera precisa y oportuna, asegurando que cada cilindro y bujía reciban la energía necesaria en el momento adecuado y en la posición correspondiente para garantizar el correcto funcionamiento del motor, este es movido por el motor, normalmente a través del árbol de levas, aunque hay otros casos en los que es movido a través de otros elementos, como la bomba de aceite.

Capítulo III

Selección de los sistemas

Sistema Motor

A continuación, se procede a realizar matrices, tablas de información y cálculos respectivos para la selección de los componentes del sistema motor.

Tabla 13

Matriz de evaluación cuantitativa del sistema motor.

Item	Frontal	Central	Posterior
Aspecto del prototipo	0	3	5
Equilibrio de pesos entre ejes	4	4	4
Facilidad de acceso al motor	4	2	3
Refrigeración	4	2	2
Espacio disponible	4	3	3
TOTAL	16	14	17

Nota. Valores de la matriz evaluativa para la selección de la posición del motor.

La mejor posición del motor, de acuerdo con los datos proporcionados en la tabla, es la posición posterior. Esto se determina mediante un análisis de varios aspectos importantes relacionados con el diseño y el rendimiento del vehículo. La posición posterior del motor se destaca como la mejor opción en esta evaluación con un total de 17 puntos, ya que ofrece una combinación equilibrada de aspectos estéticos, rendimiento y practicidad en comparación con las otras posiciones disponibles.

Peso del vehículo

Para los cálculos posteriores es necesario conocer los valores de las masas de los diferentes componentes empleados para la elaboración del vehículo.

Tabla 14

Valores de masa de sistemas

Valor de la masa aproximados de los distintos sistemas que componen el prototipo Tumbler	
Motor	80 kg
Transmisión	60 kg
Ejes	13 kg
Faros delanteros	0.49 kg
Faros posteriores	0.22 kg
Componentes del sistema eléctrico	6 kg
Componentes del sistema de transmisión	10 kg
Tanque de combustible	20.52 kg
Estructura	82.22 kg
Sistema de seguridad y frenos	155 kg
Sistema de suspensión	17.76 kg
Sistema de dirección	23.28 kg
Total	468.49 kg

Nota. La tabla describe las masas de componentes en kg.

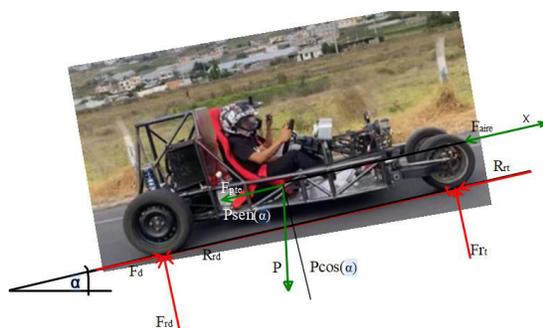
Para lo que respecta a cálculos es importante considerar que el peso promedio de una persona es de 70 kg según lo establecido en la norma 2205:2010 (INEN, NTE INEN 2205:2010. Vehículos Automotores. Bus urbano. Requisitos, 2010)

Resistencia a la marcha

Para el cálculo de la resistencia a la marcha se debe considerar que el vehículo se encuentre en reposo, con la finalidad de determinar la fuerza mínima de avance.

Figura 31

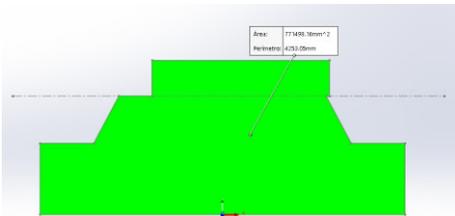
Vehículo prototipo en reposo



Nota. La figura describe las fuerzas que actúan en el vehículo en una pendiente.

Tabla 15

Cálculo de resistencia a la marcha del vehículo con sus valores.

Resistencia a la marcha F_d
$F_d - R_r - F_{air} - F_{pte} = m \cdot a$
<ul style="list-style-type: none"> Si el vehículo se encuentra en reposo o se desplaza con velocidad constante, entonces la aceleración se anula.
$F_d - R_r - F_{air} - F_{pte} = 0$
$F_d = R_r + F_{air} + F_{pte}$
$F_d = 78.03 \text{ N} + 80.28 \text{ N} + 917.31 \text{ N}$
$F_d = 1075.62 \text{ N}$
Fuerza de resistencia aerodinámica F_{air}
$F_{air} = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A_f \cdot C_x$
<ul style="list-style-type: none"> Tomando los datos de la normativa INEN 2313:2009 se conoce que la velocidad mínima del aire debe ser $25 \frac{m}{s}$. El valor de la densidad del aire es $1.11 \frac{kg}{m^3}$ a 2000 m de altura. El valor del coeficiente de resistencia del aire en vehículos turismo es de 0.2 a 0.4 A partir de la simulación de la estructura en SolidWorks se determina el área es de 0.7715 m^2

$F_{air} = 0.5 \cdot \left(1.11 \frac{kg}{m^3}\right) \cdot \left(25 \frac{m}{s}\right)^2 \cdot (0.7715 \text{ m}^2) \cdot (0.3)$
$F_{air} = 80.28 \text{ N}$
Fuerza de resistencia debida a la pendiente F_{pte}
$F_{pte} = m \cdot g \cdot \text{sen}(\theta)$
Suponiendo un ángulo de pendiente de 30°
$F_{pte} = (538.49 \text{ kg}) \cdot \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) \cdot (\text{sen}(10^\circ))$
$F_{pte} = 917.31 \text{ N}$
Resistencia de la rodadura R_r
Conociendo que la distribución de pesos habituales en un vehículo con tracción y motor posterior se tiene que:
$R_r = k \cdot m \cdot g \cdot \text{cos}(\theta)$
$R_r = (0.015) \cdot (538.49 \text{ kg}) \cdot \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) \cdot (\text{cos}(10^\circ))$
$R_r = 78.03 \text{ N}$

Nota. La tabla detalla los cálculos desarrollados con el peso aproximado del vehículo.

Potencia requerida

Con los datos obtenidos se procede a calcular la potencia requerida. La velocidad máxima a la que se limitara el vehículo es de 90 km/h, por tanto

$$90 \frac{km}{h} \cdot \frac{1000 m}{1 km} \cdot \frac{1 h}{3600 s} = 25 \frac{m}{s}$$

$$P = F_d \cdot v$$

$$P = (1075.62 N) \cdot \left(25 \frac{m}{s}\right) = 26890.5 W = 26.89 kW$$

$$26.89 kW \cdot \frac{1.34102 hp}{1 kW} = 36.06 hp$$

Con el dato de la potencia calculada se procederá a elegir el motor adecuado para el vehículo prototipo.

Tabla 16

Matriz de selección del sistema motor

Ítem	2 cilindros	3 cilindros	4 cilindros
Permite una posición del motor posterior	Si	Si	Si
Tipo de motor	Motocicleta	Vehículo	Vehículo
Modelo de vehículo	Honda – XR250	Suzuki - Swift I 1.0	Suzuki - Swift II 1.3
Torque	21.5 Nm	75 Nm	99 Nm
Potencia	20.2 Hp	49 Hp	67 Hp
Relación			
Peso/Potencia	6.63 kg / hp	13.5 kg / hp	11 kg / hp
Capacidad de combustible	11.5 L	31 L	40 L
Consumo medio de combustible	3.78 L / 120 km	5.3 L / 100 km	5.8 L / 100 km
Costo aproximado	200 \$	600 \$	800 \$

Nota. La tabla detalla especificaciones técnicas de diferentes tipos de motores a considerar para la implementación en el prototipo.

Matriz de selección del sistema motor por la posición del motor.

Dado que en el vehículo prototipo se necesita una posición del motor posterior y el motor de 2 cilindros es empleado en motocicletas, podría no ser el más adecuado, debido a que este tipo de motor implicaría el diseño de un eje para generar la tracción. Considerando

que en los motores empleados en vehículos esto se facilita por el uso de una caja de cambios, diferencial y semiejes, además no tiene la suficiente potencia requerida para su desplazamiento.

El motor de 3 y 4 cilindros (Suzuki Swift I 1.0 y 1.3) ofrece un buen equilibrio entre torque, potencia, consumo de combustible y capacidad de combustible. Empleando una diferencia porcentual entre los datos de las especificaciones técnicas del motor de 3 y 4 cilindros indican 24 Nm (32%) en torque, 18 Hp (36.73%) en potencia, 2.5 kg/hp (22.72%) en relación peso potencia, 0.5 L/100 km (9.43%) de consumo, 200 \$ (33.33%) de valor.

Conociendo las diferencias explicadas anteriormente, se procederá con la selección del motor de 3 cilindros (Suzuki Swift I 1.0), dado que existe una variación respecto al torque y potencia mayor al 30% y no se pretende sobredimensionar respecto a los requisitos reales de potencia de aproximadamente 36.06 hp del prototipo el cuál va a ser empleado principalmente con fines de expositivos, y considerando que el costo es más elevado.

Cálculo real

A continuación, se procede a realizar el cálculo de la resistencia a la marcha, a diferentes grados de inclinación, con el peso real del vehículo.

Tabla 17

Peso real del vehículo

Dato	Evidencia
Peso real: 410 kg 	

Nota. La tabla presenta la evidencia del dato del peso del vehículo.

Tabla 18

Cálculo de la resistencia a la marcha a diferentes ángulos

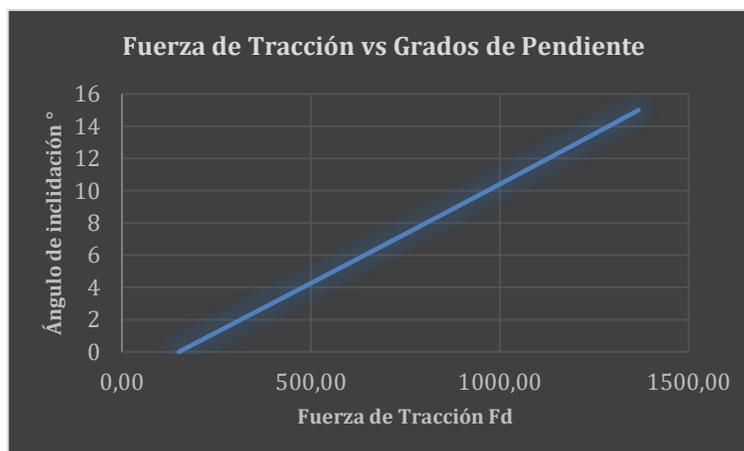
F_{atr}	θ	F_{pte}	R_r	F_d	P
80.28 N	0	0	70,63	150,91	5,06
	1	82,18	70,62	233,08	7,81
	2	164,33	70,59	315,20	10,57
	3	246,44	70,54	397,25	13,32
	4	328,47	70,46	479,21	16,07
	5	410,40	70,36	561,04	18,81
	6	492,20	70,25	642,73	21,55
	7	573,86	70,11	724,24	24,28
	8	655,34	69,94	805,56	27,01
	9	736,62	69,76	886,66	29,73
	10	817,67	69,56	967,51	32,44
	11	898,48	69,33	1048,10	35,14
	12	979,01	69,09	1128,38	37,83
	13	1059,25	68,82	1208,35	40,51
	14	1139,16	68,53	1287,98	43,18
	15	1218,73	68,23	1367,23	45,84

Nota. La tabla resume el cálculo de la resistencia a la marcha empleando diferentes ángulos de 1367,23 inclinación.

A continuación, se realiza un análisis de los datos obtenidos a partir de una gráfica.

Figura 32

Análisis de grados de pendiente - fuerza de tracción



Nota. La figura representa la gráfica de fuerza de tracción en función de los ángulos de inclinación.

A partir de los datos obtenidos se deduce que existe una relación lineal en las expresiones de fuerza de tracción y ángulos de inclinación, la cual indica que a un mayor grado de inclinación en la pendiente se necesita mayor fuerza de tracción, en este caso para una inclinación de 15° se necesitaría una fuerza de tracción de 1367.23 N. Y para esto un motor con una potencia mínima de 45.84 hp, por lo cual el motor seleccionado del vehículo Suzuki Forsa de 993 cc con una potencia de 49 hp, cumple con los requisitos de funcionamiento.

Consumo de combustible

A partir de la ecuación se va a determinar el consumo de combustible.

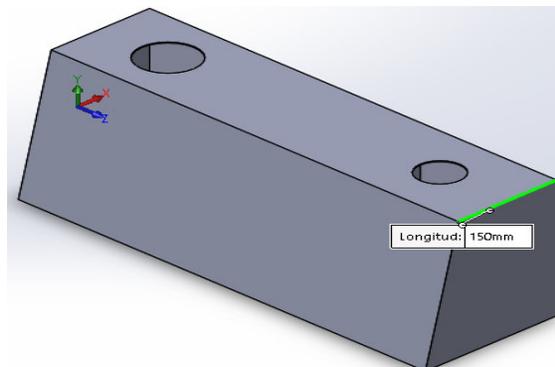
$$\frac{P}{m} = \frac{37000 \text{ W}}{410 \text{ kg}} = 90.24$$

Considerando la relación potencia peso el vehículo para la prueba de consumo de combustible según la norma WLTP clase 3, tendría una distancia de recorrido de 23266 m. Ya que esta se determina mediante la relación potencia peso. Donde se conoce a partir de la ficha técnica que la potencia es de 37 kW y la masa del vehículo es 410 kg aproximadamente.

Debido a consideraciones de espacio y diseño, no se pudo emplear el tanque de combustible original del motor, por tanto, se implementó el siguiente diseño para la construcción del tanque.

Figura 33

Diseño del tanque de combustible

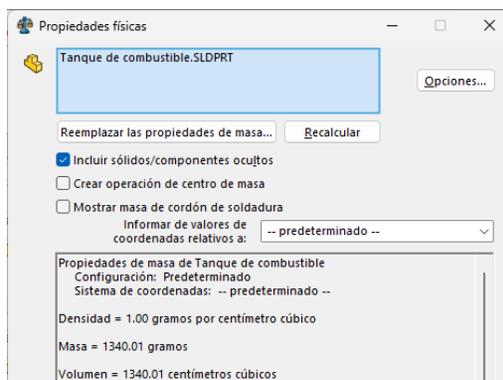


Nota. La figura muestra el diseño del tanque de combustible en SolidWorks.

Datos obtenidos a partir del diseño, en lo que respecta a volumen y masa considerando el material de construcción de acero galvanizado se tiene lo siguiente

Figura 34

Propiedades físicas de la pieza



Nota. La figura contiene los datos de masa y volumen del tanque de combustible.

$$V_{vacío} = (0.150 \text{ m}) \cdot (0.245 \text{ m}) \cdot (0.620 \text{ m}) + \frac{(0.05 \text{ m}) \cdot (0.245 \text{ m}) \cdot (0.620 \text{ m})}{2} = 0.02658 \text{ m}^3$$

$$0.02658 \text{ m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 26.58 \text{ L}$$

$$V_{Estructura} = 1.34 \text{ L}$$

$$V_{Tanque} = V_{vacío} - V_{Estructura} = 26.58 \text{ L} - 1.34 \text{ L} = 25.24 \text{ L}$$

El cálculo de la masa de combustible del tanque considerando el volumen total de combustible y el material de construcción, que en este caso es de acero galvanizado se tiene

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V = \left(0,76 \frac{\text{kg}}{\text{L}}\right) \cdot (25.24 \text{ L}) = 19.18 \text{ kg}$$

$$m_T = m_{comb} + m_{est} = 19.18 \text{ kg} + 1.34 \text{ kg} = 20.52 \text{ kg}$$

Considerando los límites de velocidad en el país de 50 km/h en zonas urbanas, 90 km/h en sectores perimetrales, 100 km/h en carreteras rectas y 60 km/h, en carreteras curvas, se descartará el ciclo de prueba extra alto, dando como resultado una distancia total de recorrido de 15013 m, es decir 15.013 km. Esto debido a que el motor del vehículo prototipo, se empleará

principalmente para exhibición, por esta razón solo se limitará a llegar a una velocidad máxima de 90 km/h.

A partir de la ecuación se determinará el consumo. Suponiendo 1 L de combustible

$$C = \frac{100 \cdot V_K}{s}$$

$$C = \frac{100 \cdot 1 L}{15.013 km} = 6.66 \frac{L}{100 km}$$

De las especificaciones técnicas del motor se conoce que el consumo es 5.8 L / 100 km.

El valor de teórico de 6.66 L por cada 100 km se comprobará en la sección de pruebas.

Sistema de Transmisión

Sistema de cambios

A continuación, se procede a realizar matrices, tablas de información y cálculos respectivos para la selección de los componentes del sistema de transmisión.

Tabla 19

Matriz de evaluación cuantitativa del sistema de transmisión.

Ítem	Transmisión Cadena - Catalina	Transmisión Manual	Transmisión Automática
Diseño	5	4	3
Control	3	5	4
Costo	5	4	3
Eficiencia	3	5	4
Durabilidad	4	5	4
TOTAL	20	23	18

Nota. La tabla detalla la evaluación de diferentes sistemas de transmisión.

La mejor opción de transmisión para el vehículo, según los datos proporcionados en la tabla, es la transmisión manual. Este resultado se basa en una evaluación detallada de varios criterios importantes relacionados con el diseño, el control, el costo, la eficiencia y la durabilidad de cada tipo de transmisión. La transmisión manual se destaca como la mejor opción según esta evaluación con un puntaje de 23, ya que ofrece un equilibrio en comparación con la transmisión automática y la cadena - catalina.

Tabla 20

Matriz de selección del sistema de transmisión.

Ítem	Manual Cadena - Catalina	Manual	Automática
Durabilidad	Media	Alta	Media
Costo de mantenimiento	Bajo	Bajo	Medio
Control de cambios	Por el usuario	Por el usuario	Automático
Sistemas Integrados	Ninguno	Ninguno	ECU - TCM
Costo	100 \$	300 \$	-
Consumo de combustible	Alto	Alto	Medio
Eficiencia	Alta	Alta	Media
Comodidad	Baja	Media	Alta
Disponibilidad	Alta	Alta	Baja

Nota. La tabla describe características de la selección de los sistemas de transmisión más comunes.

Considerando que el motor seleccionado es de un vehículo la opción de optar por un sistema de transmisión por cadena y catalina, complicaría la implementación debido a la constitución misma del motor, además, es necesario analizar que el sistema de transmisión en un vehículo cuenta con diferencial, caja de cambios y ejes o semi ejes, por lo que la opción quedaría descartada.

Para el tipo de motor seleccionado, el sistema de transmisión automático, a pesar de tener ciertas ventajas sobre la transmisión manual, es de casi nula existencia en el país, por lo cual la opción también quedaría descartada.

A partir de lo mencionado anteriormente, la opción más idónea para la implementación del sistema de transmisión es emplear una transmisión manual, y todo lo que esta conlleva, es decir caja de cambios, diferencial y semi ejes, según el modelo del motor seleccionado. Algunos datos referentes con el sistema de transmisión son las relaciones de transmisión de cada marcha, los cuales se detallan a continuación.

Tabla 21*Relaciones de transmisión*

Marcha	Relación
1ra	3.42 : 1
2da	1.89 : 1
3ra	1.28 : 1
4ta	0.91 : 1
5ta	0.76 : 1
Marcha atrás	2.92 : 1
Reducción Final	4.11 : 1

Nota. La tabla detalla la relación de transmisión de las marchas desde 1ra hasta 5ta, seguida de marcha atrás (reversa), y la reducción final del diferencial, elaborado a partir de la ficha técnica.

Cálculos

A partir de los datos obtenidos de la selección de neumáticos se conoce que se empleará en la parte posterior un neumático de medidas 195/55/R15.

$$r_{din} = 0.55 \cdot 195 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} + \frac{15 \text{ in}}{2} \cdot \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ in}} = 0.2978 \text{ m} = 297.8 \text{ mm}$$

Velocidad máxima

Mediante la fórmula se procederá a calcular la velocidad máxima de la rueda, considerando las relaciones de transmisión de 5ta marcha de 0,76 para la potencia y la 1ra marcha de 3.42 para el torque.

$$v = \frac{2 \cdot r_{din} \cdot \pi \cdot n \cdot 3.6}{i_{trans} \cdot i_{diff} \cdot 60 \cdot 1000}$$

Considerando el valor de potencia de 49 hp a 5800 rpm se obtiene

$$v = \frac{2 \cdot (297.8 \text{ m}) \cdot \pi \cdot (5800 \text{ rpm}) \cdot 3.6}{(0.76) \cdot (4.11) \cdot 60 \cdot 1000} = 208.46 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Se debe, tomar en cuenta que la velocidad máxima que adquiere el vehículo, según la ficha técnica del Suzuki Forsa 1 es de 145 km/h, esta diferencia de 63.46 km/h, se debe a factores como las pérdidas mecánicas que se dan en la transmisión del movimiento, tanto en embrague, transmisión, diferencial, ejes y neumáticos, además de factores del entorno como la

resistencia al aire, y rozamiento con la superficie, entre otros. Por lo que el valor calculado se lo toma en condiciones ideales.

El factor de pérdidas que afectan a la velocidad del vehículo se deberá calcular al utilizar la potencia máxima del vehículo y con la última velocidad.

Para lo cual utilizaremos los datos de velocidad efectiva que equivale a 208.46km/h, también la velocidad nominal que obtenemos de la ficha del vehículo que es de 145km/h

La velocidad efectiva del vehículo

$$\mu_{real} = \frac{v_e}{v} = \frac{145km/h}{208km/h} = 0.6956$$

$$v_{real\ max} = v_{max} \cdot \mu_{real}$$

$$v_{real\ max} = \left(208.46 \frac{km}{h}\right) \cdot (0.6956) = 145 \frac{km}{h}$$

Considerando el valor de torque de 75 Nm a 3600 rpm se obtiene

$$v = \frac{2 \cdot (297.8\ m) \cdot \pi \cdot (3600\ rpm) \cdot 3.6}{(3.42) \cdot (4.11) \cdot 60 \cdot 1000} = 27.78 \frac{km}{h}$$

$$27.78 \frac{km}{h} \cdot \frac{1\ h}{3600\ s} \cdot \frac{1000\ m}{1\ km} = 7.7166 \frac{m}{s}$$

$$v_{real\ max} = \left(27.78 \frac{km}{h}\right) \cdot (0.6956) = 19.32 \frac{km}{h}$$

Tracción

Mediante la fórmula se procederá a calcular la tracción producida en los neumáticos.

$$T_{max} = T \cdot i_T$$

$$T_{max} = (75\ N \cdot m) \cdot (3.42 \cdot 4.11) = 1054.212\ N \cdot m$$

$$T = F_d \cdot r_{din}$$

$$T = (1367.23\ N) \cdot (0.2978\ m) = 407.16\ N \cdot m$$

De lo calculado anteriormente se deduce que $T_{max} > T$, por tanto, el motor y transmisión seleccionado, cumplirá los requisitos para vencer la inercia y poner al vehículo en movimiento.

Sistema de accionamiento del embrague

A continuación, se procede a realizar matrices, tablas de información y cálculos respectivos para la selección de los componentes del sistema de accionamiento del embrague.

Tabla 22

Matriz de selección del accionamiento del embrague

Características	Accionamiento Mecánico	Accionamiento hidráulico
Fuerza de trabajo	3	5
Costo mantenimiento	5	3
Comodidad	4	5
Eficiencia	4	4
Degaste de componentes	4	4
Simplicidad	5	3
Implementación	5	3
Total	30	27

Nota: La tabla muestra los datos cuantitativos de la selección del accionamiento del embrague.

La mejor opción para el accionamiento del embrague, según los datos proporcionados en tabla es el accionamiento mecánico. Este resultado se basa en la evaluación detallada de varios criterios importantes relacionados con la fuerza de trabajo, la comodidad que representa usar este sistema, la eficiencia de accionamiento, la durabilidad del sistema.

El accionamiento mecánico se destaca como la mejor opción según esta evaluación con un puntaje de 30, ya que el sistema ofrece mayor simplicidad a la hora de accionar el embrague y su aplicación hace que sea más práctica para el vehículo prototipo. Además, se debe considerar la facilidad de implementación ya que mediante un cable se facilita el accionamiento del embrague, dado el número que se emplean una menor cantidad de elementos.

Cálculo del accionamiento del embrague

De los datos obtenidos de la selección se conoce que las especificaciones de las bombas de los embragues utilizados son:

Tabla 23*Datos de accionamiento del embrague*

Longitudes de accionamiento	Valor [m]	Fotografía
Longitud 1	0.25	
Longitud 2	0.06	

Nota. Los datos presentados en la tabla son tomados como referencia de lo empelado en el prototipo de acuerdo con las necesidades.

Tabla 24*Cálculos de accionamiento del embrague*

Sección de los émbolos
Pedal
Suponiendo una fuerza de accionamiento en el pedal de 80 N, se tiene una fuerza de accionamiento en el cable del embrague es
$F_2 = \frac{d_1 \cdot F_1}{d_2}$ $F_2 = \frac{(0.25 \text{ m}) \cdot (80 \text{ N})}{(0.06 \text{ m})} = 333.33 \text{ N}$
Horquilla
$F_2 = F_3$ $F_4 = \frac{d_3 \cdot F_3}{d_2}$
De la ficha técnica de la horquilla se conoce que la altura total de la horquilla es de 0.215 m. Y la distancia $d_3 = 0.115 \text{ m}$, y $d_4 = 0.06 \text{ m}$
$F_4 = \frac{(0.115 \text{ m}) \cdot (333.33 \text{ N})}{(0.06 \text{ m})} = 638.88 \text{ N}$

Nota. Cálculos de fuerzas de accionamiento del sistema de embrague empleado.

Sistema Eléctrico

Selección de batería

Para la selección de batería se debe considerar parámetros importantes como la potencia y el consumo de los distintos sistemas eléctricos que se montaran en el vehículo, en este caso como la mayoría de las lámparas son de led su consumo es bajo, además de estos se cuenta con circuitos básicos para el arranque, encendido y puesta en marcha del motor, los cuales tiene un consumo moderado, también tomar en cuenta que no existen componentes externos que requieren consumo extra de energía, y que el número de circuitos que se tiene en el prototipo es mucho menor que en el vehículo original, se determina como resolución la implementación de la batería recomendada por el fabricante. Para esto es necesario mencionar que se empleará una página web “recambioscoches”, la cual determina en su base de datos, de acuerdo con las especificaciones del fabricante, la cual se detalla a continuación.

Tabla 25

Datos técnicos de la batería

Especificaciones	Descripción	Imagen
Modelo	S4 NS40 FE F 600	
Voltaje	12	
CCA 0°C (A)	440	
CCA 27°C (A)	520	
Categoría	S4	
Largo (mm)	210	
Ancho (mm)	137	
Alto (mm)	221	
Peso (Kg)	10.6	
Capacidad (Ah)	42	
Reserva (Min)	71	

Nota. Especificaciones de la batería a partir de la ficha técnica.

Selección de cableado

Norma AWG

A partir de la normativa AWG, se analiza que los conductores apropiados para el sistema eléctrico del vehículo son los conductores tipo THHN o THWN-2, estos pueden ser sólidos o cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados

con una capa uniforme de material termoplástico, cloruro de Polivinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor, sobre el cual se aplica una cubierta protectora de Nylon o poliamida.

Estos tipos de conductores cuando son utilizados como THHN o THWN-2 puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación de 90 °C, así mismo cuando están expuestos a aceites, grasas, pinturas, solventes químicos, etc. su temperatura máxima de operación es 75 °C. En cuanto a su tensión de servicio, para todas las aplicaciones, es de 600 V, cumpliendo con los requerimientos necesarios para el vehículo.

Sistema de iluminación

Para la selección del sistema eléctrico de iluminación se tiene la siguiente tabla

Tabla 26

Matriz de evaluación cuantitativa del sistema de iluminación.

Ítem	Halógenas	Incandescentes (Xenón)	LED
Costo	4	3	5
Eficiencia	3	3	5
Consumo de energía	2	3	5
Durabilidad	4	3	5
Mantenimiento	4	3	5
Tiempo de respuesta	4	3	5
Aplicaciones	3	3	5
Seguridad	5	1	5
Total	29	22	40

Nota. Evaluación de los tipos de tecnología empleada en faros.

La mejor opción para el tipo de faros o luces del vehículo, según los datos proporcionados en la tabla, son las luces LED. Este resultado se basa en una evaluación detallada de varios criterios importantes relacionados con el costo, la eficiencia, el consumo de energía, la durabilidad, el mantenimiento, el tiempo de respuesta, las aplicaciones y la seguridad de cada tipo de luz. Las luces LED destacan como la mejor opción según esta evaluación con un puntaje de 40, ya que ofrecen una combinación sobresaliente de costos, eficiencia, durabilidad, mantenimiento, tiempo de respuesta, aplicaciones y seguridad en comparación con las luces halógenas e incandescentes.

Para el cálculo del sistema de alumbrado a partir de las fichas técnicas se tiene la siguiente tabla:

Tabla 27

Resumen de conceptos y requisitos

Circuito	Concepto	Descripción
Posición	Indican la presencia y ancho del vehículo desde el frente y detrás.	Instalación: 1 por cada lado Luz delantero: Color blanco o ámbar Luz Posterior: Color rojo
Altas Bajas	Altas: Iluminan distancias extensas del camino por delante del vehículo. Bajas: Ilumina la vía sin deslumbrar a conductores en sentido contrario.	Color: Blanco
Dirección Intermitentes	Dirección: Señalan cambios de dirección a otros usuarios. Intermitentes: Advierten sobre peligros, estacionamiento o emergencias	La frecuencia de los destellos debe ser de 90 ± 30 períodos por minuto. Luz delantera: Ámbar Luz posterior: Ámbar o rojo
Frenado	Emiten una luz intensa y fija al aplicar el freno, indicando la intención del conductor de detenerse o reducir velocidad.	Color: Rojo
Reversa	Se activa al colocar el vehículo en reversa, proporcionando iluminación posterior.	Color: Blanco

Nota. La tabla describe los conceptos de las luces empleadas en el prototipo y una descripción de los requisitos a partir de la normativa INEN 1155.

Para el cálculo del sistema de iluminación se tienen los siguientes datos a partir de las fichas técnicas de los faros empleados:

Tabla 28

Datos de faros

Faros LED Delanteros		Faros LED Posteriores	
Potencia	60 W	Potencia	8 W
Voltaje	12 V	Voltaje	12 V

Nota. Descripción de la potencia voltaje de los faros empleados.

Tabla 29

Cálculo de amperaje en los circuitos de iluminación

Circuito	Diagrama en Liveware	Calculo
Posición		$I = \frac{P}{V} = \frac{2 \cdot (60 W) + 2 \cdot (8 W)}{12 V} = 11.33 A$
Altas - Bajas		$I = \frac{P}{V} = \frac{2 \cdot (60 W)}{12 V} = 10 A$
Dirección Intermitentes		$I = \frac{P}{V} = \frac{2 \cdot (60 W) + 2 \cdot (8 W)}{12 V} = 11.33 A$
Frenado		$I = \frac{P}{V} = \frac{2 \cdot (8 W)}{12 V} = 1.33 A$
Reversa		$I = \frac{P}{V} = \frac{2 \cdot (8 W)}{12 V} = 1.33 A$

Nota. Diseño de circuito en el software Liveware y cálculo del sistema de iluminación.

Para la elección del tipo de calibre del cable es necesario conocer el amperaje que debe soportar cada circuito, por esta razón, dado que el amperaje de los diferentes circuitos se encuentra en un rango de 1.33 A hasta 11.33 A, y con la finalidad de optar por un solo tipo de cable para cada circuito, se determina que el calibre adecuado es el 16 AWG con una capacidad de corriente de 20 A.

De la misma forma para la selección del fusible, se considerará que resista al menos el amperaje calculado, de forma contraria, se empleará el inmediato superior en el catálogo, de acuerdo con la disponibilidad de los proveedores.

En lo que respecta a la selección del relé, se considerará el amperaje máximo que esté soporte de acuerdo con el catálogo, conociendo previamente los requisitos de cada circuito que requiera del mismo.

Tabla 30

Resumen de calibre, fusible y relé empleados

Circuito	Calibre	Fusible	Relé	Tipo
Posición	16	15 A	30 A	TH-R905
Altas – Bajas	16	10 A – 15 A	30 A	TH-R905
Dirección	16	15 A	30 A	TH-S502
Intermitentes	16	15 A	30 A	TH-S502
Frenado	16	2 A	No requiere	
Reversa	16	2 A	No requiere	

Nota. Selección de calibre, fusible y relé de acuerdo a los cálculos obtenidos.

Sistema de carga – arranque - encendido

Para la selección de sistema de carga, arranque y encendido, se empleará los componentes originales de fábrica que vienen en el motor, por lo que solamente resta realizar los diagramas eléctricos y la selección adecuada del calibre del cable de acuerdo con las especificaciones técnicas de cada componente.

Tabla 31

Resumen de datos circuitos de carga – arranque – encendido

Circuito	Datos técnicos	Cálculo	Descripción
Alternador	Voltaje: 12 V Corriente: 50 A	No es necesario, los datos indican que genera 50 A de corriente.	
Arranque	Voltaje: 12 V Potencia: 0.8 kW	$I = \frac{P}{V} = \frac{800 W}{12 V} = 66.667 A$	

Circuito	Especificaciones Técnicas
Nivel de combustible	Voltaje: 12 V
Claxon	Según el dato del fabricante se emplea un fusible de 15 A
Electroventilador	Según el dato del fabricante se emplea un fusible de 15 A
Corta corriente	Voltaje: 12 V Corriente: 100 A

Nota. La tabla recopila información técnica de diferentes componentes del sistema de control.

Tabla 34

Especificación del calibre de cable, fusible y relé de los sistemas eléctricos.

Circuito	Calibre	Fusible	Relé
Tacómetro	18	No requiere	
Presión de aceite	18	No requiere	No requiere
Temperatura del motor	18	15 A	
Nivel de combustible	18	15 A	No requiere
Claxon	18	20 A	30 A
Electroventilador	18	15 A	30 A
Corta corriente	8	No requiere	No requiere

Nota. La tabla detalla el calibre, fusible y relé empleado en el sistema de control.

A continuación, se procederá con la elaboración de los diagramas de circuitos del sistema de control empleados en el vehículo prototipo.

Tabla 35

Diagramas eléctricos del sistema de control

Circuito	Diagrama en Livewire	Imagen
Tacómetro		
Presión de aceite		
Temperatura del motor		

Circuito	Diagrama en Livewire	Imagen
Nivel de combustible	<p style="text-align: center;">Nivel de combustible</p>	
Claxon	<p style="text-align: center;">Cláxon</p>	
Electroventilador	<p style="text-align: center;">Electroventilador</p>	
Corta corriente	<p style="text-align: center;">Corta corriente</p>	

Nota. La tabla detalla los circuitos del Sistema de control del prototipo.

Capítulo IV

Implementación y Pruebas de los sistemas

Implementación

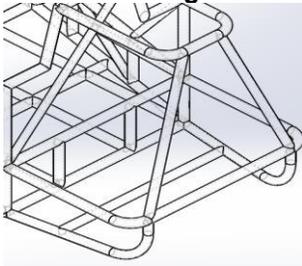
La implementación de los diferentes sistemas requiere una adecuada selección de componentes que garanticen su eficacia y fiabilidad. Durante esta fase, se lleva a cabo la construcción, integración de los diferentes componentes.

Sistema Motor

A continuación, se presenta el proceso de implementación del sistema motor en forma de secuencia. Donde el motor seleccionado es de un vehículo Suzuki Forsa

Tabla 36

Implementación de componentes del motor

Orden de implementación del sistema motor		
1. Motor seleccionado	2. Ubicación según el diseño	3. Instalación en la estructura
		
4. Instalación de bases del motor	5. Montaje del motor	6. Cambio de fluidos del motor
		
7. Puesta a punto	8. Sistema de refrigeración	9. Sistema de encendido
		

Nota. Secuencia de implementación del sistema motor.

A continuación, se presenta el proceso de implementación del sistema de alimentación del motor en forma de secuencia.

Tabla 37

Implementación de componentes de alimentación del motor

Implementación de sistema de alimentación del motor

1. Montaje del carburador



2. Filtros



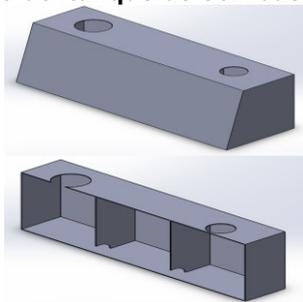
3. Sistema de accionamiento



4. Montaje del sistema de accionamiento



5. Diseño del tanque de combustible



6. Construcción del tanque de combustible



7. Instalación del tanque de combustible



8. Instalación del tanque de combustible



Nota. Secuencia de implementación del sistema de alimentación.

Sistema de Transmisión

A continuación, se presentará una tabla la cual detalla el proceso de implementación del sistema de transmisión en forma secuencial de acuerdo con la selección detallada que se realizó del mismo. Donde se tiene principalmente que la transmisión seleccionada es de un vehículo Suzuki Forsa las siguientes características principales:

- Transmisión manual de 5 velocidades
- La transmisión seleccionada, incluye el diferencial

Tabla 38

Implementación de componentes del sistema de transmisión

Implementación de sistema de transmisión	
<p>1. Transmisión seleccionada</p> 	<p>2. Instalación de transmisión y ejes</p> 
<p>3. Instalación de semi ejes</p> 	<p>4. Instalación del sistema de accionamiento de marchas</p> 
<p>5. Sistema de accionamiento del embrague</p> 	<p>6. Instalación del accionamiento del embrague</p> 

Nota. Secuencia de implementación del sistema de transmisión.

Sistema Eléctrico

A continuación, se presentará una tabla la cual detalla el proceso de implementación del sistema eléctrico en forma de secuencia. Donde se tiene los diferentes componentes, como son: cableados, fusibles, relé, interruptores, faros, medidores de temperatura, presión, nivel de combustible, entre otros. Para la implementación es necesario considerar lo establecido en la normativa INEN 1155:2009, para la instalación de los faros:

- Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1 500 mm de altura respecto del suelo.

Tabla 39

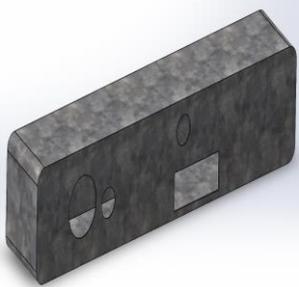
Implementación de componentes del sistema eléctrico de iluminación

Implementación del sistema eléctrico de iluminación		
1. Cableado y Accesorios	2. Relé – Flasher	3. Instalación del faro delantero
		
4. Instalación del faro posterior	5. Instalación de batería	6. Sistema de control de iluminación
		

Nota. Secuencia de implementación del sistema eléctrico.

Tabla 40

Implementación de componentes del sistema eléctrico

Implementación del sistema eléctrico		
1. Diseño del tablero de control del vehículo	2. Instalación del sistema de control	3. Instalación del sistema de encendido
		
4. Sistema de arranque	5. Sistema de carga	6. Indicadores
		
7. Instalación del sistema corta corriente		
		

Nota. Secuencia de implementación del sistema eléctrico.

Pruebas

Las pruebas son esenciales para garantizar el funcionamiento óptimo y seguro del vehículo prototipo. Durante esta fase, se llevan a cabo una serie de pruebas que abarcan desde su funcionamiento y seguridad, hasta estándares establecidos. Para estas pruebas se

realizan cálculos en ciertos sistemas, que serán cotejados con las pruebas prácticas a fin de evaluar la respuesta de los diferentes sistemas en sus respectivos escenarios.

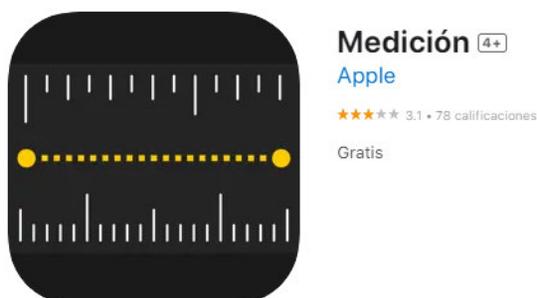
Sistema Motor

Resistencia a la marcha del vehículo

Evaluar la capacidad para superar la resistencia a la marcha de manera eficiente en un vehículo es crucial, debido a que un vehículo en estado estacionario logre iniciar su desplazamiento y avanzar, debe contrarrestar las fuerzas que se oponen a su movimiento. Esto implica superar resistencias y fuerzas que se generan, tales como la resistencia a la rodadura y el coeficiente aerodinámico, entre otras. Para la medición del ángulo de inclinación de la pendiente se empleó la aplicación de “Medición” en un dispositivo IOS.

Figura 35

Aplicación medición



Nota. La figura representa la aplicación de medición de ángulos empleada para las pruebas de pendiente.

Tabla 41

Pruebas de resistencia a la marcha

Prueba	Ilustración	Demostración
<p>Pendiente 1 Ubicación: La península Ángulo: 5°</p>		

Prueba	Ilustración	Demostración
<p>Pendiente 2 Ubicación: La península Ángulo: 10°</p>		
<p>Pendiente 3 Ubicación: Colegio Rumíñahui Ángulo: 15°</p>		

Nota. Detalle de ubicación y resultados de pruebas de resistencia a la rodadura en pendientes.

Consumo de combustible

Para las pruebas de consumo de combustible del vehículo, se considerará como base el ciclo de prueba WLTP Clase 3, dado que esta normativa es un estándar mundial de un procedimiento armonizado, usado para medir consumos en vehículos. Desarrollado por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas. Para esto es importante considerar que el ciclo de prueba WLTP Clase 3 se toma como referencia debido a los cálculos realizados en el capítulo III, dado que es un vehículo con una relación Potencia/Peso de 90.4 y en la Clase 3 se considera vehículos con un Pr/W mayor a 34

Figura 36

Medidor de velocidad en km/h

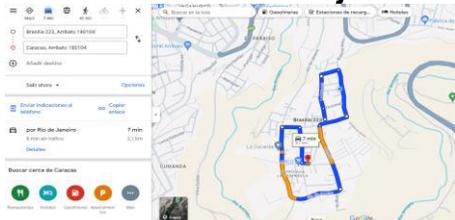


Nota. La figura representa la aplicación de medidor de velocidad en km/h para las pruebas de consumo.

A continuación, se muestra una tabla, la cual especifica datos a considerar en cada prueba y la ruta a seguir.

Tabla 42

Ruta y datos WLTP de prueba de consumo

Ruta	Datos
<p>Ruta 1 – Ciclo Bajo</p> 	<p>Distancia: 3095 m Duración: 590 s Velocidad máxima: 56.5 km/h Velocidad media sin paradas: 25 km/h Velocidad media con paradas 18.9 km/h</p>
<p>Ruta 2 – Ciclo Medio</p> 	<p>Distancia: 4756 m Duración: 433 s Velocidad máxima: 76.6 km/h Velocidad media sin paradas: 44.4 km/h Velocidad media con paradas 39.5 km/h</p>
<p>Ruta 3 – Ciclo Alto</p> 	<p>Distancia: 7162 m Duración: 455 s Velocidad máxima: 97.4 km/h Velocidad media sin paradas: 60.5 km/h Velocidad media con paradas 56.7 km/h</p>

Nota. Detalle de datos de Ciclo WLTP Clase 3 y rutas.

A continuación, se realizará medición de consumo de combustible en el vehículo prototipo respecto a las pruebas realizadas en distintas rutas establecidas por el protocolo WLTP, donde los datos del consumo que se van a obtener serán con respecto a la variación de la distancia, tiempo y velocidad del vehículo. Conociendo de antemano que el cálculo de

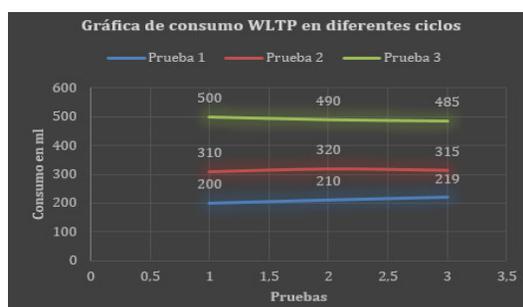
consumo de combustible teórico del vehículo prototipo es de $6.66 \frac{L}{100 km}$.

Tabla 43*Consumo de combustible*

Ciclo	Datos	Prueba 1 ml	Prueba 2 ml	Prueba 3 ml
Ciclo Bajo	Consumo calculado		206	
	Consumo real	200	210	219
	Diferencia	6	4	16
Ciclo Medio	Consumo calculado		317	
	Consumo real	310	320	315
	Diferencia	7	3	2
Ciclo Alto	Consumo calculado		477	
	Consumo real	500	490	485
	Diferencia	23	13	8

Nota. Detalle de pruebas de consumo.

A partir de los datos obtenidos se realizará un análisis, para identificar cual es el consumo del vehículo. Por tanto, se presenta la siguiente gráfica, la cual indica el consumo de combustible en cada prueba del ciclo de conducción realizados

Figura 37*Análisis del consumo de combustible WLTP*

Nota. La figura representa la gráfica de consumo de combustible según el ciclo de pruebas WLTP.

A partir de los datos obtenidos se deduce que en cada prueba realizada para el caso del ciclo bajo se tiene un consumo de 200 a 219 ml, para el ciclo medio se tiene un consumo de 310 a 315 ml y para el ciclo alto de 500 a 485 ml. Los valores están sometidos a cierto porcentaje de error dado que, en las rutas empleadas, en ciertas ocasiones existían

imprevistos, como cruce de vehículos, personas o animales, los cuales representan estas diferencias en consumo.

Tabla 44

Análisis WLTP consumo de combustible

Ciclos	Promedio	L [km]	V total [L]	V cons [L]	Consumo Exp	Ficha	Dif
Ciclo Bajo	209,67	3,10	1	0,21	6,77	5,8	0,97
Ciclo Medio	315,00	4,76	1	0,32	6,62	5,8	0,82
Ciclo Alto	492,00	7,16	1	0,49	6,87	5,8	1,07

Nota. La tabla describe los valores obtenidos de la prueba de consumo según WLTP.

A partir de los datos obtenidos se deduce que existe una diferencia entre el consumo experimental y el de la ficha técnica en L por cada 100 km. Donde se tiene que en el ciclo bajo existe una diferencia de 0,97, para el ciclo medio de 0,82, y el ciclo alto de 1,07. Esta diferencia que existe respecto a la ficha, puede deberse a diferentes factores como, por ejemplo, el peso del vehículo, el cambio en la tracción, el uso de diferentes tipos de neumáticos en la parte delantera y posterior, la refrigeración que recibe el motor, y el propio estado del mismo, así como las condiciones de prueba, debido a la altura donde se llevaron a cabo las pruebas y las rutas empleadas para el estudio. El promedio de consumo en los ciclos es de 0.95 lo cual representa una diferencia porcentual del 16.38 % respecto al consumo de la ficha técnica.

Sistema de Transmisión

Accionamiento - Funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento del mecanismo de accionamiento de marchas y embrague en un vehículo son fundamentales para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad, dado que los cambios deben ser suaves y deben entrar sin dificultad ni ruidos extraños, así como en el accionamiento del embrague, este no debe presentar algún tipo de ruido anormal, como chirridos, crujidos o golpeteos.

Tabla 45

Pruebas de accionamiento de la transmisión

Sistema de cambios de marcha	
	
Sistema de accionamiento del embrague	
Estado Inicial - Estado Final	Mecanismo de accionamiento
	
Velocidad - Revoluciones	Evidencias
<ul style="list-style-type: none"> • Ficha técnica: 145 km/h • Velocidad máxima: $90 \frac{km}{h}$ • Potencia: 49 Hp a 5800 rpm 	 

Nota. La tabla ilustra las pruebas de funcionamiento llevadas a cabo en sistema de transmisión.

Sistema Eléctrico**Funcionamiento**

Los sistemas eléctricos son esenciales a la hora del arranque y funcionamiento del sistema motor y transmisión, en caso de que algún sistema presente fallas podría ser un problema para el funcionamiento de estos, también el sistema de iluminación del vehículo para dar indicaciones de acción de manejo en carretera, también debe ser el adecuado para circular en las noches, ayudando a mejor la seguridad y visibilidad de los conductores y peatones para prevenir accidentes. A continuación, se verifica la funcionalidad de los distintos sistemas eléctricos.

Tabla 46

Pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico

Sistema	Prueba	Sistema	Prueba
Alimentación		Arranque	
Encendido Control de motor		Corta corriente	
Carga			

Nota. La tabla ilustra las pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico.

Tabla 47

Pruebas de funcionamiento del sistema iluminación

Faros			
Luces altas		Luces de posición	
Luces bajas			

Faros



Nota. La tabla ilustra las pruebas de funcionamiento del sistema de iluminación.

Pruebas de iluminación

La prueba de distancia de iluminación en un vehículo es crucial para garantizar que los faros estén correctamente alineados y proporcionen la visibilidad adecuada sin deslumbrar a otros conductores. A partir de (RACE, 2006)

- Luz cruce en el vehículo debe contar con un sistema de iluminación que sea capaz de proporcionar una iluminación efectiva de al menos 40 metros de longitud.
- El alcance extendido para aumentar la distancia cubierta por la luz de carretera, pasando de 200 a 800 metros.

Tabla 48

Prueba de distancia de alumbrado

Sistema	Prueba	Sistema	Prueba
Luz baja Distancia mínima: 40 m		Luz alta Distancia mínima: 200 m	

Nota. La tabla ilustra las pruebas de funcionamiento del sistema de iluminación a la distancia descrita.

Capítulo V

Marco Administrativo

Recursos

Recursos Humanos

Dentro de los recursos humanos que empleados en el proyecto de integración curricular “Dimensionamiento e implementación del sistema motor, transmisión y eléctrico del vehículo prototipo tipo Tumbler”, se especifica a continuación:

Tabla 49

Recursos Humanos

Ítem	Personal	Función
1	Alvarez Gavilanes, Carlos Arturo	Investigador
2	Vivanco Sopa Josue Damian	Investigador
3	Cruz Arcos, Guillermo Mauricio	Colaborador científico

Nota. En la tabla se detalla los recursos humanos que intervienen en el proyecto UIC.

Recursos Tecnológicos

En el proyecto UIC los recursos tecnológicos empleados para el dimensionamiento e implementación de los diferentes sistemas se detallan a continuación.

Tabla 50

Recursos Tecnológicos

Ítem	Descripción
1	Computador
2	Dispositivos móviles
3	Internet
4	Software de ofimática
5	Software CAD
6	Software CAD - Eléctrico

Nota. En la tabla se detalla los recursos tecnológicos que intervienen en el proyecto UIC.

Recursos Materiales

Para la instalación de los distintos sistemas y la verificación del funcionamiento mediante pruebas en los mismos es necesario materiales y herramientas adecuadas para cada trabajo.

Tabla 51*Recursos Materiales*

Ítem	Descripción
1	Flexómetro
2	Caja de herramientas
3	Amoladora
4	Soldadora
5	Tecla
6	Multímetro
7	Faros
8	Motor
9	Transmisión
10	Ejes
11	Cable eléctrico
12	Terminales
13	Plancha de Aluminio
14	Interruptores
15	Pedales
16	Palanca de cambios
17	Cable

Nota. En la tabla se detallan los recursos materiales que intervienen en el proyecto UIC.

Presupuesto

El presupuesto empleado para la implementación del sistema motor, transmisión y eléctrico se detalla a continuación.

Tabla 52*Presupuesto*

Ítem	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Movilización	2	50	100
Faros delanteros	2	30	60
Faros posteriores	2	10	20
Motor	1	600	600
Transmisión	1	280	280
Ejes	2	30	60
Cable eléctrico	40	0,8	32
Manguera corrugada	3	5	15
Terminales	80	0,2	16
Plancha de acero galvanizado	1	20	20
Interruptores	10	0,5	5
Manómetros	4	5	20
Control de encendido	1	40	40
Sistema de control de combustible	1	40	40
Pedales	2	15	30

Ítem	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Palanca de cambios	1	108	108
Cable	6	2	12
Materiales para conexión eléctrica	1	10	10
Corta corrientes	1	5	5
Bobina	1	40	40
Filtro de aire	1	8	8
Aceite caja y motor	1	42	42
Manómetros de medición	1	25	25
Fusilera	1	16	16
Relés	4	6	24
TH-S502	1	7	7
Pernos	1	15	15
Total			1650

Nota. En la tabla se detalla el presupuesto para el desarrollo del proyecto UIC.

Financiamiento

El proyecto de integración curricular es financiado totalmente por los investigadores del proyecto, con un costo total de 1650 USD.

Conclusiones

- Se determinó que la investigación bibliográfica sobre el dimensionamiento y selección de componentes para el sistema motor, transmisión y eléctrico del prototipo es esencial para garantizar el funcionamiento de este. Al comprender las especificaciones técnicas, las capacidades y las limitaciones de los componentes, se pueden tomar decisiones claras durante el proceso de selección para evitar errores al momento de la instalación.
- La selección de los sistemas motor, transmisión y eléctrico del prototipo conlleva un proceso muy riguroso y analítico donde se consideró factores de funcionalidad, potencia, consumo, normativas que se deben aplicar en cada sistema y las especificaciones requeridas en cada una de las mismas de modo que se acoplen perfectamente para la operatividad y rendimiento del prototipo.
- El motor debe tener la potencia y torque necesario para vencer la inercia, mediante los cálculos se pudo determinar que para una pendiente de 15° se necesitaría un motor de 36 hp considerando el peso aproximado de 468 kg, mediante esto se seleccionó el motor del vehículo Suzuki Forsa 993 cc del año 1988, el cual tiene una potencia de 49 hp.
- Mediante la implementación y pruebas en el sistema motor se determinó que el consumo según el protocolo WLTP en la clase 3 debido a que la relación entre la potencia y el peso de 90.4 del vehículo prototipo tiene una diferencia de 0.95 L/100 km ya que el valor teórico es de 6.66 L/100 km, el valor experimental es de 6.75, mientras que el de la ficha técnica de 5.8 L/100 km. Este valor representa una diferencia del 16.38%. Lo cual se debe a factores del entorno y propios del vehículo.
- La resistencia a la marcha del vehículo se determina mediante cálculos y de forma experimental, para esto se emplea datos como resistencia del aire, fricción, entre otros, destacando el peso del vehículo más el peso del ocupante. Con esto se determinó que

para vencer la inercia en una pendiente de 15° , el vehículo necesitaría al menos 1367.23 N, lo que se traduce en 45,64 hp, los cuales son menores a los de la ficha técnica del motor con un valor de 49 hp, por ende, debe ser suficiente para subir dicha pendiente, lo cual se pudo comprobar a diferentes grados de inclinación en pendientes.

- Para el sistema de transmisión se determinó que la implementación de una caja de cambios manual, será idónea para el correcto funcionamiento del vehículo prototipo, debido a esto, se optó por escoger la transmisión original del vehículo Suzuki Forsa 993cc, la cual consta de 5 velocidades.
- Mediante las relaciones de transmisión que son datos de la ficha técnica se determinó la velocidad máxima del vehículo que en teoría sería de aproximadamente 145 km/h, sin embargo, dado que no se puede circular libremente por las carreteras, ya que el vehículo prototipo no se encuentra homologado, podría incurrir en una infracción, además de los límites de velocidad del país, se consideró que la velocidad máxima que se podría alcanzar es de 90 km/h, sin embargo, mediante pruebas de funcionamiento, en una recta de 650 m se alcanzó una velocidad máxima de 82 km/h.
- Se determinó el torque máximo de tracción de 1054.21 Nm en el eje motriz, con ayuda de los datos proporcionados de los neumáticos 195/55/R15, se procedió a calcular el torque necesario en una pendiente de 15° , considerando las relaciones de transmisión, es de 407.16 Nm, lo cual deja en evidencia que el torque máximo de 1054.21 Nm es mayor al torque necesario de 407.16 Nm, lo cual se comprobó en las pruebas, con la subida exitosa de la pendiente.
- El sistema eléctrico es indispensable en un vehículo, por tanto, se seleccionaron los componentes necesarios para el funcionamiento del motor y su puesta en marcha, como el circuito de arranque, carga, encendido, los cuales se mantuvieron respecto a las características del motor original, además de los distintos indicadores tanto de presión y temperatura, sin olvidar los circuitos de iluminación necesaria establecidas en

la normativa NTE INEN 1155. También se optó por la implementación de un circuito cortador corrientes con fines de seguridad en caso de existir accidentes.

- La instalación de los distintos circuitos del sistema se llevó a cabo con meticulosidad, comenzando por el cálculo aproximado de la intensidad que circularía por cada uno. Para los circuitos de iluminación, donde la corriente no supera los 15A, se determinó el calibre de cable ideal como 14 según la normativa AWG. Para el circuito de arranque, se consideró la potencia del motor (0.8 kW) que requiere 66.67A, por lo que se seleccionó un cable de calibre 8. Para los medidores de presión, temperatura y fluidos, se optó por cable de calibre 18, en línea con el bajo consumo y la recomendación del fabricante. El circuito que alimenta al alternador, con un consumo de 50A, se conectó con un cable de calibre 10, mientras que, para el circuito de encendido, que demanda más de 20A, se eligió un cable de calibre 14. Esta cuidadosa selección de calibres asegura un funcionamiento eficiente y seguro del sistema en su conjunto.
- Para evitar cortocircuito y salvaguardar las lámparas y demás componentes del circuito, es importante la implementación de una fusilera, por esto se realizó el cálculo de la corriente que circula en cada circuito donde se determinó los distintos valores de los fusibles que se requieren, considerando que el fusible debe ser de un valor mayor al requerido.
- Resultó necesario e indispensable la implementación de un tablero de control, donde se pueda controlar desde el habitáculo del conductor y copiloto los distintos sistemas eléctricos, así como los indicadores de funcionamiento de cada uno, obteniendo mayor confort y un control más óptimo del vehículo.

Recomendaciones

- Se sugiere, realizar pruebas de consumo de combustible con un mayor número de pruebas y rutas, con la finalidad de corroborar el consumo de la ficha técnica y el calculado.
- Se podría realizar pruebas de funcionamiento en pendientes pronunciadas, con la finalidad de conocer cuál es el grado máximo que el vehículo podría ascender.
- Se recomienda para futuros proyectos en el vehículo, la sustitución del sistema de alimentación del motor, que en el caso es de carburación por uno de inyección, con la finalidad de determinar los cambios que existirían en las pruebas realizadas en las mismas condiciones.
- Se sugiere, implementar el carenado, para aumentar la aerodinámica del vehículo, en lo que respecta a la prueba de velocidad máxima.
- Se podría implementar, un sistema de transmisión mecánica, con selector secuencial, con el propósito, de mejorar el tiempo de accionamiento de las marchas.
- Además de los básicos se podría implementar más circuitos eléctricos donde se pueda tener mayor control en los sistemas, ayudando a mejorar el confort y la seguridad del prototipo.
- Realizar un estudio más profundo acerca de la transmisión, donde se pueda demostrar más a detalle su funcionalidad y las pérdidas de potencia y velocidad que tiene en cada marcha.

Bibliografía

- (WLTP), I. L.-D. (15 de Enero de 2024). *transportpolicy*. Obtenido de <https://www.transportpolicy.net/standard/international-light-duty-worldwide-harmonized-light-vehicles-test-procedure-wltp/>
- Águeda, E., Navarro, J., & Gómez, T. (2018). *Sistemas de transmisión de fuerzas y trenes de rodaje*. Madrid: Paraninfo.
- AWG. (1857). *Valores normalizados cables A.W.G.* EE. UU.: AGW.
- Borja, J. C., Fenoll, J., & De Herrera, J. S. (2009). *Sistemas de Transmisión y Frenado*. Madrid, España: Macmillan.
- CABLES, E. (2020). *Catálogo Conductores de Cobre THHN*.
- Calleja, D. G. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Paraninfo.
- Domínguez, E. (2011). *Sistemas de carga y arranque*. Madrid: Editex.
- Domínguez, E. J., & Ferrer, J. (2018). *Sistemas de transmisión y frenado*. Madrid, España: Editex.
- Domínguez, E. J., & Ferrer, J. R. (2012). *Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo*. Madrid: Editex.
- Escudero, S., González, J., Rivas, J., & Suárez, A. (2018). *Motores*. México: MACMILLAN Profesional.
- Frenkit. (s.f.). *Frenkit*. Obtenido de Tipos de sistemas de embrague y sus partes: <https://blog.frenkit.es/es/tipos-de-embrague>
- GARCÍA, J. L. (2 de 01 de 2023). *MOTOCICLISMO*. Obtenido de https://www.motociclismo.es/consejos/mantenimiento/que-es-kit-transmision-motocn_269911_102.html
- Gestionmax. (28 de Diciembre de 2023). *Motor Giga*. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/posicion-del-motor-definicion-significado/gmx-niv15-con195200.htm>

- González Calleja, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (Segunda ed.). (C. Alicia, P. Paola, & O. Marta, Edits.) Madrid: Paraninfo. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/604303769/Libro-Motores-Termicos>
- Hamm, G., & G, B. (1981). *Tablas de la técnica del automóvil*. Alemania: REVERTÉ.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Ciudad de Mexico: McGraw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Ciudad de Mexico: McGraw Hill.
- INEN. (2009). *NTE INEN 1155. Vehículo Automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad. Requisitos*. Quito.
- INEN. (2010). *NTE INEN 2205:2010. Vehículos Automotores. Bus urbano. Requisitos*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.
- Jeroitim.blogspot. (05 de 05 de 2013). *Jeroitim.blogspot.com*. . Obtenido de EL AUTOMÓVIL AL DESNUDO: <https://jeroitim.blogspot.com/2013/05/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html>
- Kindler, H., & Kynast, H. (1986). *Matemática aplicada para la técnica del automóvil* (Octava ed.). Barcelona, España: REVERTÉ S.A.
- LittelFuse. (2012). *ATO SILVERTM FUSE RATED 32V*.
- Miranda, J. (29 de 07 de 2021). *Autocosmos*. Obtenido de Noticias.autocosmos: <https://noticias.autocosmos.cl/2021/07/29/el-mundo-de-las-cajas-automaticas-mitos-y-verdades>
- Ocaña, A. (2000). *Tratado del automóvil*. Madrid: DOSSAT.
- Pardiñas, J. (2012). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid - España: EDITEX.
- Perez Bello, M. A. (2011). *SISTEMAS AUXILIARES DEL MOTOR*. Madrid - España: Paraninfo. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/446587869/Sistemas-Auxiliares-Del-Motor-Paraninfo>

PlanetaCamión. (21 de 07 de 2016). *PlanetaCamión*. Obtenido de Planeta Camión (PC):

<https://www.planetacamion.com.ar/el-diferencial/>

R, J. L. (03 de 08 de 2021). *como-funciona.co*. Obtenido de Como-Funciona:

<https://www.scribbr.es/citar/generador/folders/BS2SW3sch45qramQVGCJI/lists/3WYi6mqjeQb7e19mEG0n0T/>

RACE, E. R. (2006). *Iluminación del automóvil y seguridad visual*. MADRID - ESPAÑA: RACE.

Obtenido de

<https://www.race.es/documentos/motor/tecnologia/INFORME%202006%20Iluminaci%C3%B3n%20autom%C3%B3vil.pdf>

Rela, A. (2010). *Electricidad Básica II*. Buenos Aires - Argentina: Ministerio de Educación -

Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Obtenido de

<http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002056.pdf>

RO-DES. (s.f.). *RO-DES*. Obtenido de ¿Qué es el sistema de transmisión?: Web:

<https://www.ro-des.com/mecanica/que-es-el-sistema-de-transmision/>

Rovira de Antonio, A., & Muños Domingues, M. (2015). *Motores de Combustión Interna*.

Madrid: UNED. Obtenido de <https://lopezva.files.wordpress.com/2019/11/343564272-motores-de-combustion-interna.pdf>

Sánchez Fernández, E. (2012). *Circuitos Eléctricos Auxiliares del Vehículo*. Madrid:

MACMILLAN.

Sanz, S. (2011). *Motores*. Madrid: Editex.

Tecnología Mecatronica Automotores Sena. (26 de 01 de 2024). Obtenido de Componentes de una transmisión manual:

<https://tecnologiamecatronicasenaarauca.blogspot.com/2016/07/partes-de-la-transmision-manual.html>

Villar, J., & Rodríguez, J. (2018). *Sistemas de transmisión y frenado*. España: Macmillan.

ANEXOS