



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DEL FRENO REGENERATIVO EN UN
VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN RUTAS
ESPECÍFICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico Automotriz

AUTORES: HENRY XAVIER QUIMBIAMBA LANCHIMBA

VÍCTOR ALFREDO VELE NIEVES

TUTOR: ING. JUAN DIEGO VALLADOLID QUITOISACA, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Henry Xavier Quimbiamba Lanchimba con documento de identificación N° 1718596362 y Víctor Alfredo Vele Nieves con documento de identidad N° 0107650103; manifestamos que:

Somos autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o multiplicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Cuenca, 27 de febrero del 2023

Atentamente,



Henry Xavier Quimbiamba Lanchimba.
1718596362



Víctor Alfredo Vele Nieves
0107650103

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Henry Xavier Quimbiamba Lanchimba con documento de identificación N° 1718596362 y Víctor Alfredo Vele Nieves con documento de identidad N° 0107650103, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis de comportamiento del freno regenerativo en un vehículo eléctrico mediante la adquisición de datos en rutas específicas de la ciudad de Cuenca”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer los derechos cedidos anteriormente.

En la concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de febrero del 2023

Atentamente,



Henry Xavier Quimbiamba Lanchimba.

1718596362



Víctor Alfredo Vele Nieves

0107650103

CERTIFICACION DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Diego Valladolid Quitoisaca con documento de identificación N° 0104821510, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DEL FRENO REGENERATIVO EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN RUTAS ESPECÍFICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por Henry Xavier Quimbiamba Lanchimba con documento de identificación N° 1718596362 y por Víctor Alfredo Vele Nieves con documento de identificación N° 0107650103, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 febrero del 2023.

Atentamente,



Ing. Juan Diego Valladolid Quitoisaca, MSc.

0104821510

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco mi voluntad y actitud para contribuir en mí, en mi crecimiento de conocimiento y formación personal, no solo con culminación de mi carrera universitaria sino también con una etapa que fue determinante y de gran importancia, que marco mi vida y que quedara perenne en mi memoria. También agradezco el gran apoyo y la perseverancia de mis padres y hermano, por persuadirme para la culminación mis estudios y quienes fueron un pilar fundamental para que todo esto haya sido posible. Agradezco el gran apoyo de mis amigos y de las personas que estuvieron siempre pendientes de mí persona.

Henry Xavier Quimbiamba Lanchimba

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme vida, salud y guiarme durante mi vida académica, luego a mi madre/padre por todo el esfuerzo y apoyo incondicional brindado, a toda mi familia por su apoyo moral, para poder hacer realidad el desarrollo de este trabajo de titulación.

Víctor Alfredo Vele Nieves

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación esta especialmente dedicado para mis padres, hermanos y amigos, por ser las personas que de alguna manera me inspiraron y brindaron no solo palabras de aliento, sino que también de cierta manera manifestaron interés en mi vida, y eso fue muy importante para seguir adelante, a quienes creyeron en mí, en mis virtudes y capacidades.

Igualmente hay una especial dedicatoria para mí persona, por mi libertad, por creer que es posible, por haber tomado decisiones, por divertirme, por empezar y culminar, por ser valiente, por actuar, por realizar el salto y ser resiliente para no desfallecer.

Henry Xavier Quimbiamba Lanchimba

DEDICATORIA

Esta tesis dedico a mi madre ya que nunca perdió la fe en mí y siempre estuvo en los momentos más difíciles durante mi vida académica dándome fuerza, valor e inspiración.

A mi padre por todo el apoyo firmeza, carácter e inspiración para no desistir de mis sueños y culminar con mis estudios.

A mi hija que ha sido mi mayor motivo e inspiración de no doblegarme o rendirme en los estudios y poder ser un ejemplo de superación para ella.

Víctor Alfredo Vele Nieves

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en el análisis de comportamiento del freno regenerativo en un vehículo eléctrico mediante la adquisición de datos del sistema hidráulico de frenado en rutas específicas de la ciudad de Cuenca. El inicio del proyecto se basa en la falta de estudios relacionados sobre el tema propuesto y la respuesta del freno regenerativo en un vehículo eléctrico bajo las condiciones de la ciudad, además de cómo afecta esto a la autonomía del vehículo eléctrico. Posteriormente se establecen rutas en el centro y la periferia de la ciudad, tomando en cuenta criterios de una conducción regular.

Para la ejecución de este proyecto se realizará un estudio del funcionamiento del sistema hidráulico de frenado, así como las herramientas con las cuales vamos a trabajar, como son los sensores y software, ya que estos nos permitirán realizar la instrumentación en el sistema de frenos del vehículo. De igual manera las fuentes bibliográficas nos proporcionaran conocimiento sobre su funcionamiento.

Para realizar la instrumentación de los sistemas de frenos de los eléctricos se manufacturaron acoples especiales para los sensores de presión que van a ser instalados en las cañerías del sistema de frenos hidráulicos con la finalidad de obtener datos de presión y realizando un análisis mediante la generación de curvas las mismas que permitirán definir datos del freno hidráulico y el desempeño del freno regenerativo.

De esta manera se dará a conocer el funcionamiento del sistema de frenado para que el vehículo trabaje de manera confortable y eficiente, mediante este proyecto se espera que sea de ayuda para la realización de estrategias y mejoras de rendimiento dentro del campo de vehículos híbridos y eléctricos.

SUMMARY

This project focuses on the analysis of the behavior of the regenerative brake in an electric vehicle through the acquisition of data from the hydraulic braking system on specific routes in the city of Cuenca. The start of the project is based on the lack of related studies on the proposed topic and the response of regenerative braking in an electric vehicle under city conditions, as well as how this affects the autonomy of the electric vehicle. Subsequently, routes are established in the center and the outskirts of the city, taking into account criteria for regular driving.

For the execution of this project, a study of the operation of the hydraulic braking system will be carried out, as well as the tools with which we are going to work, such as the sensors and software, since these will allow us to carry out the instrumentation in the brake system of the vehicle. In the same way, the bibliographic sources will provide us with knowledge about its operation.

To carry out the instrumentation of the electric brake systems, special couplings were manufactured for the pressure sensors that are going to be installed in the pipes of the hydraulic brake system in order to obtain pressure data and carry out an analysis by generating curves the same ones that will allow to define data of the hydraulic brake and the performance of the regenerative brake.

In this way, the operation of the braking system will be announced so that the vehicle works comfortably and efficiently, through this project it is expected that it will be of help for the realization of strategies and performance improvements within the field of hybrid and electric vehicles.

INDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
INDICE GENERAL	X
INDICE DE TABLAS	XII
INDICE DE FIGURAS	XIII
CAPITULO 1: Estado del Arte	1
1.1 ESTADO DEL ARTE	1
1.2 VEHÍCULO ELÉCTRICO	2
1.3 TIPOS DE VEHICULOS ELÉCTRICOS	3
1.3.1 Vehículo Híbrido (HEV)	3
1.3.2 Vehículo híbrido eléctrico enchufable o plug-in (PHEV)	4
1.3.3 Vehículo eléctrico de batería EV	5
1.3.4 Vehículo eléctrico de autonomía extendida	6
1.4 Componentes Principales del vehículo eléctrico	7
1.4.1 Motor	8
1.4.2 Controladores	9
1.5 Freno regenerativo	10
1.5.1 El freno regenerativo	10
1.5.2 Funcionamiento del freno regenerativo	11
CAPÍTULO 2: Implementación de accesorios y mecanismos para la adquisición de datos mediante experimentación en ruta	13
2.1 Observación de mecanismos	13
2.2 Instalación de sensores y acoples	14
2.3 Recopilación de datos	17
2.4 Software de adquisición de datos	18
2.4.1 Dewesoft X	19

2.5 Selección de rutas	20
2.6 Parámetros para la selección de las rutas	20
2.7 Descripción de las rutas establecidas en la ciudad de Cuenca	20
2.7.1 Ruta1: Centro de la ciudad de Cuenca.....	20
2.7.2 Ruta 2: Vía Cuenca- Tres Cruces	21
2.7.3 Ruta 3: Vía Cuenca – Jadan.....	22
2.7.4 Ruta 4: Calle de los Migrantes	23
CAPÍTULO 3: Análisis de datos recopilados.....	25
3.1 Análisis de datos	25
3.2 Cálculo de aporte del freno regenerativo	25
3.2.1 Modelo longitudinal del vehículo	25
3.2.2 Fuerza aerodinámica.....	26
3.2.3 Resistencia a la rodadura.....	26
3.2.4 Distribución de cargas en el eje delantero y posterior	27
3.3 Análisis de aporte del freno regenerativo.....	28
3.3.1 Ruta los migrantes.....	28
CAPÍTULO 4: Conclusiones.	34
4.1 Conclusiones	34
REFERENCIAS.....	1

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados 40km/h; 60km/h; 90km/h.....	33
---	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipología de vehículos eléctricos. Fuente (wwwf/adeana)	3
Figura 2 Vehículo HEV. Fuente (blog, tuteoria)	4
Figura 3 Vehículo PHEV. Fuente (blog, tuteoria)	4
Figura 4 Figura 3 Vehículo EV. Fuente (blog, tuteoria)	5
Figura 5 Vehículo eléctrico de autonomía extendida. Fuente (electromovilidad)	6
Figura 6 Partes del vehículo eléctrico. Fuente (coches híbridos alternativos)	8
Figura 7 Freno regenerativo. Fuente (Renault)	12
Figura 8 Acoples para sensores	13
Figura 9 Lugar elegido para instalación del sistema de adquisición	14
Figura 10 Instalación de acoples	15
Figura 11 Acople y sensor de presión instalado en el sistema	15
Figura 12 Cableado sensor-computador	16
Figura 13 Computador receptor de señales	16
Figura 14 Sensor de presión de pedal	17
Figura 15 visualización de señales en la experimentación	18
Figura 16 Trayecto Centro de Cuenca, Fuente (google maps)	21
Figura 17 Trayecto Cuenca- Tres Cruces, Fuente (google maps)	22
Figura 18 Trayecto Cuenca-Jadan, Fuente (google maps)	23
Figura 19 Trayecto Calle los Migrantes, Fuente (google maps)	24
Figura 20 Fuerzas de frenado 40km/h (FR-freno regenerativo FD-freno delantero FP-freno posterior)	29
Figura 21 Fuerzas de frenado 60km/h (FR-freno regenerativo FD-freno delantero FP-freno posterior)	29
Figura 22 Fuerzas de frenado 90km/h (FR-freno regenerativo FD-freno delantero FP-freno posterior)	30
Figura 23 Porcentajes de frenado 40km/h (FR-freno regenerativo FM-freno mecánico)	31
Figura 24 Porcentajes de frenado 60km/h (FR-freno regenerativo FM-freno mecánico)	31
Figura 25 Porcentajes de frenado 90km/h (FR-freno regenerativo FM-freno mecánico)	32

Estado del Arte.

Este capítulo, presenta una recopilación bibliográfica del estado del arte, que se combina a el trabajo que realiza el freno regenerativo en un vehículo eléctrico, de igual manera se enfoca en el punto principal de análisis del aporte del sistema regenerativo al frenado del vehículo.

CAPITULO 1: Estado del Arte

1.1 ESTADO DEL ARTE

Hoy en día el vehículo eléctrico ha ido ganado más protagonismo en cuanto nos referimos a movilización y transporte, así mismo continua, siendo todavía un gran desconocido para una parte importante de los consumidores. Tópicos como la escasa autonomía y lenta evolución genera ciertas reticencias al respecto.

Aunque pueda parecer una tecnología actual y moderna todo comenzó en el siglo XIX, donde se presentó, en la exposición internación de la electricidad en París en 1881, un vehículo eléctrico de tres ruedas ingeniado por Gustavo Trouve. Durante un tiempo este tipo de automóviles tenían un buen nivel de ventas, pero la mercantilización de la producción de petróleo provoco la popularización de la gasolina y el descenso notable del precio de los vehículos con motor de combustión interna. Quedando por tanto casi olvidados por completo.

Durante el siglo XX el vehículo eléctrico volvía a resurgir en los momentos de graves conflictos y crisis. Como fueron la primera y segunda guerra mundial, durante la guerra fría, la crisis del petróleo en 1974, la crisis económica mundial en 1990 junto con la primera guerra del golfo. Pero no es hasta el momento en el que crece la preocupación

por la contaminación del aire en las ciudades más desarrolladas que se empieza a gestionar lo que hoy conocemos como vehículo eléctrico.

Centrándose en el instante encargado de carga de la energía en los vehículos, la batería. La primera fue desarrollada por Gastón Plante en 1860, siendo esta de plomo-ácido y con una autonomía de entre 25 y 50 km, hoy en día se utilizan las baterías de litio por su gran rendimiento a comparación de las baterías utilizadas a lo largo de la historia. En 1911 Edison desarrollo una batería de níquel-hierro con una autonomía que podía llegar a los 129 km. En la década de los 90 General Motors desarrollo un primer prototipo de vehículo eléctrico con batería plomo-ácido y autonomías de unos 112 a 129 km. La segunda generación surgió en 1999 montando una batería de Ni-MH y alcanzando una autonomía de entre 160 y 225 km, la densidad energética era de algo más de 140 Wh/l, y una energía específica de los 60Wh/kg. (Logroño Diéguez. 2017)

1.2 VEHÍCULO ELÉCTRICO

Es aquel que está impulsado parcial o totalmente por electricidad, almacenada en el modo de energía química en las baterías que se recargan en una red eléctrica. (Ramon Garcia, 2013)

El vehículo eléctrico utiliza uno o varios motores eléctricos para trasladarse para que el vehículo genere su propia energía, el sistema de propulsión consta de otros elementos adicionales que brindan esta posibilidad.

De manera técnica, el sistema de control obtiene energía de sus baterías y se lo envían al motor. El acelerador va acoplado a dos potenciómetros, los mismos que alimentan de la señal que comunica al sistema de control de calidad de energía que debe entregar. El sistema mencionado dominando la velocidad puede generar algunos niveles de potencia. El funcionamiento de los vehículos eléctricos se fundamenta en la composición de un motor, un terminal de carga para obtener la electricidad, transformadores que convierten la electricidad obtenida de este terminal de carga en estimación de amperaje y tensión lícitos para controladores, el sistema de carga de baterías, cuyo funcionamiento óptimo es revisado en combinación de eficiencia y seguridad sistematizando la energía que induce el motor.

La curva de los motores eléctricos es muy plana, a un decremento de revolución su rendimiento es óptimo. En ausencia de ruido y vibraciones estos giran a 20000 o más rpm, siendo destacable, con poco mantenimiento. (Ramon García, 2013)

1.3 TIPOS DE VEHICULOS ELÉCTRICOS

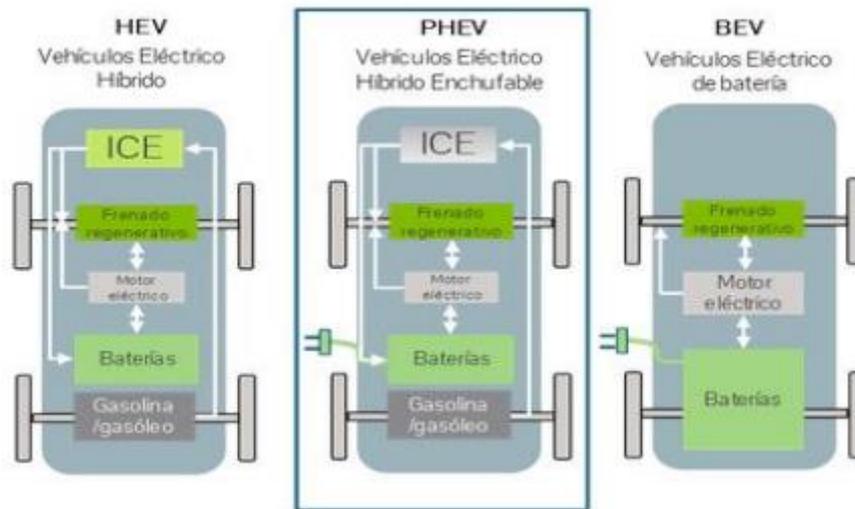


Figura 1 Tipología de vehículos eléctricos. Fuente (wwwf/adeana)

Los vehículos eléctricos se clasifican en 4 grupos:

1.3.1 Vehículo Híbrido (HEV)

Los HEV tienen funcionamiento mediante un motor de combustión interna y un motor eléctrico que utiliza energía acumulada en una batería. La potencia agregada que ofrece el motor eléctrico permite usar un motor más pequeño sin sacrificar el beneficio. La batería asimismo alimenta las cargas auxiliares, como los sistemas de audio y los faros delanteros, y puede reducir la velocidad de ralentí del motor cuando el vehículo está detenido.

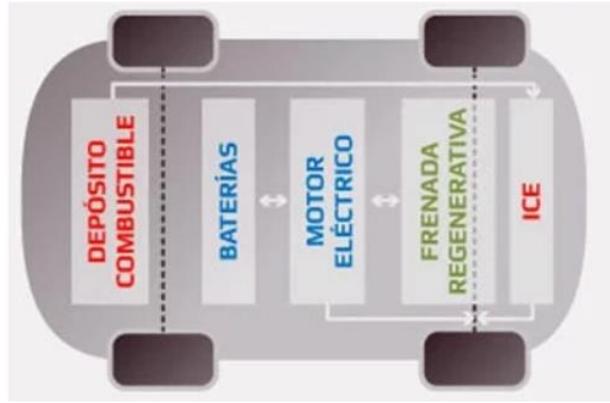


Figura 2 Vehículo HEV. Fuente (blog, tuteoria)

Algunos HEV pueden trasladar trayectos cortos a velocidades reducidas usando solamente energía eléctrica. Todas estas capacidades suelen dar lugar a una mejor economía del combustible y a una menor emisión de gases que los vehículos convencionales de características similares. Los HEV no se pueden conectar para cargar la batería. En cambio, la batería se carga a través del frenado regenerativo y del motor de combustión interna. El frenado regenerativo admite que los HEV encarcelen la energía que normalmente se pierde al frenar usando el motor eléctrico como un generador y guardando esa energía capturada en la batería. (Vehiculares, 2015)

1.3.2 Vehículo híbrido eléctrico enchufable o plug-in (PHEV)

Los PHEV (a veces llamados vehículos eléctricos de autonomía extendida) usan baterías para impulsar un motor eléctrico y usan otro combustible, como gasolina, para impulsar un motor de combustión interna. Los PHEV se pueden conectar a la red eléctrica para cargar las baterías, pero estas también se pueden cargar a través del motor de combustión interna y el frenado regenerativo.

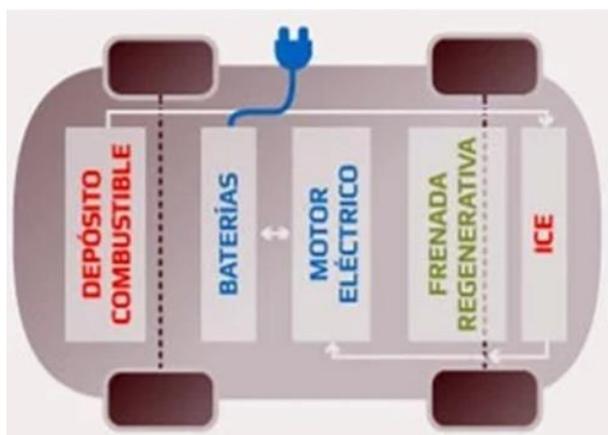


Figura 3 Vehículo PHEV. Fuente (blog, tuteoria)

Los PHEV poseen baterías más grandes que los HEV, lo que permite que se desplacen solo con electricidad con una autonomía de entre 16 y 65 kilómetros, o incluso más, si se trata de los modelos actuales de carga ligera. De manera que, mientras la batería esté cargada, un PHEV puede funcionar principalmente con la electricidad almacenada en la batería cuando se conduce en zonas urbanas. El motor de combustión interna puede impulsar el vehículo cuando la batería está totalmente descargada, durante la aceleración rápida, cuando el vehículo alcanza una alta velocidad o cuando se necesita utilizar la calefacción o el aire acondicionado a alta potencia. Cuando funcionan solo con la batería, los PHEV no emiten gases de escape. Aun cuando el motor de combustión interna está en funcionamiento, los PHEV consumen menos gasolina y, por lo general, emiten menos gases de escape que los vehículos convencionales similares. El consumo de gasolina de un PHEV depende de la distancia recorrida entre una carga y la siguiente. Si el vehículo nunca se conecta, su economía de combustible cuando se usa solo con gasolina será casi igual a la de un HEV de tamaño similar. Si el vehículo se conecta para cargarlo y se desplaza una distancia que no supera su autonomía con electricidad solamente, es posible usar solo la energía eléctrica. (Vehiculares, 2015)

1.3.3 Vehículo eléctrico de batería EV

Los EV (llamados también vehículos eléctricos de batería) utilizan baterías para almacenar la energía eléctrica que impulsa uno o más motores. Las baterías se cargan al conectar el vehículo a la red eléctrica. Los EV también se pueden cargar mediante el frenado regenerativo.

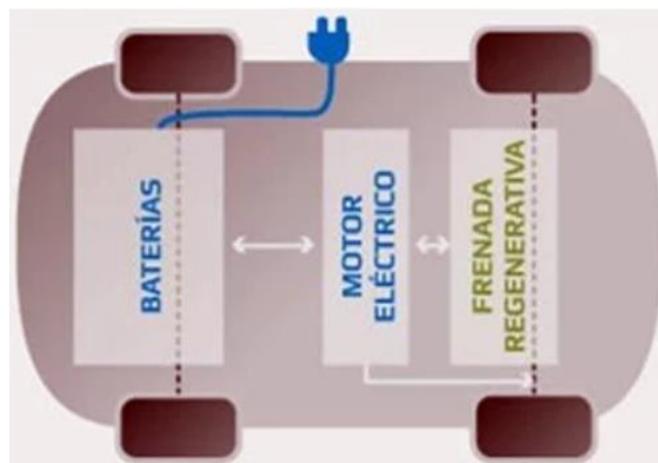


Figura 4 Figura 3 Vehículo EV. Fuente (blog, tuteoria)

Los EV no tienen motor de combustión interna, por lo que no emiten gases de escape. Sin embargo, existen emisiones que se calculan durante el llamado “ciclo de vida” que están implícitas en la mayor parte de los sistemas de producción de electricidad de los Estados Unidos. La autonomía de desplazamiento de los EV actuales por cada carga es menor que la que de los vehículos convencionales por cada tanque de gasolina. La mayoría de los EV tiene una autonomía de entre 112 y 145 kilómetros con una batería totalmente cargada, aunque algunos modelos alcanzan una autonomía mayor. La autonomía de un EV varía de acuerdo con las condiciones y los hábitos de manejo. Las temperaturas ambiente extremas tienden a reducir la autonomía, ya que la energía de la batería debe alimentar los sistemas de acondicionamiento además de impulsar el motor. Conducir a altas velocidades, conducir de forma imprudente y llevar cargas pesadas también pueden reducir la autonomía. (Vehiculares, 2015)

1.3.4 Vehículo eléctrico de autonomía extendida

Los coches eléctricos de autonomía extendida (EREV, Extended-Range Electric Vehicle) son una genial composición hoy en día. Por definición estamos hablando de un coche eléctrico que está constituido con un motor térmico capacitado para la recargar la batería cuando esta se termina. En este caso no es un híbrido enchufable: en los enchufables, el motor térmico va conectado al tren de rodaje del vehículo y suele ser por lo general más potente que el motor eléctrico. En el caso de los EREV, el motor es un simple generador de energía.

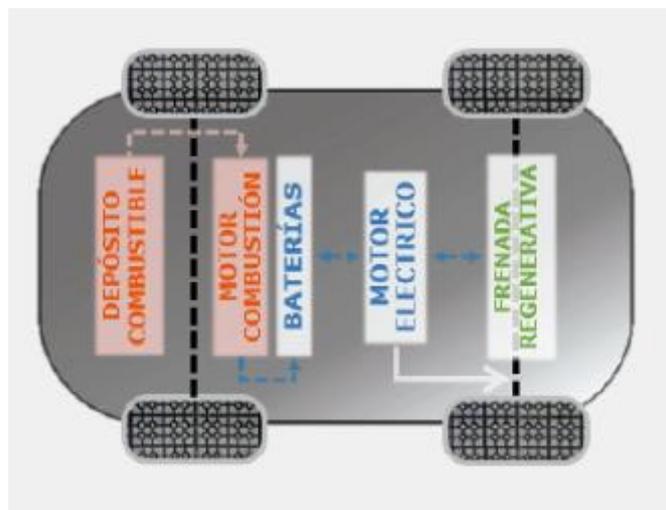


Figura 5 Vehículo eléctrico de autonomía extendida. Fuente (electromovilidad)

Este motor térmico solo actuaba como generador de corriente, no estaba conectado a las ruedas o a una caja de cambios. El BMW i3 fue un paso más allá en su versión REX (Range Extender). Su batería de 27,2 kWh de capacidad neta le permitía 300 km de autonomía NEDC, que era complementada por un motor de dos cilindros, procedente de BMW Motorrad.

Con 647 centímetros cúbicos y 38 CV, accedía a aumentar la autonomía total en unos 150 km adicionales, ya que su depósito de gasolina apenas tenía 9 litros de volumen. Podría pensarse que un coche eléctrico de autonomía extendida es un híbrido en serie, y técnicamente lo es: en los dos casos es el motor eléctrico quien impulsa el vehículo, y el motor térmico solo actúa para cargar la batería, pero en el caso del EREV, su autonomía eléctrica es muy superior y el funcionamiento del motor térmico no es habitual, si no muy puntual. (Eléctricos, 2022)

1.4 Componentes Principales del vehículo eléctrico

Las principales piezas que se encuentran en un vehículo eléctrico son, las siguientes:

Motor: Puede tener uno o varios, dependiendo de un diseño. También genera la recuperación energía (inversor).

Puerto de carga: Recibe la electricidad del exterior, puede haber otra toma específica para carga rápida.

Transformadores: Convierten la electricidad de una toma casera o de recarga rápida en valores de tensión y amperaje válidos para el sistema de recarga. No solo rellenan las baterías, también se preocupan de la refrigeración para evitar riesgo de explosión o derrames.

Baterías: El depósito de “combustible”, puede haber una batería auxiliar como la de cualquier coche convencional para sistemas de bajo consumo auxiliares.

Controladores: Comprueban el correcto funcionamiento por eficiencia y seguridad, regulan la energía que recibe o recarga el motor

(Costas Javier, 2011)

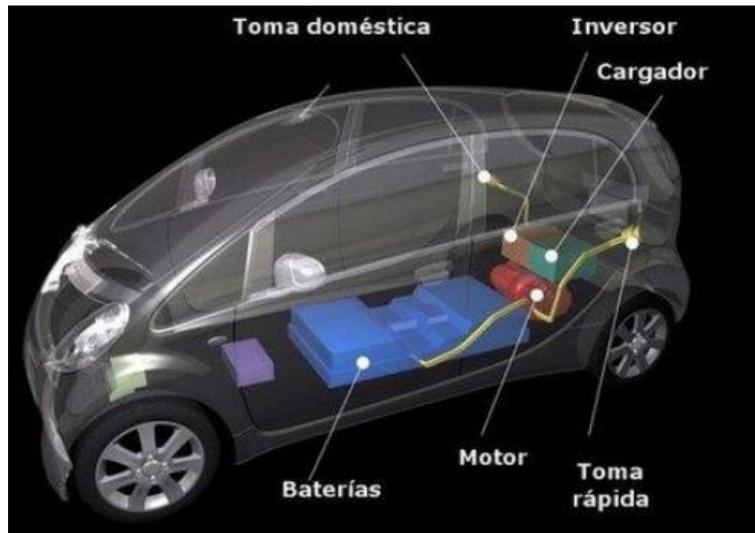


Figura 6 Partes del vehículo eléctrico. Fuente (coches híbridos alternativos)

1.4.1 Motor

Dentro de los motores más utilizados en el diseño de un vehículo eléctrico se encuentran:

Motor de inducción (AC)

Es un tipo de motor de CA en el que se genera corriente eléctrica para generar par en el rotor por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estator. Esto significa que no se suministra corriente a las ruedas giratorias. Estas bobinas son circuitos cerrados a través de los cuales fluyen grandes corrientes de inducción debido a su baja resistencia.

Motores síncronos de imanes permanentes

Este tipo de motor utiliza el mismo concepto de un campo magnético giratorio producido por el estator, pero en este caso el rotor consta de electroimanes o de imanes permanentes que giran sincrónicamente con el campo del estator. Existen distintos tipos, tales como:

Motor pasó a paso de imán permanente.

Motores de corriente alterna de imán permanente.

Motores de corriente continua de imán permanente.

Motor de flujo axial

Este tipo de motor está considerado el futuro de los vehículos eléctricos ya que debido a su tecnología permite grandes desarrollos, siendo introducidos, normalmente, en la rueda del coche.

“La posición de los devanados e imanes de rotor y estator permiten un flujo de campo magnético paralelos al eje del motor, sin que el principio de funcionamiento difiera mucho de lo ya conocido, pero reduciendo considerablemente el volumen total ocupado por la máquina eléctrica”.

Ahora bien, dado que la fuerza electromagnética entre rotor y estator se ejecuta de manera axial, podría pensarse que este motor afecta los rodamientos que soportan el eje; sin embargo “la arquitectura de estas máquinas permite separar el estator en dos discos que actúan sobre el rotor, que es otro disco alojado entre los dos anteriores. De esta manera las fuerzas que son axiales se contrarrestan y los rodamientos del eje no deben más que soportar el propio peso y fuerzas de inercia”. Además, “la forma del disco permite grandes flujos magnéticos para tamaños más reducidos del rotor cosa que hace que el momento de inercia, y la masa total del conjunto se puedan ver reducidos” (Emilio. Motores de flujo axial. 2012).

Motor de corriente continua

Tal como lo afirma José García, el principio de funcionamiento de este motor “se basa en la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente cuando interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentra montado en un eje”.

Este electroimán recibe el nombre de “rotor” y el eje mencionado le permite girar libremente entre los polos magnéticos, norte y sur, del imán fijo, ubicado dentro de la carcasa o cuerpo del motor. (García Alvares.)

1.4.2 Controladores

Normalmente el controlador se enfoca en controlar la potencia suministrada al motor, por consiguiente, la velocidad del vehículo tanto en marcha como en reversa; siendo este conocido como controlador de dos cuadrantes. De la misma manera, existen los controladores de 4 cuadrantes, los cuales permite el frenado regenerativo con el vehículo

en marcha y en reversa; siendo deseable usar, generalmente, un freno del mismo tipo que permita recuperar energía para frenar convenientemente con un sistema sin fricción.

Los controladores, en general, no solo cumplen las funciones ya mencionadas, existen muchas más; pero la aplicación de estas depende del presupuesto y el uso final del vehículo, ya que los controladores más sencillos y económicos no son programables y no cuentan con funcionalidades avanzadas.

Por mencionar algunas de las funciones mencionadas, se tienen:

Función de acelerador: El controlador recibe la señal del pedal acelerador, y en función del ángulo que presente (más o menos pisado), envía electricidad al motor...

Función de limitación de revoluciones del motor: Muchos controladores en el mercado permiten programación para limitar el régimen máximo de giro del motor, evitando que éste sufra daños.

Función de contarrevoluciones: Relacionada con la anterior, pueden tener salida para un indicador de revoluciones que podemos llevar a nuestro cuadro de instrumentos.

Función contra sobrecalentamiento: Cuando la temperatura del controlador excede un determinado límite, éste reduce la potencia empleada para evitar quemarse. Los controladores para autos eléctricos de potencias medias y altas llevan refrigeración líquida. Los más básicos tienen que instalarse en lugares donde puedan evacuar el calor fácilmente.

Función de protección de las baterías: ...Las baterías de los autos eléctricos no deben descargarse por debajo de unos niveles. Si lo hicieran, se dañarían irreversiblemente. Para evitar este efecto, se debe programar el controlador para que disminuya el gasto cuando se acerque ese punto e impida seguir circulando cuando se alcance. (Auto electrico.2015)

1.5 Freno regenerativo

1.5.1 El freno regenerativo

En un vehículo convencional, cuando se actúa sobre los frenos para reducir la velocidad o se retienen con el motor térmico, la energía cinética del vehículo se transforma en calor

debido al rozamiento. Este calor es energía que se desperdicia y no se aprovecha para otras funciones.

Para solucionar este fenómeno, los fabricantes de vehículos han desarrollado diferentes sistemas de FR (freno regenerativo) o recuperativo equipado tanto en vehículos convencionales de motor térmico como en vehículos híbridos o eléctricos.

El freno regenerativo transforma parte de la energía que se pierde en forma de calor en energía eléctrica y la almacena en el vehículo para su reaprovechamiento.

Los sistemas de freno regenerativo utilizan un motor eléctrico, también llamado maquina eléctrica, o alternador para generar electricidad cuando el vehículo frena o decelera recuperándose así una parte de la energía cinética del vehículo, también para volver a impulsar el vehículo más adelante o bien para accionar otros sistemas.

La frenada regenerativa no es perfecta una muestra de ellos es que no funciona correctamente a baja velocidad, ya que las inducciones que se crean en el generador eléctrico son muy bajas y no sirven para detenerlo. Así mismo, tampoco impiden que se deba montar un sistema de frenos convencional, ya que en el caso de que las baterías se encuentren al cien por cien de su capacidad, al no poder acumular energía, no pueden detener el vehículo. (Sistemas de transmisión y frenado. 2018)

1.5.2 Funcionamiento del freno regenerativo

Cuando se acelera un vehículo, este adquiere una determinada inercia. Esta inercia obliga a que cuando se quiera disminuir la velocidad o realizar una detención del vehículo se deba aplica una fuerza contraria al movimiento.

Los frenos convencionales, mediante rozamiento entre el disco y las pastillas o el tambor y las zapatas, crean una resistencia que se opone al movimiento del vehículo. Esta operación genera una gran cantidad de calor debido al rozamiento de los materiales.

Ya sea un vehículo convencional, híbrido o eléctrico, con el sistema de freno regenerativo, la energía que se perdía anteriormente en forma de calor se conduce a un sistema que la transforma en energía eléctrica. Esta energía eléctrica se almacena en una batería o en un acumulador para una futura reutilización.

En los sistemas de freno regenerativo se utiliza un generador eléctrico o motor, este puede funcionar en dos direcciones. De esta manera, el sistema es capaz de absorber la energía cinética del vehículo y transformarla en eléctrica. Cuando la corriente se dirige hacia el motor eléctrico, hace posible el movimiento de una bobina en el campo magnético,

empleando su energía en mover cinéticamente al eje. En el caso de recuperación cuando dicho eje se mueve, la electricidad se mueve en dirección de la batería o condensador de esta manera se cumple la recuperación de energía.

El sistema de freno regenerativo queda limitado cuando la carga de la batería es máxima. En este caso, el freno regenerativo no se puede emplear para detener el vehículo, lo que obliga al empleo de los frenos convencionales.

El freno regenerativo no reemplaza al freno convencional de fricción, ya que a bajas velocidades pierde efectividad. Además, en caso de emergencia se requiere de un sistema más energético capaz de detener el vehículo en una menor distancia. (Sistemas de transmisión y frenado. 2018)

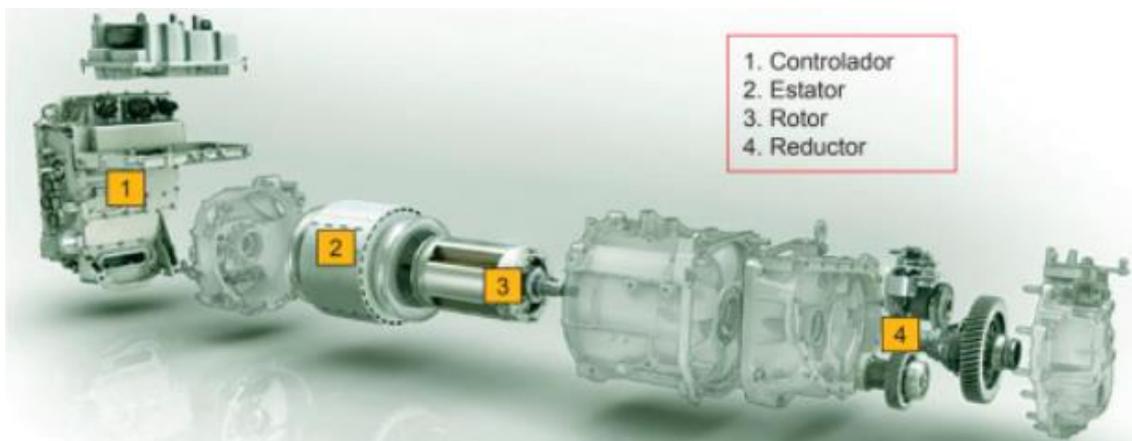


Figura 7 Freno regenerativo. Fuente (Renault)

El frenado mecánico y el regenerativo deben ser gestionados para determinar qué proporción de la fuerza de frenado es aplicada por el sistema regenerativo y qué proporción de dicha fuerza es aplicada por el freno mecánico, de modo que se maximice la recuperación de la energía y que se cumplan los requisitos de seguridad de un sistema de frenos (eficacia, estabilidad y ergonomía). (Vehículos Eléctricos. 2019)

IMPLEMENTACIÓN DE ACCESORIOS Y
MECANISMOS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS
MEDIANTE EXPERIMENTACIÓN EN RUTA.

CAPÍTULO 2: Implementación de accesorios y mecanismos para la adquisición de datos mediante experimentación en ruta.

Para la adquisición de datos es necesario accesorios y mecanismos que nos ayuden a obtenerlos, en este capítulo damos a conocer el desarrollo detallado de lo que fue la implementación de las herramientas que nos proporcionaron los datos.

2.1 Observación de mecanismos

Para la instalación de mecanismo y sensores de presión se realizó una inspección minuciosa de la composición del sistema hidráulico de freno, para posteriormente realizar la manufactura o en su defecto generar la adquisición de dicho mecanismo, de igual manera se realizó la inspección de la composición del sistema de adquisición en este caso los terminales de los sensores que van acoplados en el sistema hidráulico.



Figura 8 Acoples para sensores

2.2 Instalación de sensores y acoples

Para la instalación de los acoples y sensores de presión se han tomado en cuenta distintos aspectos tales como la disposición del sistema hidráulico, la facilidad de instalación, los puntos claves para así aprovechar de la mejor manera los distintos elementos con los que disponemos y así realizar la instalación en el tramo adecuado del sistema de frenos hidráulicos en el que se colocaran los acoples y sensores de presión para así garantizar su correcto funcionamiento sin que estos interfieran de ninguna manera en el desempeño de frenado.



Figura 9 Lugar elegido para instalación del sistema de adquisición

Luego de seleccionar el lugar en el que se instalaran los sistemas de adquisición realizamos el respectivo proceso de montaje. En este punto lo que se desconecto la cañería

que esta encerrada en el círculo rojo de la figura anterior para en ese tramo instalar los acoples.



Figura 10 Instalación de acoples

Previo a la instalación de los acoples, por comodidad ya se ha instalado el sensor de presión en el acople, ya que el sensor se instaló mediante rosca, se utilizó un sellante para asegurar la hermeticidad para el sistema, en este caso se utilizó teflón estándar.



Figura 11 Acople y sensor de presión instalado en el sistema

Ya que se dispuso de dos sensores, la instalación se realizó en dos de las ruedas el vehículo, para que los datos obtenidos sean de ayuda para este proyecto se requería tomar datos de frenos delanteros y traseros, al disponer de dos sensores la instalación fue ejecutada en una rueda delantera y una rueda trasera.

Una vez instalados los acoples y sensores procedemos al respectivo cableado desde el sensor hasta el computador de adquisición.



Figura 12 Cableado sensor-computador

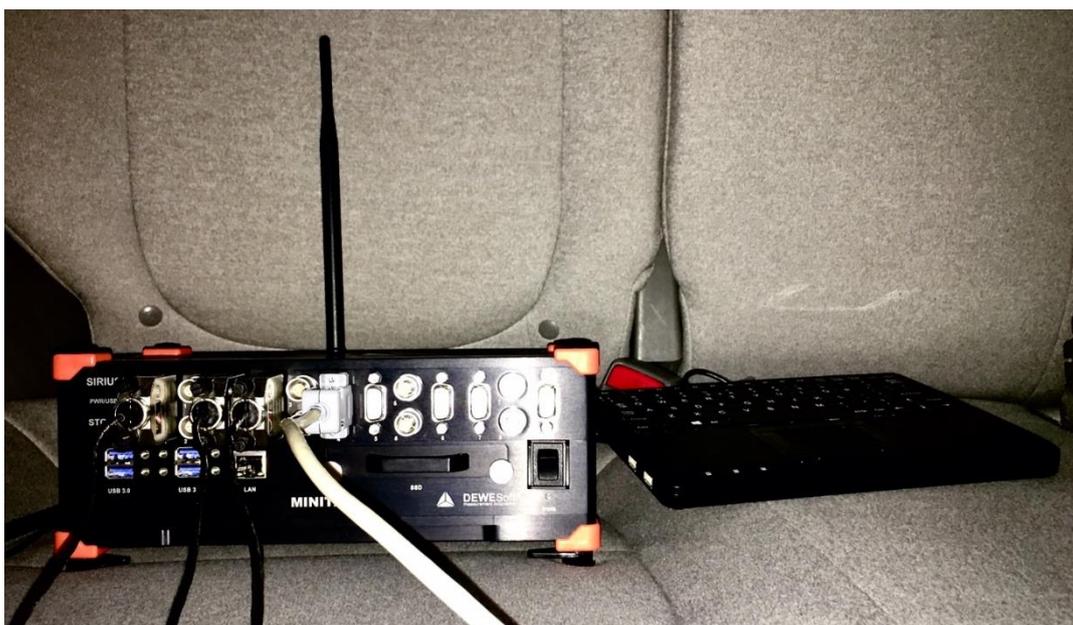


Figura 13 Computador receptor de señales

El computador esta alimentado por la fuente de 12v del vehículo mediante un adaptador el cual se conecta en el encendedor.

También se instaló un sensor adicional que nos ayudaron al desarrollo de este proyecto de tal manera en el que pudimos observar los datos con mayor sincronización para no perder la cronología de los datos y momentos.

Este sensor es el de presión que fue instalado en el pedal de freno para poder certificar la coincidencia de los datos obtenidos en los sensores de presión de las cañerías del sistema de freno y así de esta manera el análisis de los datos tenga mayor precisión.



Figura 14 Sensor de presión de pedal

2.3 Recopilación de datos

Una vez instalado todo el equipo de adquisición se procede a la recopilación de los datos, mediante experimentación se realizó la primera prueba de recopilación de datos por los sensores instalados, los datos se recopilan en el computador de adquisición y mediante una pantalla podemos visualizar en vivo las señales que emiten los sensores y a su vez cómo se comporta las distintas presiones.

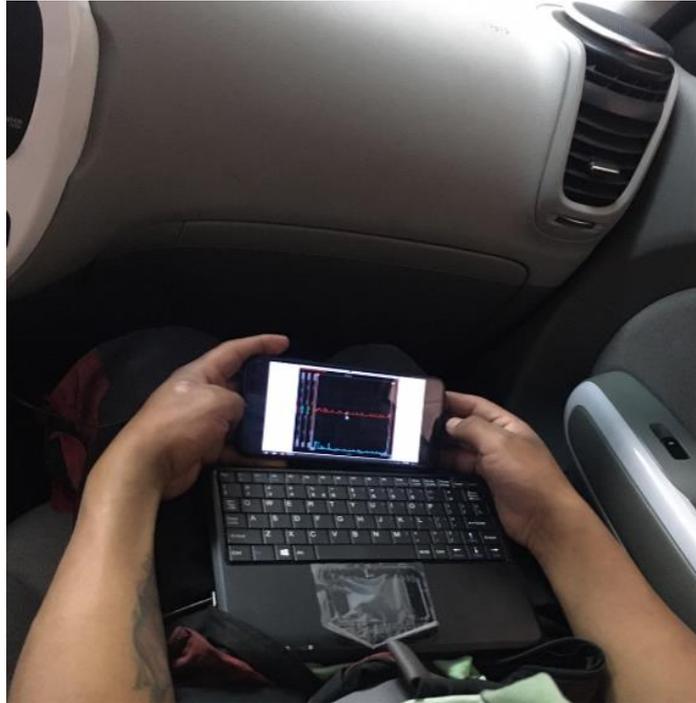


Figura 15 visualización de señales en la experimentación

Una vez se comprueba que todos los equipos están funcionando correctamente procedemos a la experimentación y adquisición de datos finales en las vías que serán establecidas.

2.4 Software de adquisición de datos

Cuando hablamos de adquisición de datos, comúnmente abreviado como DAQ o DAS nos referimos al proceso de realizar mediciones de fenómenos físicos y registrarlos de alguna manera para analizarlos.

En general, se acepta que la adquisición de datos es distinta de las formas anteriores de grabación en cinta o gráficos de papel.

A diferencia de esos métodos, las señales se convierten del dominio analógico al dominio digital y luego se graban en un medio digital como ROM, medios flash o de unidades de disco duro.

2.4.1 Dewesoft X

Dewesoft X es un sistema de adquisición de datos que puede realizar mediciones, almacenar y analizar datos de casi cualquier sensor analógico utilizando hardware de adquisición de datos Dewesoft USB y EtherCAT. Cuando el dispositivo DAQ está conectado a la computadora, el software Dewesoft X DAQ lo reconocerá automáticamente y mostrará la lista de canales analógicos disponibles. Los canales analógicos pueden tener diferentes modos, dependiendo del amplificador utilizado por el hardware DAQ. Los modos son voltaje, IEPE, carga, galga extensométrica - modo puente (completo, medio, cuarto, 120/350 ohmios).

La tecnología de sensor TEDS se utiliza para la detección automática del sensor y la configuración automática de canales.

Cada canal analógico tiene funciones seleccionables por software como frecuencia de muestreo, nombre, color, unidad, sensor, configuración del amplificador y filtrado con vista previa de la señal en vivo. [DAQ, dewesoft.com.es]

Los sistemas modernos de adquisición de datos digitales constan de cuatro componentes esenciales que forman toda la cadena de medición de fenómenos físicos:

Sensores: Un sensor es un dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a alguna salida en el otro sistema. Un sensor convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible (o, a veces, una señal digital) convertido en una pantalla legible para humanos o transmitida para lectura o procesamiento adicional.

Acondicionamiento de señal: Como su nombre lo indica, se encargan de acondicionar señales para que el subsistema A/D pueda convertirlas en el dominio digital y luego mostrarlas, almacenarlas y analizarlas.

Convertidores analógico-digital: El objetivo principal de los convertidores A/D dentro de un sistema de adquisición de datos es convertir señales analógicas condicionadas en un flujo de datos digitales para que el sistema de adquisición de datos pueda procesarlos para visualización, almacenamiento y análisis.

Computadora con software DAQ: Estas realizan el registro y el análisis de las señales.

2.5 Selección de rutas

Para la ejecución del estudio, se realizó la selección de rutas en la ciudad de Cuenca y sus alrededores, en consecuencia, se realizará una descripción de cada una de las rutas en las que se realizará la experimentación y por último generaremos una base de datos del EV Kia Soul.

2.6 Parámetros para la selección de las rutas

Para la selección de rutas de circulación en la ciudad de Cuenca, tomaremos en cuenta que las rutas deben asemejarse a rutas en condiciones de conducción normales, para lo cual tomaremos en cuenta los siguientes aspectos:

- Recorrido
- Velocidades
- Congestión vehicular

Una vez seleccionadas las rutas con los parámetros que se establecieron anteriormente, se dará a conocer una breve descripción de cada una de ellas, para así tener una clara idea de qué tipo de recorrido realizaremos.

2.7 Descripción de las rutas establecidas en la ciudad de cuenca

2.7.1 Ruta1: Centro de la ciudad de Cuenca

En la siguiente ruta se ha tomado en cuenta un tipo de conducción cotidiano por el centro de la Ciudad de cuenca, se ha escogido este trayecto ya que cumple con ciertas características como:

- Vía de alto tráfico.
- Vía de alta circulación.

Esta ruta consta de 2 carriles unidireccionales en su mayoría, el punto de partida se encuentra en la Av. Elia Liut hasta la intersección con la Av. España en donde iremos en sentido norte sur hasta el redondel de la Av. Huayna Cápac tomando la misma hasta llegar a la entrada de la Av. Pdte. Córdova y hasta llegar a la entrada de la Av. Estévez de Toral luego nos dirigimos hasta la Av. Pio Bravo tomando la misma hasta llegar a la Pasamaneria y tomaremos hacia la derecha y nuevamente llegaremos al redondel de la

Av. España y Av. Huayna Cápac para así retornar hasta el punto de inicio. Este trayecto tiene una distancia de 7.6 KM y con un promedio de velocidad de 15.9 km/h.

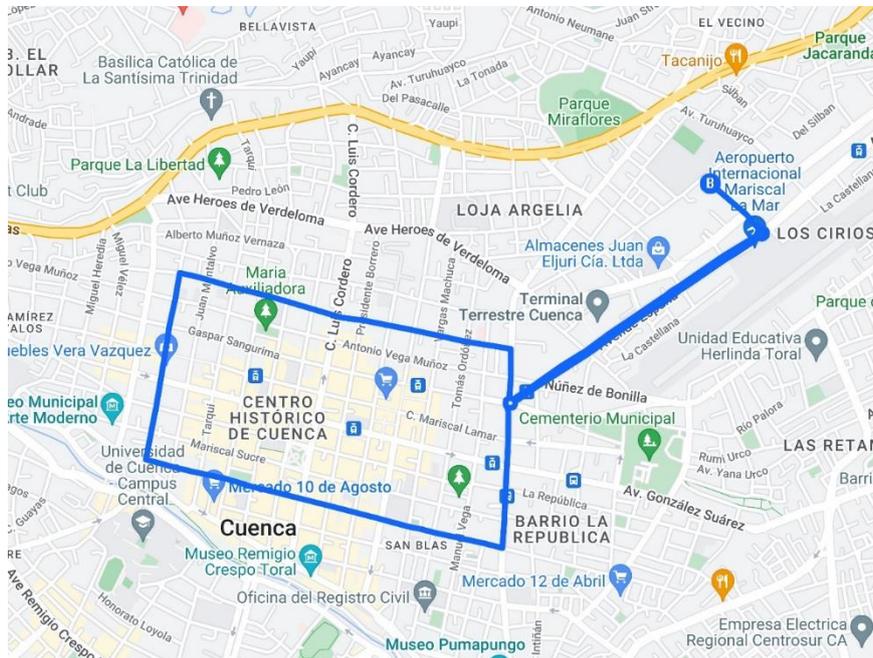


Figura 16 Trayecto Centro de Cuenca, Fuente (google maps)

2.7.2 Ruta 2: Vía Cuenca- Tres Cruces

Esta ruta tiene como referencia una conducción poco común y basándonos en los parámetros de referencia tomamos aspectos importantes de esta ruta tales como:

- Vía de larga distancia.
- Vía con un desnivel considerable.

El trayecto empieza desde la Escuela del milenio ubicada en la Av. Ordoñez Laso a pocos minutos de la entrada a la parroquia Sayausi en donde se tomará la vía a Molleturo que cruza por el parque nacional Cajas hasta el mirador de Tres Cruces teniendo este trayecto una distancia promedio de 60.30 KM considerando la ida y el retorno por la misma vía hasta el punto de inicio y con una velocidad promedio de 59,6 Km/h, cabe recalcar que este trayecto se lo realizo dos veces por completo.

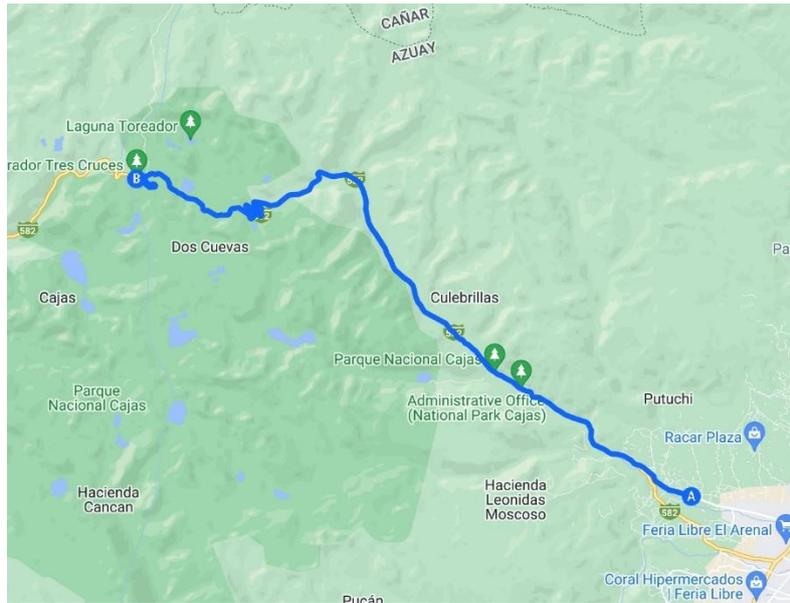


Figura 17 Trayecto Cuenca- Tres Cruces, Fuente (google maps)

2.7.3 Ruta 3: Vía Cuenca – Jadán

Esta ruta se ha considerado un tipo de conducción medianamente común ya que es un trayecto que se lo puede realizar más seguido la no ser muy extenso, también se consideraron aspectos importantes de esta ruta como:

- Vía de mediano tráfico.
- Vía con inflexiones frecuentes.

La ruta tiene como punto de inicio el intercambiador de Guangarcucho y desde allí se tomó la vía a Jadán hasta llegar al pueblo de Jadán, esta ruta tiene un desnivel medianamente considerable y su distancia promedio es de 24.84 KM de ida y retorno y al igual que la ruta anterior esta se realizó por dos ocasiones y con una velocidad promedio de 45 Km/h.

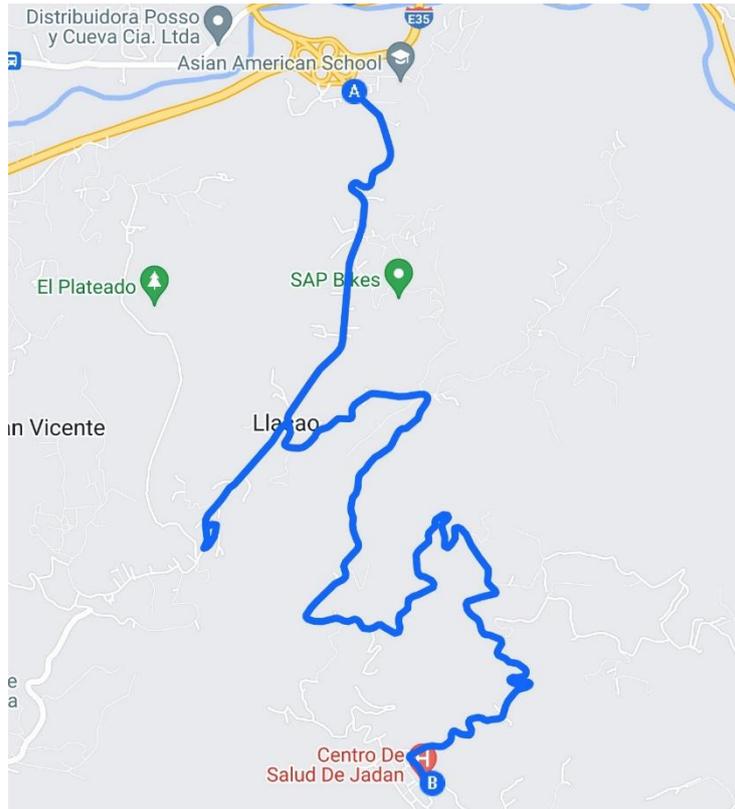


Figura 18 Trayecto Cuenca-Jadán, Fuente (google maps)

2.7.4 Ruta 4: Calle de los Migrantes

Esta ruta se ha considerado para realizar una conducción muy poco común y se ha considerado los siguientes aspectos como:

- Vía de poco tráfico.
- Vía sin o de pocas inflexiones.

Esta ruta tiene como inicio entre la interacción de la Av. 25 de mayo y la Av. Los Migrantes, y como punto final tenemos la intersección de la Av. Javier Maldonado y la Av. Los Migrantes, la distancia de esta avenida es de 1.1KM y los promedios de velocidad en esta ocasión varían ya que se han realizado prueba con los siguientes valores: 40Km/h, 60Km/h, 90Km/h. todos estos valores se repiten 5 veces por cada uno de ellos.

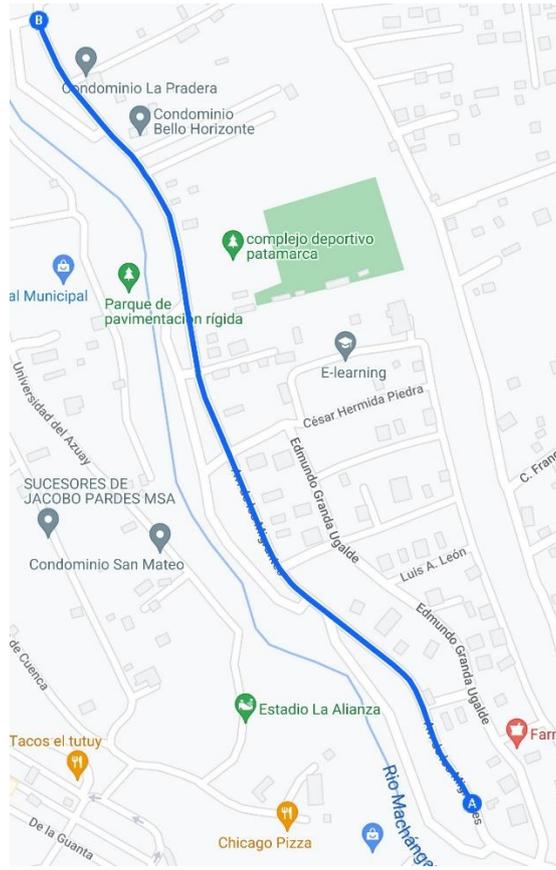


Figura 19 Trayecto Calle los Migrantes, Fuente (google maps)

ANÁLISIS DE DATOS RECOPIRADOS.

CAPÍTULO 3: Análisis de datos recopilados.

En este capítulo se presenta el proceso de análisis de los datos recopilados en las distintas rutas establecidas mediante sensores y equipo de adquisición que se implementaron en el vehículo Kia Soul EV para así obtener resultados contundentes sobre el tema en el que este proyecto se enfoca.

3.1 Análisis de datos

Para obtener el porcentaje de aporte de frenado del freno regenerativo es preciso que los datos que obtuvimos sean escritos en la unidad de medida adecuada, de tal manera que esos datos sean válidos para ingresar en fórmulas matemáticas que nos ayudaran al cálculo y a determinar dicho porcentaje.

3.2 Cálculo de aporte del freno regenerativo

3.2.1 Modelo longitudinal del vehículo

El estudio longitudinal del vehículo nos permite analizar el comportamiento de cuando el vehículo viaja en línea recta despreciando los esfuerzos transversales ya que son valores muy bajos que no aportan o influyen mayormente en el desempeño del vehículo.

Se analiza las fuerzas que actúan en un vehículo en condición longitudinal donde se puede visualizar las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo en estado de reposo estas fuerzas según el vehículo avanza rompiendo las mismas de acuerdo con la aceleración y velocidad estas disminuyen y otras fuerzas crecen debido al movimiento del vehículo. (Teoría de los vehículos automóviles-1995)

3.2.2 Fuerza aerodinámica

La fuerza aerodinámica de un vehículo es determinada por la siguiente fórmula esto nos permite calcular la fuerza total del vehículo cuando está en movimiento.

La fuerza aerodinámica nos permite calcular la fuerza que se genera cuando el vehículo está en movimiento a mayor velocidad esta crea una fuerza contraria al movimiento del vehículo en este caso se analizaría esta fuerza como disminuye cuando se produce el frenado del vehículo y aumenta cuando el vehículo está en velocidad

Se analiza esta fuerza ya que también aporta al frenado del vehículo por es una fuerza en oposición. (Teoría de los vehículos automóviles-1995)

$$1) F_{aer} = \frac{1}{2} \rho C_d A (v)^2$$

3.2.3 Resistencia a la rodadura

La resistencia a la rodadura es la fuerza entre el neumático y la calzada esta es mayor cuando el vehículo está en reposo para romper esta fuerza se debe aplicar otra mayor para la resistencia disminuye según la velocidad del vehículo.

Es importante para este análisis ya que esta forma parte de las principales fuerzas de frenado del vehículo.

$$2) R_r = mgfr$$

Torque en el caliper

$$3) T_{break} = P(t) \pi r_b^2 R_m N \mu_k$$

Fuerza en el caliper

$$4) F_{break} = \frac{P(t)\pi r_b^2 R_m N \mu_k}{r_t}$$

El sistema que hace posible para detener el vehículo en movimiento es el sistema de frenos que actúan directamente en las ruedas mediante un sistema hidráulico que permite la multiplicación de fuerza

Es un mecanismo de absorción de energía esta energía se convierte en calor generado por la fricción de los elementos mecánicos

Los sistemas estudiados son directamente en el neumático, se estudiará en el disco de freno y el caliper lo cual nos permite saber cuál es la fuerza aplicada en cada rueda para detener el vehículo. (Teoría de los vehículos automóviles-1995)

3.2.4 Distribución de cargas en el eje delantero y posterior

La fuerza de frenado tiene la función de detener el vehículo en el menor tiempo posible sin perder el control de este para el cálculo se necesita tener la desaceleración del vehículo y la distribución de cargas en los dos ejes ya que el frenado en el eje delantero es más alto que el eje posterior.

$$5) F_{zd} = \frac{l_2}{L} P - \frac{h}{L} \left(\frac{P}{G} a + P \sin \theta + F_{xa} + R_b \right)$$

$$6) F_{zt} = \frac{l_1}{L} P + \frac{h}{L} \left(\frac{P}{G} a + P \sin \theta + F_{xa} + R_b \right)$$

Las fórmulas antes vistas nos permiten establecer la fuerza generada al momento de frenar en los ejes del vehículo y ver las distribuciones de las cargas y el porcentaje de aporte al freno del freno regenerativo frente a estos dos sistemas de frenos que poseen este vehículo. (Teoría de los vehículos automóviles-1995)

Todas estas fórmulas presentadas fueron introducidas en el programa MATHLAB que mediante programación nos permitió realizar los cálculos precisos y así mismo pudimos realizar una representación gráfica para su respectivo análisis.

3.3 Análisis de aporte del freno regenerativo

Para definir el porcentaje de aporte de frenado del vehículo, se realizó una resta de la transferencia de carga del vehículo con la desaceleración de este frente a la fuerza de frenado, esto nos permitió establecer los porcentajes de aporte.

Las distribuciones de fuerzas de frenado en vehículos convencionales no suelen ser establecidas dependiendo las condiciones de frenado, se establecían con valores fijos, en los vehículos eléctricos al poseer un sistema de frenos mixto este debe ser controlado dependiendo las condiciones de frenado, ya que este variara en tiempo real para su correcto funcionamiento.

3.3.1 Ruta los migrantes

Se analizaron los datos obtenidos y se verificará el aporte en un frenado de emergencia, como actúa el freno regenerativo y el tiempo que actúa frente al freno hidráulico. Para obtener los porcentajes de aporte de frenado comprobamos la fuerza de FR con la intensidad de corriente recuperada durante el frenado.

Mientras los valores de la intensidad son negativos en este caso se estaría invirtiendo la corriente de motor eléctrico y se estaría recuperando corriente durante este tiempo se aporta al frenado del vehículo en el eje delantero y este al frenado total, al momento del frenado la intensidad de corriente suministrada al motor desciende a 0 generando un aporte energético.

Los valores de intensidad de corriente negativos es aporte energético esto significa que el Fr esta activo durante ese tiempo hasta que nuevamente los valores de intensidad desciendan a 0 la intensidad se mantiene en cero ya que el vehículo se detiene en totalidad.

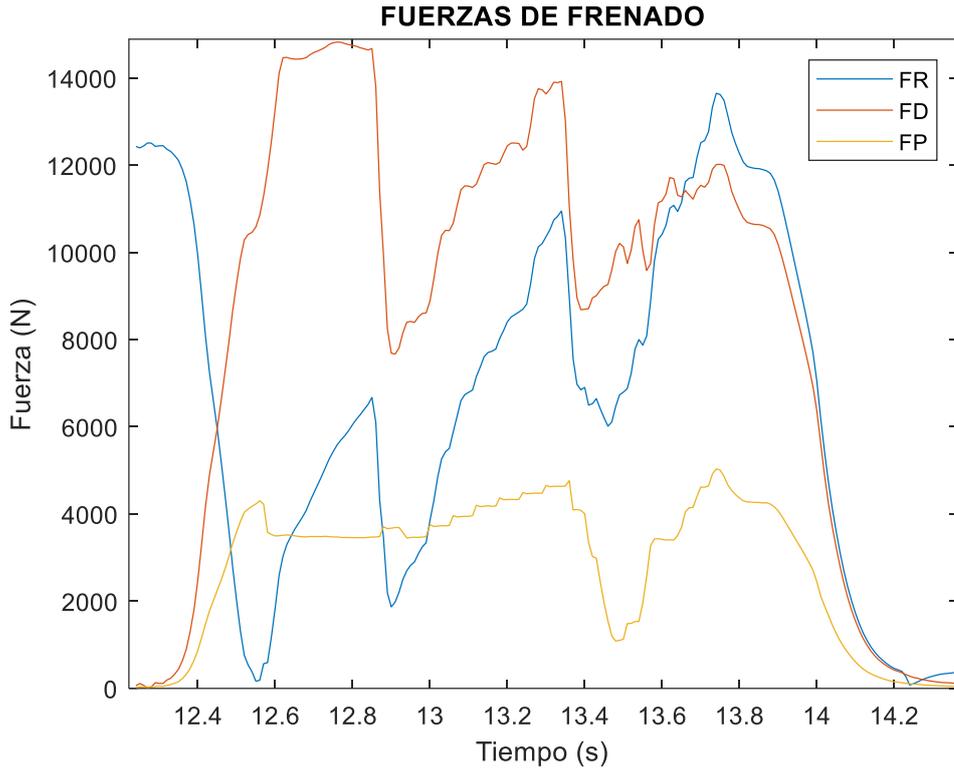


Figura 20 Fuerzas de frenado 40km/h (FR-freno regenerativo FD-freno delantero FP-freno posterior)

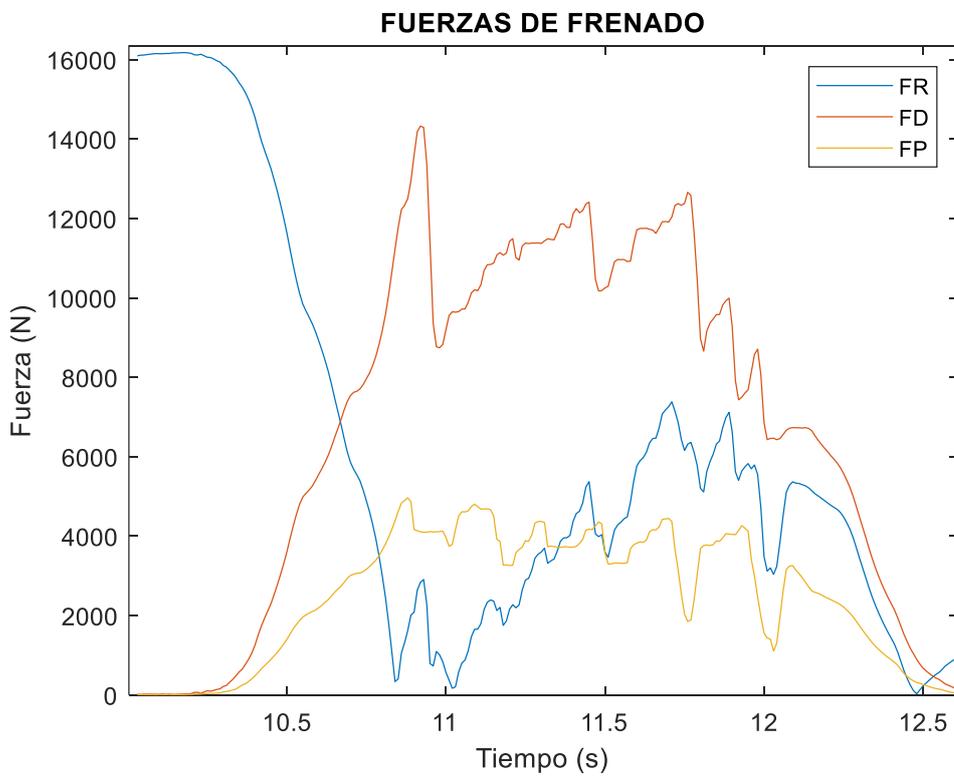


Figura 21 Fuerzas de frenado 60km/h (FR-freno regenerativo FD-freno delantero FP-freno posterior)

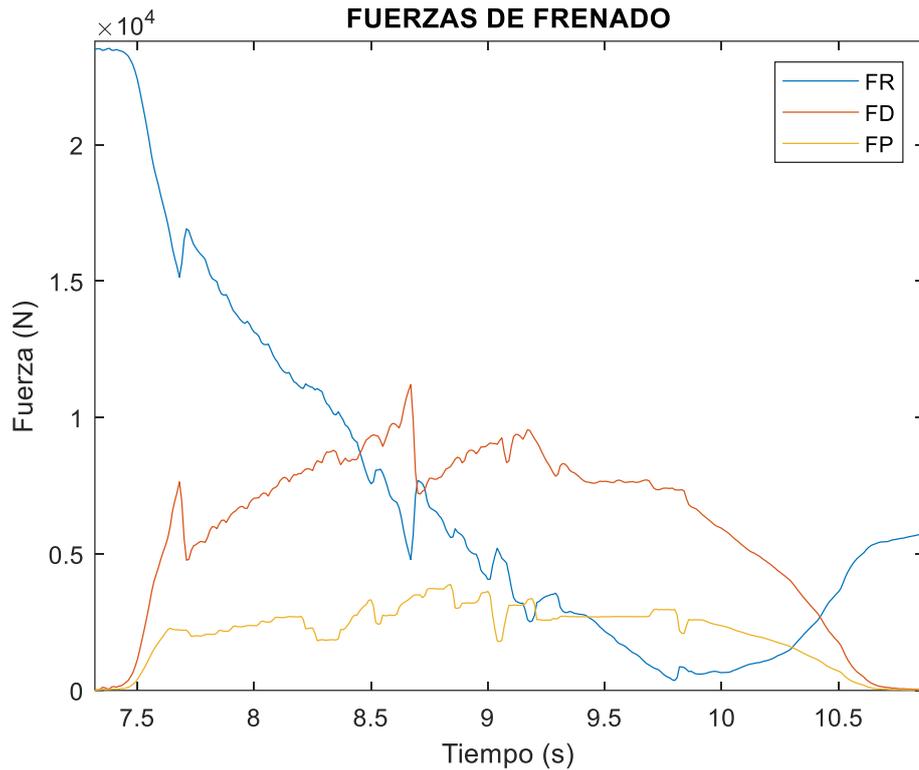


Figura 22 Fuerzas de frenado 90km/h (FR-freno regenerativo FD-freno delantero FP-freno posterior)

Las fuerzas de frenado del vehículo pueden presentarse en tres estados dependiendo las condiciones de frenado del vehículo: frenado por fricción, freno regenerativo, freno mixto, en esta caso se analizó el frenado mixto ya que estos pueden funcionar de forma independiente o cambiar con frecuencia durante los procesos de frenado en un frenado de emergencia las distribuciones de fuerzas como se ilustra en la imagen el freno regenerativo funciona al 100% cuando el acelerador deja de ser accionado mientras la fuerza del sistema de frenos hidráulicos alcanzan los valores del freno regenerativo para detener el vehículo. (International Conference on Intelligent Transportation Systems)

La sumatoria de las fuerzas nos representan el frenado total del vehículo en condiciones de frenado de emergencia esto permite definir que el freno regenerativo actúa de forma instantánea con la mayor fuerza, pero no mantiene y desciende de manera precipitada es necesario poseer un sistema de frenos hidráulicos.

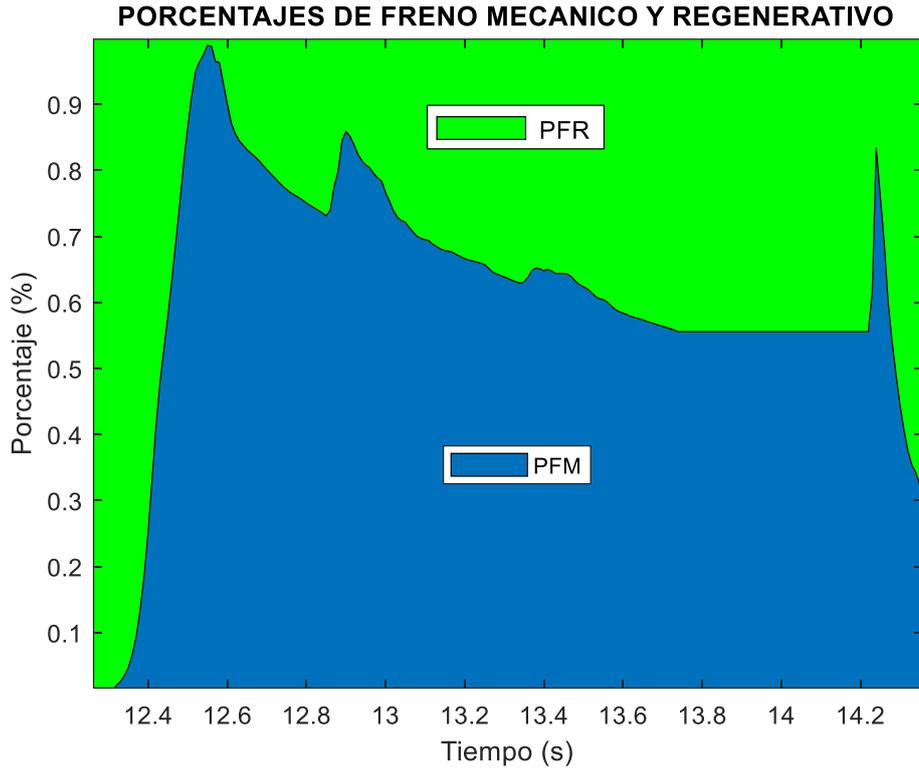


Figura 23 Porcentajes de frenado 40km/h (FR-freno regenerativo FM-freno mecánico)

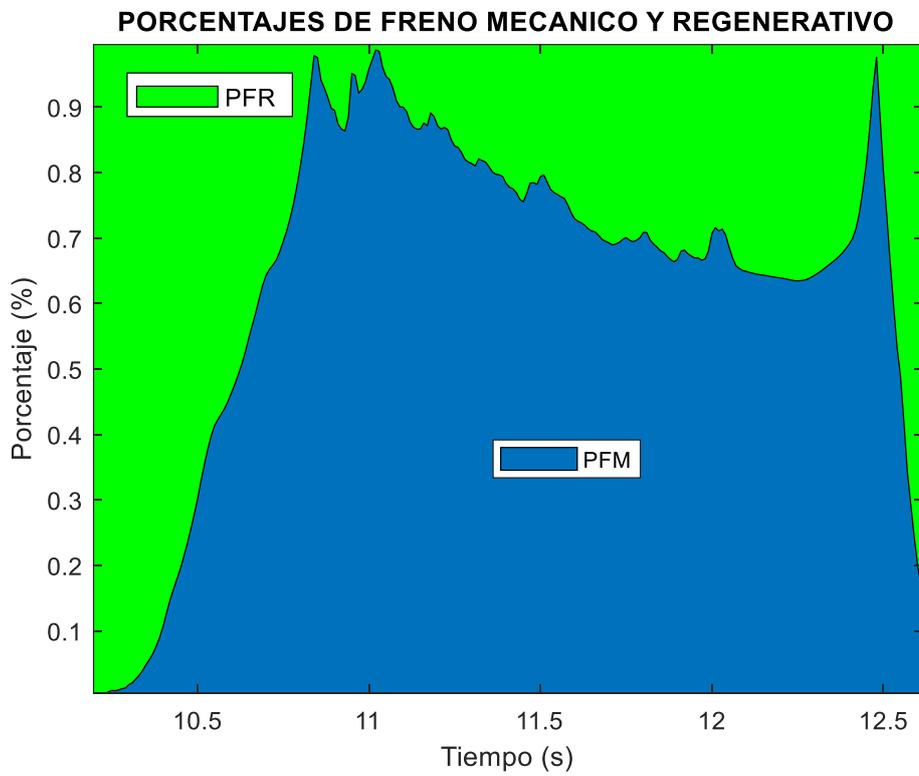


Figura 24 Porcentajes de frenado 60km/h (FR-freno regenerativo FM-freno mecánico)

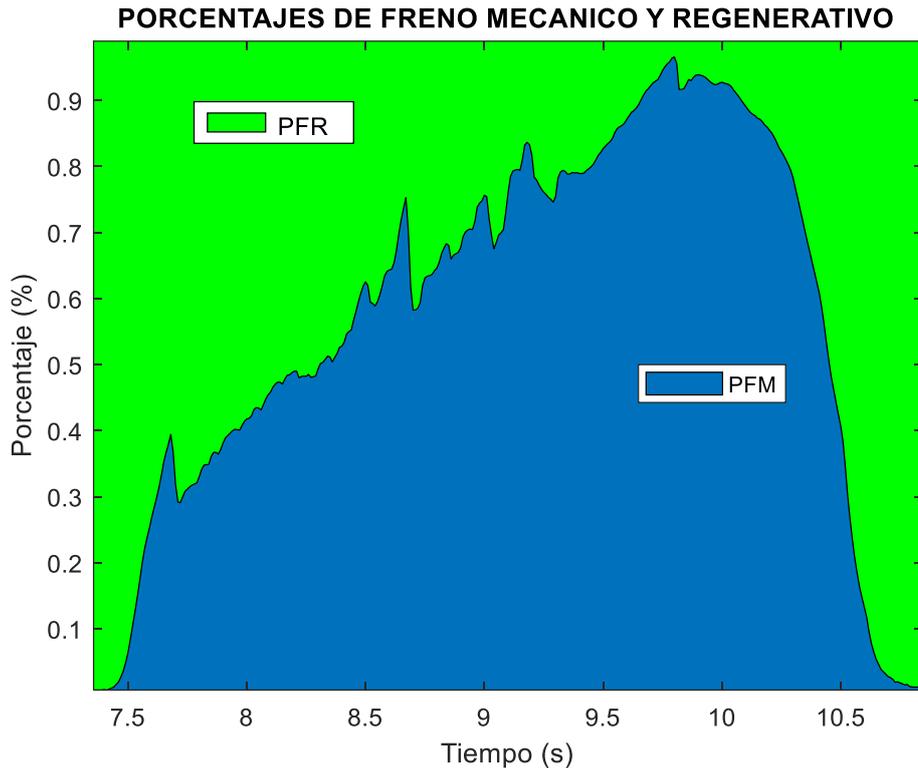


Figura 25 Porcentajes de frenado 90km/h (FR-freno regenerativo FM-freno mecánico)

El rendimiento del freno regenerativo de un vehículo debe ser eficaz y cumplir las diferentes demandas de frenado siendo la prioridad el frenado de emergencia, los porcentajes de aporte del sistema mixto de frenos debe ser distribuida de manera que no se pierda el control del vehículo y se detenga en el menor tiempo/espacio.

El vehículo KIA SOUL con tracción delantera el FR actúa sobre el eje delantero mientras que el posterior mantiene el freno hidráulico estos deben generar la fuerza necesaria en todas las ruedas manteniendo el control y menor distancia durante el proceso de frenado, los FR son limitados es por eso que deben coexistir con los frenos mecánicos/hidráulicos. (Estudio del sistema de frenado en vehículos ligeros-2018)

Durante el proceso de frenado los porcentajes de aporte en el eje delantero son inversamente proporcionales.

En la imagen se puede identificar como el comportamiento de freno regenerativo actúa de manera inmediata impidiendo el avance del vehículo, pero esta fuerza generada por el freno regenerativo no es suficiente para detener el vehículo por eso desciende mientras que la fuerza del freno hidráulico sube para disminuir la velocidad del vehículo y compensar el frenado del vehículo.

La fuerza de frenado del eje posterior es baja ya que la distribución de frenado del vehículo en movimiento es de 74 y 26 para evitar derrapes o pérdidas de control del vehículo.

Para tener una mejor visualización se realizó una conversión de unidades por la energía generada por el freno regenerativo nos dan valores negativos esto nos permite tener una visualización de los datos compacta con relación a los frenos hidráulicos, se identifica el aporte del freno regenerativo que es en 0.6 s y un aporte del 55 % al frenado del vehículo, esta prueba es evaluada en frenado de emergencia. (Revista mundial de vehículos eléctricos-2022)

Mientras actúa el freno regenerativo la presión de los frenos hidráulico aumenta superando el aporte del freno regenerativo.

Tabla 1 Resultados 40km/h; 60km/h; 90km/h

EVENTOS	Freno delantero	Freno Posterior	Freno regenerativo	VELOCIDAD
EVENTO1	0,4539044	0,15342856	0,39266705	40 km/h
EVENTO2	0,43514358	0,1606609	0,40419552	60 km/h
EVENTO3	0,41299482	0,14804174	0,43896344	90 km/h

En los distintos análisis de las pruebas tomadas se realizó un promedio para establecer el porcentaje de aporte del FR frente a los frenos convencionales, el aporte es significativo ya que el 40 % de frenado total del vehículo lo realiza el FR y 60 % lo realizan los frenos mecánicos esto significa que el desgaste de elementos de fricción de los frenos hidráulicos disminuye y alarga los mantenimientos del vehículo.

CONCLUSIONES.

CAPÍTULO 4: Conclusiones.

En este capítulo se presentan conclusiones luego de múltiples pruebas, experimentaciones y de un arduo análisis de datos, y con la culminación del proyecto el resultado final.

4.1 Conclusiones

Como conclusión del estado del arte podemos decir que, a medida que los vehículos eléctricos progresan tecnológicamente dejan en camino algunas incógnitas que no son tomadas en cuenta, aclarar estas incógnitas son imprescindibles para su progreso en sí, al interpretarse estas interrogantes como irrelevantes nos damos cuenta de que pueden servir como objeto de nuevas investigaciones y proyectos.

Adicional a esto, se pudo apreciar que los vehículos eléctricos a comparación de los vehículos a combustión no difieren de manera considerable entre ellos más que en el método de transformación de energía, y mas no el vehículo en su totalidad dejando así interrogantes como el impacto medio ambiental que tiene cada uno de ellos, tales como neumáticos, baterías, carrocería, etc.

En cuanto a la conclusión de implementación podemos decir que, es necesario tener el conocimiento sobre que equipos de adquisición y censado podemos acoplar en un vehículo ya sea solo por diagnóstico o por motivos didácticos, ya que de no ser así nos

estaríamos limitados de alguna manera, también es necesario tener presente una solución en el caso de no existir un acople específico para ejecutar el objetivo.

Por otra parte, es obligatorio una planificación adecuada en este caso de rutas o pruebas que se van a realizar, para así tener en cuenta las prioridades o características que se necesitan para la recolección de datos, de tal manera tendremos un orden adecuado y será mucho más eficiente el avance de lo que se va a realizar.

Y como conclusión principal y fundamental decimos que, en base a los resultados obtenidos y el análisis que se realizó, el freno regenerativo cumple con dos funciones muy importantes, la primera que es su tarea principal de generar carga para la batería y la segunda que es su gran aporte al frenado del vehículo, ya sea en una conducción normal, o en condiciones de frenado de emergencia o bruscos, este aporte como se observó en las gráficas puede variar.

De esta manera luego del análisis de datos decimos que, el freno regenerativo tiene un aporte en el frenado de un 39% a 43%, esta contribución es proporcional a la conservación en el desgaste de pastillas de freno, alargando así su rendimiento. Por lo tanto, el freno regenerativo en los EV es de gran importancia actualmente, no solo por maximizar la autonomía del vehículo, sino que también por la gran participación que tiene al momento del frenado y a su vez de esta manera se prolonga la vida útil de las pastillas de freno.

REFERENCIAS

- Logroño Diéguez, J. (2017). *Cargador de batería para vehículos* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Ramón García, R. J. (2013). Estudio para la implementación del vehículo eléctrico en Canarias. Canarias.
- VEHICULARES, O. D. T. Vehículos eléctricos híbridos y enchufables. Definido por (Eléctricos, 2022) <https://www.diariomotor.com/noticia/ventas-coches-erev/>
- COSTAS, Javier. Coches eléctricos: ¿Qué son y cómo funcionan? [En línea]. Motorpasion. 27, diciembre, 2011.
- Emilio. Motores de flujo axial [En línea]. CONVIERTETE. 06, diciembre, 2012.
- GARCÍA ÁLVAREZ, José Antonio E. Así funciona el motor de corriente directa o continua [En línea]. Así funciona. s.f.
- Anónimo. Tipos de batería para coche eléctrico [En línea]. Electro movilidad. 2016.
- John. Siete funciones del controlador de un auto eléctrico [En línea]. Auto eléctrico. 13, julio, 2015.
- Esteban Jose Dominguez, Julian Ferrer Ruiz, Sistemas de Transmisión y Frenado.2018
- Jesus Trashorras Montecelos, Vehículos Eléctricos 2019
- Guía de adquisición de datos obtenida de Dewetsoft (<https://dewesoft.com/es>).
- Aparicio Izquierdo, F., Vera Alvarez, C., & Díaz López, V. (1995). Teoría de los vehículos automóviles. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.
- Berjoza, D., Pirs, V., & Jurgena, I. (2022). Investigación sobre el Frenado Regenerativo de un Coche Eléctrico en Conducción Urbana. *Revista mundial de vehículos eléctricos* , 13 (11), 202.
- Chang, C. W., Lv, C., Wang, H., Wang, H., Cao, D., Velenis, E., & Wang, F. Y. (2017, October). Multi-point turn decision making framework for human-like automated driving. In *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Bauzá Fernández, F. J. (2018). *Estudio del sistema de frenado en vehículos ligeros (turismos)* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).