



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TREN DE POTENCIA PARA UN
VEHÍCULO TIPO BAJA SAE”**



AUTORES:

Cifuentes Tuquerres Jhon Byron

Sánchez Chamorro Kevin Santiago

DIRECTOR: Ing. Jorge Luis Melo Obando MSc

Ibarra-Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004284517		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cifuentes Tuquerres Jhon Byron		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Imbabura, Ecuador. Caranqui Vía San Cristóbal		
EMAIL:	jbcifuentest@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062-651-922	TELF. MOVIL	0960231572

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003478987		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Sánchez Chamorro Kevin Santiago		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Imbabura, Ecuador. Barrio el Milagro calle "las Grosellas"		
EMAIL:	kssanchezcl@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	<u>s/n</u>	TELF. MOVIL	097 941 0972

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TREN DE POTENCIA PARA UN VEHÍCULO TIPO BAJA SAE"
AUTOR (ES):	Cifuentes Tuquerres Jhon Byron Sánchez Chamorro Kevin Santiago
FECHA:	07/07/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	TITULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ
DIRECTOR:	Ing. Jorge Luis Melo Obando MSc



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

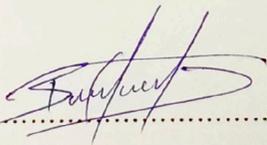


AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

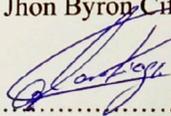
Nosotros, Jhon Byron Cifuentes Tuquerres y Kevin Santiago Sánchez Chamorro con cédula de identidad Nro. 1004284517, 1003478987, respectivamente, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 07 días del mes de julio de 2025

LOS AUTORES:

Firma.....


Nombre: Jhon Byron Cifuentes Tuquerres

Firma.....


Nombre: Kevin Santiago Sánchez Chamorro

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días, del mes de julio de 2025

LOS AUTORES:

Firma.....

Nombre: Jhon Byron Cifuentes

Firma.....

Nombre: Kevin Santiago Sánchez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

SUBDECANATO



**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 07 de julio de 2025

ING. JORGE MELO OBANDO MSC.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f)
MSC. JORGE MELO OBANDO
C.C.: 1718346529

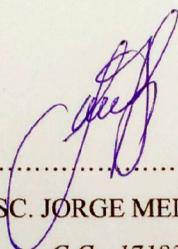
REPÚBLICA DEL ECUADOR

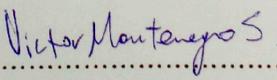
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**SUBDECANATO****APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL TREN DE POTENCIA PARA UN VEHICULO TIPO BAJA SAE” elaborado por Jhon Byron Cifuentes Tuquerres y Kevin Santiago Sánchez Chamorro, previo a la obtención del título de Ingenieros Automotrices, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 
MSC. JORGE MELO OBANDO
C.C.: 1718346529

(f): 
MSC. VICTOR MONTENEGRO
C.C.: 1717035149



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



DEDICATORIA

A mi padre Geovanny Cifuentes, el rey de las soluciones en cualquier momento, el MacGyver de nuestra casa, a quien admiro por su inteligencia, mi ejemplo a seguir, el faro que guía mi camino, el pilar de nuestra familia, gracias por enseñarme el valor del trabajo duro, por tu amor incondicional y tu fortaleza inquebrantable. Te amo papá

A mi madre Nancy Tuquerres, la mujer que me dio la vida, a la que me enseñó a volar, a soñar, a creer en mí mismo. A la que me ha dado la mano en cada tropiezo y me ha llenado de abrazos en cada caída. A la que con su amor incondicional me ha hecho la persona que soy. Gracias por enseñarme la importancia de la honestidad, lo bonito de siempre ser humilde, este logro, este triunfo, esta vida, te lo dedico a ti, con todo mi amor y gratitud. Te amo mamá.

A mi hermana Katherine por ser mi segunda madre, hemos crecido juntos, aprendido juntos, y superado juntos cada obstáculo que la vida nos ha puesto. Gracias por ser mi apoyo incondicional, mi hombro para llorar, mi mano amiga en cada momento

A Melany y Henry quienes son mi motivo para llegar más lejos y convertirme en su motivación, gracias por llenar mi vida de alegría, de risas, de momentos inolvidables. Gracias por ser la razón de mis sonrisas más sinceras y de mi orgullo más profundo.

Jhon Byron Cifuentes Tuquerres



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



DEDICATORIA

Es muy complicado encontrar el propósito de la vida, creyendo que se trata de una meta final. Pero la vida misma se encarga de enseñarnos que el propósito está en el camino, en cada paso, en cada decisión.

Mi madre alguna vez me dijo: “Si no pudiste ser lo que querías, sé el mejor en lo que eres”, y hoy estoy convencido de que lo que más anhelo es convertirme cada día en un mejor ser humano. Con muchas cosas en el camino, pero siempre con la frente en alto y el paso firme, porque el ejemplo de quienes van delante de mí siempre será seguir adelante.

Quiero dedicar, con mucho entusiasmo y todo el amor del mundo, este trabajo de titulación a mi familia. A mi madre, Silvana Chamorro, quien ha estado a mi lado dándome todo su amor y apoyo incondicional. A mi padre, Hernán Sánchez, quien cada día lucha con fuerza para sacarnos adelante.

A mi hermano, Isaac, compañero en este proceso de aprendizaje, juntos hemos avanzado sin miedo a perder, sabiendo que incluso de los tropiezos se aprende. Este logro también es tuyo. Quiero demostrarte que, con esfuerzo y determinación, todo es posible.

A mi abuelita querida, que hoy me acompaña desde el cielo. Ella nunca dejó de creer en que yo llegaría lejos. Gracias a su amor y fe, lo hemos logrado.

Dedico este trabajo también a mis familiares, quienes han estado detrás de mí, apoyándome desde sus posibilidades y creyendo en mí, incluso cuando yo sentía que los había decepcionado.

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



A aquella persona especial que me acompañó en gran parte de este proceso y que, por cosas de la vida, hoy no está aquí para celebrar este logro. Gracias por tu sacrificio, apoyo y comprensión. Siempre lo guardaré en mi corazón.

Por último, pero no menos importante, a mis amigos: los que estuvieron desde el inicio, y también a quienes se sumaron en el camino. Al “Grupo Motores”, que hoy deja de ser un grupo de estudiantes para convertirse en profesionales. ¡Lo logramos!

Kevin Santiago Sánchez Chamorro



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mi camino y brindarme sabiduría.

A mis padres, Geovanny Cifuentes y Nancy Tuquerres por su invaluable guía, paciencia y apoyo incondicional durante todo este proceso. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para la culminación exitosa de esta etapa de mí vida, ustedes han sido y siempre serán mi motivación para seguir adelante.

A mi hermana Katherine por siempre estar cuando lo he necesitado, además de inspirarme a alcanzar este logro, a mis hermanos Melany y Henry quienes eran mi motivación y las ganas de llegar más lejos.

Agradezco de todo corazón a mi pareja Karen, quien estuvo en toda esta etapa de mi vida y que sin pensar se convirtió en mi inspiración y uno de los motivos por el cual tengo que seguir adelante, mil gracias por entrar y quedarte en mi vida, sin importar si los momentos son buenos o malos, te amo mucho mi princesa.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi compañero y amigo Kevin Sánchez, con quien compartí muchos momentos que se quedarán grabados para siempre. Su conocimiento, perseverancia y ganas de salir adelante influyeron para culminar este proyecto.

No puedo dejar de mencionar el apoyo incondicional de mi familia y amigos, quienes me brindaron ánimo, comprensión y paciencia en los momentos más difíciles. Su apoyo moral fue esencial para mantenerme motivado y perseverar para obtener mis objetivos.

Jhon Byron Cifuentes Tuquerres



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



AGRADECIMIENTO

A Dios, por haber permitido que, a pesar de mis errores, lograra culminar aquello que un día me propuse con mucha ilusión. Gracias por darme fuerza en la mente y el corazón para enfrentar todos los retos y limitaciones desde el primer semestre.

Agradezco infinitamente a mis padres y a mi hermano por su sacrificio, paciencia y amor. Tengan por seguro que su esfuerzo no será en vano. Todo lo que soy se los debo a ustedes. Me enseñaron con humildad y perseverancia a no rendirme y a buscar siempre una solución ante las dificultades.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz, quienes han sido pilares fundamentales en este proceso. Gracias por su entrega, exigencia y ejemplo como profesionales comprometidos con la formación de cada uno de sus estudiantes.

Gracias infinitas a Byron Cifuentes, compañero y amigo con quien compartí esta carrera desde el primer semestre. Su experiencia, conocimiento y calidad humana hicieron posible este trabajo. Gracias por tu amistad incondicional.

A todos aquellos que han sido parte de este proceso, que me brindaron su ayuda, su tiempo, su comprensión y su amistad: algunos estuvieron solo en momentos breves, otros permanecen hasta hoy, pero todos han sido importantes. A todos los llevo en el corazón.

Todo lo bueno de este camino quedará grabado en mi memoria para siempre.

Kevin Santiago Sánchez Chamorro



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto se centra en crear y poner en marcha el sistema de transmisión trasera para un vehículo Baja SAE, construido por estudiantes de Ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte. Se eligió un método práctico que une la modificación de partes de autos comunes que se encuentran a la venta con el diseño y la producción de piezas hechas por nosotros.

La investigación tomó en cuenta ideas clave de la dinámica longitudinal, el diseño mecánico y el análisis de cómo trabaja el sistema de transmisión, buscando que el prototipo sea útil y eficiente. Se usaron programas de computadora para diseñar y simular (CAD/CAE) para crear modelos en 3D, analizar posibles problemas y evaluar los esfuerzos iniciales. Se estudió en detalle la forma de la transmisión CVT y se diseñó una cubierta para la caja del diferencial, una parte muy importante para que el tren motriz funcione.

En la fase de construcción, se prefirió usar materiales del país, incluyendo partes usadas de vehículos comunes y piezas fabricadas desde el principio, usando procesos de mecanizado y soldadura. Esto ayudó a bajar mucho los gastos sin afectar cómo funciona el sistema en términos mecánicos.

Al final, se hicieron pruebas en terreno, como pruebas de aceleración, frenado y cómo se maneja, y los resultados mostraron que el sistema de transmisión que se implementó cumple con lo que necesita el vehículo para funcionar, comprobando que funciona bien y que el diseño que se propuso es viable.

Palabras claves: Transmisión CVT, Caja diferencial, SolidWorks, Diseño experimental, Dinámica longitudinal, Materiales nacionales, Pruebas dinámicas, Prototipo funcional



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



ABSTRACT

This project focuses on creating and implementing the rear transmission system for a Baja SAE vehicle, built by students of Automotive Engineering at the Universidad Técnica del Norte. A practical method was chosen that unites the modification of common off-the-shelf car parts with the design and production of self-made parts.

The research considered key ideas of longitudinal dynamics, mechanical design and analysis of how the transmission system works, seeking to make the prototype useful and efficient. Design and simulation software (CAD/CAE) was used to create 3D models, analyze potential problems and evaluate initial stresses. The shape of the CVT transmission was studied in detail and a cover was designed for the differential case, a very important part for the powertrain to work.

In the construction phase, the preference was to use in-country materials, including used parts from common vehicles and parts fabricated from scratch using machining and welding processes. This helped to greatly lower costs without affecting how the system works mechanically.

In the end, field tests were carried out, such as acceleration, braking and handling tests, and the results showed that the transmission system implemented complies with what the vehicle needs to operate, proving that it works well and that the proposed design is viable.

Keywords: CVT Transmission, Differential cover, SolidWorks, Experimental design, Longitudinal dynamics, National materials, Dynamic testing, Functional prototype



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	xxiv
1. INTRODUCCIÓN	xxiv
1.1 Problema de investigación.....	xxiv
1.2 Objetivos.....	xxv
Objetivo general.....	xxv
Objetivos específicos	xxv
1.3 Alcance	xxvi
1.4 Justificación	xxviii
CAPÍTULO II	1
2 MARCO TEÓRICO.....	1
2.1 BAJA SAE.....	1
2.1.1 Historia de Baja SAE.....	1
2.1.2 Cumplimiento de Reglas de la Competición BAJA SAE	2
2.2 Tren de Potencia.	2
2.2.1 Definición de tren de potencia	2
2.2.2 Definición de componentes.....	3
2.2.2.1 Motor.....	3
2.2.2.2 Embrague.	4
2.2.2.3 Eje de transmisión.....	5
2.2.2.4 Diferencial.....	5
2.2.2.5 Transmisión.....	6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



2.3	Tipos de transferencia de fuerza	6
2.3.1	Transferencia por correa	6
2.3.2	Transferencia por cadena	7
2.3.3	Transferencia por Engranajes	9
2.4	Motores de combustión a Gasolina.....	10
2.4.1	Principio de funcionamiento.....	10
2.4.2	Tipos de motor a gasolina.....	11
2.4.2.1	Según la forma que tengan que realizar el ciclo.....	11
2.4.2.2	Según la presión de admisión.....	11
2.4.2.3	Según disposición de los cilindros.....	12
2.5	Sistemas de transmisión.....	13
2.5.1	Tipos de transmisión.....	13
2.5.2	Manual	13
2.5.3	Automática.....	14
2.5.4	Variador continuo CVT.....	14
2.5.5	Transmisión manual automatizada AMT.....	15
2.6	Diseño del Tren de Potencia.....	16
2.6.1	Selección de motor y transmisión.....	16
2.7	Diseño y selección de Diferencial.....	16
2.8	Sistema de escape.....	16
2.9	Dinámica del Vehículo.....	17



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



2.9.1	Integración del tren de potencia con el chasis.	17
2.9.2	Distribución de peso.	18
CAPÍTULO III		20
3	MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1	Desarrollo y propuesta de estudio	20
3.2	Definición de parámetros exigidos por el programa BAJA SAE.	21
3.3	Análisis de especificaciones técnicas de proyectos que anteceden el estudio. .	22
3.4	Dimensionamiento del tren de potencia.....	23
3.4.1	Modelado del tren de potencia.....	24
3.4.2	Cálculos análogos	24
3.4.2.1	Potencia de Motor	24
3.4.2.2	Potencia que se transmite a ruedas motrices	25
3.4.2.3	Eficiencia de la transmisión	26
3.4.2.4	Cálculo de fuerzas y Resistencias del vehículo.....	26
3.4.2.5	Resistencia aerodinámica	27
3.4.2.6	Resistencia a la rodadura.....	29
3.4.2.7	Resistencia por pendiente.....	30
3.4.2.8	Resistencia por inercia	31
3.4.3	Análisis de Potencia Necesaria de motor	32
3.4.4	Análisis de elementos de transmisión	33
3.4.5	Análisis del dimensionamiento	36



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



3.4.6	Simulación CAE	36
3.5	Diseño asistido por computador CAD	37
3.5.1	Selección de componentes.	37
3.5.1.1	Motor.....	37
3.5.1.2	Transmisión CVT.....	38
3.5.1.3	Kit de arrastre.....	39
3.5.1.4	Semiejes	40
3.5.1.5	Rodamientos.....	40
3.5.1.6	Chumaceras	41
3.5.1.7	Peso de componentes	42
3.5.2	Modelado 3D de componentes.....	43
3.5.3	Diseño del tren de potencia.....	44
3.5.3.1	Caja de Diferencial.....	45
3.5.3.2	Tapa Diferencial.....	46
3.5.3.3	Acoplamiento con la Catalina	47
3.5.3.4	Integración de los Semiejes.....	49
3.5.3.5	Sistema de Anclaje.....	49
3.5.3.6	Componentes Adaptados.....	51
3.5.4	Ensamble global.....	53
3.6	Fabricación.....	54
3.6.1	Adquisición de componentes prefabricados	55



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



3.6.2	Elaboración del package y planos de construcción.....	57
3.6.3	Procesos de manufactura y adaptación de componentes	57
3.7	Pruebas de Funcionamiento	58
3.7.1	Aceleración	59
3.7.2	Arrastre	59
3.7.3	Velocidad máxima	59
3.7.4	Maniobrabilidad.....	60
CAPÍTULO IV.....		61
4	Resultados y Discusión.....	61
4.1	Cálculos Análogos	61
4.2	Análisis estructural.....	71
4.2.1	Bridas de Semieje de transmisión.....	71
4.2.2	Soporte de la catalina o tapa de Diferencial.....	77
4.3	Procesos de Manufactura	81
4.3.1	Diseño del tren de potencia.....	81
4.3.2	Procesos de corte y soldadura de materiales.....	82
4.3.3	Fabricación de conjunto de transmisión	83
4.4	Adaptación de motor y transmisión	85
4.4.1	Ensamble de las partes	85
4.5	Pruebas de comportamiento.....	87
4.5.1	Prueba de aceleración	88



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



4.5.2	Prueba de arrastre.....	89
4.5.3	Prueba de velocidad Máxima.....	91
4.5.4	Prueba de Frenado.....	92
4.5.5	Prueba de maniobrabilidad	93
4.6	Resumen de Costos	94
CAPÍTULO V		98
5	Conclusiones y recomendaciones	98
5.1	Conclusiones.....	98
5.2	Recomendaciones	99



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Peso de elementos o partes.....	23
Tabla 2	Coefficientes aerodinámicos generales de vehículos (Cx).....	29
Tabla 3	Coefficiente de resistencia a la rodadura.....	30
Tabla 4	Análisis de torque existente en el vehículo.....	34
Tabla 5	Especificaciones técnicas motor	38
Tabla 6	Especificaciones técnicas Transmisión CVT	39
Tabla 7	Especificaciones técnicas Catalina.....	39
Tabla 8	Especificaciones técnicas Cadena.....	40
Tabla 9	Especificaciones técnicas Semiejes	40
Tabla 10	Especificaciones técnicas Rodamientos.....	41
Tabla 11	Especificaciones técnicas Chumacera.....	42
Tabla 12	Especificaciones Eficiencia Chumacera	42
Tabla 13	Peso de componentes	43
Tabla 14	Tabla de componentes prefabricados.....	56
Tabla 15	Análisis de Torque	61
Tabla 16	Relaciones de Transmisión	63
Tabla 17	Condiciones operativas	64
Tabla 18	Pesos partes del Vehículo	65
Tabla 19	Datos generales del Vehículo.....	68
Tabla 20	Cálculo de Potencia.....	70
Tabla 21	Prueba de Aceleración	88
Tabla 22	Pruebas de Arrastre	90
Tabla 23	Materiales para Fabricación.....	95
Tabla 24	Componentes Fabricados	96
Tabla 25	Proceso de Manufactura.....	96



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Prototipo todo terreno Baja SAE.....	1
Figura 2 Tren de Potencia	3
Figura 3 Motor Estacionario	4
Figura 4 Sistema de Embrague	5
Figura 5 Eje de Transmisión	5
Figura 6 Transmisión por correa	7
Figura 7 Cadena y eslabones.....	8
Figura 8 Tipos de Engranajes.....	10
Figura 9 Caja de transmisión.....	14
Figura 10 Transmisión CVT	15
Figura 11 Diagrama de flujo secuencia de trabajo.....	21
Figura 12 Vista Isométrica Caja Diferencial.....	45
Figura 13 Vista Tapa Diferencial.....	46
Figura 14 Vista Isométrica Catalina.....	48
Figura 15 Vista Isométrica Catalina Ensamblada	48
Figura 16 Vista Isométrica Chumacera.....	50
Figura 17 Vista Isométrica Diferencial con Chumacera	51
Figura 18 Vista Isométrica Brida Izquierda	52
Figura 19 Vista Isométrica Brida Derecha.....	52
Figura 20 Vista Posterior Prototipo Ensamblado.....	54
Figura 21 Vista posterior ensamblaje Global.....	66
Figura 22 Vista superior Llantas	67
Figura 23 Cálculo de la superficie efectiva.....	67
Figura 24 Vista Isométrica Brida de Semieje	72
Figura 25 Vista Isométrica Factor de Seguridad Brida de Semieje	74



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 26	Vista Isométrica Límite Elástico Brida de Semieje.....	75
Figura 27	Vista Isométrica Desplazamiento Brida de Semieje.....	76
Figura 28	Vista Isométrica del soporte o tapa del diferencial.....	77
Figura 29	Vista Isométrica Factor de Seguridad del Soporte o tapa del diferencial.....	79
Figura 30	Vista Isométrica Límite Elástico del Soporte o Tapa del Diferencial	80
Figura 31	Vista Isométrica Desplazamiento Soporte o Tapa del Diferencial	81
Figura 32	Piezas Cortas, Perforadas, Soldadas y Torneadas	84
Figura 33	Modificación de los Monoshock	86
Figura 34	Ensamblaje CVT.....	86
Figura 35	Caja de Diferencial	87
Figura 36	Pruebas de Velocidad y Aceleración en Condiciones de Funcionamiento.....	89
Figura 37	Pruebas de Arrastre.....	91
Figura 38	Prueba de Velocidad en 100m.....	92
Figura 39	Prueba de Frenado	93
Figura 40	Prueba de Maniobrabilidad Slalom	94



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Potencia del motor.....	25
Ecuación 2 Potencia a la rueda.....	25
Ecuación 3 Eficiencia de la transmisión	26
Ecuación 4 Resistencia aerodinámica	27
Ecuación 5 Superficie efectiva.....	28
Ecuación 6 Resistencia a la rodadura.....	30
Ecuación 7 Teorema de Pitágoras	31
Ecuación 8 Resistencia por pendiente.....	31
Ecuación 9 Resistencia por inercia	32
Ecuación 10 Potencia necesaria requerida	33
Ecuación 11 Torque	35
Ecuación 12 Fuerza tangencial.....	35



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis, denominado "Diseño e Implementación del Tren de Potencia de un Vehículo Baja SAE", se ubica en la vanguardia de la ingeniería automotriz al abordar de manera integral el diseño y la implementación práctica de sistemas de propulsión eficientes. La competencia global Baja SAE presenta un reto estimulante, impulsando el trabajo en equipo y las aptitudes prácticas, al tiempo que facilita la aplicación de la teoría aprendida en la universidad.

Este estudio es importante no solo porque mejora los diseños ya existentes de los vehículos Baja SAE, sino también por su posible impacto en la industria del automóvil y en la creación de opciones sostenibles y eficientes. Realizado por estudiantes de Ingeniería Automotriz, este proyecto subraya el compromiso de la academia con la formación de profesionales capaces de enfrentar los desafíos contemporáneos, consolidando así la conexión esencial entre la educación y la innovación en la ingeniería automotriz.

1.1 Problema de investigación.

Dentro de la Carrera de Ingeniería Automotriz perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, por parte del personal académico capacitado en el área se exige a los estudiantes previo a la obtención de su título profesional de pregrado, desarrollar e implementar proyectos vinculados al área de estudio. Es el caso de la existencia previa de trabajos de grado en base a diferentes investigaciones consecutivas que conformar una misma base de investigación para el cumplimiento de un proyecto macro [1].



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



En base a los proyectos similares ya desarrollados como la manufactura de chasis e implementación de algunos sistemas principales de un vehículo tipo Baja SAE, surge como problemática principal, dimensionar la implementación del tren de potencia. Además, diseñar, adquirir o fabricar los mecanismos óptimos y adaptaciones necesarias para un posterior ensamblaje del sistema de propulsión, el cual se pueda acoplar de una forma adecuada al espacio disponible en el chasis. Todo esto implicaría identificar una correcta ubicación del motor, la transmisión y escape considerando que no afecte al sistema de suspensión para garantizar un equilibrio eficiente respecto al peso y distribución de la carga.

Teniendo en cuenta las adaptaciones necesarias, así también la selección de componentes de calidad donde se identifique la composición de los materiales que pueda requerir el vehículo, surge como problemática adicional analizar y optimizar el rendimiento de la propuesta de tren de potencia, donde los parámetros del motor como la transmisión y el sistema de propulsión nos brinden una aproximación a su máxima potencia y torque, sin afectar la parte térmica del sistema de funcionamiento.[2].

1.2 Objetivos

Objetivo general

- Diseñar e implementar el tren de potencia para un vehículo tipo BAJA SAE.

Objetivos específicos

- Seleccionar el tren de potencia (motor y sistema de transmisión) con características específicas que cumpla con proporciones y medidas, para un chasis ya fabricado.
- Aplicar todo lo referente a la normativa preestablecida por Baja SAE para vehículos con fines de competencia estudiantil.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



- Diseñar tras un análisis los puntos de acoplamiento para la ubicación adecuada del tren de potencia y simular las fuerzas que se aplicarían durante el régimen de funcionamiento.
- Implementar el tren de potencia (motor y sistema de transmisión) de acuerdo con los requerimientos solicitados por Baja SAE formula student, para posteriores pruebas de ensayo.

1.3 Alcance

La finalidad principal de este proyecto acoge el diseño e implementación de los sistemas requeridos para el acople de un motor y sistema de transmisión adaptados a un chasis de un vehículo tipo BAJA SAE, el cual se diseñó y fabricó como proyecto conjunto de investigación e implementación por parte de los estudiantes pertenecientes a las carreras de “ingeniería en mantenimiento automotriz” e “ingeniería automotriz”, con la implementación del proyecto referente al sistema de dirección, suspensión y freno. Carreras que forman parte de la Universidad Técnica Del Norte ubicada en la ciudad de Ibarra, Ecuador.

Las exigencias que requiere el tipo de competencia de BAJA SAE en un tipo bugui son varias, pero se estandarizan de acuerdo con características preestablecidas para que los concursantes y estudiantes puedan llevar una competencia uniforme. Generalmente de requiere de un motor enfriado por aire y de modelo Briggs y stratton con 10 Hp de potencia OHV INTEK de modelo 205432, sin embargo, las características las puede compartir con motores similares como lo son:

- Potencia entre 5 HP y 12 HP
- Capacidad de tanque de combustible adaptable a carrocería.
- Desplazamiento.
- Capacidad de aceite peso en seco y consumo de combustible regular.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Estas características no se centran a un motor de tipo estacionario, mediante el aval de baja sae al ser un proyecto estudiantil se permite la adaptación de motores de 2 y 4 tiempos que cumplan con la mayoría de los requerimientos [3].

El desarrollo de este proyecto implica la recopilación y análisis de datos que justifiquen la planificación del trabajo en base a elementos anteriormente fabricados y acoplados. Para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados previamente. Además de realizar la selección sustantiva con respecto a normativas y especificaciones dados por Baja SAE de un motor y sistema de transmisión que conllevará trabajos de manufactura y diseño para su correcta adaptación al vehículo [4].

Para estimar de una mejor manera todas las cargas y esfuerzos a los que se encontraran sometidos los elementos adquiridos y diseñados se hará uso de un software de diseño y simulación que permitan escoger de forma más segura los materiales y realizar el desarrollo del proyecto bajo estándares de calidad y seguridad. Ayudando a estimar un correcto funcionamiento de todos los sistemas antes mencionados pertenecientes a proyectos anteriores, basándonos en las normativas vigentes establecidas por Baja SAE para vehículos de competencia estudiantil.

La carrera de ingeniería automotriz cuenta con herramientas, maquinaria, talleres e instalaciones adecuadas que permiten a los estudiantes realizar pruebas y ensayos referentes al sistema que se vaya a implementar, en el presente caso se hará uso de estos para la implementación del proyecto. Específicamente el área de taller para corte, soldadura y recursos disponibles en el mismo. Una vez implementado el tren de potencia se realizará las pruebas pertinentes para la verificación de un correcto funcionamiento.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



1.4 Justificación

Es de vital importancia tener presente que la implementación de este proyecto denominado Diseño e implementación del tren de potencia para un vehículo tipo BAJA SAE está planteado con la finalidad de aplicar conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la carrera donde se demuestre la factibilidad del desarrollo profesional de los estudiantes. Mediante el uso de conocimientos y una detallada investigación se determinará el correcto funcionamiento de los sistemas disponibles diseñados y adquiridos de manera adecuada para el proyecto. Al considerarse un proyecto de manufactura se evidenciarán además las capacidades técnicas de manejo de herramientas y equipos propios de taller automotriz que servirán para el previo y posterior análisis y diagnóstico de cada uno de los componentes del proyecto específicamente direccionado a funcionamiento de sistema motriz y de transmisión de movimiento hacia eje de las llantas.

Al ser un proyecto de continuidad basado en la construcción de un bastidor inicial que se rige a través de una normativa existente es prudente trabajar haciendo uso de varios estándares de acoplamiento y fabricación establecidos por BAJA SAE al ser un vehículo monoplaza el mismo que debe registrarse por una normativa internacional. Sin embargo la creación de este proyecto permite el trabajo de manufactura mediante la adaptación de los diferentes sistemas creados y adquiridos como lo son el motor principal que debe cumplir con un mínimo de potencia de entrega, sistema de transmisión y la adaptación de un eje de vehículos similares que permitan un correcto acoplamiento con la visión de crear un artefacto y vehículo que sobre todo regule la seguridad del ocupante de la cabina del vehículo y permita además la prevención de fallas en los sistemas logrando un óptimo desempeño[5].

Además, el proyecto promueve la sana competencia dependiendo de la demostración de conocimientos aplicados por los estudiantes



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Otros factores también influyen en la generación integral del proyecto como pilares principales de implementación, como lo es Transformación de la Matriz Productiva que representa no solamente una herramienta de cambio sino también un desafío para alcanzar el Buen vivir a través de la creación de oportunidades basados en el mercado nacional e internacional. El Gobierno Nacional busca transformar la matriz productiva con el objetivo de crear un sistema económico más justo y sostenible. Esto implica generar nuevas formas de producir riqueza, distribuirla de manera más equitativa y reducir la dependencia de la economía ecuatoriana a factores externos. Además, se busca eliminar las desigualdades entre las diferentes regiones del país e integrar a aquellos grupos que tradicionalmente han sido marginados del desarrollo económico [6].

En este contexto la creación del presente proyecto se engloba en el eje número uno el cual habla sobre la diversificación productiva basada en el desarrollo de industrias estratégicas como refinería, astillero, petroquímica, metalurgia y siderurgia, de esta forma se busca ampliar la oferta de productos no solamente internacionales sino también los producidos en el país. El eje número 4 que fomenta las exportaciones particularmente de la economía popular y solidaria, enfoca nuestro proyecto como una base para futuros emprendimientos en base a nuestra investigación fomentando la compra de producto base y entregando un producto terminado. En referencia al Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 la implementación del proyecto se trabajara con miras al objetivo número 7 perteneciente al eje social definido como “Potencia las capacidades de la ciudadanía y promover una educación innovadora, inclusiva y de calidad en todos los niveles”, En sus políticas hace referencia a promover la modernización y eficiencia del modelo educativo donde la innovación y las herramientas tecnológicas son papel fundamental para la creación de proyectos de índole similar al planteado. Y por último la Política 7.2.A6 que propone la creación de programas de formación técnica y tecnológica enfocados a la igualdad de oportunidades, ya que



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



este proyecto puede redimensionarse y plantearse como un emprendimiento de fabricación y manufactura nacional creando oportunidades económicas, tecnológicas y sociales.

Estos aspectos demuestran que el presente proyecto promueve procesos varios de investigación para la posterior implementación y uso de herramientas técnicas y tecnológicas, necesarias para la creación, acoplamiento y utilización óptima de los diferentes sistemas pertenecientes a un vehículo de tipo BAJA SAE, creando oportunidad no solo a estudiantes y docentes si no con vistas a futuro a implementarse dentro de la economía popular del país. Que además cumplirá con normativas y reglamentos estandarizados de tipo nacionales e internacionales los cuales son resultado de conocimientos propuestos por las diferentes almas mater de profesionales en el campo automotor.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 BAJA SAE.

2.1.1 Historia de Baja SAE.

Baja SAE es reconocida como una competencia de carácter ingenieril la misma que se inició en la “Universidad de Carolina del Sur” en el año 1976. A cargo de la dirección y creación de esta competencia se encontraba el doctor Jhon F. Stevens. Desde sus inicios la competencia se ha galardonado con prestigio conformado por equipos universitarios en diseño de ingeniería [7]. La competencia se caracteriza por diseñar y construir un prototipo de vehículo todo terreno como se muestra en la **Figura 1**, que se los llamó Baja SAE [8].

Figura 1

Prototipo todo terreno Baja SAE.



iii

Tomado de: [9].



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



2.1.2 Cumplimiento de Reglas de la Competición BAJA SAE

La competencia se adhiere a un modelo exigente, con evaluaciones fijas y en movimiento durante todo el encuentro. Todo comienza con el análisis fijo, donde se estudian los informes sobre el diseño y el precio remitido antes por los equipos a los responsables. En esta etapa, se realiza un análisis minucioso de los detalles del modelo, juzgando factores esenciales como la utilidad, eficiencia y fabricación [10].

Luego, los modelos se someten a una revisión tecnológica para confirmar que cumplen las reglas de la SAE, seguida de una revisión del motor hecha por el personal de Briggs & Stratton, la marca que patrocina el encuentro y aporta los motores. Después de esta fase, los modelos se enfrentan a un examen de frenado que necesita empuje y la opción de frenar bloqueando los cuatro neumáticos al mismo tiempo.

Solo si el prototipo supera con éxito todas estas inspecciones, se le permite avanzar a las pruebas dinámicas. Estas pruebas varían según la sede del evento, pero comúnmente incluyen evaluaciones de maniobrabilidad, suspensión y tracción, aceleración, halado de peso muerto (sled pull), halado de cadena (chain pull), subida de pendiente (hill climb), trampa de barro (mud bug) y el desafío final: el enduro. Esta última prueba, llevada a cabo en el último día del evento, es la más exigente y consiste en una carrera extenuante de cuatro horas de duración. Durante este desafío, todos los prototipos compiten en un escenario lleno de obstáculos como troncos, piedras y grandes cantidades de barro [11].

2.2 Tren de Potencia.

2.2.1 Definición de tren de potencia

El tren de potencia de los automóviles es el mecanismo encargado de generar y transformar la fuerza para así poder mover el vehículo, y de algunos componentes fundamentales como, el



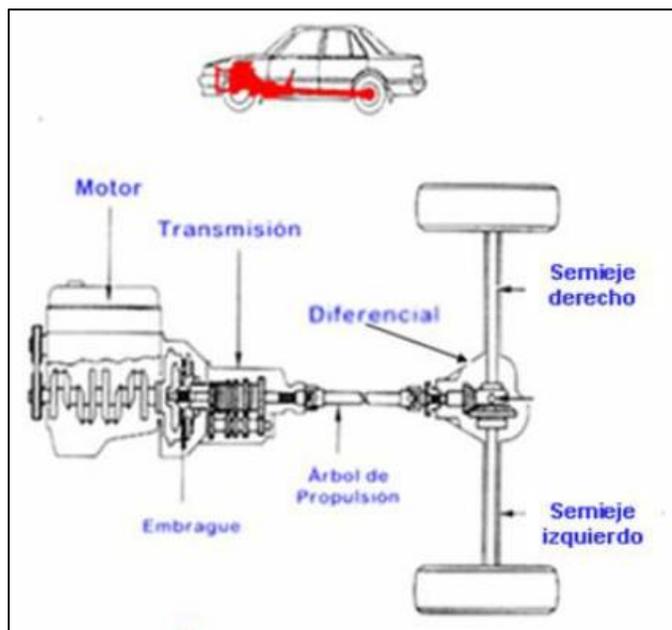
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



motor y el sistema de transmisión tal como se puede apreciar en la **Figura 2**. Los vehículos con respecto a movilidad han evolucionado en temas de movilidad cambiando en temas de diseño del tren motriz, que es la ingeniería del sistema de propulsión proporcionando fuerza que permite el movimiento. entregando fuerza desde el motor de combustión interna hacia las ruedas en forma de tracción [12].

Figura 2

Tren de Potencia



Tomado de [13].

2.2.2 Definición de componentes

2.2.2.1 Motor

Un motor de combustión es esencialmente un dispositivo que combina oxígeno con algún tipo de combustible. Después de mezclarse de manera íntima y ser confinados en un área llamada cámara de combustión, los gases se encienden para que se produzca la combustión. Gracias al



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



modelo de diseño, el motor ocupa el calor generado por la combustión, como una energía para producir el movimiento giratorio que nos es familiar. Entonces la mayoría de los motores funcionan por encendido de chispa que usa las siglas en inglés SI, siendo estos los que únicamente utilizan gasolina como único combustible en su mayoría para prototipos se utilizan motores estacionarios como en la **Figura 3**. Dentro de ellos se inicia la combustión al iniciarse chispa eléctrica dentro de la cámara de combustión, empujando así el embolo y liberando energía [14].

Figura 3

Motor Estacionario



Tomado de: [15].

2.2.2.2 Embrague.

El sistema de embrague está compuesto por un disco, un plato y un rodamiento. Estas son las piezas principales encargadas de desconectar y conectar la transmisión con el motor. El embrague automotriz tiene la función de separar la transmisión del motor, lo que permite el cambio de marchas y detener el vehículo sin apagar el motor y está ubicado entre la caja de cambios y el motor tal como en la **Figura 4**. Este componente es fundamental para controlar la potencia del



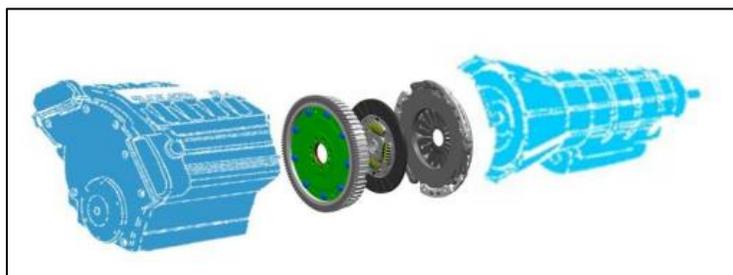
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



motor y la transmisión de esta a las ruedas, otorgando al conductor el control sobre la velocidad y el movimiento del vehículo [16].

Figura 4

Sistema de Embrague



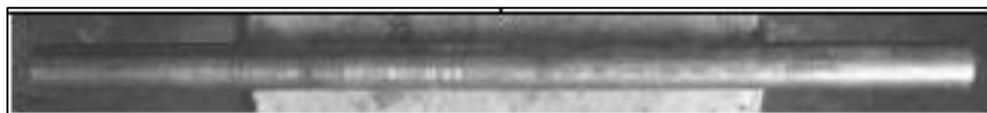
Tomado de: [17].

2.2.2.3 Eje de transmisión.

Es un eje que puede transmitir de un punto a otro cualquier tipo de esfuerzo ya sea de un motor o cualquier elemento que realice movimiento. El eje tal como en la **Figura 5** puede soportar fuerzas de torsión y también otros tipos de esfuerzos, en los vehículos el eje de transmisión es el encargado de transmitir la energía proporcionada por el motor hacia las ruedas, pasando por otros sistemas. Hoy la mayoría de los ejes son rígidos para una mejor eficiencia [18].

Figura 5

Eje de Transmisión



Tomado de: [19].

2.2.2.4 Diferencial

El diferencial se puede denominar un elemento indispensable en un vehículo ya sea en un vehículo de tracción trasera, delantera o doble tracción. Cumple la función de hacer que las ruedas



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



giren a diferentes velocidades, cuando el vehículo está en una vuelta, puesto que en una vuelta la rueda interior recorre una menor trayectoria que la exterior a la curva, por eso tendrán diferentes velocidades [20].

2.2.2.5 Transmisión.

La palabra *Transmisión* según la real academia de la lengua se lo entiende como aquella acción y efecto de transmitir. Sobre entendido como compartir una acción. En mecánica nos referimos a transmisión como el conjunto compuesto de mecanismos para comunicar un movimiento de un cuerpo a otro. Que alteran sus características de movimiento físico como velocidad, sentido o su forma [21].

Desde este punto de partida se puede afirmar que para un proceso de transferencia de energía mecánica es necesario la implementación de un sistema de transmisión la misma que puede ser de diferentes tipos. Como correas, piñones, cadenas, engranajes, ejes, acoplamientos, rodamientos entre otros mecanismos. Esos mecanismos permiten la transmisión de energía y pueden servir para ajustar velocidad y torque, reducir vibración y niveles de ruido y realizar análisis según la flexibilidad de diseño [22].

2.3 Tipos de transferencia de fuerza

2.3.1 Transferencia por correa

La transmisión por correa es un sistema mecánico que se utiliza para transmitir el movimiento giratorio de un eje a otro. Consiste en dos poleas que se conectan a ejes que se encuentran paralelos y se conectan por una correa flexible envolvente (banda) como se aprecia en la **Figura 6**. La mayoría de las transmisiones por correa utilizan correas planas de cuero, caucho o tela que funcionan sobre poleas cilíndricas o en correas con una sección transversal en forma de V que funcionan sobre poleas ranuradas. Para crear un agarre de fricción efectivo en las poleas, las correas deben instalarse con una tensión sustancial. Debido a la acción de acuñamiento de las



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

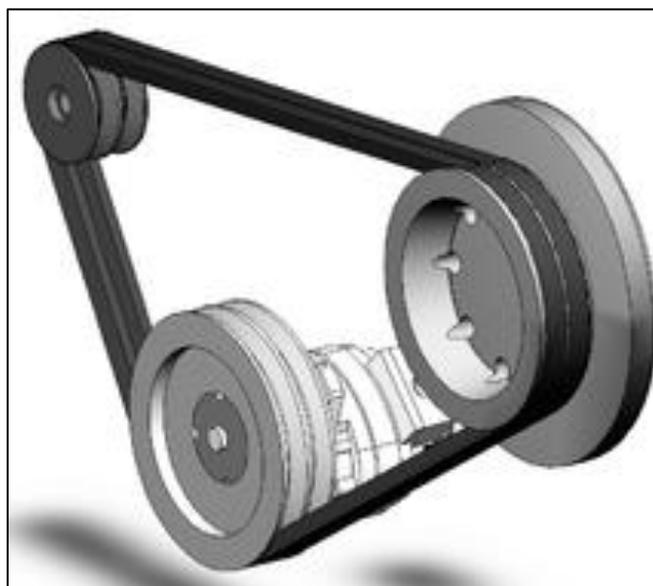


correas en las ranuras, las correas trapezoidales requieren menos tensión que las correas planas y son especialmente adecuadas para conectar ejes que están muy juntos.

Las correas planas y trapezoidales se deslizan cuando se sobrecargan y, en algunas aplicaciones, esta condición puede ser más deseable que una transmisión rígida porque limita el par transmitido y puede evitar la rotura de las piezas [23].

Figura 6

Transmisión por correa



Tomado de: [24].

2.3.2 Transferencia por cadena

Transmisión por cadena: En muchos casos y por muy diferentes motivos no se pueden utilizar transmisiones por correa, se pueden sustituir por transmisiones por cadena que consisten en cadenas con eslabones de acoplamiento adaptados a la transmisión tal como en la **Figura 7**, creando un efecto de polea para formar la estructura. Se utiliza cuando la separación entre la mitad



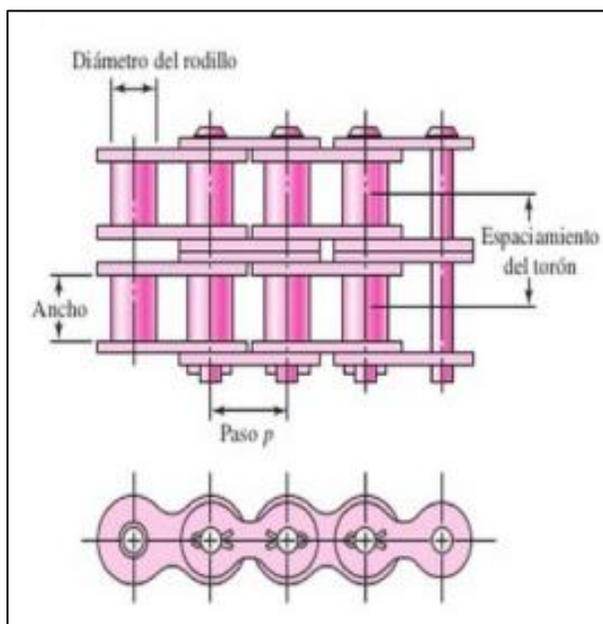
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



del eje de transmisión es demasiado pequeña para usar una correa y demasiado grande para usar un engranaje [25].

Figura 7

Cadena y eslabones



Tomado de: [26].

Fajardo, presenta las principales ventajas de su utilización:

- Sin deslizamiento, $i = \text{cte.}$
- Es compacto y no requiere pretensado como ocurre con las correas.
- Si se diseñan bien, son mucho más duraderos que los cinturones.
- Esto permite la operación con un espacio más estrecho entre los centros de las poleas, lo que proporciona beneficios económicos.
- Si una o más conexiones están rotas, se puede reparar fácilmente.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



- Son poco sensibles al entorno laboral. Así también, el autor determina las principales desventajas.
- Aplicable únicamente cuando los ejes son paralelos, puede haber múltiples ejes, pero en todos los casos los engranajes deben estar en el mismo plano.
- El eje debe colocarse en posición horizontal para evitar el uso de cadenas de soporte.
- Son más caras que las transmisiones por correa.
- Necesitan buen cuidado, limpieza regular y lubricación adecuada.
- Para compensar el alargamiento, los ejes deben colocarse de manera que la cadena pueda tensarse o el rodillo debe montarse en un brazo libre.

Este tipo de transmisiones por cadenas se pueden implementar con velocidades de engranaje de hasta $i_{max} = 8$ o ligeramente superiores para baja potencia, asegurando un ángulo de montaje en la rueda pequeña de al menos 120° . Las cadenas son de acero carbonizado o aglomerado, excepto las de hierro dúctil, que según el trabajo realizado se extienden en varias formas y tamaño [27].

2.3.3 Transferencia por Engranajes

La transmisión basada en engranajes es un sistema mecánico fundamental que se vale de ruedas con dientes, denominadas engranajes, para transferir el movimiento y la potencia entre distintos ejes. La relación entre los engranajes establece la manera en que se modifican la velocidad y la torsión del motor entre los ejes que están conectados, lo cual hace posible adaptar estas variables a las necesidades de la aplicación. Este mecanismo tiene un uso extendido en maquinaria y vehículos, tal como ocurre en las cajas de cambios de los automóviles, con el objetivo de optimizar la eficiencia del motor y ajustarse a distintas condiciones de funcionamiento mediante la selección adecuada de las relaciones de los engranajes.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Las transmisiones por engranajes consisten en sistemas mecánicos compuestos por dos ruedas dentadas que se conectan entre sí mediante sus dientes. Estas ruedas se conocen como corona (si es la más grande) y piñón (si es la más pequeña). Una de ellas actúa como impulsora o conductora, mientras que la otra funciona como conducida como se aprecia en la **Figura 8**.

Los tipos de engranajes más comunes son los rectos, helicoidales y cónicos. Utilizar engranajes para transmitir potencia es realmente eficaz, ya que no hay mucha fricción y pueden soportar la transmisión de mucho par. En el lado negativo, estos sistemas pueden ser ruidosos y necesitan revisiones y mantenimiento periódico [28].

Figura 8
Tipos de Engranajes



Tomado de: [29].

2.4 Motores de combustión a Gasolina.

2.4.1 Principio de funcionamiento.

La energía térmica del combustible es convertida gracias al motor de combustión interna en energía mecánica, en el interior de una cámara cerrada. Esta conversión se logra mediante los gases de la combustión que generan presión y el calor, lo que impulsa un mecanismo,



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



aprovechando así esta fuente de energía, es pocas palabras se puede decir que se produce su movimiento gracias a la explosión del combustible de cada cilindro [30].

2.4.2 Tipos de motor a gasolina.

2.4.2.1 Según la forma que tengan que realizar el ciclo.

Motores de dos tiempos.

Es un motor el cual realiza todo su proceso de trabajo en dos ciclos, es decir que realiza la admisión, compresión, explosión y escape en una sola vuelta del cigüeñal, tiene un diseño muy simple y ligero. Los motores dos tiempos necesitan que el combustible se mezcle con el aceite, por esta razón producen más gases contaminantes [31].

Motor de cuatro tiempos.

Un motor de cuatro tiempos a diferencia del anterior, este cumple todo su ciclo de trabajo en dos vueltas de cigüeñal, es decir que por cada 180 grados del cigüeñal realiza una fase del ciclo. Los motores de cuatro tiempos su lubricación es mediante un sistema que divide los dos fluidos, además tienen una eficiencia más alta respecto al consumo de combustible reduciendo la producción de gases contaminantes [32].

2.4.2.2 Según la presión de admisión.

Atmosférico.

Estos motores son los más comunes del mercado, donde ingresa aire a la cámara de combustión, donde se encuentra a presión atmosférica del exterior, por lo que su funcionamiento variará según la zona geográfica que se encuentren trabajando [33].



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Sobrealimentado.

Son motores que tiene dispositivos que aumentan la presión del aire que ingresa a la cámara de combustión, además de que también pueden variar la temperatura de este mismo, estos dispositivos los denominan turbo compresores y super cargadores [34].

2.4.2.3 Según disposición de los cilindros.

Motores en línea.

Su nombre hace referencia a como se encuentran ubicados los cilindros del motor, son los más comunes del mercado por su fácil construcción, se pueden encontrar Mono cilíndricos, tres, cuatro, cinco y seis en línea [35].

Motores en V.

Son motores llamados así por su forma de estar ubicados en forma de V, permiten que el motor sea más compacto a diferencia de los demás, que equilibran, ocupan menos espacio y más potencia que los otros modelos, se ocupan en todo tipo de transporte, existen en 2, 4, 6, 8, 10 y 12 en V [36].

Motores bóxer u opuesto.

Se conoce como motor plano u opuesto horizontal, su forma de block es diferente, pues está unido, pero en dos bancos horizontales, su nombre se origina por su funcionamiento similar al de los boxeadores, con un bajo centro de gravedad, suave, y su diseño, igual que los en V, muy compacto, con eficiencia de enfriamiento muy alta y una excelente potencia [37].



2.5 Sistemas de transmisión.

2.5.1 Tipos de transmisión.

La transmisión es el conjunto de elementos mecánicos que transmiten potencia generada desde el motor y esa energía se envía a las ruedas vehículo. Esta se compone de diferentes elementos, como:

- Embrague
- caja de cambios
- grupo reductor
- diferencial

La transmisión se utiliza para transferir el giro del motor a las ruedas proporcionando el par motor a las necesidades del vehículo. Existen diferentes tipos de transmisión, entre ellos; Transmisión manual, automática, continua CVT y manual automatizado [38].

2.5.2 Manual

La caja de cambios es un mecanismo utilizado para incrementar el par de salida o modificar la velocidad de un motor. El eje del motor se conecta a un extremo de la caja de cambios, que, mediante la disposición interna de sus engranajes como en la **Figura 9**, produce un par de salida y una velocidad específica según la relación de transmisión [39].

Comprendida principalmente por:

- Embrague que es el encargado de transmitir la potencia que se genera desde el motor hacia las llantas, permitiendo el acople y desacople de los cambios de velocidades.
- Caja de velocidades, mecanismo que contiene los engranes que tiene el trabajo de transmitir la marcha del vehículo.
- Árbol de transmisión, como un eje, que realiza un movimiento giratorio transmitiendo potencia generada por momento de giro enviado hasta el diferencial.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



- Diferencial elemento mecánico que convierte la rotación del árbol de transmisión hacia las llantas, creando tracción en ellas.

Figura 9

Caja de transmisión



Tomado de: [40].

2.5.3 Automática.

Las transmisiones automáticas son muy populares hoy, especialmente por su facilidad de uso al no requerir un embrague, comunes en automóviles de alto rendimiento. Con este tipo de transmisión, simplemente al pisar el acelerador se realizan automáticamente los cambios de velocidad según las revoluciones del motor. La presencia de múltiples velocidades, que pueden ir de 5 a 10 o más, permite un ahorro de combustible al evitar que el motor se esfuerce en exceso, lo que conlleva a un menor consumo de combustible [38].

2.5.4 Variador continuo CVT.

Una transmisión CVT es un sistema que ajusta la velocidad de forma continua, transmitiendo la potencia a través de la fricción. Se compone de un par de poleas con discos móviles y una correa en forma de V que transfiere la potencia desde el motor al eje de transmisión como podemos observar en la **Figura 10**. La relación de transmisión, la proporción entre la velocidad angular de la polea motriz y la conducida, varía según la velocidad angular



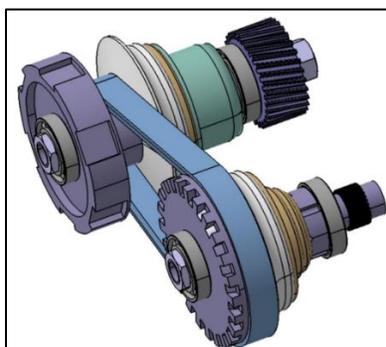
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



del motor, debido a la fuerza centrífuga ejercida por contrapesos dentro de la polea motriz, que vencen la fuerza del resorte comprimiéndolo. La interacción con la polea conducida se produce a través de la correa. La polea conducida también está equipada con un resorte, aunque no tiene contrapesos; es la tensión de la correa sobre los discos lo que los comprime [41].

Figura 10

Transmisión CVT



Tomado de: [42].

2.5.5 Transmisión manual automatizada AMT.

Las Siglas AMT describen transmisión manual automatizada, misma que es el tipo de transmisión que logra combinar elementos pertenecientes a los dos tipos principales de transmisiones como manuales y automáticas. Este tipo de transmisión usa un sistema basado en electrónica que permite automatizar el proceso que conlleva el cambio de marcha. Permitiendo entonces al conductor el cambio de marcha manualmente. Ofreciendo ventajas las cuales incluyen: Reducción de emisiones realizando un funcionamiento óptimo, aumento de la eficiencia del combustible aprovechando la quema de todo el combustible ingresado a la cámara de combustión, condiciones de comodidad y ergonomía [43].



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



2.6 Diseño del Tren de Potencia.

2.6.1 Selección de motor y transmisión.

Al momento de seleccionar un motor para una competencia como la Baja SAE, se necesita que el motor sea potente y tenga un buen torque. Los motores pueden ser de motocicletas de 4 tiempos con una cilindrada de entre los 250cc hasta los 600cc. Algunos motores utilizados comúnmente son: motores de los modelos como los Honda CRF450R, Yamaha YZ450F y el KTM450 SX-F

Por parte de la transmisión la más recomendada son las transmisiones secuenciales de motocicletas. Estas transmisiones realizan los cambios más rápidos y son muy suaves, además de que son muy compactos.

2.7 Diseño y selección de Diferencial.

El diseño del diferencial es muy importante en el vehículo, ya que este mismo se encarga de distribuir la potencia que va dirigida desde el motor y se envía a las ruedas. Para la selección del diferencial se tiene que considerar el terreno donde se aplicará, además de revisar las regulaciones de la competencia.

La selección del diferencial se debe considerar la relación y terreno, ya que en el mercado hay modelos de diferenciales abiertos, de desplazamiento limitado y bloqueables. Se tiene que seleccionar un diferencial el cual su posterior mantenimiento sea fácil y tenga una buena durabilidad [20].

2.8 Sistema de escape.

El sistema de escape no es más que el tubo de escape el cual es el encargado de expulsar los gases que salen de la cama de combustión de un motor hacia el ambiente, además nos ayuda a



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



reducir ruidos y a eliminar algunos gases no deseados que se generan en la combustión, se compone de tuberías metálicas con características diferentes a las normales, ya que estos tubos tienen que soportar altas temperaturas. Los tubos de escape pueden incluir silenciadores que ayudan a reducir el ruido y catalizadores para disminuir gases contaminantes [44].

2.9 Dinámica del Vehículo.

2.9.1 Integración del tren de potencia con el chasis.

Al hablar de la construcción de un vehículo completo desde cero estamos hablando de análisis previos de cada una de las partes que lo componen. Los chasis, suspensión, motor, diferenciales, ejes y ruedas, entre otros, deberán estudiarse según sus características físicas y dinámicas, considerando su papel para el desenvolvimiento del vehículo y funcionamiento, óptimo una vez acoplados todos los sistemas.

La integración del tren motriz con el chasis es un concepto importante en el diseño de vehículos, ya que afecta directamente al rendimiento, la seguridad y la eficiencia del vehículo.

El tren motriz es el conjunto de componentes que generan y transmiten potencia a las ruedas, mientras que el chasis es la estructura que soporta el tren motriz y los pasajeros. La integración de estos dos sistemas es esencial para garantizar que el vehículo funcione correctamente y de forma segura [45].

Antes de seguir con el tren motriz con el chasis, existen varios factores que deben tenerse en cuenta, tales como:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



- la distribución del peso
- la rigidez estructural
- la vibración.

La distribución del peso es importante para garantizar que el vehículo esté equilibrado y tenga un buen manejo. La rigidez estructural es importante para garantizar que el chasis pueda soportar las fuerzas generadas por el tren motriz. Y la vibración es importante para garantizar que el vehículo sea cómodo para los pasajeros [46].

2.9.2 Distribución de peso.

Este es el parámetro más importante del vehículo porque afecta directamente su estabilidad, aunque no se pueden determinar pesos específicos para cada opción de solución, si se establecen parámetros de fabricación aplicados a todas las soluciones, como el tipo de material utilizado y el volumen máximo posible.

- Volumen: Este parámetro está relacionado con el límite de tamaño total especificado por la norma.
- Facilidad operativa: Debido a que los cambios de marcha en la caja de cambios serán mecánicos, los cambios de marcha específicos de los elementos deberán ser lo más rápidos y sencillos posible, de acuerdo con el principio de cambio de marchas. Durante la competición no está permitido añadir ni quitar piezas del conjunto en el que compite el vehículo.
- Velocidad Variable: Permite utilizar dos velocidades diferentes para garantizar los mejores resultados en las pruebas de aceleración y tracción.
- Fácil de producir



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



- Costo: Uno de los conceptos competitivos supone que el auto se produce en masa por lo que su precio debe ser el mejor en términos de costo y calidad.
- Facilidad de montaje: El transporte aéreo se realiza en gran parte desmontado, por lo que es importante que su montaje en condiciones de competición no deje margen de error.
- Innovación: Este es el factor menos importante porque si bien este concurso permite a los estudiantes innovar en sus propuestas de diseño, participar por primera vez en el concurso no es tan relevante [24].



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Desarrollo y propuesta de estudio.

En el presente capítulo se describe los pasos que se ha llevado a cabo en cada uno de los procesos para el desarrollo de la metodología y el cumplimiento de los objetivos propuestos anteriormente, en este proyecto de implementación. Mismos que están directamente relacionados con el diseño, selección, investigación, construcción y adaptación de los diferentes sistemas y partes que conforman el tren de potencia de un vehículo de competencia estudiantil tipo BAJA SAE.

Es de relevancia mencionar que se han utilizado aspectos y características técnicas, tecnológicas y de índole ingenieril que estuvieron implicados en todo el proceso, tanto implícitamente como explícitamente para poder finalizar el proyecto de manera que pueda contemplar una garantía con respecto al adecuado funcionamiento en base a características óptimas. Además de la importancia del análisis previo mediante cálculos análogos y simulaciones computarizadas necesarias para lograr la implementación planteada siguiendo los requerimientos de BAJA SAE.

La **Figura 11** expone el diagrama de flujo que demuestra la secuencia y planificación de las actividades y pasos necesarios para llevar a cabo la realización del trabajo. La ejecución en el orden indicado de las actividades planteadas dará como resultado la determinación de las especificaciones técnicas del vehículo mediante los cálculos previos con ayuda de un sistema de simulación.

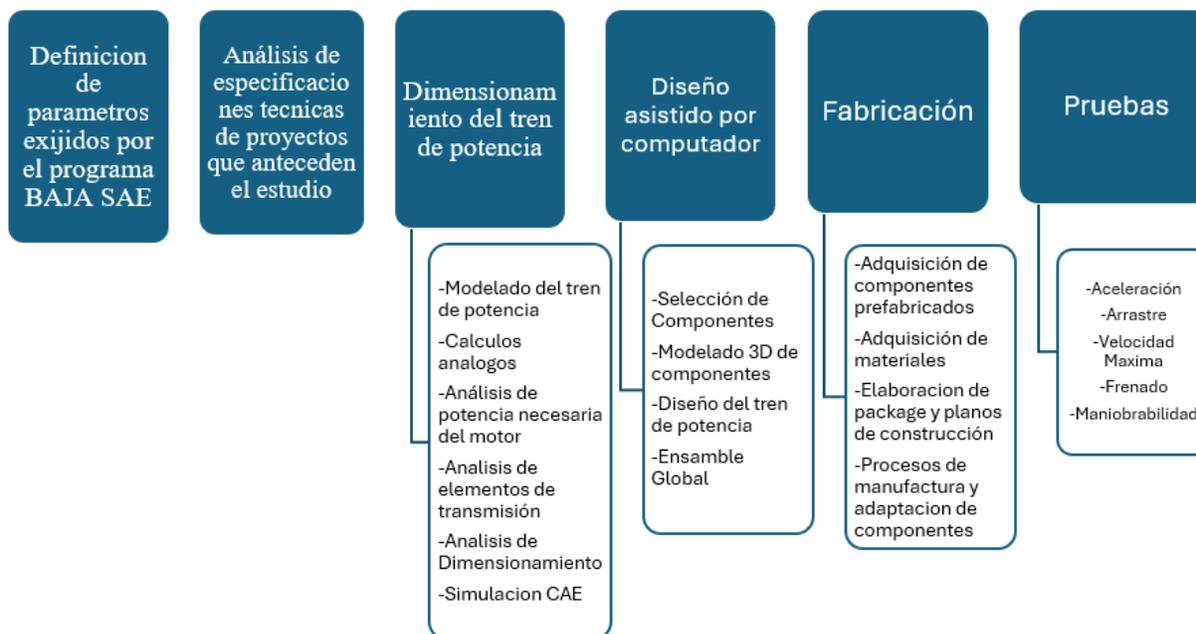


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 11

Diagrama de flujo secuencia de trabajo



El proceso está compuesto por la Definición de parámetros exigidos por el programa BAJA SAE, Análisis de especificaciones técnicas de proyecto que anteceden el estudio, Diseño asistido por computadora CAD, Dimensionamiento de tren de potencia, Fabricación y finalmente la realización de pruebas.

3.2 Definición de parámetros exigidos por el programa BAJA SAE.

El vehículo sobre el cual se trabajo es un TIPO BAJA SAE, este vehículo es un prototipo ligado a una entidad internacional como lo es SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices). Misma que realiza competencias dirigidas a estudiantes de ingeniería de diversas universidades, en las cuales el vehículo es un todo terreno (off – road) llamados “Baja”. Donde mediante un reglamento



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



que se cambia anualmente, se encuentran ya preestablecidos algunos parámetros técnicos que debe cumplir el vehículo como el peso máximo, capacidad todoterreno, configuración del vehículo (disposición de ruedas, motor, sistemas hidráulicos, etc.).

Se determino los siguientes parámetros generales que son necesarios para el diseño del tren de potencia de este vehículo, son los siguientes:

- Bastidor: Tubular.
- Distancia entre ejes: Se estableció una distancia máxima de 1600mm.
- Ancho de vía posterior: 1300mm medido en el eje delantero y 1300 mm medido en el eje posterior
- Distancia al piso: Se estableció una distancia de 300mm.
- Altura del centro de gravedad: se estima una aproximación de 550mm.
- Peso: El vehículo debe tener capacidad para transportar una persona de 113 Kg de peso además de tener un peso total de
- Distribución de peso: Se estableció la distribución de peso en 40%-60% (Tren delantero-Tren posterior).

3.3 Análisis de especificaciones técnicas de proyectos que anteceden el estudio.

En unión a esto se consideró diversos aspectos que están ligados directamente al proceso de diseño, desde una previa investigación bibliográfica y de experiencia de campo. Permitiendo así evaluar y seleccionar los parámetros y datos adecuados que están delimitados al contexto del presente estudio.

Es importante recalcar que a este proyecto se anteceden proyectos estudiantiles de postgrado realizados por estudiantes de la Universidad Técnica del Norte, lo que es significativo para la obtención de datos previos ya trabajados como “Definición de parámetros exigidos por el



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



programa BAJA SAE”, “Diseño y construcción del bastidor y sistema de suspensión de un vehículo según la normativa baja”

Para el peso del vehículo se distribuyó de la siguiente forma los pesos requeridos para el diseño los cuales se indican en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Peso de elementos o partes

PARTES O ELEMENTO	PESO
Una persona en su interior	80kg
Motor	31kg
Chasis tubular	35kg
Transmisión	25kg
Carrocería	5kg
Llantas y frenos	35kg
Suspensión	15kg
Dirección	5kg
Sistema eléctrico	5kg
Pedales, sistema de cambios y otros	5kg

3.4 Dimensionamiento del tren de potencia

Este proceso es de suma importancia, realizar el dimensionamiento del tren de potencia de un vehículo cualquiera implica varios pasos, desde la selección y dimensionamiento óptimo de cada uno de los componentes que transmiten la energía desde la fuente en este caso el motor de combustión interna de tipo estacionario el mismo que entrega movimiento a las ruedas.

Normalmente es indispensable concebir un objetivo concreto del uso del vehículo en este caso la construcción y fabricación de mismo se rige a normativas de BAJA SAE, además del análisis de riesgo, transporte y sobre todo un funcionamiento adecuado de todos los sistemas en conjunto.

Pese a que ya está establecido un tipo de motor específico para la construcción de este vehículo de acuerdo con la normativa de la competencia es posible realizar un dimensionamiento



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



en base a las características físicas del vehículo, aplicando dinámica longitudinal para comprender el modelado del tren potencia necesario para la movilización de pesos y fuerzas existentes en el vehículo.

3.4.1 Modelado del tren de potencia

En el proceso de modelado del tren de potencia del vehículo Baja SAE, se empleó un enfoque integral que abarcó las principales variables que afectan el rendimiento del vehículo en condiciones de competencia. Al principio, el estudio se dedicó a estimar la fuerza y el par motor producidos, considerando los obstáculos operativos, como el roce, el arrastre del aire y el contacto con el suelo. Con estas estimaciones, se hizo una revisión minuciosa del avance del vehículo, para entender cómo la fuerza creada se vincula con la tracción precisa para vencer esos obstáculos. Este estudio facilitó la mejora de la entrega de potencia, ayudando a elegir las partes correctas y a ajustar factores clave como el desempeño del motor, la relación de transmisión y los tipos de neumáticos. El esquema final da una base firme para anticipar cómo actuará el vehículo en distintos terrenos, lo que ayuda a decidir cómo diseñar y mejorar la eficiencia del sistema total.

3.4.2 Cálculos análogos

Los cálculos analógicos aprovechan las configuraciones físicas, que actúan como modelos, para abordar retos matemáticos y de ingeniería. La respuesta se obtiene observando las características físicas de la configuración analógica.

3.4.2.1 Potencia de Motor

La potencia generada por el motor varía en función de las diferentes condiciones operativas del vehículo, lo cual hace esencial su análisis y cálculo. Esta potencia es crucial para determinar cuánta energía llegará efectivamente a las ruedas motrices, asegurando que el vehículo tenga un desempeño óptimo bajo diversas circunstancias.

Para calcular la potencia entregada a las ruedas (**Ecuación 1**), se debe considerar no solo la eficiencia del motor, sino también factores como la resistencia aerodinámica, el coeficiente de



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



rodadura, las pendientes en las que se desplaza el vehículo y el tipo de terreno. Estos parámetros afectan directamente la demanda de potencia.

Una fórmula fundamental en el cálculo de la potencia es la siguiente:

Ecuación 1

Potencia del motor

$$P_m = \frac{T_m \eta_m}{716,2}$$

Donde:

P_m : Potencia del motor [CV].

T_m : Par motor [kgfm]

η_m : Revoluciones del giro del motor [rpm]

3.4.2.2 Potencia que se transmite a ruedas motrices

La potencia que llega a las ruedas motrices no es la misma que la proporcionada por el motor, debido a las pérdidas ocasionadas por la fricción entre los distintos elementos de la transmisión. Estas pérdidas influyen directamente en la energía final disponible para mover el vehículo y se pueden calcular en la siguiente formula:

Ecuación 2

Potencia a la rueda

$$P_r = \frac{T_r \eta_r}{716,2}$$

Donde:

P_r : Potencia del motor [CV].

T_r : Par motor [kgfm]

η_r : Revoluciones del giro del motor [rpm]



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



3.4.2.3 Eficiencia de la transmisión

Se presenta pérdidas de diversos tipos en cada uno de los componentes que componen entre sí todo el sistema de transmisión ya sea que se dé por rozamiento, juego, fuerzas y otras causas que están presentes. Todas en unión resultan en la fluctuación de la potencia final que se transmite a las ruedas, que en comparación a la potencia entregada por el motor refleja una disminución considerable en el desarrollo.

La forma de definir este rendimiento en la transmisión es mediante la relación entre potencia en la rueda y la potencia que entrega el motor. Quedando como resultado la siguiente ecuación:

Ecuación 3

Eficiencia de la transmisión

$$\eta_{transmisión} = P_r / P_m * 100 = [\%]$$

Entonces:

$$\eta_{transmisión} = \frac{T_r \eta_r}{T_m \eta_m} * 100 = [\%]$$

Donde:

P_r : Potencia del motor [CV].

T_r : Par motor [kgfm]

η_r : Revoluciones del giro del motor [rpm]

P_m : Potencia del motor [CV].

T_m : Par motor [kgfm]

η_m : Revoluciones del giro del motor [rpm]

3.4.2.4 Cálculo de fuerzas y Resistencias del vehículo

El cálculo de las fuerzas y la solidez en un vehículo Baja SAE resulta crucial para asegurar que rinda bien y dure en terrenos difíciles. Estos vehículos se topan con fuerzas de oposición como el viento, el avance y la gravedad, lo cual afecta qué tan bien se mueven y su eficiencia, así como



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



las fuerzas de tracción que definen su capacidad para acelerar y maniobrar. Igualmente, es vital valorar qué tan fuerte es la estructura del chasis y los elementos clave usando análisis de fuerzas y factores de impacto, para certificar que el diseño aguante las condiciones extremas del terreno y las carreras reñidas.

3.4.2.5 Resistencia aerodinámica

Se debe a la oposición que brinda el aire en el momento de avance del vehículo. Esta resistencia aumenta en función de la velocidad, si la velocidad crece entonces mayor será la resistencia, depende además de la densidad del aire, el área frontal del vehículo y el coeficiente de arrastre aerodinámico C_x . Para los vehículos Baja, teniendo en cuenta que la velocidad no es tan alta en comparación de otros vehículos de competencia, la resistencia aerodinámica es de relevancia, en tramos rectos aumenta su importancia. De tal manera fue necesario establecer las dimensiones del área frontal del vehículo conociendo así el fenómeno aerodinámico provocado en el mismo.

La ecuación que permite determinar la resistencia aerodinámica es la siguiente:

Ecuación 4

Resistencia aerodinámica

$$R_{ae} = \frac{1}{2} \times C_x \times S_e \times \rho \times V^2$$

Donde:

R_{ae} : Resistencia Aerodinámica [CV].

C_x : Coeficiente aerodinámico [adimensional]

S_e : Superficie Efectiva del Vehículo [m²]

ρ : Densidad del aire [kg/m³].

V : Velocidad del vehículo [m/s]



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Donde:

Ecuación 5

Superficie efectiva

$$Se = A \times Kf$$

$$Se = a \times h \times Kf$$

Donde

Se: Superficie efectiva [m²].
A: Área Total [adimensional]
Kf: Coeficiente de forma [adimensional]
a: ancho [m].
h: alto [m]

Cálculo de la Superficie Efectiva (*Se*) se lo realizara conociendo las dimensiones del área frontal del vehículo y Coeficiente de forma (*Kf*). Para lo mismo hará uso del software de diseño SolidWorks determinando la superficie efectiva aproximada del vehículo y realizando una relación con el área total del mismo.

Los valores que existen para el coeficiente aerodinámico son adimensionales y varían dependiendo del vehículo como en la **Tabla 2** donde se especifica:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Tabla 2

Coeficientes aerodinámicos generales de vehículos (Cx)

Tipo de vehículo	
Autos de turismo	Cx
Cabriolet	0,33 – 0,50
Todo terreno	0,32 – 0,50
Sedan	0,26 – 0,35
Station Wagon	0,30 – 0,34
Vehículos con forma aerodinámica	0,15 – 0,20
Camiones	0,8 – 1,5
Autobuses	0,6 – 0,7
Autobuses con forma aerodinámica	0,3 – 0,4

Tomando de: [47].

3.4.2.6 Resistencia a la rodadura

E Esta forma de resistencia se produce en un vehículo por la interacción directa entre sus neumáticos y la superficie de la carretera. Su función es evitar que el vehículo derrape fácilmente sobre el camino. Importa más en terrenos irregulares debido tanto a la fricción como a la distorsión de los neumáticos y la suciedad. Hay algo llamado coeficiente de resistencia a la rodadura (C_r) involucrado, y da forma a este arrastre junto con el peso del vehículo y la gravedad. Para los vehículos Baja, reducir esta resistencia utilizando los neumáticos adecuados es vital para mejorar la tracción y disminuir la potencia necesaria para moverse en terrenos difíciles.

La ecuación utilizada para la resistencia a la rodadura es la siguiente:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Ecuación 6

Resistencia a la rodadura

$$Rro = m \times g \times Cr$$

Donde

Rro: Resistencia a la Rodadura [N].

m: masa total [kg]

Cr: Coeficiente de resistencia a la rodadura [adimensional]

g: gravedad [m/s²].

El coeficiente de resistencia a la rodadura viene dado según el tipo de carretera como se puede observar en la **Tabla 3** a continuación.

Tabla 3

Coeficiente de resistencia a la rodadura

Tipo de carretera	C. de Rodadura
Asfalto	0.01 – 0.012
Asfalto en mal estado	0.23
Hormigón (Adoquines)	0.01 – 0.015
Pavimento	0.015
Camino de Piedra	0.02 – 0.05

Tomado de: [48].

3.4.2.7 Resistencia por pendiente

También conocida como resistencia gravitacional, es evidenciada únicamente cuando el vehicula se encuentra en condiciones de terreno con una inclinación, la gravedad está en contra del movimiento que se genera de forma ascendente y se calcula en función del peso del vehículo y el ángulo de inclinación del terreno.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



En el caso de los vehículos Baja, la resistencia por pendiente es crítica debido a que se enfrentan a superficies inclinadas y obstáculos que requieren suficiente potencia y diseño para poder mantener la tracción y de esa forma evitar deslizamiento.

Para el cálculo de la pendiente se puede optar por realizar el teorema de Pitágoras mediante un triángulo rectángulo conociendo previamente la altura y la longitud de la vía en cuestión.

Insertar imagen Pitágoras referencial

Ecuación 7

Teorema de Pitágoras

$$a^2 = b^2 + c^2$$

Haciendo uso entonces de trigonometría mediante una función inversa es posible conocer el ángulo en cuestión. De tal manera la ecuación para conocer la resistencia por pendiente queda definida por:

Ecuación 8

Resistencia por pendiente

$$R_p = m \times g \times \text{sen}\theta$$

Donde

R_p : Resistencia por pendiente [N].

m : masa total [kg]

θ : Angulo de pendiente [°]

g : gravedad [m/s²].

3.4.2.8 Resistencia por inercia

La resistencia por inercia es una fuerza que se opone al movimiento del vehículo cuando hay cambios en la aceleración, ya que está directamente relacionada con la masa del automóvil y su tendencia a resistir variaciones en el estado de movimiento. Esta resistencia aparece porque cuando cambias de ritmo, ya sea para ir más rápido o más despacio, el coche tiene que trabajar contra su inercia. La inercia es la inclinación natural de una cosa a quedarse quieta o a seguir



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



moviéndose con constancia. En un coche Baja SAE, esta oposición es clave a la hora de hacer movimientos rápidos o sortear cosas. Cuanto más peso y más rápido sea el cambio de velocidad, más trabajo se necesita para vencer la inercia y mantenerse al mando. Esto afecta a la cantidad de potencia que se utiliza y a la estabilidad del vehículo.

Esta dada por la expresión matemática:

Ecuación 9

Resistencia por inercia

$$R_i = m \times a$$

Donde:

R_i : Resistencia por pendiente [N].

m : masa total [kg]

a : aceleración [m/s²].

3.4.3 Análisis de Potencia Necesaria de motor

El análisis de potencia del motor es fundamental en el diseño y rendimiento de un vehículo Baja SAE, ya que permite dimensionar adecuadamente el motor para satisfacer las demandas de potencia necesarias en distintos terrenos y condiciones.

La potencia necesaria para el movimiento depende de las resistencias que el vehículo debe vencer:

- la resistencia aerodinámica
- la resistencia de rodadura
- a resistencia gravitacional,
- además de la resistencia por inercia cuando hay cambios en la aceleración.

Para calcular la potencia necesaria requerida (P_n), se utiliza la fórmula:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Ecuación 10

Potencia necesaria requerida

$$P_n = \frac{\sum R_t * V_d}{\eta_{Transmision}}$$

Donde:

R_t : Suma de todas las resistencias [N].

V_d : Velocidad deseada [m/s]

$\eta_{Transmision}$: Eficiencia de Transmisión [%]

$$P_n = \frac{(R_{ae} + R_r + R_g + R_i) * V_d}{\eta_{Transmision}} = [kW]$$

Un análisis preciso de la potencia permite que el motor funcione en su rango óptimo, evitando el sobreesfuerzo y garantizando una buena eficiencia. Se medirá en kW, pero será necesario transformar sus unidades a Hp (Caballos de Fuerza).

Estas resistencias y analizarlas en función de la velocidad y aceleración nos brinda una estimación de la potencia del motor necesaria para un rendimiento óptimo en terrenos irregulares y exigentes.

3.4.4 Análisis de elementos de transmisión

Es crucial examinar los componentes de la transmisión para asegurar que operen eficazmente y resistan las cargas impuestas, sobre todo en un vehículo Baja SAE preparado para terrenos difíciles. Considerando un motor fijo con salida de 1 pulgada y una transmisión variable continua (CVT) que conecta con un piñón para accionar los semiejes, este análisis confirma que



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



la transmisión tolerará el par y la potencia del motor sin averías ni desgaste excesivo. Esto requiere verificar que cada parte, desde la salida del motor hasta las uniones con la CVT, el piñón y los semiejes, aguante las fuerzas de torsión creadas y el esfuerzo adicional al lidiar con cambios de carga en terrenos irregulares.

Asimismo, el análisis es vital para perfeccionar la relación de transmisión y la eficiencia energética del sistema. Estudiar estos elementos ayuda a definir la reducción apropiada en el piñón para potenciar el par en las ruedas, lo que optimiza la tracción y la habilidad del vehículo al superar obstáculos. Igualmente, se valora la vida útil de cada pieza, evitando sobrecargas que puedan causar un desgaste rápido o fallas en la mecánica. Asegurarse de que la transmisión funcione en armonía con el motor y la CVT contribuye a mejorar el rendimiento general y a reducir las pérdidas de potencia en el sistema, resultando en un vehículo más eficiente y confiable para la competencia.

Se llevo un análisis mediante calculo con el objetivo de determinar el torque resultante generado por las diversas multiplicaciones de fuerza que se extienden del motor hacia la catalina. Partiendo del siguiente conjunto de datos en la **Tabla 4**:

Tabla 4
 Análisis de torque existente en el vehículo

Elemento de transmisión	Medida	Magnitudes
Torque de motor	26.48	[Nm]
Radio Polea 1 CVT (r_{p1})	0.0254	[m]
Radio Polea 2 CVT (r_{p2})	0.015875	[m]
Radio Piñon CVT ($r_{pñ}$)	0.015875	[m]
Radio Catalina (r_{cat})	0.1	[m]

Para el cálculo del torque final se debe emplear la siguiente ecuación matemática, que está en función de la fuerza y los radios de las poleas que componen los elementos de transmisión:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

**Ecuación 11**

Torque

$$\tau = F * r$$

El motor estacionario como tal provoca un torque desde la fuente conocido como torque inicial, para conocer la fuerza tangencial que este posee se realizó el cálculo mediante el despeje de la ecuación anterior:

Ecuación 12

Fuerza tangencial

$$F_0 = \frac{\tau_0}{r_{p1}}$$

Una vez obtenida la fuerza tangencial inicial, se considera la misma para el cálculo del torque existente en la segunda polea del sistema de transmisión. Considerable además para el piñón de arrastre.

$$\tau_2 = F_0 * r_{p2}$$

Ahora se conoce la primera multiplicación del momento de torsión, posteriormente se debe calcular la fuerza tangencias final:

$$F_2 = \frac{\tau_2}{r_{pñ}}$$

Y para el torque final resulta:

$$\tau_3 = F_2 * r_{cat}$$

Siendo entonces τ_3 el momento torsional que se ejerce sobre los elementos de transmisión.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



3.4.5 Análisis del dimensionamiento

Comprobar los tamaños de los componentes en un vehículo Baja SAE es super importante. Ayuda a asegurar que todo es fuerte, funciona bien, y hace su trabajo correctamente, manteniendo todo el sistema seguro y funcionando sin problemas. Conseguir el tamaño exacto significa que el motor, transmisión, chasis, suspensión, y todas las demás partes pueden soportar duras condiciones fuera de carretera. Allí es donde el vehículo se enfrentará a muchas sacudidas, baches y cambios en la carga que transporta. Si demostramos que estas piezas pueden soportar la presión y el estrés, reduciremos el riesgo de que se rompan cosas, lo que podría afectar a su funcionamiento o incluso provocar accidentes durante la carrera.

Además, hacer una comprobación detallada del tamaño te permite hacer que el vehículo sea más ligero y funcione mejor en general. En Baja SAE, cuánto pesa el vehículo en comparación con su potencia es clave. Si una pieza es demasiado grande, añade peso extra que ralentiza la aceleración, la velocidad y la facilidad con la que se mueve. Pero si es demasiado pequeña, podría romperse o ser insegura. Esta comprobación ayuda a elegir el material adecuado para el trabajo, equilibrando peso y resistencia. Hace que el vehículo sea lo más competitivo posible en cuanto a rendimiento, ahorro de energía y fiabilidad en terrenos difíciles.

3.4.6 Simulación CAE

Se realizó una simulación centrada en las piezas creadas para el conjunto de la suspensión trasera. Se utilizó el software SolidWorks Simulation para realizar esta simulación, teniendo en cuenta las fuerzas y cargas aplicadas a los distintos subsistemas de la suspensión trasera. Este método permitió evaluar la integridad estructural de las piezas y su capacidad para soportar las circunstancias reales de funcionamiento, mejorando el rendimiento y la seguridad generales. Además, se examinaron los puntos críticos para evitar posibles fallos e introducir cambios en el diseño.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



3.5 Diseño asistido por computador CAD

El proceso de diseño asistido por computadora (CAD) implica ajustar cuidadosamente la forma, el tamaño y la calidad de los materiales de un objeto. También se establecen reglas y conexiones específicas para que las piezas del diseño funcionen bien juntas. Esto permite a los ingenieros y diseñadores probar varias opciones de configuración y evaluar el rendimiento y el funcionamiento del diseño; además, les ayuda a comprobar a fondo su resistencia y sus márgenes de error.

3.5.1 Selección de componentes.

Para abordar la selección de los componentes clave en el diseño del sistema, se consideraron varios aspectos fundamentales que garantizan la viabilidad y el éxito del proyecto.

Inicialmente, dimos prioridad a que los materiales estuvieran disponibles comercialmente, confirmando que las partes requeridas se encontraran sin problemas en todo el país para certificar un abasto correcto y constante. También, consideramos qué tan fácil era ajustar los componentes, inclinándonos por los que necesitaran pocos cambios y permitieran una unión eficaz en el esquema, mejorando de este modo la construcción y el ensamble. Por último, elegimos los componentes respetando las exigencias técnicas generales, acatando las medidas y detalles indicados desde el inicio para garantizar que el sistema funcionara al máximo. Estos criterios fueron esenciales para asegurar la funcionalidad y la eficiencia en la implementación del proyecto.

3.5.1.1 Motor

Los criterios fundamentales requeridos en la normativa BAJA SAE además de criterios adicionales fueron la base para la selección de un motor que cumpla con la capacidad de transportar dichos requerimientos, entre estos una carga con aproximación de 278 kg y que permitiese de igual manera el acoplamiento de los diferentes componentes adicionales que formaran parte del tren de potencia para el vehículo. En relación con lo antes mencionado escogimos un motor marca Portland de 13Hp. A continuación, se detallan especificaciones técnicas del motor en la **Tabla 5**:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Tabla 5
 Especificaciones técnicas motor

Motor	Especificaciones Técnicas			Unidad
Tipo de motor	Estacionario			
Modelo	Portland 13 HP			
País de Origen	China			
Ciclos de Trabajo	4 tiempos			
Cilindrada	389			[cc]
Sistema de Ignición	TCI (Transistorized Pointless)			
Método de encendido	Arrancador de retroceso/ Cable			
Máxima Potencia	13 / 4000			[kW/rpm]
Par Máximo	26,48/2500			[Nm/rpm]
Peso	31			[kg]
Dimensiones (Longitud, Ancho y Altura)	390	450	435	[mm]

3.5.1.2 Transmisión CVT

Conforme a las disposiciones establecidas en el reglamento de la Baja SAE, no se establecieron limitaciones respecto a los sistemas de transmisión. Esto permitió elegir un convertidor de par que fuera compatible con motores de diferentes marcas, cuya potencia oscila entre 8 HP y 13 HP. La transmisión de tipo CVT seleccionada presentaba las siguientes características técnicas mostradas en la **Tabla 6**:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

**Tabla 6**

Especificaciones técnicas Transmisión CVT

Segmento	Factor	Medición	Unidades
CVT	Potencia máxima del motor	8 - 13	[Hp]
	Espesor placa de montaje	10	[mm]
	Diámetro polea conducida	150	[mm]
	Espesor polea de transmisión	124	[mm]
	Espesor correa impulsada	18	[mm]
Piñón	Dientes	10	[mm]
	Paso	420	[mm]

3.5.1.3 Kit de arrastre

El conjunto de cadena y catalina fueron seleccionados en función de la CVT, puesto que esta misma cuenta con un piñón de salida, por lo tanto, se buscó el kit que se acople al sistema sin muchas modificaciones. Tomando en cuanta los parámetros antes mencionados, utilizamos un kit de cadena **Tabla 8** y catalina de la marca Riffel

Tabla 7, las especificaciones detalladas de cada elemento del kit se encuentran en las siguientes tablas, además se detallará si se hizo alguna modificación para mejorar su funcionamiento.

Tabla 7

Especificaciones técnicas Catalina

Catalina Riffel 1045	Unidades	Normal	Mecanizada
Diámetro externo		175	175
Diámetro interno		52	100
Centro de catalina a centro orificio	[mm]	33,5	60
Número de dientes		42	42
Paso		420	420
Orificios		4	4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Tabla 8

Especificaciones técnicas Cadena

Tipo de Cadena	Cadena Riffel M190
Paso	420
Longitud	1520 [mm]

3.5.1.4 *Semiejes*

En la normativa nos detalla que el prototipo no puede exceder un ancho de 1600mm, por este motivo y tomando en cuenta que para la unión de los semi ejes se necesitará una junta homocinética, esta misma nos reducirá en la distancia que pueden llevar los semiejes, en tal virtud optamos por dos semiejes izquierdos de la marca Chery, modelo QQ, que tienen las siguientes especificaciones

Tabla 9 obtenidos de las pagina oficial.

Tabla 9

Especificaciones técnicas Semiejes

Marca-Modelo	Chery QQ	Unidad
Numero de Estrías ambos lados	22	[t]
Longitud Semieje derecho	450	[mm]
Longitud Semieje Izquierdo	400	[mm]
Diámetro del eje	22	[mm]
Juntas Homocinéticas	CV	

3.5.1.5 *Rodamientos*

Basándonos en el diseño establecido, se necesita un par de rodamientos; utilizaremos una marca genérica ya que su función no exige una resistencia extrema. Los rodamientos alinearán la conexión de la caja de cambios unida a los semiejes. Por lo tanto, se seleccionará un rodamiento



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



fácilmente adaptable. Internamente, debe encajar perfectamente con la caja de cambios fabricada, y en su parte exterior, recubrirá los semiejes. A continuación, especificamos el número comercial y las especificaciones del rodamiento. **Tabla 10.**

Tabla 10

Especificaciones técnicas Rodamientos

Cotas	Medida	Unidad
Diámetro Interno	25.4	[mm]
Diámetro Externo	42	[mm]

3.5.1.6 Chumaceras

En la parte trasera de un vehículo Baja SAE, los soportes de los cojinetes son cruciales para el sistema de transmisión. Estas piezas son importantes porque mantienen la caja de cambios y el sistema de arrastre en su lugar, lo que garantiza que estén alineados y sean estables mientras están en uso. Aunque los ejes, las cajas y las salidas del sistema de transmisión modificado se maquinaron con medidas que se detallan en la **Tabla 11**, la elección de los soportes se basó en su capacidad de adaptación al mecanizado de los semiejes. Esto permitió mantener una relación peso-tamaño adecuada sin sobrecargar el sistema. Los soportes también facilitan una conexión eficiente con los semiejes, lo que asegura que el sistema permanezca fijo y evita cualquier movimiento indeseado. También cumplen la función de templar la cadena del sistema de arrastre, garantizando una tensión óptima para la transferencia eficiente de potencia del motor a las ruedas, con una eficiencia mostrada en la

Tabla 12. La correcta selección y posicionamiento de estas piezas optimiza el rendimiento y la durabilidad del vehículo bajo las exigentes condiciones propias de un Baja SAE.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

**Tabla 11**

Especificaciones técnicas Chumacera

Descripción	Dimensiones	Medida	Unidad
Diámetro del agujero	d	28.575	[mm]
Diámetro del resalte del aro interior	d1	39.8	[mm]
Ancho de la base	A	45	[mm]
Ancho superior	A1	27	[mm]
Ancho del aro interior	B	38.1	[mm]
Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro de la rosca	B4	5.5	[mm]
Altura del centro del asiento esférico	H	42.9	[mm]
Altura del pie	H1	16.5	[mm]
Altura total	H2	83.5	[mm]
Distancia entre los tornillos de fijación	J	121	[mm]
Longitud total	L	165	[mm]

Tomado de: [49].

Tabla 12

Especificaciones Eficiencia Chumacera

Rendimiento	Medida	Unidad
Capacidad de carga dinámica básica	19.5	kN
Capacidad de carga estática básica	11.4	kN
Velocidad límite	5000	rpm
Peso neto del producto	1.36	kg

3.5.1.7 Peso de componentes

Esta parte es muy fundamental en la selección de los componentes, puesto que todos los elementos que conforman el tren de potencia no deberían exceder en el 60% el peso del todo el sistema. A continuación, se detallará los pesos netos de cada elemento en la **Tabla 13**.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Tabla 13

Peso de componentes

Componente	Peso [kg]
Motor estacionario	31
Embrague CVT	5,89
Catalina	0,63
Cadena	1
Semiejes (2)	11,79
Rodamientos (2)	1,10
Chumaceras	2
Kit de Diferencial	6
Neumáticos	10
Llantas	10
Manzanas	2,67
Mordaza de frenos	0,5

3.5.2 Modelado 3D de componentes

Para el presente proyecto de titulación se optó por el modelado de componentes debido a su capacidad para digitalizar detalladamente las piezas y estructuras mediante el software SolidWorks. Gracias a este método pudimos desarrollar una representación visual clara del proyecto, lo que simplificó la detección de posibles mejoras y el ajuste del diseño jugando con las distintas piezas y ensamblándolas.

El modelado de componentes nos dio una imagen completa y exacta de todo el sistema, mejoró nuestra comprensión del funcionamiento conjunto de las piezas y nos permitió evaluar su rendimiento como unidad. De esta estrategia dependía detectar los aspectos que debían mejorarse y asegurarse de que cada pieza funcionaba bien dentro del sistema.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Es importante señalar que los modelos de este estudio eran copias simplificadas de sus versiones a tamaño real. Esto era necesario para realizar una simulación fiable y útil que produjera resultados comparables a las condiciones de funcionamiento reales.

Los componentes modelados fueron:

- Kit de diferencial
- Llantas
- Manzanas
- Catalina y cadena
- Chasis / Bastidor

Dado que ciertos componentes requerían ajustes para asegurar su correcto desempeño dentro del sistema, se procedió a diseñar nuevos elementos que adaptaran el tren de potencia. Entre los elementos que se diseñaron y fabricaron específicamente para el proyecto, se incluyeron:

- Elementos del kit de arrastre
- Carcaza de kit de diferencial
- Extensión de eje estriado
- Acoples para kit de diferencial

3.5.3 Diseño del tren de potencia

La presente parte nace de la necesidad efectiva del diseño como objetivo principal del trabajo a realizar, además de la fabricación y producción de elementos y piezas que permitan funcionamientos y movimiento mecánico de manera que el presente proyecto funcione de manera adecuada, sin embargo es importante recalcar que el proyecto es una continuación de trabajos de



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



grado heredado en la carrera de ingeniería Automotriz lo que conlleva asumir responsabilidades y corregir algunos errores pasados para poder trabajar de manera óptima.

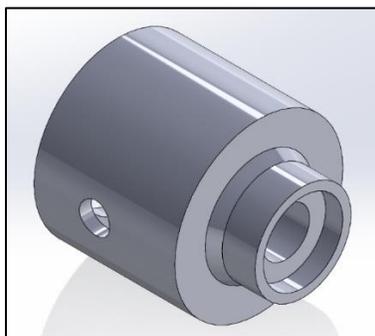
El diseño conlleva la creación de un conjunto de adaptaciones para un sistema diferencial de un vehículo ya existente en el mercado a un prototipo Baja SAE. De tal manera que su diseño sea funcional con respecto a sujeciones y conexiones que serán realizadas entre el sistema de transmisión, elementos de arrastre, neumáticos, frenos y optimización de recursos iniciales.

3.5.3.1 Caja de Diferencial

En el proceso de adaptación de un kit de diferencial proveniente de otro vehículo, se ha diseñado una caja contenedora especializada con una geometría cilíndrica como se observa en la **Figura 12**. Esta forma fue seleccionada estratégicamente para aprovechar la disposición circular de los engranajes que conforman el diferencial, permitiendo una integración más eficiente y estable del sistema. La caja cumple una función estructural clave al servir como soporte principal del kit, alineando adecuadamente los componentes internos para garantizar un acoplamiento mecánico seguro y preciso. Esta solución facilita la adaptación del diferencial sin comprometer la alineación ni la estabilidad del conjunto motriz.

Figura 12

Vista Isométrica Caja Diferencial





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Además de su función estructural, la caja cilíndrica también actúa como sistema de protección para el diferencial adaptado. Su diseño envolvente permite mantener el kit suspendido dentro de un volumen compacto, aislándolo parcialmente del entorno exterior y protegiéndolo de agentes que pudieran afectar su funcionamiento una vez en movimiento.

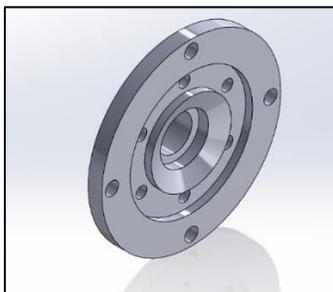
Simultáneamente, este diseño optimiza la respuesta del sistema al movimiento, ofreciendo un centro de gravedad compacto y una mejor distribución del peso. En resumen, esta caja supone una alternativa práctica, imaginativa y correcta para el reto de acoplar elementos entre modelos de vehículos distintos.

3.5.3.2 Tapa Diferencial

La tapa de la caja del diferencial es una pieza crucial para el sistema de transmisión del vehículo Baja SAE. Como se muestra en la **Figura 13**, su propósito principal es sellar y proteger el conjunto del diferencial, y facilita la instalación de los componentes de la transmisión. Esta pieza ayuda a mantener el sistema estructuralmente sólido y permite una distribución adecuada de la carga mientras el vehículo circula por terrenos accidentados y de alto impacto.

Figura 13

Vista Tapa Diferencial





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Para la tapa del diferencial de los vehículos Baja SAE, se perfeccionó el diseño, prestando atención a su comportamiento estructural y dinámico, con el objetivo de que la interacción mecánica fuera sólida y efectiva. El modelado CAD de la forma interior incorpora zonas cónicas y cilíndricas, que ayudan a situar el diferencial en el centro, a dirigir los semiejes y a evitar choques.

La forma cónica permite que el diferencial se una de manera exacta, mientras que las zonas cilíndricas hacen que el eje mantenga su forma y que los rodamientos estén bien colocados. Esta forma geométrica mejora la rotación del diferencial, algo fundamental para rendir bien en situaciones de uso intensas. Se prefirió usar grasa de litio para la lubricación, en vez de aceite.

Esta decisión se basa en que la grasa se pega mucho, aguanta bien el agua y las altas temperaturas, lo que viene muy bien para las duras condiciones de las carreras Baja SAE. La lubricación con grasa hace que el sellado sea más sencillo, que el lubricante se reparta mejor y que el sistema pese menos, algo muy importante en el diseño de vehículos de carreras.

3.5.3.3 Acoplamiento con la Catalina

Una parte complicada del diseño fue conseguir que la tapa del diferencial se conectara de forma limpia y segura con un piñón de motocicleta. Elegimos este piñón en particular, que se muestra en la **Figura 14**, principalmente porque se puede encontrar fácilmente, y sus especificaciones mecánicas coinciden con la potencia y la velocidad que necesitamos transmitir. Dicho esto, tuvimos que mecanizarlo cuidadosamente para que sus agujeros de montaje se alinearan perfectamente con el patrón de agujeros que pusimos en la cubierta.

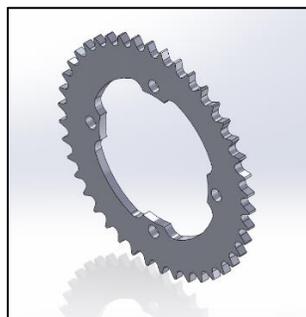


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 14

Vista Isométrica Catalina

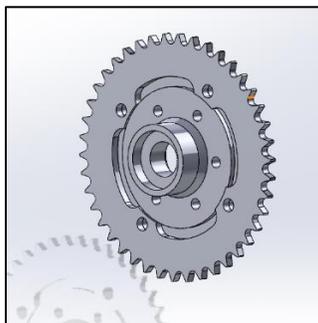


El resultado de este proceso es una conexión firme y alineada, que permite la transmisión directa del movimiento desde el motor estacionario hacia el sistema de diferencial a través de una cadena. Esta solución técnica permite reducir costos de fabricación y aprovechar componentes comerciales de alta resistencia. Además, la disposición de este sistema facilita futuras reparaciones o reemplazos en caso de desgaste o fallos, algo muy valorado en un entorno competitivo.

La fijación de la catalina a la tapa se realiza mediante pernos de alta resistencia, untados fijados de roscas para evitar aflojamientos por vibraciones. Ensamblaje en la **Figura 15**.

Figura 15

Vista Isométrica Catalina Ensamblada





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



3.5.3.4 Integración de los Semiejes

El diseño de la tapa considera también el paso de los semiejes a través de tubos guía que cruzan la misma. Estos tubos, de espesor calculado y fabricados en acero al carbono, actúan como soportes estructurales y como alojamientos para los rodamientos que permiten el giro libre de los semiejes. Esta integración facilita el ensamblaje del sistema completo y mejora la alineación axial entre los componentes rotativos.

Los ejes se deslizan dentro de estos tubos, enlazando en su interior con el diferencial. Esta configuración canaliza el movimiento variado del diferencial a cada rueda motriz. Los cojinetes de cada extremo garantizan que todo gire libremente, reduciendo el desgaste y alargando la vida útil del sistema. Además, las juntas situadas en puntos clave impiden que entre la suciedad.

Este inteligente diseño mantiene la transmisión en perfecto funcionamiento, incluso cuando las ruedas giran a diferentes velocidades al realizar giros bruscos o superar baches.

3.5.3.5 Sistema de Anclaje

Para garantizar la estabilidad y seguridad del sistema diferencial, se implementó un mecanismo de anclaje mediante el uso de chumaceras SKF como en la **Figura 16**. Estas chumaceras están montadas en puntos estratégicos del chasis, permitiendo que el conjunto del diferencial se mantenga suspendido, evitando impactos directos del terreno y reduciendo vibraciones.

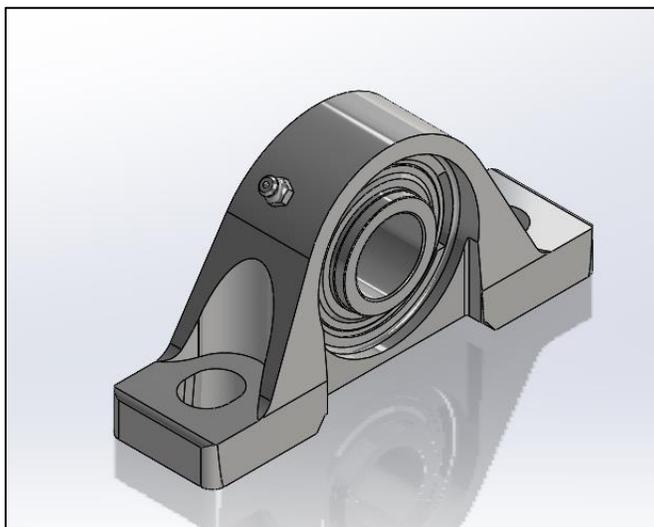


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 16

Vista Isométrica Chumacera



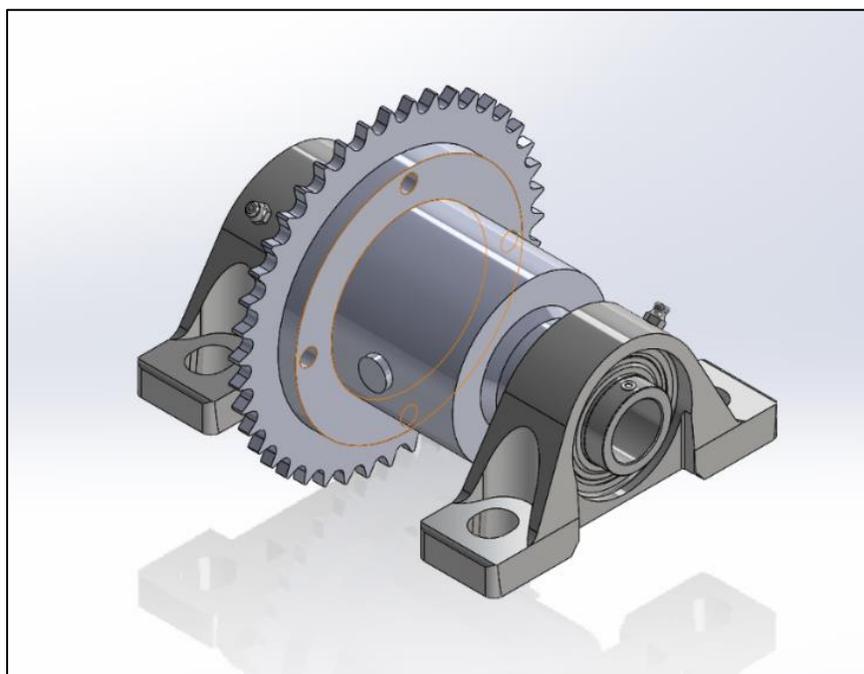
Los soportes de rodamientos presentan un enfoque flexible, ya que su configuración permite el ajuste longitudinal de toda la unidad. Este aspecto se aprovecha para tensar la cadena de transmisión, funcionando como tensor. De este modo, el diseño del anclaje no sólo cumple una función estructural, sino también operativa, garantizando que la cadena siempre tenga la tensión adecuada para evitar saltos o resbalones.

Estos soportes de rodamientos están fabricados con materiales duraderos e incluyen juntas que bloquean la suciedad y la humedad, lo que alarga la vida útil del sistema. Su uso proporciona un equilibrio entre el uso práctico, el mantenimiento sencillo y la resistencia estructural, aspectos clave en los coches de carreras que soportan entornos duros y tensiones constantes. El sistema diferencial completo puede verse en la **Figura 17**.



Figura 17

Vista Isométrica Diferencial con Chumacera



3.5.3.6 Componentes Adaptados

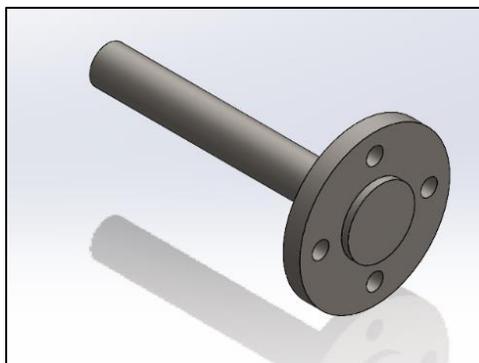
En el desarrollo del sistema de transmisión para el vehículo Baja SAE, uno de los desafíos más relevantes fue la adaptación de los semiejes provenientes de un vehículo comercial, en este caso, un Chery QQ. Estos componentes, originalmente diseñados para un vehículo de tracción delantera con geometría y dimensiones específicas, fueron seleccionados debido a su disponibilidad, resistencia mecánica comprobada y compatibilidad con sistemas de acople tipo brida. Sin embargo, para integrarlos de manera adecuada a la caja del diferencial diseñado y al sistema de suspensión tipo "araña" ya definido, fue necesario intervenir directamente en su estructura mediante procesos de mecanizado, soldadura y modificación geométrica separando en dos partes como en la **Figura 18** y **Figura 19**.



BRIDA IZQUIERDA

Figura 18

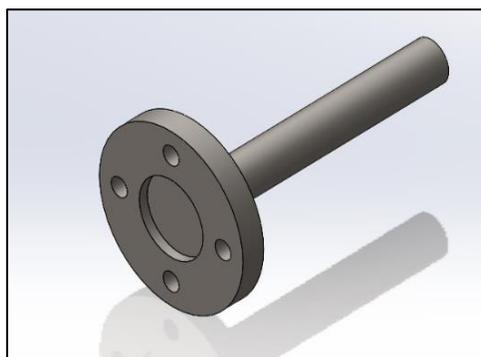
Vista Isométrica Brida Izquierda



BRIDA DERECHA

Figura 19

Vista Isométrica Brida Derecha



La adaptación se centró en dos objetivos fundamentales: ajustar la longitud de los semiejes de acuerdo con el ancho del tren trasero del Baja SAE, y asegurar un acoplamiento confiable y no permanente al sistema diferencial. Para ello, el semieje del lado derecho fue alargado mediante la incorporación de una extensión soldada con precisión, mientras que el del lado izquierdo fue reducido en su longitud para mantener simetría funcional y evitar desalineaciones. Ambos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



extremos fueron modificados con bridas mecanizadas, permitiendo así una conexión segura pero desmontable, facilitando el mantenimiento y posibles futuras sustituciones. Estas modificaciones fueron ejecutadas tomando en cuenta la resistencia a la torsión, las cargas dinámicas en competencia y el comportamiento esperado en condiciones severas.

La importancia de adaptar estos componentes radica no solo en la viabilidad técnica y económica del proyecto, sino también en la optimización del rendimiento del sistema de transmisión bajo un enfoque de ingeniería funcional aplicada. El uso de piezas de automóvil fáciles de conseguir ayuda a mantener bajos los costes de producción sin perjudicar el rendimiento del vehículo. Los cuidadosos ajustes garantizan la correcta alineación de la suspensión, el diferencial y las ruedas motrices. Además, optar por conexiones atornilladas significa que el diseño es modular, lo que facilita las reparaciones rápidas, el desmontaje parcial y los cambios de transmisión para futuras pruebas o carreras Baja SAE.

3.5.4 Ensamble global

Se ejecutó el ensamblaje global del tren de potencia con el propósito de visualizar la disposición integral de los componentes principales en relación con el bastidor, lo cual permitió evaluar la interacción espacial y funcional entre el motor, el sistema de transmisión y los elementos de la suspensión. Esta etapa fue fundamental para realizar una aproximación inicial de la posición y configuración óptimas del sistema de suspensión, tomando en cuenta criterios de distribución de peso, accesibilidad para mantenimiento y alineación geométrica.

Asimismo, el ensamblaje total **Figura 20** permitió analizar de manera preliminar las trayectorias de transmisión de fuerzas desde el motor hacia las ruedas, evaluando las tolerancias de los semiejes y las articulaciones homocinéticas.

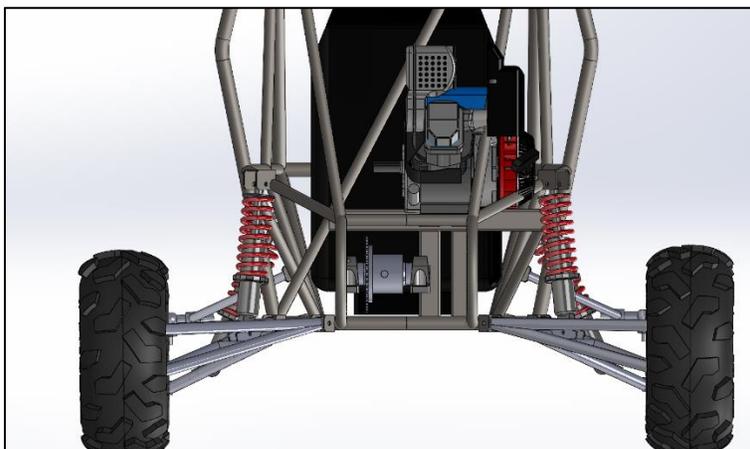


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 20

Vista Posterior Prototipo Ensamblado



Finalmente, esta fase resultó crucial para determinar y optimizar la ubicación tanto del sistema de transmisión como del motor dentro del conjunto del proyecto, teniendo en cuenta no solo aspectos estructurales y de rendimiento, sino también el impacto en el centro de gravedad del vehículo, la eficiencia del tren de potencia y la facilidad de integración con otros subsistemas.

3.6 Fabricación

A medida que se construía el vehículo Baja SAE, estudiamos a fondo los materiales, las herramientas, el equipo y la forma de reunirlos todo para cumplir los requisitos del diseño. Elegir los materiales adecuados era muy importante para asegurarnos de que fueran resistentes, duraderos y no demasiado pesados. Pensamos en lo bien que aguantarían los tirones, lo mucho que aguantarían un golpe y, por supuesto, lo que pesaban y costaban. También nos tomamos nuestro tiempo para elegir las mejores herramientas y métodos de construcción, como el corte por láser, la soldadura TIG y el mecanizado CNC, para que cada pieza fuera perfecta y resistente. Esta mezcla de materiales y conocimientos nos ayudó a hacer las cosas mejores y más rápidas de montar. Nos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



aseguramos de que el vehículo estuviera a la altura de las altas prestaciones, la durabilidad y los niveles de seguridad necesarios para esas locas condiciones todoterreno.

3.6.1 Adquisición de componentes prefabricados

Conseguir piezas prefabricadas es muy importante cuando estamos construyendo nuestro prototipo Baja SAE. Realmente nos ayuda a ahorrar tiempo, asegurarnos de que todo es de primera calidad, y mantener los costos bajos al no tener que construir piezas complicadas nosotros mismos. Básicamente, estamos hablando de elegir el material adecuado que podemos comprar en lugar de fabricar desde cero. Obtenemos estas piezas de proveedores que saben lo que hacen cuando se trata de coches y carreras off-road.

Dado que el Baja SAE está construido para soportar condiciones muy duras, necesitamos piezas fiables y resistentes, que es lo que hace que funcione bien. Asegurarse de que todo funciona en conjunto - como el marco, suspensión, transmisión, y cómo el motor entrega potencia - es una necesidad. Este proceso de selección debe ser prioritario para garantizar la compatibilidad.

Los principales componentes prefabricados adquiridos para este proyecto incluyen:

Grupo motriz

Las normas de competición exigen un motor estandarizado, adquirido de acuerdo con las especificaciones establecidas por la SAE.

Sistema de transmisión

Los engranajes, correas, poleas y otras piezas prediseñadas maximizan la entrega de potencia y la tracción del vehículo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Componentes de suspensión

Los amortiguadores y los muelles están ajustados para absorber los impactos y garantizar la estabilidad en terrenos accidentados.

Elementos estructurales y de fijación

Los pernos, casquillos, cojinetes y otras piezas de alta resistencia garantizan el correcto montaje de los sistemas del vehículo.

La adquisición de estos componentes no solo implica la compra directa, sino también una evaluación detallada de su procedencia, calidad y adecuación a los requerimientos del proyecto. En este sentido, se consideran factores como la disponibilidad en el mercado, la relación costo-beneficio y el cumplimiento de normas técnicas y de seguridad.

En el presente caso los materiales adquiridos se detallan a continuación

Tabla 14 con su respectiva cantidad:

Tabla 14

Tabla de componentes prefabricados

COMPONENTE PREFABRICADO	CANTIDAD
Motor Portland 13 Hp 389 cc 6.5 L	1
Semieje derecho Cherry QQ	2
Transmisión CVT 1"	1
Chumaceras SFK	2
Rodamientos	2
Suspensión Monoshock	2
Cable para acelerador de acero	3
Catalina Riffel 1045	1
Cadena Riffel	1
Pernos acerados 3/8"	4
Pernos acerados 1/16"	6
Pernos acerados 1/2"	4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Finalmente, la integración de los componentes prefabricados con las piezas diseñadas y fabricadas en el equipo es un proceso crítico que requiere planificación, pruebas y ajustes para garantizar un ensamblaje eficiente y un óptimo desempeño del prototipo en la competencia Baja SAE.

3.6.2 Elaboración del package y planos de construcción

Quedó claro que tener planos listos para fabricar las piezas era imprescindible durante la producción. Estos planos desempeñan un papel fundamental, ya que ofrecen una imagen clara y completa de cada pieza. Incluyen detalles precisos de tamaño, niveles exactos de tolerancia y especificaciones técnicas, todo ello necesario para garantizar que las piezas se fabrican correctamente y encajan bien en el sistema.

Además, los planos se convirtieron en una herramienta esencial para la comunicación técnica entre las etapas de diseño y fabricación, asegurando que las piezas cumplieron con los estándares de calidad requeridos y facilitando la identificación de posibles ajustes o mejoras antes de iniciar la producción en serie.

3.6.3 Procesos de manufactura y adaptación de componentes

En el desarrollo del coche Baja SAE, aplicamos diferentes métodos de fabricación, escogidos cuidadosamente según la exactitud, eficacia y utilidad que demandaba cada parte. Usamos el torneado, fresado y la soldadura MIG/MAG, cada cual elegida a propósito para satisfacer lo que pedía el diseño y certificar la calidad de las piezas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



El torneado fue fundamental para hacer piezas redondas, como ejes y rebordes. Lo elegimos por su habilidad para respetar medidas muy precisas, algo vital para las partes que deben encajar con exactitud en los montajes mecánicos. Además, el torno permite hacer varias cosas, como perfilar, nivelar, cortar, acanalar y filetear, dando flexibilidad para crear formas intrincadas y prácticas en un solo paso. El torno es eficaz, pues hace piezas en poco tiempo sin bajar la calidad del acabado.

Para hacer canales en cosas como rebordes y ejes, usamos el fresado. Ofrece mucha precisión para cumplir con márgenes específicos, sobre todo al hacer ranuras para cuñeros necesarias para algunos ensamblajes. Este método es flexible, permitiendo ajustar el tamaño y la forma de las ranuras para adaptarlas a diferentes necesidades de diseño. Además, el fresado destaca por ser rápido, ayudando a mantener los tiempos de producción dentro de lo planeado sin perder calidad.

La soldadura MIG/MAG fue otra técnica clave en la fabricación del vehículo, usada para juntar materiales de forma segura y que dure. Esta soldadura utilizó hilo de cobre de 0,9 mm y gas CO₂ activo como materiales, escogidos por su capacidad de dar una buena penetración en las uniones y asegurar una soldadura fuerte y pareja. La soldadura MIG/MAG destaca por su rapidez, lo que permite un ensamblaje más ágil de los componentes, y por su facilidad de uso, que reduce la complejidad del proceso. Otra ventaja importante de esta técnica es que produce un menor nivel de deformación térmica, lo cual resulta beneficioso para mantener la integridad estructural de los materiales y garantizar un ensamblaje preciso y duradero en condiciones extremas.

3.7 Pruebas de Funcionamiento



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Se llevaron a cabo diferentes pruebas dinámicas para evaluar el desempeño de los sistemas del vehículo, siguiendo los requerimientos detallados en el manual BAJA SAE, diseñado para verificar la fiabilidad y seguridad de vehículos todo terreno en condiciones extremas. Las pruebas incluyeron:

3.7.1 Aceleración

Para esta prueba se cronometró el tiempo en que el vehículo completaba un recorrido de 30 metros. La finalidad era obtener datos precisos sobre la capacidad de aceleración y la eficiencia del sistema de transmisión en la fase inicial del movimiento. Los resultados ayudan a identificar áreas de mejora en el sistema de transmisión y motor, y son especialmente útiles para la competencia, ya que reflejan el rendimiento del vehículo en situaciones que requieren rápida respuesta.

3.7.2 Arrastre

Esta prueba de arrastre consistió en someter al vehículo a tres recorridos de 30 metros, transportando cargas de 15 kg, 30 kg y 60 kg. El propósito es evaluar la resistencia de los componentes y la capacidad de soporte de peso del sistema de suspensión y transmisión bajo condiciones de carga variable. Esta prueba permite observar el desgaste potencial en estos sistemas y entender cómo el vehículo podría rendir en condiciones de carga elevada, muy comunes en terrenos difíciles y competencias de resistencia.

3.7.3 Velocidad máxima



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



La prueba de velocidad máxima se ejecutó en una línea recta de 100 metros, con el objetivo de medir el límite de velocidad alcanzable. Al completar el recorrido, se compararon los tiempos con el rendimiento esperado, y se identificaron áreas para optimizar la aerodinámica, la eficiencia de motor y la relación de transmisión. Este análisis es esencial para maximizar el desempeño en competencias donde la velocidad es un factor clave de éxito.

3.7.4 Maniobrabilidad

Esta prueba estaba orientada a evaluar cómo responde el sistema de suspensión y dirección del vehículo en un recorrido con obstáculos diseñados para simular condiciones difíciles. Se observó el comportamiento ante curvas cerradas, pendientes y superficies irregulares. Evaluar la maniobrabilidad es crucial para asegurar que el vehículo mantenga estabilidad y control en terrenos variados, brindando seguridad y agilidad en situaciones complejas.

Realizamos las pruebas en un recorrido preparado para cumplir unos requisitos básicos: una longitud mínima de 120 metros y una anchura de 15 metros, que ofrecieran espacio suficiente para realizar las pruebas de forma reglamentaria. El suelo tenía que estar compuesto de arena, grava o una sustancia comparable para imitar los entornos de campo reales, lo que ayuda a garantizar que obtenemos datos precisos sobre el rendimiento del vehículo en condiciones similares a las de competición.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



CAPÍTULO IV

4 Resultados y Discusión

4.1 Cálculos Análogos

Para el análisis del sistema de transmisión con embrague CVT (Continuously Variable Transmission), se parte del conocimiento previo de los diámetros internos de los componentes involucrados, así como del torque nominal del motor, especificado por el fabricante en 26,48 Nm a 2500 rpm. Como en la **Tabla 15**

Tabla 15

Análisis de Torque

Torque		
Torque de Motor	26.48	Nm
Radio Polea 1 CVT	0.0254	
Radio Polea 2 CVT	0.015875	
Radio Piñón CVT	0.015875	m
Radio Catalina	0.1	

El cálculo se basa en la determinación de la relación de transmisión en dos etapas:

- Relación de transmisión primaria: Determinada por la interacción entre la polea motriz (polea 1) y la polea conducida (polea 2) dentro del sistema CVT.
- Relación de transmisión secundaria: Correspondiente al acoplamiento entre el piñón de salida del CVT y la catalina, encargada de transmitir el torque a las ruedas motrices.

Una vez establecidas estas relaciones, es posible determinar el torque de salida en la catalina, obteniendo una relación de transmisión total equivalente a 10.0787 (adimensional).

A continuación, se presentan los cálculos detallados que respaldan este análisis:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Relación de poleas entre polea 1 y polea 2

$$Rp = \frac{Dm}{Dc}$$

$$Rp = \frac{0.0254 \text{ m}}{0.015875 \text{ m}}$$

$$Rp = 1.6$$

Ahora es posible conocer el Torque en la Polea a partir de esta primera relación de transmisión

$$Tp = Tm * Rp$$

$$Tp = 26.48 \text{ Nm} * 1.6$$

$$Tp = 42.368$$

A continuación, se procede a calcular nuevamente la relación de transmisión, esta vez entre el piñón acoplado a la polea 2 y la catalina.

Dado que el piñón y la polea 2 comparten el mismo diámetro, la relación de transmisión dependerá únicamente del número de dientes de cada componente. Esta relación permitirá determinar la reducción final del sistema y el torque transmitido a las ruedas motrices.

Los cálculos correspondientes se desarrollan a continuación:

$$Rc = \frac{D_{catalina}}{D_{piñon}}$$

$$Rc = \frac{0.1 \text{ m}}{0.015875 \text{ m}}$$

$$Rc = 6.299$$

Finalmente, se procede al cálculo del torque de salida, el cual se presenta en la catalina acoplada a la caja de transmisión.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Este valor se obtiene de la relación de transmisión **Tabla 16** total del sistema, considerando tanto la primaria (CVT) como la secundaria (piñón-catalina). Con esta información, es posible determinar el torque final para la tracción de las ruedas motrices, asegurando una correcta evaluación del desempeño del sistema de transmisión.

A continuación, se presentan los cálculos detallados:

$$T_{salida} = T_p * R_c$$

$$T_{salida} = 42.368 * 6.299$$

$$T_{salida} = 266.88 \text{ Nm}$$

Tabla 16

Relaciones de Transmisión

Relación de transmisión en poleas	1.6	
Torque en Polea 2 y Piñón	42.368	Nm
Relación de transmisión Piñón -Catalina	6.299212598	
Torque de Salida en catalina	266.8850394	Nm
Relación de transmisión total	10.07874016	

A continuación, se procede al cálculo de la eficiencia de la transmisión CVT, partiendo del conocimiento previo de la potencia del motor y, posteriormente, de la potencia disponible en la rueda.

Este análisis permite evaluar las pérdidas energéticas dentro del sistema de transmisión y determinar su rendimiento en condiciones operativas reales.

Los cálculos detallados se presentan a continuación en la **Tabla 17**:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Tabla 17

Condiciones operativas

Torque del Motor T_m	26.48	Nm
Potencia de Motor P_m	9.288620738	Hp
Potencia a la rueda	9.288620738	Hp
Eficiencia de la transmisión	100	%
Revoluciones del giro del motor	2500	rpm
Velocidad de Salida rueda	248.046875	rpm

$$P_{Hp\text{motor}} = \frac{T * N}{7127}$$

$$P_{Hp} = \frac{26.48 \text{ Nm} * 2500}{7127}$$

$$P_{Hp} = 9.288620 \text{ Hp}$$

Para el cálculo de la potencia a la rueda es necesario conocer la velocidad de salida en la rueda, para lo cual:

$$N_{sr} = \frac{N}{R_t}$$

Conociendo que R_t es la suma de las dos relaciones transmisión anteriormente calculadas 10.07874016

$$N_{sr} = \frac{2500 \text{ rpm}}{10.07874016}$$

$$N_{sr} = 248.046875 \text{ rpm}$$

Calculando entonces la potencia en la rueda la expresión nos queda de la siguiente forma:

$$P_{salidaHp} = \frac{266.88 \text{ Nm} * 248.04 \text{ rpm}}{7127}$$

$$P_{salidaHp} = 9.2886620738 \text{ Hp}$$

Entonces, la eficiencia responde a la siguiente ecuación, relación entre la potencia de salida a la rueda y la potencia del motor:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



$$\eta = \frac{P_{salidaHp}}{P_{Hpmotor}} * 100\%$$

$$\eta = \frac{9.2886 Hp}{9.2886 Hp} * 100\%$$

$$\eta = 100\%$$

Como se puede observar, la transmisión idealmente teórica presenta una eficiencia del 100%. Sin embargo, en la práctica, este valor es inalcanzable debido a múltiples factores no considerados en el análisis teórico, tales como:

- Pérdidas por fricción en los elementos de transmisión.
- Pérdidas por disipación térmica dentro del sistema CVT.
- Influencia del número de dientes y diámetros externos de los componentes involucrados.

Debido a estas pérdidas inevitables, se ha optado por considerar una eficiencia del 85%, valor previamente calculado y referenciado en estudios previos.

A continuación, se procede con analizar los pesos **Tabla 18** que influyen en el vehículo en movimiento.

Tabla 18
Pesos partes del Vehículo

Peso Total Kg	241
Una persona en su interior	80
Motor	31
Chasis tubular	35
Transmisión	25
Carrocería	5
Llantas y frenos	35
Suspensión	15
Dirección	5
Sistema eléctrico	5
Pedales, sistema de cambios y otros	5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

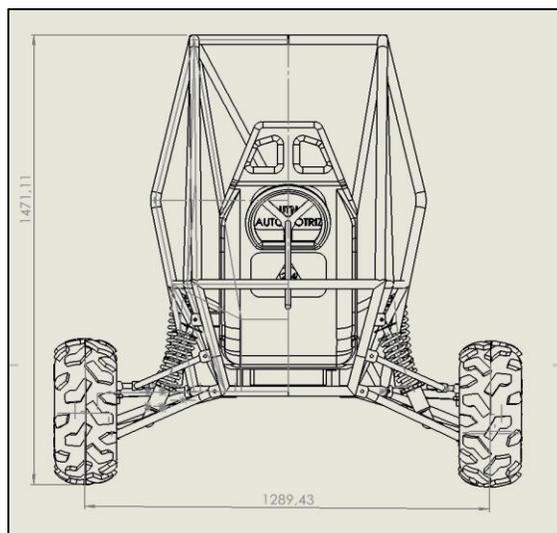


Para diferenciar los datos principales del vehículo, se procede al cálculo de las potencias relacionadas con la dinámica longitudinal del mismo.

El primer paso consiste en determinar las dimensiones principales y exteriores del Baja SAE **Figura 21**. Para ello, se utiliza el software SolidWorks, con el cual se realiza el proceso de acotación del ensamblaje completo, permitiendo obtener con precisión las medidas exteriores del bastidor a partir de las cotas generadas.

Figura 21

Vista posterior ensamblaje Global



Dado que el ensamblaje de las llantas **Figura 22** se encuentra en un formato de solo lectura, no es posible extraer directamente la cota entre las caras de estas. Para solucionar este inconveniente, se ha optado por sumar la anchura de una llanta adicional a la medida previamente obtenida de 1298.43 mm, con el fin de estimar correctamente el ancho total del vehículo.

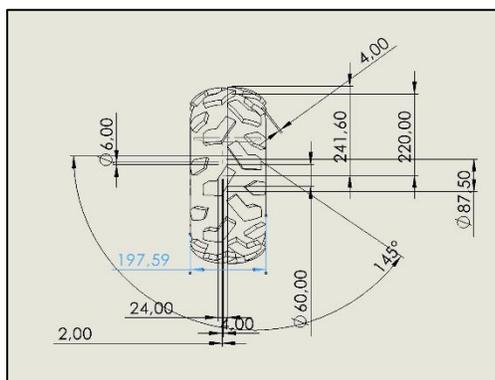


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 22

Vista superior Llantas



Otro dato obtenido a partir del software es el coeficiente de forma (K_f) **Figura 23**, el cual se puede estimar mediante la generación de un croquis a escala real. Sin embargo, este valor está sujeto a ciertas aproximaciones, ya que no considera que el chasis del vehículo es de estructura tubular, lo que implica que el coeficiente variará debido a las áreas donde no existe una superficie de contacto directo con las resistencias aerodinámicas.

Figura 23

Cálculo de la superficie efectiva

Propiedades de sección de Croquis1 de Pieza1		
Área = 1180651,12 milímetros ²		
Centro de gravedad relativo al origen de croquis: (milímetros)		
X = 0,00		
Y = 2,48		
Centro de gravedad relativo al origen de pieza: (milímetros)		
X = 0,00		
Y = 2,48		
Z = 0,00		
Momentos de inercia, del área, en el centro de gravedad: (milímetros ⁴)		
Lxx = 18133835482,87	Lyy = 24948,93	Lxz = 0,00
Lxy = 24946,93	Lyy = 137352086393,57	Lyz = 0,00
Lxz = 0,00	Lxy = 0,00	Lzz = 318690422076,44
Momento polar de inercia, del área, en el centro de gravedad = 318690422076,44 milímetros ⁴		
Ángulo entre ejes principales y ejes de croquis = -90,00 °		
Momentos principales de inercia, del área, en el centro de gravedad: (milímetros ⁴)		
Mx = 137252086593,55		
My = 18133835482,88		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Utilizando la herramienta Sketch de Imagen, se escala la imagen del ensamblaje completo y se procede a trazar un croquis del área exterior del vehículo.

El valor del área obtenida a partir de este procedimiento es:

$$\text{Superficie Efectiva} = 1180651.12 \text{ mm}^2$$

$$\text{Superficie Efectiva} = 1.18065112 \text{ m}^2$$

Para calcular el Coeficiente de Forma K_f se lo obtiene mediante la siguiente ecuación

$$K_f = \frac{\text{Superficie Efectiva}}{\text{Area total } (h * a)}$$

$$K_f = \frac{1.18065 \text{ m}^2}{1.4711 * 1.48702 \text{ m}^2}$$

$$K_f = 0.539712626$$

A continuación, en la **Tabla 19**, se detallan los datos del vehículo:

Tabla 19

Datos generales del Vehículo

DATOS DEL VEHICULO			
Altura	h	m	1.4711
Ancho	a	m	1.48702
Área Total	At	m ²	2.187555122
Coeficiente de forma	Kf		0.539712626
Coeficiente aerodinámico arrastre	Cx		1.2
Masa vehículo		Kg	161
Masa +ocupante		Kg	241
Coeficiente de la resistencia a la rodadura	frr		0.08
Hv gasolina	Hv	Mj/l	34.78
Densidad del aire	ρ	Kg/m ³	1.225
Ef. Transmisión	%	%	0.85%
Gravedad	g	m/s ²	10
Potencia	P	Hp	13
Torque	T	Nm	26.48



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Velocidad 1		m/s	6.944
Angulo de pendiente	θ	grados	0
Consumo		L	
Superficie efectiva (Solid Works)		mm ²	1180651.12
		m ²	1.18065112
Superficie especifica		m ²	1.18065112

Cálculo de Potencias existentes en la dinámica longitudinal del vehículo

Resistencia aerodinámica calculada con la siguiente formula:

$$R_{ae} = \frac{1}{2} \times C_x \times S_e \times \rho \times V^2$$

$$R_{ae} = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 1.18 \times 1.225 \times (6.944)^2$$

$$R_{ae} = 269.098 \text{ N}$$

Resistencia a la rodadura calculada con la siguiente formula:

$$R_{ro} = m \times g \times f_{rr}$$

$$R_{ro} = 241 \text{ Kg} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0.08$$

$$R_{ro} = 120.5 \text{ N}$$

Resistencia por pendiente calculada con la siguiente formula:

$$R_p = 241 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s} \times \text{sen}(0)$$

$$R_p = 0 \text{ N}$$

Para el cálculo de las potencias resultantes, es necesario realizar el producto entre cada una de las resistencias y la velocidad del vehículo (en este caso, 19.44 m/s). Posteriormente, se establece la relación con respecto a la eficiencia de transmisión previamente referenciada. El cálculo de esta potencia resultante se expresará en kilovatios (kW) como se observa en la **Tabla 20**, para luego convertirla a caballos de vapor (CV), que será la unidad de medida final.

$$P_n = \frac{(R_{ae} + R_r + R_g + R_i) * V_d}{\eta_{Transmision}} = [kW]$$



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



$$P_n = \frac{(R_{ae} + R_r + R_g + R_i) * V_d}{0.85} = [kW]$$

$$P_n = 10.1231891 [kW]$$

$$P_n = 11.90957519 [Hp]$$

Tabla 20

Cálculo de Potencia

CALCULO DE POTENCIAS		
Potencia a la rodadura	3748.032	W
Potencia aerodinámica	6375.25711	W
Potencia por pendiente	0	W
Potencia total	10123.2891	W
Potencia total	10.1232891	kW
Potencia necesaria (85%)	11.9097519	HP

Teniendo en cuenta lo siguiente:

2 hp para que se mantenga a 25km/h con 241 kg.

12 hp para que se mantenga a 70km/h con 241 kg

Los valores de potencia necesaria varían en función de la velocidad del vehículo. No obstante, se debe considerar que la velocidad máxima del Baja SAE es de 70 km/h. Además, no se ha tomado en cuenta una pendiente específica en el cálculo, a pesar de que, en condiciones reales, el vehículo se desplaza sobre terreno pronunciado, lo cual afectaría la potencia requerida.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



4.2 Análisis estructural

Se desarrolló el análisis estructural de los componentes que han sido objeto de intervención directa tanto en el diseño como en el proceso de manufactura. Este estudio se centra en las áreas más cruciales del sistema, sobre todo en las piezas concebidas y producidas por el equipo, con el objetivo de garantizar su resistencia y su buen funcionamiento en el conjunto de la máquina. Para ello, se realizó un análisis estático con SolidWorks, un programa que permite juzgar con gran precisión y realismo el comportamiento mecánico de las piezas sometidas a cargas simuladas. Esta evaluación es vital para confirmar las tensiones y movimientos que soportan las piezas, y para estar seguros de que cumplen todas las normas de integridad estructural cuando se utilicen en el prototipo de vehículo.

Entre los elementos examinados destacan las bridas del eje de transmisión y la caja del diferencial. La importancia de estas piezas radica en su función de transmisión de potencia; en concreto, la caja del diferencial contiene el engranaje que envía la potencia del motor a las ruedas motrices. En particular, la catalina, que se encuentra acoplada a esta caja, es la encargada de recibir el par generado por el sistema motriz y transmitirlo a través del eje de transmisión. Dada la magnitud de las cargas y tensiones a las que están sometidas estas partes, su correcto dimensionamiento y resistencia estructural son fundamentales. La presente sección justifica, por tanto, la necesidad de aplicar un análisis computacional detallado para verificar que las modificaciones realizadas en estas piezas no comprometan la seguridad ni el desempeño del sistema de transmisión del vehículo.

4.2.1 Bridas de Semieje de transmisión

En trabajos previos, el diseño del chasis mostraba una distribución ineficaz respecto a la posición del sistema de transmisión. Esto provocaba una notable falta de alineación entre la caja del diferencial y las ruedas que impulsan el vehículo. Debido a esta organización, los semiejes que



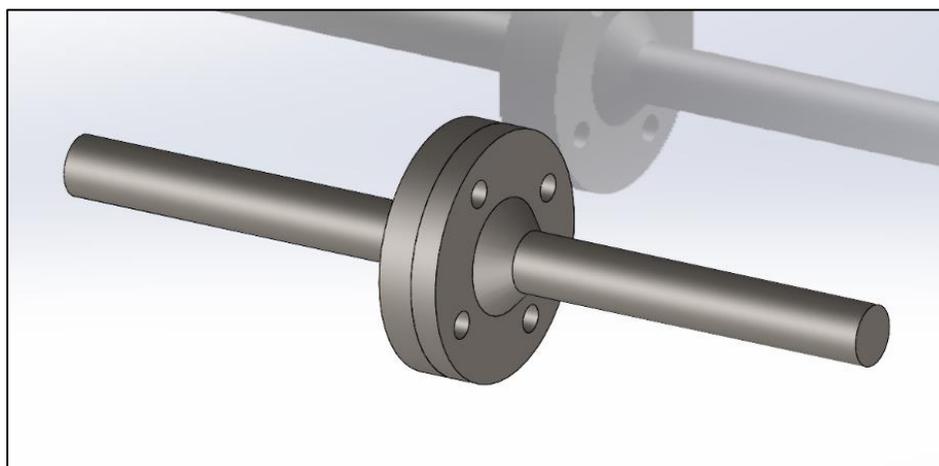
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



enlazan la caja del diferencial con las ruedas tenían que ser de distintos tamaños, siendo uno bastante más extenso que el otro. Particularmente, el semieje ubicado en el lado más cercano a la caja de transmisión fue sometido a un proceso de maquinado especial **Figura 24**, debido a la necesidad de adaptarlo a dicha configuración. Para facilitar su instalación y mantenimiento, así como evitar una unión permanente, se optó por su ensamblaje mediante una brida mecanizada, permitiendo una conexión funcional, pero no definitiva. Esta decisión respondió a la necesidad de compensar las limitaciones impuestas por la geometría del chasis y garantizar un mínimo nivel de alineación y funcionalidad en el sistema de transmisión

Figura 24

Vista Isométrica Brida de Semieje



Para este análisis, se toman en cuenta los siguientes criterios:

- Límite de fluencia del material de 530 MPa (N/mm²)
- Desplazamiento máximo permitido de 0,20 mm, conforme a los lineamientos de la competencia Baja SAE
- Factor de seguridad superior a 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



FACTOR DE SEGURIDAD

El resultado principal indica un FDS **Figura 25** mínimo de 1.6. Este valor es significativo, ya que se considera dentro del rango aceptable para elementos estructurales sometidos a condiciones normales, siendo 1.5 el mínimo recomendado en la mayoría de las aplicaciones industriales. La evaluación fue realizada mediante el método automático de SolidWorks, que identifica automáticamente los puntos críticos del modelo.

Visualmente, la pieza se muestra casi completamente en color rojo, lo que a simple vista podría parecer alarmante. Sin embargo, en este contexto, el color rojo representa zonas con un factor de seguridad alto, indicando que la pieza trabaja con un amplio margen frente al límite de fluencia del material. Es importante destacar que el rojo no señala inminencia de falla, sino que el FDS supera ampliamente el valor mínimo de 1.6, llegando incluso a valores exageradamente altos como 10^{16} en ciertas regiones. Estos valores tan elevados sugieren que hay zonas que prácticamente no están siendo solicitadas estructuralmente, o que el material utilizado tiene una resistencia muy superior a la requerida.

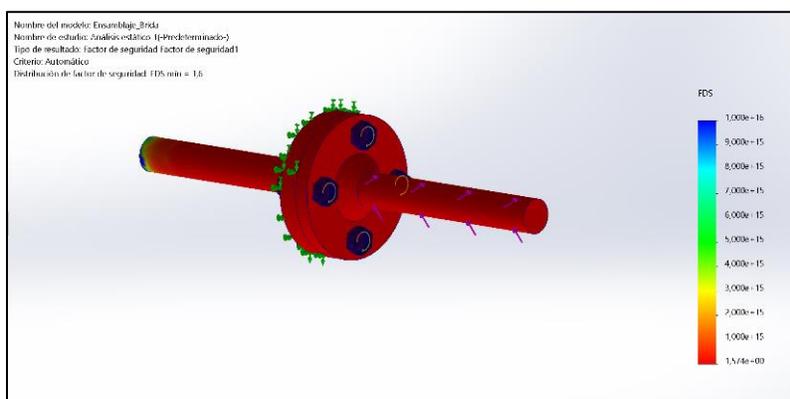
La escala de colores en el estudio no presenta tonalidades como verde, amarillo o azul, lo cual confirma que no existen zonas con FDS por debajo del umbral mínimo. El valor más bajo identificado fue de 1.574, ubicado probablemente en zonas donde existen concentraciones de esfuerzo, como el centro de una brida o en los puntos de aplicación de las cargas. En cuanto a la fórmula, el FDS se define como el cociente entre el límite de fluencia del material y la tensión máxima inducida. Por tanto, un FDS de 1.6 indica que la pieza puede soportar 1.6 veces más carga antes de comenzar a deformarse plásticamente.

En conclusión, los resultados muestran que el diseño es estructuralmente seguro para condiciones estáticas, sin presencia de zonas críticas inmediatas.



Figura 25

Vista Isométrica Factor de Seguridad Brida de Semieje



LÍMITE ELÁSTICO

El material utilizado tiene un límite elástico **Figura 26** definido en 530 MPa, mientras que las fijaciones se establecieron en la cara opuesta a la carga, completamente fijas, simulando una condición de sujeción rígida.

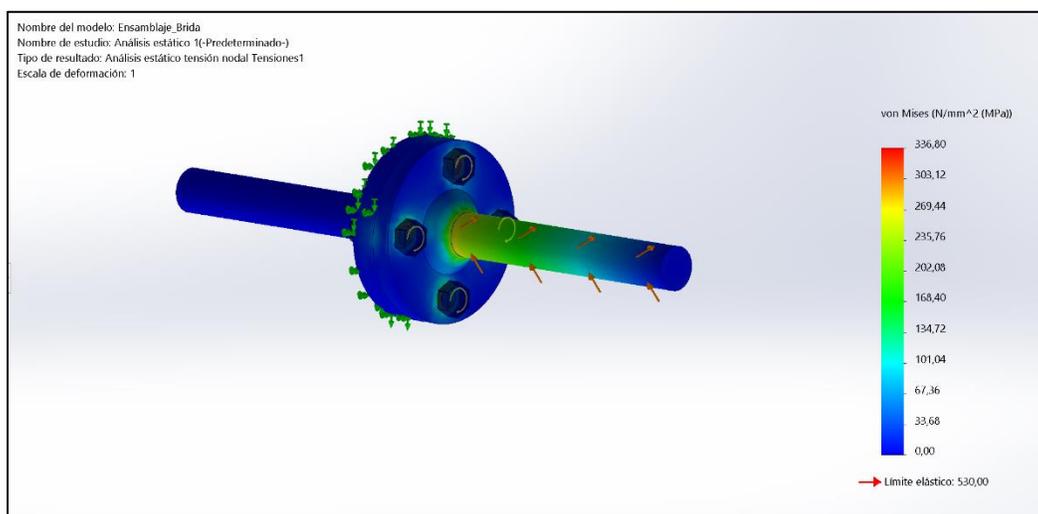
Los resultados muestran que la tensión máxima alcanzada en el modelo es de aproximadamente 336.8 MPa, valor que se encuentra por debajo del límite elástico del material. Esto indica que no se espera que el componente sufra deformaciones plásticas bajo las condiciones de carga aplicadas, por lo tanto, su comportamiento estructural es seguro dentro del régimen elástico.

Las zonas críticas, representadas por colores cálidos como el rojo y el naranja, se ubican principalmente en el centro de la brida, justo en el punto de transmisión del torque entre el eje y el plato. Esta concentración de tensiones es coherente con la función mecánica del componente. En contraste, otras áreas como la mayor parte de la brida y el eje opuesto se presentan en color azul, lo que refleja niveles de tensión muy bajos y escasa sollicitación mecánica. En general, el diseño cumple con los criterios de resistencia exigidos por el análisis.



Figura 26

Vista Isométrica Límite Elástico Brida de Semieje



DESPLAZAMIENTO

La **Figura 27** presenta los resultados derivados de un análisis de elementos finitos (FEA) realizado sobre un modelo denominado «Flange Assembly» durante un estudio estático. Esta evaluación tenía por objeto evaluar la respuesta estructural en determinados escenarios de carga estática, centrándose en los cambios geométricos resultantes. Se utilizó una escala de deformación de 1, lo que significa que cualquier deformación se representa en su tamaño real, sin ninguna amplificación visual.

A la derecha de la imagen hay una barra de gradiente de color que indica la magnitud del desplazamiento neto (URES), cuantificado en milímetros. Va desde un límite inferior de 0,0001 mm (azul oscuro) hasta un pico de 0,1481 mm (rojo). Así, el color de una zona del modelo indica su desplazamiento en relación con las fuerzas aplicadas. Las zonas rojas sufrieron la mayor parte del desplazamiento, mientras que las azules apenas se movieron.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

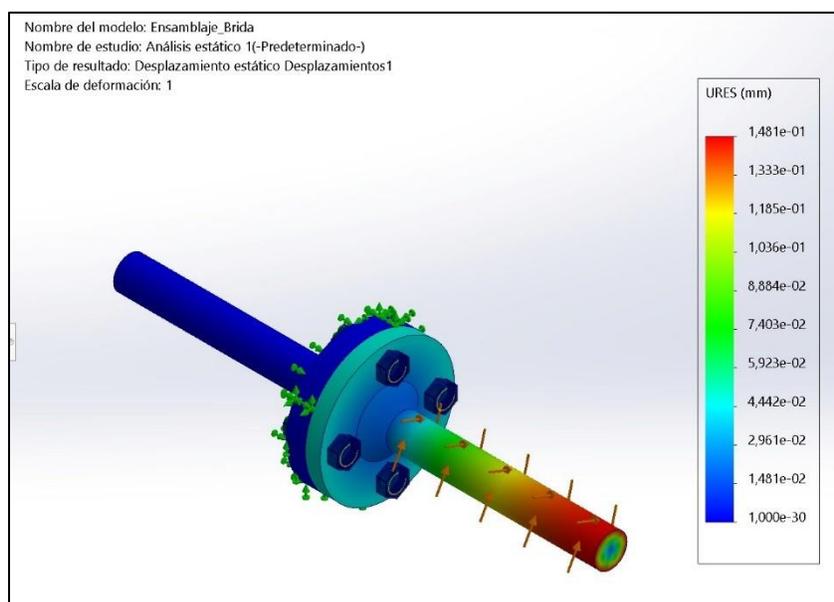


Al ver el modelo, se observa que el lado izquierdo, que coincide con el eje que atraviesa la brida, aparece de color azul intenso, lo que sugiere su casi inmovilidad. Esto se corrobora visualmente con flechas verdes, que indican condiciones de restricción o fijación. Por el contrario, el extremo derecho del eje muestra tonalidades que van del verde al rojo, lo que sugiere una concentración máxima de desplazamiento en ese lugar.. Las flechas naranjas sobre esa zona indican la dirección y aplicación de las cargas externas.

En resumen, el componente está adecuadamente fijado en un extremo, y la mayor deformación ocurre en el extremo libre, donde se aplican las fuerzas. El desplazamiento máximo de 0.1481 mm es bastante pequeño, lo cual sugiere que el diseño es estructuralmente sólido bajo las condiciones simuladas.

Figura 27

Vista Isométrica Desplazamiento Brida de Semieje





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

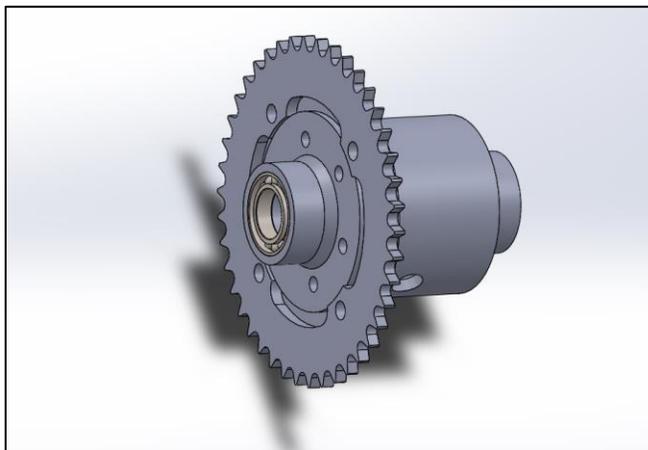


4.2.2 Soporte de la catalina o tapa de Diferencial

En el vehículo Baja SAE, la tapa del diferencial es un componente clave en el sistema de transmisión. El diseño de esta pieza es esencial para sellar y proteger el conjunto del diferencial, garantizando que los componentes mecánicos del tren motriz queden bien instalados. Aparte de proteger, la tapa ayuda a que el sistema mantenga su integridad estructural, permitiendo una buena distribución de las cargas cuando se opera en terrenos difíciles y hay muchos impactos. Su diseño como se mira en la  es esencial para el rendimiento y la fiabilidad del vehículo en competición.

Figura 28

Vista Isométrica del soporte o tapa del diferencial



Para este análisis, se toman en cuenta los siguientes criterios:

- Límite de fluencia del material de 530 MPa (N/mm²)
- Desplazamiento máximo permitido de 0,20 mm, conforme a los lineamientos de la competencia Baja SAE
- Factor de seguridad superior a 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



FACTOR DE SEGURIDAD

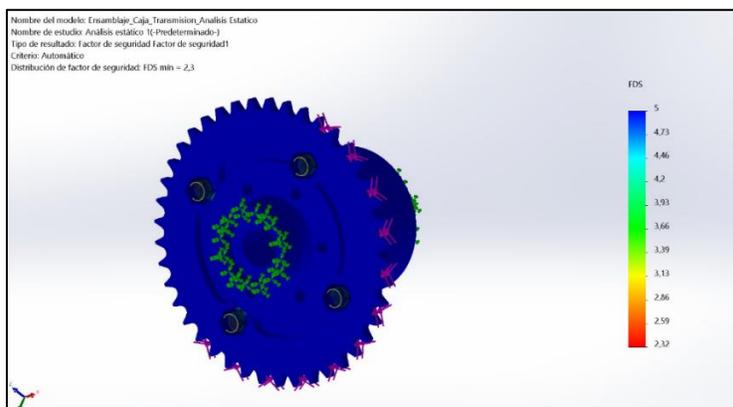
La

Figura 29 presenta los resultados del análisis estático por elementos finitos (AEF) realizado en la caja de cambios con SolidWorks. El análisis, que emplea un enfoque automatizado, establece la distribución del factor de seguridad (SF) en el componente. Un gradiente de colores representa los valores de SF, que van de 2,3 (rojo) en el más bajo a 5 (azul) en el más alto. Las zonas azules significan un factor de seguridad sustancial, lo que demuestra un colchón de seguridad considerable. Por el contrario, las regiones en rojo y naranja, que muestran un SF cercano a 2,3, denotan zonas de mayor concentración de tensiones; son puntos críticos que exigen una revisión del diseño. Un factor de seguridad mínimo de 2,3 supera la referencia de diseño. El punto de diseño más débil aún puede soportar 2.3 veces la carga que experimenta durante este análisis estático. Se considera satisfactorio en la mayoría de los diseños mecánicos. Comparación con criterios típicos de diseño: $FDS \geq 1.5$: aceptable en piezas no críticas o bien conocidas. $FDS \geq 2.0 - 2.5$: recomendado para transmisiones y partes móviles. $FDS \geq 3.0$: recomendado para equipos sometidos a cargas dinámicas, impactos o condiciones severas. Este diseño es estructuralmente seguro bajo las condiciones de carga estática simuladas. No presenta riesgo inmediato de falla, aunque en aplicaciones reales debería evaluar también cargas dinámicas, fatiga y vibraciones si es parte de una transmisión en movimiento constante.



Figura 29

Vista Isométrica Factor de Seguridad del Soporte o tapa del diferencial



LÍMITE ELÁSTICO

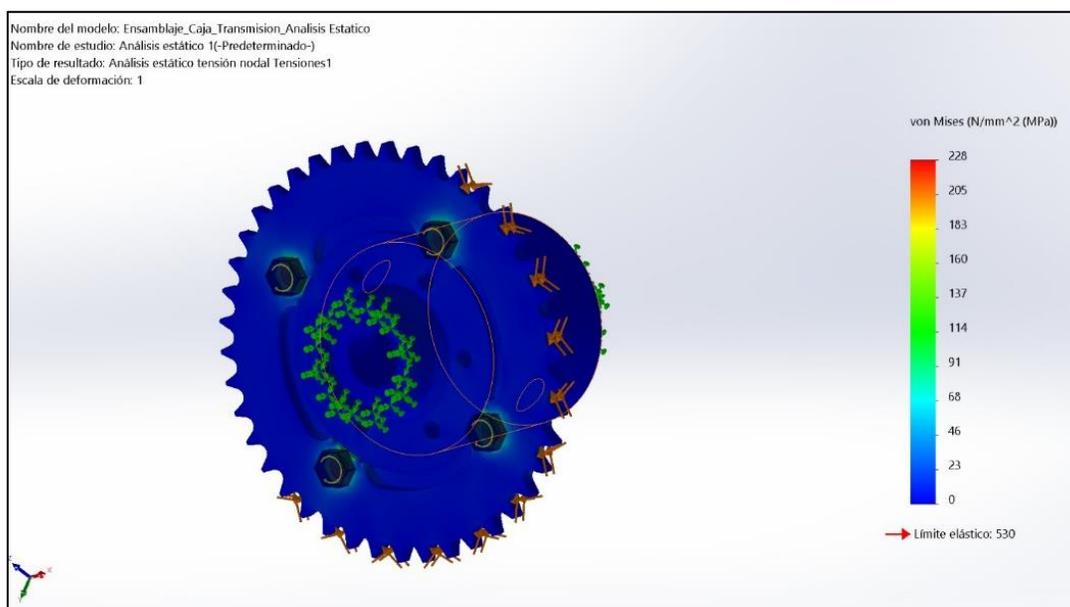
La **Figura 30** presenta los resultados del análisis de elementos finitos (FEA) para determinar la distribución de tensiones de Von Mises en el componente. La escala de colores representa la magnitud de la tensión, con el rojo indicando las zonas de mayor tensión y el azul las zonas de menor tensión. El límite elástico del material utilizado se establece en 530 MPa, como se indica en la leyenda.

Dado que el límite elástico del material es de 530 MPa, pero las mayores tensiones que vemos son de 120 MPa, el diseño es demasiado fuerte. Los datos implican que hay un gran margen de seguridad, por lo que no parece que haya daños importantes dadas las cargas que estamos comprobando.



Figura 30

Vista Isométrica Límite Elástico del Soporte o Tapa del Diferencial



DESPLAZAMIENTO

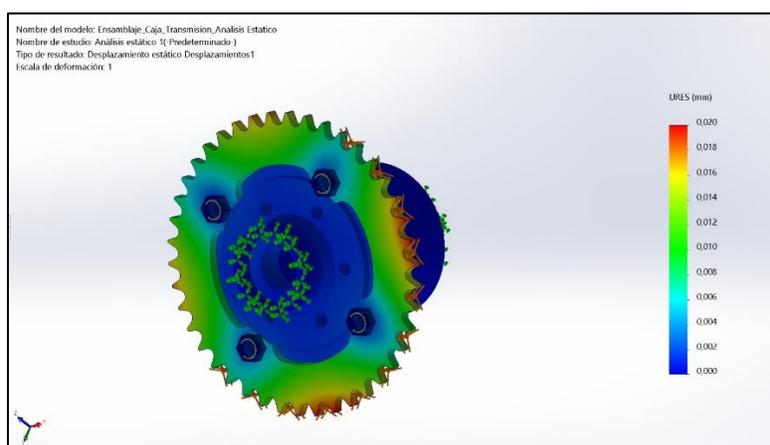
La **Figura 31** ilustra la distribución del desplazamiento obtenido del análisis de elementos finitos (FEA) estático realizado en SolidWorks. La escala de colores representa la magnitud del desplazamiento, expresada en milímetros (mm), donde el rojo indica el desplazamiento máximo (0.020 mm) y el azul representa la ausencia de desplazamiento (0 mm). Se observa que el desplazamiento máximo se concentra principalmente en los dientes del engranaje. Este resultado indica que estas áreas experimentan la mayor deformación bajo las cargas aplicadas. El desplazamiento máximo de 0.020 mm sugiere una deformación aceptable. Un análisis más detallado de estas zonas de mayor desplazamiento podría ser necesario para asegurar la funcionalidad y durabilidad del componente."



El análisis reveló un desplazamiento máximo de 0.020 mm, un valor que se encuentra considerablemente por debajo del umbral de 0.20 mm definido como aceptable. En consecuencia, se puede concluir que la pieza no experimentará deformaciones significativas bajo las condiciones de carga analizadas.

Figura 31

Vista Isométrica Desplazamiento Soporte o Tapa del Diferencial



4.3 Procesos de Manufactura

Actividades sistemáticas que transforman materias primas en productos finales. Estos procesos involucran la selección y adquisición de materias primas, su procesamiento y transformación, el montaje y construcción, el control de calidad, el embalaje y la distribución.

4.3.1 Diseño del tren de potencia

En esta fase, se llevó a cabo la planificación del sistema de propulsión del coche Baja SAE, teniendo en cuenta tanto las necesidades operativas del sistema de transmisión como las duras condiciones a las que se enfrentará en las carreras. El sistema de propulsión se ideó para garantizar una transferencia eficaz de la fuerza del motor a las ruedas, mejorando así la tracción y la respuesta dinámica del coche.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



El trabajo comenzó con la elección de los componentes clave: motor, CVT (transmisión variable continua), caja del sistema diferencial y semiejes de transmisión. Se empleó un programa CAD (SolidWorks) para modelar tridimensionalmente cada uno de los elementos, asegurando así una correcta alineación, compatibilidad de tamaño y montaje dentro del chasis.

Para confirmar el diseño, se efectuaron estudios de tensiones en los soportes y carcasas, especialmente en la tapa del diferencial adaptado, usando herramientas CAE como SolidWorks. Se estudiaron puntos críticos de concentración de tensiones para garantizar la solidez estructural en situaciones reales de uso.

4.3.2 Procesos de corte y soldadura de materiales

Se dio inicio al proceso de corte, comenzando con la modificación del chasis en su parte posterior. El chasis fue heredado de un proyecto de titulación de años anteriores; por lo tanto, no se consideraron previamente las adaptaciones necesarias para que el sistema actual fuera compatible.

El chasis se cortó en la parte inferior trasera, centrándose en los tubos que actuaban como soporte estructural del motor. Estos tubos rectos y perpendiculares se cambiaron por otros redondeados de acero ASTM A36, creando espacio para el piñón del sistema de transmisión. El corte se hizo con cuidado, lo que permitió colocar un nuevo tubo en su lugar, satisfaciendo las necesidades estructurales revisadas.

Así mismo, se emplearon diferentes técnicas de corte, incluyendo el corte por plasma, aplicado sobre placas metálicas de las cuales se fabricarán posteriormente las tapas de la caja de transmisión y las bridas para el eje de transmisión. Los cortes iniciales consistieron en formas cuadradas de 140mm, realizadas sobre planchas con un espesor de 15mm.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



En el caso del semieje de transmisión, se realizó un corte vertical en la mitad de este, lo que permitió su adaptación conforme al diseño planteado.

Para la unión de las piezas cortadas, se utilizó el proceso de soldadura TIG, el cual facilitó la consolidación de los puntos críticos donde se requiere mayor resistencia estructural. Finalmente, los cordones de soldadura fueron terminados mediante un proceso de maquinado en torno, aplicando chaflanes en el conjunto de transmisión, y pulido en la estructura del chasis para mejorar su acabado y funcionalidad.

4.3.3 Fabricación de conjunto de transmisión

Previamente diseñado el tren de potencia con lo anteriormente explicado y calculado, obtenemos las medidas que se requieren de cada componente para el funcionamiento óptimo del sistema, paso continuo se procedió con la etapa de manufactura y producción.

Tras la selección de los componentes que se adaptaran al tren de potencia, se inició con la creación de una caja del diferencial, misma que contiene el kit de diferencial conformado por piñones pertenecientes al kit del vehículo Chevrolet corsa 1.8, que por su forma circular no puede adaptarse directamente debido a la fricción y movimiento entre sí, por tal motivo se procede con la fabricación de un contenedor que logre sujetar y a la vez proteger el sistema de transmisión del diferencial. Para esto se utilizó los materiales descritos a continuación:

Estas medidas se ajustaron de acuerdo con la ubicación del sistema en el chasis antes fabricado y el acople de las piezas tanto internas como externas del sistema. Se optó por los procesos principales de corte, perforación, suelda y torneado como se observa en la **Figura 32**.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 32

Piezas Cortas, Perforadas, Soldadas y Torneadas



La fabricación de la caja de transmisión se inició con el corte un tubo de diámetro interno de 3 pulgadas y su diámetro externo de 3.5 pulgadas en acero A105 y una longitud de 100 mm, de acuerdo con los planos establecidos, posteriormente se realizó la perforación que permite el paso del buje de sujeción del kit de diferencial mismo que se sujeta exteriormente mediante chavetas de presión. Al lateral izquierdo del tubo se realizó un cierre con una plancha de acero mediante soldadura y del lado derecho del tubo se optó por incrustar un tubo de diámetro externo menor y luego realizar el ajusta por soldadura interna mismo que proporciona una pestaña donde se realizaron perforaciones de 5/16" para los pernos que sujetan la tapa de esta caja.

De igual forma se utilizó un tubo de diámetro 1 ½ pulgadas y grosor de 5mm mismo que se acoplo mediante guía de torneado al centro de la tapa izquierda de la caja, dentro de estos para realizar los topes donde se ubicaran los rodamientos de 1" diámetro interno y 42mm diámetro externo donde se incrusto tubo de diámetro menor, finalmente para la soldadura exterior se utilizó un proceso de rebaje mediante torno haciendo un chaflan de 6mm de alto y 3mm de ancho como se indica en los planos.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



4.4 Adaptación de motor y transmisión

Al ser el motor de tipo estacionario hay que realizar adaptaciones, necesarias para que el sistema no sufra complicaciones en el funcionamiento. Partiendo de los parámetros ya establecidos. La primera adaptación fue en entre la transmisión CVT y el motor, específicamente en el plato de sujeción, con la finalidad de que esta ceda espacio en el eje permitiendo a la banda moverse con más soltura y evitar roturas.

Se dio inicio al proceso con la adaptación de todo el sistema de transmisión, iniciando por la ubicación del motor, el ajuste y templado de cadena y ubicación del sistema diferencial. la utilización de las chumaceras SFK UCP 206-18 cumple la función de sujeción de la caja diferencial y a la vez templador de la cadena, quedando ubicada dentro del espacio adaptado anteriormente.

4.4.1 Ensamble de las partes

La etapa final del proyecto de implementación consistió en el ensamblaje de los distintos componentes y sistemas del vehículo BAJA SAE. En la **Figura 33** se muestra la modificación realizada al sistema de suspensión tipo "araña", el cual presentaba componentes defectuosos. Se optó por reemplazar en los dos lados el monoshock y reubicar su posición. Estos nuevos amortiguadores cumplen la función de absorber impactos, al mismo tiempo soportar el peso de las llantas y semiejes conectados al sistema.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 33

Modificación de los Monoshock



Una vez instalado el motor, se procedió al ensamblaje del embrague CVT junto con sus piñones, como se observa en la **Figura 34**. Dada la complejidad del sistema, la caja de transmisión fue ensamblada externamente al vehículo, como se muestra en la **Figura 35**. Para este proceso se utilizó grasa lubricante de litio y herramientas de apriete como el torquímetro. Posteriormente, se integró el sistema diferencial y se acopló la cadena, quedando conectada al embrague CVT.

Figura 34

Ensamblaje CVT





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 35

Caja de Diferencial



Los semiejes se acoplaron posteriormente, utilizando pernos y tuercas como un método de unión no permanente. Estos se fijaron a las mordazas de las ruedas, mientras que el extremo interno, que cuenta con una junta homocinética y un eje estriado de 22 dientes, se ensambló directamente a la caja diferencial, atravesando previamente las chumaceras de sujeción. Una vez completado el sistema de tracción, se procedió al tensado de la cadena y ajuste de las chumaceras, utilizando pernos de grado 8 con dimensiones de 5/16" x 3".

Finalmente, se adaptó el sistema de aceleración, el cual va desde el pedal delantero hasta el acelerador manual del motor estacionario, mediante el uso de un cable de acelerador para motocicleta. Del mismo modo, el sistema de frenos existente para las cuatro ruedas fue reubicado en su posición definitiva.

4.5 Pruebas de comportamiento

Las pruebas dinámicas establecidas por el reglamento Baja SAE tienen como objetivo evaluar el desempeño real del vehículo en condiciones extremas, incluyendo aceleración,



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



maniobrabilidad, suspensión y resistencia. Estas pruebas permiten validar el diseño y la funcionalidad del prototipo desarrollado, comprobando su comportamiento estructural y mecánico frente a situaciones exigentes del terreno.

4.5.1 Prueba de aceleración

La prueba de aceleración posibilita valorar qué tal responde la transmisión y cómo se comporta el motor al acelerar a fondo en línea recta. Tal como lo indica el reglamento de Baja SAE, esta prueba implica cubrir una distancia de 30 metros en el menor tiempo que se pueda, buscando calcular la aceleración del coche. Esta prueba resulta clave para confirmar qué tan bien se transfiere la potencia del motor a las ruedas, y también la habilidad del sistema para crear tracción al inicio y sostenerla mientras avanza. Para asegurar la confiabilidad de los datos, se realizaron tres mediciones consecutivas bajo condiciones similares. Los resultados obtenidos se detallan en la siguiente **Tabla 21**:

Tabla 21
Prueba de Aceleración

Prueba de Aceleración	Distancia [m]	Tiempo [s]	Velocidad [km/h]	Aceleración [m/s ²]
Medición 1	30	7.19	30	1.16
Medición 2	30	6.68	32.5	1.35
Medición 3	30	6.40	33.6	1.46
Promedio	30	6.76	32	1.32
Medición 4	60	11.31	38.3	0.94
Medición 5	60	10.99	39.2	0.99
Medición 6	60	11.16	38.6	0.96
Promedio	60	11.15	38.7	0.96



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Durante la ejecución de la prueba de aceleración como se observa en la **Figura 36**, las partes diseñadas específicamente para el estudio principalmente la transmisión adaptada y los elementos de acoplamiento con el motor mantuvieron un comportamiento acorde a lo previsto en los análisis previos.

Figura 36

Pruebas de Velocidad y Aceleración en Condiciones de Funcionamiento



En las tres mediciones realizadas, el vehículo recorrió 30 metros obteniéndose un promedio general de 6.76 segundos. Con base en estos datos, se estimó una aceleración cercana a 1.32 m/s^2 , y al cubrir una distancia de 60 metros, se registró un tiempo promedio total de 11.15 segundos. De igual forma, con estos datos se estimó una aceleración cercana a 0.96 m/s^2 . Este rendimiento demostró que la transmisión y el motor operaron eficientemente, sin inconvenientes de tipo mecánico. La consistencia en los tiempos indica una sincronización adecuada entre los elementos, así como un buen agarre al suelo, crucial para el rendimiento dinámico del prototipo.

4.5.2 Prueba de arrastre

La prueba de arrastre tiene como finalidad evaluar la capacidad del vehículo para remolcar cargas de peso significativo a lo largo de una distancia de 30 metros, sin asistencia externa. Este ensayo permite analizar el comportamiento del sistema de transmisión, el torque disponible en el



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



eje motriz, así como la adherencia y tracción generadas por las ruedas en contacto con el terreno. En base al reglamento de Baja SAE, se seleccionaron tres masas diferentes para las mediciones: 12.5kg, 30 kg y 60 kg, buscando medir el rendimiento progresivo del vehículo frente a distintos niveles de exigencia y obtener valores como se puede leer en la **Tabla 22**.

Tabla 22

Pruebas de Arrastre

PRUEBA DE	DISTANCIA	CARGA	TIEMPO
ARRASTRE	[m]	[Kg]	[s]
Medición 1	30	12.5	6.99
Medición 2	30	30	7.43
Medición 3	30	60	7.81

Cada medición se realizó de forma independiente, manteniendo condiciones similares de superficie y ambiente, para garantizar la confiabilidad de los resultados. El objetivo fue verificar si el diseño del sistema de transmisión, junto con la estructura del chasis y el sistema de suspensión, respondían de manera eficiente frente a las cargas propuestas **Figura 37**, sin presentar deformaciones, fallos estructurales o pérdida significativa de tracción.

En las tres ejecuciones, el prototipo se mantuvo estable, confirmando que los componentes fueron correctamente dimensionados y que el sistema motriz es capaz de generar el par necesario para superar las resistencias al avance bajo condiciones de carga variable.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 37

Pruebas de Arrastre



4.5.3 Prueba de velocidad Máxima

Esta prueba se realiza con el objetivo de conocer y evaluar el rendimiento y la capacidad del motor en conjunto con el sistema de transmisión y el embrague CVT. La evaluación se lleva a cabo en un tramo recto de carretera con una longitud de 100 metros, permitiendo así una medición más precisa de la respuesta del vehículo en condiciones controladas, se puede observar en la **Figura 38**.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 38

Prueba de Velocidad en 100m



De acuerdo con el diseño planteado previamente, la velocidad teórica de estudio calculada fue de 70 km/h, mientras que la velocidad promedio obtenida en las pruebas prácticas fue de 50 km/h. Este resultado se considera aceptable en relación con las expectativas de funcionamiento tanto del motor como del sistema de transmisión CVT, evidenciando una respuesta eficiente bajo las condiciones establecidas.

4.5.4 Prueba de Frenado

Para comprobar lo bien que funcionaban los frenos del coche Baja SAE, hicimos una prueba de frenado en un tramo recto de 30 metros. Condujimos el coche tan rápido como pudo a lo largo de esta parte y luego pisamos a fondo los frenos justo cuando llegó al punto de 30 metros. Así pudimos comprobar la eficacia del sistema de frenado y la distancia que necesitaba el coche para detenerse por completo desde la velocidad máxima.

Los datos mostraron que tardó unos 5,76 metros en detenerse, y que el coche iba aproximadamente a 45,37 km/h antes de frenar. 37 km/h antes de frenar. Esto demuestra que los



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



frenos funcionaron bien, con una respuesta consistente en las tres pruebas mostradas en la **Figura 39**. Las ruedas no se bloquearon, y el coche se detuvo. Las ruedas no se bloquearon y el coche se mantuvo estable, lo que demuestra que la potencia de frenado estaba bien equilibrada y que el tipo de freno era el adecuado para el prototipo.

Figura 39

Prueba de Frenado



4.5.5 Prueba de maniobrabilidad

La intención de la prueba de maniobrabilidad es valorar qué tal se comporta el vehículo al conducirlo en situaciones que demandan virajes ajustados, cambios de dirección repentinos y acelerar partiendo de velocidades reducidas. Si bien ya se había creado el sistema de suspensión en una investigación anterior, en este momento se examinó cómo interactúan el motor, la transmisión y el embrague CVT, pues estos componentes afectan bastante la respuesta y el control al conducir.

Durante la prueba se utilizó un circuito tipo slalom con conos dispuestos a distancias variables, simulando las condiciones típicas de una competencia Baja SAE. Se observa en la **Figura 40** que el conjunto motriz respondió de manera eficiente a las exigencias del piloto, permitiendo una aceleración progresiva y un control estable al salir de curvas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Figura 40

Prueba de Maniobrabilidad Slalom



Además, como parte de la optimización del sistema dinámico del vehículo, se implementó un nuevo sistema de amortiguadores (monoshock), lo cual permitió mejorar notablemente el desempeño de la suspensión. Durante las pruebas de maniobrabilidad, se incluyeron secciones con pequeños obstáculos y superficies irregulares simuladas. La respuesta de la suspensión fue adecuada, absorbiendo eficientemente los impactos sin comprometer la estabilidad del vehículo ni afectar el control de la dirección

Esto demuestra que la integración del motor con el sistema de transmisión fue adecuada y cumple con los requerimientos de diseño, favoreciendo la maniobrabilidad general del vehículo.

4.6 Resumen de Costos

Para proceder a las pruebas de funcionamiento del sistema, se hizo un desglose detallado de los costes. Esto incluyó el diseño, las modificaciones y la fabricación de los elementos de la cadena cinemática trasera, centrándose en la caja del diferencial y los semiejes.

La **Tabla 23** enumera los materiales utilizados en el desarrollo del proyecto. Se eligieron en función de su disponibilidad en el mercado local, su asequibilidad y su importancia técnica para el sistema. Esta estrategia permitió optimizar recursos sin comprometer la calidad estructural ni



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



funcional de la solución propuesta, garantizando su viabilidad para futuras réplicas o adaptaciones por parte de otros equipos vinculados al diseño y construcción de prototipos Baja SAE.

Tabla 23

Materiales para Fabricación

Materiales para Fabricación	Unidades	Precio unidad [\$]	Costo Total [\$]
Tubo Rectangular acero negro 2mm de Espesor / 300mm largo	2	3	6
Tubo Circular Acero A105 0,5” de Espesor / 100mm largo	1	10	10
Platina Acero ASTM A36 15mm de espesor / 140mm forma cuadrada	1	15	15
Platina Acero A105 10mm de Espesor / 100mm forma cuadrada	2	10	20
Electrodo E7018	4	5	5
Pernos m10 1”	4	0,45	1,80
Pernos m8 1”	6	0,35	2,10
Perno 5/16 3”	8	0,60	4,80
Perno 5/8 1”	4	0,50	2
		Total	66,70

La **Tabla 24** expone los distintos componentes y piezas prefabricadas empleadas en el desarrollo del sistema, los cuales, al igual que los materiales base, fueron adquiridos en el mercado local por su disponibilidad y relación costo-beneficio. Es importante destacar que la selección de estos elementos se basó en criterios de compatibilidad con el diseño propuesto, facilidad de ensamblaje y cumplimiento de los requerimientos técnicos específicos del proyecto, lo que permitió una integración eficiente dentro del conjunto del tren de potencia adaptado para el prototipo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

**Tabla 24**

Componentes Fabricados

Componentes Fabricados	Unidades	Precio unidad [\$]	Costo Total [\$]
Motor	1	290	290
Semiejes	2	60	120
CVT	1	240	240
Catalina	1	18	18
Cadena	1	20	20
Engranaje diferencial	1	30	30
Monoshock posterior	2	20	40
Chumacera	2	12	24
Rodamiento diferencial	2	6	12
Pedal de Acelerador	1	25	25
Cables, guías y mordazas	2	3	6
		Total	825

Respecto a las piezas que requirieron modificación o fabricación desde cero, se recurrió a procesos de manufactura convencionales ampliamente utilizados en el ámbito automotriz. Entre estos se incluyen el torneado, fresado, soldadura MIG/MAG, TIG como se expresa en la **Tabla 25**, los cuales fueron seleccionados por su precisión, disponibilidad en talleres locales y eficiencia en términos de costo y tiempo. La aplicación de estos métodos se detalla en la correspondiente tabla técnica, evidenciando su rol clave en la obtención de componentes funcionales y adaptados a las exigencias del sistema diferencial propuesto.

Tabla 25

Proceso de Manufactura

Proceso de Manufactura	Costo total [\$]
Mecanizado de Catalina	4
Mecanizado de Semiejes	20



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Mecanizado de Brida	30
Mecanizado Caja de Diferencial	30
Mecanizado Tapa de Diferencial	30
Mecanizado Chumaceras	10
Mecanizado de las Juntas Homocinéticas	10
Soldadura Soportes	20
Oxicorte	10
Total	164

De manera global, al evaluar todos los egresos implicados en la ejecución y finalización del proyecto incluyendo la adquisición de insumos, la inversión en mano de obra especializada para la manufactura de piezas personalizadas, así como la compra de componentes comerciales disponibles en el entorno local se alcanzó un costo acumulado aproximado de 1055,70 dólares. Este monto representa el resultado de una gestión eficiente de los recursos, priorizando soluciones funcionales y accesibles, sin desatender los estándares de calidad requeridos para el correcto desempeño del sistema implementado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



CAPÍTULO V

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El desarrollo e implementación del tren de potencia para el vehículo tipo BAJA SAE ha permitido consolidar un proceso de diseño basado en criterios técnicos y normativos exigidos por la competencia estudiantil. A lo largo del proyecto, se llevaron a cabo análisis rigurosos que garantizaron la selección óptima de los componentes mecánicos y estructurales, asegurando la funcionalidad y el rendimiento esperado del sistema.

Para analizar el diseño del tren de potencia, usamos SolidWorks, un software de simulación por computadora, para ver las fuerzas y qué tan bien funcionaban el motor y la transmisión. Vimos que los ejes tenían un factor de seguridad (FS) de 1.6, y el diferencial, de 2.6. Como estos números eran mayores que 1.5 (lo que se recomienda para las partes de la transmisión que se mueven), confirmamos que el diseño era fuerte y aguantaría bien en la competencia. Al optimizarlo, nos aseguramos de que el peso estuviera bien distribuido y que el vehículo fuera estable, lo que ayuda a que rinda al máximo en las carreras.

Analizamos los puntos de conexión y simulamos las fuerzas cuando el tren de potencia está en uso para que sea estable y funcione bien. Con simulaciones y cálculos estructurales por computadora, mejoramos la distribución de la tensión y vimos cómo funcionaba el sistema en diferentes situaciones.

Cuando pusimos a prueba el tren de potencia, el motor y la transmisión funcionaron muy bien. En las pruebas de aceleración a 30 y 60 metros, las aceleraciones fueron de 1.32 m/s² y 0.96 m/s², respectivamente. En la prueba de arrastre, mantuvimos una velocidad constante con un perno y cambiamos la carga; el tiempo varió ± 0.50 segundos. Con una aplicación en el celular,



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



vimos que la velocidad máxima era de 70 km/h. En la prueba de frenado a 45 km/h, el carro frenó entre 5 y 6 metros. La prueba de maniobrabilidad demostró que el diseño funciona y puede con una competencia BAJA SAE. Este trabajo ayuda mucho a mejorar los vehículos de competencia estudiantiles y da una buena base para seguir mejorando los sistemas de transmisión automotriz.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar el modelado y ensamblaje de los componentes exclusivamente en SolidWorks, aprovechando sus herramientas integradas de simulación estática y dinámica. Esto permite optimizar el tiempo de diseño y detectar con mayor precisión posibles fallas mecánicas que podrían manifestarse bajo condiciones reales de operación, tales como fatiga de material, sobrecargas en uniones críticas o desalineaciones funcionales. Los avances de SolidWorks ayudan a detectar conflictos con antelación, a establecer los márgenes correctos y a comprobar cómo actúan las estructuras mediante el análisis de elementos finitos (FEA), algo muy importante a la hora de planificar máquinas que soportan cargas cambiantes. Este paso ayuda a evitar errores costosos en la creación de prototipos, la producción de bienes y el ensamblaje, haciendo que el producto final sea más seguro y fiable.

Estudiar otros materiales Sería una buena idea estudiar la posibilidad de utilizar materiales más resistentes y ligeros para fabricar la transmisión, como aleaciones resistentes o plásticos reforzados. Esto podría mejorar la duración del sistema y su relación potencia-peso en general.

Pruebas en diferentes condiciones También es aconsejable realizar más pruebas en terrenos más duros con cambios más grandes, para que puedas ver lo bien que se ajusta la transmisión y se mantiene estable en lugares difíciles.

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Investigación sobre métodos de fabricación más eficientes Para futuras mejoras en la producción del tren de potencia, sería útil explorar tecnologías de manufactura avanzadas, como impresión 3D en metales y procesos de fabricación optimizados para reducir costos y tiempos de producción.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Referencias Bibliográficas

- [1] C. Gordillo, A. Fernando, O. Sandoval, and E. Geovany, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE DIRECCIÓN Y FRENOS BAJO NORMATIVA PARA UN VEHÍCULO TIPO BAJA SAE”.
- [2] L. Acosta, “DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN PARA UN PROTOTIPO BAJA SAE.” Accessed: Nov. 08, 2023. [Online]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/17782/2019leslyacosta.pdf?sequence=1>
- [3] C. Fabian *et al.*, “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO MINI-BAJA SAE UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA BUCARAMANGA 2008”.
- [4] C. Fabian *et al.*, “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO MINI-BAJA SAE UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA BUCARAMANGA 2008”.
- [5] “2023 Baja SAE Season.” Accessed: Nov. 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.bajasae.net/cdsweb/app/NewsItem.aspx?NewsItemID=0d39745b-05c3-4abd-90fe-ffbbe9cb65aa>
- [6] “MATRIZ PRODUCTIVA Transformación de la Matriz Productiva, desafío para alcanzar el Buen Vivir Actualización Patrimonio Registro Único de Proveedores”, Accessed: Nov. 21, 2023. [Online]. Available: www.sercop.gob.ec
- [7] SAE BAJA, “Collegiate Design Series Baja SAE ® Rules,” Sep. 2023.
- [8] U. Culhuacan, “INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA REPORTE TÉCNICO MANUFACTURA Y



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



ENSAMBLE DEL BASTIDOR Y SISTEMA DE SUSPENSION DE UN PROTOTIPO OFF ROAD MINI BAJA SAE SERIES PARA COMPETENCIA. COSTOS Y ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO”.

- [9] Martinez Eduardo, “Design, and Manufacture of SAE Mini Baja Vehicle.” Accessed: Feb. 03, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Martinez-Escobedo/publication/306079426_Design_and_Manufacture_of_SAE_Mini_Baja_Vehicl_e/links/57c4695808ae5e5a8191b9af/Design-and-Manufacture-of-SAE-Mini-Baja-Vehicle.pdf
- [10] “SAE International.” Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.sae.org/students>
- [11] “Baja SAE.” Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.bajasae.net/cdsweb/gen/DocumentResources.aspx>
- [12] 293| Mitcoe, & Diat, and A. Pune, “A Review on Automotive Powertrain Parameter Optimization International Journal of Current Engineering and Technology A Review on Automotive Powertrain Parameter Optimization,” 2017. [Online]. Available: <http://inpressco.com/category/ijcet>
- [13] “Ing. Automotriz Curso: Mecanismos del automóvil - ppt descargar.” Accessed: Feb. 03, 2025. [Online]. Available: https://slideplayer.es/slide/3149765/#google_vignette
- [14] F. Leach, G. Kalghatgi, R. Stone, and P. Miles, “The scope for improving the efficiency and environmental impact of internal combustion engines,” Jun. 01, 2020, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.treng.2020.100005.
- [15] “Vista de Diseño y simulación del cardán para el sistema de potencia del vehículo BAJA SAE UAM 2023.” Accessed: Feb. 03, 2025. [Online]. Available: <https://cientifica-ipn.com/index.php/esime/article/view/7/130>
- [16] “DIMENSIONAMIENTO DEL EMBRAGUE.” Accessed: Dec. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Guaman->



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



Panimbosa/publication/352694054_DIMENSIONAMIENTO_DEL_EMBRAGUE_NISSAN_SENTRA_18_2017/links/60d3979f92851c8f7995b568/DIMENSIONAMIENTO-DEL-EMBRAGUE-NISSAN-SENTRA-18-2017.pdf

- [17] U. DE Carlos Iii Madrid and D. Dña Beatriz López Boada, “ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR Autor: Francisco Camarena Lillo”.
- [18] M. Bugaru and A. Vasile, “Nonuniformity of isometric properties of automotive driveshafts,” *Computation*, vol. 9, no. 12, Dec. 2021, doi: 10.3390/computation9120145.
- [19] M. Fausto, R. C. Simba, W. Fernando, and D. Jaramillo, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE VIGA ROTATORIA SOMETIDA A FLEXIÓN PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FATIGA PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO”.
- [20] V. Estudiante de Maestría en Manufactura Avanzada and S. Luis Potosí, “Metodología basada en un estudio de regresión lineal para la determinación de la posición de montaje óptima del engranaje de accionamiento de un diferencial automotriz de tracción trasera Methodology based on a linear regression study for determining the optimum mounting position of the drive gear of an automotive differential,” 2018. [Online]. Available: www.riiit.com.mx
- [21] Real Academia Española, “transmisión | Diccionario de la lengua española (2001) | RAE - ASALE.” Accessed: Jan. 16, 2024. [Online]. Available: <https://www.rae.es/drae2001/transmisi%C3%B3n>
- [22] I. F. Jorge Ma San Zapata Primera Edición, “DISEÑO DE ELEM MAQUINAS I,” Jan. 2013.
- [23] A. Pollak, S. Temich, W. Ptasiński, J. Kucharczyk, and D. Gąsiorek, “Prediction of belt drive faults in case of predictive maintenance in industry 4.0 platform,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 21, Nov. 2021, doi: 10.3390/app112110307.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



- [24] Ángel Arias Péres, Abrahan Jorque Rea, Alexander Montufar Marcalla, and Andrés Moreno Constante, “Implementación del sistema de potencia y transmisión de un prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la Universidad de las Fuerzas Arm,” 2023.
- [25] Wilson Wilfrido Fajardo Tixi and Wilson Giovanni Vicuña Alvarez, “UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ,” 2022.
- [26] R. Budynas and j. K. Nisbett, “Diseño en ingeniería mecánica.” Accessed: Feb. 03, 2025. [Online]. Available: <https://termoaplicadaunefm.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/disec3b1o-en-ingenierc3ada-mecc3a1nica-de-shigley-8-edicic3b3n-budynas.pdf>
- [27] W. Suwannahong and C. Suvanjumrat, “Analysis of Roller Chain Drive System with Multi-Flexible Body Dynamics Methodology,” 2016.
- [28] A. Voropay, O. Koriak, D. Bogdan, and E. Neskreba, “Optimization of key gear parameters to reduce weight,” *Automobile transport*, no. 52, pp. 32–40, Jul. 2023, doi: 10.30977/at.2219-8342.2023.52.0.04.
- [29] C. Ingeniería Mecánica, C. DE Medios Transportes Livianos, A. Alvarez Oscar Alexander, and I. Ernesto Javier Ruano Herrería, “UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA LÁMINAS DE MADERA DE Balsa (CONTOURKORE) UTILIZADAS PARA”.
- [30] S. Otero-Potosi, *MANUAL BÁSICO ACERCA DEL AUTOMÓVIL Y SU MOTOR*. 2017. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/324210587>
- [31] J. H. Tsai *et al.*, “Characteristics of emissions from a portable two-stroke gasoline engine,” *Aerosol Air Qual Res*, vol. 20, no. 3, pp. 630–642, Mar. 2020, doi: 10.4209/aaqr.2019.12.0650.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO



- [32] L. Andrés Prieto and J. Luis Grupo, “LA SIMULACIÓN DE UN MOTOR DE CUATRO TIEMPOS. UNA OPORTUNIDAD PARA EL ABORDAJE DE LA MATEMÁTICA,” 2016.
- [33] C. De Ingeniería and M. Automotriz, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA,” 2020.
- [34] Y. hui Duan, B. gang Sun, Q. Li, X. song Wu, T. gang Hu, and Q. he Luo, “Combustion characteristics of a turbocharged direct-injection hydrogen engine,” *Energy Convers Manag*, vol. 291, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.enconman.2023.117267.
- [35] A. Egorov *et al.*, “Thermodynamic work in inline piston gasoline engines as a function of crank angle,” in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, May 2020. doi: 10.1051/e3sconf/202016403021.
- [36] R. Aversa *et al.*, “Something about the V Engines Design,” *Am J Appl Sci*, vol. 14, no. 1, pp. 34–52, Jan. 2017, doi: 10.3844/ajassp.2017.34.52.
- [37] T. Deighan, N. Kato, and K. Sato, “Understanding the Fundamentals of Boxer Engine Behavior on Sound Quality,” *SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems*, vol. 9, no. 3, pp. 961–973, 2016, doi: 10.4271/2016-01-1766.
- [38] J. Guerrero and L. Nieto, “Tipos de transmisiones para el automóvil, y sus beneficios en eficiencia energética CONUEE MOVILIDAD Y TRANSPORTE,” 2018, Accessed: Jan. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.carkeys.co.uk/guides/differences>
- [39] KIA, “¿Qué es la caja de cambios de un auto? | Noticias | Kia Perú.” Accessed: Jan. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.kia.com/pe/util/news/-que-es-la-caja-de-cambios-de-un-auto-.html>
- [40] J. Antonio and A. Soriano, “Introducción a los Sistemas de Transmisión ,” Publicaciones Didacticas. Accessed: Feb. 03, 2025. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/235859433.pdf>



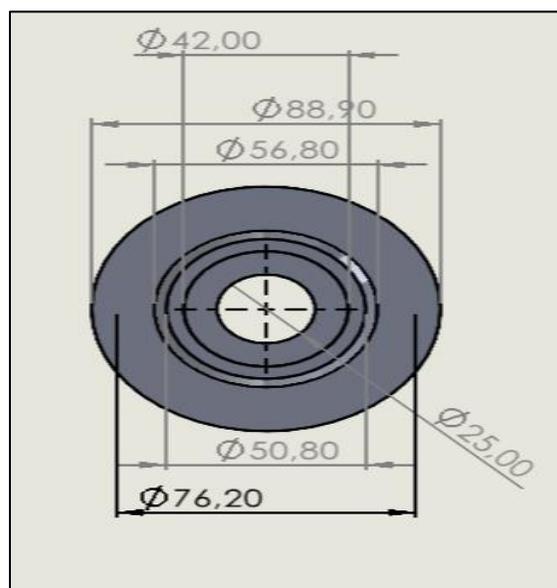
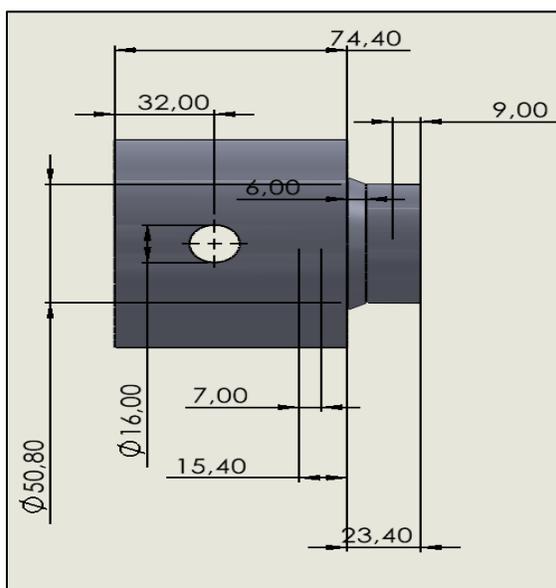
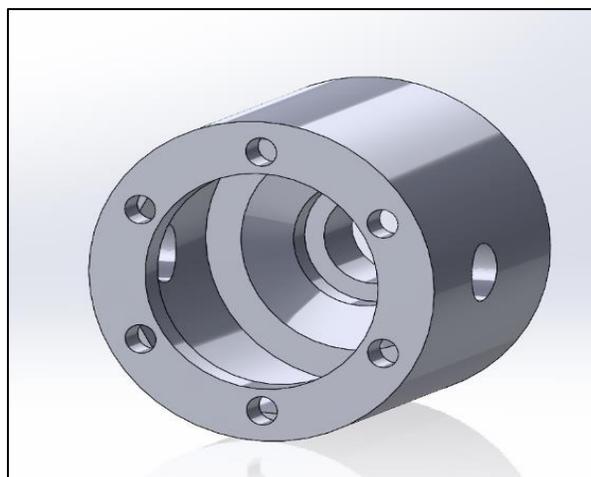
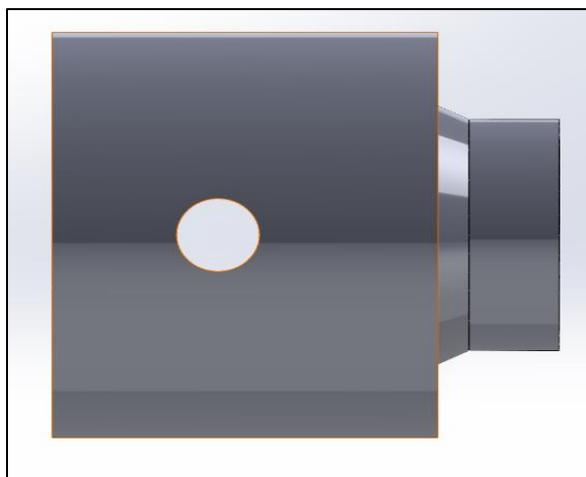
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

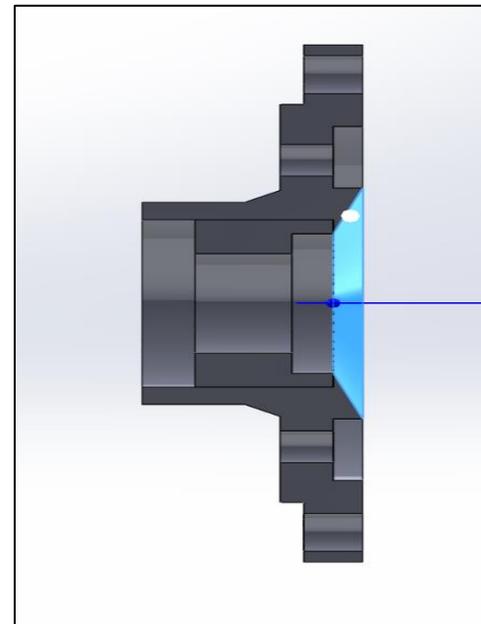
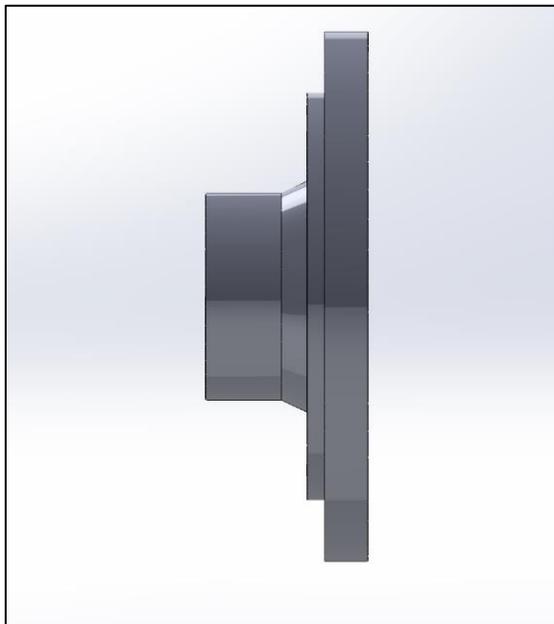
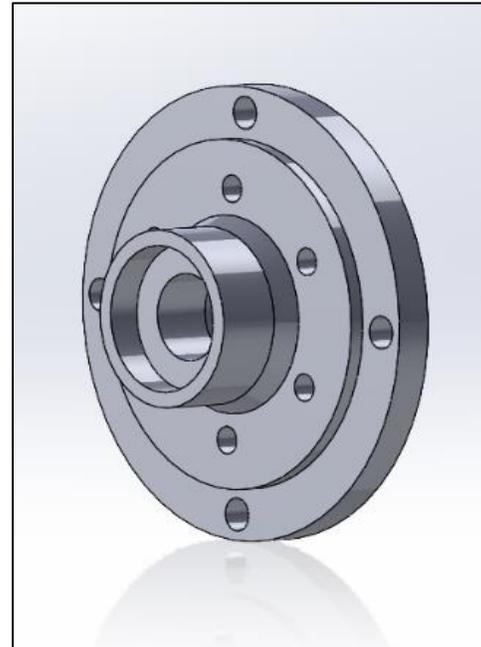
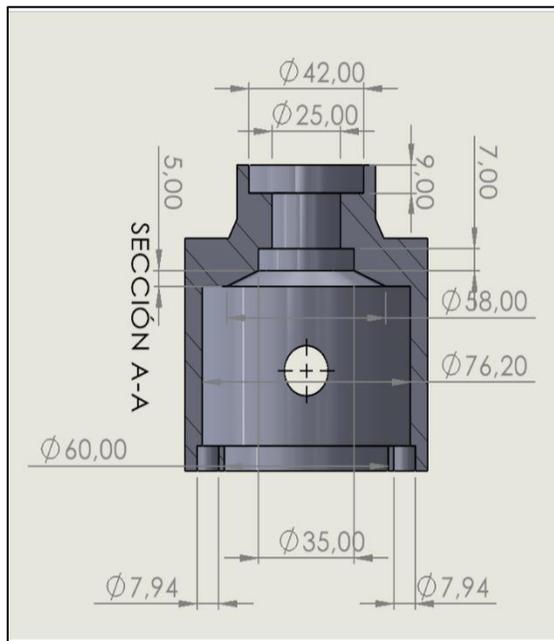


- [41] J. A. Rodríguez, G. Luis, E. Flores, R. Asesor, M. En, and A. Campos Vázquez, “INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ‘BANCO DE PRUEBAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UNA TRANSMISIÓN CONTINUA VARIABLE DE UN VEHÍCULO TIPO BAJA SAE’ Que para obtener el título de Ingeniero en Mecatrónica,” Mexico, Jul. 2022.
- [42] A. Camio, “Diseño y análisis de transmisión de variador continuo para automóviles eléctricos e híbridos,” Jun. 2023, doi: 10.13140/RG.2.2.23525.17128.
- [43] *Cost, effectiveness, and deployment of fuel economy technologies for light-duty vehicles.* National Academies Press, 2015. doi: 10.17226/21744.
- [44] E. R. Guamán, E. A. Llanes-Cedeño, S. F. Celi-Ortega, and J. C. Rocha-Hoyos, “Parameters of an exhaust manifold for its computational design. A review,” 2019, *Centro de Informacion Tecnologica*. doi: 10.4067/S0718-07642019000600255.
- [45] E. T. Payne, “Design of an SAE Baja Racing Off-Road Vehicle Powertrain,” 2015. [Online]. Available: http://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projectshttp://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projects/30
- [46] G. Sieklucki, “Citation: Sieklucki, G. Optimization of Powertrain in EV,” p. 14, 2021, doi: 10.3390/en14.
- [47] “Libro teoria de los vehiculos Aparicio.pdf.” Accessed: Feb. 03, 2025. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/slideshow/libro-teoria-de-los-vehiculos-apariciopdf/267290146#1>
- [48] “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ”.
- [49] “UCP 206 - Unidades de rodamientos de bolas | SKF.” Accessed: Mar. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP%20206>



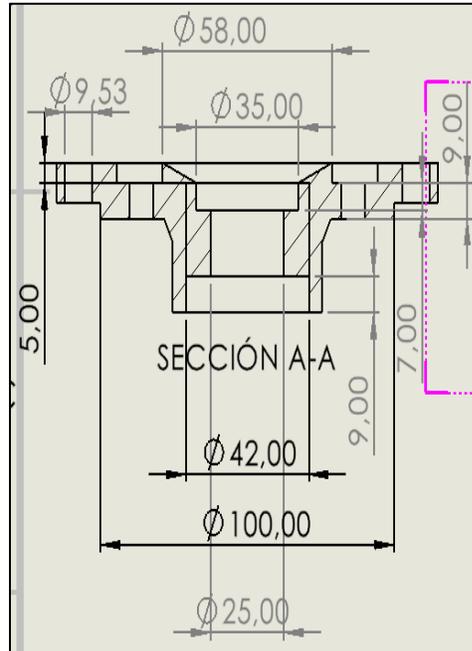
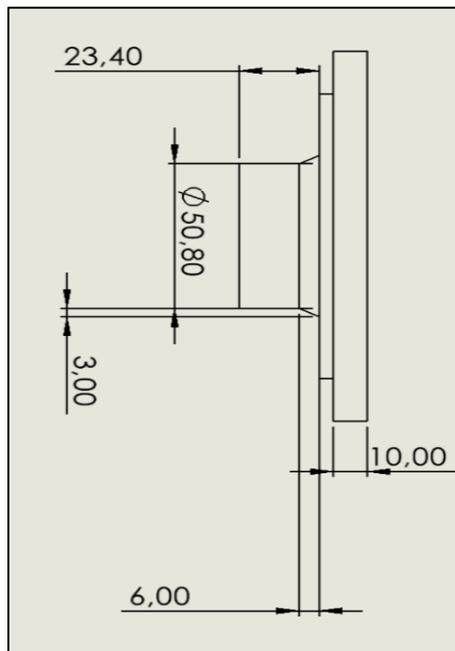
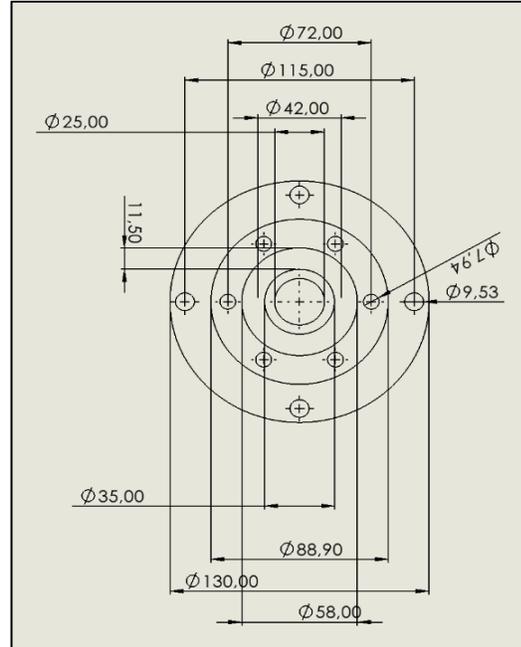
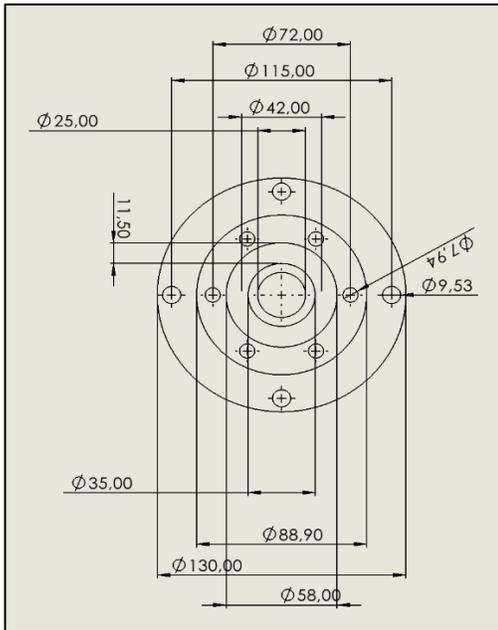
Anexos





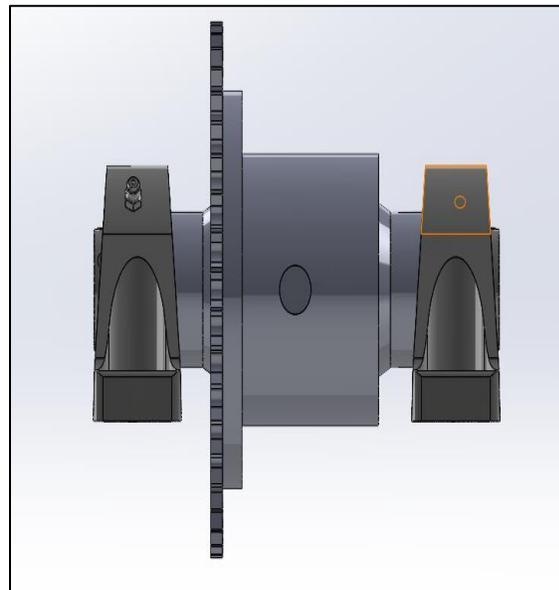
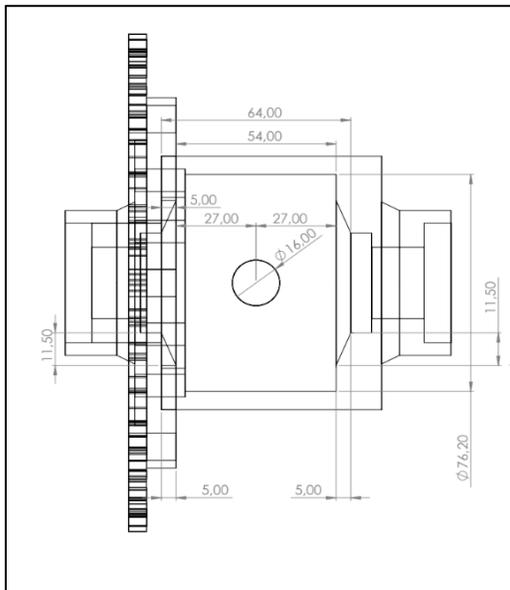
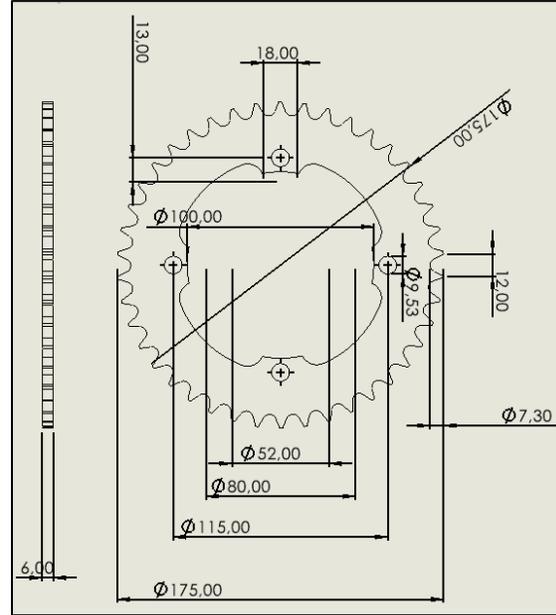
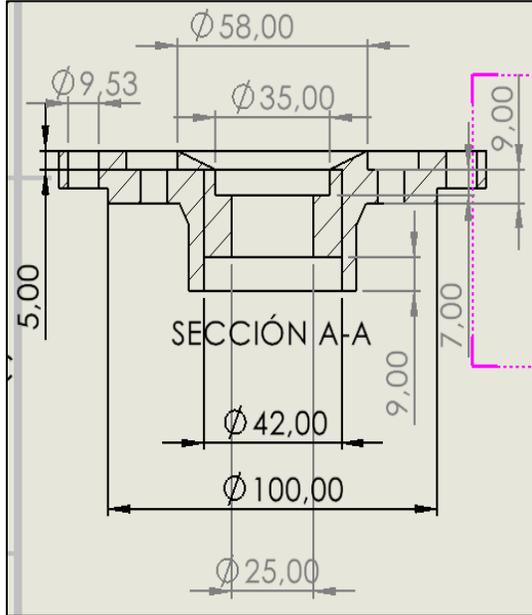


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
SUBDECANATO

