



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Powered by Arizona State University

**FACULTAD DE INGENIERÍAS APLICADAS Y
DESARROLLO INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Implementación de una Caja de Cambios Manual Didáctica
Orientado al Estudio y Comprensión de sus Mecanismos
Internos**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Autor: Garaicoa Raffo, Oscar Francisco

Tutor: Castro Mediavilla, Juan José

GUAYAQUIL
2026

Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Yo Juan José Castro Mediavilla, en calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Implementación de una Caja de Cambios Manual Didáctica Orientado al Estudio y Comprensión de sus Mecanismos Internos realizado por Oscar Francisco Garaicoa Raffo ha sido orientado y revisado en todas sus partes y considero que cumple los requisitos establecidos por la institución. En virtud de ello doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Juan José Castro Mediavilla

Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Oscar Francisco Garaicoa Raffo declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.

Autor: Oscar Francisco Garaicoa Raffo

C.I.: 0919562843

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación, en primer lugar, a mi esposa y a mi hijo por su amor, paciencia y apoyo incondicional durante todo este proceso. Su confianza en mí y sus palabras de aliento fueron la motivación que necesitaba para superar cada desafío y continuar avanzando hacia esta meta.

De manera muy especial, dedico este logro a mi querida tía María Mercedes Garaicoa, quien con su ejemplo de esfuerzo, perseverancia y valores ha sido una fuente constante de inspiración en mi vida. Su apoyo, sus consejos y la confianza que siempre depositó en mí fueron fundamentales para alcanzar este objetivo.

A ambas, mi más profundo agradecimiento por acompañarme y guiarme en este camino y por ser parte esencial de este logro, que también les pertenece.

Agradecimiento

Al culminar esta importante etapa de mi formación profesional, expreso mi más profundo agradecimiento a Dios por guiar mis pasos, darme fortaleza en los momentos de dificultad y permitirme alcanzar esta meta.

Mi reconocimiento más sincero es para mi esposa, Karla, quien estuvo a mi lado con su cariño, comprensión y constante respaldo. Su confianza y compañía fueron el impulso que necesité para mantenerme firme hasta concluir este proyecto.

A mi hijo Dexter, por ser una de mis mayores motivaciones y la razón que me impulsa cada día a esforzarme, superarme y seguir construyendo un mejor futuro.

Con especial afecto, agradezco a mi querida tía Tina Garaicoa, por ser un ejemplo de dedicación, honestidad y perseverancia. Sus enseñanzas, palabras de aliento y apoyo incondicional han dejado una huella invaluable en mi vida.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la realización de este proyecto.

Índice de contenido

Carátula	I
Aprobación del Tutor del Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Índice de contenido	VI
Índice de tablas	IX
Índice de figuras	X
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo I	5
Antecedentes	5
1.1 Tema	5
1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema	5
1.2.1 <i>Planteamiento del problema</i>	5
1.2.2 <i>Formulación del problema</i>	6
1.2.3 <i>Sistematización del problema</i>	6
1.3 Objetivos de la investigación	7
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	7
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	7
1.4 Justificación y delimitación de la investigación	7
1.4.1 <i>Justificación teórica</i>	7
1.4.2 <i>Justificación metodológica</i>	8
1.4.3 <i>Justificación práctica</i>	8
1.4.4 <i>Delimitación temporal</i>	8
1.4.5 <i>Delimitación geográfica</i>	8

1.4.6	<i>Delimitación del contenido</i>	8
Capítulo II		10
Marco referencial		10
2.1	Marco teórico.....	10
2.1.1	<i>Evolución histórica de las transmisiones mecánicas</i>	10
2.1.2	<i>Caja de cambios manual</i>	12
2.1.3	<i>Caja manual sincronizada</i>	13
2.1.4	<i>Caja manual no sincronizada</i>	14
2.1.5	<i>Caja manual de tracción delantera (Transaxle)</i>	14
2.1.6	<i>Caja manual de tracción trasera</i>	14
2.1.7	<i>Caja manual secuencial</i>	14
2.1.8	<i>Cuadro comparativo de los principales modelos de cajas manuales</i>	15
2.1.9	<i>Componentes internos de la caja de cambios</i>	16
Capítulo III		24
Metodología.....		24
3.1	Enfoque metodológico	24
3.2	Tipo de investigación aplicada	25
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.4	Procedimiento experimental	27
3.5	Identificación de zonas visibles y componentes internos	29
3.6	Marcado y corte estratégico de la carcasa.....	30
3.7	Verificación de la integridad estructural	32
3.8	Implementación del sistema de soporte y acoplamiento	34
3.9	Montaje de la caja de cambios y del motor eléctrico.....	34
3.10	Alineación del sistema de acoplamiento	34
3.11	Implementación del sistema de propulsión eléctrica	34
3.12	Selección del motor eléctrico.....	35
3.13	Instalación del sistema de transmisión por banda	36

3.14	Pruebas de torque, velocidad y seguridad operativa	37
3.15	Validación funcional del modelo didáctico	38
3.16	Prueba de movimiento de engranajes y ejes	38
3.17	Verificación de selección de marchas	38
Capítulo IV		39
Validación funcional del modelo didáctico		39
4.1	Análisis de la modificación de la carcasa	40
4.2	Análisis del sistema de soporte y montaje	41
4.3	Análisis del sistema de accionamiento eléctrico.....	42
4.4	Resultados de las pruebas funcionales	42
4.5	Aporte del modelo al aprendizaje práctico.....	43
4.6	Limitaciones observadas durante la validación	44
4.7	Síntesis del análisis de resultados	44
4.8	Registro técnico de relaciones de transmisión, velocidad y torque de salida	44
4.9	Análisis de resultados del funcionamiento del banco didáctico de la caja de cambios	48
4.10	Registro de resultados	49
4.11	Análisis de los resultados	49
Conclusiones		51
Recomendaciones		52
Referencias		53

Índice de tablas

Tabla 1 Cuadro comparativo de los principales modelos de cajas manuales	15
Tabla 2 Técnicas de recolección de datos	27
Tabla 3 Fases metodológicas del desarrollo del prototipo	28
Tabla 4 Criterios de prueba para la validación funcional y de seguridad.....	37
Tabla 5 Resultados de la modificación de la carcasa	40
Tabla 6 Matriz de validación funcional del modelo didáctico	43
Tabla 7 Datos iniciales para el cálculo de la relación de transmisión	45
Tabla 8 Registro de dientes por piñón y marcha.....	46
Tabla 9 Resumen de relación de transmisión, RPM de salida y torque de salida	47
Tabla 10 Registro de resultados.....	49

Índice de figuras

Figura 1 Caja de cambios.....	13
Figura 2 Componentes internos de la caja de cambios	16
Figura 3 Estructuras de soporte para equipos didácticos	23
Figura 4 Desmontaje e inspección del conjunto interno de engranajes y ejes.....	26
Figura 5 Secciones de las partes de una caja de cambios.....	29
Figura 6 Posicionamiento inicial de la caja de cambios para revisión	30
Figura 7 Proceso de corte de la carcasa en zona previamente definida	31
Figura 8 Verificación de la zona de corte y acabado de la ventana de inspección	32
Figura 9 Carcasa modificada con ventana lateral para observar el tren de engranajes	33
Figura 10 Vista longitudinal de la carcasa modificada para el modelo didáctico	33
Figura 11 Especificaciones técnicas en la placa del motor eléctrico de 1/3 HP	35
Figura 12 Montaje del eje accionamiento y polea para el sistema de transmisión por banda ..	36
Figura 13 Prototipo ensamblado sobre base metálica con mecanismos internos visibles	39
Figura 14 Vista general del banco didáctico terminado para prácticas de laboratorio.....	41

Resumen

La presente investigación desarrolla un modelo didáctico funcional a partir de la modificación estratégica de una caja de cambios manual longitudinal, con el propósito de facilitar la comprensión de sus mecanismos internos en la formación automotriz. El problema abordado se relaciona con la dificultad de observar directamente el funcionamiento de engranajes, ejes, sincronizadores y mecanismos de selección, debido a que estos elementos operan dentro de una carcasa cerrada. Para resolver esta limitación, se aplicó una metodología técnico-aplicada basada en la identificación de componentes, determinación de zonas de corte, modificación de la carcasa, implementación de una base metálica, montaje del sistema de accionamiento eléctrico y validación funcional del prototipo. Los resultados demostraron que el modelo permite observar de forma segura y controlada el flujo de potencia, el movimiento de los engranajes y la selección de marchas, convirtiéndose en una herramienta útil para vincular la teoría con la práctica en el laboratorio automotriz.

Palabras clave: caja de cambios manual, modelo didáctico, transmisión automotriz.

Abstract

This research develops a functional didactic model through the strategic sectioning of a longitudinal manual gearbox, aimed at improving the understanding of its internal mechanisms in automotive education. The main problem addressed is the difficulty of directly observing gears, shafts, synchronizers, and gear-selection mechanisms, since these components operate inside a closed housing. To overcome this limitation, a technical-applied methodology was used, including component identification, cutting-area definition, housing modification, metal base design, electric drive assembly, and functional validation of the prototype. The results showed that the model allows safe and controlled observation of power flow, gear movement, and gear selection. Therefore, the prototype becomes an effective educational tool for connecting mechanical theory with practical laboratory experience in automotive engineering.

Keywords: manual gearbox, didactic model, automotive transmission.

Introducción

En la formación de ingeniería automotriz, el estudio de los sistemas de transmisión constituye un aspecto fundamental para comprender cómo se transforma y se transmite la potencia generada por el motor hacia las ruedas del vehículo. Dentro de estos sistemas, la caja de cambios manual cumple una función esencial, ya que permite variar la relación entre velocidad y torque de acuerdo con las condiciones de operación del automóvil. Su funcionamiento depende de la acción conjunta de engranajes, ejes, sincronizadores, rodamientos y mecanismos selectores, los cuales permiten seleccionar distintas marchas y adaptar el rendimiento del vehículo a diferentes necesidades de conducción.

Sin embargo, uno de los principales problemas en la enseñanza de este sistema mecánico es la dificultad para observar directamente sus componentes internos durante el funcionamiento. La caja de cambios se encuentra protegida por una carcasa metálica cerrada, cuya finalidad es alojar, proteger y lubricar los elementos internos. Esta característica, aunque necesaria desde el punto de vista técnico, limita el aprendizaje práctico, debido a que impide visualizar el movimiento de los engranajes, el desplazamiento de los sincronizadores y el recorrido del flujo de potencia. Como consecuencia, muchas explicaciones quedan restringidas al uso de esquemas, imágenes, videos o piezas desmontadas que no siempre permiten comprender la dinámica real del sistema.

El presente trabajo se orienta a la modificación de una caja de cambios manual longitudinal mediante el corte estratégico de su carcasa, con el propósito de implementar un modelo didáctico funcional para el estudio y comprensión de sus mecanismos internos. La propuesta busca transformar un componente automotriz convencional en una herramienta educativa que permita visualizar el tren de engranajes, los ejes y los mecanismos de selección de marchas en condiciones controladas. Para ello, el proyecto considera criterios técnicos relacionados con la ubicación de las zonas de corte, la conservación de la integridad estructural, la seguridad del usuario y la funcionalidad del prototipo.

La importancia de esta investigación radica en que contribuye a resolver una dificultad frecuente en el aprendizaje de la mecánica automotriz: la imposibilidad de observar los

mecanismos internos de una transmisión mientras se encuentra en movimiento. Al realizar ventanas de inspección en puntos adecuados de la carcasa, el modelo permite mostrar el funcionamiento interno sin desmontar completamente la caja de cambios ni alterar de manera significativa su configuración mecánica. De esta forma, los estudiantes pueden analizar el comportamiento de los engranajes, la relación entre los ejes y el proceso de selección de marchas de manera directa, visual y segura.

El montaje sobre una base metálica proporciona estabilidad al conjunto, garantiza una posición adecuada para la demostración y favorece el uso del prototipo en actividades académicas dentro del laboratorio.

Esta investigación plantea una alternativa útil para fortalecer el aprendizaje práctico de los sistemas de transmisión automotriz. La construcción de un modelo didáctico modificado permite que los estudiantes comprendan con mayor facilidad conceptos como relación de transmisión, torque, flujo de potencia y sincronización de marchas. Por ello, el proyecto no solo representa una aplicación técnica de conocimientos de ingeniería, sino también un aporte pedagógico para mejorar la enseñanza en el área automotriz, al convertir un componente mecánico complejo en un recurso visual, funcional y accesible para la formación profesional.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema

Implementación de una caja de cambios manual didáctica orientado al estudio y comprensión de sus mecanismos internos.

1.2 Planteamiento, formulación y sistematización del problema

Para los estudiantes de mecánica automotriz entender cómo funciona una caja de cambios manual es clave ya que es la encargada de controlar la fuerza y la velocidad del vehículo mediante el uso de engranajes, ejes y sincronizadores, sin embargo, el gran inconveniente es que todos estos mecanismos operan ocultos dentro de una carcasa de metal cerrada y llena de aceite, esta opacidad genera una barrera física que impide observar en tiempo real cómo se mueven e interactúan entre sí los componentes internos, obligando a que las clases dependan principalmente de dibujos, diagramas o animaciones que, en muchos casos, no logran explicar con suficiente claridad el proceso dinámico (Mosquera, 2009).

En este contexto, surge el problema central de la investigación: ¿cómo un modelo didáctico, basado en cortar estratégicamente la carcasa de una caja de cambios e impulsarla con un motor eléctrico, ayuda a los estudiantes a comprender de forma práctica el paso de la fuerza y los cambios de marcha en el laboratorio?

Para resolver esta pregunta, se necesita organizar el trabajo paso a paso: primero, se planifica dónde hacer los cortes exactos para no dañar las piezas internas; segundo, se adapta un motor eléctrico externo para que todo gire a una velocidad segura; y finalmente, se prueba el prototipo para asegurar que funciona bien como una herramienta de estudio real y fácil de entender.

1.2.1 Planteamiento del problema

En la enseñanza de ingeniería automotriz, el aprendizaje sobre las cajas de cambios manuales es un reto desde su enseñanza pedagógica, que es la invisibilidad de sus partes internas. Puesto que la transmisión se halla rodeada por una carcasa maciza y sellada, el

estudiante no logra ver a los sincronizadores en movimiento, ni a los piñones engranándose o el flujo de potencia a través del sistema en marcha.

Esta barrera técnica limita el proceso de enseñanza a un enfoque principalmente teórico, generando una desconexión entre los conocimientos adquiridos y su aplicación práctica. En la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) hay el vacío de tener un material didáctico que le permita una inspección visual directa. Sin un modelo modificado que simule el movimiento real es difícil entender una relación de engranajes bajo condiciones dinámicas. Entonces el problema es que se carece de una herramienta que permita conjugar un corte estratégico de la estructura con un sistema de accionamiento eléctrico que posibilite de esta manera la enseñanza práctica.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo la implementación de un prototipo didáctico, a partir del corte de la carcasa de una caja de cambios longitudinal y pruebas de funcionamiento, aporta en el aprendizaje del funcionamiento de los engranajes y la selección de marchas?

1.2.3 Sistematización del problema

- ¿Cómo es la composición y funcionamiento de los elementos internos de una caja de cambios manual?
- ¿Qué partes de la transmisión se revelan al modificar el cuerpo para permitir ser vistas sin alterar su configuración mecánica?
- ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de corte y modificación de la carcasa que posibilita una observación adecuada de los mecanismos internos?
- ¿Cómo simular la operación de la caja de cambios bajo condiciones controladas con la inclusión de un motor eléctrico?
- ¿En qué nivel contribuye el modelo desarrollado a facilitar la comprensión del funcionamiento de la caja de cambios manual para el estudiante?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Implementar un modelo didáctico funcional de caja de cambios manual, incorporando un sistema de accionamiento.

1.3.2 Objetivos específicos

- Indagar sobre los diferentes modelos de caja de cambios manuales.
- Ensamblar el banco didáctico de la caja de cambios manual y la alineación coaxial con el motor eléctrico.
- Realizar pruebas de funcionamiento del banco didáctico de la caja de cambios.

1.4 Justificación y delimitación de la investigación

El aprendizaje de las transmisiones manuales enfrenta un desafío pedagógico debido a la complejidad de sus carcasas, lo que limita la enseñanza a diagramas teóricos que no permiten observar la interacción real de piñones y sincronizadores. Este proyecto soluciona dicha limitación, al convertir un cambio longitudinal en un recurso didáctico dinámico, posibilitando que el estudiante visualice físicamente el acoplamiento de las marchas y entienda la cinemática interna en un ambiente controlado.

La combinación de la modificación estratégica con un sistema de accionamiento eléctrico hace que el paso del concepto abstracto a una inspección mecánica directa sea sencillo y potencia la competencia técnica en el diagnóstico de sistemas de transmisión.

La implementación de una base rígida y un motor acoplado para producir revoluciones controladas permite simular de manera segura, repetible y confiable el funcionamiento del conjunto en el laboratorio. La importancia de este estudio está en que es posible aplicar los conceptos de ingeniería para modificar una estructura existente sin poner en riesgo su estabilidad, lo cual es una forma de optimizar los recursos institucionales para la creación de un activo recomendable.

1.4.1 Justificación teórica

La traducción de mecanismos abstractos a experiencias visuales directas es necesaria para comprender cómo se alimenta de potencia un coche. En la ingeniería

automotriz conceptos como la relación de velocidades y sincronización son difíciles de visualizar con gráficos, puesto que tienen lugar dentro de una caja metálica que los encierra.

Con la ayuda de métodos de corte diamante y la integración de un motor eléctrico, el estudiante puede conectar la teoría del funcionamiento de engranajes con la operación real de cada engranaje.

1.4.2 Justificación metodológica

Desde el punto de vista metodológico, la investigación aporta una metodología estructurada para la implementación y validación de un banco didáctico de caja de cambios manual. El proceso comprende la revisión documental, la selección de componentes, la implementación, el ensamblaje, la alineación coaxial entre el motor eléctrico y la transmisión, la ejecución de pruebas experimentales de funcionamiento bajo condiciones controladas.

1.4.3 Justificación práctica

La justificación práctica radica en la necesidad de disponer de recursos didácticos que faciliten el aprendizaje práctico de los sistemas de transmisión manual en los laboratorios de ingeniería automotriz. La construcción del banco didáctico permitirá a estudiantes y docentes observar directamente el funcionamiento interno de la caja de cambios, identificar sus componentes, comprender el proceso de selección de marchas y analizar el comportamiento de los engranajes y sincronizadores durante la transmisión de potencia.

1.4.4 Delimitación temporal

El proyecto se efectúa durante 4 meses, empezando en mayo de 2026 y finalizando en agosto de 2026.

1.4.5 Delimitación geográfica

El proyecto se realiza en la ciudad de Guayaquil Ecuador en el Taller de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador.

1.4.6 Delimitación del contenido

La presente investigación se delimita al estudio e implementación de un banco didáctico para una caja de cambios manual, orientado a fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje en el área de ingeniería automotriz. En el aspecto teórico, el trabajo comprende

la revisión y análisis de los diferentes modelos de cajas de cambios manuales utilizados en vehículos livianos, abordando sus características, componentes principales, principios de funcionamiento, relaciones de transmisión y mecanismos de sincronización.

Capítulo II

Marco referencial

2.1 Marco teórico

La caja de cambios manual es parte esencial de la cadena cinemática de un vehículo y se utiliza para regular la relación entre la velocidad de rotación del motor y el par que se suministra a las ruedas.

Este mecanismo opera por la presencia simultánea de partes móviles como engranajes, ejes y sincronizadores para adecuarse al desempeño que solicita el vehículo en función de su peso y modo de trabajo.

Se basa en el principio de cambio de relaciones de transmisión, cuando la combinación de diferentes pares de piñones hay que multiplicar la potencia para el principio o por la velocidad, y la energía.

Para poder superar esta limitación educativa, el desenvolvimiento de modelos didácticos con la modificación de elementos reales se presenta como una táctica tecnológica que permite la experimentación controlada y la interiorización vocacional en la ingeniería automotriz.

Se realizan cortes estratégicos en la carcasa original se puede mostrar la arquitectura interna de la transmisión sin perder la fidelidad del diseño, permitiendo observar parcialmente el funcionamiento del sistema de sincronización, el acoplamiento y engranaje de las distintas relaciones de transmisión .

Se realizan pruebas con giro a bajas revoluciones, con lo que permite ver con detalle y con seguridad los elementos en plena labor.

2.1.1 Evolución histórica de las transmisiones mecánicas

La transmisión constituye uno de los tantos sistemas fundamentales en el desarrollo de los automóviles, ya que permite adaptar la potencia generada por el motor a las distintas condiciones de operación requeridas durante la conducción.

Desde la aparición de los primeros automóviles a finales del siglo XIX, la necesidad de variar la velocidad y el par motor impulsó el desarrollo de mecanismos capaces de modificar la relación entre las revoluciones del motor y las ruedas motrices.

Los primeros sistemas de transmisión utilizados en la industria automotriz se caracterizaban por emplear mecanismos de correas y poleas que nos permitían realizar cambios básicos en la velocidad de giro.

A inicios del siglo XX comenzaron a implementarse transmisiones basadas en engranajes, las cuales ofrecían una mayor capacidad de carga, mejor durabilidad y una transferencia de potencia más eficiente (Heisler, 2002).

Luego se desarrollaron los engranajes helicoidales, los cuales mejoraron el contacto entre dientes y redujeron significativamente las vibraciones y el ruido durante el funcionamiento (Bosch, 2005).

Durante las décadas de 1920 y 1930 surgieron los primeros sistemas sincronizados, diseñados para emparejar las velocidades de giro entre los engranajes antes de su acoplamiento.

La introducción de sincronizadores permitió realizar cambios de velocidades más confortables, disminuyendo el desgaste prematuro de los componentes y facilitando la conducción.

Esta innovación marcó un punto de inflexión en el diseño de las transmisiones manuales actuales ya que mejoró notablemente la confiabilidad y comodidad de operación del vehículo (Hillier & Coombes, 2004).

Con el avance de la ingeniería automotriz y el incremento de las exigencias de rendimiento y eficiencia energética, las transmisiones experimentaron una constante evolución tecnológica.

Se desarrollaron cajas de cambios con un mayor número de velocidades, materiales de fabricación más resistentes y sistemas de lubricación optimizados (Halderman, 2020).

A pesar del desarrollo de nuevas tecnologías de transmisión, las cajas de cambios manuales continúan siendo ampliamente utilizadas en vehículos comerciales, utilitarios y de

trabajo debido a su simplicidad mecánica, bajo costo de mantenimiento y elevada robustez estructural.

Desde una perspectiva educativa, la comprensión del funcionamiento interno de las transmisiones manuales presenta ciertas dificultades debido a que la mayoría de sus componentes operan dentro de una carcasa cerrada que impide la observación directa de los mecanismos durante el funcionamiento.

Estas herramientas facilitan la integración entre los conocimientos teóricos y la práctica experimental, fortaleciendo el aprendizaje de los sistemas de transmisión automotriz.

El empleo de transmisiones reales adecuadas mediante procesos de modificación constituye una estrategia pedagógica ampliamente utilizada para mejorar la comprensión de fenómenos mecánicos complejos.

2.1.2 Caja de cambios manual

La caja de cambios manual es el componente que permite al conductor elegir la relación entre la velocidad del motor y la fuerza que llega a las ruedas.

Está formada por una carcasa de metal que protege todos los mecanismos internos y contiene aceite para lubricarlos. Su función principal es adaptar el giro del motor a las diferentes necesidades de conducción: más fuerza al arrancar o más velocidad en carretera (Mosquera, 2009).

Como se observa en la figura 1, la caja de cambio longitudinal presenta una carcasa metálica de forma alargada, diseñada para alojar y proteger los componentes internos de la transmisión.

En la parte frontal se aprecia la zona de acoplamiento con el embrague y el motor, mientras que hacia la parte posterior se ubica el cuerpo principal de la caja, donde se encuentran los ejes, engranajes y mecanismos de selección de marchas.

Esta disposición permite comprender que la caja de cambios no solo cumple una función de protección, sino también de soporte estructural, ya que mantiene alineados los elementos internos y permite que la transmisión de potencia se realice de forma estable y eficiente.

Figura 1*Caja de cambios*

Fuente: (Mediateca de EducaMadrid, 2007).

Uno de los principales atributos de las cajas de cambios manuales es su elevada eficiencia mecánica. Debido a que la transferencia de fuerza se lleva a cabo mediante acoplamientos directos de engranajes, las pérdidas energéticas son medianamente bajas en relación con otros sistemas de transmisión.

Se mejora el rendimiento general del vehículo y reducir el consumo de combustible, especialmente en aplicaciones de transporte comercial y vehículos utilitarios, donde se requiere un funcionamiento eficiente, confiable y un adecuado aprovechamiento de la potencia disponible (Halderman, 2020).

2.1.3 Caja manual sincronizada

La caja sincronizada incorpora sincronizadores entre los engranajes para igualar la velocidad de giro antes del acoplamiento de cada marcha.

El sistema elimina la necesidad del doble embrague utilizado en transmisiones antiguas, facilita el cambio de velocidades y reduce el desgaste de los engranajes. Actualmente, prácticamente todas las cajas manuales modernas utilizan este diseño debido a su confiabilidad y facilidad de operación.

2.1.4 Caja manual no sincronizada

Las cajas no sincronizadas fueron ampliamente utilizadas en vehículos pesados y automóviles antiguos. En este diseño, el conductor debe realizar la técnica del doble embrague para igualar manualmente la velocidad de los engranajes antes de efectuar el cambio de marcha. Aunque poseen una construcción robusta y sencilla, requieren mayor habilidad por parte del conductor y actualmente su uso se limita principalmente a ciertas aplicaciones industriales y de transporte pesado.

2.1.5 Caja manual de tracción delantera (Transaxle)

Este modelo integra la caja de cambios y el diferencial en un solo conjunto mecánico, siendo ampliamente utilizado en vehículos con motor delantero transversal y tracción delantera. Su diseño compacto reduce el peso del sistema de transmisión, optimiza el espacio disponible en el compartimiento del motor y mejora la distribución de masas del vehículo (Birch,1994).

2.1.6 Caja manual de tracción trasera

En este diseño la caja de cambios se encuentra separada del diferencial y transmite el movimiento hacia el eje posterior mediante un árbol de transmisión. Es común en camionetas, vehículos utilitarios, deportivos y automóviles de propulsión trasera, donde se requiere una mayor capacidad para transmitir elevados niveles de torque (Erjavec & Ronan,2020).

2.1.7 Caja manual secuencial

La transmisión manual secuencial permite realizar los cambios únicamente en orden ascendente o descendente (1-2-3-4-5 o viceversa), sin posibilidad de seleccionar directamente cualquier marcha. Este sistema es ampliamente utilizado en motocicletas, vehículos de competición y automóviles deportivos debido a la rapidez y precisión en los cambios, lo que mejora el rendimiento dinámico.

2.1.8 Cuadro comparativo de los principales modelos de cajas manuales

El estudio de los diferentes modelos de cajas de cambios manuales permite comprender la evolución tecnológica de los sistemas de transmisión y su influencia en el desempeño, la eficiencia y la aplicación de los vehículos automotores.

Cada tipo de transmisión presenta características particulares en cuanto al número de velocidades, implementación de la estructura, mecanismo de sincronización y disposición de sus componentes, lo que determina su comportamiento en distintas condiciones de operación (Skrickij & Bogdevičius, 2010).

En este contexto, la tabla 1 resume las principales características de los modelos de cajas manuales más utilizados, facilitando la identificación de sus diferencias, ventajas y aplicaciones, y proporcionando una base técnica para la selección de la transmisión empleada en el desarrollo del banco didáctico de esta investigación (Soca, 2022).

Tabla 1

Cuadro comparativo de los principales modelos de cajas manuales

Modelo	Número de velocidades	Aplicación principal	Características
Tres velocidades	3	Vehículos antiguos	Diseño simple y económico.
Cuatro velocidades	4	Vehículos livianos clásicos	Mejor desempeño que la de tres velocidades.
Cinco velocidades	5	Automóviles modernos	Excelente equilibrio entre potencia y economía.
Seis velocidades	6	SUV y vehículos modernos	Mayor eficiencia y menor consumo en carretera.
Siete velocidades	7	Vehículos deportivos	Alto rendimiento y eficiencia energética.
Sincronizada	4 a 7	Vehículos actuales	Cambios suaves gracias a los sincronizadores.
No sincronizada	Variable	Camiones y maquinaria	Requiere doble embrague.
Transaxle	5 o 6	Tracción delantera	Integra transmisión y diferencial.
Tracción trasera	5 o 6	Camionetas y deportivos	Caja independiente del diferencial.
Secuencial	5 a 7	Competición y motocicletas	Cambios rápidos en secuencia.

Nota: Comparación entre los distintos tipos de cajas mecánicas

2.1.9 Componentes internos de la caja de cambios

La caja de cambios de transmisión manual está constituida por un conjunto de elementos mecánicos diseñados para transmitir, transformar y controlar la potencia generada por el motor hacia las ruedas motrices del vehículo.

El correcto funcionamiento de este sistema depende siempre de la interacción coordinada entre diversos componentes internos que permiten modificar las relaciones de transmisión según las condiciones de operación requeridas por el conductor.

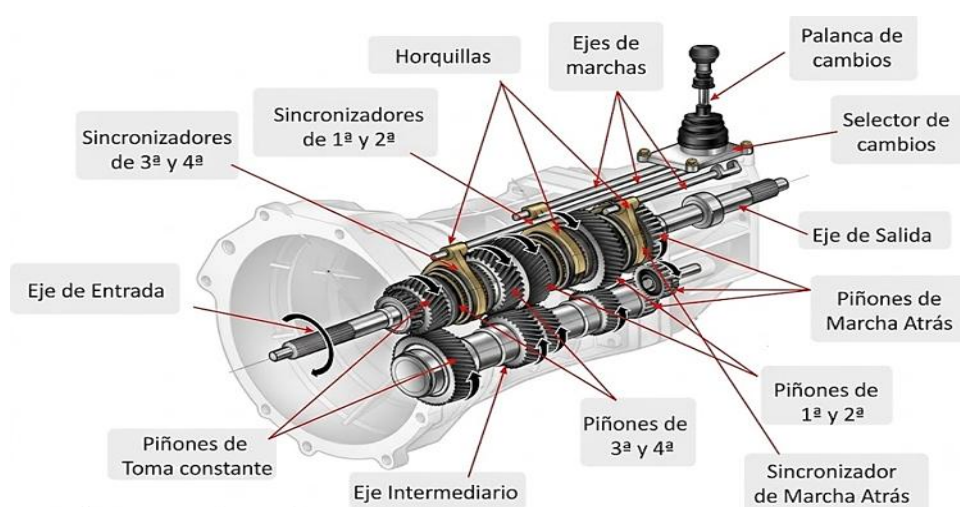
Estos elementos se encuentran alojados dentro de una carcasa metálica que garantiza su protección, lubricación y alineación estructural durante el funcionamiento (Bosch, 2005).

Dentro de la carcasa podemos encontrar el grupo de los engranajes o piñones, los ejes, los sincronizadores, las horquillas selectoras y el mecanismo de accionamiento de la palanca de cambios.

Como se observa en la figura 2, el sistema está conformado por un eje de entrada, el cual está encargado de recibir el movimiento proveniente del motor, y un eje de salida, que se encarga de transmitir la potencia hacia el sistema de tracción.

Figura 2

Componentes internos de la caja de cambios



Fuente: (engineersportwebsites, 2025).

También se puede apreciar los distintos engranajes acoplados entre sí, así como también la varilla y horquilla de cambio, cuya función es desplazar los sincronizadores para seleccionar la marcha correspondiente.

Esta disposición permite comprender cómo los componentes internos trabajan de manera coordinada para modificar la velocidad y el torque antes de enviar la potencia hacia las ruedas del vehículo, garantizando una adecuada transmisión del movimiento y un funcionamiento eficiente del conjunto mecánico durante su operación.

Eje primario; es conocido como eje de entrada es el componente encargado de recibir directamente el movimiento proveniente del motor a través del sistema de embrague. Este eje constituye el punto inicial de transmisión de potencia dentro de la caja de cambios y se encuentra conectado permanentemente al contra eje mediante un engranaje impulsor.

Contraeje o eje intermediario; es el elemento encargado de distribuir la potencia recibida desde el eje primario hacia los diferentes engranajes que conforman las distintas relaciones de transmisión. Sobre este eje se encuentran montados varios piñones que permanecen constantemente engranados con sus correspondientes ruedas dentadas ubicadas en el eje secundario.

La principal función del contra eje consiste en transferir el movimiento mecánico a los diferentes conjuntos de engranajes disponibles dentro de la transmisión. Dependiendo de la marcha seleccionada, la potencia seguirá una trayectoria específica a través de los distintos pares de engranajes, generando variaciones en la velocidad y el torque transmitidos al eje de salida (Hillier & Coombes, 2004).

Eje secundario; es también conocido como eje de salida, recibe el movimiento procedente de los diferentes conjuntos de engranajes y lo transmite hacia el árbol de transmisión o directamente al diferencial, dependiendo de la configuración del vehículo.

Sobre este eje se encuentran instalados los sincronizadores y algunos engranajes que giran libremente hasta ser seleccionados mediante el mecanismo de cambio. La velocidad de rotación del eje secundario varía según la relación de transmisión seleccionada, siendo este

componente el responsable final de entregar la potencia transformada hacia el sistema de tracción (Halderman, 2020).

Engranajes; constituyen los elementos mecánicos responsables de transmitir el movimiento rotacional entre los diferentes ejes de la transmisión. Están formados por ruedas dentadas diseñadas para mantener un contacto continuo y preciso durante el funcionamiento. Las vibraciones y las condiciones inadecuadas de contacto entre los engranajes pueden favorecer la aparición de daños y fracturas en sus dientes (Padilla et al., 2024).

La combinación entre engranajes de distintos diámetros permite modificar la relación de transmisión. Cuando un engranaje pequeño impulsa uno de mayor tamaño se produce una reducción de velocidad y un aumento del torque. Por el contrario, cuando un engranaje de mayor diámetro impulsa uno más pequeño, se incrementa la velocidad de salida mientras disminuye el torque disponible (Gómez & Torres ,2019).

Sincronizadores; son dispositivos mecánicos diseñados para igualar las velocidades de rotación entre el eje y el engranaje antes de realizar el acoplamiento de una marcha. Su función principal consiste en evitar impactos entre los dientes de los engranajes durante los cambios de velocidad.

Horquillas selectoras; son piezas encargadas de desplazar axialmente los sincronizadores durante el proceso de selección de marchas. Su movimiento es controlado por la palanca de cambios mediante un conjunto de varillas o mecanismos selectores.

Cuando el conductor selecciona una velocidad, la horquilla correspondiente desplaza el sincronizador hacia el engranaje deseado, permitiendo el establecimiento de la unión mecánica necesaria para transmitir la potencia a través de la relación seleccionada.

Rodamientos; tienen la función de soportar los ejes de la transmisión y permitir su giro con el mínimo nivel posible de fricción. Además de facilitar el movimiento rotacional, estos componentes absorben cargas radiales y axiales generadas durante la transmisión de potencia.

Carcasa de la transmisión; es la estructura principal de la caja de cambios. Su función es alojar y proteger todos los componentes internos, mantener la alineación de los ejes y conservar el lubricante necesario para el correcto funcionamiento del sistema.

2.1.10 Funcionamiento de la caja de cambio manual

El funcionamiento de una caja de cambios manual se basa en la transmisión controlada de potencia desde el motor hacia las ruedas motrices mediante diferentes relaciones de transmisión. Su objetivo principal es adaptar el torque y la velocidad de giro a las condiciones de operación del vehículo, permitiendo obtener la fuerza necesaria para el arranque, la aceleración o el desplazamiento a velocidades elevadas con un adecuado aprovechamiento de la potencia disponible (Bosch, 2005).

El funcionamiento de la transmisión manual depende de la interacción entre los ejes, engranajes y mecanismos de sincronización, los cuales permiten establecer diferentes relaciones de transmisión. El movimiento recibido por el eje primario se transfiere mediante los conjuntos de engranajes hacia el eje de salida, modificando la velocidad de giro y el torque de acuerdo con la marcha seleccionada (Romero, 2015).

El movimiento se origina en el motor de combustión interna y es transmitido al sistema de embrague a través del cigüeñal. Cuando el embrague se encuentra acoplado, el giro es transferido al eje primario de la transmisión, el cual constituye el punto de entrada de potencia dentro de la caja de cambios. A partir de este momento, el movimiento se distribuye hacia el contra eje mediante un engranaje impulsor que permanece permanentemente engranado con el sistema de transmisión interno (Heisler, 2002).

Una vez que el movimiento alcanza el contra eje, este transmite la potencia a los diferentes conjuntos de engranajes disponibles dentro de la transmisión. Cada par de engranajes está diseñado para proporcionar una relación de transmisión específica, permitiendo modificar la velocidad y el torque entregados al eje secundario. Aunque todos los engranajes permanecen en contacto permanente, únicamente transmite potencia aquel que ha sido seleccionado mediante el mecanismo de sincronización correspondiente (Hillier & Coombes, 2004).

La selección de una marcha se realiza mediante la palanca de cambios, la cual acciona un conjunto de varillas y horquillas selectoras (Halderman, 2020).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Relación de transmisión y desmultiplicación

La relación de engranaje es la velocidad de entrada dividido entre la velocidad de salida de la caja de cambios. Cuando un piñón pequeño mueve uno más grande (desmultiplicación), se reduce la velocidad, pero se gana mucho torque, lo que permite arrancar el vehículo con facilidad. Este concepto es clave para lograr entender por qué cada marcha tiene delimitado un propósito diferente (Mosquera, 2009).

En una transmisión manual, la relación de transmisión determina la cantidad de vueltas que debe realizar el eje de entrada para producir una vuelta completa en el eje de salida. Este principio permite obtener diferentes combinaciones de velocidad y torque mediante la selección de distintos pares de engranajes, optimizando el desempeño del vehículo según las necesidades de conducción (Bosch, 2005).

La relación de transmisión puede determinarse mediante la relación entre las velocidades de rotación de los engranajes:

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Donde:

- i = relación de transmisión.
- n_1 = velocidad angular del eje o engranaje conductor (rpm).
- n_2 = velocidad angular del eje o engranaje conducido (rpm).

Asimismo, la relación de transmisión puede calcularse a partir del número de dientes de los engranajes involucrados (Budynas & Nisbett, 2019):

$$i = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Donde:

- Z_1 = número de dientes del engranaje conductor.

- Z_2 = número de dientes del engranaje conducido.

La velocidad de salida puede determinarse mediante:

$$n_2 = \frac{n_1}{i}$$

2.2.2 Torque y flujo de potencia

Torque es la fuerza de rotación que genera un motor. El flujo de potencia es el flujo que parte desde el eje de entrada, a través de todos los engranajes, sincronizadores, etc. En función de la marcha que este seleccionada, se transforma el caudal y se modifica la potencia que se transmite a las ruedas (Galarza & Nacipucha, 2023). El torque de salida puede determinarse a partir del torque de entrada y la relación de transmisión (Mott et al., 2018):

La fórmula para el correcto cálculo de torque es:

$$T_2 = T_1 \times i$$

Donde:

- T_1 = torque de entrada.
- T_2 = torque de salida.
- i = relación de transmisión.

2.2.3 Sincronización de marchas

La sincronización es el proceso que iguala las revoluciones del eje y el piñón antes de acoplar la marcha. Gracias a los sincronizadores (que usan fricción), el cambio se hace suave, sin ruidos ni golpes. Esto protege los engranajes y hace más cómoda la conducción (Arciniega & Villarreal, 2017).

2.2.4 Bancos didácticos automotrices

Los bancos didácticos automotrices son herramientas de enseñanza diseñadas para facilitar el estudio y la comprensión de los diferentes sistemas que conforman un vehículo mediante la observación, manipulación y análisis de componentes reales o adaptados para fines educativos (Mosquera, 2009).

Estos equipos permiten reproducir condiciones de funcionamiento similares a las encontradas en aplicaciones automotrices reales, proporcionando a los estudiantes una experiencia práctica que complementa los conocimientos teóricos adquiridos en el aula (Pérez & Molina, 2021).

En el ámbito de la formación técnica y universitaria, los bancos didácticos constituyen recursos fundamentales para el desarrollo de competencias relacionadas con el diagnóstico, mantenimiento y análisis de sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Su principal característica consiste en facilitar el acceso visual a componentes que normalmente se encuentran ocultos dentro de conjuntos cerrados, permitiendo observar su funcionamiento de manera segura y controlada (Andrade & Paredes, 2022).

2.2.5 Implementación de estructuras de soporte para equipos didácticos

Constituyen elementos fundamentales en la construcción de bancos didácticos, ya que proporcionan estabilidad, seguridad y condiciones adecuadas para la operación de los componentes mecánicos. Se debe garantizar la correcta sujeción de los equipos, evitando desplazamientos, vibraciones excesivas y desalineaciones que puedan afectar el funcionamiento del sistema (Torres et al., 2022).

En aplicaciones automotrices, las bases de soporte suelen fabricarse utilizando perfiles metálicos debido a su elevada resistencia mecánica, facilidad de fabricación y capacidad para soportar cargas estáticas y dinámicas.

Además de sostener los componentes principales, estas estructuras facilitan el montaje de motores eléctricos, sistemas de transmisión y elementos de protección requeridos para la operación segura del banco didáctico, ver figura 3.

Figura 3

Estructuras de soporte para equipos didácticos



Fuente: (Chileautos, 2020).

Otro aspecto importante durante la implementación de una estructura de soporte es la alineación de los componentes mecánicos.

Cuando dos elementos rotativos trabajan acoplados, resulta indispensable mantener una adecuada coaxialidad entre sus ejes para evitar vibraciones, pérdidas de potencia y desgaste prematuro de los componentes.

2.2.6 Criterios de seguridad y observación en prototipos educativos

Durante la elaboración del prototipo para la clase se tendrán en cuenta las siguientes precauciones de seguridad motor de baja velocidad protección con mascarilla, buena alineación, restricción en el número de giros para observar sin prisa y sin peligro para los estudiantes de esta forma se garantiza que el prototipo sea una herramienta efectiva y segura en el laboratorio (Galarza & Nacipucha, 2023).

Capítulo III

Metodología

El presente trabajo de integración curricular se desarrolla con un enfoque técnico aplicado, debido a que parte de una necesidad concreta del laboratorio automotriz: transformar una caja de cambios manual longitudinal en un modelo didáctico funcional que permita observar sus mecanismos internos. El trabajo no se orienta a medir una población ni a comprobar una hipótesis estadística, sino a implementar, montar y validar un prototipo real para apoyar el aprendizaje práctico de los estudiantes de Ingeniería Automotriz.

La metodología se estructura desde una lógica descriptiva, constructiva y experimental de taller.

Primero se reconocieron los componentes de la transmisión; luego se definieron las zonas de corte, evitando comprometer apoyos, rodamientos y puntos de fijación; posteriormente se adaptó una base metálica para soportar la caja y se integró un sistema de accionamiento eléctrico mediante poleas y banda. Finalmente, se verificó el movimiento de los engranajes.

Se desarrolla bajo un enfoque mixto con predominio cualitativo, debido a que integra la recopilación y análisis de información técnica relacionada con los diferentes tipos de cajas de cambios manuales, así como la evaluación experimental del funcionamiento del banco didáctico construido.

El componente cualitativo permite describir las características de funcionamiento y aplicaciones de las transmisiones manuales, mientras que el componente cuantitativo permitió registrar variables operativas durante las pruebas experimentales, tales como velocidad de rotación, estabilidad del sistema, transmisión del movimiento y comportamiento mecánico del conjunto.

3.1 Enfoque metodológico

La investigación es de tipo aplicada, porque utiliza conocimientos de mecánica automotriz, implementación de la transmisión de movimiento para resolver un problema pedagógico específico.

También posee un alcance descriptivo, ya que documenta el proceso de modificación de la carcasa, la identificación de los componentes internos y la evaluación funcional del prototipo obtenido. En ese sentido, la finalidad principal es entregar un recurso didáctico que permita comprender visualmente el funcionamiento de una caja de cambios manual.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto se aproxima a una investigación de desarrollo tecnológico, pues integra procedimientos de diagnóstico, montaje y prueba.

Esta orientación resulta coherente con la construcción de bancos didácticos automotrices, los cuales permiten relacionar la teoría de transmisión de potencia con la observación directa de elementos reales en funcionamiento (Pérez & Molina, 2021).

3.2 Tipo de investigación aplicada

La implementación del sistema se basó en la reutilización de una caja de cambios manual longitudinal, como se puede observar en la figura 4, seleccionada por su configuración convencional, disponibilidad y facilidad de adaptación para fines didácticos, ya que este tipo de transmisión conserva una disposición interna que facilita la visualización y comprensión del funcionamiento de sus componentes.

A la caja de cambios se le realizan cortes estratégicos en la carcasa para exponer el tren de engranajes, los ejes y los mecanismos de selección, procurando mantener la integridad estructural del conjunto durante el proceso de modificación.

El criterio principal para la implementación fue conservar la configuración mecánica original de la transmisión, de manera que el modelo mantenga fidelidad respecto a un conjunto automotriz real y, al mismo tiempo, pueda ser observado de forma segura durante las prácticas.

Además, se buscó que los elementos internos permanecieran correctamente alineados para evitar alteraciones en el movimiento de los ejes y engranajes durante las demostraciones.

Esto permite identificar visualmente la interacción entre sus componentes internos durante el proceso de funcionamiento y transmisión del movimiento, facilitando el aprendizaje

práctico y la comprensión del principio de funcionamiento de una caja de cambios manual por parte de los estudiantes.

Figura 4

Desmontaje e inspección del conjunto interno de engranajes y ejes



Fuente: (gpemsac.com. 2026).

El método analítico permite estudiar individualmente los componentes de la caja de cambios:

- Eje primario
- Eje secundario
- Contraeje
- Piñones
- Sincronizadores
- Horquillas
- Selectores
- Rodamientos
- Carcasa

Posteriormente, mediante el método sintético, se integran todos los elementos para construir un banco didáctico funcional que reproduzca el comportamiento real de una transmisión manual.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El análisis de las técnicas usadas se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Técnicas de recolección de datos

Objetivo específico	Técnica	Instrumento
Indagar los diferentes modelos de cajas manuales	Revisión documental	Ficha bibliográfica
Ensamblar el banco didáctico	Observación directa	Lista de chequeo
Evaluar el funcionamiento	Experimentación	Hoja de registro de pruebas

Nota. Esta tabla se observa cuáles son las técnicas de recolección de datos.

3.4 Procedimiento experimental

La investigación se desarrolla en varias fases sucesivas para mantener control técnico sobre la modificación de la caja, y así evitar daños en componentes funcionales para así poder asegurar que el resultado final responda a la finalidad didáctica del proyecto.

La modificación de la caja de cambios constituye la etapa más delicada del proyecto, debido a que el corte debía permitir la observación de los mecanismos internos sin afectar la geometría funcional del conjunto.

Para ello se trabaja de forma progresiva, empezando por la revisión visual de la transmisión y culminando con el acabado de las ventanas laterales de inspección.

La tabla 3 resume la secuencia metodológica aplicada durante todo el proyecto.

Tabla 3*Fases metodológicas del desarrollo del prototipo*

Fase	Actividad principal	Criterio técnico	Producto obtenido
1. Diagnóstico	Inspección inicial de la caja de cambios y reconocimiento de sus componentes.	Identificar ejes, engranajes, sincronizadores y zonas de apoyo.	Componentes internos reconocidos y documentados.
2. Planificación del corte	Definición de ventanas de observación sobre la carcasa.	Evitar cortes en alojamientos de rodamientos y puntos estructurales críticos.	Zonas de corte marcadas.
3. Modificación	Corte de la carcasa con herramienta abrasiva y acabado de bordes.	Mantener la integridad de los mecanismos internos.	Carcasa abierta y segura para observación.
4. Montaje	Fijación de la caja sobre base metálica e instalación del sistema de accionamiento.	Garantizar estabilidad, alineación y sujeción del conjunto.	Banco didáctico ensamblado.
5. Validación	Pruebas de giro, selección de marchas y revisión de seguridad.	Comprobar movimiento visible y operación controlada.	Modelo didáctico funcional.

Nota. Fases metodológicas desarrolladas para el diagnóstico, corte, montaje y validación del modelo didáctico de caja de cambios manual.

La inspección inicial permite reconocer el estado general de la caja de cambios, ubicar sus ejes principales y verificar la disposición de los engranajes.

Esta revisión es necesaria para diferenciar las zonas que podían abrirse con fines didácticos de aquellas que debían conservarse intactas por cumplir una función estructural o de soporte.

En esta etapa también se retiran residuos, se revisa la accesibilidad de los mecanismos y se identifican posibles interferencias durante el montaje posterior.

El conjunto interno permite identificar la secuencia de engranajes y la posición de los ejes, información que orienta la selección de los puntos de corte.

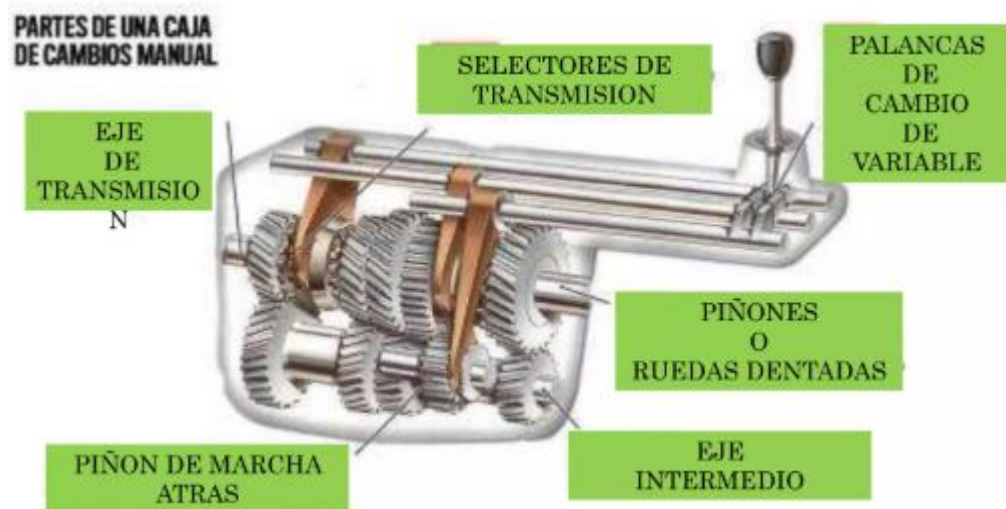
La inspección evita realizar aperturas improvisadas y permite priorizar las áreas donde la visualización aportaría mayor valor pedagógico.

Se debe incluir cortes funcionales y se pueden añadir cortes que muestren el movimiento de selección de marchas y el desplazamiento de las palancas internas.

Para cajas manuales, ver figura 5, incluir cortes que muestren la relación entre la palanca y los cambios de velocidad.

Figura 5

Secciones de las partes de una caja de cambios



Fuente: (es.slideshare.net, 2025).

3.5 Identificación de zonas visibles y componentes internos

La modificación de componentes automotrices requiere una planificación previa de las actividades de fabricación, considerando las características del elemento y el resultado que se desea obtener. En este proceso, operaciones como la medición, el corte, el acondicionamiento y el ensamblaje deben desarrollarse de forma secuencial para mantener la funcionalidad del componente intervenido. Este procedimiento guarda relación con lo planteado por Castro Mediavilla (2016), quien desarrolló procesos de diseño, fabricación y montaje durante la modificación de un componente automotriz.

Luego de la inspección, como se observa en la figura 6, se seleccionan las zonas de observación considerando tres criterios: visibilidad de engranajes y sincronizadores, conservación de los apoyos de los ejes y seguridad del usuario durante la demostración (Ramírez, 2012).

La finalidad fue generar ventanas suficientemente amplias para observar el flujo de movimiento, pero sin retirar material en puntos que puedan producir deformación, vibración o pérdida de alineación.

Las zonas visibles se definen principalmente en los laterales de la carcasa, donde el corte permite observar el tren de engranajes sin interferir con los alojamientos de rodamientos.

De esta manera, el prototipo conserva la disposición original de la transmisión y se convierte en una herramienta de observación directa, similar a los modelos modificados empleados en laboratorios de formación técnica.

Figura 6

Posicionamiento inicial de la caja de cambios para revisión



3.6 Marcado y corte estratégico de la carcasa

El marcado se realiza sobre la carcasa con base en las áreas previamente identificadas durante la etapa de planificación del prototipo. Para ello, se utilizan herramientas de trazado que permitieron definir con precisión las líneas de corte y garantizar una adecuada ubicación de las ventanas de observación.

Durante esta actividad se delimita el perímetro de cada ventana de inspección, cuidando que el trazo no invada nervaduras, soportes ni zonas de fijación, ya que estos elementos cumplen una función importante en la resistencia mecánica y estabilidad de la carcasa.

Luego se procede al corte con herramienta abrasiva, manteniendo un avance controlado para evitar sobrecalentamiento y daños en los componentes internos, reduciendo además el riesgo de deformaciones ocasionadas por un exceso de temperatura durante el proceso.

La figura 7 evidencia el proceso de corte de la carcasa. En esta fase se aplican medidas de seguridad propias del trabajo de taller, tales como protección ocular, guantes, sujeción firme de la pieza y control de la dirección de corte, con el propósito de proteger al operador y garantizar un procedimiento seguro durante toda la intervención.

Una vez retirado el material, se eliminaron rebabas y filos cortantes para reducir riesgos durante la manipulación didáctica, como se observa en la figura 8.

Finalmente, se verifica que las superficies intervenidas presenten un acabado uniforme y que las ventanas de inspección permitan una adecuada visualización de los mecanismos internos sin comprometer la funcionalidad del conjunto.

Figura 7

Proceso de corte de la carcasa en zona previamente definida



Figura 8

Verificación de la zona de corte y acabado de la ventana de inspección



3.7 Verificación de la integridad estructural

Después del corte se verifica que los apoyos de los ejes, alojamientos de rodamientos y puntos de fijación permanecieran funcionales. Esta comprobación es fundamental porque una abertura excesiva en la carcasa podría generar desalineación, vibración o pérdida de estabilidad durante el giro.

La inspección se realiza mediante observación directa, revisión de bordes y comprobación de que los mecanismos mantuvieran libertad de movimiento.

La verificación permite confirmar que las ventanas de observación exponen las partes necesarias para fines académicos sin desconfigurar la relación entre los componentes internos.

Como se observa en las figuras 9 y 10, la carcasa presenta cortes laterales amplios que permiten visualizar el interior de la transmisión, conservando al mismo tiempo zonas importantes de soporte, nervaduras y puntos de fijación.

En la figura 9 se aprecia la ventana lateral destinada a observar el tren de engranajes, mientras que en la figura 10 se muestra la vista longitudinal de la carcasa modificada, donde se evidencia que la modificación mantiene la forma general del conjunto.

Por ello, el corte realizado cumple su finalidad principal: mostrar el funcionamiento interno de la transmisión sin comprometer la estructura básica de la caja de cambios.

Figura 9

Carcasa modificada con ventana lateral para observar el tren de engranajes



Figura 10

Vista longitudinal de la carcasa modificada para el modelo didáctico



3.8 Implementación del sistema de soporte y acoplamiento

La caja de cambios se montó sobre una estructura metálica implementada para soportar el peso del conjunto, facilitar su desplazamiento y mantener los componentes en una posición segura de observación. La implementación de la base debía cumplir dos condiciones principales: estabilidad durante el funcionamiento y accesibilidad visual para que los estudiantes puedan observar la interacción de los mecanismos internos.

3.9 Montaje de la caja de cambios y del motor eléctrico

El montaje de la transmisión se realiza mediante puntos de sujeción que aprovechan zonas resistentes de la carcasa.

La ubicación del motor eléctrico se define considerando el alineamiento con el eje de entrada y el espacio disponible para instalar el sistema de poleas y banda. Esta configuración permite accionar la caja sin necesidad de acoplarla a un motor de combustión, lo que mejora la seguridad del banco didáctico y facilita su operación en interiores.

Para accionar el modelo didáctico se selecciona un motor eléctrico monofásico WEG de 1/3 HP (0,25 kW), con una velocidad nominal de 1740 rpm, frecuencia de 60 Hz y posibilidad de funcionamiento con alimentación de 110 o 220 V.

3.10 Alineación del sistema de acoplamiento

La alineación del sistema de acoplamiento se verificó observando la relación entre la polea motriz, la banda y el eje de entrada de la transmisión. Una alineación adecuada evita que la banda trabaje forzada, reduce vibraciones y favorece una transmisión de movimiento estable. Por esta razón, el montaje se ajustó hasta lograr que el giro se realice de manera uniforme y que la caja permanezca firme sobre la base.

3.11 Implementación del sistema de propulsión eléctrica

La propulsión eléctrica se incorpora para simular el movimiento de entrada de la caja de cambios bajo condiciones controladas. Esta decisión responde a la finalidad didáctica del prototipo, ya que permite observar el funcionamiento interno con menor nivel de ruido, menor riesgo térmico y mayor control operativo que un motor de combustión interna.

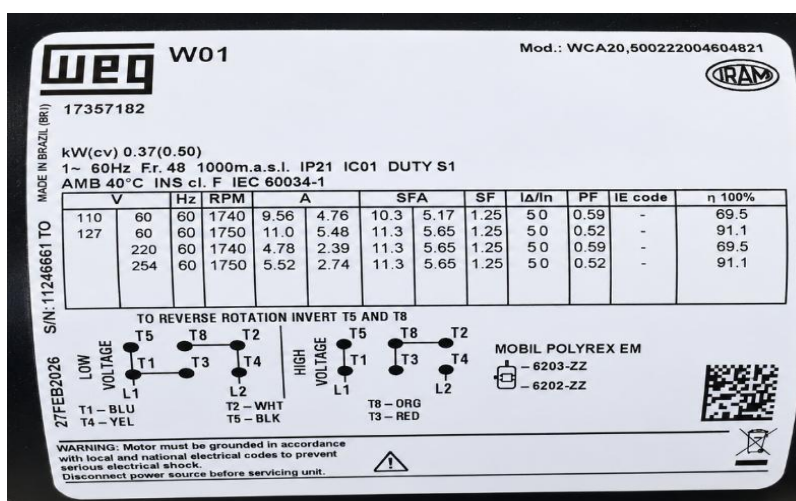
3.12 Selección del motor eléctrico

Para la motorización del modelo didáctico de la caja de cambios manual, se determina la necesidad de un actuador que proporcione un torque adecuado a bajas revoluciones, permitiendo un movimiento seguro, constante y perceptible de los componentes internos como engranajes, ejes y conjuntos sincronizadores.

Como se ilustra en la figura 11, se selecciona un motor eléctrico de inducción de la marca WEG de 3/4 HP (0,75 kW), con una velocidad nominal de 1750 rpm, frecuencia de 60 Hz y posibilidad de funcionamiento con alimentación de 110 o 220 V. En dicha imagen se aprecia tanto la estructura externa del motor que evidencia un conjunto robusto y compacto ideal para su montaje en el bastidor de la maqueta como su placa de características técnicas.

Figura 11

Especificaciones técnicas en la placa del motor eléctrico de 1/3 HP



El motor WEG se selecciona por su versatilidad de voltaje y excelente balance de torque a 1740 rpm, permitiendo que la caja de cambios de 5 velocidades reciba una velocidad de entrada estable y la transforme en un rango operativo variable desde 500 rpm hasta más de 2100 rpm según la marcha seleccionada (WEG, 2026).

Su potencia resulta adecuada para generar el movimiento de los ejes, engranajes y sincronizadores de la caja de cambios sin someter el conjunto a las cargas elevadas presentes durante el funcionamiento real de un vehículo. En esta placa se detallan las especificaciones críticas de operación del componente, destacando una potencia nominal de

3/4 HP (0.75 kW), el régimen de revoluciones por minuto (RPM) y los requerimientos de voltaje para su alimentación.

La inclusión de este elemento gráfico permite verificar que el motor seleccionado cumple para realizar el acople de forma efectiva al eje primario de la transmisión, garantizando un funcionamiento continuo y seguro en un entorno de aprendizaje de laboratorio.

3.13 Instalación del sistema de transmisión por banda

El sistema de transmisión por banda se instaló como medio de acoplamiento entre el motor eléctrico y el eje de entrada de la caja de cambios. Este mecanismo permite transferir el giro de manera suave y controlada, reduciendo esfuerzos bruscos sobre los componentes internos (Barros et al., 2018).

Como se observa en la figura 12, el montaje incorpora una polea acoplada al eje de accionamiento y una banda conectada al sistema motriz, lo que permite transmitir el movimiento hacia la transmisión sin necesidad de utilizar un motor de combustión interna.

Figura 12

Montaje del eje de accionamiento y polea para el sistema de transmisión por banda



Además, esta configuración ofrece una condición adicional de seguridad, ya que ante una sobrecarga la banda puede deslizarse antes de transmitir esfuerzos excesivos al conjunto mecánico por banda.

3.14 Pruebas de torque, velocidad y seguridad operativa

Las pruebas se realizan de manera funcional, de acuerdo con la naturaleza didáctica del proyecto tabla 4.

Se verifica que el motor genere el movimiento necesario para accionar el eje de entrada, que el sistema por banda transmita el giro sin vibraciones excesivas y que la velocidad de funcionamiento permita observar los componentes con claridad.

No se busca reproducir cargas reales de conducción, sino asegurar una operación segura y repetible para demostraciones académicas.

Tabla 4

Criterios de prueba para la validación funcional y de seguridad

Criterio de prueba	Procedimiento aplicado	Condición aceptable
Movimiento inicial	Accionar el motor y observar la rotación del eje de entrada.	Giro continuo, sin bloqueo ni ruido anormal.
Transmisión por banda	Verificar tensión, alineación y estabilidad de la banda.	Banda centrada, sin deslizamiento excesivo.
Selección de marchas	Mover la palanca y observar el desplazamiento del mecanismo selector.	Acoplamiento visible y desplazamiento controlado.
Estabilidad estructural	Observar vibraciones de la base durante el funcionamiento.	Estructura firme y sin desplazamientos.
Seguridad del usuario	Revisar bordes, distancia de observación y partes móviles expuestas.	Bordes suavizados y operación supervisada.

Nota. Criterios de prueba empleados para verificar el funcionamiento, estabilidad y seguridad operativa del modelo didáctico.

3.15 Validación funcional del modelo didáctico

La validación funcional se centra en comprobar que el modelo pueda cumplir su finalidad educativa: permitir la observación directa del movimiento interno de una caja de cambios manual. Para ello se revisaron el giro de engranajes y ejes, la respuesta del sistema de selección de marchas y la estabilidad general del conjunto durante su accionamiento.

3.16 Prueba de movimiento de engranajes y ejes

Durante la prueba de movimiento se acciona el sistema eléctrico y se observa la rotación de los ejes y engranajes expuestos. La modificación de la carcasa permite identificar cómo el movimiento ingresa por el eje de entrada, se distribuye hacia el tren de engranajes y se transmite hacia el eje de salida.

Esta observación constituye el principal aporte didáctico del prototipo, ya que facilita la comprensión de un fenómeno que normalmente permanece oculto dentro de la transmisión.

3.17 Verificación de selección de marchas

La verificación de marchas se realiza mediante el accionamiento del mecanismo selector, observando el desplazamiento de los elementos internos asociados al cambio de velocidad.

El objetivo fue comprobar que la transmisión conserve la posibilidad de mostrar el acoplamiento de diferentes relaciones, aunque el prototipo no esté sometido a carga vehicular real. Esta prueba permite demostrar la interacción entre palanca, horquillas, sincronizadores y engranajes.

Capítulo IV

Validación funcional del modelo didáctico

El resultado principal del proyecto fue la obtención de un banco didáctico funcional basado en una caja de cambios manual longitudinal modificada. El prototipo permite observar los mecanismos internos de la transmisión en una condición controlada de laboratorio, con lo cual se supera la limitación pedagógica que genera la carcasa cerrada en una caja de cambios convencional.

El modelo integra tres resultados técnicos relevantes: la apertura estratégica de la carcasa, el montaje sobre una base metálica estable y la incorporación de un sistema de accionamiento eléctrico mediante banda. Como se observa en la figura 13, el prototipo se encuentra ensamblado sobre una estructura metálica que sostiene la caja de cambios y permite visualizar los mecanismos internos a través de la ventana realizada en la carcasa.

En la imagen se aprecian los engranajes expuestos, el sistema de soporte y la disposición general del banco didáctico, lo cual demuestra que la transmisión conserva su estructura básica y, al mismo tiempo, puede ser utilizada como recurso de demostración para explicar el flujo de potencia, la acción de los engranajes y la selección de marchas.

Figura 13

Prototipo ensamblado sobre base metálica con mecanismos internos visible



4.1 Análisis de la modificación de la carcasa

La modificación de la carcasa cumple el propósito de exponer los componentes internos sin desarmar totalmente la transmisión. Las ventanas laterales permiten observar engranajes, ejes y zonas de sincronización, manteniendo visibles las relaciones mecánicas que intervienen en el cambio de velocidades.

Este resultado es importante porque transforma una pieza cerrada en un recurso explicativo, sin sustituirla por un esquema simplificado o por una maqueta ajena al modelo real.

El corte realizado respeta las zonas de apoyo y las áreas donde se alojan rodamientos o puntos de fijación. Por ello, no se evidencia pérdida de alineación general ni deformación visible que impida el giro del conjunto.

La modificación logra un equilibrio entre apertura visual y conservación estructural, criterio indispensable en modelos didácticos modificados como se detalla en la tabla 5.

Tabla 5

Resultados de la modificación de la carcasa

Aspecto evaluado	Resultado observado	Interpretación técnica
Visibilidad interna	Se observaron engranajes, ejes y zonas de selección.	El corte mejora la comprensión visual de la transmisión.
Conservación de apoyos	Se mantuvieron puntos estructurales principales.	La caja conserva condiciones básicas de alineación.
Acabado de bordes	Se retiraron rebabas y zonas cortantes.	La manipulación didáctica es más segura.
Utilidad pedagógica	El mecanismo puede explicarse con apoyo visual real.	El modelo conecta teoría y práctica de laboratorio.

Nota. Resultados obtenidos tras evaluar la visibilidad, conservación estructural, acabado y utilidad pedagógica del modelo didáctico.

4.2 Análisis del sistema de soporte y montaje

La base metálica permite sostener la caja de cambios en una posición adecuada para su observación. La estructura ofrece estabilidad durante el montaje y facilita que el prototipo pueda manipularse en el laboratorio sin apoyar la transmisión directamente sobre superficies inestables. Este resultado aporta seguridad, orden y facilidad de uso durante las prácticas.

El montaje de la caja sobre la estructura también favorece la explicación técnica, porque los componentes internos quedan a una altura visible y con acceso lateral.

Como se observa en la figura 14, el banco didáctico terminado presenta una base metálica de color azul, construida con perfiles que brindan soporte y estabilidad al conjunto.

En la parte superior se encuentra instalada la caja de cambios modificada, lo que permite observar las ventanas de inspección y los mecanismos internos sin colocar la transmisión directamente sobre el suelo.

Figura 14

Vista general del banco didáctico terminado para prácticas de laboratorio



Además, la disposición del motor eléctrico y del sistema por banda permite accionar el conjunto sin interferir con las zonas visibles, por lo que la base cumple una doble función: soporte mecánico seguro y recurso de organización didáctica para las prácticas de laboratorio.

4.3 Análisis del sistema de accionamiento eléctrico

La incorporación de un motor eléctrico permite generar el movimiento necesario para accionar el eje de entrada de la transmisión.

El acoplamiento por banda resulta adecuado para una aplicación didáctica porque transmite el giro de forma sencilla, facilita ajustes de alineación y reduce la rigidez del enlace mecánico entre motor y caja.

Esta configuración disminuye la posibilidad de aplicar esfuerzos bruscos sobre los engranajes durante las demostraciones.

Durante la prueba funcional, el sistema permite observar el movimiento de los engranajes en condición controlada.

La velocidad de operación fue apropiada para fines de enseñanza, ya que no buscó reproducir exigencias reales de conducción, sino mostrar de forma clara el comportamiento de los mecanismos internos. Por ello, el accionamiento eléctrico se considera pertinente para el objetivo académico del proyecto.

4.4 Resultados de las pruebas funcionales

Como se demuestra en la tabla 6 las pruebas funcionales confirmaron que el prototipo puede utilizarse como herramienta de demostración en el laboratorio.

Se verifica el movimiento de los ejes y engranajes, la posibilidad de mostrar la selección de marchas y la estabilidad de la estructura durante la operación.

La validación fue basada en criterios de funcionamiento, seguridad y observación, debido a que el propósito del proyecto no fue medir rendimiento vehicular sino comprobar la utilidad didáctica del modelo.

Tabla 6*Matriz de validación funcional del modelo didáctico*

Criterio	Evidencia observada	Resultado	Valor didáctico
Movimiento de ejes	Rotación visible del conjunto al accionar el motor.	Cumple	Permite explicar la entrada y salida de potencia.
Engranajes expuestos	Interacción visible entre piñones y ejes.	Cumple	Facilita comprender la relación de transmisión.
Selección de marchas	Desplazamiento observable del mecanismo selector.	Cumple	Permite relacionar palanca, horquillas y sincronización.
Base metálica	Conjunto estable durante la operación.	Cumple	Aporta seguridad durante la práctica.
Accionamiento eléctrico	Giro controlado mediante banda y poleas.	Cumple	Reduce riesgos y mejora la observación.

Nota. Evidencias de funcionamiento y valor didáctico del modelo durante la observación de ejes, engranajes, marchas y sistema de accionamiento.

4.5 Aporte del modelo al aprendizaje práctico

El modelo didáctico facilita el aprendizaje porque permite observar un sistema que normalmente opera oculto dentro de una carcasa cerrada. Al visualizar el movimiento real de engranajes y ejes, el estudiante puede relacionar los conceptos de torque, relación de transmisión y sincronización con una experiencia concreta de laboratorio. Esta condición fortalece la comprensión de la cadena cinemática y mejora la interpretación de fallas asociadas a transmisión manual (Feisel & Rosa, 2005).

Otro aporte relevante es que el prototipo promueve una enseñanza más activa. El docente puede explicar el flujo de potencia mientras el mecanismo se encuentra en movimiento, y el estudiante puede identificar directamente qué elementos participan en cada fase de operación. Esta interacción supera la dependencia exclusiva de diagramas o animaciones, porque utiliza una caja real modificada para fines académicos.

4.6 Limitaciones observadas durante la validación

Aunque el prototipo cumple su finalidad didáctica, su funcionamiento se limita a demostraciones de baja carga y velocidad. No debe interpretarse como un banco de prueba de rendimiento vehicular ni como un equipo para medir potencia, torque o eficiencia bajo condiciones reales de conducción. Esta limitación es coherente con el objetivo del proyecto, que se centra en la visualización de mecanismos internos y no en la evaluación dinámica del sistema en servicio.

También se debe considerar que las partes móviles expuestas exigen supervisión constante durante su uso. Por tanto, el modelo debe operar únicamente bajo orientación docente, con distancia de seguridad, sin introducir manos u objetos durante el giro y con revisión previa de la banda, poleas y fijaciones.

4.7 Síntesis del análisis de resultados

El análisis realizado permite afirmar que el prototipo responde al problema planteado en la investigación, ya que transforma una caja de cambios cerrada en un modelo observable, estable y accionado de forma controlada. La modificación permitió visualizar los mecanismos internos; la base metálica aseguró soporte y movilidad; y el accionamiento eléctrico posibilitó demostrar el movimiento de los componentes sin recurrir a un motor de combustión interna.

En consecuencia, el banco didáctico constituye un recurso pertinente para el laboratorio de Ingeniería Automotriz, porque favorece la comprensión del funcionamiento de una caja de cambios manual mediante observación directa. Su principal resultado no es solo mecánico, sino también pedagógico: permite que el estudiante conecte el conocimiento teórico con la operación real de un sistema de transmisión.

4.8 Registro técnico de relaciones de transmisión, velocidad y torque de salida

Durante la evaluación técnica de la caja de cambios manual se realiza el registro del número de dientes de los piñones que intervienen en cada marcha. Con estos datos se calcularon las relaciones de transmisión, las revoluciones por minuto de salida y el torque correspondiente en cada velocidad, considerando como condiciones iniciales una velocidad de entrada de 2000 rpm y un torque de entrada de 100 Nm, basados en que los rangos de

rpm para el cambio de marchas en vehículos a gasolina se hacen idealmente entre 2.000 y 3.000 RPM, para cajas mecánicas de 5 velocidades, como lo evidencia la tabla 7.

Tabla 7

Datos iniciales para el cálculo de la relación de transmisión

Parámetro	Valor
Velocidad de entrada	2000 rpm
Torque de entrada	100 Nm
<i>Nota.</i> Condiciones de entrada utilizadas para el cálculo.	

Este análisis permite comprender el comportamiento mecánico de la transmisión, ya que cada marcha modifica la velocidad angular y el torque de salida según la combinación de engranajes seleccionada. Las marchas bajas presentan mayor relación de transmisión, por lo que reducen la velocidad de salida y aumentan el torque disponible. En cambio, las marchas superiores permiten obtener mayor velocidad de salida con menor multiplicación de torque.

Los resultados obtenidos son importantes para validar el funcionamiento del modelo didáctico, debido a que permiten relacionar la observación directa de los piñones, ejes y mecanismos internos con los principios de transmisión de potencia. De esta manera, el prototipo no solo permite visualizar el movimiento de los componentes, sino también interpretar técnicamente cómo cada velocidad influye en el desempeño de la caja de cambios.

La tabla 8 presenta el registro del número de dientes de los piñones que intervienen en cada una de las marchas de la caja de cambios manual. En ella se identifican los elementos conductores y conducidos correspondientes a la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta velocidad y retroceso.

Esta información es fundamental para el análisis del funcionamiento interno de la transmisión, ya que a partir de la cantidad de dientes de cada piñón se pueden determinar las relaciones de transmisión, la variación de las revoluciones de salida y el torque generado

en cada marcha. Además, permite evidenciar cómo cada combinación de engranajes cumple una función específica dentro del sistema, ya sea para aumentar la fuerza en marchas bajas o favorecer la velocidad en marchas superiores.

Tabla 8

Registro de dientes por piñón y marcha

<i>Marcha</i>	<i>Piñón / elemento</i>	<i>Condición</i>	<i>Número de dientes</i>
Velocidad 1	Z4	Conducido	45 dientes
Velocidad 1	Z3	Conductor	13 dientes
Velocidad 2	Z5	Conducido	34 dientes
Velocidad 2	Z6	Conductor	25 dientes
Velocidad 3	Z8	Conductor	27 dientes
Velocidad 3	Z7	Conducido	32 dientes
Velocidad 4	Z1	Conductor	26 dientes
Velocidad 4	Z2	Conducido	44 dientes
Velocidad 5	Z10	Conducido	22 dientes
Velocidad 5	Z9	Conductor	50 dientes
Retro	Z11	Conductor	19 dientes
Retro	Z12	Conducido	33 dientes
Retro	Z13	Conducido	41 dientes

Nota. Datos transcritos del registro de la práctica de desmontaje y contabilización de dientes de la caja de cambios manual.

La tabla 9 resume los resultados obtenidos para cada marcha de la caja de cambios manual, considerando como ejemplo una velocidad de entrada de 2000 rpm y un par motor de 100 Nm.

La primera marcha presenta una relación de transmisión de $i = 4.0081:1$, generando una baja velocidad de salida de 498.99 rpm y teniendo un torque elevado de salida de 400.81 Nm.

Considerando una velocidad de entrada de 2000 rpm y un torque inicial de 100 Nm, el comportamiento de la primera marcha puede analizarse mediante la relación de

transmisión. Para una relación $i = 4.0081:1$, la velocidad de salida se obtiene dividiendo la velocidad de entrada entre la relación de transmisión:

$$n_s = \frac{n_e}{i} = \frac{2000}{4,0081} = 498,99 \text{ rpm}$$

De manera similar, despreciando las pérdidas mecánicas, el torque de salida se determina multiplicando el torque de entrada por la relación de transmisión:

$$T_s = T_e(i) = 100Nm (4,0081) = 400,81 \text{ Nm}$$

Esto demuestra que las marchas bajas están diseñadas para proporcionar mayor fuerza al vehículo durante el arranque o en condiciones de mayor carga. En cambio, la 5ª marcha presenta una relación menor a la unidad, con $i=0.7446:1$ alcanzando la mayor velocidad de salida, 2685.95 rpm, pero con un torque reducido de 74.46 Nm, característica propia de una marcha orientada a mantener velocidad. El retroceso también muestra una relación alta, $i=3.6518:1$ lo que permite entregar un torque considerable de 365.18 Nm para maniobras de desplazamiento hacia atrás con mayor control y fuerza.

Tabla 9

Resumen de relación de transmisión, RPM de salida y torque de salida

Marcha	Relación de transmisión (i)	RPM de salida	Torque de salida
1ª marcha	4.0081:1	498.99 rpm	400.81 Nm
2ª marcha	2.3015:1	869.52 rpm	230.15 Nm
3ª marcha	2.0057:1	996.45 rpm	200.57 Nm
4ª marcha	1.6923:1	1181.82 rpm	169.23 Nm
5ª marcha	0.7446:1	2685.95 rpm	74.46 Nm
Retroceso	3.6518:1	546.18 rpm	365.18 Nm

Nota. Resultados mantenidos conforme al informe de práctica; se consideraron 2000 rpm y 100 Nm como datos de entrada.

Los resultados muestran que las primeras marchas presentan relaciones de transmisión mayores, por lo que entregan mayor torque de salida y menor velocidad. Esta

condición es coherente con la función de la primera marcha y del retroceso, donde se requiere fuerza elevada para iniciar el movimiento o realizar maniobras a baja velocidad. En contraste, la quinta marcha presenta una relación menor que la unidad, lo que incrementa la velocidad de salida y reduce el torque disponible.

Para el modelo didáctico modificado, estos datos permiten explicar con apoyo visual que el cambio de marcha no solo desplaza mecanismos internos, sino que modifica la relación entre los piñones activos. Por ello, la contabilización de dientes y los cálculos de relación de transmisión fortalecen el valor pedagógico del prototipo, ya que vinculan la observación directa de los engranajes con resultados numéricos verificables.

4.9 Análisis de resultados del funcionamiento del banco didáctico de la caja de cambios

Las pruebas de funcionamiento realizadas al banco didáctico permiten verificar el correcto desempeño del sistema de transmisión bajo diferentes condiciones de operación. Durante los ensayos se comprobó que el mecanismo de accionamiento permitió el engrane y desengrane de todas las velocidades de manera progresiva, sin presentar interferencias mecánicas, bloqueos o ruidos anormales que afectaran su funcionamiento.

Asimismo, se evalúa el comportamiento de los componentes internos de la caja de cambios, observándose un adecuado desplazamiento de los sincronizadores, horquillas de selección, ejes y engranajes.

La inspección visual durante la operación facilitó la identificación del movimiento de cada elemento, permitiendo comprender la secuencia de transmisión del torque y la relación entre los diferentes conjuntos mecánicos.

Durante las pruebas también se verifica la estabilidad estructural del banco didáctico, comprobándose que la base soportó correctamente las vibraciones generadas por el sistema sin producir desplazamientos o deformaciones que comprometieran la seguridad del equipo.

De igual manera, el mecanismo de accionamiento mantuvo una operación uniforme durante todo el ensayo.

Los resultados obtenidos muestran que el banco didáctico cumple satisfactoriamente con las condiciones de funcionamiento requeridas para fines académicos, ya que permite reproducir de forma segura el proceso de selección de marchas y visualizar el comportamiento interno de la caja de cambios.

Esto facilita el aprendizaje práctico de los estudiantes y fortalece la comprensión de los principios de funcionamiento de las transmisiones mecánicas.

4.10 Registro de resultados

Cada prueba se documenta en una hoja de observación donde se registra, como se muestra en la tabla 10:

Tabla 10

Registro de resultados

Parámetro evaluado	Resultado
Encendido del motor	Correcto / Incorrecto
Giro uniforme	Sí / No
Primera marcha	Funciona / No funciona
Segunda marcha	Funciona / No funciona
Tercera marcha	Funciona / No funciona
Cuarta marcha	Funciona / No funciona
Quinta marcha	Funciona / No funciona
Reversa	Funciona / No funciona
Presencia de vibraciones	Baja / Media / Alta
Presencia de ruido	Bajo / Medio / Alto
Fugas de lubricante	Sí / No

Nota. Resultados obtenidos

4.11 Análisis de los resultados

Los datos obtenidos se comparan con el funcionamiento esperado para una caja de cambios manual convencional. Se verifica que todas las marchas pudieran engranarse

correctamente, que el movimiento se transmitiera sin interrupciones y que no existieran anomalías mecánicas durante la operación.

Los resultados permiten determinar el desempeño funcional del banco didáctico, confirmar la correcta alineación entre el motor eléctrico y la caja de cambios, e identificar posibles ajustes mecánicos o de mantenimiento antes de su utilización en actividades de docencia y prácticas de laboratorio.

Esta metodología asegura una evaluación sistemática y reproducible del banco didáctico, proporcionando evidencia técnica de que el sistema cumple con los requisitos de funcionamiento y seguridad para fines académicos.

Conclusiones

La investigación sobre los diferentes modelos de cajas de cambios manuales permitió identificar sus características constructivas, principios de funcionamiento y aplicaciones en el sector automotriz. Este análisis proporcionó los fundamentos técnicos necesarios para seleccionar los componentes adecuados y comprender el comportamiento de la transmisión durante el desarrollo del banco didáctico.

El ensamblaje del banco didáctico de la caja de cambios manual, junto con la alineación coaxial entre la transmisión y el motor eléctrico, se realizó de manera satisfactoria, garantizando una adecuada transmisión del movimiento, minimizando vibraciones y asegurando condiciones de operación seguras para las prácticas de laboratorio.

La implementación de la maqueta se realizó mediante cortes seccionados y estratégicamente ubicados en la carcasa de la caja de cambios, con el objetivo de exponer sus componentes internos sin alterar su disposición mecánica original. Este procedimiento permitió, identificar elementos como el eje primario, eje secundario, engranajes conductores y conducidos, sincronizadores, manguitos deslizantes, horquillas selectoras y el mecanismo encargado de la selección de las distintas relaciones de transmisión.

Recomendaciones

Incorporar instrumentos de medición, como sensores de velocidad, torque y vibración, que permitan obtener datos cuantitativos durante las prácticas y ampliar las posibilidades de análisis técnico del funcionamiento de la caja de cambios.

Establecer un programa de mantenimiento preventivo que contemple la inspección periódica de la alineación, el sistema de fijación, la lubricación de la caja de cambios y el estado de los componentes mecánicos, con el fin de garantizar la confiabilidad y prolongar la vida útil del banco didáctico.

Complementar el banco didáctico con guías de laboratorio y prácticas experimentales que incluyan procedimientos de diagnóstico, identificación de fallas, análisis de relaciones de transmisión y evaluación del desempeño del sistema, fortaleciendo las competencias técnicas de los estudiantes mediante actividades de aprendizaje aplicado.

Referencias

- Andrade, C., & Paredes, J. (2022). *Implementación de modelos didácticos en laboratorios de ingeniería automotriz para el aprendizaje práctico. Revista Científica de Tecnología y Educación*, 10(1), 33–48.
- Arciniega Mesa, W. M., & Villarreal Coral, R. D. (2017). *Adaptación de un motor a inyección electrónica, caja y transmisión al Peugeot 604 Buggy de la Universidad Técnica del Norte [Trabajo de titulación de grado, Universidad Técnica del Norte]*. Repositorio Digital de la Universidad Técnica del Norte
- Barros, T., Casanova, M., Cevallos, J., Vásquez, F., & Salazar, R. (2018). *Construcción de una caja de cambios mediante transmisión de poleas. FIMAQ: Investigación y Docencia*, 2(1), 1–14.
- Birch, T. W. (1994). *Manual of drive trains and axles*. Prentice Hall Career & Technology.
- Bosch, R. (2005). *Manual de tecnología automotiva*. Editora Blucher.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2019). *Shigley's mechanical engineering design* (11th ed.). McGraw-Hill Education.
- Castro Mediavilla, J. J. (2016). *Diseño y construcción de colectores de admisión de aire con tomas individuales para cada cilindro del motor de un vehículo Chevrolet Corsa Evolution. INNOVA Research Journal*, 1(12), 118–131.
- Erjavec, J., & Ronan, M. (2020). *Today's technician: Manual transmissions and transaxles classroom manual and shop manual* (7th ed.). Cengage.
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). *The role of the laboratory in undergraduate engineering education. Journal of Engineering Education*, 94(1), 121–130. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x.
- Galarza Merchán, I. M., & Nacipucha Hidalgo, M. D. (2023). *Maqueta didáctica de una caja cambios automática* (Bachelor's thesis).
- Gómez, L., & Torres, J. (2019). *Evaluación del comportamiento de engranajes en sistemas de transmisión manual automotriz. Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 23(3), 112–125.

- Halderman, J. D. (2020). *Automotive technology: Principles, diagnosis, and service* (6th ed.). Pearson/Prentice Hall.
- Heisler, H. (2002). *Advanced vehicle technology* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Hillier, V. A. W., & Coombes, P. (2004). *Hillier's fundamentals of motor vehicle technology: Book 1*. Nelson Thornes. 45–60.
- Mosquera, J. D. (2009). *Diseño y construcción de un modelo didáctico de caja de cambios con elaboración de guías de práctica de laboratorio (Trabajo de titulación)*. Universidad Internacional del Ecuador.
- Mott, R. L., Vavrek, E. M., & Wang, J. (2018). *Machine elements in mechanical design* (6th ed.). Pearson.
- Padilla, C., Sánchez, D., Buenaño, L., & Barrera, O. (2024). *Fracturas en los dientes de engranes producidas por vibraciones en la caja de cambios de transmisión manual: una revisión sistemática*. *Dominio de las Ciencias*, 11(2), 1–15.
- Pérez, A., & Molina, D. (2021). *Diseño de modelos didácticos para la enseñanza de sistemas de transmisión en ingeniería automotriz*. *Revista Educación en Ingeniería*, 16(2), 89–102.
- Ramírez, L. H. (2012). *Corte lateral de una caja de cambios manual con disposición longitudinal para la demostración de su funcionamiento interno* (Tesis de grado). Universidad San Francisco de Quito.
- Romero Lenis, M. (2015). *Manual de transmisiones mecánicas: Caja de cambios manual y su funcionamiento*. Mecánica Automotriz.
- Soca Cabrera, J. R. (2022). *Cajas de cambio de velocidades de automóviles*. *Revista de Ingeniería Mecánica Aplicada*, 5(2), 1–38.
- Skrickij, V., & Bogdevičius, M. (2010). *Vehicle gearbox dynamics: Centre distance influence on mesh stiffness and spur gear dynamics*. *Transport*, 25(3), 278–286.
- Torres, F., Delgado, A., & Pérez, E. (2022). *Influencia de la rigidez estructural en equipos de prueba automotriz*. *Journal of Mechanical Structures*, 10(2), 102–117.
- WEG. (2026). e-Catalog: Selección de motores eléctricos. <https://ecatalog.weg.net>