



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Tecnología Superior en Electrónica Automotriz

Título del Trabajo de Titulación:

Despiece y Análisis detallado de una Transmisión CVT.

Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en
Electrónica Automotriz

Nombres y Apellidos:

Mateo Mauricio Ochoa Moscoso.

Juan Sebastián Tomalá Flor.

Director:

Ing. Francisco Torres Moscoso

Cuenca – Ecuador

2024

Dedicatoria

Dedicado a mi yo de 8 años que llegaba
de la escuela a jugar con sus HOT-WHEELS
y soñaba con algún día manejar un
auto, ahora hasta los desarmamos y
entendemos cómo funcionan.

Juan Sebastián Tomalá Flor

Dedicado a mi familia que con su apoyo
he salido a delante creciendo y madurando
con sus enseñanzas que me han conducido
a ser un excelente ser humano y un
pilar para la sociedad, así como un referente
para mis amigos y compañeros

Mateo Mauricio Ochoa Moscoso

Agradecimiento

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a nuestros docentes que, a lo largo de nuestra vida estudiantil, nos han sabido guiar y brindar los conocimientos necesarios no solo para aprobar cada materia, sino para despertar nuestra curiosidad e ir más allá en nuestra creatividad, investigación, así mismo agradecemos la labor titánica que ha realizado el Ing. Francisco Torres M. Por guiarnos en este trabajo de titulación, ya que en su elaboración han existido distintas visiones de su desarrollo, pero nos ha acompañado en el proceso de culminarlo con éxito para que pueda este trabajo de titulación servir de guía a futuro a las siguientes promociones de la carrera de Tecnología Superior en Electrónica Automotriz.

**Resumen:**

El presente trabajo constituye un informe técnico sobre el despiece y análisis de una transmisión CVT, detallando el modo de funcionamiento, comenzando en la entrada de fuerza a través de su polea principal, conducida por una banda metálica hacia su polea de salida, transmitiendo el par del motor hacia las ruedas. Se describen las partes principales, destacando en el análisis sus componentes fundamentales de funcionamiento: Poleas cónicas, banda metálica y un juego de piñones encargados de la reducción y el diferencial dentro de la transmisión. Este tipo de transmisiones presentan averías como pérdida de potencia al arrancar, al subir una colina, resbalamiento interno de la banda. Se observa en la maqueta didáctica las partes para poder analizar el funcionamiento y el desgaste de la transmisión CVT. Se brinda una visión completa y detallada que permite comprender el funcionamiento de esta tecnología, apreciar sus múltiples beneficios y aplicaciones.

Palabras clave: análisis, despiece, fallas, piezas, transmisión, variable.

Abstract:

This work is a technical report on the exploded view and analysis of a CVT transmission, detailing the mode of operation, starting with the power input through its main pulley, driven by a metal belt to its output pulley, transmitting the engine torque to the wheels. The main parts are described, highlighting in the analysis its fundamental components of operation: Conical pulleys, metallic band and a set of pinions in charge of the reduction and the differential inside the transmission. This type of transmissions present failures such as loss of power when starting, going up a hill, internal slipping of the belt. The didactic model shows the parts in order to analyze the operation and wear of the CVT transmission. A complete and detailed view is provided to understand the operation of this technology and to appreciate its multiple benefits and applications.

Keywords: analysis, exploded view, failures, parts, transmission, variable.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen:	iv
Abstract:	iv
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	2
3. Objetivos general y específicos	5
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos.....	5
4. Procedimientos y herramientas.....	5
4.1 Principio de funcionamiento de la transmisión CVT (continuos variable transmisión).....	5
4.2 Tipos de Transmisión CVT:.....	8
4.3 Síntomas de Fallo de la Transmisión CVT	9
4.4 Despiece de componentes adyacentes	10
4.5 Despiece de componentes de la transmisión	11
4.6 Componentes.....	12
4.6.1 Banda de transmisión	12
4.7 Elaboración de la maqueta	26
5. Conclusiones y recomendaciones.....	31
6. Referencias	32

Índice de tablas

Tabla 1. Datos de transmisión CVT Nissan Altima 2013 V4	7
Tabla 2. Listado de piezas	11
Tabla 3. Características	12

Índice de figuras

Figura 1. Boceto de da Vinci.....	2
Figura 2. Transmisión CVT de Nissan.....	4
Figura 3. Transmisión CVT de Audi (multitronic).....	5
Figura 4. Diagrama de conexión y posición.....	6
Figura 5. Transmisión CTV Nissan Altima 2013.....	8
Figura 6. Transmisión Tipo Toridal.....	9
Figura 7. Partes de la transmisión CVT.	10
Figura 8. Cadena banda metálica para transmisión	12
Figura 9. Inspección de la banda metálica	13
Figura 10. Identificación de la banda.....	13
Figura 11. Colocación cámara lamparoscópica.....	15
Figura 12. Colocación cámara lamparoscópica.....	15
Figura 13. Banda en perfecto estado.....	16
Figura 14. Bandas defectuosas	16
Figura 15. Bandas defectuosas	17
Figura 16. Bandas defectuosas	17
Figura 17. Cara derecha de la banda.....	18
Figura 18. Cara izquierda de la banda.....	18
Figura 19. Poleas cónicas estriadas por desgaste.....	18
Figura 20. Carcasa, bomba de aceite reductora y diferencial.....	19
Figura 21. Bomba de aceite.....	20
Figura 22. Extracción de poleas cónicas	20
Figura 23. Transmisión CVT.....	21
Figura 24. Vista superior de las poleas y la banda metálica.....	21
Figura 25. Vista posterior de las poleas cónicas.....	22
Figura 26. Despiece del cuerpo de poleas y la banda	22
Figura 27. Despiece del cuerpo de poleas y la banda	23
Figura 28. Conjunto del embrague con sus discos múltiples.	24
Figura 29. Plato dentado	24
Figura 30. Discos múltiples.....	25
Figura 31. Convertidor de par de la bomba.....	25
Figura 32. Identificación de ductos de lubricación.....	26

Figura 33. Boceto de la elaboración de la maqueta	27
Figura 34. Elaboración de la base de la maqueta.....	28
Figura 35. Sujeción de las piezas.....	28
Figura 36. Ensamblaje de los componentes	29
Figura 37. Montaje de la base del cuerpo de válvulas	29
Figura 38. Montaje del grupo cónico y su banda metálica.....	30

1. Introducción

La transmisión CVT se presenta como una innovadora solución en el ámbito del transporte de pasajeros. Para crear algo novedoso, es fundamental identificar una problemática existente en nuestro entorno. En este contexto, es relevante preguntarse: ¿qué circunstancias se daban en Florencia, Italia, durante el siglo XV para que el renombrado inventor Leonardo da Vinci concibiera la brillante idea de un sistema basado en un conjunto de poleas conectadas, capaces de generar una reducción de torque? Estas son cuestiones que los ingenieros de diversas fábricas de vehículos, en la actualidad, abordan con genialidad, proporcionando soluciones que favorecen la adopción de transmisiones CVT en vehículos destinados al transporte de pasajeros.

¿Cómo es posible que un concepto tan simple como dos poleas cónicas y una banda metálica, diseñado hace más de 400 años, pueda constituir el tema de una tesis de grado, fomentando el análisis y despiece de una transmisión CVT? En realidad, una transmisión CVT trasciende la simple combinación de poleas y una banda que las conecta para distribuir el torque. Su historia moderna surge de la aspiración de construir automóviles ligeros, eficientes, ergonómicos y confortables. La mayoría de los fabricantes se centran en el equipamiento adicional de los vehículos, pero solo unos pocos innovadores han asumido el riesgo de invertir millones de dólares en la investigación y desarrollo de este tipo de transmisiones.

Los primeros indicios de la superioridad de las transmisiones CVT se observaron en las competencias automovilísticas, donde un vehículo equipado con este sistema ganó varias carreras de trepada de montaña, lo que llevó a su prohibición por parte de los organismos reguladores. Veinte años después, encontramos que en la actualidad, modelos de berlinas líderes en ventas a nivel mundial, como los Nissan Sentra, incorporan esta tecnología, evidenciando su eficacia y adopción en el mercado.

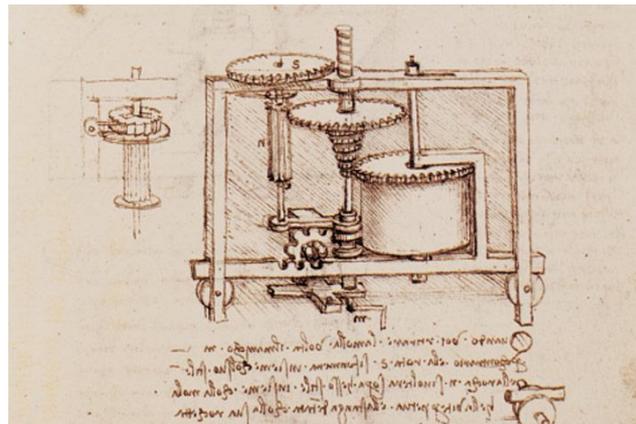
En el presente trabajo, se realiza un análisis detallado y exhaustivo del despiece de una transmisión CVT. Este estudio, único en el mundo, compila información técnica y práctica obtenida a través de una rigurosa investigación. Para complementar este análisis, hemos construido una maqueta funcional de una transmisión CVT, la cual ha requerido un gran esfuerzo y dedicación. Este proyecto de grado no solo representa un desafío académico, sino también una contribución significativa al conocimiento y comprensión de las transmisiones CVT.

Nuestro objetivo principal es proporcionar una visión integral y profunda de cómo funciona una transmisión CVT, desglosando sus componentes, principios operativos y ventajas. Además, se exploran las aplicaciones actuales y futuras de esta tecnología en la industria automotriz, destacando su potencial para mejorar la eficiencia y el rendimiento de los vehículos de transporte de pasajeros. Este proyecto de grado refleja nuestro compromiso y esfuerzo por aportar conocimientos valiosos a la ingeniería automotriz, evidenciando el potencial innovador de las transmisiones CVT en el mercado contemporáneo.

2. Marco teórico

La creación de la transmisión CVT proviene de la idea principal de varias relaciones de transmisión sin depender de un número establecido de piñones y engranajes, bajo un primer diseño en un borrador de Leonardo da Vinci en 1490, el cual varios siglos más tarde sería patentado bajo por los mundialmente conocidos Daimler y Benz. En la figura 1 se encuentra el boceto de da Vinci de una transmisión variable continua

Figura 1. Boceto de da Vinci



Fuente. Mitsubishi Motors (2019)

En 1886 posteriormente en la empresa DAF de fabricación de vehículos de transporte se le atribuye a la aplicación y desarrollo de la transmisión, denominada por ellos Variomatic, con la curiosidad de que en ese entonces la empresa DAF aplico sus recursos en la creación de un vehículo liviano que porte un sistema de transmisión continua variable, el DAF600 el cual no pasaba los 110 km/h.

Bajo la dirección del holandés Henk van Zalinge, piloto e instructor de carreras, se ejemplificaron las ventajas de una transmisión de este tipo en las competencias y en aplicaciones de alto desempeño. Se consideró que este sistema podría ser la solución al error humano en la selección de marchas, permitiendo que el automóvil aprovechara el par entregado y el necesario para aventajar a los otros competidores. Así, se inició un proyecto de automovilismo que, sin embargo, duraría poco tiempo. Después de una victoria en una carrera de montaña (hillclimb) por parte de DAF, la empresa fue comprada por Volvo, lo que llevó a la finalización del proyecto y la investigación sobre este tipo de transmisiones.

El desarrollo y aplicación de las transmisiones variables se detuvo hasta la actualidad, cuando marcas como Nissan encontraron un nicho de venta en las transmisiones CVT, considerándolas una alternativa para mejorar el confort y la economía en los nuevos vehículos. Desde el año 2004, Nissan ha implementado en sus transmisiones automáticas CVT el sistema denominado X-Tronic, que cuenta con un sistema ASC (Adaptative Shift Control). Con este sistema, la transmisión se adapta al modo de manejo y a las condiciones bajo las cuales opera, por lo que la selección de una relación es variable de acuerdo a estos parámetros, asegurando un funcionamiento óptimo bajo las exigencias y necesidades dadas en carretera o ciudad.

Se presenció una innovación tan grande que eliminó la necesidad de cambios de marcha, mejorando en un 15% la eficiencia de combustible, proporcionando una mayor aceleración y una conducción más silenciosa. Utilizar una transmisión CVT resultó ventajoso en todo sentido, ya que emplea una menor cantidad de partes móviles, lo cual reduce significativamente la fricción y el calor, pudiendo así alargar su vida útil. Con un peso reducido y alta tecnología, se convirtió en una de las mejores maneras de transmitir potencia a las ruedas (Nissan, 2024).

Figura 2. Transmisión CVT de Nissan

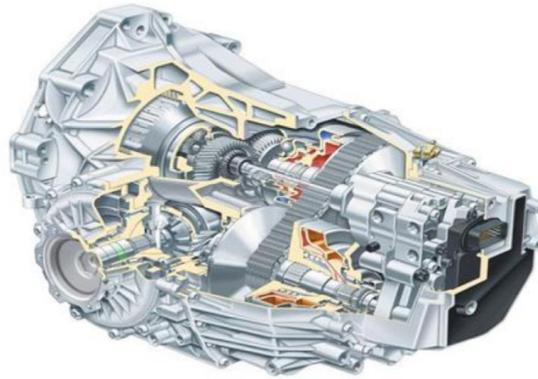


Fuente: Nissan (2018)

En la figura 2, se encuentra una transmisión CVT de Nissan. Gracias a los avances en el campo de la automoción, se pudo hallar una amplia gama de marcas comerciales que empleaban transmisiones CVT, ya que existía un mercado de consumidores que buscaba las ventajas que esta ofrecía. Además, estas marcas complementaban sus vehículos con diseños de carrocería llamativos. En el mercado nacional, desde el 2007, se pudo encontrar un modelo de berlina estilo deportivo: el Mitsubishi Lancer GT, el cual portaba una transmisión de este tipo con un precio que lo posicionaba en una gama media alta. Aún hoy en día, este auto se considera como confiable y divertido de conducir, lo que indica que, dentro del mercado local, el Lancer marcó el inicio de la era CVT y su mayor confiabilidad dentro de los distintos entornos geográficos del país.

A su vez, con una mayor demanda de eficiencia y confort dentro del vehículo en el parque automotor local, se pudieron encontrar modelos como el Chery Tiggo 2, Fiat Pulse, Ford Territory, Honda HR-V, Nissan Sentra y X-Trail, los cuales brindaban una amplia gama de fabricantes que apostaban por esta tecnología por todo el mundo. Sin embargo, los factores de uso y aplicación dependían de la calidad y el costo de fabricación de la transmisión. Los diferentes vehículos, que variaban en peso y tamaño, utilizaban la misma transmisión, pero en algunos casos, la vida útil de la misma se acortaba. Por esta razón, marcas comercializadoras de vehículos que formaban parte de grandes grupos comercializadores, como Chevrolet, Peugeot y Volkswagen, no incurrían en el mercado de estas transmisiones. En la figura 3, a continuación, se muestra la transmisión CVT de Audi (multitronic).

Figura 3. Transmisión CVT de Audi (multitronic)



Fuente. Motor Pasión (2014)

3. Objetivo general y específicos

3.1 Objetivo general

Despiezar y analizar detalladamente el funcionamiento, las partes y averías de una caja CVT.

3.2 Objetivos específicos

- Descomponer por piezas una caja de cambios CVT.
- Describir las partes y el funcionamiento de una caja CVT.
- Elaborar una maqueta didáctica.

4. Procedimientos y herramientas

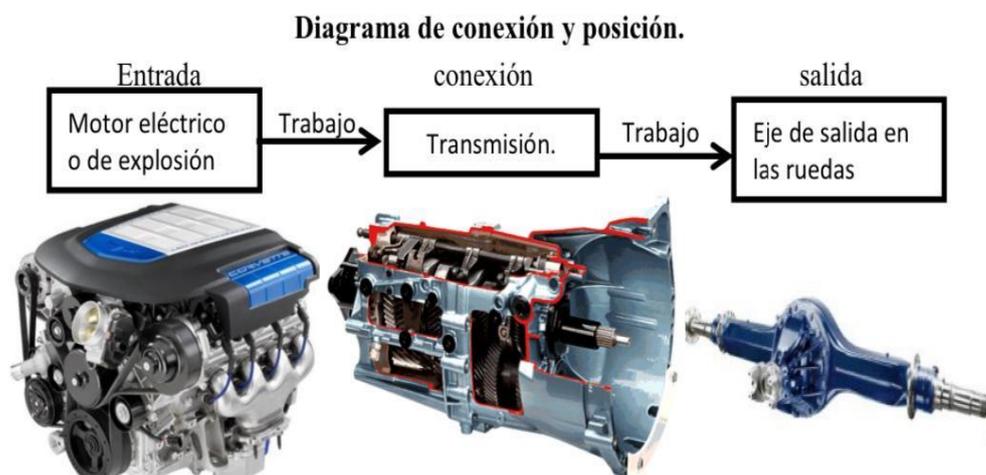
4.1 Principio de funcionamiento de la transmisión CVT (continuos variable transmisión)

Para comprender el funcionamiento de una transmisión CVT se debe primero comprender que es una transmisión y cuál es su uso, debido a que el motor independientemente de su tipo de combustión interna utilizado en el campo automotriz, el mismo no puede con el giro de su eje o volante de inercia transmitir una fuerza hacia los ejes de salida en el vehículo, ya que se requiere un sistema por el cual podamos controlar el par entregado y regular del mismo modo la velocidad, así mismo en ocasiones se debe reducir o

multiplicar el par entregado y dejar a libertad del conductor el comportamiento del desplazamiento del auto.

En la figura 4 se observa un diagrama de conexión y posición de acuerdo con Rodríguez (2014):

Figura 4. Diagrama de conexión y posición



Fuente: Rodríguez (2014)

En la actualidad, la aplicación de un sistema de transmisión CVT (Continuous Variable Transmission, por sus siglas en inglés) se percibió como una innovación en el campo del transporte de pasajeros, pero en realidad se trataba de un invento que databa de hace varios siglos. La aplicación moderna del principio de tracción generada por la fricción de las caras de las poleas cónicas unidas por una banda o cadena, las cuales se ajustaban de manera axial, permitía generar relaciones de transmisión prácticamente infinitas en dos únicos ejes dentro de la transmisión. Esto permitía al conductor mantener un avance de marcha lineal sin percibir los cambios, ahorrando combustible. Sin embargo, dentro de su funcionamiento se encontraron varios inconvenientes en la aplicación y comercialización de vehículos con esta transmisión.

En el análisis de la transmisión, después de la lectura de literatura oficial de la marca y de investigaciones adicionales sobre el funcionamiento de esta, se pudo inferir que el corazón de esta transmisión se basaba en emplear dos poleas de tipo cónicas: una de entrada desde el motor (polea conductora o primaria) y otra de salida a las ruedas (polea conducida o secundaria), ambas unidas por una banda o cadena. Esta configuración podía

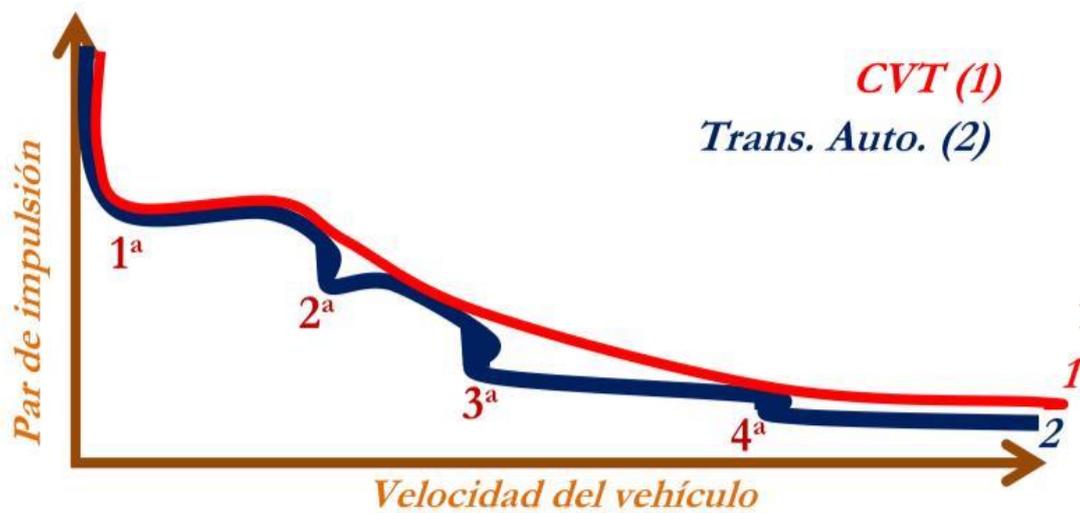
cambiar su relación de transmisión a cualquiera de los rangos dentro de sus límites de fabricación y especificaciones, así como adaptarse a la demanda de velocidad o potencia. Las computadoras a bordo del vehículo se encargaban de establecer en qué relación de transmisión se juntaban las poleas para entregar el torque hacia las ruedas, dando como resultado una dirección hacia delante y aprovechando al máximo el giro proporcionado por el motor, asegurando así un movimiento de traslación.

En la tabla 1, se puede observar los datos característicos de una transmisión CVT del Nissan Altima en relación a la potencia, costo y mantenimiento, considerando ventajas y desventajas. En la figura 5 se indica el comportamiento de la transmisión en función de su velocidad y par de impulsión, considerando que la transmisión de tipo CVT montada sobre la plataforma del Nissan Altima 2013 v4, el cual posee una aceleración de 0 a 100 km/h en 8,4 segundos, el cual brinda un rendimiento en ciudad de 15,5km/L y en carretera de 23,3km/l.

Tabla 1. Datos de transmisión CVT Nissan Altima 2013 V4

	<i>Rango de salida de potencia en eje. Por 1 [Hp] en motor.</i>	<i>Cambio de velocidad</i>	<i>Tipo de mantenimiento</i>	<i>Costo</i>
<i>Ventajas</i>	0.85 - 0.90 [hp]	Suave		15 % en ahorro de combustible en un V4
	182 [hp] en motor V4			
	270 [hp] en motor V6			10 % en ahorro en un V6
<i>Desventajas</i>	Necesario elemento extra.	Bajo par	Constante aceite especial	Costoso en la compra

Figura 5. Transmisión CTV Nissan Altima 2013



Fuente: Rodríguez (2014)

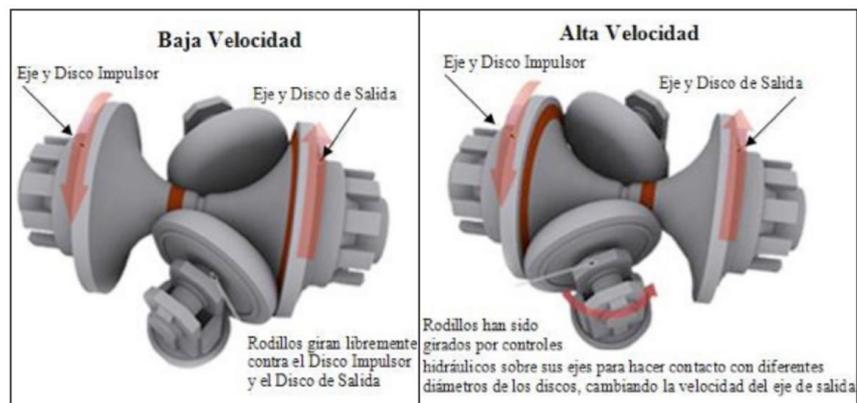
4.2 Tipos de Transmisión CVT:

Existen diversos tipos de transmisiones CVT:

- CVT basada en polea.
- CVT toroidal.
- CVT de trinquete.
- CVT hidrostática / hidráulica.
- CVT eléctrica.
- CVT cónica.
- CVT epicíclica.
- Transmisiones variables infinitas.

A continuación, se puede ver la transmisión tipo Toridal en la figura 6:

Figura 6. Transmisión Tipo Toridal



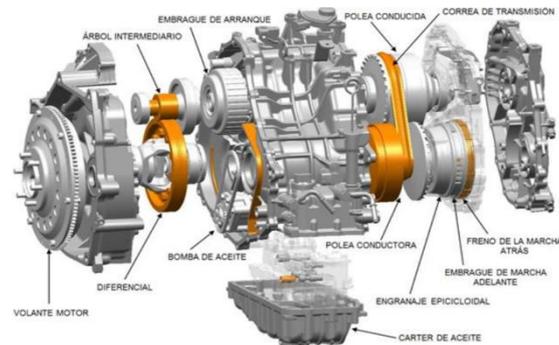
Fuente: Widman internacional srl (2024)

4.3 Síntomas de Fallo de la Transmisión CVT

El desgaste de la transmisión CVT produce los siguientes síntomas, los cuales pueden indicar que presenta una avería y dificultar el funcionamiento correcto de la transmisión en el automóvil:

- Falta de potencia en el vehículo: deterioro de la correa o de transmisión, produciendo un resbalamiento de la correa con las poleas cónicas, suele suceder en transmisiones que emplean bandas de caucho transmisoras
- Falta de presión hidráulica, se debe al desgaste en la bomba de presión de aceite o debido a la fuga de líquido hidráulico en el sistema de transmisión
- Salida de potencia de forma irregular, provocando vibraciones en la cabina del vehículo debido al desgaste en los multidisco de embrague de acople al motor. La figura 7, muestra las partes de la transmisión CVT.

Figura 7. Partes de la transmisión CVT.



Fuente: Rodríguez (2014)

Una transmisión CVT está formado por los siguientes componentes:

- Árbol intermediario.
- Polea conductora.
- Polea conducida.
- Correa de transmisión.
- Embrague de arranque.
- Freno de la marcha atrás.
- Embrague de marcha adelante.
- Engranaje epicicloidal.
- Carter de aceite.
- Diferencial.
- Bomba de aceite

4.4 Despiece de componentes adyacentes

La labor del análisis y despiece de una transmisión CVT nos direcciona a enfocarnos en los componentes individuales y especiales que hacen de esta transmisión un tema de estudio por lo que los componentes generales de transmisiones vehiculares se describirán de manera general en este apartado, ya que nuestro estudio no se centrara en dichos elementos, pero serán necesarios en la elaboración de la maqueta con el objetivo de dejar en evidencia todas las piezas que entran en funcionamiento para que un vehículo equipado con este sistema pueda funcionar y cumplir con el transporte.

- Enfriador de aceite (intercambiador de calor)

- Rodamientos cónicos, rectos
- Diferencial armado
- Reductores de marcha
- Selector de marchas interno
- Convertidor de par
- Bomba de aceite

4.5 Despiece de componentes de la transmisión

Para entrar en esta etapa, primero se debe conocer qué es un despiece antes de desarmar la transmisión. Un despiece se trata de la extracción de cada una de las piezas y componentes que se encargan del funcionamiento de este sistema, como lo serían la cadena y las poleas cónicas, así como las partes que conforman el conjunto de la transmisión, como su carcasa o su bomba de aceite. En el apartado de despiece de la transmisión, después de la comprensión de la literatura del manual de taller oficial proporcionado por el fabricante, se describieron los componentes fundamentales para que una transmisión sea de tipo CVT, como se observa en la tabla 2.

Se determinaron los componentes clave de manera ordenada en una lista, conjuntamente con indicaciones para su posterior rearmado o montaje.

Según las indicaciones del fabricante en su boletín de servicio, se debía comenzar desde el drenaje del fluido lubricante, teniendo en cuenta el desecho responsable de aceites usados, así como las normas presentes en la ciudad para su reciclaje.

Tabla 2. Listado de piezas

Poleas cónicas	2pcs
Cadena	1pcs
Discos Múltiples	6pcs
Tren epicicloidal	1pcs
convertidor de par	1pcs
carcasa	3pcs
Enfriador de aceite	1pcs
Cuerpo de válvulas	1pcs
Cárter	1pcs
Bomba de aceite	1pcs
Diferencial	1pcs
Selector de cambio	1pcs

4.6 Componentes

4.6.1 Banda de transmisión

Este elemento encargado de unir las dos poleas es en especial necesario para el funcionamiento, ya que distribuye la carga de uno de los ejes al otro soportando en si fueras de tracción, transmitiendo el par motor hacia las ruedas en este caso poseemos una cadena o correa de láminas la cual se destaca por su flexibilidad a pesar de que su fabricación sea en acero, lo cual garantiza una vida útil. En la tabla 3 se muestra las dimensiones y número de eslabones de la banda y las figura 8 y 9 se indica la forma de la banda.

Tabla 3. Características

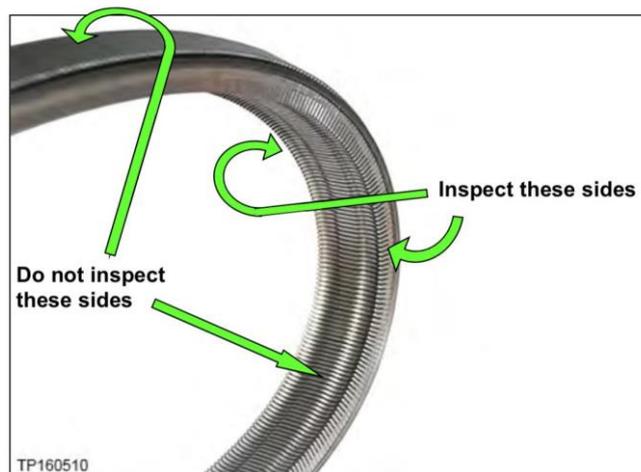
Peso	4,78lb
Longitud	46cm
Ancho	3.43cm
Eslabones	410 unidades

Figura 8. Cadena banda metálica para transmisión



Fuente: Politrans (2024)

Figura 9. Inspección de la banda metálica



Fuente: Nissan (2018)

En la figura 10 se puede distinguir la identificación de la banda:

Figura 10. Identificación de la banda



- **Desgaste en la Banda:** Las bandas de transmisión están expuestas en todo momento a esfuerzos de fricción, dependiendo del uso y aplicación de la transmisión éstas se verán en mayor cantidad deteriorada propiciando el resbalamiento de la misma o la holgura en su diámetro el cual no puede ser calibrable, sino reemplazado, ya que las poleas cónicas a pesar de estar en constante movimiento no poseen el rango necesario para ejercer fuerza con una banda deteriorada. Estas bandas se diferencian de las diferentes bandas de accesorios o transmisión as de carga del motor, ya que se encuentran en un baño de aceite continuo, el cual trata de minimizar el contacto metal en su interior.

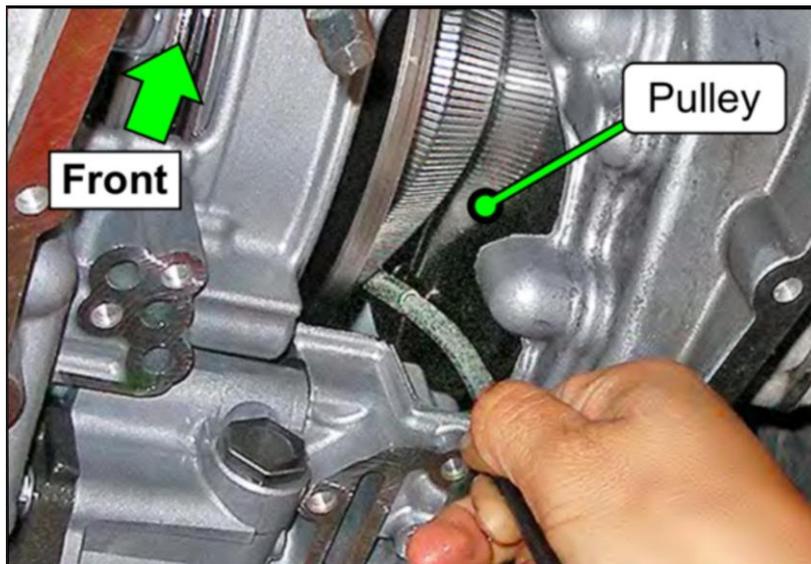
- **Inspección del desgaste:** Se puede realizar mediante dos métodos, uno de diagnóstico lamparoscópico o por despiece profesional.
- **Lamparoscópico:** Mediante la aplicación de una cámara lamparoscópico se puede ver el desgaste formado en las poleas cónicas, así como en la banda, sin la necesidad de intervenir mayormente o de forma invasiva la transmisión.
- **Despiece:** Posterior a la evaluación de rendimiento y fallo de la transmisión, con los datos obtenidos podemos despiezar la transmisión con el objetivo de revisar el estado de sus componentes internos, ya que si presentan fallos o averías comunes se puede inferir que se trata del desgaste en la banda o las poleas.

En el apartado del despiece se encuentra el proceso a seguir para la extracción de los componentes a ser analizados.

En el mantenimiento preventivo y correctivo de distintos sistemas utilizados en la conducción de movimiento nos ayudaremos de varios útiles de trabajo para un diagnóstico correcto del estado de una banda o cadena y sus componentes así de los piñones que interviene en su aplicación, lo curioso de estas transmisiones es que detrás de una banda con una complejidad de armado, superior y de un costo elevado la manera óptima de corroborar su desgaste es de manera visual en sus extremos en donde solo podremos encontrar desgaste si de igual manera encontramos que su servicio y mantenimiento no fueron óptimos durante su vida útil.

A continuación, se puede visualizar en la figura 11 y 12 como colocar la cámara lamparoscópica dentro de la transmisión y sus poleas cónicas.

Figura 11. Colocación cámara lamparoscópica



Fuente: Nissan (2018)

Figura 12. Colocación cámara lamparoscópica

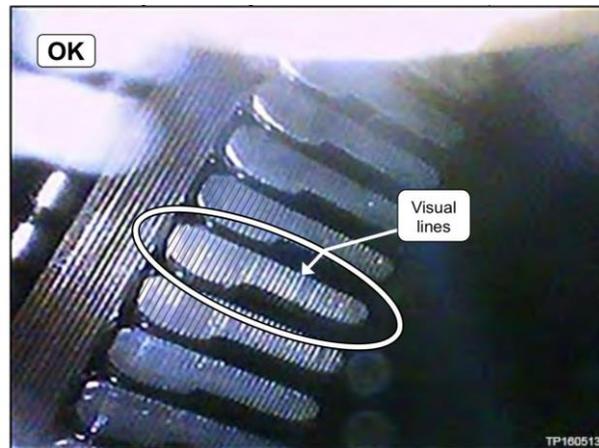


Fuente: Nissan (2018)

Mediante este método, y con la sonda en el interior de la banda metálica, se debía girar una de las llantas conectadas al eje motriz de modo que la transmisión girara, lo que permitiría observar toda la extensión de la banda. Esto se debía hacer inspeccionando cada uno de los dientes de un lado, para luego continuar con el otro lado. Una vez que la inspección de 360 grados de la banda hubiera concluido, se podría revisar el video y extraer las siguientes fallas o demostraciones que se verían en las siguientes figuras.

A continuación, en la figura 13, 14, 15 y 16 se puede encontrar las imágenes referenciales proporcionadas por el boletín de servicio de las bandas defectuosas encontradas por el método lamparoscópico.

Figura 13. Banda en perfecto estado



Fuente: Nissan (2018)

En la figura 13 se aprecia una banda en perfecto estado donde observamos las líneas de cada eslabón en su estado óptimo:

Figura 14. Bandas defectuosas



Fuente: Nissan (2018)

Figura 15. Bandas defectuosas



Fuente: Nissan (2018)

Figura 16. Bandas defectuosas



Fuente: Nissan (2018)

Se puede apreciar en las figuras 14, 15 y 16 que están expuestas arriba, el desgaste por fricción.

A continuación, se aprecia en la figura 17 la cara derecha de la banda y el desgaste por resbalamiento:

Figura 17. Cara derecha de la banda



En la figura 18 se aprecia la cara izquierda de la banda y surcos en la banda.

Figura 18. Cara izquierda de la banda

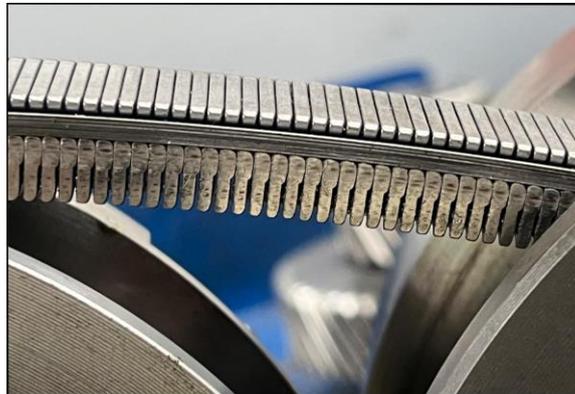


Figura 19. Poleas cónicas estriadas por desgaste



En la figura 19 se aprecia una cara de las poleas cónicas en donde se evidencia su estriado por desgaste.

El desgaste por fricción o recalentamiento ocasionaba en los eslabones de la banda un desgaste, causando un canal que, a su vez, desprendía material abrasivo. Esto desencadenaba fallos como pérdida de potencia, sensación de resbalamiento y que el vehículo entregara la potencia a las ruedas de forma irregular, causando malestar y falta de confort dentro del habitáculo. Además, este desgaste también incluía el taponamiento de los filtros del lubricante o sus conductos dentro de la caja, reduciendo así la vida útil del conjunto en general.

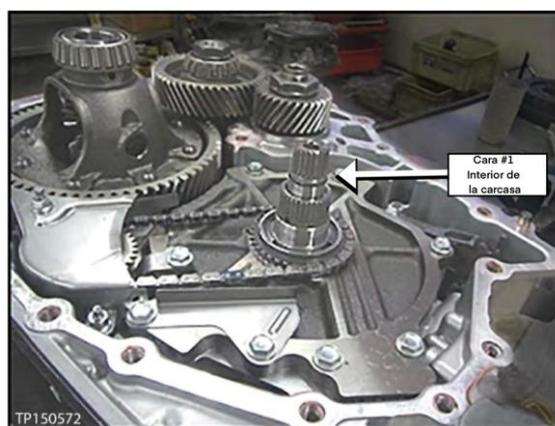
Conclusión de la inspección: Darle a conocer al cliente cuál es el motivo de la pérdida de eficiencia y mal funcionamiento de su transmisión y llegar a brindar un servicio el cual podría ser el cambio de la banda o el reemplazo total de la transmisión.

Soluciones comerciales: Bosch presenta una solución al desgaste de sus bandas metálicas, la cual es el remplazo de esta, pero del mismo modo como la banda dejó su rango de trabajo debido al desgaste, las poleas cónicas también se encuentran con desgaste, con indicios de resbalamiento interno.

Por lo que no garantizaran el óptimo funcionamiento o funcionamiento estable y armonioso del sistema interno de la transmisión.

A continuación, se puede encontrar en la figura 20 y 21 la cara #1 de la carcasa y la bomba de aceite:

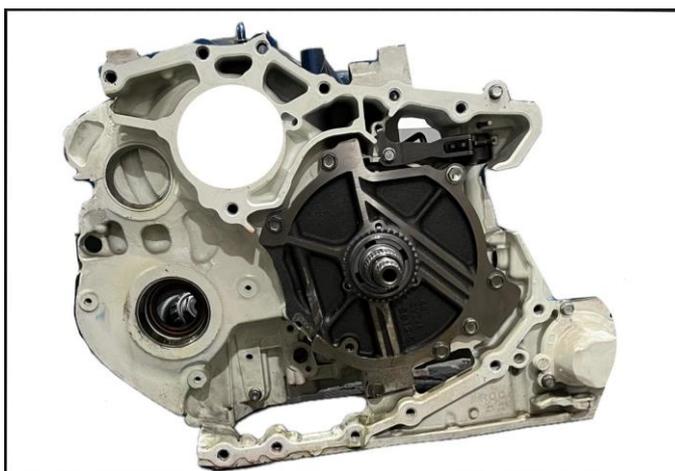
Figura 20. Carcasa, bomba de aceite reductora y diferencial



Fuente: Nissan (2018)

Aquí se puede identificar componentes tales como: el diferencial, los piñones reductores de relación y la parte posterior de la bomba de aceite.

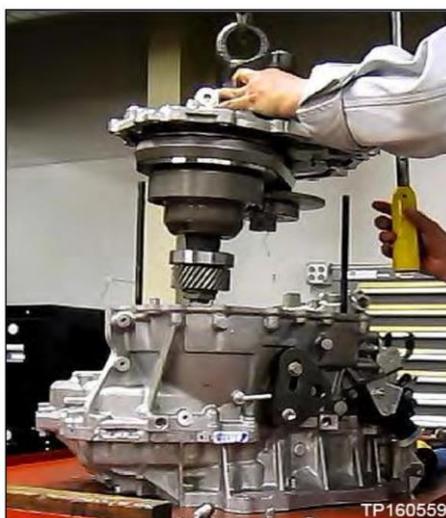
Figura 21. Bomba de aceite



La bomba de aceite se encuentra montada en la misma, al igual que las pistas de los rodillos.

Se continuó con el desarmado de la sección B de la carcasa, donde se alojarían las poleas cónicas conjuntamente con la banda metálica. Para ello, se utilizó una pluma para levantar estos componentes, empleando los pernos extraídos de la misma campana junto con una cadena hacia la pluma. En la figura 22, se pudo encontrar la imagen referencial de la extracción de las poleas cónicas.

Figura 22. Extracción de poleas cónicas



Fuente: Nissan (2018)

A continuación, se encontró el cuerpo de las poleas cónicas con su banda metálica, con la que se procedió a realizar comprobaciones de su estado físico mediante una inspección

visual y la utilización de equipos de medición, como el micrómetro y el calibrador, para comprobar el grosor de la banda. Del mismo modo, se pudo determinar si el desgaste se debía al uso normal, dejando una superficie de contacto con efecto espejo. Además, en el apartado del diagnóstico, se evidenció si la banda presentaba indicios de fallo, tales como picaduras y cavidades propias del desgaste acelerado. A continuación, en la figura 23, se pudo encontrar una toma superior del conjunto de poleas cónicas, banda metálica y sus rodillos.

Figura 23. Transmisión CVT



A continuación, en la figura 24 se aprecia la vista superior de las poleas y la banda metálica.

Figura 24. Vista superior de las poleas y la banda metálica.



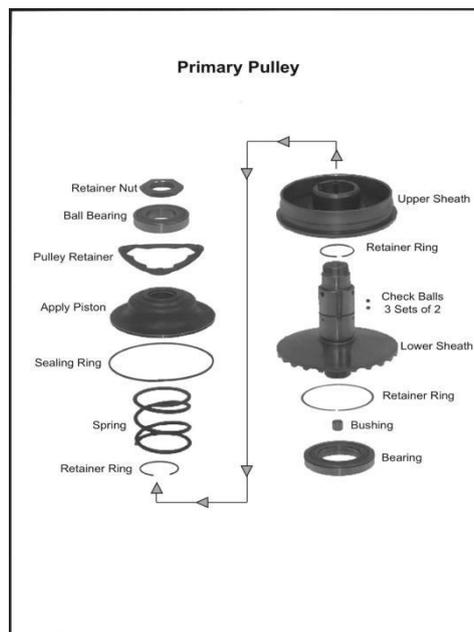
En la figura 25 se aprecia la parte posterior de las poleas cónicas:

Figura 25. Vista posterior de las poleas cónicas



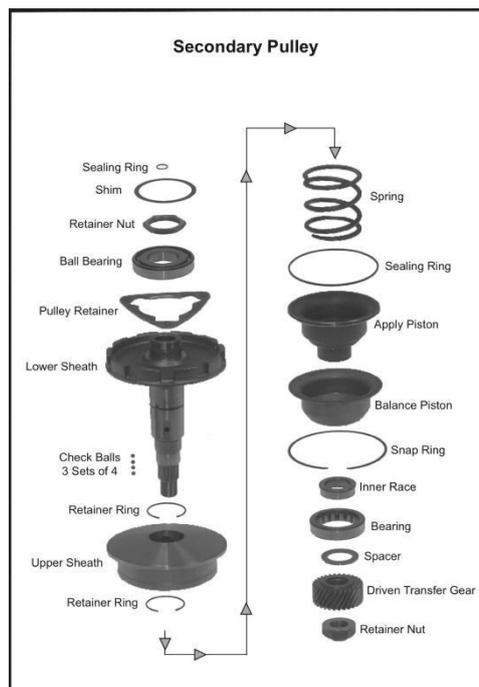
Se continuó con el proceso de despiece extrayendo el conjunto de la transmisión CVT, el cual estaba compuesto por poleas cónicas, una banda metálica y sus respectivos rodillos alojados en las salidas de los ejes. A continuación, en las figuras 26 y 27, se pudo encontrar el despiece del cuerpo de poleas y la banda.

Figura 26. Despiece del cuerpo de poleas y la banda



Fuente: Wittrans (2022)

Figura 27. Despiece del cuerpo de poleas y la banda



Fuente: Wittrans (2022)

De izquierda a derecha, se encontró el despiece integral de la polea cónica principal (eje de entrada), continuando con la polea cónica secundaria (eje de salida), así como los componentes del conjunto interno: retenes, rodillos, espaciadores, tuerca (rosca derecha), balanceadores y resortes.

Posteriormente, se encontró el conjunto del embrague, el cual se componía de 6 discos múltiples que se encontraban en baño de aceite, los cuales proporcionarían el desempeño tan suave y característico de esta transmisión. También se halló su carcasa, de donde se extrajo un tren epicicloidal encargado de desmultiplicar el giro entregado por el paquete de discos múltiples. Este mismo tren llevaría la fuerza y giro del motor por el eje primario de la transmisión hasta el eje primario de la polea cónica, traduciendo así el giro del motor en inercia por el convertidor de par, presión de aceite en la bomba y giro producido en el paquete de embrague, llevado al eje por el tren epicicloidal. A continuación, en la figura 28, se pudo encontrar el conjunto del embrague con sus discos múltiples.

Figura 28. Conjunto del embrague con sus discos múltiples.



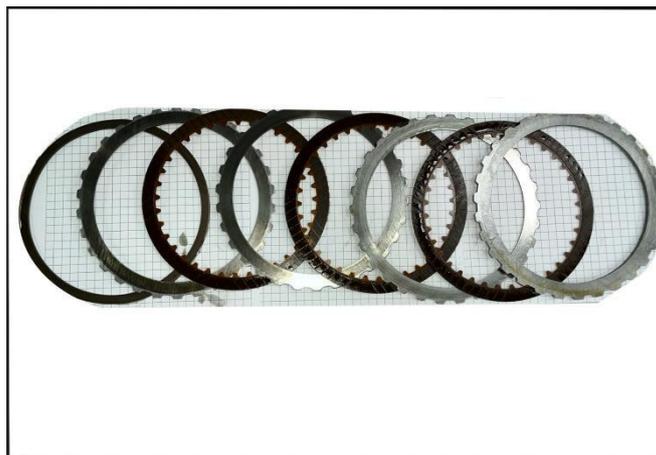
En la figura 29 se encuentra el plato dentado del conjunto de discos múltiples del embrague de la transmisión:

Figura 29. Plato dentado



A continuación, en la figura 30 se aprecia los discos múltiples, junto a sus separadores:

Figura 30. Discos múltiples



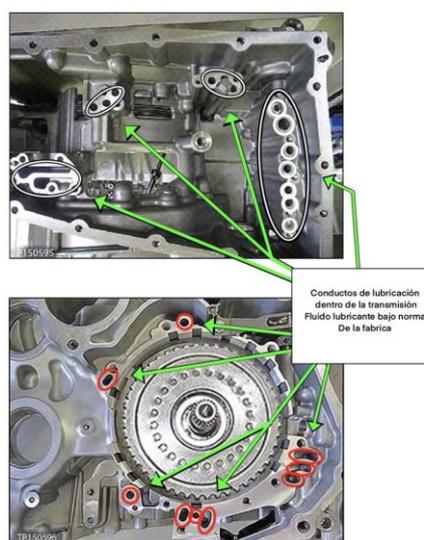
En la figura 31 se puede apreciar el lado que va hacia el convertidor de par de la bomba de aceite de la transmisión:

Figura 31. Convertidor de par de la bomba



A continuación, en la figura 32 se aprecia el embrague de reversa de la transmisión, así como sus discos múltiples, con separadores:

Figura 32. Identificación de ductos de lubricación



Fuente: Nissan (2018)

4.7 Elaboración de la maqueta

Cumpliendo con los objetivos del trabajo de titulación, en el apartado de la elaboración de una maqueta, se diseñó un modelo en el cual el público es capaz de visualizar los distintos componentes de la transmisión. Además, se pensó en que, a futuro, se pueda enseñar sobre transmisiones CVT en la universidad. Por ello, se dejó funcional su tornillería, de modo que los docentes y estudiantes puedan manipularla.

El diseño de la maqueta se basó en una investigación exhaustiva de los componentes de las transmisiones CVT (Transmisiones Continúamente Variables). Se realizó una revisión de la literatura especializada y se consultaron fuentes académicas y técnicas para asegurar la precisión y la representatividad del modelo. La maqueta incluye componentes esenciales como las poleas variables, la correa o cadena, y los mecanismos de control que permiten el ajuste continuo de la relación de transmisión.

La maqueta no solo facilita la visualización de los componentes internos de la transmisión, sino que también permite a los usuarios interactuar con ellos. Esto es crucial para la comprensión práctica del funcionamiento de las transmisiones CVT, ya que la manipulación directa de los componentes puede clarificar conceptos que de otra manera serían abstractos o difíciles de entender a través de explicaciones teóricas o diagramas planos.

Para asegurar la durabilidad y funcionalidad de la maqueta, se seleccionaron materiales resistentes y se diseñaron mecanismos de ensamblaje fáciles de usar. La tornillería

funcional permite el desmontaje y montaje de los componentes, facilitando así diversas actividades pedagógicas, tales como demostraciones prácticas, ejercicios de diagnóstico y prácticas de mantenimiento. Los docentes pueden utilizar la maqueta para ilustrar principios mecánicos básicos y avanzados, mientras que los estudiantes pueden desarrollar habilidades técnicas valiosas a través de la manipulación directa de los componentes.

En el futuro, se planea utilizar la maqueta como una herramienta central en cursos de mecánica automotriz y en talleres especializados. Además, la maqueta puede servir como base para proyectos de investigación y desarrollo, permitiendo a los estudiantes explorar innovaciones en el diseño y la optimización de transmisiones CVT. La inclusión de esta herramienta en el currículo académico no solo enriquecerá la formación técnica de los estudiantes, sino que también promoverá el aprendizaje activo y el pensamiento crítico. En resumen, la creación de esta maqueta representa un avance significativo en la enseñanza de la mecánica automotriz, proporcionando un recurso didáctico valioso y duradero. En la figura 33 se muestra un boceto de la elaboración de la maqueta. En las figuras 34, 35 ,36 y 38 se muestra un ejemplo del proceso de elaboración de la maqueta.

Figura 33. Boceto de la elaboración de la maqueta

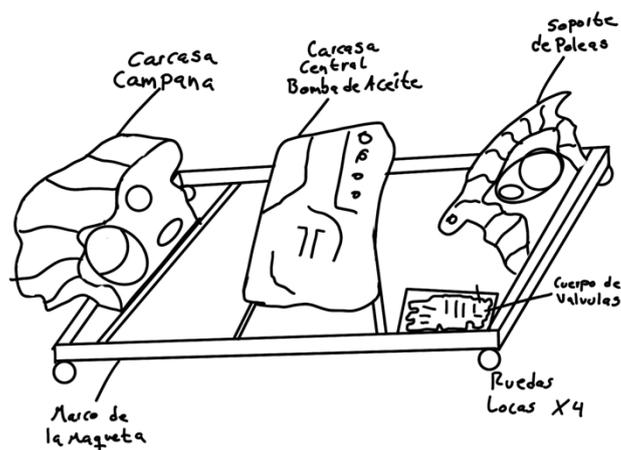


Figura 34. Elaboración de la base de la maqueta



Figura 35. Sujeción de las piezas



Figura 36. Ensamblaje de los componentes



Figura 37. Montaje de la base del cuerpo de válvulas

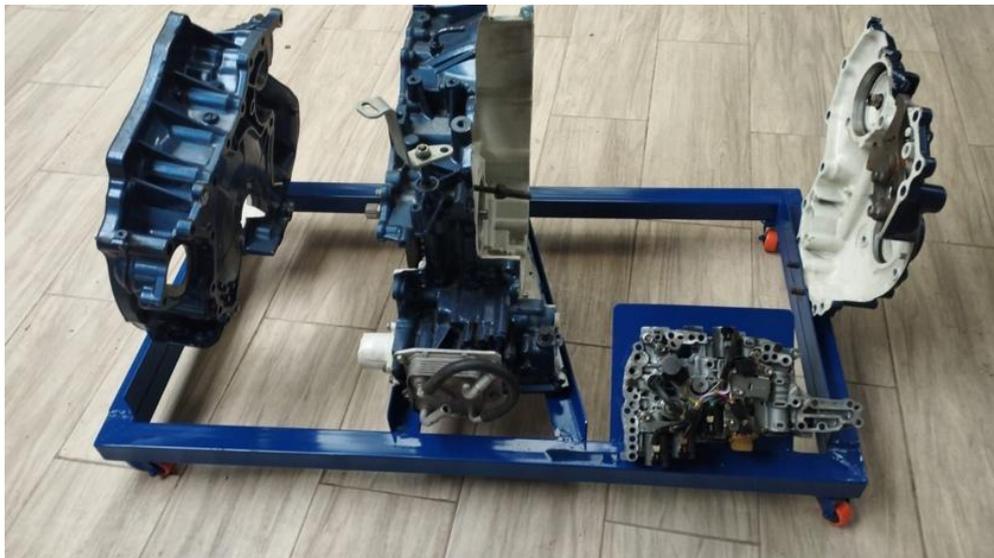


Figura 38. Montaje del grupo cónico y su banda metálica



5. Conclusiones y recomendaciones

- Para la elaboración de la maqueta se recibió mediante donación una caja de transmisión CVT, con ella es posible exhibir los componentes que forman la misma con la finalidad de proporcionar material para estudio de cajas de transmisión tipo CVT.
- Después de un análisis detallado del funcionamiento, aplicaciones e historia de la transmisión CVT, a pesar de ser un sistema diseñado e implementado desde hace ya décadas, no existen mayores evidencias bibliográficas al respecto.
- La transmisión CVT, siendo aplicada como un método de ahorro de combustible, eficacia al conducir, ergonomía y confort como sus puntos clave, se encuentra estancada, ya que por el momento no existen desarrollos o innovaciones que mejoren su rendimiento.
- Durante el proceso de elaboración de la maqueta didáctica se observó las fallas y desgaste de los componentes mecánicos de la transmisión, no se pudo realizar pruebas de funcionamiento debido a que no se dispone de los mandos electrohidráulicos para su funcionamiento.
- Los componentes mecánicos presentan un desgaste normal de la transmisión debido a su uso, por lo que no se puede establecer una falla específica para su reparación.
- Es importante considerar que conociendo el funcionamiento y los componentes de una transmisión CVT es factible determinar fallas y reparaciones para realizar en las mismas.

6. Referencias

- Albán, h., & González, M. (2024). Análisis del comportamiento de una caja de cambios cvt en vehículos. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/378009260_ANALISIS_DEL_COMPOR_TAMIENTO_DE_UNA_CAJA_DE_CAMBIOS_CVT_EN_VEHICULOS_CVT_gearbox_behavior's_Analysis_in_Vehicles
- Arrieta, R. (2018). Transmisión CVT. Obtenido de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-tecnologica-de-panama/transmision-iii/transmision-cvt-nota-b/4985037?origin=organic-success-document-viewer-cta>
- Hurtado, J. (2022). Diseño de un Banco Didáctico para Cajas Automáticas CVT. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5573/1/UIDE-G-TMA-2022-2.pdf>
- Karvi blog. (12 de Julio de 2022). *Karvi blog*. Obtenido de <https://www.karvi.com.ar/blog/como-funciona-una-caja-cvt-y-que-modelos-la-tienen/>
- Leguat, G. (2020). Manual de transmisión variable continua CVT. Obtenido de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-tecnologica-de-chile/mecanica-automotriz/manual-de-transmision-variable-continua/72137403>
- Matute, S., & Ávila, A. (2017). Diseño y construcción de un banco didáctico de una transmisión CVT por banda, que permita la captación y representación gráfica de señales de funcionamiento. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7967/1/13705.pdf>
- Mitsubishi Motors. (Octubre de 2019). *Mitsubishi Motors*. Obtenido de <https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/como-funciona-caja-cambios-cvt/>
- Motor Pasión. (23 de Julio de 2014). *Motor Pasión*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/audi/audi-dira-adios-al-cambio-multitronic>
- Nissan. (18 de Octubre de 2018). *Nissan*. Obtenido de <https://es.nissanusa.com/experience-nissan/news-and-events/xtronic-cvt-continuously-variable-transmission.html>
- PoliTrans. (12 de Abril de 2024). *PoliTrans*. Obtenido de <https://politrans.mercadoshops.com.mx/MLM-631888239-cadena-banda->

metalica-transmision-automatica-cvt-jf011e-jf011-re0f10a-nissan-ultima-juke-rogue-sentra-x-trail-xtrail-sx4-_JM

Portal Automotriz. (17 de Octubre de 2011). *Portal Automotriz*. Obtenido de <https://www.portalautomotriz.com/noticias/corporativo-e-industria/presenta-nissan-la-nueva-generacion-de-transmision-xtronic-cvt-y>

Prueba de Ruta. (10 de Noviembre de 2021). *Prueba de Ruta*. Obtenido de https://www.pruebaderuta.com/caja-de-cambios-cvt.php#google_vignette

Rodríguez, H. (2014). Diseño y Construcción del Prototipo de una Transmisión CVT y Diferencial Automotriz. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2014/junio/0714526/0714526.pdf>

Targasport. (Octubre de 2022). *Targasport*. Obtenido de <https://www.targasport.com.ar/articulos/motorsport/daf-transmision-cvt-competicion/>

Widman internacional srl. (18 de Abril de 2024). *Widman internacional srl*. Obtenido de <https://www.widman.biz/>

Wittrans. (2018). *Wittrans*. Obtenido de <https://www.wittrans.com/catalogs/cvtcat2022.pdf>