



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
DE TRACCIÓN ELÉCTRICA EN UN VEHÍCULO PROTOTIPO  
KARTING PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

ALFONSO JAVIER CORTEZ OJEDA

DARWIN GEOVANNY TOAPANTA NINASUNTA

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
DE TRACCIÓN ELÉCTRICA EN UN VEHÍCULO PROTOTIPO  
KARTING PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** ALFONSO JAVIER CORTEZ OJEDA

DARWIN GEOVANNY TOAPANTA NINASUNTA

**DIRECTOR:** Ing. LUIS FERNANDO BUENAÑO MOYANO, Msc

Riobamba – Ecuador

2023

**© 2023, Alfonso Javier Cortez Ojeda & Darwin Geovanny Toapanta Ninasunta**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Alfonso Javier Cortez Ojeda y Darwin Geovanny Toapanta Ninasunta, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de diciembre de 2023



---

**Alfonso Javier Cortez Ojeda**

**C. I. 070596275-1**



---

**Darwin Geovanny Toapanta Ninasunta**

**C. I. 055068941-8**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRACCIÓN ELÉCTRICA EN UN VEHÍCULO PROTOTIPO KARTING PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**”, realizado por el señores: **ALFONSO JAVIER CORTEZ OJEDA** y **DARWIN GEOVANNY TOAPANTA NINASUNTA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Cristian David Redroban Dillon, Msc.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2023-12-10

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano, Msc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-10

Ing. Celin Abad Padilla Padilla, Msc.  
**ASESOR DEL TRABAJO  
DE INEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-10

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro tan importante en mi vida especialmente a mi abuela, que ha sido la personas que más preocupada ha estado por mi durante mis años de mi carrera universitaria, estando siempre pendiente de mi progreso, estado de salud y anímico. También lo dedico a mi hermano menor, Sonner, para que pueda plantear una meta a superar, no bajo mi sombra, sino bajo su propio camino abriendo paso a objetivos académicos y personales más grandes.

Alfonso

El presente proyecto quiero dedicárselo principalmente a Dios por brindarme sabiduría y guiarme en cada uno de los pasos para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, por su infinito amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, en los cuales han estado conmigo apoyándome en cada decisión tomada para la construcción de mi vida. Gracias a ustedes, porque me han inculcado valores, principios, perseverancia y carácter para conseguir cada uno de mis objetivos. A mis hermanos Brayán y Cristian, por estar siempre presentes acompañándome y brindándome apoyo incondicional a lo largo de esta etapa de mi vida. A mi familia y amigo/as en general por los buenos momentos que hemos compartido.

Darwin

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia, por brindarme el apoyo para poder culminar mis estudios y de esta forma poder alcanzar una meta tan importante en mi vida, a mis padres, mis hermanos y mi abuela que siempre estuvieron pendientes de mí, también agradezco a los docentes que tuve a lo largo de mi carrera universitaria, que gracias a sus consejos, retos y enseñanzas pude adquirir un conocimiento acerca de la carrera que me hace sentir seguro de mis capacidades dentro del próximo gran reto del campo laboral, y final pero no menos importante una persona especial que me brindo apoyo fundamental, cariño y me animo en incontables situaciones adversas en mis últimos semestres de la carrera.

Alfonso

Agradezco a Dios por brindarnos fortaleza, a mis padres, a mi novia, familia y amigos por sus palabras de aliento y motivación para la culminación de este proyecto. A nuestros docentes, quienes se han tomado el arduo trabajo de transmitirnos sus conocimientos en el transcurso de nuestra formación. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a la facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz por abrirnos las puertas para formarnos como grandes profesionales.

Darwin

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. <b>DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA</b> .....	2
1.1. <b>Planteamiento del problema</b> .....	2
1.2. <b>Justificación</b> .....	2
1.3. <b>Objetivos</b> .....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2. <b>REVISIÓN DE LA LITERATURA Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	4
2.1. <b>Estado del arte</b> .....	4
2.2. <b>Bases teóricas</b> .....	5
2.2.1. <i>Historia de la electrificación vehicular</i> .....	5
2.2.2. <i>Vehículos eléctricos</i> .....	6
2.2.3. <i>Vehículos híbridos</i> .....	10
2.2.4. <i>Motores</i> .....	11
2.2.5. <i>Transmisión de potencia</i> .....	16
2.2.6. <i>Baterías</i> .....	17
2.3. <b>Marco legal</b> .....	20
2.3.1. <i>Dimensiones</i> .....	20
2.3.2. <i>Restricciones eléctricas</i> .....	21
2.3.3. <i>Motor eléctrico</i> .....	22



### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	23
<b>3.1.</b>	<b>Metodología de la investigación a realizar</b> .....	23
<b>3.1.1.</b>	<i>Tipos de investigaciones</i> .....	24
<b>3.1.1.1.</b>	<i>Investigación bibliográfica</i> .....	24
<b>3.1.1.2.</b>	<i>Investigación aplicada</i> .....	24
<b>3.1.1.3.</b>	<i>Investigación experimental</i> .....	25
<b>3.2.</b>	<b>Diagrama de etapas del proyecto</b> .....	25
<b>3.3.</b>	<b>Planificación o cronograma de actividades</b> .....	26
<b>3.4.</b>	<b>Recursos y materiales</b> .....	26
<b>3.4.1.</b>	<i>Materiales</i> .....	26
<b>3.4.2.</b>	<i>Equipos</i> .....	27
<b>3.4.3.</b>	<i>Recursos Humanos</i> .....	28
<b>3.4.4.</b>	<i>Recursos Económicos</i> .....	28
<b>3.5.</b>	<b>Desarrollo del proyecto</b> .....	29
<b>3.5.1.</b>	<i>Definición de un circuito de carreras.</i> .....	29
<b>3.5.2.</b>	<i>Obtención de datos para el dimensionamiento de la tracción eléctrica</i> .....	30
<b>3.5.3.</b>	<i>Cálculos para el dimensionamiento de la tracción eléctrica</i> .....	32
<b>3.5.4.</b>	<i>Selección del motor eléctrico</i> .....	40
<b>3.5.5.</b>	<i>Selección de baterías de alta tensión</i> .....	41
<b>3.5.6.</b>	<i>Mantenimiento de baterías de alta tensión</i> .....	41
<b>3.5.7.</b>	<i>Diseño, validación y mecanización de componentes para la implementación del motor eléctrico en el chasis de la Carrera de Ingeniería Automotriz</i> .....	48
<b>3.5.8.</b>	<i>Montaje de la tracción eléctrica</i> .....	56

### CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	58
<b>4.1.</b>	<b>Instrumentos</b> .....	58
<b>4.2.</b>	<b>Circuito utilizado para la obtención de datos</b> .....	59
<b>4.3.</b>	<b>Prueba de aceleración</b> .....	60
<b>4.4.</b>	<b>Análisis de resultados</b> .....	60
<b>4.4.1.</b>	<i>Análisis de pruebas de aceleración</i> .....	60
<b>4.5.</b>	<b>Especificaciones técnicas</b> .....	67
<b>4.5.1.</b>	<i>Especificación técnica del motor</i> .....	67
<b>4.5.2.</b>	<i>Especificación técnica de la batería</i> .....	67

<b>4.5.3.</b>	<i>Especificación técnica del diferencial</i> .....	67
<b>4.5.4.</b>	<i>Especificación técnica del chasis</i> .....	68
<b>4.5.5.</b>	<i>Especificación técnica del performance</i> .....	68

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	69
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	69
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	70

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b>	Tipos de investigaciones .....	24
<b>Tabla 3-2:</b>	Cronograma de actividades .....	26
<b>Tabla 3-3:</b>	Materiales utilizados en el proyecto .....	26
<b>Tabla 3-4:</b>	Equipos utilizados en el proyecto.....	27
<b>Tabla 3-5:</b>	Matriz de designación de actividades.....	28
<b>Tabla 3-6:</b>	Matriz de costos directos del proyecto .....	29
<b>Tabla 3-7:</b>	Matriz de costos indirectos del proyecto .....	29
<b>Tabla 3-8:</b>	Matriz de costos totales del proyecto .....	29
<b>Tabla 3-9:</b>	Capacidades nominales del motor DIY Kit de 1500W .....	41
<b>Tabla 3-10:</b>	Capacidades nominales del módulo de alta tensión de NiHM .....	41
<b>Tabla 3-11:</b>	Valores nominales del pack de baterías seleccionado.....	41
<b>Tabla 3-12:</b>	Procedimiento de descarga profunda.....	43
<b>Tabla 3-13:</b>	Proceso de precarga de los módulos.....	45
<b>Tabla 3-14:</b>	Procedimiento de carga a una capacidad del 30%.....	46
<b>Tabla 3-15:</b>	Capacidades nominales de las celdas de ion-litio.....	46
<b>Tabla 3-16:</b>	Valores nominales del pack seleccionado de Ion-litio .....	46
<b>Tabla 4-1:</b>	Tiempo de alcance de velocidad máxima en una vuelta .....	61
<b>Tabla 4-2:</b>	Especificación técnica del motor.....	67
<b>Tabla 4-3:</b>	Especificación técnica de la batería.....	67
<b>Tabla 4-4:</b>	Especificación técnica del diferencial .....	67
<b>Tabla 4-5:</b>	Especificación técnica del chasis.....	68
<b>Tabla 4-6:</b>	Especificación técnica del performance .....	68

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Producción de vehículos en Estados Unidos.....	5
<b>Ilustración 2-2:</b>	Representación del mapa del mapa de un vehículo eléctrico.....	7
<b>Ilustración 2-3:</b>	Vehículo eléctrico de baterías.....	7
<b>Ilustración 2-4:</b>	Vehículo híbrido eléctrico combinado.....	8
<b>Ilustración 2-5:</b>	Vehículo híbrido enchufable.....	8
<b>Ilustración 2-6:</b>	Vehículo eléctrico de autonomía extendida.....	9
<b>Ilustración 2-7:</b>	Vehículo eléctrico con pilas de hidrogeno.....	9
<b>Ilustración 2-8:</b>	Mapa del vehículo híbrido.....	10
<b>Ilustración 2-9:</b>	Distribución de elementos en un vehículo híbrido en serie.....	11
<b>Ilustración 2-10:</b>	Distribución de elementos en un vehículo híbrido en paralelo.....	11
<b>Ilustración 2-11:</b>	Partes fundamentales del motor eléctrico.....	12
<b>Ilustración 2-12:</b>	Elementos del motor electrico de CC.....	12
<b>Ilustración 2-13:</b>	Principio de funcionamiento de un motor CC.....	13
<b>Ilustración 2-14:</b>	Diferentes configuraciones de motor con escobillas.....	13
<b>Ilustración 2-15:</b>	Motor híbrido con motor brushless.....	14
<b>Ilustración 2-16:</b>	Despiece de Motor eléctrico de CA del tipo de anillo rozantes.....	14
<b>Ilustración 2-17:</b>	Rotor jaula de ardilla.....	15
<b>Ilustración 2-18:</b>	Motor asíncrono con rotor bobinado.....	15
<b>Ilustración 2-19:</b>	Motor síncrono de imanes permanentes.....	16
<b>Ilustración 2-20:</b>	Motor de reluctancia conmutada.....	16
<b>Ilustración 2-21:</b>	Dispositivo divisor de potencia.....	17
<b>Ilustración 2-22:</b>	Batería.....	17
<b>Ilustración 2-23:</b>	Batería de ácido-plomo.....	18
<b>Ilustración 2-24:</b>	Batería de níquel cadmio.....	18
<b>Ilustración 2-25:</b>	Batería Ni-MH.....	19
<b>Ilustración 2-26:</b>	Esquema de celda de Li-ion.....	19
<b>Ilustración 2-27:</b>	Baterías Fisker.....	20
<b>Ilustración 3-1:</b>	Diagrama de flujo del proyecto.....	25
<b>Ilustración 3-2:</b>	Pista del kartodromo Dos hemisferios, Quito, Ecuador.....	30
<b>Ilustración 3-3:</b>	Valida para el campeonato Novacero, Junio 2023.....	30
<b>Ilustración 3-4:</b>	Trazado del circuito.....	31
<b>Ilustración 3-5:</b>	Obtención de datos de altitud.....	32
<b>Ilustración 3-6:</b>	Algoritmo del Método de la ventana móvil.....	32
<b>Ilustración 3-7:</b>	Suavizado de datos de altitud.....	33

<b>Ilustración 3-8:</b>	Hoja de cálculos de Excel .....	33
<b>Ilustración 3-9:</b>	Potencia suministrada por el kart de combustión en cada segundo.....	34
<b>Ilustración 3-10:</b>	Diagrama de cuerpo libre de elevación de carretera .....	35
<b>Ilustración 3-11:</b>	Diagrama del área frontal del kart de combustión interna. ....	37
<b>Ilustración 3-12:</b>	Influencia del ángulo de viento con respecto diferentes tipos de vehículos	37
<b>Ilustración 3-13:</b>	Diagrama de coeficientes de rodadura. ....	38
<b>Ilustración 3-14:</b>	Dimensiones del neumático de Kart.....	40
<b>Ilustración 3-15:</b>	Motor DIY Kit de 1500W .....	40
<b>Ilustración 3-16:</b>	Extracción de sensores de temperatura y colector de gases .....	42
<b>Ilustración 3-17:</b>	Medición individual de voltaje de los módulos.....	42
<b>Ilustración 3-18:</b>	Descarga profunda de las baterías .....	43
<b>Ilustración 3-19:</b>	Balaceo de los módulos.....	43
<b>Ilustración 3-20:</b>	Proceso de descarga de la batería .....	44
<b>Ilustración 3-21:</b>	Proceso de precarga de la batería .....	45
<b>Ilustración 3-22:</b>	BMS BMS DALY 13S 48V 30A, separate port .....	47
<b>Ilustración 3-23:</b>	Pack de baterías recicladas de Ion de litio.....	47
<b>Ilustración 3-24:</b>	Dimensiones del chasis de la Carrera de Ingeniería Automotriz .....	48
<b>Ilustración 3-25:</b>	Aplicación de condiciones estáticas .....	49
<b>Ilustración 3-26:</b>	Diseño de eje de transmisión.....	49
<b>Ilustración 3-27:</b>	Deformación del eje de transmisión.....	50
<b>Ilustración 3-28:</b>	Factor de seguridad del eje de transmisión. ....	50
<b>Ilustración 3-29:</b>	Eje de transmisión mecanizado .....	50
<b>Ilustración 3-30:</b>	Diseño de las fundas del diferencial.....	51
<b>Ilustración 3-31:</b>	Deformación del cobertor del diferencial.....	51
<b>Ilustración 3-32:</b>	Factor de seguridad del cobertor del diferencial .....	52
<b>Ilustración 3-33:</b>	Fundas de diferencial .....	52
<b>Ilustración 3-34:</b>	Diseño de cubo de rueda posterior .....	52
<b>Ilustración 3-35:</b>	Deformación del cubo de rueda. ....	53
<b>Ilustración 3-36:</b>	Factor de seguridad del cubo de rueda. ....	53
<b>Ilustración 3-37:</b>	Cubo de rueda mecanizado .....	54
<b>Ilustración 3-38:</b>	Diseño de la tracción eléctrica .....	54
<b>Ilustración 3-39:</b>	Deformación del eje de la tracción eléctrica con sus accesorios.....	55
<b>Ilustración 3-40:</b>	Factor de seguridad del eje de la tracción eléctrica con sus accesorios. ....	55
<b>Ilustración 3-41:</b>	Acoplamiento del diferencial con las fundas y ejes de transmisión.....	55
<b>Ilustración 3-42:</b>	Montaje de la tracción eléctrica.....	56
<b>Ilustración 3-43:</b>	Esquema eléctrico de conexiones de la tracción eléctrica.....	56
<b>Ilustración 3-44:</b>	Ubicación del arnés, indicadores y actuadores.....	57

<b>Ilustración 3-45:</b>	Ubicación del controlador y elementos de seguridad.....	57
<b>Ilustración 4-1:</b>	TORQUE PRO.....	58
<b>Ilustración 4-2:</b>	Multímetro digital Fluke 287 conectado en paralelo.....	58
<b>Ilustración 4-3:</b>	Pinza amperimétrica Changor 230 conectado al positivo de la batería.....	59
<b>Ilustración 4-4:</b>	Circuito cerrado de competición .....	59
<b>Ilustración 4-5:</b>	Altitud vs distancia recorrida .....	60
<b>Ilustración 4-6:</b>	Registros de velocidades.....	61
<b>Ilustración 4-7:</b>	Registro 1 de voltaje y amperaje.....	62
<b>Ilustración 4-8:</b>	Registro 2 de voltaje y amperaje.....	62
<b>Ilustración 4-9:</b>	Registro 3 de voltaje y amperaje.....	63
<b>Ilustración 4-10:</b>	Registro 4 de voltaje y amperaje.....	63
<b>Ilustración 4-11:</b>	Registro 5 de voltaje y amperaje.....	64
<b>Ilustración 4-12:</b>	Registro de voltaje y amperaje.....	64
<b>Ilustración 4-13:</b>	Registro 7 de voltaje y amperaje.....	65
<b>Ilustración 4-14:</b>	Registro 8 de voltaje y amperaje.....	65
<b>Ilustración 4-15:</b>	Registro 9 de voltaje y amperaje.....	66
<b>Ilustración 4-16:</b>	Registro 10 de voltaje y amperaje.....	66

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** FICHA TÉCNICA DEL MOTOR
- ANEXO B:** CONEXIONES DEL CONTROLADOR
- ANEXO C:** PROTOTIPO ENSAMBLADO
- ANEXO D:** CHASIS DE LA CARRERA DE INGIENERIA AUTOMOTRIZ
- ANEXO E:** PLANO DEUBICACION DE PUNTOS DE ANCLAJE
- ANEXO F:** PLANOS DE PUNTOS DE ANCLAJE
- ANEXO G:** PLANOS DE LOS EJES DE TRNASMISION

## RESUMEN

Este proyecto busco la implementación de un sistema de tracción eléctrica para un vehículo prototipo kart de la Carrera de Ingeniería Automotriz mediante el dimensionamiento y selección de componentes de un tren de propulsión eléctrico capaz de tener características de rendimiento para un circuito de competición, para lo cual se realizó una revisión bibliográfica de textos científicos que nos permitió identificar los componentes principales de una tracción eléctrica, se determinó una potencia requerida de aproximadamente de 1.5kW, dando paso a la implementación del motor DIY Kit de 1.5kW que incluye el controlador, indicador de estado de baterías, acelerador y diferencial, el sistema se sometió a un proceso de acoplamiento mediante el diseño de puntos de anclaje y rediseño de componentes acordes a las dimensiones del chasis de la Carrera de Ingeniería Automotriz. Luego de la implementación de los componentes, se realizaron pruebas de aceleración para determinar la velocidad máxima y el tiempo promedio para alcanzar dicha velocidad, donde se recolectan datos de velocidad y tiempo a través de la aplicación “TORQUE PRO”. Finalmente, a través del análisis estadístico de los datos recolectados, se encuentra que el prototipo puede alcanzar la velocidad máxima de 30 km/h en un promedio de 11.2 segundos. Se realizaron las pruebas necesarias para verificar la corrección de la instalación de tracción eléctrica en un circuito de competición, donde no se notó ningún inconveniente.

**Palabras clave:** <MOTOR ELÉCTRICO >, < BATERÍAS>, <KART >, <ACELERACIÓN >, <PROTOTIPO >



08-01-2024  
0054-DBRA-UPT-2024



## SUMMARY

This project sought the implementation of an electric drive system for a prototype kart vehicle of the Automotive Engineering Career through the sizing and selection of components of an electric drive train capable of having performance characteristics for a competition circuit, for which a literature review of scientific texts that allowed us to identify the main components of an electric drive was performed. It was determined a required power of approximately 1.5kW, giving way to the implementation of the 1.5kW DIY Kit motor that includes the controller, battery status indicator, accelerator and differential, the system underwent a coupling process by designing anchor points and redesigning components according to the dimensions of the chassis of the Automotive Engineering Career. After the implementation of the components, acceleration tests were carried out to determine the maximum speed and the average time to reach such speed, where speed and time data are collected through the "TORQUE PRO" application. Finally, through the statistical analysis of the collected data. It is found that the prototype can reach the maximum speed of 30 km/h in an average of 11.2 seconds. The necessary tests were carried out to verify the correctness of the electric traction installation on a competition circuit, where no inconvenience was noticed.

**Keywords:** <ELECTRIC ENGINE >, <BATTERIES>, <KART >, <ACCELERATION >, <PROTOTYPE >.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema Mgs.

C.I. 0603357062

## **INTRODUCCIÓN**

Entre los objetivos más grandes de la industria automotriz a lo largo de la historia, contamos con la búsqueda de la reducción de emisiones de gases contaminantes y producir motores eficientes energéticamente, dejando como resultado mayor autonomía al menor impacto ambiental en los diversos escenarios ambientales.

Actualmente, la electrificación automotriz es la apuesta a una alternativa clara al uso de una forma de energía amigable con el medio ambiente, siendo esta capaz de transportarnos de manera eficiente dentro de los parámetros urbanos, lo cual históricamente es en donde mayor cantidad de contaminación vehicular se ha registrado.

Dentro de las diversas formas de conducción, en cuanto al ámbito deportivo, existen competiciones, como la Formula SAE, los cuales promueven a las universidades de todo el mundo al diseño y construcción de prototipos monoplace dotados con sistemas de tracción eléctrica.

Varios factores como el aumento de la demanda automovilística, el aumento del daño notorio a la capa de ozono y el costo del petróleo, impulso de manera positiva la electromovilidad. Supliendo esta necesidad, la SAE incrementa el segmento eléctrico buscando también equiparar el uso de los vehículos eléctricos con respecto a los convencionales de combustión interna.

Por ello, el desarrollo de un vehículo eléctrico implica el análisis del desempeño, desplazamiento y potencia del sistema de tracción al momento de su propulsión, con el objetivo de determinar la forma y materiales necesarios para las uniones con el chasis de fibra de carbono.

El vehículo en este proyecto será eléctrico, de forma que se aportará a la universidad con la implementación de un sistema de tracción eléctrico, siendo capaz de obtener velocidades constantes y estables, evitando daños en el sistema de carga, a su vez siendo eficaz en un circuito de competición.

Tomando como punto de partida varios proyectos experimentales previos realizados por distintas universidades y escuelas politécnicas, se logrará implementar un sistema de tracción eléctrico en el vehículo prototipo Go-Kart de la carrera de Ingeniería Automotriz, buscando obtener un bajo consumo amperimétrico y menor consumo energético de las baterías.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

El Go-Kart es un automóvil monoplace que se origina en los Estados Unidos, no posee suspensión, es propulsado por un motor de combustión interna, generalmente motores de dos tiempos los cuales son altamente contaminantes. Preparar un Go-Kart implica el modificar varios sistemas que aumentan la eficiencia de conducción, dentro de los cuales tendremos como aspectos principales a mejorar la autonomía, maniobrabilidad y potencia.

En base a lo anteriormente mencionado, el Go-Kart no cuenta con un sistema de tracción, que es uno de los más importantes para la competencia, debido a que se requiere un motor estable y capaz de trabajar a las condiciones que el piloto así lo demande. Se requiere un motor eficiente, amigable con el medio ambiente y que sea capaz de tener autonomía mínima acorde a los circuitos de competición más recurrentes.

### 1.2. Justificación

Debido al aumento de la contaminación a nivel mundial, los países buscan formas de energía renovable que permitan reducir las emisiones de gases contaminantes mediante la aplicación de nuevas leyes que regulan las emisiones, por lo cual la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo comparte esta visión y promueve el uso de tecnologías que aporte a la disminución de gases contaminantes, desarrollando métodos de transporte amigables con el medio ambiente.

En el desarrollo de este proyecto, apegándose a la misión de aportar con el desarrollo de nuevas tecnologías que reduzcan con la contaminación ambiental, se propone la implementación de un sistema de tracción eléctrico bajo lineamientos de una normativa internacional, contribuyendo con la eliminación de los gases contaminantes emitidos en la combustión.

Para lograr esto, se dimensionará un sistema de carga para dicho motor, teniendo como principal opción una batería de ion litio, que sea capaz de brindar la autonomía suficiente, y que permita al motor desarrollarse a plenitud, logrando así obtener características competitivas a la par de sus equivalentes de combustión interna.

La implementación de este tipo de tecnologías en circuitos de competición es casi nula, dar una apertura fomentara el desarrollo de estas, demostrado que se obtienen muchos beneficios en cuanto a torque y potencia, presentando menores pérdidas mecánicas y una eficiencia con el uso de la energía muy alta.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Implementar un sistema de tracción eléctrico para el vehículo prototipo Go-Kart de la carrera de Ingeniería Automotriz, mediante el dimensionamiento de los componentes electrónicos y eléctricos, para poder dar una apertura a la electrificación vehicular dentro de circuitos de competición, ayudando a su vez a reducir las emisiones de gases contaminantes.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Realizar una revisión bibliográfica en artículos científicos y libros sobre sistemas de tracción eléctrica, para tener una idea clara de su funcionamiento.
- Analizar los componentes de la tracción eléctrica, para su posterior implementación en el vehículo prototipo karting de la carrera de Ingeniería Automotriz.
- Implementar el sistema de tracción eléctrico en el vehículo prototipo Go-Kart de la carrera de Ingeniería Automotriz.
- Evaluar el sistema de tracción eléctrica del vehículo prototipo karting de la carrera de Ingeniería Automotriz mediante el control de velocidad.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Estado del arte

En 1981, SAE International (anteriormente conocida como Sociedad de Ingenieros Automotrices) desarrolló y administró la primera competencia de estudiantes Formula SAE®, con la ayuda de Ron Matthews, profesor de la Universidad de Texas. SAE International operó la única competencia de Fórmula SAE durante 17 años antes de su asociación con IMeche (Instituto de Ingenieros Mecánicos) en Inglaterra, donde se desarrolló la marca "Formula Student". Desde sus inicios, Formula SAE se ha expandido e incluye muchos eventos derivados. En América del Norte hay tres competencias administradas por SAE International, una en Michigan, California y Ontario, Canadá. A nivel internacional, la expansión de la marca Formula SAE/Formula Student se ha disparado a más de 20 competencias actualmente organizadas por sociedades de ingeniería o empresas privadas.

Las competencias de Fórmula SAE desafían a equipos de estudiantes universitarios de pregrado y posgrado a concebir, diseñar, fabricar, desarrollar y competir con vehículos pequeños estilo fórmula. La competencia es una competencia de educación en ingeniería que requiere la demostración del rendimiento de los vehículos en una serie de eventos, tanto fuera como dentro de la pista contrarreloj. Cada competencia brinda a los equipos la oportunidad de demostrar su creatividad y habilidades de ingeniería en comparación con equipos de otras universidades del mundo.

Los equipos deben suponer que trabajan para una empresa de ingeniería que está diseñando, fabricando, probando y demostrando un prototipo de vehículo. El vehículo debe tener un alto rendimiento y ser lo suficientemente duradero para completar con éxito todo el evento en las competencias de Fórmula SAE. El diseño de cada equipo de estudiantes será juzgado y evaluado nuevamente por otros diseños de la competencia en una serie de eventos estáticos y dinámicos para determinar el vehículo que mejor cumple con los objetivos de diseño y que se construye y comercializa de manera rentable.

Formula SAE promueve las carreras y la excelencia en ingeniería, ya que abarca todos los aspectos de la industria automotriz, incluidos la investigación, el diseño, la fabricación, las pruebas, el desarrollo, la comercialización, la gestión y las finanzas.

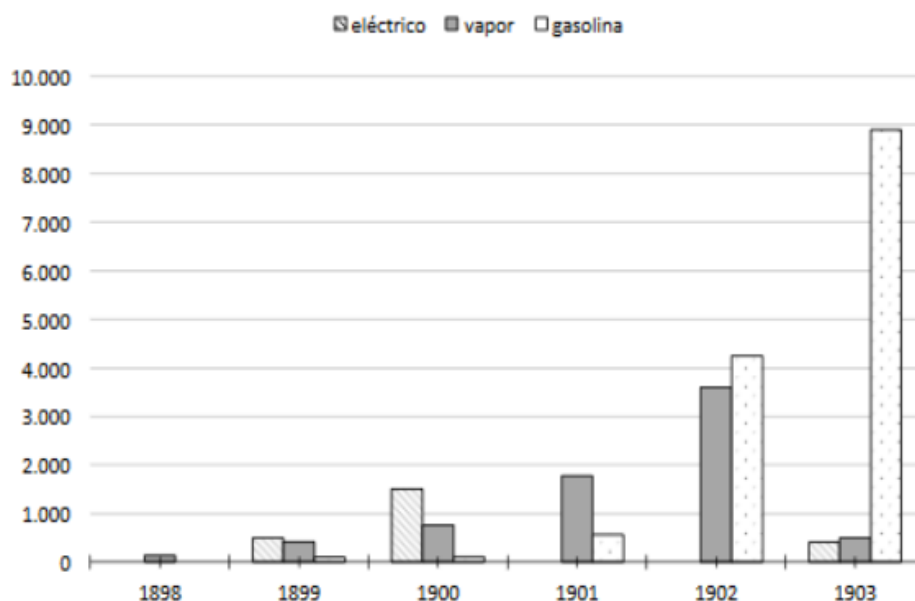
En 2006, Dartmouth College (en asociación con SAE International) creó el evento Fórmula Híbrida de combustible alternativo utilizando autos Fórmula SAE con plantas de energía híbridas de gasolina y electricidad.

En 2013, la Fórmula SAE vio la implementación de la clase eléctrica de batería a la cartera que ya contenía gasolina de combustión interna (Case, 1996).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Historia de la electrificación vehicular

Si bien ahora nos sorprende la llegada de los vehículos eléctricos, la movilidad eléctrica ha coincidido con la transición de los carruajes tirados por caballos a los automóviles. La electrificación de los sistemas de transporte se inició a finales del siglo XIX, principalmente en el transporte urbano como tranvías, metros, tranvías y posteriormente ferrocarriles de media distancia. Hoy en día, continúa el uso del transporte público electrificado, e incluso algunas ciudades europeas apuestan por nuevas inversiones en soluciones tradicionales como los autobuses eléctricos.



**Ilustración 2-1:** Producción de vehículos en Estados Unidos

Fuente:(Frías y Román, 2019).

Al mismo tiempo, los vehículos eléctricos aparecieron y se hicieron muy populares en las ciudades estadounidenses, donde la producción y venta de vehículos eléctricos superó durante muchos años consecutivos a la producción y venta de vehículos a gasolina o a vapor. Hay varios fabricantes de vehículos eléctricos que destacan por su ligereza y suavidad en el manejo. Eso sí,

tienen el mismo problema, que es la autonomía limitada. En esos momentos nació el histórico Ford T, un auto asequible que podía recorrer distancias medias y largas. Este último se adapta perfectamente a las necesidades de viaje de los Estados Unidos en un momento en que se requieren largas distancias. De esta forma, el coche eléctrico quedó relegado a entornos urbanos, que hacía limitada su venta y por tanto en pocos años la industria del automóvil de gasolina acapara el mercado de vehículos de tracción mecánica. En la década de 1990 algunos fabricantes realizaron pruebas de concepto para ver la viabilidad de los coches eléctricos.

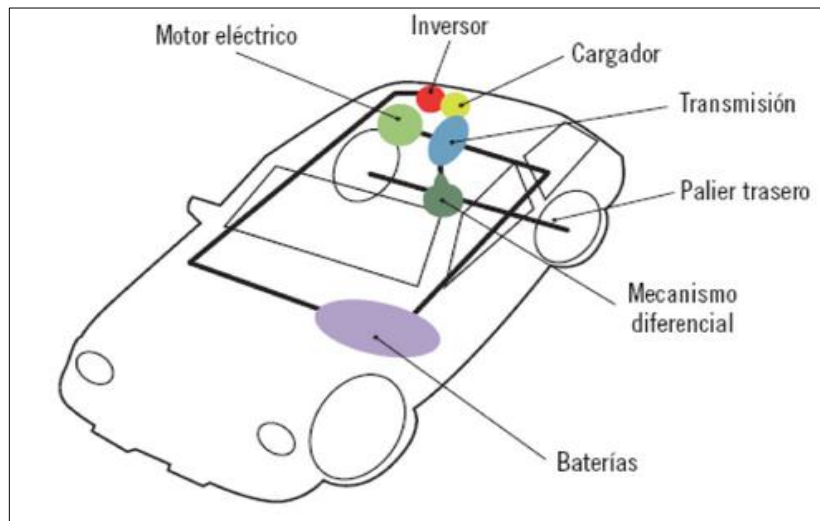
Un ejemplo en Europa es el grupo PSA con los modelos Citroën AX; o Peugeot 106 eléctrico, motor de 20 kW, 100 km de autonomía y precio unos 14.000 euros (casi el doble que los coches de gasolina) y 80% de tiempo de carga de batería en dos horas; sólo se vendieron 3.500 unidades y se interrumpió la producción en 2003. Una experiencia similar tuvo lugar en Estados Unidos en 1996, cuando apareció el EV1 por iniciativa de General Motors, con 1.117 unidades producidas con una autonomía de hasta 250 km. un avanzado sistema de conducción y confort similar al de los vehículos eléctricos actuales. A pesar del éxito de este modelo y la satisfacción de sus usuarios (principalmente empleados de General Motors), tres años más tarde el automóvil fue discontinuado y los ejemplares existentes fueron retirados del uso y destruidos en 2003. El miedo de la industria automotriz tradicional al cambio tecnológico (Frías y Román, 2019, pp.11-13).

La reacción de este nuevo campo de la tecnología culminó con la introducción de AC Propulsión, cuyo objetivo era crear un nuevo prototipo del coche eléctrico T-Zero, que unos años más tarde se convertiría en TESLA. La estrategia de TESLA, que es clave para comprender el panorama actual de los vehículos eléctricos, se resume en tres fases que involucran a los modelos TESLA Roadster, Model S y Model 3. Todo comenzó como un pequeño proyecto para demostrar que era posible hacer un automóvil (Tesla Roadster) que fuera atractivo e incluso funcionara mejor que cualquier automóvil deportivo en el mercado; luego quisieron poner todos los avances tecnológicos en un solo automóvil y así crear un sedán de lujo de tamaño mediano (Modelo S), y finalmente las innovaciones se integraron en un automóvil de bajo costo (Modelo). La estrategia es un estímulo para la industria automotriz tradicional, donde algunos fabricantes ven una oportunidad para desarrollar la movilidad eléctrica.

### **2.2.2. Vehículos eléctricos**

Como idea global, tenemos que un vehículo eléctrico (VE) se define como un automotor impulsado por uno o varios motores eléctricos, que utilizan la energía en los acumuladores recargables, transformándola en energía mecánica. La forma de propulsión o tracción se puede

dar a través hélices impulsadas por motores rotativos, por ruedas, y en casos puntuales a través de motores lineales y aplicaciones de magnetismo.

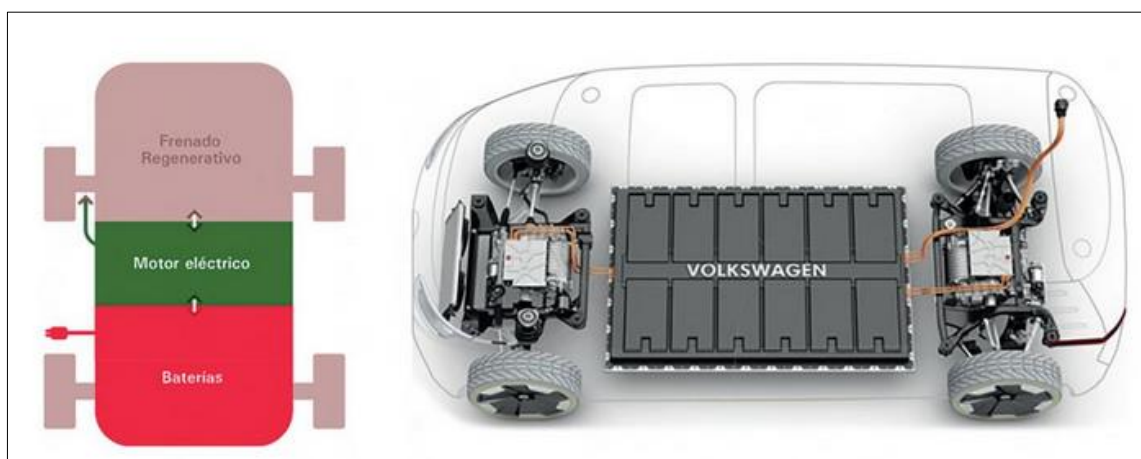


**Ilustración 2-2:** Representación del mapa del mapa de un vehículo eléctrico

Fuente:(Jiménez, 2017).

Dentro del mundo de los vehículos eléctricos, se los clasifica en función del grado de electrificación que presente, los cuales se describe de la siguiente forma según Trashorras, (2019: p.3).

- **100% eléctrico (VE).** Vehículo basado en el uso de baterías, usa uno o dos motores eléctricos y no presenta el uso de ningún motor térmico.



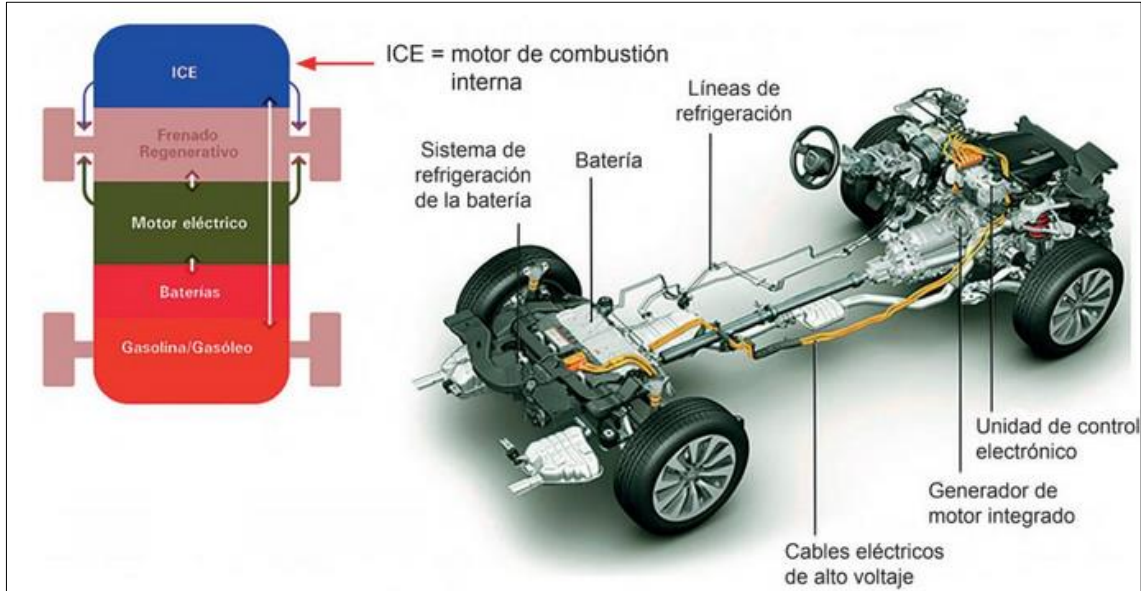
**Ilustración 2-3:** Vehículo eléctrico de baterías

Fuente:(Trashorras, 2019).

- **Híbrido eléctrico no enchufable (HEV):** Cuenta con un motor térmico, además uno o varios más eléctricos, en este caso, se utilizan el motor térmico y el eléctrico para la propulsión, y



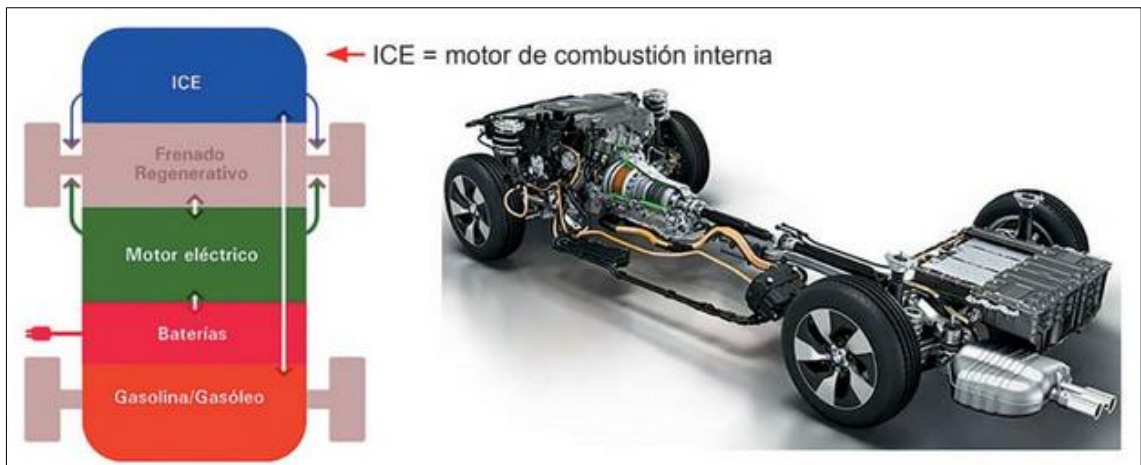
dependiendo de diseño se puede realizar un funcionamiento 100% eléctrico en ciertas condiciones de manejo. Las baterías se auto recargan mediante el sistema de freno regenerativo y el motor térmico.



**Ilustración 2-4:** Vehículo híbrido eléctrico combinado

Fuente:(Trashorras, 2019)

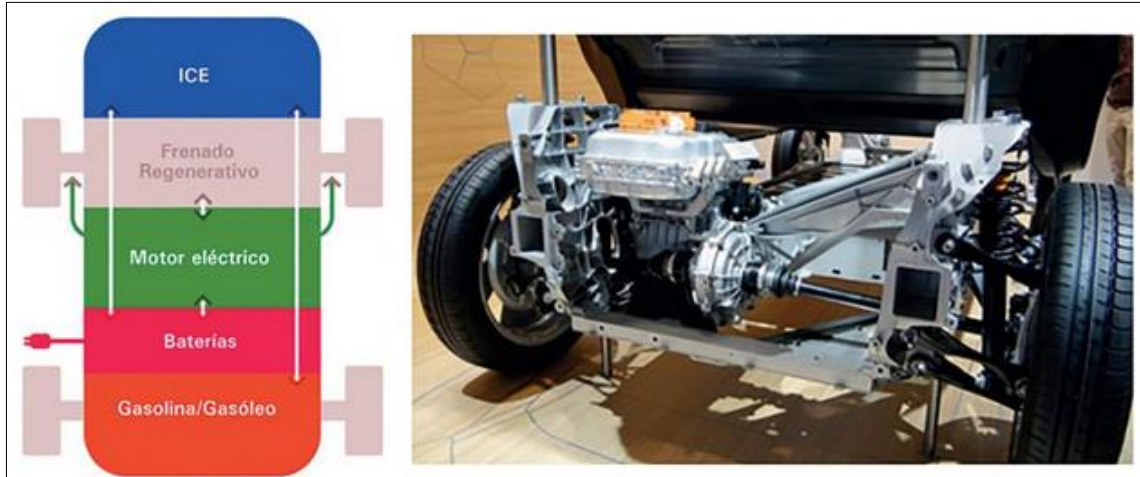
- **Híbrido enchufable (PHEV):** Su configuración cuenta con un motor térmico, con una batería recargable y un motor eléctrico, su diferencia es que sus baterías presentan mayor capacidad de almacenamiento y permiten carga en una red pública.



**Ilustración 2-5:** Vehículo híbrido enchufable

Fuente:(Trashorras, 2019).

- **Eléctrico de autonomía extendida (EREV):** Presenta un motor térmico que se utiliza con el fin de generar suministro a las baterías, dependiendo el fabricante suelen ser enchufables o no enchufables a una red pública.



**Ilustración 2-6:** Vehículo eléctrico de autonomía extendida.

Fuente:(Trashorras, 2019).

- **Con pila de combustible de hidrogeno (FCEV):** Cuenta con motores eléctricos, a diferencia de los híbridos, este vehículo utiliza pilas de hidrogeno, se provee que en unas décadas en el futuro se reemplace el uso de las baterías por pilas de combustible para el suministro eléctrico.

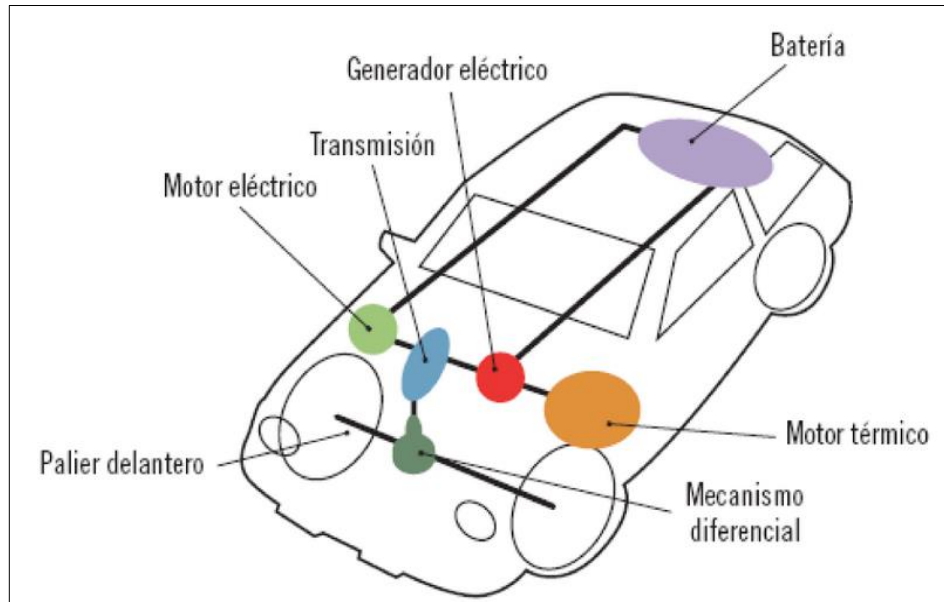


**Ilustración 2-7:** Vehículo eléctrico con pilas de hidrogeno.

Fuente:(Trashorras, 2019).

### 2.2.3. Vehículos híbridos

Aparecen como un punto medio entre vehículos que usan como tres de combustión y eléctricos, son vehículos muy desarrollados actualmente y mantienen un paso medio con el desarrollo de motores térmicos, y las actualizaciones de la industria posibilitando el uso de baterías que proporcionen un mayor performance a motores eléctricos.



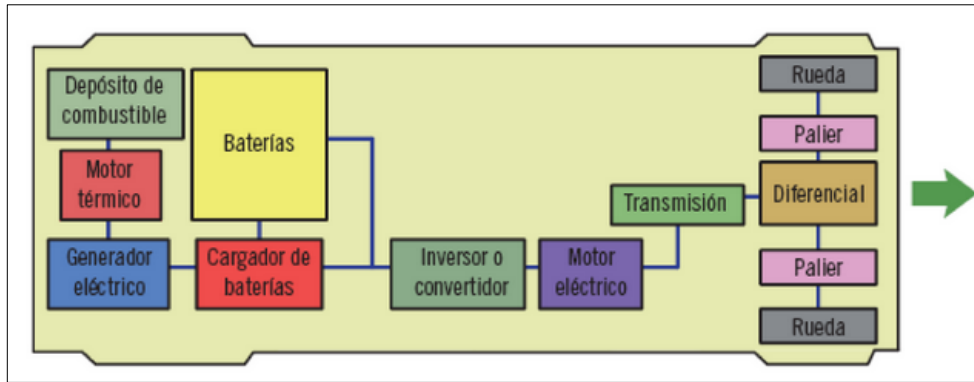
**Ilustración 2-8:** Mapa del vehículo híbrido

**Fuente:** (Jiménez, 2017).

Los vehículos híbridos funcionan con un motor eléctrico el cual se activa a través de la energía proporcionada por las baterías, cuando se presentan niveles bajos de carga se da paso al proceso de carga de las baterías mediante el motor térmico, a través de un proceso de transformación de corriente alterna en continua. Para aumentar su eficiencia, estos vehículos aprovechan la energía cinética de la acción del frenado para recargar las baterías a través de un dispositivo llamado Kers, esto se conoce como freno regenerativo (Jiménez, 2017, p.308).

La clasificación más significativa para los vehículos híbridos depende de la disposición de los elementos que componen el tren de propulsión, los cuales se clasifican de la siguiente forma:

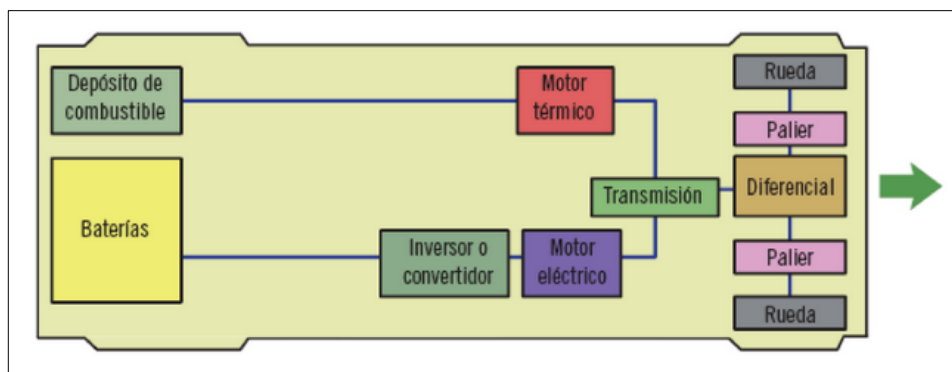
- **En serie:** Presentan un motor térmico acoplado a un generador eléctrico, el cual recarga las baterías. El motor eléctrico es el encargado del movimiento del vehículo, el cual es controlado por un inversor, el cual regula la velocidad y potencia que se transmite al diferencial y palieres, que a su vez generan movimiento en las ruedas delanteras.



**Ilustración 2-9:** Distribución de elementos en un vehículo híbrido en serie.

Fuente: (Jiménez, 2017).

- **En paralelo:** Presenta una gran ventaja, puede utilizar de forma individual o como conjunto, tanto el motor térmico como el motor eléctrico. Los dos motores son capaces de generar movimiento en el vehículo transmitiendo la potencia a través del diferencial y palieres, hasta las ruedas. En condiciones de alto rendimiento, entran en funcionamiento ambos motores de manera simultánea.



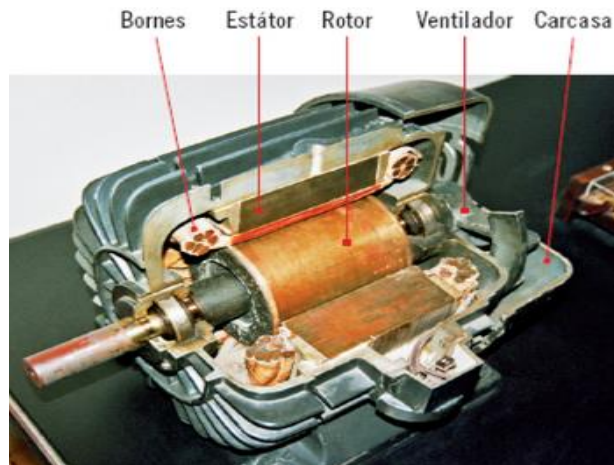
**Ilustración 2-10:** Distribución de elementos en un vehículo híbrido en paralelo.

Fuente: (Jiménez, 2017).

#### 2.2.4. Motores

El tipo de motor utilizado en los vehículos eléctricos, en principios del desarrollo de estas tecnologías, fueron los motores de corriente continua (CC), no obstante, con el desarrollo de la industria automotriz, se implementó el uso de motores de corriente alterna (CA), las cuales tienen que ser controlados por un dispositivo llamado comúnmente inversor. Dentro del principio de funcionamiento de estos motores, se divide en dos partes principales, las cuales son el rotor, que es la parte móvil y el estator, que es la parte fija. Para la refrigeración del sistema se cuenta con un ventilador, una carcasa para protección de este, y cuenta con una bornera.

El movimiento de este motor se basa en el principio de electromagnetismo de la electricidad, que da paso a la generación de corriente eléctrica dentro de un conductor en el interior de un imán, el cual puede ser según el diseño del motor, el rotor o el estator (Jiménez, 2017, p.202).

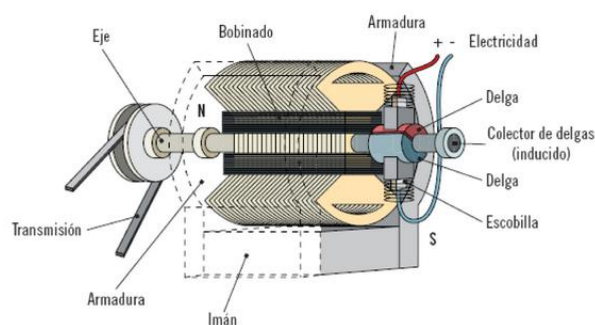


**Ilustración 2-11:** Partes fundamentales del motor eléctrico

Fuente:(Jiménez, 2017).

**Motores de corriente continua:** Conformado por rotor y estator, los cuales utilizan el principio de electromagnetismo para su funcionamiento. La corriente que pasa por el rotor genera un campo electromagnético, el cual busca acoplarse al campo magnético del estator, el cual gira según sus bobinas sean activadas.

El rotor contiene bobinas que están en contacto con las delgas unidas a los conductores negativo y positivo, posibilitando así la transmisión de movimiento mecánico a través de correa y poleas.



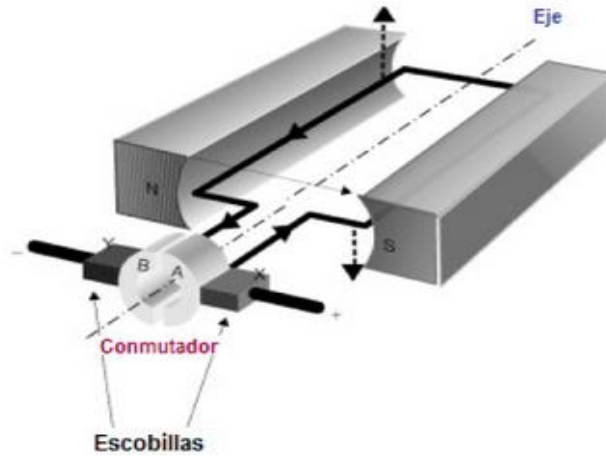
**Ilustración 2-12:** Elementos del motor eléctrico de CC

Fuente:(Jiménez, 2017).

Entre los motores de corriente continua tenemos los tipos más principales:

- **Estator con imanes permanentes y rotor bobinado:** Su funcionamiento se basa en un hilo dentro de un campo magnético por el cual recorre una corriente genera una fuerza sobre el

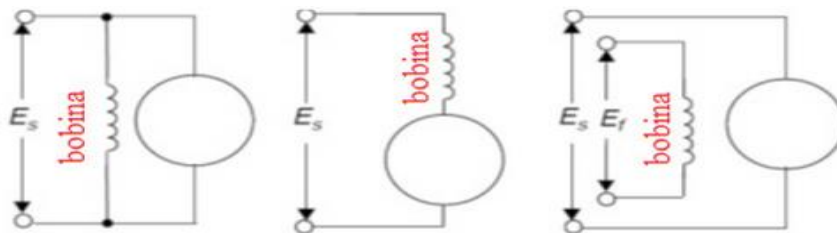
hilo. La corriente pasa por una escobilla, el conmutador de anillo da una vuelta por dicho hilo y retorna al conmutador de anillo opuesto y a la otra escobilla, generando así una fuerza resultante perpendicular al campo magnético y al hilo, haciendo q estas dos fuerzas giren el hilo y por inercia mantiene su movimiento hasta repetir el ciclo (López, 2015, pp.54-55).



**Ilustración 2-13:** Principio de funcionamiento de un motor CC.

Fuente:(López, 2015).

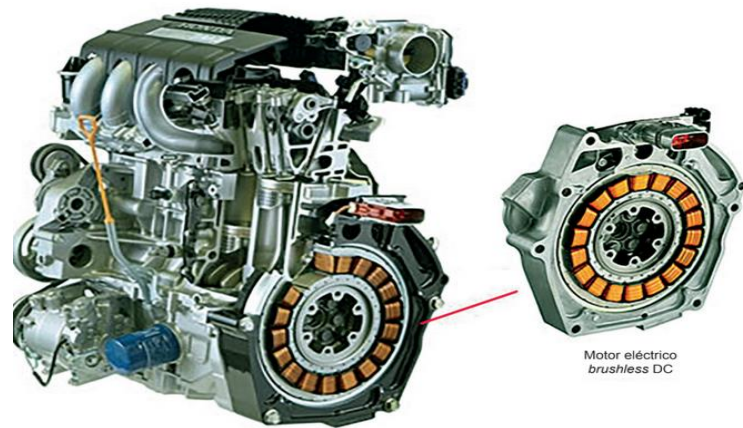
- **Estator y rotor con bobinados:** Tienen conjuntos de devanados, una es la armadura y el otro es el devanado de campo que producen el campo magnético. La corriente es suministrada a ambos componentes, repartiéndose en mayor cantidad a la armadura y conformando así sus respectivas fuerzas magnetomotrices, su magnitud se establece acorde al número de revoluciones y de corriente.



**Ilustración 2-14:** Diferentes configuraciones de motor con escobillas

Fuente:(López, 2015).

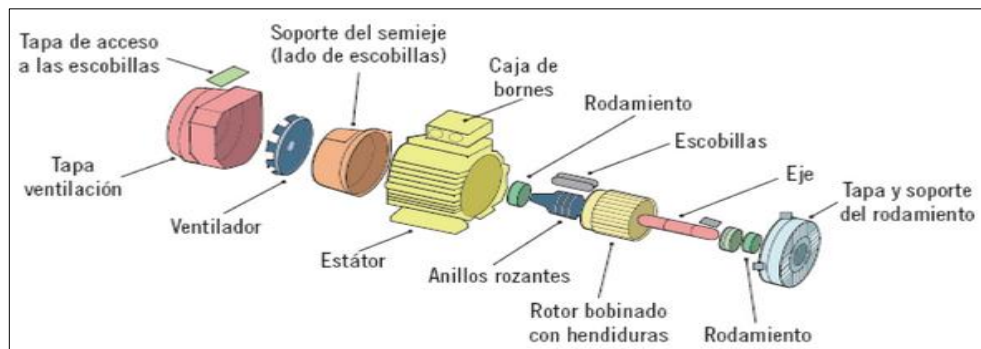
- **Motor sin escobillas de imanes permanentes:** Comúnmente conocido como motor brushless, cuenta con imanes permanentes que se encuentran en la armadura, funcionan a través del suplemente secuencia de las fases del devanado de campo sincronizados al movimiento. La alimentación del mismo en CC se amplifica por medio de un inversor o controlador electrónico, el cual genera de tensiones polifásicas de tipo trapezoidal y sinusoidal (Trashorras, 2019, p.25).



**Ilustración 2-15:** Motor híbrido con motor brushless

Fuente:(Trashorras, 2019).

**Motor de corriente alterna (CA):** Su funcionamiento empieza cuando es alimentado por corriente alterna, presenta una gran facilidad para su montaje y adopción a diversos sistemas. La corriente se suministra al estator, el cual crea genera el campo magnético suficiente para girar al rotor. En la construcción del estator, se delimita su espacio dentro de una carcasa que usa una bornera para sus conexiones eléctricas. Se constituye con varios arrollamientos ubicados de forma que generan un campo electromagnético que actúa sobre el eje, que esta sostenido por rodamientos en el eje del rotor, escobillas y los anillos. El rotor se compone de láminas ferromagnéticas, que generan hendiduras que distan entre el estator y el rotor.



**Ilustración 2-16:** Despiece de Motor eléctrico de CA del tipo de anillo rozantes

Fuente:(Jiménez, 2017).

Al igual que los motores CC, el eje del rotor se posiciona con una polea, la cual transmite el movimiento mecánico con ayuda de una banda de transmisión.

Los motores asíncronos tienen la peculiaridad de que su frecuencia de giro no es igual, sino inferior a la frecuencia de suministro, entre los más relevantes existen:

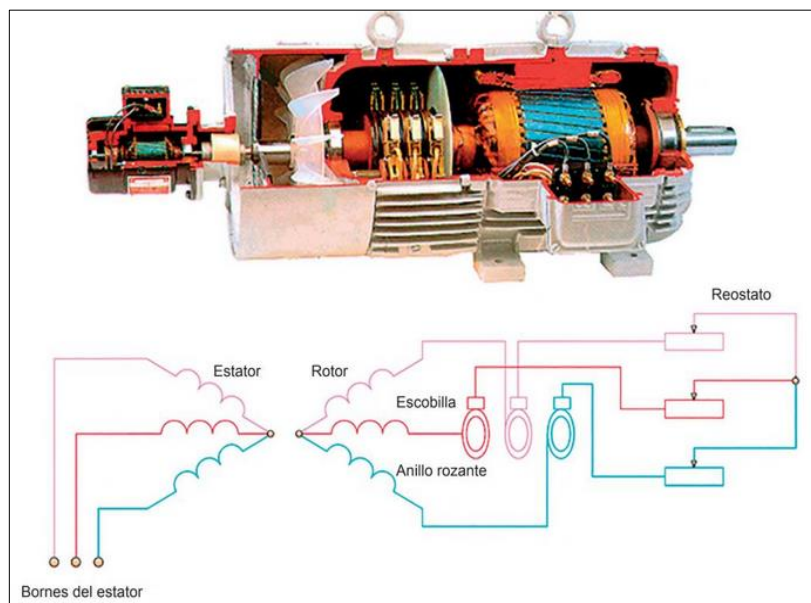
- **Rotor de jaula de ardilla:** Los conductores están repartidos en el exterior del rotor, y en sus extremos de sus conductores están cortocircuitados. (Trashorras, 2019, p. 17).



**Ilustración 2-17:** Rotor jaula de ardilla.

Fuente:(López, 2015).

- **Rotor de anillos rozantes:** Tiene devanados similares a los de su estator, sin embargo, el número de polos si tiene que ser el mismo, el devanado de la armadura está unido a los anillos colectores que están en el mismo eje (Trashorras, 2019, p.18).

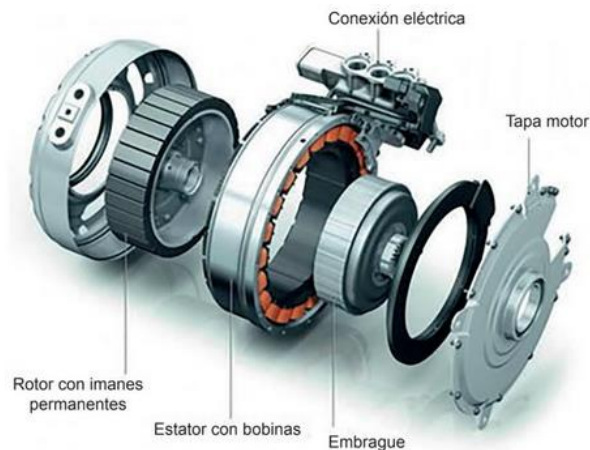


**Ilustración 2-18:** Motor asíncrono con rotor bobinado.

Fuente:(López, 2015).

- **Motor síncrono de imanes permanentes:** Su armadura gira a la misma velocidad que el campo magnético generado por su devanado de campo. Pueden generar dos tipos de flujo de corriente, un flujo radial o una axial acorde a la posición de la armadura. Cuentan con un regulador electrónico que conmuta la corriente lo cual regula el torque a la salida del motor, necesitan una fuente CC para la conmutación del motor (Trashorras, 2019, pp.18-19).





**Ilustración 2-19:** Motor síncrono de imanes permanentes

Fuente:(López, 2015).

- **Motor síncrono de reluctancia variable:** Estos motores eliminan los imanes permanentes, la reluctancia magnética de un campo magnético o materia es la resistencia que tiene al flujo magnético de un campo magnético, esta capacidad depende del material. El rotor busca alinearse tratando de reducir la resistencia con el estator. El torque se genera cuando la dirección de conducción magnética de la armadura se alinea con el campo del devanado de campo (Trashorras, 2019, p.21).



**Ilustración 2-20:** Motor de reluctancia conmutada

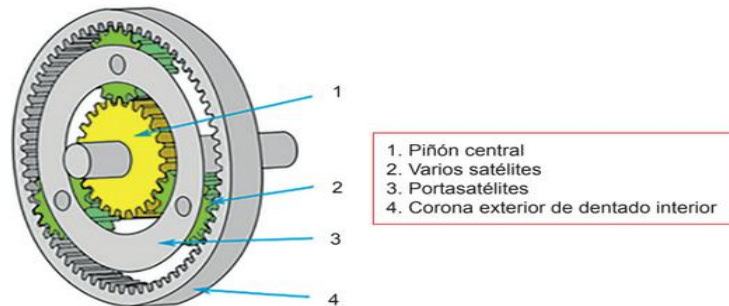
Fuente:(López, 2015).

### 2.2.5. Transmisión de potencia

En los vehículos eléctricos, se descartan el embrague y caja de cambios, ya que a diferencia de los vehículos que utilizan motores térmicos, solo es necesaria una marcha, ya que las velocidades se multiplican hasta 180 veces y las revoluciones hasta 6 veces, esto significa que los motores eléctricos tiene una gran adaptabilidad para aumentar su velocidad, ya que el motor se ajusta fácilmente a los cambios de velocidad, pueden subir y bajar las revoluciones con mucha facilidad, por lo que no es necesario un sistema de transmisión que invierta el movimiento, solamente un inversor eléctrico (Díez, 2019, p.13).

En el caso de los vehículos híbridos, para la transmisión se utiliza generalmente un dispositivo llamado dispositivo divisor de potencia (PSD), el cual es un tren de engranajes que combina la energía mecánica que se le entrega tanto por el motor eléctrico como el motor térmico.

Este dispositivo se usa para transferir energía a las ruedas a los motores generadores que suministran de energía a los motores eléctricos y a los acumuladores de energía (Trashorras, 2019, p.6).



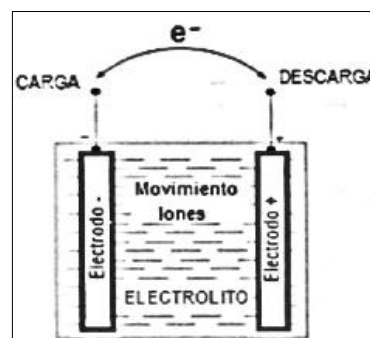
**Ilustración 2-21:** Dispositivo divisor de potencia

Fuente:(Trashorras, 2019).

### 2.2.6. Baterías

Es un dispositivo el cual es utilizado para acumular energía eléctrica que utiliza reacciones químicas reversibles, la cual se constituyen de dos electrodos para las polaridades positiva y negativa y un separador un electrolito.

El principio de funcionamiento se constituye de los siguientes componentes, el electrodo positivo es un oxido en estado sólido que se reduce durante las reacciones química provocadas dentro de la batería, el electrodo negativo es una aleación que se oxida durante las reacciones químicas. El electrolito permite la conducción iónica entre los electrodos, este puede presentarse en estado sólido o líquido. Finalmente, el separador es una capa que aísla físicamente los electrodos y contiene el electrolito (Díez, 2019, p.21).

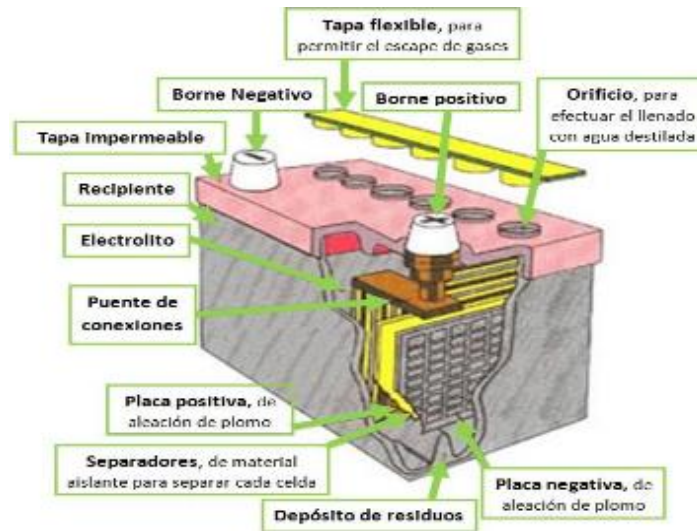


**Ilustración 2-22:** Batería

Fuente:(Díez, 2019)

Los diferentes tipos de baterías según sus grupos más generales se dividen en la siguiente forma:

- **Plomo-acido:** Se compone de un depósito de ácido sulfúrico con placas de plomo, las cuales se ordenan acorde a su polaridad. La placa positiva se recubre de dióxido de plomo y la de polaridad negativa de plomo esponjoso.

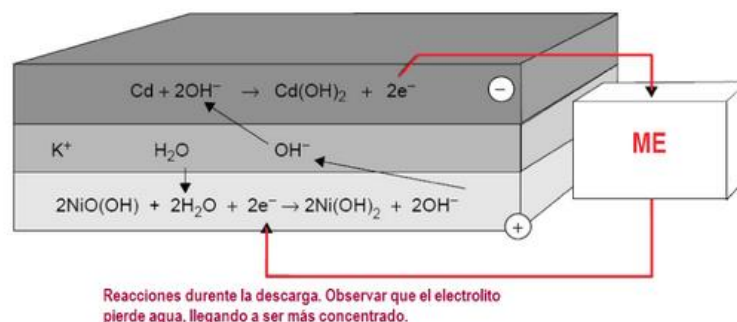


**Ilustración 2-23:** Batería de ácido-plomo

Fuente:(Díez, 2019)

En el mercado podemos encontrar principalmente variaciones de este tipo de baterías, las cuales pueden ser las baterías de gel, tenemos de tipo AGM la cual tiene un electrolito su electrolito se empapa en una matriz de fibra de vidrio, la ser baterías selladas presentan la ventaja de no generar  $H_2$ . También tenemos las baterías de plomo gel las cuales tiene su electrolito en forma de gel.

- **Níquel cadmio:** Son baterías que tienen en el cátodo material de hidróxido de níquel, y en el ánodo se tiene de material cadmio, el electrolito usado es el hidróxido potásico. Una de las ventajas más grandes que muestra este tipo de baterías es su gran autonomía y una larga vida útil, también cuenta con un menor peso y tamaño, aunque entre las desventajas significativas es que tiene un porcentaje grande de efecto memoria. (Díez 2019, p.27).



**Ilustración 2-24:** Batería de níquel cadmio.

Fuente:(López, 2015)

- **Níquel metal hidruro:** Una de las principales diferencias con las baterías de cadmio es que el cátodo utiliza hidrogeno, lo cual elimina la necesidad en la ecuación del cadmio, siendo así menos contaminante, el ánodo es similar.

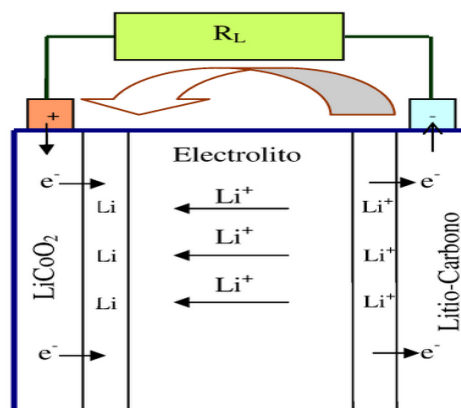
El proceso de reacciones se produce por las aleaciones metálicas en determinadas condiciones ambientales que absorben las partículas de gas de hidrogeno que genera los metales hidruros. Estas baterías tienen una gran potencia energética, así como un bajo efecto memoria (Díez, 2019, p.28).



**Ilustración 2-25:** Batería Ni-MH

Fuente:(Díez, 2019)

- **Ion litio:** Se compone de dos electrodos metálicos sumergido en electrolito en estado líquido. Su ánodo se conforma de litio intercalado con grafito, y su cátodo contiene oxido de litio, el electrolito es sal de litio. En el proceso de reacciones química el litio libera iones del cátodo, y mediante el electrolito llegan al ánodo, combinándose así con el litio, con esto proceso se produce la diferencia de potencial que genera la corriente eléctrica. Dentro de la industria tecnológica, es de las baterías más solicitadas, debido a su alta eficiencia, así como su tratamiento de reciclaje más amigable con el medio ambiente, sin embargo, tiene un alto costo de producción, sobrecalentamiento y alta fragilidad (López, 2015, p.29).

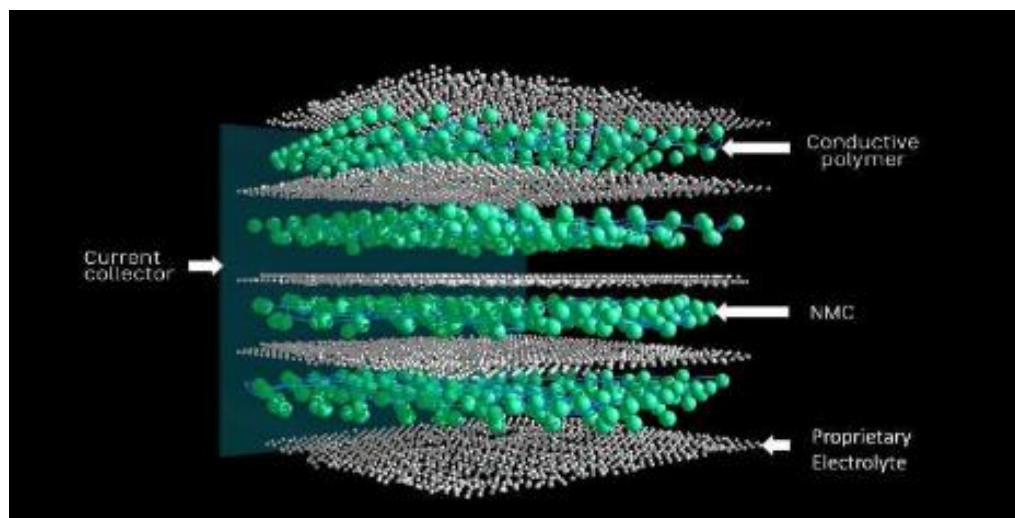


**Ilustración 2-26:** Esquema de celda de Li-ion

Fuente:(López, 2015).

Una variación del tipo de baterías de litio encontramos las baterías de polímero de litio (Li-Po), las cuales tiene electrodos de óxido de polietileno, manteniendo el electrólito de sal de litio. Su funcionamiento es similar a las de ion de litio, pero con mayor densidad energética, mayor potencia y menores dimensiones.

- **Batería ZEBRA:** Se les conoce como las baterías de sal fundida por su electrolito. Solo pueden trabajar hasta los 250 grados Celsius de temperatura y tienen bajas prestaciones en bajas temperaturas, para su funcionamiento deben ser conectadas para tener una temperatura ideal, son las baterías que tiene la vida útil más largas, alta capacidad de reciclaje.
- **Baterías de estado sólido:** La proyección de la industria predice que para el 2025 ocupara el mercado en su gran mayoría, ya que son superiores en cuando a capacidad energética, estabilidad y durabilidad. Se presenta como la siguiente evolución para las baterías de ion de litio, con la actualización del grafeno en estado sólido como su nuevo electrolito, este último es un material de similares características al grafito, pero sin problemas de temperatura. Tiene mayor autonomía, velocidad de carga y potencia además de bajos costos de producción (Díez, 2019, p.31).



**Ilustración 2-27:** Baterías Fisker.

Fuente:(Díez, 2019)

## 2.3. Marco legal

### 2.3.1. Dimensiones

Dentro de la normativa de competición FIA Karting, se consideró las dimensiones para la categoría de Superkart, las cuales consideran las siguientes restricciones:

- Las dimensiones de distancia entre ejes son de 106 – 127 cm (KARTING TECHNICAL REGULATIONS, p.35, 2023).
- El ancho de vía debe ser al menos de 2/3 de la distancia entre ejes (KARTING TECHNICAL REGULATIONS, p.35, 2023).
- El ancho máximo debe ser de 140 cm (KARTING TECHNICAL REGULATIONS, p.35, 2023).

### **2.3.2. Restricciones eléctricas**

Para basarnos en un reglamento que nos ofrezca, sobre todo seguridad del piloto y técnicos del prototipo se basó en las restricciones establecidas por Formula SAE, que describe lo siguiente:

- La potencia máxima que debe extraerse del acumulador no debe sobrepasar lo 80kW (Formula SAE Rules 2023, p.89, 2022).
- El voltaje máximo dentro del sistema debe ser de máximo 600V DC (Formula SAE Rules 2023, p.89, 2022).
- Se permite la regeneración de energía en una velocidad superior a 5 km/h (Formula SAE Rules 2023, p.89, 2022).
- Un medidor de energía debe ser instalado en un lugar de fácil localización (Formula SAE Rules 2023, p.89, 2022).
- Se prohíbe suministro de energía al motor para manejar en reversa (Formula SAE Rules 2023, p.89, 2022).
- El interlock es una conexión que debe abrir el circuito de apagado si la conexión de enclavamiento está rota o interrumpida, tampoco debe estar en la línea de tierra (Formula SAE Rules 2023, p.104, 2022).
- Cualquier cable que este fuera del recinto del sistema de tracción debe aislarse con un separador no conductivo naranja y usar cables blindados naranjas (Formula SAE Rules 2023, p.97, 2022).
- Todos los cables usados en el sistema de tracción deben ser dimensionados acorde al flujo de corriente que conducirán (Formula SAE Rules 2023, p.96, 2022).
- Se deben incluir conexiones eléctricas atornilladas en la conexión del positivo para prevenir pérdidas inintencionales (Formula SAE Rules 2023, p.97, 2022).
- El indicador de alto voltaje debe estar localizado en un lugar de clara visibilidad cuando se conecta el acumulador. (Formula SAE Rules 2023, p.94, 2022).

### **2.3.3. Motor eléctrico**

Dentro del apartado del motor, se tomó en cuenta las siguientes especificaciones:

- Solo se permiten motores eléctricos, y no hay número de limitación de su uso (Formula SAE Rules 2023, p.90, 2022).
- El sistema de tracción del motor debe conectar el motor con el acumulador mediante un controlador. Conexiones directas entra motor y acumulador están prohibidas (Formula SAE Rules 2023, p.90, 2022).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Metodología de la investigación a realizar

Dentro de este apartado, se describe los métodos que se adaptan al desarrollo del proyecto, con el fin de poder cumplir con los objetivos planteados. Para la búsqueda del dimensionamiento de vehículo prototipo kart de la carrera de Ingeniería Automotriz se aplicó la metodología inductiva, ya que se dimensiona un tren de potencia eléctrico a partir de lo que un kart convencional (combustión interna) puede generar en cuanto a torque y potencia dentro de un determinado circuito, de esta forma se analizaron los componentes necesarios para poder conseguir un comportamiento similar, generando así un prototipo kart de eficiencia para las diversas competiciones.

- **Inductivo:** Comienza con la observación para posteriormente hacer las generalizaciones acordes a los fenómenos presenciados, lo cual da paso a la formulación de leyes generales. Se basa en la inferencia de que los hechos determinados en ciertas condiciones se cumplirán en las mismas condiciones. (Martínez, 2012, p.83).

En adición, se aplicó la metodología analítica-sintética, ya que se analizó los datos obtenidos de las pruebas en cuanto a velocidades, para poder detallar el comportamiento de tren de potencia, y así poder seleccionar un motor eléctrico que genere un torque y potencia similares, de forma que se cuente con un kart competitivo.

- **Analítico - sintético:** Tiene la finalidad de interpretar cada uno de los elementos más simples, estudiándolos por separado, y buscando la relación de su funcionamiento como un solo conjunto (Eyssautier de la Mora, 2016, pp. 80-81).

A continuación, se procede al montaje de los componentes seleccionados para el tren motriz de vehículo prototipo kart de la carrera de Ingeniería Automotriz. Por último, se realizarán pruebas para el mismo circuito en el que se tomó los datos de velocidad para el kart convencional, demostrando así mediante un análisis de dinámica vehicular la eficiencia de mismo, siendo este un prototipo de alto rendimiento.



### 3.1.1. Tipos de investigaciones

Las investigaciones realizadas a lo largo de cada apartado dentro del presente trabajo fueron seleccionadas con el fin de poder abarcar la mayor cantidad de información necesaria acorde a los parámetros de la construcción del prototipo, así como la forma adecuada de poder evaluar su rendimiento.

**Tabla 3-1:** Tipos de investigaciones

Tipo de investigación	Técnica de investigación	Instrumentos de investigación
Bibliográfica	Consulta de documentos, libros, revistas, periódicos, etc. Análisis documental.	Bibliotecas. Repositorios de universidades.
Experimental	Observación y manipulación de variables independientes bajo condiciones reguladas.	Simulación de un circuito de competición.
Aplicada	Interpretación de datos de velocidades para el correcto dimensionamiento de los componentes.	Utilización de software (Excel, Matlab).

Fuente:(Martínez, 2012).

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

#### 3.1.1.1. Investigación bibliográfica

Es el punto de partida del proceso investigativo, ya que nos brinda información de investigaciones anteriores sobre el tema apegado al presente proyecto. A partir de la recopilación de la información en base a investigaciones previas, podemos hacer analogías, para de esta forma poder adaptar los diversos sistemas a al prototipo, dejando aplicado las nuevas tendencias automotrices y con la mayor eficiencia posible. Así mismo, el conocimiento de conceptos básicos dentro de la rama eléctrica del mundo automotriz nos permite manipular todos los componentes involucrados de manera q no se generen daños en los mismos, evitando costes mayores a los estimados.

#### 3.1.1.2. Investigación aplicada

Este tipo de investigaciones están orientadas a mejorar, perfeccionar u optimizar el funcionamiento de los sistemas, los procedimientos, normas, reglas tecnológicas actuales a la luz de los avances de la ciencia y la tecnología (Álvarez-Risco, 2020). Entre las grandes visiones y expectativas que se tiene sobre este proyecto, es la apertura a las nuevas tecnologías eléctricas, las cuales son las tendencias actuales, se busca cambiar el sistema tradicional con motores de combustión interna, por motores eléctricos, los cuales son más eficientes y menos contaminantes. No obstante, significa todo un reto para el presente proyecto, debido a la escasez de información y componentes en el mercado local, para poder lograr los objetivos planteados aplicamos lo

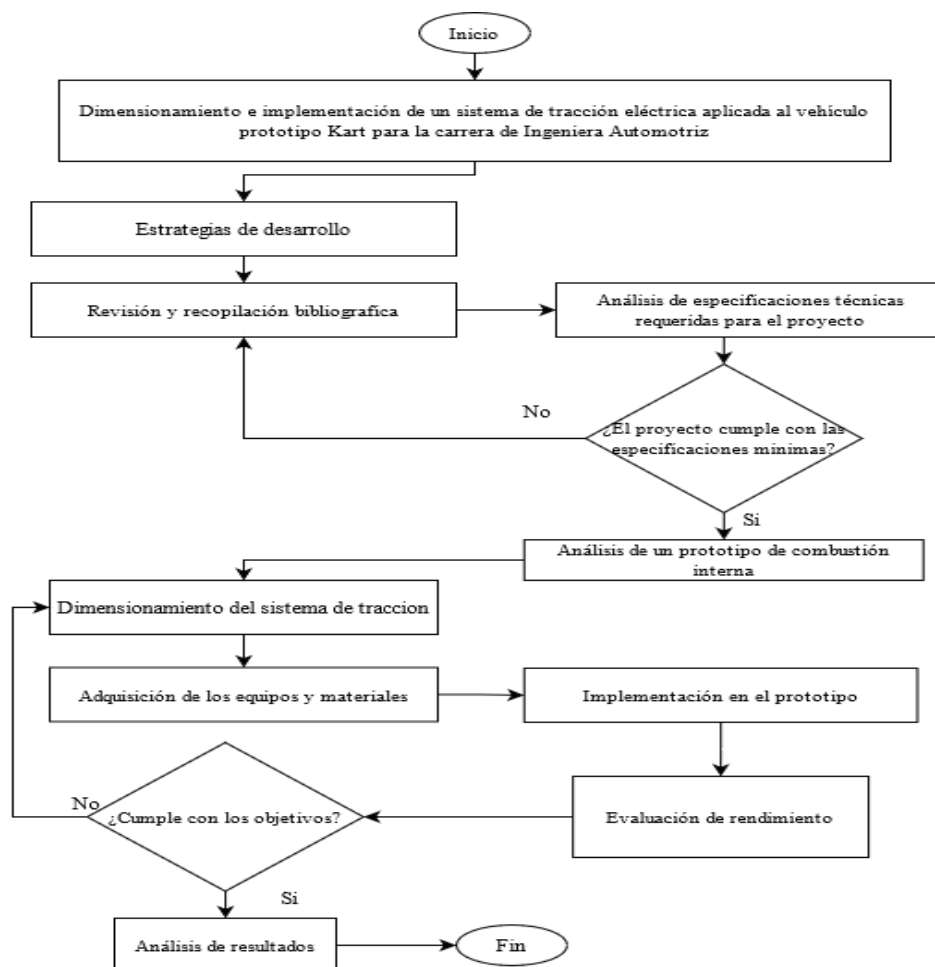
establecido en cuanto a la ciencia y grandes empresas pioneras en esta rama, logrando así optimizar un prototipo kart.

### 3.1.1.3. Investigación experimental

Los datos se obtienen por observación de hechos condicionados por el investigador, en donde se manipula una sola variable y se espera la respuesta de otra variable (Teodoro, Nieto 2018).

Para poder dimensionar adecuadamente el sistema de propulsión del prototipo, tenemos que partir de un modelo previamente establecido, en este caso un kart con motor de combustión interna. A partir de su rendimiento en un circuito de competición improvisado, se analizará las velocidades que puede generar con la ayuda de software, para poder determinar la potencia y torque mínimos necesarios para tener un prototipo capaz de cumplir con las expectativas dentro de una competencia.

## 3.2. Diagrama de etapas del proyecto



**Ilustración 3-1:** Diagrama de flujo del proyecto

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

### 3.3. Planificación o cronograma de actividades

**Tabla 3-2:** Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	TIEMPO ESTIMADO [SEMANAS]	OBSERVACIONES
Revisión bibliográfica	Semana 1,2 y 3	
Dimensionamiento del sistema de tracción eléctrico	Semana 4	
Selección y adquisición de elementos comerciales	Semana 5, 6, 7 y 8	Puede modificarse según la recepción de los componentes.
Implementación del sistema de tracción eléctrico a un chasis homologado de fibra de carbono	Semana 9 ,10, 11 y 12	
Análisis de resultados (pruebas en pistas, eficiencia, etc.)	Semana 13 y 14	
Corrección de borradores, tipeado de trabajo final	Semana 15	
Presentación de trabajo final	Semana 16	

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

### 3.4. Recursos y materiales

#### 3.4.1. Materiales

**Tabla 3-3:** Materiales utilizados en el proyecto

Material	Cantidad	Descripción
Batería de Níquel, -metal hidruro de 48V-35 AH	1 unidad	Acumulador de energía que posee varias celdas, trabaja mediante el electrolito de níquel permitiendo así reacciones químicas entre el ánodo y el cátodo de cada celda.
Motor DC brushless de 1000w-48v	1 unidad	Encargado de transformar la energía química de la batería en energía mecánica, generándose así el movimiento del prototipo. Consta de un bobinado y un rotor que al ser accionado generan campos magnéticos rotativos, lo cual hace mover el rotor, movimiento aprovechado por el eje trasero del prototipo.
Inversor de 1000w-48v	1 unidad	Transforma la tensión de entrada de la batería de DC a AC, con una frecuencia y magnitud controlada.
Switch de encendido	1 unidad	Permite completar el circuito, permitiendo así el funcionamiento de todos los componentes como conjunto.
Switch de 3 velocidades	1 unidad	Regula la tensión enviada al motor, permitiendo regular los rangos de la velocidad de giro del motor.
Pedal de acelerador	1 unidad	Componente electrónico que detecta la posición del pedal, dando así la orden al actuador de modificar el flujo de corriente eléctrica.

Caliper de freno	1 unidad	Elemento de activación mecánico, es el encargado de ejercer una fuerza sobre las pastillas de freno de manera que ejerce una resistencia a la rodadura del eje trasero, el cual detendrá la marcha del prototipo, así como el piloto lo requiera.
Switch de freno	1 unidad	Dispositivo que permitirá mantener el motor en estado de reposo, cada vez que sea activado.
Puerto de carga	1 unidad	Conexión que permitirá la carga de las baterías, suministrará carga a un circuito que permitirá la carga de esta en un intervalo de tiempo determinado.
Bloque de terminales	1 unidad	Facilita el paso de corriente entre el motor eléctrico y las baterías, permitiendo así los procesos de carga y descarga de estas últimas.
Switch de reversa	1 unidad	Dispositivo que permite invertir el sentido de giro del motor eléctrico.
Indicador de encendido	1 unidad	Nos brinda información del estado del motor, tanto como velocidad, estado de encendido, etc.
Interruptor de aire de 25AH	1 unidad	Permita la activación del motor, cuando el piloto lo predisponga
Mazo de cables	1 unidad	Es la conexión entre el inversor, motor eléctrico y demás componentes electrónicos que comandan el encendido del motor.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

### 3.4.2. Equipos

**Tabla 3-4:** Equipos utilizados en el proyecto

Equipo	Descripción
Moladora	Herramienta de corte de uso muy versátil, se utiliza para realizar cortes a medida o para pulir. Su versatilidad permite llegar a lugares de difícil acceso para herramientas de corte más grandes.
Taladro de mano	Máquina de mecanización de agujeros que permiten crear uniones atornilladas, gracias a su tamaño se puede manipular fácilmente en diversas piezas.
Fresadora universal	Funciona según el mismo principio que otras fresadoras: elimina las virutas girando la herramienta de corte. En esta máquina, la fresa se encarga de retirar el exceso de material de la pieza. La fresa que está fijo en la cabeza no se mueve, sino que gira alrededor de su eje. En una fresadora, el banco de trabajo ajusta los bordes de la herramienta, se utilizó para la realización del estriado de los ejes de transmisión.
Torno	Es una máquina herramienta que realiza la rotación a alta velocidad de piezas giratorias de metal, madera y plástico. Torneado es quitar parte de una pieza con una cuchilla u otra herramienta de corte para darle forma.
Soldadora Eléctrica	Un soldador eléctrico es una herramienta utilizada para soldar. Funciona convirtiendo la electricidad en calor y derritiendo el material utilizado para soldar.
Compresor	Máquina diseñada para obtener aire/gas del ambiente, almacenarlo y comprimirlo en un contenedor, después del almacenamiento podemos usarlo para accionar herramientas neumáticas, hacer

	muchos trabajos como inflar llantas, herramientas, sistemas de limpieza o pistolas de pintura.
Banco Charge Research	Es un equipo que permite evaluar el funcionamiento de las baterías de vehículos híbridos y eléctricos (de baja potencia), el mismo que permite identificar y restaurar las celdas degradadas que están en buen estado y necesitan ser reacondicionadas. Por motivos de seguridad posee 2 bloques independientes (A y B), aislados eléctricamente, en cada bloque se pueden conectar hasta 7 celdas en serie de un voltaje nominal de hasta 12V y cuyo voltaje total no supere los 90V, esta configuración permite analizar y cargar hasta 14 celdas en forma simultánea.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

### 3.4.3. Recursos humanos

En el siguiente apartado, se da una breve descripción de la administración del recurso humano del proyecto, dejando definido los roles dentro de la participación del dimensionamiento e implementación en el prototipo. En la siguiente tabla se describirá brevemente las responsabilidades asumidas por cada uno de los participantes:

**Tabla 3-5:** Matriz de designación de actividades

Rol asumido	Tareas	Encargados
Investigador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión bibliográfica que ayude al desarrollo del proyecto.</li> <li>Presentar informes al tutor del proyecto</li> </ul>	Sr. Darwin Toapanta Sr. Alfonso Cortez
Organizador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar las etapas de las actividades a desarrollar dentro del proyecto.</li> <li>Determinar tiempos de ejecución de las actividades.</li> <li>Gestionar la adquisición de los materiales</li> </ul>	Sr. Darwin Toapanta Sr. Alfonso Cortez
Desarrollador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Levar a cabo las actividades programadas acorde a la etapa de avance respectivo del proyecto.</li> </ul>	Sr. Darwin Toapanta Sr. Alfonso Cortez
Revisión y aprobación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicitar avances del proyecto.</li> <li>Solicitar mejoras en el proyecto.</li> <li>Revisar el proyecto tanto el informe, como la parte física.</li> </ul>	Ing. Cristian Buenaño Ing. Celin Padilla

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

### 3.4.4. Recursos Económicos

Se estableció los recursos económicos mínimos que se requieren para la realización de este proyecto en todas sus etapas, con el fin de poder cumplir con los objetivos planteados. En las siguientes tablas se definirán a detalle los valores de los costos económicos que se invirtieron dentro del mismo:

**Tabla 3-6:** Matriz de costos directos del proyecto

Orden	Cantidad	Detalle	Precio unitario USD	Precio total USD
1	1	Kit de diferencial de eje trasero Go-Kart de 30" 48V 1000W motor eléctrico sin escobillas	1310.87	1310.87
2	1	Licencia de software TORQUE PRO	5	5
3	1	Ejes de transmisión 304	60	60
4	2	Mecanizado de ejes de transmisión	100	200
5	2	Elaboración de puntos de anclaje	15	30
6	2	Mecanizado de cubo de rueda	5	10
7	1	Litro de pintura automotriz	10	10
8	1	Alquiler de compresor	10	10
9	10	Terminales	0.15	1.5
10	5	Mtrs de cable automotriz rojo	1	5
11	5	Mtrs de cable automotriz negro	1	5
<b>Total</b>				1674.4

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

**Tabla 3-7:** Matriz de costos indirectos del proyecto

Descripción	Cantidad	Precio unitario USD	Precio total USD
Transporte	8	5	40
Alimentación	20	2.5	100 (entre los dos)
Impresiones	1	10	30
Otros		30	30
<b>TOTAL</b>			200

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

**Tabla 3-8:** Matriz de costos totales del proyecto

Descripción	Precio Total USD
Costos directos	1674.4
Costos indirectos	200
<b>TOTAL</b>	1874.4

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

### 3.5. Desarrollo del proyecto

#### 3.5.1. Definición de un circuito de carreras

El dimensionamiento de los componentes eléctricos que fueron montados en el prototipo toma su punto de partida con la recopilación de datos mínimos, los cuales son principalmente dos, torque y potencia. Estos datos pueden ser calculados a partir de la recopilación de datos de velocidades de un prototipo existente, en este caso un Kart de combustión interna. Para poder llevar acabo esta tarea nos planteamos un recorrido a modo de simular un circuito de competición, en el cual

podemos definir el trazado de la pista, así como la distancia recorrida y el tiempo en el cual se llevó a cabo el trayecto general.



**Ilustración 3-2:** Pista del kartodromo Dos hemisferios, Quito, Ecuador

**Fuente:**(ACELCOM CIA LTDA, 2019)

El registro de los datos se llevó a cabo en el kartodromo dos hemisferios en la ciudad de Quito, Ecuador, pista muy concurrente en el ámbito competitivo, lo cual nos brinda la posibilidad de llevar a cabo las pruebas más reales posibles con respecto a una competencia. Se realizaron varias tomas de datos dentro del trazado de la pista, de manera que el prototipo de combustión interna fue exigido al límite.

### **3.5.2. Obtención de datos para el dimensionamiento de la tracción eléctrica**

Se realizó la toma de datos con ayuda del software TORQUE PRO, el cual nos ayudó con la obtención de parámetros como, velocidad, aceleración, latitud, altitud, distancia recorrida, tiempo de recorrido, etc., datos de los cuales se obtuvo el primer lugar dentro de la competencia, nos sirvieron para realizar el posterior análisis de dinámica vehicular.



**Ilustración 3-3:** Valida para el campeonato Novacero,  
Junio 2023

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023

Como datos previos a la carrera, se consideró valores de peso total (kart + piloto) de 100.02 kg, dato que es necesario y dentro del rango permitido para la categoría de prototipos con motor de 100 CC. La obtención de los datos se tomó en cuenta desde el momento de partida hasta la finalización de las 8 vueltas establecidas para la competencia, en un total de 3 tandas, teniendo como tiempo promedio un valor de 8.30 min por tanda. A partir de los datos de longitud, altitud y latitud se obtuvo el trazado real que tomo el prototipo a lo largo de la pista, mediante el uso de la página de (Schneider, 2019), mediante la cual se pudo obtener un archivo de tipo HTML, que se interpretó con ayuda de la aplicación de Google Earth pro.



**Ilustración 3-4:** Trazado del circuito

**Realizado por:** (Google España, 2022)

Para obtener más precisión en los datos de altitud, se hizo uso de la herramienta GPS Visualizer, el cual nos permitió a partir de los datos de longitud y latitud del GPS obtener nuevos datos de altitud de una manera suavizada (Schneider, 2019).



## GPS Visualizer output

Your data has been converted to plain text. If something doesn't look like you expected it to, please [send an email to bugs-10+20231113110617-36046@gpsvisualizer.com](mailto:bugs-10+20231113110617-36046@gpsvisualizer.com).

Right-click on the [following link](#) to download the file to your hard drive; you may want to give it a more sensible name.

[Download 20231113110617-36046-data.txt](#)

**Donate**

**Help keep GPS Visualizer free**  
If you're enjoying GPS Visualizer, please support further development by [making a contribution via PayPal](#) or checking out my [Amazon.com wish list](#).

The contents of your file are also [displayed](#) in this box, if you'd rather cut and paste:

type	latitude	longitude	course	distance (km)	distance_interval (m)	name
T	-1.657145000	-78.675433330		0.000		GPS data
T	-1.657145000	-78.675433330		0.000	0.00	
T	-1.657145000	-78.675433330		0.000	0.00	
T	-1.657145000	-78.675433330		0.000	0.00	
T	-1.657161667	-78.675388330	110.3	0.005	5.34	
T	-1.657173333	-78.675353330	108.4	0.009	4.10	
T	-1.657183333	-78.675311670	103.5	0.014	4.77	
T	-1.657181667	-78.675271670	87.6	0.019	4.45	
T	-1.657160000	-78.675231670	61.5	0.024	5.05	
T	-1.657128333	-78.675191670	51.6	0.029	5.66	
T	-1.657095000	-78.675155000	47.7	0.035	5.50	

Map this data: [Leaflet](#), [Google Maps](#), [Google Earth](#), [JPEG map](#), [SVG map](#), or [elevation profile](#) — or go to the [map form](#) to set options

### Ilustración 3-5: Obtención de datos de altitud

Fuente: (Schneider, 2019)

#### 3.5.3. Cálculos para el dimensionamiento de la tracción eléctrica

Debido a que los datos obtenidos de altitud si tomados de forma experimental completamente, los datos tienden a ser muy dispersos, lo mismo que pueden generar errores en la interpretación de los cálculos de la potencia requerida, por este motivo se realizó el suavizado de estos datos. Para lograr esto, se aplicó el método de la ventana móvil, el cual consiste en calcular el promedio del número de datos designados a través de un rango de datos llamado ventana, evitando así ruidos y comportamientos no deseados (The MathWorks ,2023).

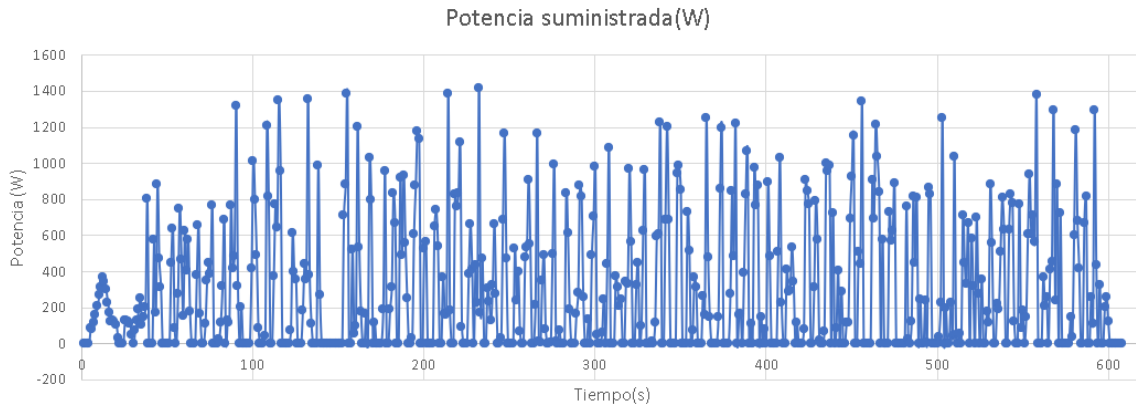
```
1 function suavizadoventanamovil(x,A,w)
2     clc;clear
3     A=readmatrix('p1.xlsx','sheet','Hoja1','range','B2:B609')
4     x=1:1:608;
5     w=50;
6     plot(x,A,'-k')
7     n=608;
8     f=zeros(n,1);
9     for i=w+1:1:n-w
10        B=A(i-w:i+w);
11        f(i)=mean(B);
12    end
13    for i=1:w
14        B=A(max(1,i-w):i+w);
15        f(i)=mean(B);
16    end
17    for i=n-w:1:n
18        B=A(i-w:min(i+w,n));
19        f(i)=mean(B);
20    end
21    hold on
22    plot(x,f)
23    xlabel("Tiempo (s)")
24    ylabel("Altitud (m)")
25    axis tight
26    legend("Suavizado de datos de altitud")
27    %writematrix(f,'pp1.xlsx','sheet','velocidadC','range','A2')
28    end
```

### Ilustración 3-6: Algoritmo del Método de la ventana móvil

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023



Cabe recalcar que el cálculo se realizó en cada segundo del recorrido para todas las variables, no obstante, para el dimensionamiento se utilizó los datos seleccionados de potencia máxima suministrada por el motor.



**Ilustración 3-9:** Potencia suministrada por el kart de combustión en cada segundo

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

El primer dato calculado fue de aceleración, según (Álvarez Coello et al., 2017, p.32) utilizamos la siguiente formula:

$$a = \frac{v_i - v_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \quad (1)$$

Donde:

$a$  es aceleración recorrida  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$V_i$  es la velocidad instantánea  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$t_i$  es tiempo (s)

Reemplazando los datos de velocidad a lo largo del trayecto obtuvimos:

$$a = \frac{7.584 - 6.031}{231 - 230} = 1.553 \frac{m}{s^2}$$

Según (Gómez, 2020, p.107), distancia recorrida en cada segundo en función de velocidad, tiempo y aceleración se calculó haciendo uso de la siguiente formula:

$$d = V_i + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad (2)$$

Donde:

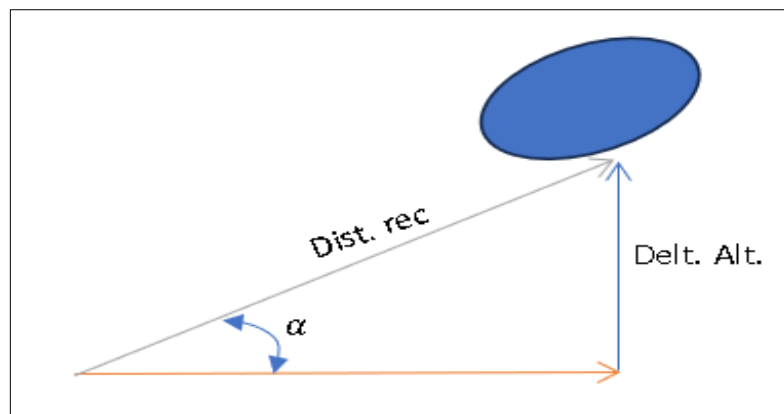
$d$  es distancia recorrida (m)

$V_i$  es la velocidad inicial  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$t$  es el tiempo (s)

$$d = \left(6.031 \frac{m}{s}\right) + \frac{1}{2} \cdot \left(1.553 \frac{m}{s^2}\right) \cdot (1s)^2 = 6.081 m$$

Para determinar el recorrido total, se sumó todas las longitudes calculadas anteriormente. Un dato importante para calcular dentro de las fuerzas de tracción es el valor del ángulo de pendiente de la carretera, para lo cual, realizamos el siguiente diagrama para obtener el ángulo alfa:



**Ilustración 3-10:** Diagrama de cuerpo libre de elevación de carretera

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

$$\sin \alpha = \frac{\text{Delta Altura (m)}}{\text{distancia recorrida (m)}}$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{0.047 m}{6.081 m}\right) = 0.393^\circ$$

El análisis aplicado dentro del proyecto es de dinámica vehicular, ya que tomados los datos se realizó una estimación de los requerimientos mínimos en cuanto al rendimiento de un prototipo dentro de un circuito de competición. Para llevar a cabo el dimensionamiento, se procedió a analizar las fuerzas que actúan sobre el Go Kart con motor de combustión interna en la ya mencionada carrera, para esto analizaremos las cargas totales en carretera, las cuales según son la sumatoria de las fuerzas de resistencia y aerodinámicas que constituyen la fuerza de propulsión del vehículo (Gillespie, 2021, pp. 26-27). A continuación, describiremos las ecuaciones de dichas fuerzas:

$$F_x = Ma_x + R_{hx} + R_x + D_a + w_x \quad (3)$$

Donde:

$F_x$  es la fuerza de tracción del prototipo [ $N$ ]

$M$  es la masa [ $kg$ ]

$a_x$  es la aceleración longitudinal [ $\frac{m}{s^2}$ ]

$R_{hx}$  es la fuerza de cargas de remolque [ $N$ ]

$R_x$  es la fuerza de resistencia a la rodadura [ $N$ ]

$D_a$  es la fuerza de resistencia aerodinámica [ $N$ ]

$w_x$  es la fuerza de resistencia del peso [ $N$ ]

La fuerza de la resistencia aerodinámica se describe según (Gillespie, 2021, pp. 97-118) como la fuerza necesaria para poder vencer el arrastre aerodinámico del flujo de aire o de cualquier otro cuerpo alrededor del vehículo, definida de la siguiente manera:

$$D_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot Cd \cdot A \quad (4)$$

Donde:

$\rho$  es la densidad del aire en  $\frac{kg}{m^3}$

$Cd$  es el coeficiente de arrastre aerodinámico (adimensional)

$A$  es el área frontal del vehículo en  $m^2$

$V$  es la velocidad del vehículo en  $\frac{m}{s}$

La densidad del aire será obtenida acorde a las condiciones climatológicas del día de la carrera, y se determinará de la siguiente forma según (Gillespie, 2021, p. 98):

$$\rho = 1.225 \cdot \left(\frac{P}{101.325}\right) \cdot \left(\frac{288.16}{273.16+T}\right) \quad (5)$$

Donde:

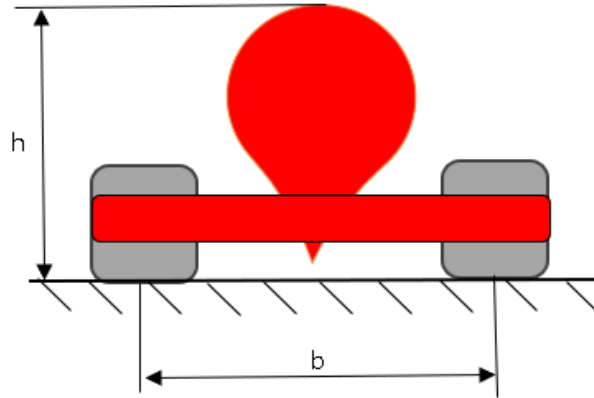
$P$  es la presión atmosférica en  $Kpa$

$T$  es la temperatura del ambiente en  $^{\circ}C$

El día de la carrera se tuvo una temperatura aproximada de  $20^{\circ}C$  y una presión atmosférica aproximada de  $72 Kpa$ , de manera que la densidad del aire es de:

$$\rho = 1.225 \cdot \left(\frac{72KPa}{101.325}\right) \cdot \left(\frac{288.16}{(273.16 + 20)^{\circ}C}\right) = 0.856 \frac{kg}{m^3}$$

La velocidad registrada en este punto dentro del circuito fue de  $7.648 \frac{m}{s}$ . Para el área frontal del kart, realizamos el siguiente cálculo de la geometría de este:



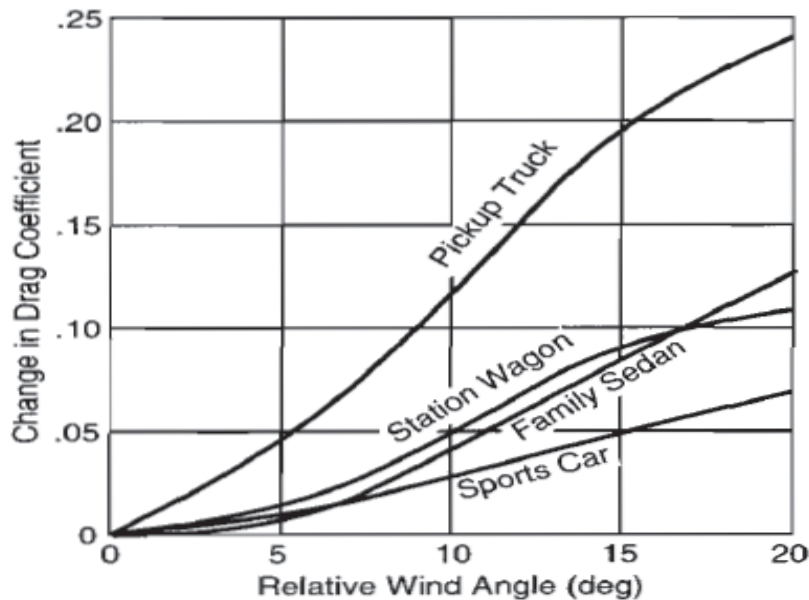
**Ilustración 3-11:** Diagrama del área frontal del kart de combustión interna.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023

$$A = b * h \quad (6)$$

$$A = 0.67 \text{ m} * 0.9 \text{ m} = 0.603 \text{ m}^2$$

El coeficiente de arrastre se tomó a partir de la tabla siguiente, que describe de manera precisa acorde a la aerodinámica de un vehículo según su tipo, obteniendo así un valor de 0.8, asumiendo que es un vehículo de características deportivas dado su diseño de alerones y bómper, y un ángulo de viento de 20 grados:



**Ilustración 3-12:** Influencia del ángulo de viento con respecto a los diferentes tipos de vehículos

Fuente: (Gillespie, 2021, p.101)

La fuerza de resistencia aerodinámica nos daría como resultado el siguiente valor:

$$D_a = \frac{1}{2} \cdot \left(0.856 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \left(7.584 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \cdot (0.8) \cdot (0.603 \text{ m}^2) = 11.871 \text{ N}$$

La fuerza de resistencia a la rodadura se le conoce como la resistencia al movimiento del vehículo en el suelo, específicamente con las llantas, siendo esta una de las principales fuerzas de oposición al movimiento. Para poder calcular esta fuerza con el análisis de todo el vehículo, tenemos la siguiente expresión matemática:

$$R_x = fr * w \quad (7)$$

Donde:

$fr$  es el coeficiente de resistencia a la rodadura

$w$  es el peso del vehículo

A su vez, el peso del vehículo se define como:

$$w = m \cdot g \quad (8)$$

Donde:

$m$  es la masa del vehículo y todas las cargas que este soporte

$g$  es la gravedad

El coeficiente de resistencia a la rodadura se obtiene de la siguiente manera:

$$fr = fo + 3.24 \cdot fs \cdot \left(\frac{v}{100}\right)^{2.5} \quad (9)$$

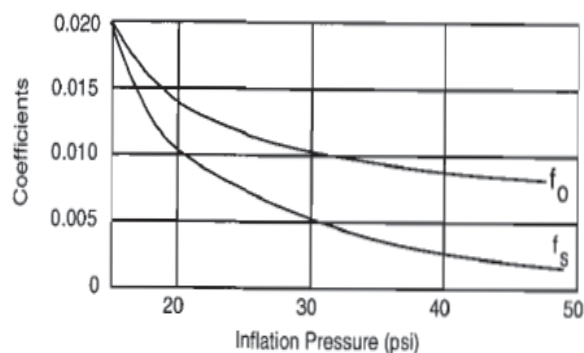
Donde

$v$  es la velocidad del vehículo en mph

$fo$  es el coeficiente básico

$fs$  es el coeficiente de efecto de la velocidad

Los coeficientes  $fo$  y  $fs$  se encuentran en el siguiente diagrama, considerando la presión de los neumáticos del kart de combustión interna, la cual era de 15  $psi$ , lo cual nos deja un valor de  $fo = 0.011$  y  $fs = 0.015$ :



**Ilustración 3-13:** Diagrama de coeficientes de rodadura.

**Fuente:** (Gillespie, 2021, p.118).

Reemplazando todos los datos obtenidos tenemos que:

$$fr = 0.011 + 3.24 \cdot 0.015 \cdot \left(\frac{16.97 \text{ mph}}{100}\right)^{2.5} = 0.0129$$

La fuerza a la resistencia a la rodadura, el valor de peso se puede ver afectado por el ángulo de pendiente de la pista en cada punto, de manera que el peso será usado en su componente en el eje horizontal o de las x. El valor de pendiente máximo obtenido a cálculos previos de altitud y distancia recorrida dentro de la carrera se calculó previamente un valor de pendiente de 0.393°:

$$w = * 100.02 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 981.196 \text{ N}$$

$$R_x = 0.0129 \cdot 981.196 \text{ N} \cdot \cos(0.393^\circ) = 12.647 \text{ N}$$

La fuerza de inercia que genera la masa en función de la aceleración provocada por la variación de velocidades que el vehículo debe superar para entrar en movimiento se calcula de la siguiente manera:

$$Ma_x = (100.03 \text{ kg}) \left( 1.553 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 155.350 \text{ N}$$

La fuerza de resistencia del peso es la fuerza para vencer generado por la masa que está soportando el vehículo a lo largo de su trayecto, sumado su composición y su carga, lo cual le permite salir de su estado de reposo, se calcula de la siguiente forma:

$$w_x = w \cdot \text{sen}\phi \quad ( 1 )$$

$$w_x = 981.196 \text{ N} \cdot \text{sen}(0.393^\circ) = 6.739 \text{ N}$$

De esta forma, se calcularon las fuerzas que actúan en resistencia al movimiento del kart, se consideró la fuerza de cargas de remolque como 0 N, ya que el prototipo no está diseñado para remolcar cargas, de manera que la sumatoria de las fuerzas mínimas que el kart debe tener para superar el estado de reposo, es decir, las fuerzas de tracción quedan expresada como:

$$F_x = 155.350 \text{ N} + 0 \text{ N} + 12.647 \text{ N} + 11.871 \text{ N} + 6.739 \text{ N} = 186.612 \text{ N}$$

Para poder determinar la potencia del motor que se va a implementar en el kart eléctrico de la Carrera de Ingeniería automotriz, realizaremos el cálculo de la potencia que se tuvo en dicho circuito para obtener un primer lugar. Según (Aparicio et al., 1995; citados en Tacle et al., 2021: p.38), la potencia y torque es la que se obtiene en las ruedas de vehículo, es la misma que proporciona el motor, y se expresa:

$$P = F_x \cdot v \quad ( 2 )$$

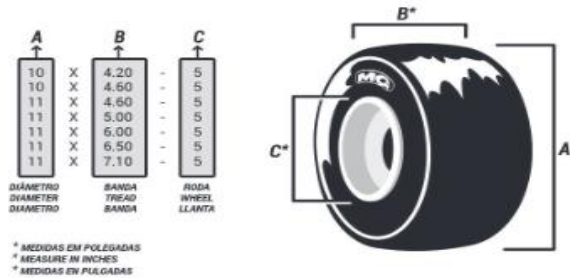
$$P = (186.612 \text{ N}) \cdot \left( 7.584 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = 1415.325 \text{ W} \text{ o } 1.897 \text{ HP}$$

$$T = F_x \cdot rd \quad ( 3 )$$

Donde  $rd$  es el radio dinámico (radio del neumático)

El radio del nominal de kart del eje trasero se considera, según (Carrión, 2019, p.42), tomando en cuenta sus dimensiones:





**Ilustración 3-14:** Dimensiones del neumático de Kart

Fuente:(Carrión, 2019)

Para calcular el radio dinámico, según (Gillespie, 1996; citado en Tacle et al. 2021), se toma como valor el 97% del radio nominal del neumático:

$$rd = r \cdot 97\% \quad (4)$$

De esta manera, dejamos especificado las dimensiones interpretadas, en el caso del kart de combustión tenemos una medida de 11x7.10-5. Con estos datos es posible calcular el torque generado en cuanto a torque del motor de combustión interna en la carrera.

$$r = 11 \text{ in} ; 0.279 \text{ m}$$

$$rd = 0.279 \text{ m} \cdot 0.97 = 0.27 \text{ m}$$

$$T = 186.612 \text{ N} \cdot 0.27 \text{ m} = 50.385 \text{ Nm}$$

#### 3.5.4. Selección del motor eléctrico

Luego del análisis de torque y potencia requeridos para tener un nivel competitivo dentro de uno de los circuitos más concurridos en el país, los parámetros técnicos principales que se tuvieron en consideración para la selección del motor eléctrico son: potencia del motor 1565.064 W y torque de 60.337 Nm. Comparando con motores eléctricos que se encuentran en el mercado, se decidió comprar un motor DIY Kit de 1500W con diferencial incluido que se asemeja con los parámetros ya establecidos.



**Ilustración 3-15:** Motor DIY Kit de 1500W

Fuente:(TDPRO99, 2023)

### 3.5.5. Selección de baterías de alta tensión

Para poder suplir a los requerimientos energéticos del motor DIY Kit, realizamos la selección de las baterías de alta tensión, las cuales puedan alimentar de manera adecuada a dicho motor. Para cumplir con el objetivo planteado, se seleccionó baterías de Níquel Metal Hidruro (NiHM), mismas que provienen de la línea de producción de baterías de tracción de alto voltaje de Toyota modelo Prius C.

Las capacidades nominales energéticas del motor eléctrico son las siguientes:

**Tabla 3-9:** Capacidades nominales del motor DIY Kit de 1500W

Capacidad energética	Valor nominal
Corriente nominal (Ah)	18-35
Tensión nominal (V)	48-72

Fuente: (TDPRO99, 2023).

Las baterías de alta tensión ya descritas se disponen en módulos con los siguientes valores nominales:

**Tabla 3-10:** Capacidades nominales del módulo de alta tensión de NiHM

Capacidad energética	Valor nominal
Corriente nominal (Ah)	6.5
Tensión nominal (V)	7.2

Fuente:(Toyota Motor Corporación, 2009, p.5).

Para el funcionamiento óptimo del motor, se buscó tener un voltaje mínimo de 48V, de manera que se pueda contar con los sistemas de este funcionamiento de manera efectiva, se plantea la siguiente propuesta para voltaje y amperaje:

**Tabla 3-11:** Valores nominales del pack de baterías seleccionado

Pack	Módulos	Disposición	Valor nominal	Unidades
2	14	serie	50.4	V
		paralelo	13	Ah

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

### 3.5.6. Mantenimiento de baterías de alta tensión

A manera de resumen, la batería previamente dimensionada está compuesta por 14 módulos, los cuales se sometieron al siguiente procedimiento de mantenimiento, debido a su estado de

inactividad, estas baterías son obtenidas del pack de baterías de un Toyota pruis, para ello se debe proceder con el desmontaje de los módulos, iniciando con la extracción de los sensores de temperatura y colectores de gases desprendidos por los módulos.



**Ilustración 3-16:** Extracción de sensores de temperatura y colector de gases

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

A continuación, utilizando los guantes dieléctricos de seguridad para trabajos de alto voltaje, se extraen las tuercas y platinas que forman los puentes de conexión en serie de los módulos. Se realizó una primera medición de los voltajes de cada módulo para evaluar las condiciones de desbalance entre los módulos que se vayan a evaluar.



**Ilustración 3-17:** Medición individual de voltaje de los módulos

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

Se realizó una descarga profunda conectada en serie el pack de baterías con la utilización de dos halógenos de 60 W.



**Ilustración 3-18:** Descarga profunda de las baterías

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

Para el proceso de balanceo consiste en colocar las celdas de la batería en paralelo, con el fin de obtener voltajes similares al cabo de 24 horas en cada una de estas. Sí al concluido este tiempo no se ha balanceado completamente el pack, se deberá aumentar su tiempo de balanceo, generalmente hasta alcanzar 48 horas.






**Ilustración 3-19:** Balanceo de los módulos

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

**Tabla 3-12:** Procedimiento de descarga profunda

<p>1. Medir y registrar los voltajes iniciales de cada celda.</p>	
---	--

<p>2. Conectar en paralelo las celdas de batería. (Tiempo de balanceo 48 horas)</p>	
<p>3. Desconectar cada una de las celdas de batería.</p>	
<p>4. Medir y registrar los voltajes balanceados de cada celda.</p>	

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023

Un primer proceso de descarga se efectúa una vez haya terminado el proceso de balanceo



**Ilustración 3-20:** Proceso de descarga de la batería

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023

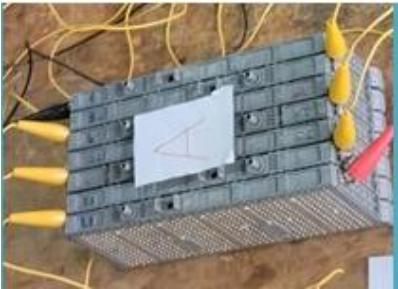



1. Conectar en paralelo las celdas de la batería.
  2. Conectar un consumidor en serie al circuito, puede ser un halógeno de 60 W o dos resistencias de cerámica de 60 W y 5  $\Omega$ .
  3. En caso de utilizar un halógeno, descargar hasta que el mismo se apague.
- Se realiza una precarga con el fin de identificar a las celdas potencialmente defectuosas. Este proceso se lo realiza en el banco de pruebas Charger Research.



**Ilustración 3-21:** Proceso de precarga de la batería



**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023

**Tabla 3-13:** Proceso de precarga de los módulos

<p>1. Armar dos bloques de 7 celdas cada uno ya que el equipo a utilizarse solo permite un máximo de 14 celdas.</p>	
<p>2. Realizar las conexiones a través de los terminales del banco hacia cada una de las celdas, ver especificaciones en el manual de usuario del equipo.</p>	
<p>3. Programar en el panel de control del banco un proceso de 30 minutos a un amperio.</p> <p>3.1. Seleccionar el máximo voltaje 9 voltios con ayuda del potenciómetro.</p>	
<p>3. Programar en el panel de control del banco un proceso de 30 minutos a un amperio.</p> <p>3.1. Seleccionar el máximo voltaje 9 voltios con ayuda del potenciómetro.</p>	
<p>4. Concluidos los 30 minutos de precarga, el voltaje en todas las celdas tendrá que mantener su voltaje nominal. esperar durante 10 minutos.</p> <p>4.1. Si el voltaje nominal no cambia dentro de los 10 minutos, la celda es aprobada en el primer procedimiento.</p> <p>4.2. Si el voltaje nominal disminuye transcurridos los 10 minutos, la celda es sospechosa y posible candidata para el cambio.</p>	

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023

**Tabla 3-14:** Procedimiento de carga a una capacidad del 30%

<p>1. Programar en el panel de control del banco, un proceso de 60 minutos a dos amperios.</p>	
<p>2. Concluidos los 60 minutos de carga, el voltaje en todas las celdas no debe pasar el voltaje máximo. 2.1. El voltaje máximo se obtiene con un incremento del 20% del voltaje nominal (7.2 V).</p>	
<p>3. La celda que supere el voltaje máximo podemos considerar sospechosa y posible candidata para el cambio.</p>	

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023

No obstante, se verifico que el mal estado de las baterías, ya que, al momento de realizar pruebas con el prototipo, el voltaje entre celdas marcaba diferencias de voltaje de más de 0.3 V entre módulos, y el pack completo perdía la capacidad de suministrar el amperaje necesario para funcionamiento, permitiendo rodar al prototipo menos de 100 m. Por este motivo, se tuvo que forzar el cambio de las baterías de alta tensión por un pack de baterías de ion litio, la cual presenta las siguientes características:

**Tabla 3-15:** Capacidades nominales de las celdas de ion-litio

Capacidad energética	Valor nominal
Corriente nominal (Ah)	2.26
Tensión nominal (V)	3.7

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023

**Tabla 3-16:** Valores nominales del pack seleccionado de Ion-litio

Módulos	Celdas	Disposición	Valor nominal	Unidades
13	7	13 módulos en serie	48.1	V
		7 celdas en paralelo	15.83	Ah

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023

Adicional, se conectó una BMS que ayudara a gestionar el funcionamiento de la batería, los cables se distribuyen en la siguiente forma, B- (cable azul) es el que se conecta al negativo de la batería, P- (cable negro) es el borne negativo, C- (cable amarillo) es el cable de carga, este conjunto de cables gestiona el terminal negativo de la batería, si existe algún desbalance o exceso de carga y descarga el BMS solo corta la línea negativa.

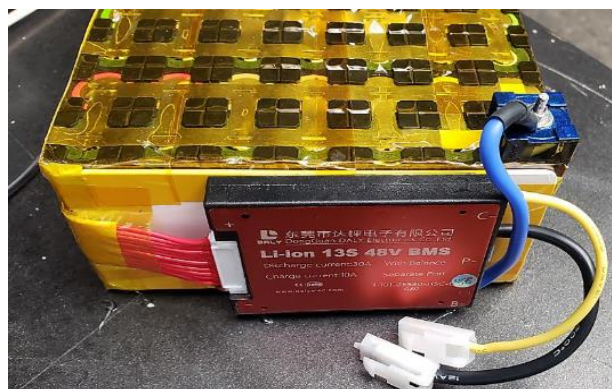


**Ilustración 3-22:** BMS BMS DALY 13S 48V 30A, separate port

Fuente:(Daly, 2023)

El muestreador de 14 hilos contiene 13 conductores rojos y 1 conductor negro. Para conectar el sistema de muestreo, usamos abrazaderas que hicimos durante la soldadura de cada módulo... Se comienza conectando el cable negro 1, yendo al terminal negativo del módulo 13S (Guanoluisa y Bustos, 2022, p.76).

La batería fue realizada a partir de pilas recicladas, realizando a un previo mantenimiento y clasificación de estado de uso, mostrando un margen aceptable para su montaje para realizar las pruebas.



**Ilustración 3-23:** Pack de baterías recicladas de Ion de litio.

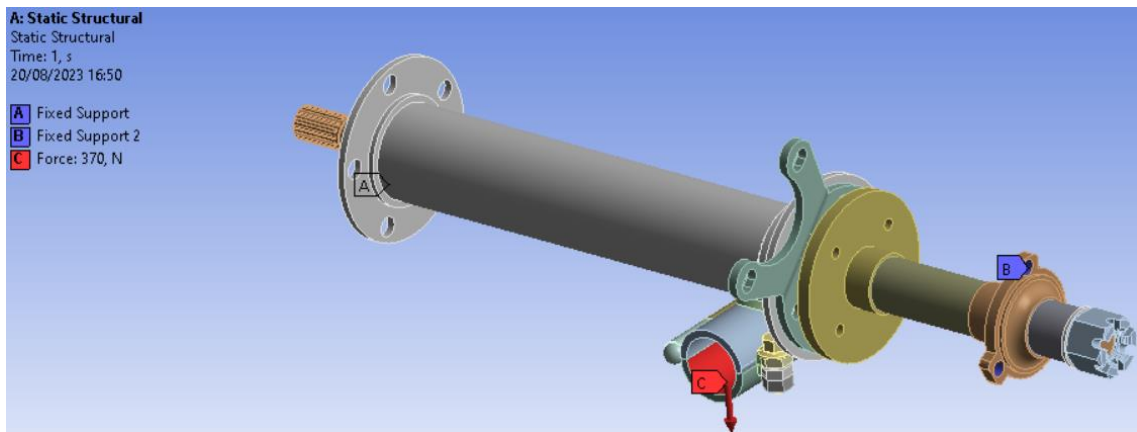
Fuente: (Guanoluisa y Bustos, 2022)





motor cuenta con dos ejes sometidos a similares condiciones, en los cuales incluye los mismos componentes, con la diferencia del cobertor y ejes de transmisión que varían sus longitudes.

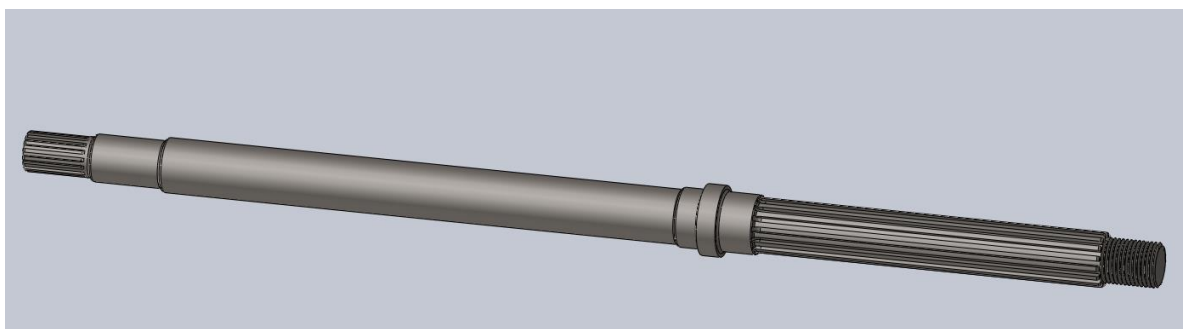
En la simulación del diseño se consideró un peso total de 150 kg en total, acorde a una sumatoria de fuerzas, esta masa se divide en los cuatro puntos de apoyo (neumáticos), por cuanto se aplicó una carga 370 N en los puntos de anclaje, así como puntos fijos en el cobertor y con respecto a los neumáticos.



**Ilustración 3-25:** Aplicación de condiciones estáticas

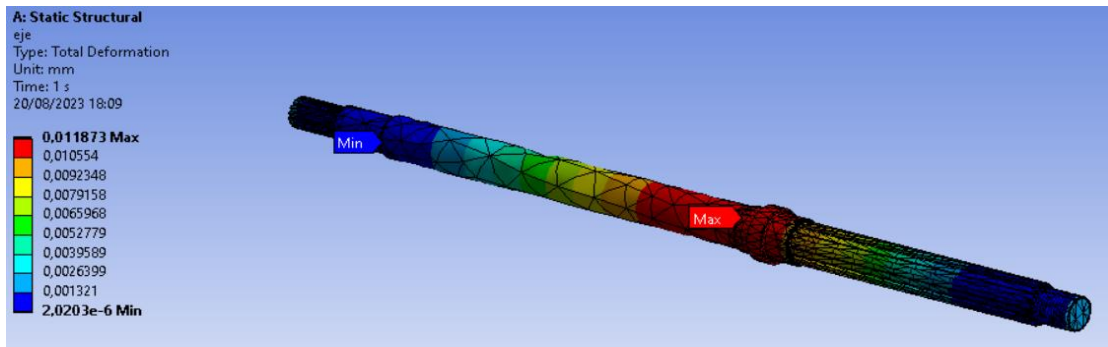
**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

Se dimensiono los ejes aplicando un material AISI 4340, ya que es un material que presenta mayor durabilidad a la tracción, lo cual ayuda a preservar la forma del estriado, dándole mayor durabilidad al diseño, transmitiendo de manera eficiente la potencia del motor a las ruedas.



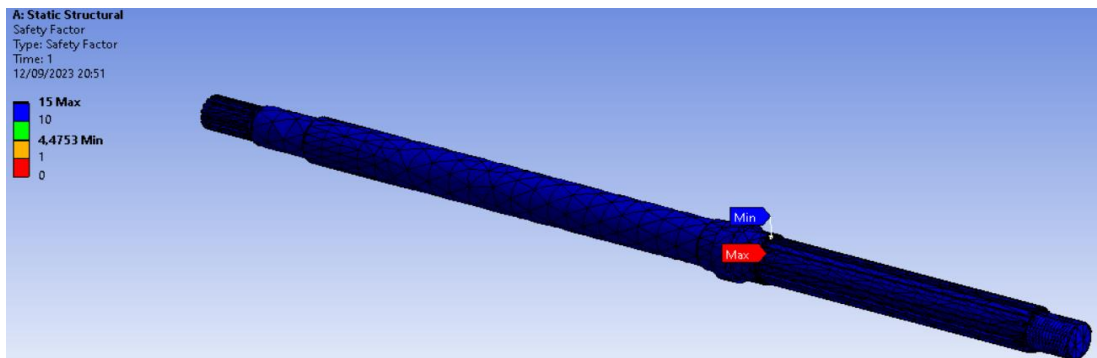
**Ilustración 3-26:** Diseño de eje de transmisión

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



**Ilustración 3-27:** Deformación del eje de transmisión.

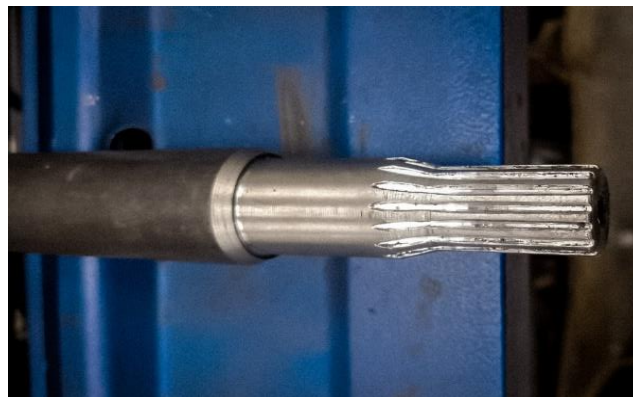
**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



**Ilustración 3-28:** Factor de seguridad del eje de transmisión.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

El eje se cortó acorde a las medidas del chasis y el ancho del diferencial con las medidas que se aprecian en el ANEXO F, de manera que encuadre con los puntos de anclaje, posteriormente mecanizando sus diámetros con la ayuda de un torno, y finalmente realizando el estriado de los mismos con una fresadora universal, y según (KARTING TECHNICAL REGULATIONS, 2023, p.35) cumpliendo así con el artículo 11.2 sobre ejes traseros, que señala que se debe cumplir un máximo de 40mm de diámetro y el artículo 11.1.1 sobre un ancho máximo de 140cm.



**Ilustración 3-29:** Eje de transmisión mecanizado

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

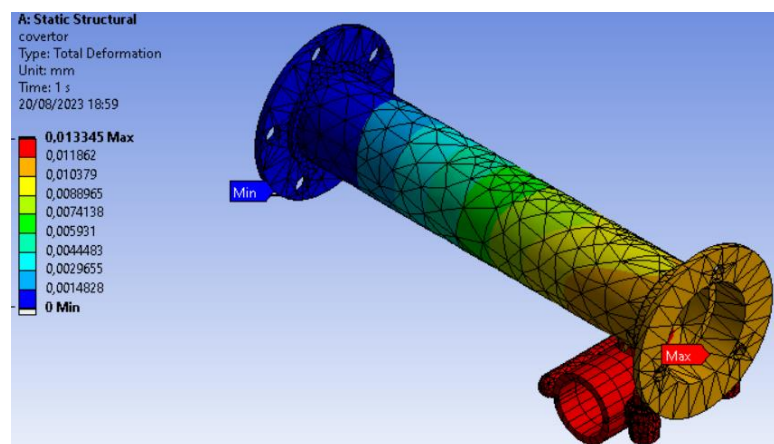
Debido a estos cambios, también se alargó las dimensiones de las fundas del diferencial acorde con las medidas mostradas en el ANEXO G, con el fin de proporcionarle un mejor soporte a los ejes, y asegurar una fluidez del mecanismo tractor, apoyándolos sobre dos rodamientos 1923 y 3225 acorde a las dimensiones proporcionadas por (Grupo SKF, 2019, p.264), en adición, se diseñó puntos de anclaje para acoplar al chasis de la carrera de Ingeniería Automotriz, dejando un modelo de abrazaderas, para su fácil montaje y evitar modificaciones invasivas en el mismo, esto acorde también al artículo 11.1.1, que nos indica que la distancia entre ejes debe ser de 106 a 127cm (KARTING TECHNICAL REGULATIONS, 2023, p.35), lo cual se logra gracias a la versatilidad de acoplamiento del diseño.



**Ilustración 3-30:** Diseño de las fundas del diferencial.

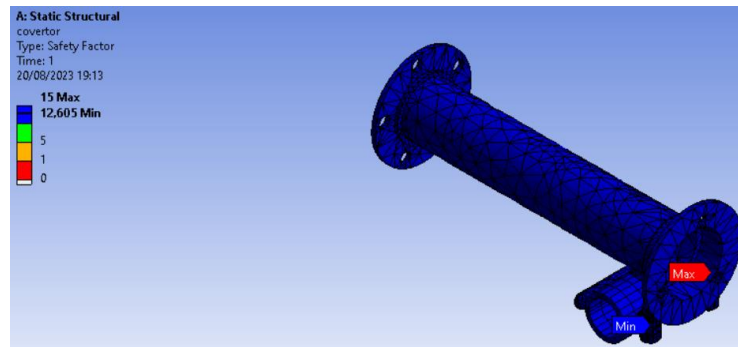
**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

El análisis de cargas refleja que los puntos de anclajes son el punto más crítico del diseño, no obstante, la deformación que presenta es mínima, reflejando el acertado diseño de abrazadera y su longitud necesaria para que el chasis no sufra ningún proceso invasivo.



**Ilustración 3-31:** Deformación del cobertor del diferencial.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023



**Ilustración 3-32:** Factor de seguridad del cobertor del diferencial

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

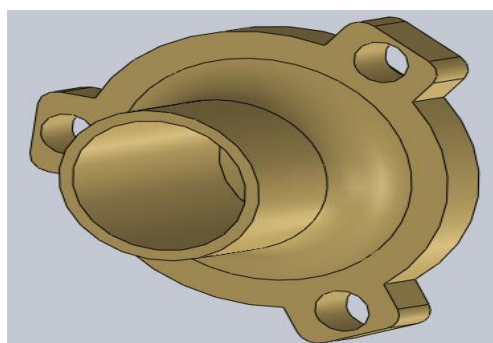
Se realizó un corte en medio de los cobertores, para extender sus longitudes, se le adicióno también las abrazaderas que será fundamental para el acoplamiento con el chasis.



**Ilustración 3-33:** Fundas de diferencial

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

Se redujo la dimensión del cubo de rueda, para que pueda encajar dentro de las dimensiones de los pernos que sujetan al rin del prototipo, de manera que el neumático se sujete de forma segura para permitir la correcta circulación del prototipo.

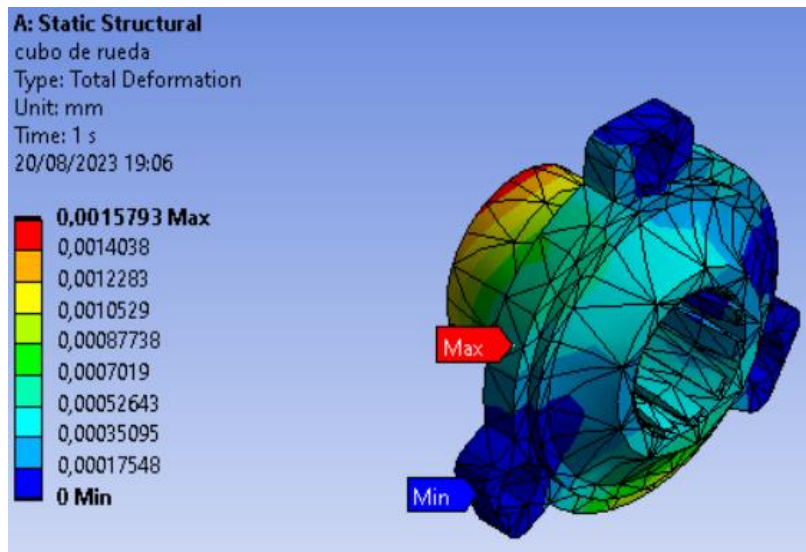


**Ilustración 3-34:** Diseño de cubo de rueda posterior

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023

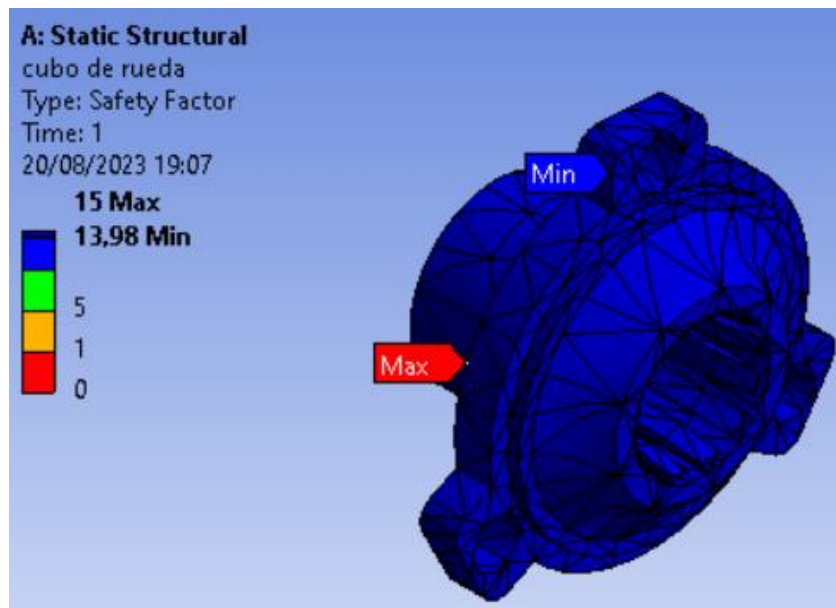
En la presente pieza, los puntos de interés a analizar son los agujeros que sostiene a las ruedas debido a que son partes sujetas al mecanizado en el que se desprenderá material debilitando la

estructura, no obstante, con el uso del software podemos apreciar que la deformación es casi nula en dichos puntos, y su factor de seguridad recalca la confiabilidad del diseño.



**Ilustración 3-35:** Deformación del cubo de rueda.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



**Ilustración 3-36:** Factor de seguridad del cubo de rueda.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

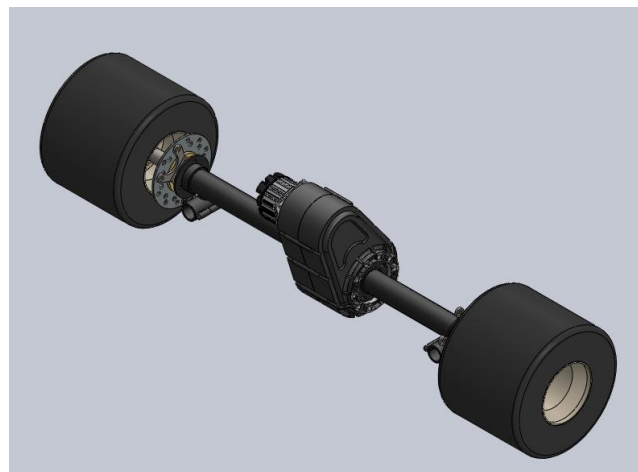
Para el mecanizado, se lo realizo en el torno, para de esta forma dejar en las puntas una forma circular, que evite inconvenientes al momento de colocarlo con el rin.



**Ilustración 3-37:** Cubo de rueda mecanizado

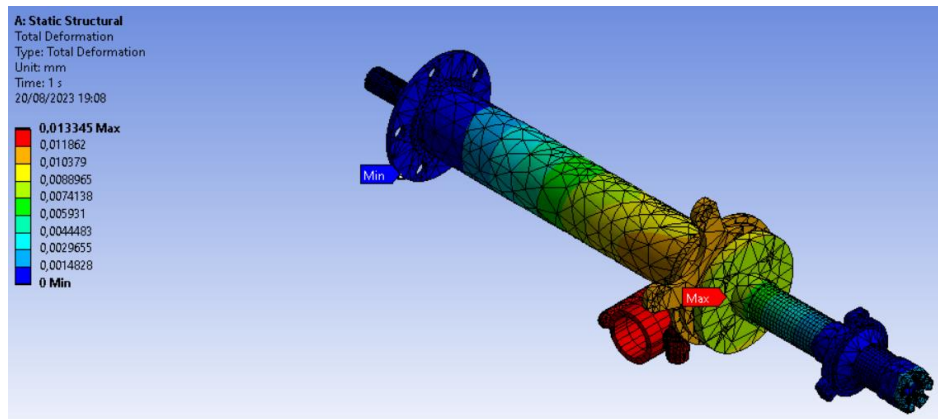
**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023

Tenemos el diseño de la tracción eléctrica completa, diseño que busca tener un rápido y sencillo montaje sobre el chasis de la Carrera de Ingeniería Automotriz, en el cual se puede apreciar la ubicación real de los puntos de anclaje y el alargamiento del mismo sistema, para el tema de análisis estáticos se aprecia en conjunto los puntos críticos en el diseño, y como afecta la carga a los componentes en contacto, así como vemos un factor de seguridad que se obtuvo de la división del límite elástico del material para el valor de esfuerzo máximo del módulo de von mises , que según (Russell, 2011, p.47) afirma que un valor de factor de seguridad mínimo para componentes de vehículos especiales debe ser de 1, demostrando la correcta selección de materiales.



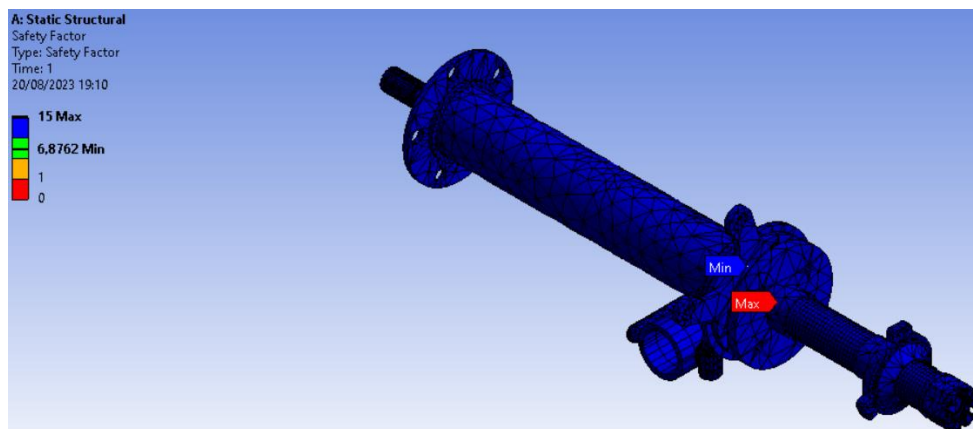
**Ilustración 3-38:** Diseño de la tracción eléctrica

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



**Ilustración 3-39:** Deformación del eje de la tracción eléctrica con sus accesorios.

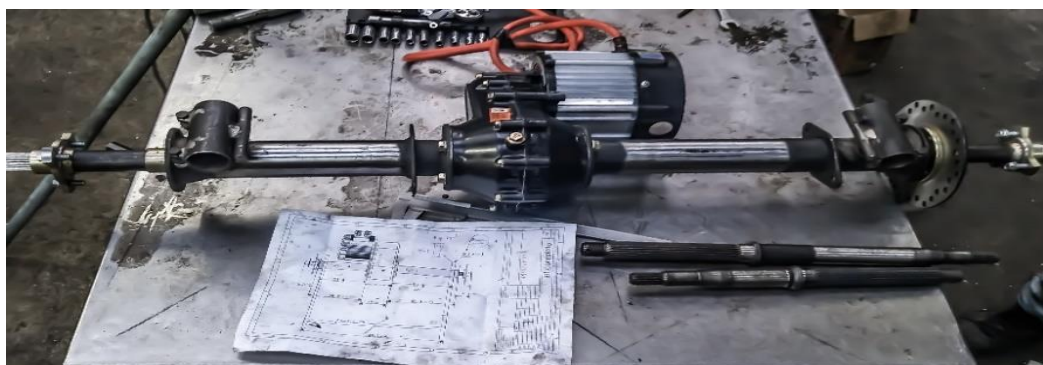
Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



**Ilustración 3-40:** Factor de seguridad del eje de la tracción eléctrica con sus accesorios.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

Una vez mecanizadas las piezas, se ensambla de manera que se verificaba las medidas y funcionamiento de los componentes, comprobando el diseño con el modelo en físico.



**Ilustración 3-41:** Acoplamiento del diferencial con las fundas y ejes de transmisión.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



### 3.5.8. Montaje de la tracción eléctrica

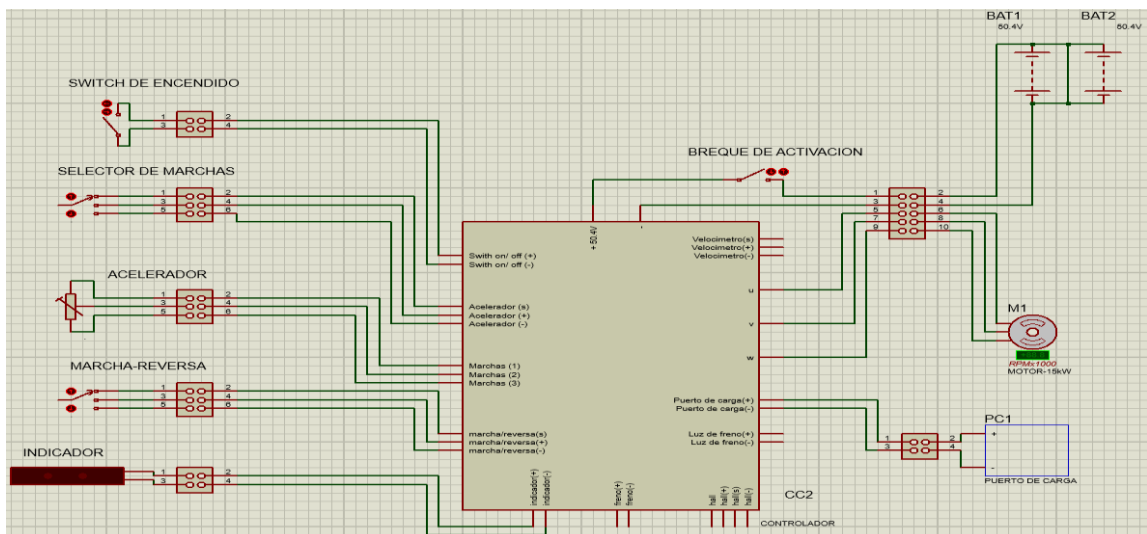
Entre los puntos más importantes de la implementación, se tuvo en cuenta los puntos de anclaje que sostendrán el diseño con el chasis de la Carrera de Ingeniería Automotriz, de manera que se montó sobre la parte trasera, dentro de las dimensiones establecidas, del mismo modo se ubicó el pack de baterías, asegurándolo para evitar deslizamientos dentro al momento de realizar las pruebas, además de cumplir con la normativa técnica y de seguridad de (Formula SAE Rules 2023, 2022, pp.88-105), entre las características más importantes se consideró acorde al artículo EV4.1.1 que el motor no debe consumir más de 80kw de energía de las baterías.



**Ilustración 3-42:** Montaje de la tracción eléctrica

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

Luego empezamos con la conexión eléctrica del motor con el controlador y los actuadores, lo cual se llevó a cabo acorde al siguiente esquema eléctrico, como se señala en el artículo EV.5.2, el cual prohíbe conexiones directas entre motor y baterías, siendo así requerido obligatoriamente el uso de controlador para el motor:



**Ilustración 3-43:** Esquema eléctrico de conexiones de la tracción eléctrica.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

Una vez conectado el mazo de cables, con el motor, controlador y actuadores, procedemos a ubicar los actuadores en el chasis, ubicando el acelerador en la parte delantera en el volante, indicador acorde establece el inciso 6.7.4, el cual señala que el indicador de voltaje debe ir ubicado en un lugar visible, se asemejo a un vehículo de fórmula uno, para poder visualizar el estado de la batería, selector de machas e interruptor de marcha/reversa en el volante, para mayor comodidad del piloto, y pueda generar el cambio de machas de forma más rápida y cómoda. Se fijó el mazo de cables sobre la estructura del chasis de manera que no se dañe con las irregularidades del suelo y que no incomode la movilidad del piloto, por debajo del asiento y apegado a la columna de dirección, evitando tensiones del cable con la maniobrabilidad del prototipo.



**Ilustración 3-44:** Ubicación del arnés, indicadores y actuadores.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

La bornera e interruptor de conexión con la batería cumpliendo con el inciso 7.4.3 que indica que se utilizan conexiones eléctricas atornilladas para el alto voltaje con el motor, dicho sea, que es una batería que cumple con el Artículo EV.4, en el inciso 4.1.2 que no excede los 600 V DC y no cuenta con freno regenerativo. Se ubicaron en la parte lateral del chasis, para su fácil desconexión en caso de emergencia, el controlador se ubicó junto al asiento acorde establece el inciso, ya que es punto central de conexión entre los componentes anteriormente descritos, cumpliendo así con el artículo EV8.8 que recalca la inclusión de un interlock, y el inciso 8.8.3 que señala que el interlock apaga el sistema y está conectado al positivo de batería.



**Ilustración 3-45:** Ubicación del controlador y elementos de seguridad.

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Una vez realizado el montaje de la tracción eléctrica en el chasis de la carrera de Ingeniería Automotriz, buscamos demostrar el funcionamiento y fiabilidad del mecanismo, de manera que se valide la selección del motor, para lo cual planteamos dos pruebas, las cuales de autonomía y la prueba de aceleración.

#### 4.1. Instrumentos

Para poder registrar datos como velocidad, distancia recorrida, altitud y demás datos de posición del prototipo y comportamiento dinámico, utilizaremos la aplicación TORQUE PRO, la cual registra datos segundos a segundo, dándonos la facilidad de analizar de forma eficiente dichos datos.



**Ilustración 4-1:** TORQUE PRO

**Fuente:**(Tutorials for PC, 2023).

El registro de datos de voltaje y de consumo de amperaje se realizó con ayuda de un multímetro Fluke 287 la cual se conectó en paralelo a los bornes positivo y negativo del acumulador para registrar los datos de voltaje y una pinza amperimétrica Changor 230 respectivamente conectada al positivo del acumulador para registrar los datos de amperaje consumido por el motor, ambas con la opción de registro de datos.



**Ilustración 4-2:** Multímetro digital Fluke 287 conectado en paralelo

**Fuente:**(Fluke 2016).



**Ilustración 4-3:** Pinza amperimétrica Changor 230 conectado al positivo de la batería

Fuente:.(Changor, 2022).

#### 4.2. Circuito utilizado para la obtención de datos

Las pruebas se realizaron en un circuito planteado dentro de las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en uno de sus estacionamientos, ya que cuenta con curvas cerradas y abiertas, que se asemeja a las condiciones de conducción de un kartodromo.

Dentro de este circuito improvisado, se estimará la velocidad máxima que será capaz de alcanzar el prototipo, así como la reacción y capacidad de aceleración en curvas, así como los consumos energéticos que demanda la tracción.

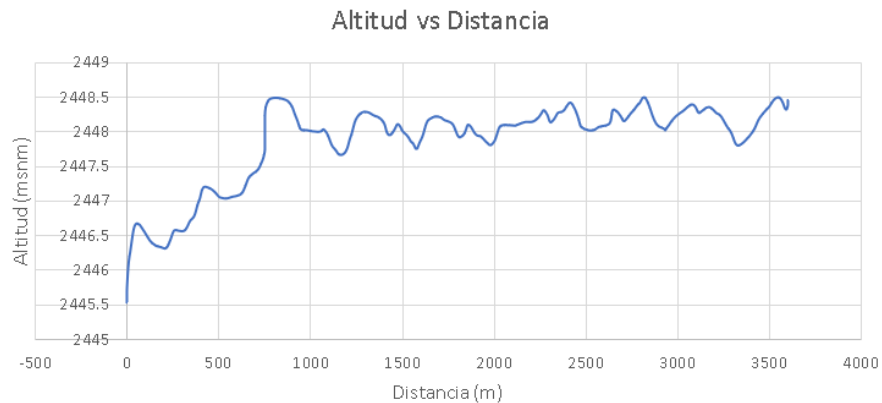


**Ilustración 4-4:** Circuito cerrado de competición

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

A través de la aplicación de TORQUE PRO, se analizó el trazado del circuito en el cual se desarrollarán las pruebas, y se determinó que se tiene una pendiente de aproximadamente 6 grados, como se puede apreciar en el grafico 1-4 la distancia recorrida retorna en altura por los mismos picos de altitud, lo cual asemeja las pendientes y bajadas de una pista de competición

reglamentaria, que a su vez nos permitirá conocer de mejor forma el funcionamiento de la tracción.



**Ilustración 4-5:** Altitud vs distancia recorrida

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

### 4.3. Prueba de aceleración

La prueba de aceleración consiste básicamente en partir del reposo el vehículo prototipo, para comprobar los valores máximos de velocidad, y el tiempo que le toma alcanzarla, con esto podemos comparar con los datos usados dentro del dimensionamiento para la selección de la tracción.

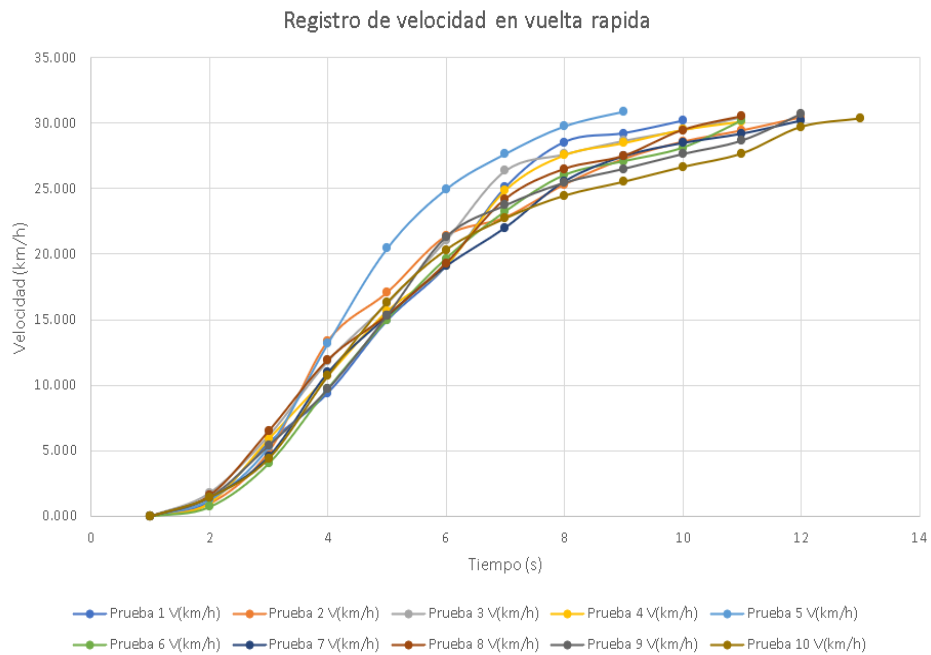
Para esta prueba se propone emular un pequeño circuito de carrera, el cual busca tener dimensiones similares a una pista, para lo cual la regularidad del terreno, curvas y distancias son fundamentales.

Para la confiabilidad de los datos, se tomaron 5 registro de datos, los cuales serán velocidad, tiempo, distancia recorrida, voltaje y consumo de amperaje, posteriormente se analizará el comportamiento en las condiciones ya establecidas.

### 4.4. Análisis de resultados

#### 4.4.1. Análisis de pruebas de aceleración

A partir de los datos obtenidos con la aplicación de TORQUE PRO, se realiza el análisis de los datos de velocidad y tiempos obtenidos en el circuito, reflejándose así en el gráfico -4, donde se indica las velocidades máximas alcanzadas con sus respectivos tiempos, de las 10 pruebas registradas en el prototipo.



**Ilustración 4-6:** Registros de velocidades.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

En la tabla 1-4 tenemos los tiempos en que el prototipo alcanza la velocidad máxima en las pruebas realizadas, de estos registros se determinaron ciertas características provenientes de un análisis estadístico que definen las muestras tomadas, tales como promedio de tiempo en alcanzar la velocidad máxima, desviación estándar e intervalo de confianza.

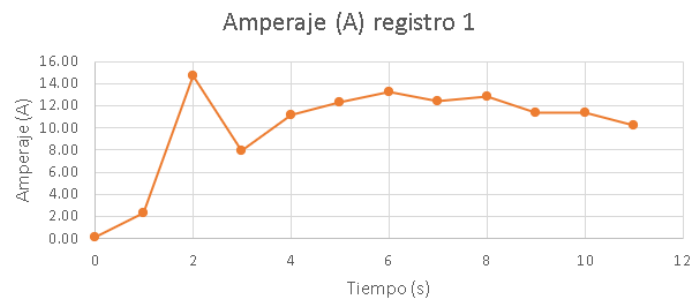
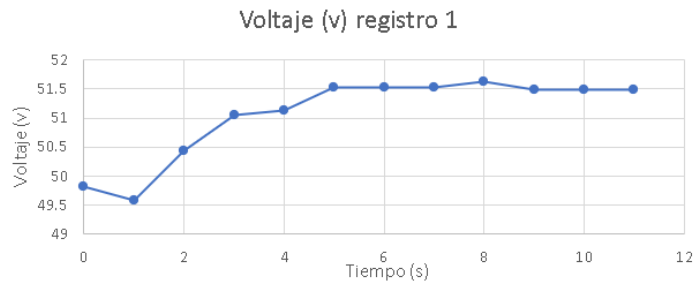
**Tabla 4-1:** Tiempo de alcance de velocidad máxima en una vuelta

Registros	Tiempo en alcanzar la velocidad máxima (s)
1	10
2	12
3	11
4	11
5	9
6	11
7	12
8	11
9	12
10	13
<b>Promedio</b>	11.2
<b>Desviación estándar</b>	1.135
<b>Intervalo de confianza</b>	0.591

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

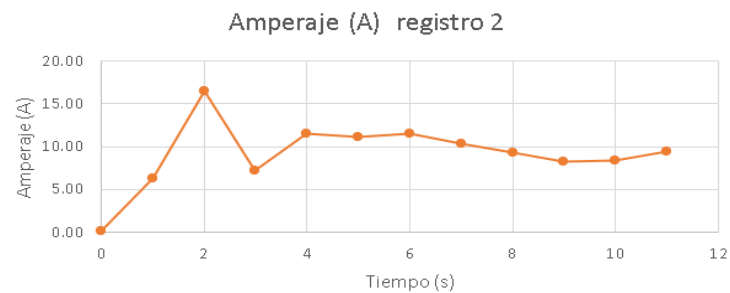
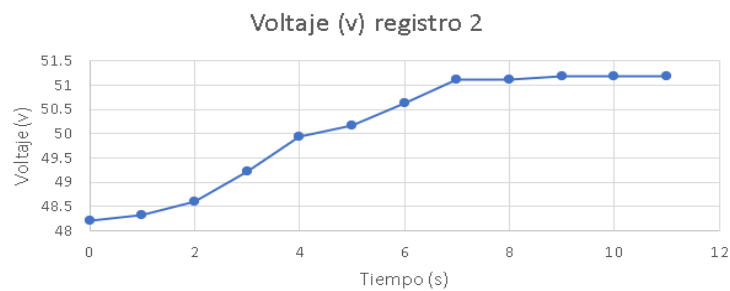
Los resultados de este análisis estadístico del registro de pruebas de velocidad del prototipo, obtiene su velocidad máxima de 30 km/h en  $11.2s \pm 0.591s$ .

De los datos registrados con la pinza amperimétrica, se analiza el comportamiento del consumo de amperaje durante las pruebas de aceleración, lo cual se aprecia en las siguientes graficas de voltaje y amperaje vs tiempo.



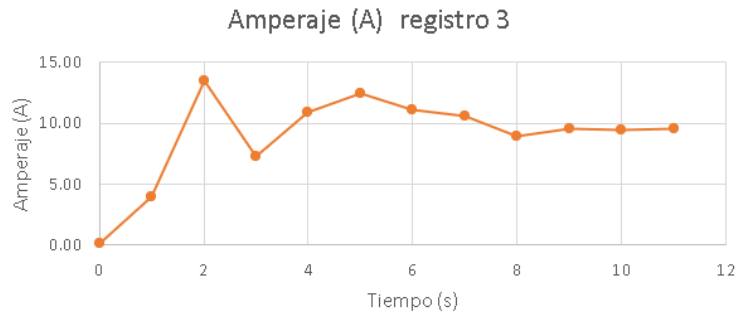
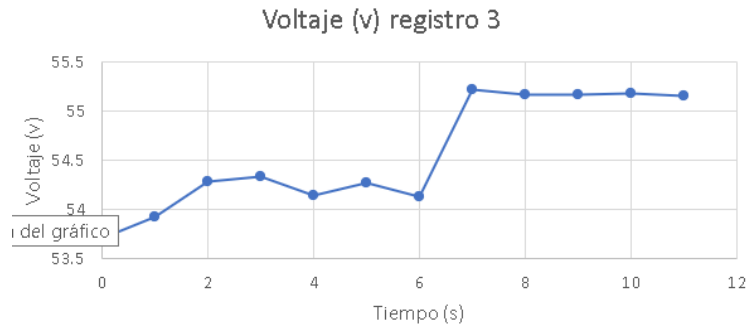
**Ilustración 4-7:** Registro 1 de voltaje y amperaje.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



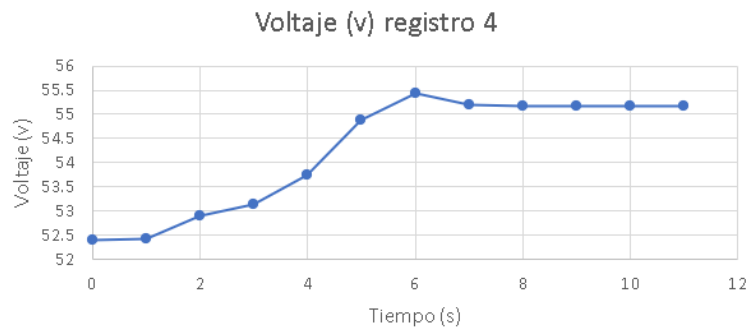
**Ilustración 4-8:** Registro 2 de voltaje y amperaje.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



**Ilustración 4-9:** Registro 3 de voltaje y amperaje

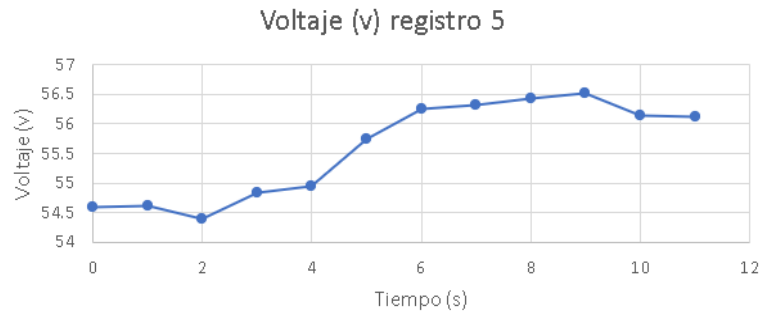
**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



**Ilustración 4-10:** Registro 4 de voltaje y amperaje.

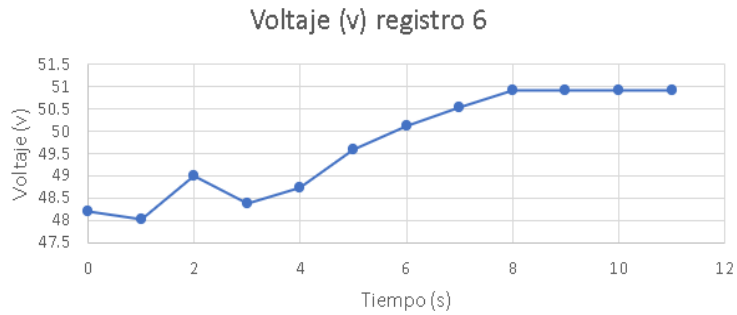
**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.





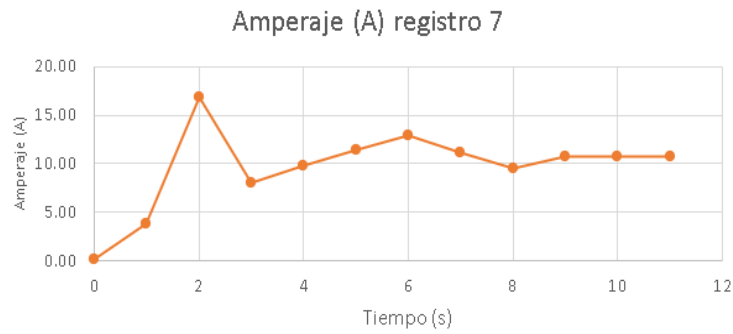
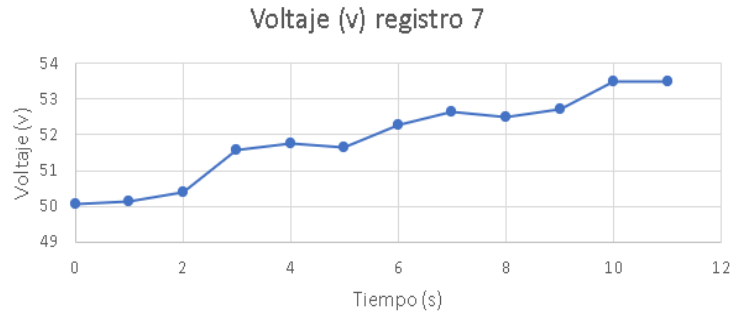
**Ilustración 4-11:** Registro 5 de voltaje y amperaje.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



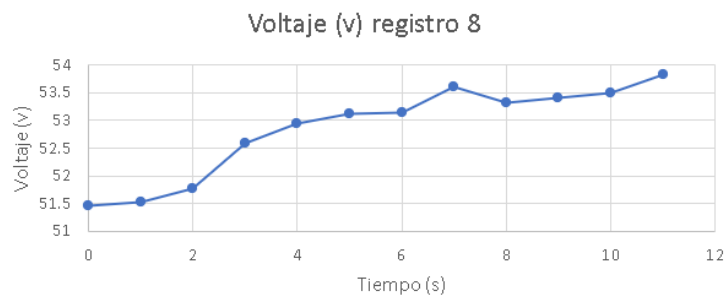
**Ilustración 4-12:** Registro de voltaje y amperaje.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



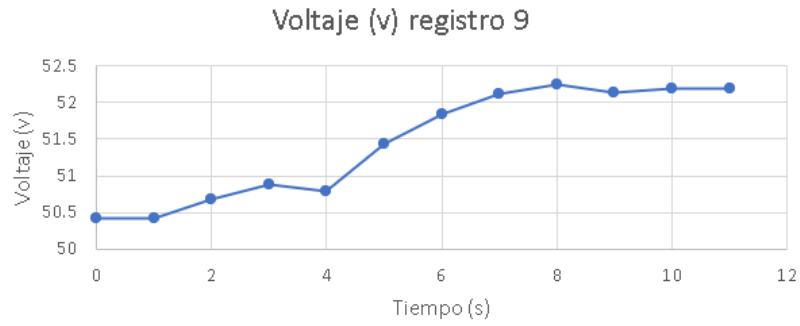
**Ilustración 4-13:** Registro 7 de voltaje y amperaje.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



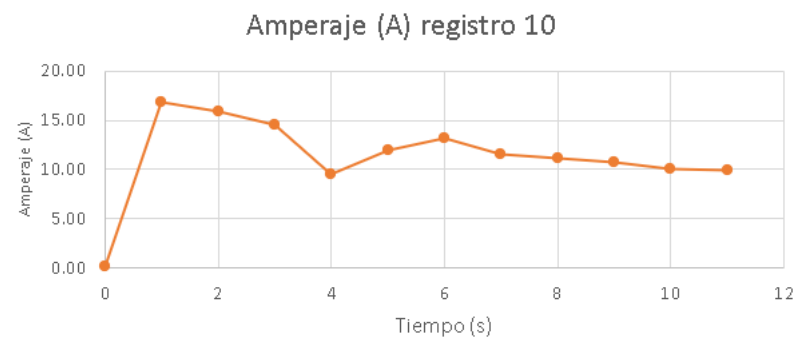
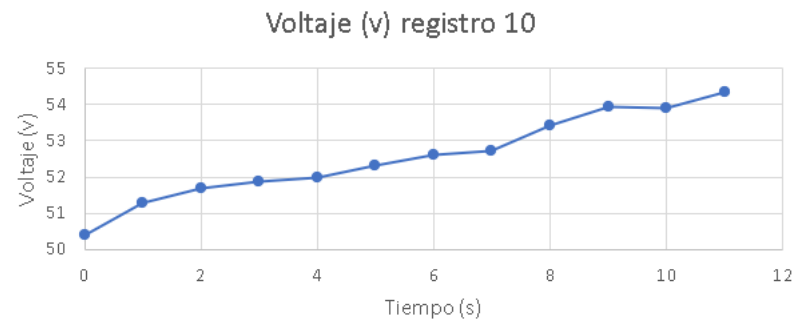
**Ilustración 4-14:** Registro 8 de voltaje y amperaje.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



**Ilustración 4-15:** Registro 9 de voltaje y amperaje.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.



**Ilustración 4-16:** Registro 10 de voltaje y amperaje.

**Realizado por:** Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

Como podemos apreciar del gráfico 3-4 al gráfico 8-4, apreciamos picos de consumo de corriente al inicio de la medición, eso se debe a que, en el arranque, el motor se somete a una carga más elevada para poder desplazar el peso total de prototipo y el piloto, lo cual demanda un consumo energético mayor ante la resistencia que opone el peso, en cuanto al voltaje se observa un aumento conforme al uso. Del gráfico 5-4 al gráfico 12-4 se observa que se tiene un consumo de amperaje más progresivo, esto se debe a que la aceleración es menos brusca, la cual va aumentando su velocidad progresivamente y reduciendo el consumo de golpe.

#### 4.5. Especificaciones técnicas

##### 4.5.1. Especificación técnica del motor

**Tabla 4-2:** Especificación técnica del motor

Motor	
Tipo de motor	Brushless
Potencia máxima (KW)	1.5
Torque (Nm)	2.62
Tensión (V)	48-72
Rango de consumo de amperaje (A)	18-35

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

##### 4.5.2. Especificación técnica de la batería

**Tabla 4-3:** Especificación técnica de la batería

Batería	
Tipo	Ion-litio
Configuración	13S7P
Tensión nominal (V)	48.1
Numero de módulos	91
Capacidad (Ah)	15.83
Potencia (KWh)	0.761

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

##### 4.5.3. Especificación técnica del diferencial

**Tabla 4-4:** Especificación técnica del diferencial

Diferencial	
Relación de transmisión	9.5:1
RPM de salida a la rueda	505.62

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

#### 4.5.4. Especificación técnica del chasis

**Tabla 4-5:** Especificación técnica del chasis

<b>Chasis</b>	
<b>Largo (m)</b>	1.53
<b>Ancho (m)</b>	1.06
<b>Alto (m)</b>	0.72
<b>Coefficiente aerodinámico</b>	0.8
<b>Dirección</b>	Mecánica
<b>Frenos</b>	Posteriores (Discos ventilados)

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

#### 4.5.5. Especificación técnica del performance

**Tabla 4-6:** Especificación técnica del performance

<b>Performance</b>	
<b>Tiempo de 0 a 30 km/h (s)</b>	11.2

Realizado por: Cortez, A; Toapanta, D. 2023.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Se realizó una revisión bibliográfica haciendo uso de bases de datos de tipo científico, la cual facilitó la comprensión a través de la fundamentación teórica sobre el sistema de tracción eléctrico.

Se analizó los requerimientos mínimos en cuanto a voltaje y amperaje de los componentes eléctricos, se realizaron análisis estáticos de los componentes mecánicos en el software CAD-CAE ANSYS, dando como resultado deformaciones de menos de 1 mm y un valor de factor de seguridad mínimo de 6.78 para su validación y construcción acorde a las dimensiones del chasis de la Carrera de Ingeniería Automotriz para su posterior ubicación y montaje en el prototipo.

Se implementó el sistema de tracción eléctrico con todos sus accesorios y actuadores, ubicados de manera que permiten una conducción cómoda y maniobrable para el piloto, además de brindar una eficiencia en el uso de cada uno de los elementos y protección tanto para el piloto como el prototipo.

Se evaluó pruebas de funcionamiento con respecto a aceleración del prototipo, lo que determinó que se tiene una velocidad máxima promedio de 30 km/h alcanzados en un promedio de 11.2s. Se demostró el correcto acoplamiento y montaje de los elementos eléctricos tanto como mecánicos.

## **5.2. Recomendaciones**

Para el desarrollo de proyectos haciendo uso de tecnologías eléctricas en automovilismo que son las tendencias mundiales actuales, se tiene el inconveniente de escasez de componentes en el mercado local, por lo que se recomienda una prudente planificación en cuanto a tiempo a costos y tiempos de adquisición de los componentes necesarios en mercados desarrollados extranjeros, como el asiático o norteamericano.

Realizar evaluaciones de futuros prototipos planteados, para de esta manera poder medir el desempeño de estos, y de esta forma poder cuantificar con datos el progreso que se logra en base a parámetros fundamentales como torque, potencia y autonomía.

Analizar la factibilidad de la implementación de un sistema de freno regenerativo, lo cual podría agregar autonomía importante en un circuito de carreras, lo cual puede significar una ventaja sustancial sobre otros prototipos.

Buscar la implementación de baterías a plenitud de condiciones energéticas, debido que, en el caso del presente trabajo, el reciclaje de baterías conlleva a problemas en el funcionamiento y retraso. Se recomienda utilizar baterías con mayor densidad energética, de manera que el motor pueda estar en pleno funcionamiento.

Incluir un sistema de control de baterías (BMS), que ayude a preservar el estado de las baterías, especialmente si se implementa baterías de Ion de litio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ACELCOM CIA LTDA, Santiago Zúñiga.**, “Sería nefasto que nos quiten el Kartódromo Dos Hemisferios” - Acelerando. *Futuro comunicación 2019* [en línea]. Recuperado a partir de: <https://acelerando.com.ec/santiago-zuniga-seria-nefasto-que-nos-quiten-el-kartodromo-dos-hemisferios/> [consultado 18 junio 2023].
2. **ÁLVAREZ COELLO, Gustavo Andrés, ARIAS ROJAS, Alfredo Israel & SERRANO GUEVARA, Oscar Sebastián,** *Evaluación de la bicicleta eléctrica para entrega de documentos y paquetería liviana en la ciudad de Cuenca* [en línea]. Cuenca: Universidad del Azuay. Recuperado a partir de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7294> [consultado 12 noviembre 2023].
3. **ÁLVAREZ-RISCO, Aldo,** Clasificación de las investigaciones. *Repositorio Institucional - Última* [en línea]. p. 4. Recuperado a partir de: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818> [consultado 29 mayo 2023].
4. **CARRIÓN, Marco,** *Diseño y construcción de Go-kart para personas con discapacidad física en sus extremidades inferiores.* . Quito: Escuela Politécnica Nacional.
5. **CASE, Dean,** *FSAE History* [en línea]. Recuperado a partir de: <https://www.fsaonline.com/page.aspx?pageid=c4c5195a-60c0-46aa-acbf-2958ef545b72> [consultado 14 agosto 2023].
6. **CHANGOR,** Pinza Amperimétrica Digital LCD, Función de Almacenamiento de Datos Probador de Resistencia Resistente Al Desgaste Menos Interferencia 0.01-200Ω Protección de Aislamiento para de Puesta a: Amazon.es: Bricolaje y herramientas. [en línea]. 10 marzo 2022. Recuperado a partir de: <https://www.amazon.es/Amperim%C3%A9trica-Almacenamiento-Resistencia-Interferencia-Aislamiento/dp/B09V8BCMSL> [consultado 2 agosto 2023].
7. **DALY,** Smart PCB BMS 13s 15A Battery Management System for 48V Li-ion Battery Separate Port BMS - China Battery and Battery BMS. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de: <https://dalyelec.en.made-in-china.com/product/HyGnNFZDMvcg/China-Smart-PCB-BMS-13s-15A-Battery-Management-System-for-48V-Li-ion-Battery-Separate-Port-BMS.html> [consultado 20 agosto 2023].



8. **DÍEZ, Patricia**, *Principios básicos del vehículo eléctrico*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
9. **EYSSAUTIER DE LA MORA, Maurice**, *Metodología y técnicas de investigación en ciencias aplicadas*. Primera. Ciudad de México: Editorial Trillas. ISBN 978-607-17-2644-5.
10. **FLUKE**, Fluke 287 True-RMS Electronics Logging Multimeter Fluke. [en línea]. 2016. Recuperado a partir de: <https://www.fluke.com/en-us/product/electrical-testing/digital-multimeters/fluke-287> [consultado 2 agosto 2023].
11. **FORMULA SAE RULES 2023**, Recuperado a partir de: <https://fsaeonline.com/cdsweb/gen/DocumentResources.aspx> [consultado 12 noviembre 2023].
12. **FRÍAS, Pablo & ROMÁN, Jaime**, Vehículo Eléctrico: situación actual y perspectivas futuras. *Economía industrial*, ISSN 0422-2784, N° 411, 2019 (*Ejemplar dedicado a: Vehículo eléctrico*), p. 11-20 [en línea]. Número 411, pp. 11–20. Recuperado a partir de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6932909&info=resumen&idioma=ENG>
13. **GILLESPIE, Thomas D.**, *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale, PA: SAE International. ISBN 978-1-56091-199-9.
14. **GÓMEZ, Nelson**, *Física general*. Primera. Universidad Abierta para Adultos (UAPA). ISBN 9789945580877.
15. **GOOGLE ESPAÑA**, Google Earth. [en línea]. 2022. Recuperado a partir de: <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html> [consultado 10 noviembre 2023].
16. **GUANOLUISA PASTUÑA, Edwin Marcelo & BUSTOS APOLO, Fredy Gonzalo**, *Implementación de un pack de baterías recicladas de ion-litio en una motoneta eléctrica de la carrera de Ingeniería Automotriz* [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado a partir de: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/17135>
17. **JIMÉNEZ, Bernabé**, *Técnicas básicas de electricidad de vehículo*. Primera. Málaga: IC Editorial. ISBN 978-84-17026-04-2.

18. **LOPEZ, José María**, *Vehículos híbridos y eléctricos: diseño del tren propulsor* [en línea]. Madrid: Dextra Editorial. ISBN 9788416277438. Recuperado a partir de: <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/131530>.
19. **MARTÍNEZ, Hector**, *Metodología de la investigación*. Cengage Learning. ISBN 978-607-481-766-9.
20. **RUSSELL, Hibbeler**, *Mecánica de materiales*. Octava. México: Pearson Educación de México.
21. **SCHNEIDER, Adam**, GPS Visualizer. *GPS Visualizer: Do-It-Yourself Mapping* [en línea]. agosto 2019. Recuperado a partir de: <https://www.gpsvisualizer.com/>
22. **TACLE, Diego et al.**, Selección del motor y diseño de la relación de transmisión para un karting para competición interuniversitaria basado en análisis de dinámica de vehículos. [en línea]. Vol. 2. Recuperado a partir de: <http://revistatech.istcarloscisneros.edu.ec/index.php/tech/article/view/11/33>
23. **TDPRO99**, Diferencial de eje trasero Go Kart de 30" 48V 1000W motor eléctrico sin escobillas kit hágalo usted mismo eBay. [en línea]. 7 junio 2023. Recuperado a partir de: [https://www.ebay.com/itm/285066696907?\\_ul=EC](https://www.ebay.com/itm/285066696907?_ul=EC)
24. **TEODORO, Nicomedes & NIETO, Esteban**, Tipos de Investigación. *Universidad Santo Domingo de Guzmán* [en línea]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>
25. **THE MATHWORKS, Inc**, Suavizado de datos y detección de valores atípicos. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de: [https://es.mathworks.com/help/matlab/data\\_analysis/data-smoothing-and-outlier-detection.html](https://es.mathworks.com/help/matlab/data_analysis/data-smoothing-and-outlier-detection.html)
26. **TOYOTA MOTOR CORPORATION**, *Híbrido Modelo del año 2010 3ra generación* [en línea]. Recuperado a partir de: <http://techinfo.toyota.com>.
27. **TRASHORRAS, Jesús**, *Vehículos eléctricos* [en línea]. Madrid Paraninfo. ISBN 978-84-283-4303-9. Recuperado a partir de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=FMqwDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=>

vehiculos+electricos&ots=sI9FADw62T&sig=TNeUb2S4iyQ5\_HiResZ8zhPJEFM#v=one  
page&q&f=false

- 28. TUTORIALS FOR PC**, Download Torque Pro For Windows 10, 8, 7 and Mac. [en línea].  
2023. Recuperado a partir de: [https://tutorialsforpc.com/torque-pro-for-windows-10-8-7-  
and-mac/](https://tutorialsforpc.com/torque-pro-for-windows-10-8-7-and-mac/)

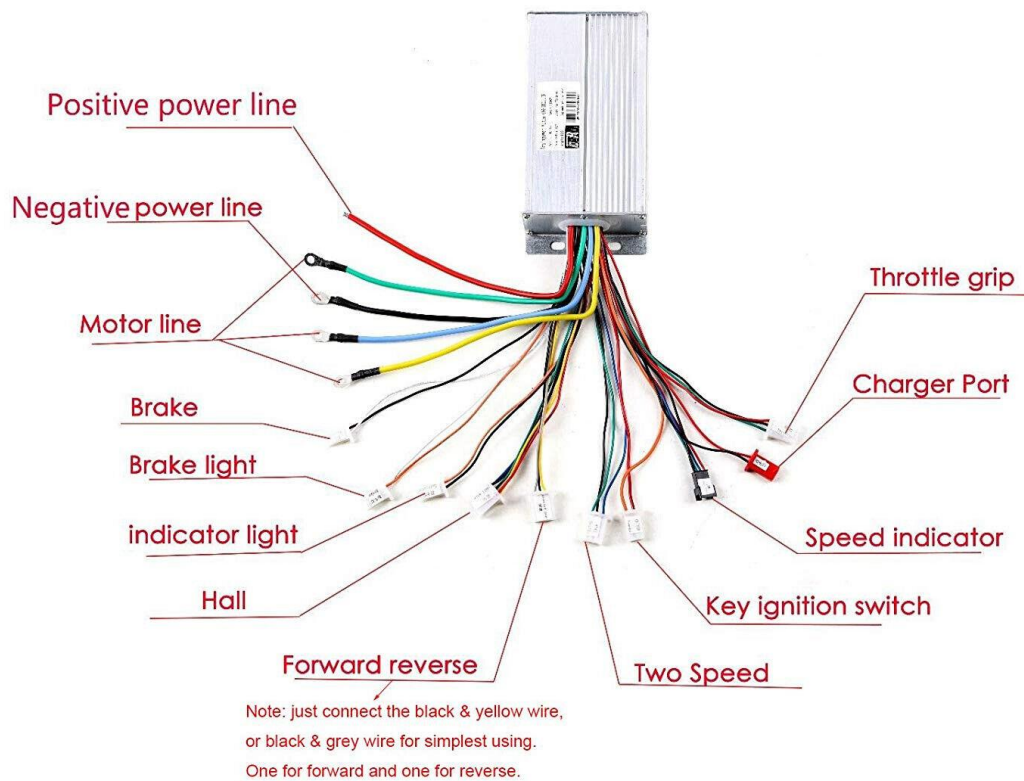


## ANEXOS

### ANEXO A: FICHA TÉCNICA DEL MOTOR

强磁无刷直流电机			
规格型号	cs系列	额定功率	1000W
额定转速	4800r/min	额定电流	18-35A
额定电压	48-72V	工作制	S1
防护等级	IP54	绝缘等级	B
生产日期、电压、功率：见钢印号			

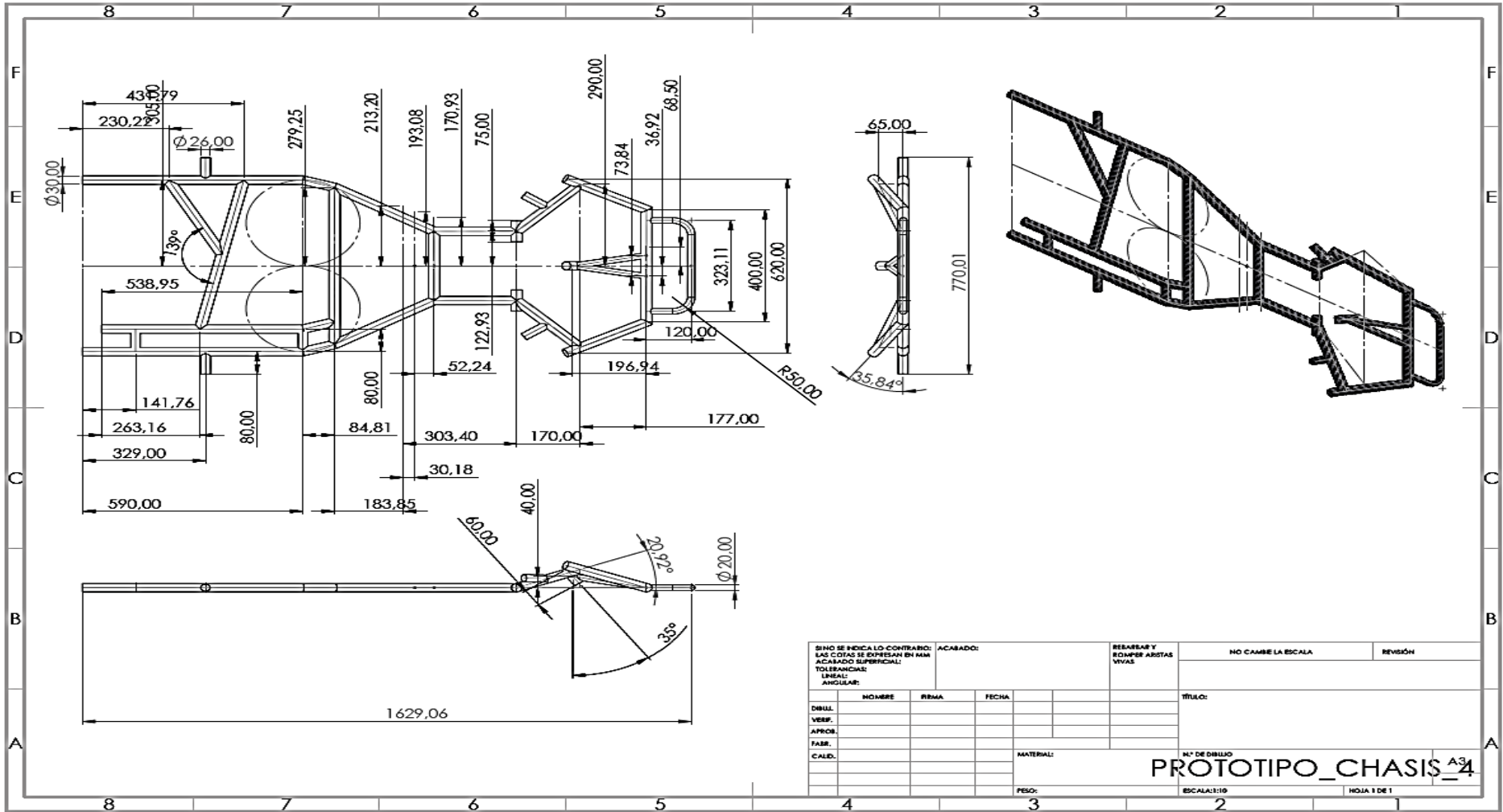
### ANEXO B: CONEXIONES DEL CONTROLADOR



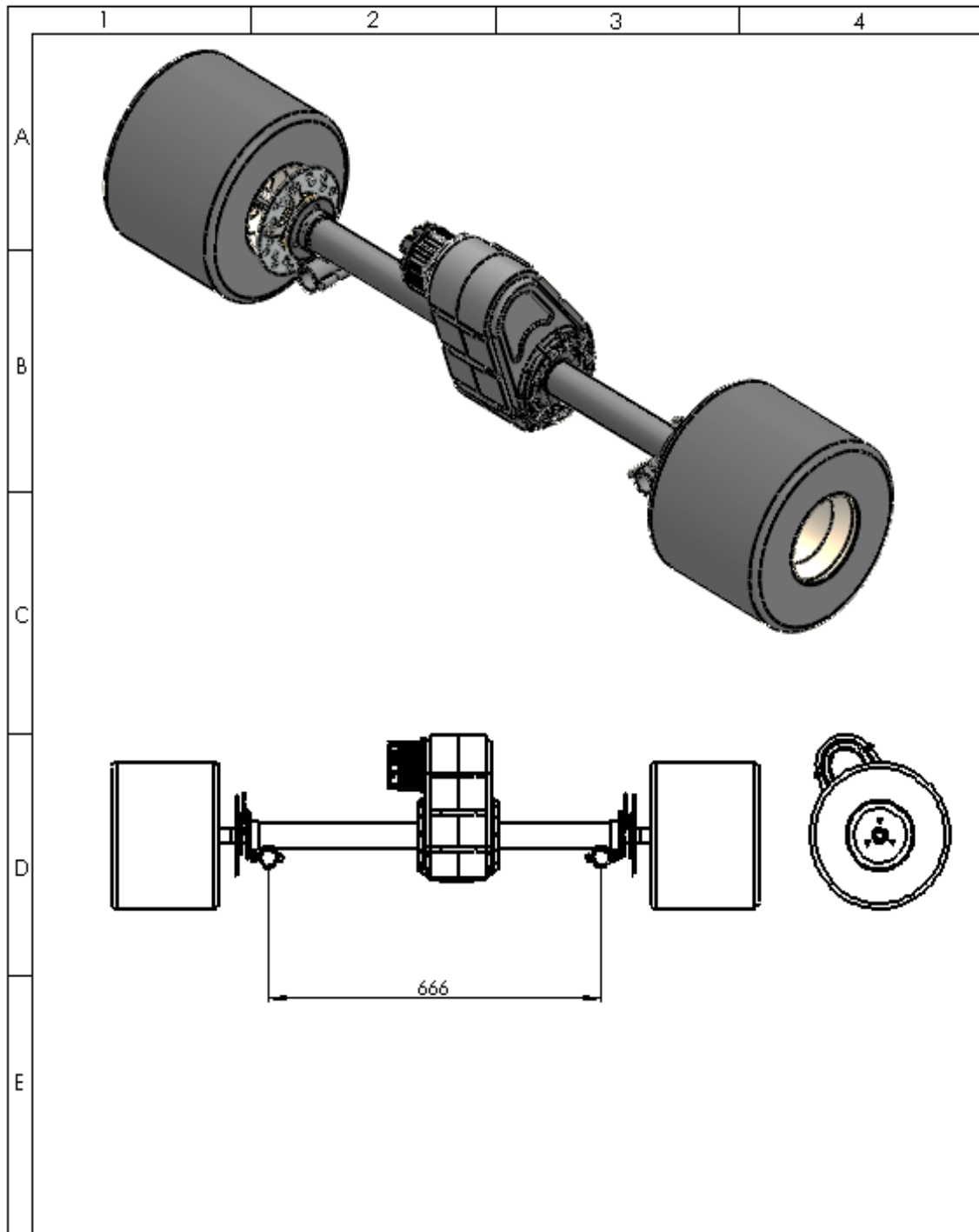
## ANEXO C: PROTOTIPO ENSAMBLADO



# ANEXO D: CHASIS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

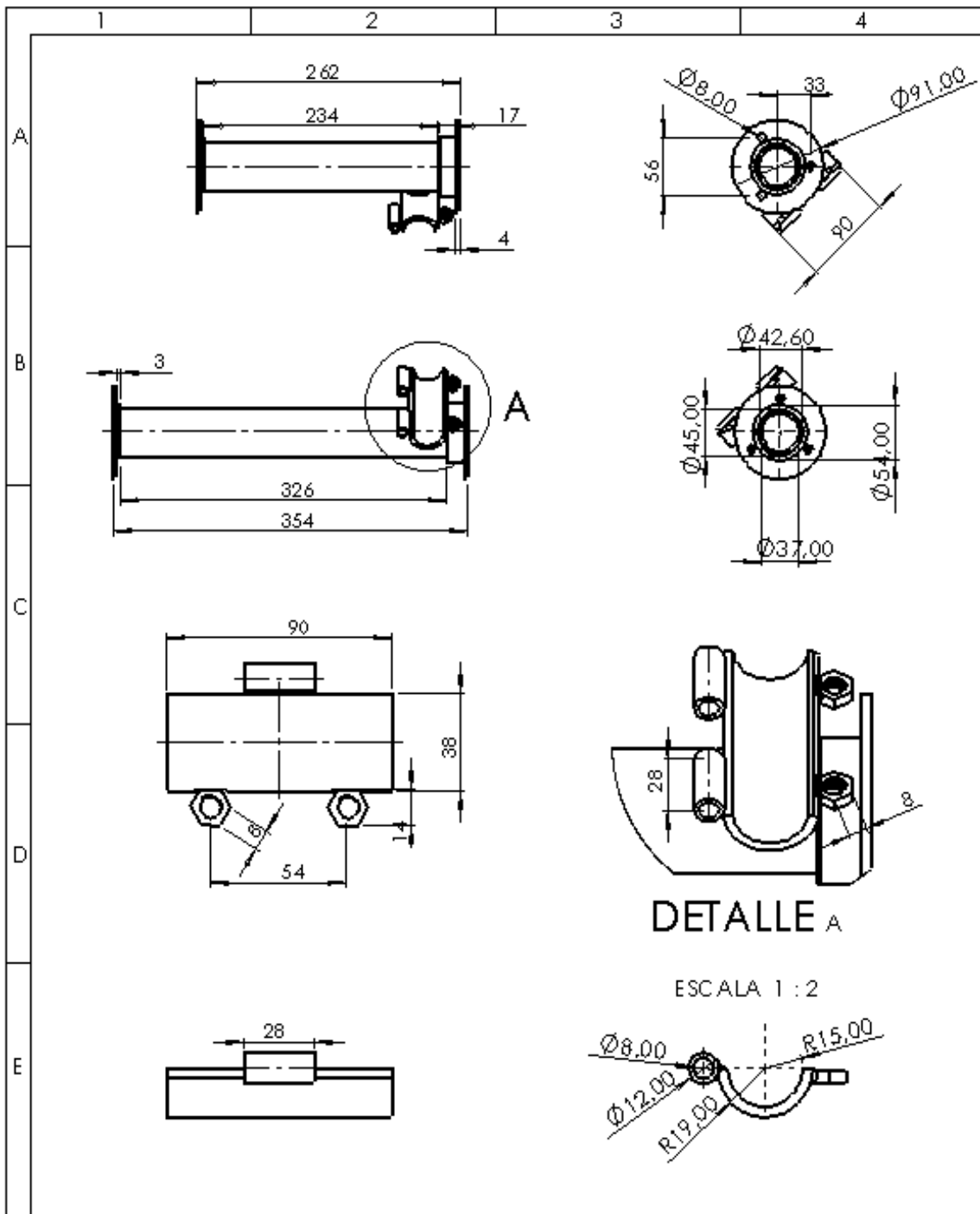


**ANEXO E: PLANO DESUBICACIÓN DE PUNTOS DE ANCLAJE**



Nº. Lámina: 1 de 3		Nº. Hojas: 3		Sustitución:		Codificación: FM-C IA-DAC-001-2023		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ			
Email: Teléfonos:						Denominación:					
Datos		Nombre	Firma	Fecha		<b>Hojal</b>		±0.3 [mm]	1:1		
Proyectó		A. Cortez		20/06/23							
Dibujó		A. Cortez		29/07/23		Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE IA S Y JT. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA. CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Revisó		Ing. C. Pabilla		24/08/23		Acero					
Aprobó		Ing. L. Buenoño		24/08/23		Nombre de archivo: EreanblajeDAC.sldprt					

ANEXO F: PLANOS DE PUNTOS DE ANCLAJE



Nº. Lámina: 2 de 3	Nº. Hojas: 3	Sustitución:	Codificación: EM-CIA-DAC-001-2019	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ			
Email: Teléfonos:			Denominación:	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha	80	±0.3 [mm]	1:1	
Proyecto	A. Cortez		20/06/23	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE LAS Y JT CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PERINADAPER LA LBY			
Dibujó	A. Cortez		29/07/23				
Revisó	Ing. C. Padilla		24/08/23				
Aprobó	Ing. L. Buenaño		24/08/23				
			Material:				
			Acero				
			Nombre de archivo:				
			Ensamblaje.DAC.s.kprt				







**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 31 / 01 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> ALFONSO JAVIER CORTEZ OJEDA DARWIN GEOVANNY TOAPANTA NINASUNTA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> MECÁNICA
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
<b>Título a optar:</b> INGENIERO AUTOMOTRIZ
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.

0054-DBRA-UPT-2024