



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

TEMA: “ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA
DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN Y AUTONOMÍA DEL BUS 100%
ELÉCTRICO MARCA BYD K9G CAMA ALTA EN DIFERENTES
CONDICIONES DE OPERACIÓN”

AUTORES: CANDO MERA, DAVID ANTONIO

SUNTAXI CAIZALUISA, ALEX XAVIER

DIRECTOR: ING. QUIROZ ERAZO, LEONIDAS ANTONIO

LATACUNGA

2019



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN Y AUTONOMÍA DEL BUS 100% ELÉCTRICO MARCA BYD K9G CAMA ALTA EN DIFERENTES CONDICIONES DE OPERACIÓN”** realizado por los señores: **DAVID ANTONIO CANDO MERA** y **ALEX XAVIER SUNTAXI CAIZALUISA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos técnicos, científicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **CANDO MERA DAVID ANTONIO** y **SUNTAXI CAIZALUISA ALEX XAVIER** para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, Junio del 2019



Ing. Leónidas Antonio Quiroz Erazo

C.C.:

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **CANDO MERA DAVID ANTONIO**, con cédula de ciudadanía C.C.: 172416414-8 y **SUNTAXI CAIZALUISA ALEX XAVIER**, con cédula de ciudadanía C.C.: 172630959-2, declaramos que este trabajo de titulación, “**ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN Y AUTONOMÍA DEL BUS 100% ELÉCTRICO MARCA BYD K9G CAMA ALTA EN DIFERENTES CONDICIONES DE OPERACIÓN**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Latacunga, Junio del 2019

Cando Mera

David Antonio

C.C.:172416414-8

Suntaxi Caizaluisa

Alex Xavier

C.C.:172630959-2



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **CANDO MERA DAVID ANTONIO**, con cédula de ciudadanía C.C.: 172416414-8 y **SUNTAXI CAIZALUISA ALEX XAVIER**, con cédula de ciudadanía C.C.: 172630959-2, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el presente trabajo de titulación, **“ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CARGA Y DESCARGA DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN Y AUTONOMÍA DEL BUS 100% ELÉCTRICO MARCA BYD K9G CAMA ALTA EN DIFERENTES CONDICIONES DE OPERACIÓN”**, cuyas ideas, contenido y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, Junio del 2019



Cando Mera

David Antonio

C.C.:172416414-8



Suntaxi Caizaluisa

Alex Xavier

C.C.:172630959-2

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a los pilares fundamentales de mi formación, tanto personal como profesiones; a mi padre Jorge Cando la persona quien siempre me inspira a ser mejor y a confiar en mí siempre, el amor y la severidad que me ha brindado desde mi niñez han hecho de mí una persona íntegra, a mi madrecita Melva Mera la mujer que más admiro, respeto y sobre todo amo más que a mi vida, quien es mi motivación constante para conseguir cada una de las metas propuestas, a mis hermanos Ignacio y Jorge, mis ejemplo de superación, trabajo, constancia y el amor familiar incondicional.

A mis amados sobrinos José Ignacio, Danna, Sarita y Juliana quienes son la razón más grande de mi corazón por llegar a alegrar la familia con sus sonrisas, alegrías y ocurrencias.

David Antonio Cando Mera

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres Cesar y Elsa, los cuales han sido un pilar fundamental en mi formación académica, ayudándome y apoyándome día a día, a no decaer y salir siempre adelante, enseñándome que la humildad y responsabilidad abren muchas puertas a lo largo del camino de la vida.

A mis hermanos Eduardo, Lorena, Katy y Gabriela quienes han contribuido en mi formación a lo largo de mi vida, ayudándome con consejos que me han levantado el ánimo y no han dejado que me rinda ante las adversidades de la vida.

A mis sobrinos quienes me han sacado una sonrisa desde pequeños y me han ayudado a no rendirme para poder ser un ejemplo para ellos.

A mi amigo Víctor quien me ha ayudado y apoyado cuando lo necesité, y estaba conmigo en las buenas y en las malas, y que hoy en día me cuida desde el cielo.

Alex Xavier Suntaxi Caizaluisa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y la Virgen Dolorosa por brindarme salud, protección y bienestar para culminar esta etapa de formación, a mi papito Jorge por estar conmigo hasta el final a pesar de mis tropiezos y ser el hombre que más me ama, a mi mamita hermosa Melva porque es y siempre será el lazo fuerte que une a la familia, por ser quien siempre luchó para que nada me falte y tenga todo a disposición para culminar con mis proyectos, a mis hermanos Ignacio y Jorge por el amor, la confianza, la paciencia y el cuidado que me brindan a pesar de las responsabilidades familiares que conllevan en sus hogares.

A mis abuelitos Ignacio, Fúlton, Rosario y Sarita por ser las personas de quien más orgullo siento por los valores y principios que me brindaron a través de mis padres.

A todos mis familiares que han logrado en mi la perseverancia gracias al apoyo y los consejos brindados a lo largo de mi vida, en mención especial agradezco a mi tía Margoth Cando por ser mi segunda madre en mi etapa de formación secundaria, a mis tíos Ramón, Enrique, Miguel, Mauricio con quienes he podido contar sintiéndome cada vez más seguro de lo que quiero ser y hacia donde quiero llegar.

A Iván, Oscar, Juan, Marco amigos de colegio y Juan, Alex, Xavier, Carlos, Jorge amigos universitarios que han hecho que en este largo camino se disfrute de buenos y malos momentos pero sobre todo por el apoyo incondicional para la superación diaria, en mención especial agradezco a Sofía por ser la persona que estuvo constantemente para mí y pendiente de mi cuando más necesite.

A mis profesores y sobre todo a mi tutor Leonidas Quiroz por la amistad, consejos y la valiosa disposición de ayuda hacia conmigo para la culminación de este proyecto.

David Antonio Cando Mera

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y la Virgen del Cisne por cuidarme, alentarme y brindarme la suficiente sabiduría para superar los momentos difíciles que se ha presentado a lo largo de todo el camino de mi formación académica.

Agradezco a mi familia, ya que ellos son los pilares fundamentales en toda mi vida, ayudándome a salir adelante, aconsejándome día a día a no rendirme, enseñándome lo bueno y lo malo de cada situación que se presenta, cuidándome y brindándome una sonrisa cada día. Sobre todo agradezco a mis padres por el apoyo brindado, por estar conmigo en todo momento y saber que siempre cuento con ellos en las buenas y en las malas, y enseñarme que la familia es lo mejor que puede existir.

Agradezco a cada uno de mis amigos, los cuales han estado para apoyarme y brindarme algún consejo por más pequeño que sea, y estando siempre conmigo cuando los necesité.

Alex Xavier Suntaxi Caizaluisa

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1.	Antecedentes de la investigación.....	1
1.2.	Planteamiento del problema	8
1.3.	Justificación e importancia.....	9
1.4.	Objetivos	10
1.4.1.	Objetivo general	10
1.4.2.	Objetivos específicos.....	11
1.5.	Área de influencia	12
1.6.	Descripción resumida del proyecto	12
1.7.	Metas.....	14
1.8.	Hipótesis.....	14
1.9.	Variable de la Investigación	15
1.9.1.	Variable Independiente	15

1.9.2.	Variable Dependiente	16
1.10.	Metodología de la investigación del proyecto	16

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	22
2.1. Vehículo Eléctrico	22
2.1.1. Tipos de vehículo eléctrico	22
2.1.2. Vehículos eléctricos en el Ecuador	24
2.2. Sistema de propulsión eléctrica.	25
2.2.1. Principio de funcionamiento.	26
2.2.2. Ventajas y requerimientos de la propulsión eléctrica.	27
2.3. Sistema electrónico.	28
2.3.1. Sensores del sistema electrónico	29
2.4. Motores eléctricos.....	31
2.4.1. Motores Asíncronos.....	31
2.4.2. Motores síncronos de imanes permanentes	32
2.4.3. Motores de flujo axial.....	33
2.4.4. Motores de flujo axial.....	34
2.5. Inversor.	34
2.5.1. Funciones del inversor.....	35
2.5.2. Aplicación de los inversores	36
2.6. Baterías de alta tensión	37
2.6.1. Características de baterías de alta tensión	37
2.6.2. Material base de las baterías	39
2.6.3. Tipo de conexión de las baterías	41
2.7. Sistema regenerativo.....	45
2.8. Estaciones de servicio eléctrico (Electrolineras)	47
2.8.1. Estructura de las electrolineras.....	47
2.8.2. Principio de funcionamiento.....	48
2.8.3. Conectores Homologados	48
2.9. Tipos de Carga	49
2.9.1. Carga lenta	50

2.9.2.	Carga rápida.....	50
2.10.	Ciclos Homologados.....	50
2.10.1.	Ciclo NEDC (New European Driving Cycle).....	51
2.10.2.	Ciclo EPA (Environmental Protection Agency).....	52
2.10.3.	Ciclo WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure).....	54
2.11.	Métodos matemáticos estadísticos.....	55
2.11.1.	Correlación de Pearson.....	55
2.11.2.	Regresión múltiple.....	56
2.11.3.	Autonomía Teórica.....	57
2.11.4.	Energía consumida durante la carga.....	58
2.11.5.	Precio total del consumo.....	59
2.12.	Equipos y herramientas.....	59
2.12.1.	Scanner VDS2000 BYD.....	59
2.12.2.	Software para análisis estadístico.....	61
2.12.3.	Aplicación para obtención de ruta.....	62

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE CARGA, DESCARGA Y DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL BUS BYD K9G

3.1.	Proceso de carga.....	64
3.1.1.	Carga rápida de baterías de alta tensión.....	65
3.1.2.	Carga lenta de baterías de alta tensión.....	66
3.1.3.	Energía consumida.....	68
3.2.	Protocolo de prueba para obtención de datos.....	70
3.3.	Variables consideradas en la operación del bus.....	72
3.3.1.	Modo de operación.....	73
3.3.2.	Condiciones geográficas y climáticas.....	73
3.3.3.	Congestión y tráfico Vehicular.....	74
3.3.4.	Posición del pedal de aceleración.....	75
3.3.5.	Velocidad de Circulación.....	75
3.3.6.	Distancia Recorrida.....	75

3.3.7.	Superficie de desplazamiento	76
3.4.	Descripción de la ruta establecida	76
3.4.1.	Ruta: Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE (SAUCES 4) – Esmeraldas y Alejo Lascano (CENTRO DE GUAYAQUIL) - Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE (SAUCES 4).	77
3.5.	Períodos y tramos de obtención de datos.....	78
3.6.	Proceso de descarga y Regeneración.	79
3.6.1.	Obtención de datos.....	79
3.6.2.	Tabulación de datos obtenidos.	84
3.7.	Autonomía del bus K9G.....	134
3.7.1.	Obtención de datos.....	134
3.7.2.	Tabulación de datos logrados para obtención de autonomía	135
3.7.3.	Autonomía teórica	141

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

4.1.	Descarga y regeneración de baterías de alta tensión.	142
4.1.1.	Corriente vs Tiempo	143
4.1.2.	Potencia de descarga vs tiempo.	150
4.1.3.	Potencia de carga vs tiempo.....	157
4.1.4.	Tensión Calculada vs tiempo.	164
4.1.5.	Velocidad vs tiempo.....	171
4.1.6.	Graficas completas (variables vs tiempo).	178
4.1.7.	Gráficas promedios.....	186
4.2.	Determinación de autonomía.....	191
4.2.1.	Regresión múltiple.....	200
4.2.2.	Definición del modelo matemático	201
4.3.	Análisis de aleatoriedad.....	203
4.4.	Análisis de autonomía vs variables independientes	203
4.5.	Análisis de residuos del modelo matemático	205
4.6.	Caracterización de las baterías	206

CAPÍTULO V**MARCO ADMINISTRATIVO**

5.1.	Recursos humanos.....	207
5.2.	Recursos tecnológicos.....	207
5.3.	Recursos materiales.....	208
5.4.	Presupuesto y financiamiento.....	208

CONCLUSIONES	210
---------------------------	------------

RECOMENDACIONES	213
------------------------------	------------

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	214
---	------------

ANEXOS.....	226
--------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	BYD E6	3
Figura 2.	Planteamiento del problema.	8
Figura 3.	Métodos de investigación.	17
Figura 4.	Bus Eléctrico.	22
Figura 5.	Sistema de propulsión eléctrica.....	26
Figura 6.	Configuración del vehículo eléctrico	27
Figura 7.	Gestión electrónica del bus	29
Figura 8.	Motor AC de inducción.	32
Figura 9.	Motores AC síncronos de imanes permanentes.	33
Figura 10.	Motores de flujo axial.	33
Figura 11.	Despiece de Motor Bruhless DC.	34
Figura 12.	Inversor	35
Figura 13.	Conexión de 4 celdas en serie	42
Figura 14.	Conexión de 4 celdas en paralelo	42
Figura 15.	Sistema regenerativo de baterías	45
Figura 16.	Principio de básico de una electrolinera	48
Figura 17.	Fase extraurbana FTP-75	53
Figura 18.	SOC (%) del tablero	65
Figura 19.	2 Pistolas de 35.6 kW Conectadas y tiempo estimado de carga	66
Figura 20.	Consumo de energía hasta completar 100 %.....	66
Figura 21.	SOC (%) del tablero	67
Figura 22.	1 Pistola de 34.9 Kwh Conectada Tiempo estimado de carga	67
Figura 23.	Consumo de energía hasta completar 100 %.....	68
Figura 24.	Protocolo para la recopilación de datos.....	71
Figura 25.	Grafica de ruta	77
Figura 26.	Conexión del VDS	79
Figura 27.	Pantalla principal scanner VDS2000	80

Figura 28.	Selección de la opción Ebus	80
Figura 29.	Selección de serie del bus.....	81
Figura 30.	Selección de modelo del bus.....	81
Figura 31.	Comprobación del VIN del bus K9G	82
Figura 32.	Selección del módulo principal del Bus K9G	82
Figura 33.	Módulos de control del bus eléctrico	83
Figura 34.	Módulos de control del bus eléctrico	83
Figura 35.	Información del pack 1 de baterías.....	84
Figura 36.	Flujo de datos de las baterías de alta tensión.....	84
Figura 37.	Tramo 1.....	85
Figura 38.	Tramo 2.....	92
Figura 39.	Tramo 3.....	99
Figura 40.	Tramo 4.....	106
Figura 41.	Tramo 5.....	113
Figura 42.	Tramo 6.....	120
Figura 43.	Tramo 7.....	127
Figura 44.	Módulo Ebus vehicle controler	134
Figura 45.	Ventana de opciones.....	135
Figura 46.	Información de funcionamiento del bus	135
Figura 47.	Flujo de datos de batería.....	141
Figura 48.	Corriente vs tiempo del tramo uno.....	143
Figura 49.	Corriente vs tiempo del tramo dos	144
Figura 50.	Corriente vs tiempo del tramo tres.....	145
Figura 51.	Corriente vs tiempo del tramo cuatro.....	146
Figura 52.	Corriente vs tiempo del tramo cinco	147
Figura 53.	Corriente vs tiempo del tramo seis	148
Figura 54.	Corriente vs tiempo del tramo siete	149
Figura 55.	Potencia de descarga vs tiempo del tramo uno	150
Figura 56.	Potencia de descarga vs tiempo del tramo dos	151
Figura 57.	Potencia de descarga vs tiempo del tramo tres	152
Figura 58.	Potencia de descarga vs tiempo del tramo cuatro	153
Figura 59.	Potencia de descarga vs tiempo del tramo cinco.....	154

Figura 60.	Potencia de descarga vs tiempo del tramo seis.....	155
Figura 61.	Potencia de descarga vs tiempo del tramo siete	156
Figura 62.	Potencia de carga vs tiempo del tramo uno.....	157
Figura 63.	Potencia de carga vs tiempo del tramo dos	158
Figura 64.	Potencia de carga vs tiempo del tramo tres.....	159
Figura 65.	Potencia de carga vs tiempo del tramo cuatro.....	160
Figura 66.	Potencia de carga vs tiempo del tramo cinco	161
Figura 67.	Potencia de carga vs tiempo del tramo seis	162
Figura 68.	Potencia de carga vs tiempo del tramo siete	163
Figura 69.	Tensión Calculada vs tiempo del tramo uno.....	164
Figura 70.	Tensión Calculada vs tiempo del tramo dos	165
Figura 71.	Tensión Calculada vs tiempo del tramo tres.....	166
Figura 72.	Tensión Calculada vs tiempo del tramo cuatro	167
Figura 73.	Tensión Calculada vs tiempo del tramo cinco.....	168
Figura 74.	Tensión Calculada vs tiempo del tramo seis	169
Figura 75.	Tensión Calculada vs tiempo del tramo siete	170
Figura 76.	Velocidad vs tiempo del tramo uno.....	171
Figura 77.	Velocidad vs tiempo del tramo dos.....	172
Figura 78.	Velocidad vs tiempo del tramo tres.....	173
Figura 79.	Velocidad vs tiempo del tramo cuatro.....	174
Figura 80.	Velocidad vs tiempo del tramo cinco	175
Figura 81.	Velocidad vs tiempo del tramo seis	176
Figura 82.	Velocidad vs tiempo del tramo siete	177
Figura 83.	Grafica total tramo uno	178
Figura 84.	Grafica total tramo dos	179
Figura 85.	Grafica total tramo tres	180
Figura 86.	Grafica total tramo cuatro	181
Figura 87.	Grafica total tramo cinco.....	182
Figura 88.	Grafica total tramo seis	183
Figura 89.	Grafica total tramo siete	184
Figura 90.	Grafica promedio corriente vs tiempo	186
Figura 91.	<i>Grafica promedio potencia de descarga vs tiempo.....</i>	<i>187</i>

Figura 92.	Grafica promedio potencia de carga vs tiempo.....	188
Figura 93.	Grafica promedio voltaje calculado vs tiempo.....	189
Figura 94.	Grafica promedio velocidad vs tiempo.....	190
Figura 95.	Autonomía vs Corriente.....	192
Figura 96.	Autonomía vs Potencia de descarga	193
Figura 97.	Autonomía vs Potencia de carga.....	194
Figura 98.	Autonomía vs Potencia de descarga	195
Figura 99.	Autonomía vs Velocidad del bus	196
Figura 100.	Autonomía vs Altitud.	197
Figura 101.	Autonomía vs Distancia recorrida.....	198
Figura 102.	Autonomía vs Posición del acelerador.....	199
Figura 103.	Autonomía vs SOC (%).	200
Figura 104.	Graficas de residuos para autonomía.....	205

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Procesos de carga y descarga de la batería de alta tensión.....</i>	15
Tabla 2.	<i>La autonomía de bus eléctrico K9G en ruta.....</i>	16
Tabla 3.	<i>Metodología, equipos y laboratorio donde se desarrolló el proyecto</i>	19
Tabla 4.	<i>Marcas de vehículos comercializadas en Ecuador</i>	25
Tabla 5.	<i>Ventajas y requerimientos de VE.....</i>	28
Tabla 6.	<i>Sistema de carga BYD ebus.....</i>	47
Tabla 7.	<i>Tipos de conectores para VE según norma IEC 62196-2</i>	49
Tabla 8.	<i>Parámetros para desarrollo de ciclo NEDC</i>	52
Tabla 9.	<i>Principales diferencias entre ciclo NEDC y WLTP</i>	54
Tabla 10.	<i>Ficha técnica bus eléctrico BYD K9G</i>	58
Tabla 11.	<i>Energía consumida (carga rápida).....</i>	69
Tabla 12.	<i>Costo de consumo de energía (carga rápida).....</i>	69
Tabla 13.	<i>Energía consumida (carga lenta).....</i>	70
Tabla 14.	<i>Costo de consumo de energía (carga lenta).....</i>	70
Tabla 15.	<i>Parámetros del protocolo para pruebas en bus eléctrico</i>	72
Tabla 16.	<i>Descripción del recorrido.....</i>	77
Tabla 17.	<i>Datos tabulados tramo uno.....</i>	86
Tabla 18.	<i>Datos tabulados tramo dos.....</i>	93
Tabla 19.	<i>Datos tabulados tramo tres.....</i>	100
Tabla 20.	<i>Datos tabulados tramo cuatro.....</i>	107
Tabla 21.	<i>Datos tabulados tramo cinco</i>	114
Tabla 22.	<i>Datos tabulados tramo seis</i>	121
Tabla 23.	<i>Datos tabulados tramo siete</i>	128
Tabla 24.	<i>Datos tabulados para autonomía.....</i>	136
Tabla 25.	<i>Calculo de autonomía teórica</i>	141
Tabla 26.	<i>Coeficiente de correlación lineal de todas las variables.....</i>	191
Tabla 27.	<i>VARIABLES MÁS SIGNIFICATIVAS.....</i>	201
Tabla 28.	<i>Datos seleccionados para validación del modelo</i>	202

Tabla 29.	<i>Validación del modelo matemático</i>	202
Tabla 30.	<i>Resumen de contrastes de hipótesis</i>	203
Tabla 31.	<i>Coefficientes de regresión múltiple</i>	204
Tabla 32.	<i>Recurso Humano</i>	207
Tabla 33.	<i>Recursos Tecnológicos</i>	208
Tabla 34.	<i>Recursos Materiales</i>	208
Tabla 35.	<i>Recursos Económicos</i>	209

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	<i>Regresión Múltiple</i>	57
Ecuación 2.	<i>Autonomía teórica</i>	57
Ecuación 3:	<i>Energía eléctrica en kilovatios</i>	59
Ecuación 4:	<i>Precio total de consumo</i>	59
Ecuación 5.	<i>Ecuación de Autonomía</i>	201

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación analizó los procesos de carga – descarga y determinación de la autonomía del bus eléctrico K9G BYD en diferentes condiciones de operación. El proceso de carga se realizó a partir de dos métodos definidos por la potencia de la electrolinera que fija el suministro de intensidad de corriente para carga rápida y lenta, para el primer método la pistola de carga con una potencia de 71.1 kW y el segundo método la pistola de carga una potencia de 34.9 kW. La autonomía del vehículo de pruebas se determinó a partir de un protocolo fundamentado en condiciones de tiempo de prueba, distancia recorrida, velocidad máxima, velocidad media, fases de conducción, temperatura y procesos regenerativos de carga; a partir de los que se obtuvieron datos que intervienen en el consumo de energía de la batería de alta tensión en la ruta establecida para la compañía de transporte como: corriente, estado de carga (SOC), posición del acelerador, tensión de la batería, potencia de carga y potencia de descarga. Mediante la Correlación de Pearson se estableció variables influyentes en la autonomía, por el método de regresión múltiple se determinó el modelo matemático que establece la autonomía del bus eléctrico BYD.

PALABRAS CLAVES:

- **VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**
- **PROCESOS DE CARGA - DESCARGA**
- **ESTACIONES DE CARGA**
- **BUS ELÉCTRICO K9G BYD**

ABSTRACT

In the present research project, it was analyzed the charging – discharging processes and determination of the autonomy of the K9G BYD electric bus in different conditions of operation. The loading process was made from two methods defined by the power of the Electric vehicle charging station that sets the supply of current intensity for fast and slow charging for the first method the charge gun with a power of 71.1 kW and the second method the charge gun with a power of 34.9 kW. The autonomy of the test vehicle was determined from a protocol based on conditions of test time, distance traveled, maximum speed, average speed, conduction phases, temperature and regenerative processes of load; from which data were obtained that involved in the energy consumption of the high voltage battery in the route established for the transport company such as: Current, state of charge (SOC), gas pedal position, battery voltage, load power and discharge power. Through the correlation of Pearson was established influential variables in autonomy, by the multiple regression method was determined a mathematical model which establishes the autonomy of the BYD electric bus.

KEY WORDS:

- **ELECTRICS VEHICLES**
- **CHARGE AND DISCHARGE PROCESSES**
- **CHARGE STATIONS**
- **ELECTRIC BUS K9G BYD**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes de la investigación

Es claro que la innovación tecnológica ha estado presente en la industria automotriz, en un principio para mejorar los sistemas productivos y el funcionamiento y confiabilidad de las unidades, y más recientemente enfocada a las áreas de seguridad, reducción del impacto al medio ambiente, y avance en los sistemas de navegación y electrónico, hasta llegar a las innovaciones tecnológicas puestas en marcha por algunas ensambladoras como estrategia para aumentar la penetración del mercado de ciertos modelos en particular, como son los vehículos eléctricos. (Suárez Carbajal, 2010, pág. 36)

Sin duda, en la actualidad uno de los motores más importantes del sector automotriz mundial tiene que ver con el desarrollo de nuevas tecnologías, sobre todo en materia seguridad y medio ambiente.

La protección de nuestro ambiente se ha convertido en el tema fundamental de numerosas organizaciones internacionales, partiendo del conocimiento de que el derecho a un ambiente sano está implícito en la mayoría de los enunciados de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, puesto que sólo en un ambiente adecuado puede un individuo satisfacer sus necesidades de

alimentación, salud, educación, recreación, etc. (Poveda-Burgos, Ruiz Molina, & González Ruiz, 2017, págs. 13-14)

En el Ecuador, se está dando especial importancia a la conservación y cuidado del medio ambiente, esto tiene que ver con el abuso y el desgaste que el ser humano genera de manera cada vez más notoria sobre los complejos fenómenos naturales, provocando alteraciones al medio ambiente que afectan no sólo a otros seres vivos sino también a sí mismo, más aún con nuestra identidad extractivista como sostén de la economía nacional.

Por lo que buscan nuevas estrategias de energías renovables para no contaminar el medio ambiente, enfocándose en los vehículos eléctricos los cuales tienen un efecto favorable el cual es la baja o nula contaminación directa o en su utilización. A diferencia de los automóviles de combustión cuyo movimiento se produce a consecuencia de la quema de combustibles pesados orgánicos que trae como consecuencia la emisión al exterior de CO, el automóvil eléctrico no interviene de forma directa en el aumento de la contaminación en las ciudades y por lo tanto en el crecimiento del efecto invernadero del planeta. (Larrodé Pellicer, 1997, pág. 23)

Para lo cual en el Ecuador han llegado empresas las cuales contribuyen al uso de energías renovables en sus vehículos como BYD "Build Your Dreams", es decir, construye tus sueños. La cual fue creada en China en 1995 por Wang Chuan Fu, un químico que investigaba por cuenta del gobierno y que obtuvo los

300.000 dólares que necesitaba de su familia. Construyó una fábrica de baterías y cinco años más tarde era el primer fabricante mundial de baterías para móviles que también producía. Además, Nokia, Sony-Ericsson o Motorola le encargan componentes para los suyos. (Piccione, 2009)

Con el dinero entrando a buen ritmo, en 2003 amplió sus actividades a la producción de automóviles, tras comprar Tsichuan Automobile Company, un fabricante en quiebra. Hoy ya es el tercer constructor chino, por detrás de Chana y Chery, aunque en 2009 sólo producirá 385.000 unidades. Pero, en paralelo, sacó partido de su tecnología en baterías para desarrollar coches eléctricos. (Piccione, 2009)

En el año 2008 fue lanzado el primer vehículo híbrido enchufable de producción comercial del mundo el cual fue el sedán F3DM. Posteriormente en el año 2009, BYD presentó el modelo e6, un volumen del tamaño de un Renault Scénic totalmente eléctrico lo más importante es que sus baterías de última generación de ión-litio y fosfato de hierro aseguran una autonomía de hasta 400 kilómetros. (Piccione, 2009)



Figura 1. BYD E6

Fuente: (Grande, 2013)

Según (BYD Build Your Dreams, 2019) Menciona que su tecnología es limpia y eficiente en condiciones diarias de conducción, el motor de combustión interno no es necesario ya que el motor eléctrico es capaz de conducir el vehículo con cero emisiones. Gran poder: el modo dual de BYD ha incrementado su rendimiento, con hasta 223 Kw de poder y 440Nm de torque. Garantías de seguridad: El modo dual de BYD ha pasado por rigurosos tests que prueban su seguridad, estabilidad y durabilidad. Carga conveniente: El sistema Dual Mode II usa energía de un tomacorriente eléctrico de hogar o de una estación dedicada a recargar la batería. Bajos costos de mantenimiento: En modo híbrido, el costo de rodaje del BYD Qin cuyo sistema es el BYD Dual Mode II es el equivalente aproximado de 2 Lt de combustible.

Al pasar los años las baterías de los vehículos han ido evolucionando, desarrollando así baterías de tracción en el sector industrial. Como es sabido, la batería de tracción es aquella que se utiliza como fuente de alimentación de un sistema de transporte que utiliza la tracción eléctrica como medio de propulsión en aplicaciones siempre relacionadas al transporte. (Larrodé Pellicer, 1997, pág. 107)

Tradicionalmente, las baterías de plomo-ácido han sido los dispositivos preferentes de almacenamiento de energía en los sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, como dispositivos de almacenamiento de energía, las baterías de litio, sobre todo la variedad con la que se ha trabajado en la nueva investigación, tienen características más favorables. (Amazings NCYT, 2012)

La investigación demuestra que la batería de litio tiene una eficiencia energética del 95 por ciento, mientras que las baterías de plomo-ácido usadas normalmente en la actualidad sólo tienen una eficiencia energética de alrededor del 80 por ciento. El peso las baterías de litio es más bajo, y tienen una expectativa de vida más larga que la de las baterías de plomo-ácido, alcanzando hasta 1.600 ciclos de carga/descarga, lo que significa que necesitarían ser reemplazadas con menos frecuencia. (Amazings NCYT, 2012)

La tecnología bidireccional de carga y descarga de BYD es la primera de su tipo en el mundo, la cual permite la conexión directa entre la red eléctrica y el vehículo, entre dos vehículos y entre el vehículo y un aparato eléctrico. Los vehículos eléctricos dejaron de ser simples vehículos; ahora se han convertido en una nueva forma de vida para el futuro. (Xioafei, 2014)

Durante las horas de bajo consumo de electricidad, la red suministra energía al vehículo para cargar su batería y almacenar energía. Durante las horas de alta demanda energética, el vehículo puede suministrar energía eléctrica a la red de alimentación monofásica/trifásica, lo cual optimiza la eficiencia de la red eléctrica.

Asimismo, los vehículos se pueden cargar mutuamente entre sí. Por ende se puede utilizar como un vehículo de emergencia para alimentar a otro vehículo que no funcione a falta de electricidad.

Cuando un vehículo eléctrico viaja fuera de la red eléctrica, puede servir como una

fuentes de alimentación temporal para cualquier electrodoméstico que necesite energía eléctrica, lo cual enriquece y facilita la vida de las personas cuando salen de paseo.

A pesar del alto costo de producción de los automóviles de nueva energía, la perspectiva de este sector es positiva, quien también aseguró estar convencido de que el impulso que está experimentando este sector se debe a una tendencia a nivel mundial. En la propia China es muy común ver buses y taxis eléctricos circulando por sus calles sin emitir gases contaminantes y, por tanto, siendo respetuosos con el medio ambiente. Una máxima que quiso comunicar señalando que “el objetivo de los vehículos de nueva energía es ayudar a disminuir la contaminación del aire en las ciudades más pobladas y crear un mejor ambiente de vida”. (BYD Company, 2017)

Pensamiento que se ha convertido en una carta de presentación para BYD en el extranjero y con la que están demostrando el gran potencial de la tecnología china. En América Latina, por ejemplo, ya es habitual ver taxis y autobuses eléctricos en países como México, Brasil, Chile y Colombia.

En condiciones óptimas, la mayor eficiencia energética del motor eléctrico resulta excelente; pero en condiciones frías como las descritas anteriormente, el escaso calor generado por el motor eléctrico juega en su contra, y los fabricantes se ven obligados a instalar sistemas térmicos que generen la temperatura que el motor eléctrico, por su naturaleza casi perfecta, no es capaz de generar. (Ibañez, 2018)

Esta particular adversidad no está frenando la adopción del vehículo eléctrico. Noruega, uno de los países más fríos del continente Europeo, es también uno de los líderes en la adopción del vehículo eléctrico, lo cual es bastante significativo. Pese a ello, los fabricantes no cesan el desarrollo de baterías y sistemas térmicos más eficientes cuyo impacto en la autonomía total de los vehículos sea casi inapreciable. (Ibañez, 2018)

Para lo cual la Empresa BYD y la Universidad de las Fuerzas Armadas desarrollan investigaciones que determinen particularidades de desempeño de los vehículos eléctricos comercializados por esta empresa en territorio nacional, a fin de validar la operación de vehículos eléctricos en el país, mediante el estudio de la autonomía del bus eléctrico K9G condicionado por variables como: modo de conducción, factores climáticos y geográficas, tipo de calzada, entre otros.

En Ecuador gracias a la ayuda del proyecto de ley económico urgente, el cual propone beneficios tributarios para vehículos híbridos y eléctricos, se ha logrado comercializar un a gran cantidad de vehículos desde el año 2015. Algunos de los modelos de vehículos eléctricos son Twizy y Zoe, de Renault; Leaf de Nissan; Bolt de Chevrolet; E5 de BYD y Soul de Kia. Según las características de cada uno de estos sus precios oscilan entre USD 14990 y 34990. (Pacheco, 2017)

Uno de los beneficios gracias a estos incentivos es el pago de tarifa 0% del IVA para buses y vehículos livianos eléctricos, como también para baterías y cargadores de los mismos. Otro de los beneficios es el “costo del kilovatio hora

en la ciudad de Guayaquil el cual es 0.083\$” (El Universo, 2018). Estos incentivos son de vital importancia porque son mensajes positivos para los fabricantes, para que volteen la mirada hacia naciones como Ecuador y se pueda contar con más modelos a precios competitivos.

1.2. Planteamiento del problema

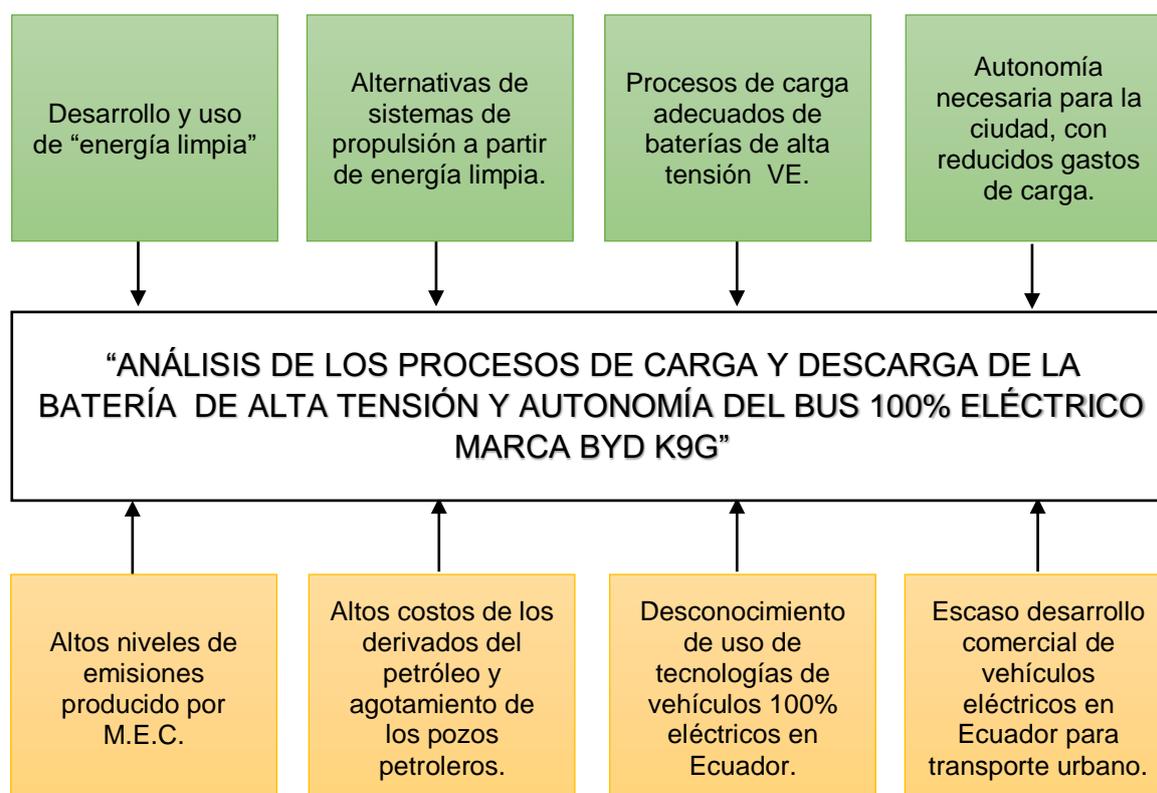


Figura 2. Planteamiento del problema.

En la actualidad se observa que los vehículos con motores de combustión interna han llegado a ser un gran problema tanto ambiental como económico para la sociedad, debido a los altos niveles de emisiones que estos producen, así como también los altos costos de combustible y mantenimientos periódicos que al pasar los años generan elevados gastos si se le suma al valor del vehículo. Otro factor de vital

importancia es el agotamiento de pozos petroleros en el país, todo esto con lleva a buscar nuevas fuentes de energía, obteniendo grandes avances tecnológicos en el ámbito automotriz como son los vehículos eléctricos los cuales utilizan sistemas de propulsión a partir de energía limpia la cual es producida mediante baterías de alta tensión, las cuales para su cuidado se debe tener procesos de carga adecuados para no acortar su vida útil.

Con la llegada de vehículos eléctricos al Ecuador aparecen algunos inconvenientes los cuales son el desconocimiento de uso de las tecnologías que trae cada uno de los vehículos, por lo cual tienen un escaso desarrollo comercial en el país tanto para transporte público como también para transporte privado, otro inconveniente que surge es la baja autonomía que poseen los vehículos eléctricos de transporte urbano debido a la alta demanda de energía de sus sistemas de propulsión y accesorios por lo que recorren distancias limitadas.

Por lo que el problema a investigar es el análisis de los procesos de carga y descarga de la batería de alta tensión y autonomía del bus 100% eléctrico marca BYD k9g.

1.3. Justificación e importancia

Debido a los altos niveles de emisiones producidos por vehículos con motores de combustión interna, así como también los precios elevados del combustible y mantenimientos que se debe realizar periódicamente al vehículo, otro factor que

influye es el agotamiento de pozos petroleros por lo que se ha optado por nuevos avances tecnológicos en el ámbito automotriz, los cuales son la utilización de energías limpias para sistemas de propulsión a base de baterías de alto voltaje, lo que se requiere es innovar y brindar nuevas alternativas de energía. Pero el desconocimiento de estas tecnologías en el Ecuador hace que estos vehículos tengan un escaso desarrollo comercial dentro del país.

Por lo que se analizó los procesos de carga y descarga de la batería de alto voltaje y la autonomía del bus urbano, es de vital importancia conocer los valores de dichos parámetros para así llamar la atención de la sociedad hacia estos vehículos brindando confiabilidad, confort y seguridad al momento de conducirlos.

Es de gran importancia tener personales técnicos especializados en los cuidados preventivos de las baterías de alta tensión, debido a que es realmente necesario reutilizar los componentes de almacenamiento de energía limpia por salvaguardar la salud del medio ambiente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Analizar los procesos de carga y descarga de la batería de alta tensión y autonomía del bus 100% eléctrico marca BYD K9G en diferentes condiciones de operación.

1.4.2. Objetivos específicos

- Investigar información bibliográfica sobre la determinación de la autonomía de un vehículo eléctrico para el estudio del bus BYD K9G.
- Realizar el levantamiento de datos en la ciudad de Guayaquil siguiendo la ruta establecida por la Compañía de Transporte.
- Analizar los procesos de carga rápida y carga lenta condicionados por parámetros establecidos por la estación de carga.
- Definir las variables que condicionan el funcionamiento del vehículo eléctrico para el proceso de descarga y autonomía.
- Realizar el análisis del bus eléctrico de acuerdo al proceso de descarga y regeneración de energía, tomando en cuenta cada uno de las variables definidas.
- Caracterizar las baterías del vehículo eléctrico BYD para relacionar los procesos de carga y autonomía.
- Definir las variables que intervienen en la determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante el protocolo WLTP.
- Aplicar el método gráfico, matemático y estadístico en los datos para la obtención de resultados.
- Analizar los datos obtenidos para la determinación de la autonomía del vehículo eléctrico.

1.5. Área de influencia

País: Ecuador

Región: Centro

Provincia: Cotopaxi.

Ciudad: Latacunga.

Parroquia: Belisario Quevedo.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.

1.6. Descripción resumida del proyecto

Se realizó investigaciones en fuentes bibliográficas confiables como son artículos científicos, publicaciones de sitios web y tesis relacionadas a la determinación de la autonomía de un vehículo eléctrico.

Mediante el levantamiento de datos en la ciudad de Guayaquil siguiendo la ruta establecida por la compañía de transporte la cual es: Enrique Gil Gilbert y 6to pasaje 5 NE (Sauces 4) – Esmeraldas y Alejo Lascano (centro de Guayaquil) - Enrique Gil Gilbert y 6to pasaje 5 NE (Sauces 4), esto se realizó gracias a la previa coordinación con la empresa BYD y la Compañía mencionada, la que permitió la recopilación de datos como son: recorrido del bus, velocidad máxima permitida, tipo de calzada, entre otros; se realizó una investigación de campo considerando aspectos de carga y autonomía del bus eléctrico K9G, mediciones tomadas en tiempo real a diferentes

condiciones

Mediante el protocolo WLTP (Procedimientos Mundialmente Armonizados para Pruebas de Vehículos), se procedió a establecer las variables que inciden en la autonomía del vehículo bus eléctrico K9G a partir de ciclos de conducción real, el cual simula una conducción en ciudad, carretera y autopista; además de condiciones de carga, promedio de personas que se desplazan en el vehículo y tiempos medios de operación de consumidores eléctricos del aire acondicionado y sistema de luces.

Se realizó el análisis del proceso de carga y descarga de las baterías de alta tensión del bus eléctrico de acuerdo a los tipos carga rápida y carga lenta, para la obtención de los datos como tiempo, corriente, voltaje, kilometraje y porcentaje de carga de batería.

Se analizó la incidencia de los modos de conducción en la autonomía del bus eléctrico K9G, considerando particularidades de manejo del móvil de acuerdo a la ruta, conductor y otros aspectos que influyan en la demanda de energía del sistema de propulsión eléctrico.

Mediante el análisis de la funcionalidad y caracterización de la batería de alta tensión utilizada en el bus K9G se recopiló las ventajas y desventajas que se obtendrán a lo largo de la operación de dicho vehículo.

Se determinó el tiempo de vida útil de las baterías y los cuidados preventivos que

se deben realizar en las mismas para que tenga un tiempo prolongado de utilización, como también se estableció la solución para que puedan ser reutilizadas a futuro y no formen parte de la contaminación del ambiente.

Se desarrolló un método de análisis gráfico, matemático y estadístico que determinó condiciones apropiadas del proceso de carga, así como también proyección de la autonomía en relación a factores, condiciones de carga, accesorios y movilidad del medio de transporte público en zonas urbanas.

1.7. Metas

- Se determinó la autonomía del vehículo eléctrico de transporte urbano K9G mediante el protocolo de homologación WLTP (Procedimientos Mundialmente Armonizados para Pruebas de Vehículos) y se llegó a conocer cuál es la relación existente entre: el dato de autonomía expresada por la marca BYD de 300 km y la que se obtendrá en condiciones reales de funcionamiento.
- Se determinó la serie de soluciones que se pueden obtener para la reutilización de las baterías del bus eléctrico aportando en gran medida con los cuidados preventivos y la estimación de la vida útil de dichas baterías para salvaguardar la salud del medio ambiente.

1.8. Hipótesis

El análisis de los procesos de carga y descarga de la batería de alta tensión y

autonomía permitirá conocer el valor real de la distancia que puede recorrer el bus 100% eléctrico BYD K9G sin que deba recargar la batería, bajo diferentes condiciones de funcionamiento.

1.9. Variable de la Investigación

1.9.1. Variable Independiente

Tabla 1.

Procesos de carga y descarga de la batería de alta tensión

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
El estado de es el nivel de carga de la batería, normalmente expresado como un porcentaje del total de la capacidad máxima que tiene. El complemento del SOC es el DOD que es la profundidad de descarga, indicando la descarga de la batería. Así un 40 % de SOC es equivalente a un 60 % de DOD.	- Académica - Tecnológica	Intensidad de corriente	A	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Pruebas - Guías de Ensayo
		Tensión	V	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Pruebas - Guías de Ensayo
		Tiempo de carga	h	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Pruebas - Guías de Ensayo
		Proceso de Carga	Kwh	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Pruebas - Guías de Ensayo
		Capacidad de carga	A-h	Calculo	Ecuaciones
		Temperatura	°C	Medición Experimental	Scanner
		Porcentaje de carga	%	Medición Experimental	Scanner
		Porcentaje de descarga	%	Medición Experimental	Scanner

1.9.2. Variable Dependiente

Tabla 2.

La autonomía de bus eléctrico K9G en ruta

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Característica de los vehículos en la que pueden circular por un recorrido sin necesidad de recargar su fuente de energía.	- Académica - Tecnológica	Velocidad	Km/h	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Procedimiento
		Distancia recorrida	Km	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Procedimiento
		Potencia de Accesorios	kW	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Procedimiento
		Capacidad de Pasajeros	Unidad	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Procedimiento
		Condiciones climáticas (temperatura – humedad)	°C %	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Procedimiento
		Condiciones climáticas (temperatura – humedad)	°C %	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Procedimiento
		Condiciones climáticas (lluvia – soleado)	°C % lt/m ²	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Procedimiento
		Condiciones Geográficas	Altitud Pendiente	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Procedimiento
Peso	kg	Medición Experimental	- Protocolo - Guías de Procedimiento		

1.10. Metodología de la investigación del proyecto

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se analizó los métodos de estudio que se ejecutaron para las distintas fases de obtención de datos. En el siguiente diagrama se especifica los métodos que se utilizó.

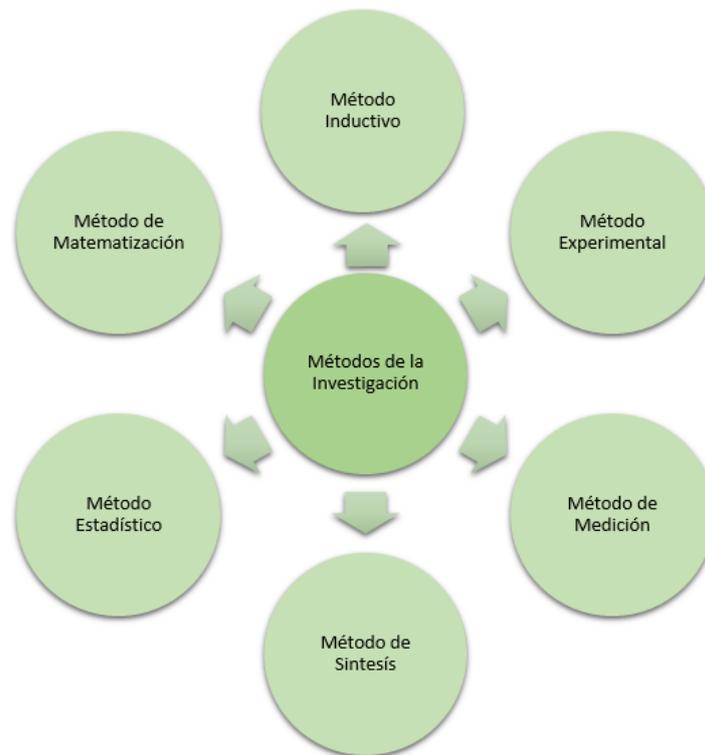


Figura 3. Métodos de investigación.

Método inductivo

En este proyecto se realizó un método inductivo, basándose en los parámetros que condicionan la autonomía del vehículo eléctrico (factores, condiciones de carga, accesorios y movilidad del medio de transporte público), dichas condiciones son las que otorgaron nuestra base de datos con los cuales se determinó si el vehículo eléctrico de transporte urbano K9G, posee una autonomía aceptable para su operación en la ciudad de Guayaquil.

Método Experimental

Mediante el ciclo homologado WLTP se procedió a hacer un análisis de los

factores que afectan directamente en la autonomía del vehículo eléctrico K9G de la empresa BYD, realizando pruebas de distancia, tiempo de duración de prueba, temperatura, velocidad máxima y media, tiempos de aceleración y frenado, y sobre todo como van involucrándose directamente con la medición del consumo de la batería de alta tensión con su carga máxima; ya sea en carga lenta o rápida, antes de empezar esta prueba.

Método Estadístico

Una vez obtenidos los datos, se procedió a realizar tabulaciones de los datos para generar gráficas, que a su vez mostraron las condiciones diferentes a las que se sometió la operación del vehículo eléctrico K9G; para conocer cuáles son los parámetros óptimos en los que el automotor posee la mejor autonomía, en las tabulaciones se pudo observar como las condiciones varían según los siguientes parámetros: condiciones de manejo, modalidad de conducción, condiciones climáticas y geográficas, carga lenta y rápida.

Método Matemático

Este método se desarrolló una vez finalizada la obtención de datos, mediante el ciclo homologado WLTP y obtención de valores tabulados de corriente de descarga, energía de descarga, tiempo de operación en prueba, recorrido y posición del acelerador; como variables que interceden en nuestro modelo matemático para la determinación de la autonomía; la cual estuvo delimitada por los valores cambiantes

en las pruebas a realizar en condiciones de funcionamiento del bus eléctrico K9G.

Método Analítico

Una vez realizados todos los métodos mencionados se procedió a realizar un análisis exhaustivo de las condiciones de funcionamiento del medio de transporte público K9G, que son los que determinaron la autonomía del vehículo, es de gran importancia conocer detalle a detalle cómo afectan los parámetros ya mencionados en la operación del vehículo; y los cuales arrojaron valores reales de funcionamiento del vehículo mediante el protocolo WLTP que indicará la diferencia entre un valor teórico y práctico en la autonomía del bus eléctrico.

Tabla 3.

Metodología, equipos y laboratorio donde se desarrolló el proyecto

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Inductivo	En este proyecto se realizó el método inductivo, basándose en los parámetros que condicionan la autonomía del vehículo eléctrico (factores, condiciones de carga, accesorios y movilidad del medio de transporte público), dichas condiciones son las que otorgaron nuestra base de datos con los cuales se determinó si el vehículo eléctrico de transporte urbano K9G, posee una autonomía aceptable para su operación en la ciudad de Guayaquil.	<ul style="list-style-type: none"> • Scanner Automotriz • Computador 	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Km. 10,5 vía al Pan – Daule, Guayaquil, Ecuador.
Experimental	Según (Rodríguez & Valldeoriola, 2009) “El método experimental se caracteriza, básicamente, por la manipulación intencional de una o más variables independientes, para observar/medir su influencia en una o más variables dependientes, y por la asignación aleatoria de los sujetos.” Mediante el ciclo homologado WLTP se procedió hacer un análisis de los factores que afectan directamente en la autonomía del vehículo eléctrico K9G de la empresa BYD, realizando pruebas de distancia,	<ul style="list-style-type: none"> • Scanner Automotriz. • Realización de pruebas 	Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Ruta: Sauces 4 – Centro de Guayaquil – Sauces 4.

CONTINÚA →

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Medición	<p>tiempo de duración de prueba, temperatura, velocidad máxima y media, tiempos de aceleración y frenado, y sobre todo como van involucrándose directamente con la medición del consumo de la batería de alta tensión con su carga máxima; ya sea en carga lenta o rápida, antes de empezar esta prueba.</p> <p>En la investigación científica los fenómenos a explicar y por lo tanto a medir tienen como base, la teoría. La teoría juega un papel clave en la manera de establecer los elementos en el proceso de medición. Esta circunstancia obliga al investigador a conocer a profundidad la teoría que orienta su pregunta de investigación, es necesario, tener claridad en las relaciones que existen en sus constructos, para que pueda estar preparado para utilizar instrumentos de mediciones confiables y válidas. (Mendoza & Garza, 2009)</p> <p>Con el método de medición se verificó que los parámetros de operación del prototipo del vehículo eléctrico son los indicados, se obtuvo valores de voltaje y corriente para que pueda brindar un adecuado monitoreo en tiempo real.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Scanner Automotriz 	<p>Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Ruta: Saucos 4 – Centro de Guayaquil – Saucos 4.</p>
Síntesis	<p>Según (Abreu, 2014) “Es un método fundamental para toda investigación científica o académica y es necesario para realizar operaciones teóricas como son la conceptualización y la clasificación.”</p> <p>Se utilizó este método para direccionar con criterio y orden los conocimientos elementales hasta llegar a obtener datos que permitan obtener la autonomía del vehículo eléctrico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Microsoft Office • Tesis • Artículos 	<p>Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE</p>
Estadístico	<p>Una vez recopilada la información, se procedió a realizar tabulaciones de los datos para poder generar gráficas, que a su vez mostrarán las condiciones diferentes a las que se sometió la operación del vehículo eléctrico K9G; para conocer cuáles son los parámetros óptimos en los que el automotor posee la mejor autonomía, en las tabulaciones se observó como las condiciones varían según los siguientes parámetros: condiciones de manejo, modalidad de conducción, condiciones climáticas y geográficas, carga lenta y rápida.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Microsoft Office 	<p>Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE</p>
Matematización	<p>Generaliza el aspecto cuantitativo de los fenómenos, compara las magnitudes medibles y los procesos lógicos que representan la información a través de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Microsoft Office • Calculadora 	<p>Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas</p>

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
	<p>números. La matematización está constituida por los métodos estadísticos y el cálculo de las probabilidades. Los métodos estadísticos se ocupan de las técnicas y procesos estadísticos con la finalidad de probar las hipótesis; el cálculo de probabilidades es el conjunto de reglas que permiten calcular las probabilidades que existen para que ocurra un fenómeno. (Espinoza Requejo, 2014)</p> <p>Se hizo uso del método de matematización para la obtención de la autonomía mediante ecuaciones matemáticas que facilitaron evidenciar el correcto funcionamiento de los componentes que fueron monitoreados mediante el scanner VDS 2000.</p>	científica	Armadas ESPE

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Vehículo Eléctrico

Un vehículo eléctrico es aquel que utiliza la energía química guardada en una o varias baterías recargables. Se impulsa con la fuerza que produce un motor alimentado por electricidad; ya que estos motores eléctricos se pueden enchufar a la red para recargar las baterías mientras está aparcado, siempre que la infraestructura eléctrica lo permita, tiene un motor eléctrico que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. (Torres Sarmiento, 2015, pág. 4)



Figura 4. Bus Eléctrico.

Fuente: (BYD Build Your Dreams, 2017)

2.1.1. Tipos de vehículo eléctrico

Existen algunos tipos de vehículos eléctricos los cuales son: 100% eléctricos, con autonomía extendida, híbridos enchufables y eléctricos híbridos. A continuación se

procede a detallar cada uno de ellos.

- **Vehículos 100% eléctricos**

También llamados BEV (Battery Electric Vehicle), disponen de un motor eléctrico que transforma la energía almacenada en las baterías en energía cinética que se transmite directamente a las ruedas. Son vehículos que no requieren demasiado mantenimiento. Aprovechan la energía de las frenadas y los desniveles para generar electricidad que se acumula en las baterías. Tienen una autonomía de hasta 300 km. (Rousaud, 2017)

- **Vehículo eléctrico con autonomía extendida**

En inglés, REEV (Range Extender Electric Vehicle), son vehículos eléctricos con un pequeño motor extra de combustión, que sirve para generar electricidad que alimenta la batería cuando se ha descargado para tener un extra de autonomía. Una vez baja la batería, el conductor puede parar en un punto de recarga o accionar el motor extra, que a la vez carga de nuevo la batería. Tienen una autonomía de hasta 240 km más 200 km adicionales del motor de apoyo. (Rousaud, 2017)

- **Vehículos híbridos enchufables**

Del inglés. PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle), disponen de dos motores, uno

eléctrico alimentado por baterías y uno convencional gasolina o diésel. Pueden funcionar en modo eléctrico en recorridos urbanos disponiendo de una autonomía considerable y usar el motor de combustión en desplazamientos por carretera; en este caso, la autonomía y la potencia máxima dependen del motor convencional. Tienen una autonomía de 40 km y 1.100 km adicionales con motor térmico. (Rousaud, 2017)

- **Vehículos eléctricos híbridos**

Los vehículos eléctricos híbridos o HEV (Hybrid Electric Vehicles) disponen de los mismos elementos que los enchufables, pero la batería únicamente se recarga aprovechando la energía de las frenadas y la inercia en los desniveles; no tiene la opción de enchufarse. Tienen una autonomía de 20 km y 1.100 km adicionales con motor convencional gasolina o diésel. (Rousaud, 2017)

2.1.2. Vehículos eléctricos en el Ecuador

Siete modelos de vehículos 100% eléctricos se encuentran disponibles en el Ecuador. De ellos, dos ya están en etapa de comercialización y los cinco restantes se encuentran en etapa de pruebas, a la espera de definiciones de precios o de la instalación de infraestructura para su mejor funcionamiento. Las marcas involucradas en este proceso son Nissan, BYD, Toyota, Green Wheel (Ambacar), Renault y Kia. Estas dos últimas lideran la introducción de los modelos y ya los comercializan o están en etapa de preventa. (Araujo, 2016)

Tabla 4.
Marcas de vehículos comercializadas en Ecuador

MARCA	MODELO	AUTONOMÍA ELÉCTRICA (km)	CONSUMO (Wh/km)	ALIMENTACIÓN (V)	PRECIO (\$)	IMAGEN
RENAULT	Twizy	120	63	220 – 110	16.990	
KIA	SOUL EV	200 – 212	164	220 – 110	34.990	
NISSAN	LEAF	175	173	220	39.990	
TOYOTA	COMS	60	28	220	18.990	
BYD	E6	290 – 300	205	220	48.000	
RENAULT	KANGOO ZE	170	155	220	30.000	
AMBACAR	GREEN WHEEL	100	48	220 – 110	14.000	
BYD	BUS K9G	300	930	440	430.000	

Fuente: (Vélez Sánchez, 2017)

2.2. Sistema de propulsión eléctrica.

En la actualidad los vehículos eléctricos buscan innovaciones tecnológicas, incorporando un sistema de propulsión integrado directamente a las ruedas, esto permitirá realizar un cambio en la disposición de tren propulsor que lo que busca este tipo de configuración es reducir el espacio y peso, apostando por un aumento de su rendimiento. El desafío en este tipo de disposición del motor en las ruedas cae sobre sus rodamientos los cuales estarán sometidos a elevadas fuerzas en sentido perpendicular a la marcha, así como de tolerar el par motor. (Maurad Yubi & Armijos Illescas, 2018, pág. 16)

El vehículo eléctrico es propulsado por uno o varios motores eléctricos, su función es transformar la energía eléctrica que llega de las baterías en movimiento. Esta energía puede ser aprovechada en forma de corriente continua o en forma de corriente alterna. En este último caso se requiere un inversor. Otro elemento fundamental es el controlador electrónico y el conversor DC/AC. (Ríos Ocampo, 2017)

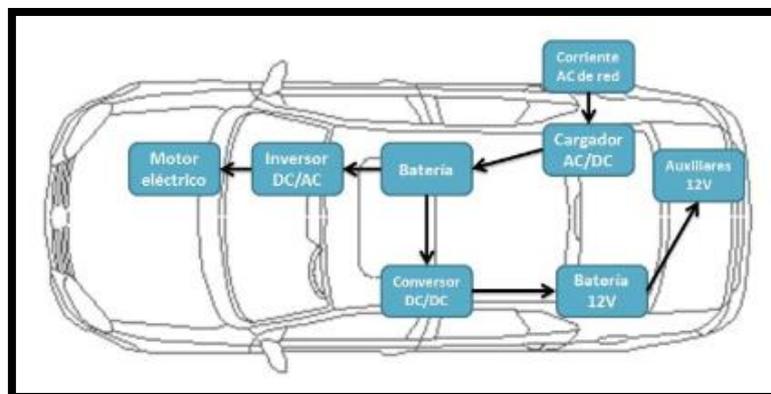


Figura 5. Sistema de propulsión eléctrica
Fuente: (Ríos Ocampo, 2017)

2.2.1. Principio de funcionamiento.

El vehículo eléctrico basa su principio de funcionamiento en el uso de uno o varios motores eléctricos que generan movimiento a partir de energía eléctrica que esta previamente almacenada en baterías recargables, esta energía se transforma en energía cinética para la tracción del vehículo. (Maurad Yubi & Armijos Illescas, 2018)

A través de las señales del freno y del acelerador, el controlador electrónico gestiona los subsistemas para proporcionar la correspondiente potencia de

tracción como la de frenado. Asimismo, la unidad de suministro de energía de auxiliares proporciona la potencia necesaria con diferentes niveles de tensión para todos los auxiliares: el sistema de dirección, la climatización, etc. Un aspecto a tener presente en el diseño de la capacidad de las baterías es la energía necesaria para afrontar el accionamiento de dichos auxiliares. (López Martínez, 2018)

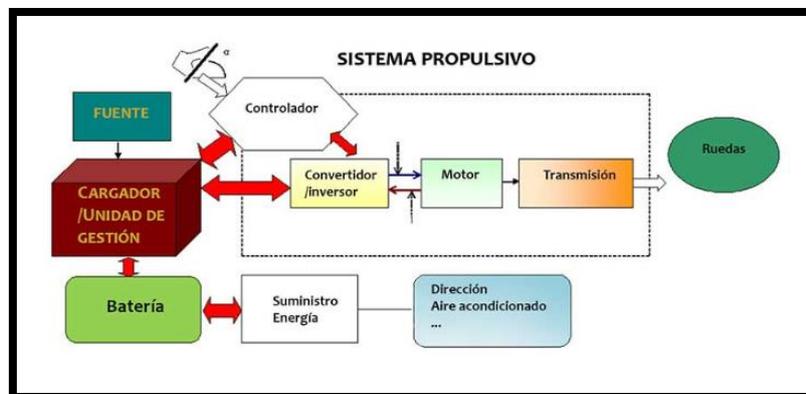


Figura 6. Configuración del vehículo eléctrico
Fuente: (López Martínez, 2018)

2.2.2. Ventajas y requerimientos de la propulsión eléctrica.

El sistema de propulsión eléctrica tiene ventajas considerables al momento de compararse con vehículos de combustión convencional, no solo convierte la corriente en movimiento del automotor sino también utiliza la energía cinética generada en el movimiento para la regeneración de las baterías, siendo un proceso significativo en ciclo urbano ya que un 60 % de la energía total se invierte y aproximadamente más de la mitad de energía eléctrica puede recuperarse en el periodo de desaceleración. (Augeri, 2012)

Tabla 5.*Ventajas y requerimientos de VE.*

VENTAJAS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.	REQUERIMIENTOS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS PARA SU INGRESO EN EL MERCADO.
CO ₂ neutro utilizando energía renovable	Aseguramiento de un nivel autonomía adecuado
Alto rendimiento del sistema propulsor	Seguridad en el sistema de almacenamiento de energía eléctrica
Bajo coste de operación	Amplia disponibilidad de puntos de carga
Funcionamiento silencioso	Tiempos de carga aceptable
Posibilidad de utilización de la red eléctrica existente.	Disponibilidad de energías renovables para el suministro de vehículos.
Emisiones cero en punto de uso	Reducción del coste inicial de las baterías y otros componentes.

Fuente: (López Martínez, 2018)

2.3. Sistema electrónico.

El sistema de control del bus BYD K9G gestiona el vehículo en su máxima eficiencia controlando la energía usada por el mismo, lo cual incluye la energía para mover el bus así como también la energía usada para dispositivos auxiliares, como el aire acondicionado, los calentadores, los focos delanteros y el sistema de navegación. El control de sistema monitorea los requisitos y las condiciones operativas de componentes del sistema eléctrico, como elemento principal, el motor eléctrico que es la fuente de energía para el vehículo. (BYD Auto Industry Company Limited, 2019)

El sistema de control también tiene en cuenta las informaciones que recibe del sensor de freno, sensor de velocidad, posición del acelerador, como se puede observar mediante diagramas de bloques en la Figura 12.

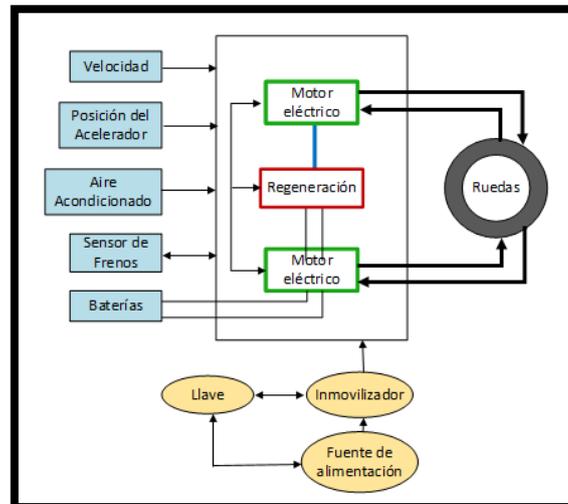


Figura 7. Gestión electrónica del bus

El controlador electrónico del vehículo está equipado generalmente en la cubierta del aparato eléctrico del compartimento delantero, con un conector de baja tensión orientado hacia abajo. Durante la instalación, se debe asegurar de que dentro de 100 mm por debajo de la toma, no existan otros aparatos eléctricos u objetos perturbadores que afecten la instalación y la conexión. El controlador del vehículo está fijado con 4 tuercas de brida hexagonal y 4 pernos de soldadura posterior del panel de cobertura del aparato eléctrico. (BYD Auto Industry Company Limited, 2019)

2.3.1. Sensores del sistema electrónico

- **Sensor de botón de encendido (sin llave).** En la actualidad los vehículos eléctricos cuentan con un sistema de inicio de funcionamiento diferente, antes se lo realizaba girando una llave mientras que ahora es mediante un botón que tiene un sensor incorporado y que permite encender el bus cuando el control del sistema keyless está cerca. (Sociedad de Tecnicos de

Automoción (STA), 2011)

- **Sensor de control crucero.** Según (Sociedad de Tecnicos de Automoción (STA), 2011) “Es el sistema que asiste al conductor a considerar las distancias con respecto a otros vehículos se encuentra este sensor para brindar una visión de tráfico alrededor del bus.”
- **Sensores de temperaturas de baterías.** Son sensores que controlan la temperatura de funcionamiento de las baterías de alta tensión con la finalidad de proporcionar información a la ecu para establecer la correcta disipación de calor de las mismas, así como también cuenta con un sistema de seguridad en caso de que la temperatura se eleve más de lo normal para su óptimo funcionamiento. (Sociedad de Tecnicos de Automoción (STA), 2011)
- **Sensores de corrientes.** Son aquellos que dan la información de la corriente que consume el vehículo en el momento de su operación, esto para considerar cual es la cantidad que se va desgastando en su desplazamiento. Trabaja conjuntamente con sensores de velocidad de los motores eléctricos. (Sociedad de Tecnicos de Automoción (STA), 2011)
- **Sensores de velocidad.** Según (Sociedad de Tecnicos de Automoción (STA), 2011) “El bus eléctrico consta con sensores de velocidad de cada motor eléctrico para determinar la cantidad de potencia eléctrica que necesita el vehículo para desplazarse de acuerdo a la posición del acelerador.”
- **Sensor de posición de acelerador.** Según (Sociedad de Tecnicos de Automoción (STA), 2011) “Indica el porcentaje en que se encuentra presionado el pedal del acelerador con la finalidad de informar al ecu cuanta

energía necesita los motores eléctricos para desplazarse.”

- **Sensor de presión de aire.** Indica la presión que existe en el sistema tanto para la suspensión como para el sistema de freno, cuando el vehículo no cuenta con la presión de aire necesaria la ecu tiene un sistema de seguridad que no permite desplazar el bus hasta que el compresor de aire genere la presión idónea para el funcionamiento. (Sociedad de Tecnicos de Automoción (STA), 2011)

2.4. Motores eléctricos.

2.4.1. Motores Asíncronos

Un motor asíncrono o de inducción “funciona a base de inducción electromagnética, puede ponerse en marcha por si solo y producir suficiente par sin anillos deslizantes”. Es muy difícil llegar a contar con sus polos, en donde el rotor más utilizado por este tipo de motores es el “*rotor de jaula de ardilla*” en cual consta de un núcleo de hierro laminado y ranurado, en donde en estas últimas se coloca conductores solidos de cobre a presión. Se produce un campo magnético rotacional, en donde las líneas de flujo cortan las espiras en corto circuito, las que se encuentran alrededor de la superficie cilíndrica del rotor de jaula de ardilla generado voltaje en ella por inducción electromagnética. La corriente circulante en el rotor produce sus propios campos magnéticos intensos. Estos cambios de flujo producen sus propios polos, que serán atraídos al campo rotatorio. (Carreón Bolivar, y otros, 2019)

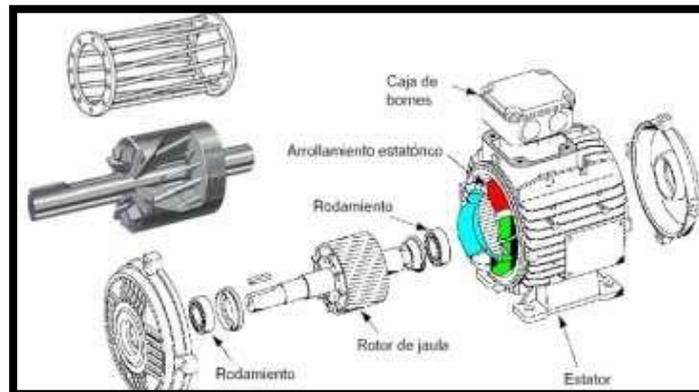


Figura 8. Motor AC de inducción.
Fuente: (Unsihuay Tovar, 2009, pág. 18)

2.4.2. Motores síncronos de imanes permanentes

Utiliza la energía eléctrica almacenada en el interior de la batería de alto voltaje para accionar el vehículo (tiene la misma función que el motor de combustión en un vehículo convencional). Estos motores también son capaces de hacer lo contrario, y transforman el movimiento en electricidad gracias al inversor. (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017, pág. 8)

El motor utilizado por la marca BYD para la línea de modelos K9 es el AC síncrono de imanes permanentes, tienen la característica de que la velocidad del rotor es igual a la velocidad del campo magnético del estator, significa que giran sincronizados con la frecuencia de red de corriente que los alimenta, hasta el máximo par motor. Tienen una excitación constante que da mejor respuesta ante variaciones de carga, presentan un regulador electrónico el cual permite arrancar el motor y regular el par de salida. (Maurad Yubi & Armijos Illescas, 2018, pág. 18)

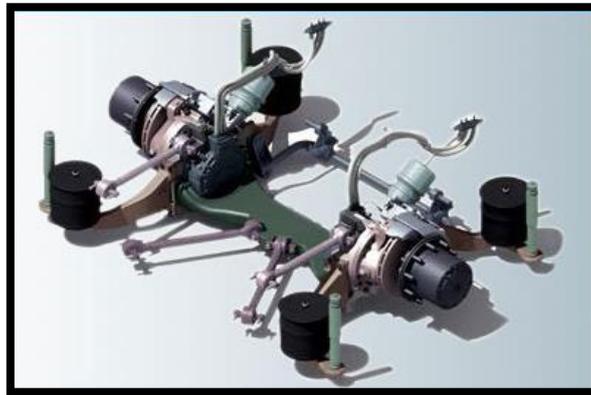


Figura 9. Motores AC síncronos de imanes permanentes.
Fuente: (BYD Company Limited, 2019)

2.4.3. Motores de flujo axial.

Este tipo de motores por lo general, tienen aplicación en las ruedas del vehículo debido a la tecnología que estos utilizan. Estos motores permiten variar la posición de los imanes y devanados del rotor y estator, el flujo de campo magnético que estos permiten es paralelo al eje motor ocupando un volumen reducido. La fuerza electromagnética entre el rotor y estator es de forma axial, por lo que no se ven afectados los rodamientos que soporta el eje. La arquitectura del motor axial permite separar al estator en dos en dos discos que actúan sobre el rotor, este último no es más que otro disco alojado entre los del estator. (Ballesteros de Andrés, 2012)

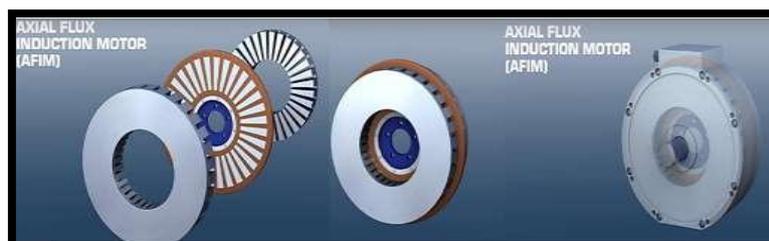


Figura 10. Motores de flujo axial.
Fuente: (Rousaud, 2017)

2.4.4. Motores de flujo axial

Está conocido también como motor brushless, es un motor que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor. En lo que respecta a su funcionamiento, la corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator o carcasa, por lo tanto, aquí no son necesarias ni las escobillas ni el colector que se utilizan en los brushed. (Bueno, 2013, pág. 1)

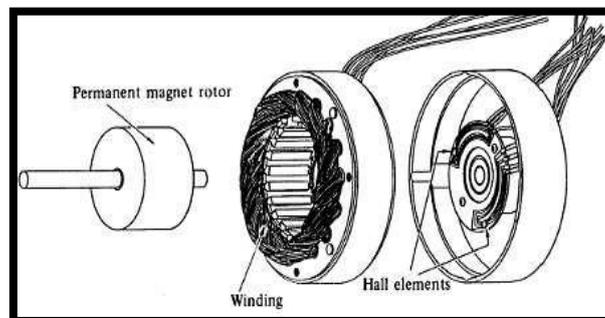


Figura 11. Despiece de Motor Brushless DC.
Fuente: (Rousaud, 2017)

2.5. Inversor.

Dentro de los componentes más sobresalientes de los vehículos eléctricos, no puede faltar el inversor o controlador el cual cumple una función importante a la hora de transportar la energía almacenadas por las baterías hacia el motor eléctrico, en donde se encarga de modificar o variar el voltaje, señales o formas de onda, según como lo demande el usuario al pisar el pedal del acelerador. (Maurad Yubi & Armijos Illescas, 2018, pág. 19)

El inversor o controlador es el encargado de convertir un determinado voltaje de

entrada de corriente continua en un voltaje de salida de corriente alterna, variando, transformando o modificando el voltaje entrante con el voltaje suministrado, así como de su onda o señal. También es el encargo de recuperar la energía del motor, transformando "la energía obtenida por el freno regenerativo para alimentar las baterías" y viceversa. (Bueno, 2013)



Figura 12. Inversor

Fuente: (Augeri, 2012)

2.5.1. Funciones del inversor

Según (Espinosa Chicaiza & Flores Villacis, 2019) dentro del conjunto que se conoce como inversor se tiene varias etapas o sistemas independientes, dentro de las funciones de este elemento se tienen, por ejemplo:

- Elevar la tensión de 220 V aproximadamente a una tensión de 500 VDC aproximadamente, esto lo logra con un circuito Amplificador.
- Con la tensión de 500VDC y usando la electrónica de potencia generar una corriente alterna en tres fases para conseguir el movimiento de MG2 y MG1 de forma independiente, dentro del inversor se consigue la etapa

de potencia, pero el control está a cargo de la unidad de control del sistema HV.

- Permitir invertir la situación de operación de MG1 Y MG2, logrando por momentos convertirlos en generadores, y llevando esta carga hasta la batería de alta tensión HV.
- Utilizando la tensión de la batería de alta Tensión HV, generar una corriente alterna en tres fases, que sea capaz de mover un motor eléctrico que opera el sistema compresor para el Aire Acondicionado.
- Permitir la carga de la batería de 12 V utilizando como fuente la carga de alta tensión de la batería HV, para esto utiliza un circuito conversor DC – DC incorporado en el mismo conjunto del inversor, toda la gestión es dada por la unidad de control electrónico del sistema híbrido HV. (Espinosa Chicaiza & Flores Villacis, 2019, págs. 39-40)

En el análisis del circuito electrónico en el interior del INVERSOR, se encuentra el sistema dividido en dos partes, una encargada de manejar los Moto Generadores y otra que maneja el motor del Aire Acondicionado y el conversor DC – DC. La primera contiene una fuente (ELEVADOR), que levanta a partir de los 220 V aprox. de la batería hasta una tensión de 500 V y la segunda que opera con la tensión de 220 V Aprox. (Augeri, 2012)

2.5.2. Aplicación de los inversores

La mayoría de las aplicaciones de las fuentes renovables de energía cuentan

con una etapa de conversión, o sea, utilizan convertidores o inversores para su funcionamiento. Debido a su bajo costo, alta eficiencia, robustez, especificación de alta tensión y corriente, estos convertidores CA-CD se usan mucho, en casi todas las transmisiones de CD en alta tensión y en muchas aplicaciones industriales tales como: control de elevadores; propulsores de velocidad variable; interruptores estáticos; control de motores; recortadores e inversores; cargadores de baterías; circuitos de protección; control de potencia en calefactores eléctricos. (Díaz Santos, Castro Fernández, & Corral Martínez, 2012)

2.6. Baterías de alta tensión

Las baterías de alta tensión almacenan la energía suministrada a través del punto de carga mediante reacciones electroquímicas y también son las encargadas de suministrar la energía que necesitan los vehículos para su correcto funcionamiento.

2.6.1. Características de baterías de alta tensión

- **Propiedades eléctricas.** La capacidad de generar una cantidad de energía, sin que su potencial disminuya a valores insignificantes, es la característica principal de una batería y se puede expresar con diferentes magnitudes como puede ser en culombio o amperios-hora La capacidad depende de la cantidad del material activo utilizado, que lleva en algunos casos a confusiones y caracteriza una batería en particular. (Hamel

Fonseca, 2011, pág. 47).

- **Capacidad específica.** Otra característica importante de las baterías de alta tensión es la capacidad específica. “Es la capacidad de una batería por unidad de masa (Kg) en algún caso o de volumen en otro (lt), dependiendo de la aplicación en la que se desee utilizar” (Hamel Fonseca, 2011, pág. 47).
- **Vida media.** La vida media de una batería “Es el número de veces que las celdas pueden ser sometidas a ciclos de carga y descarga antes de ser desechadas” (Hamel Fonseca, 2011, pág. 47).
- **Energía específica.** Es la cantidad de energía eléctrica almacenada por cada kilogramo de la batería por un cierto tiempo (bajo condiciones óptimas). Conociendo la capacidad energética se puede dividir para la energía específica para conseguir una aproximación a la masa de la batería. La energía específica no puede ser utilizada más que como una guía debido a que la energía almacenada puede variar dependiendo la temperatura y la tasa de descarga. (Chuquimarca Tandazo & Suin Uyaguari, 2017, pág. 5)
- **Tiempo de recarga.** Es el tiempo que se demora para tener cargada completamente la batería se expresa en horas.
- **Voltaje de celda.** Es el voltaje que tiene cada una de las celdas del pack de baterías, en el caso del bus eléctrico K9G la tensión de cada celda es de 3.2 voltios.
- **Estado de salud (SOH) %.** Es una indicación acerca del estado de envejecimiento fallo que tiene una batería secundaria. Es la relación entre

la electricidad media durante un ciclo de descarga y la capacidad nominal o capacidad máxima. (Chuquimarca Tandazo & Suin Uyaguari, 2017, pág. 7)

2.6.2. Material base de las baterías

Según (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017) “los materiales de baterías más utilizadas en los vehículos eléctricos en la actualidad son: plomo – ácido, níquel – cadmio (NiCd), níquel – hidruro metálico (NiMH), iones de litio (Li-ion), hierro – fosfato. A continuación se procederá a detallar cada una de ellas.”

- **Baterías de plomo – ácido.** Las baterías de plomo-ácido son las primeras baterías que aparecieron con una baja relación entre la electricidad acumulada, el peso y el volumen. Este tipo de baterías ocupaban mucho espacio por tanto pesaban más, con una autonomía promedio de duración, pero con una ventaja, su coste es reducido. Otra de las ventajas es la tasa de reciclaje que supera el 90%. (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017, pág. 11)
- **Baterías de níquel - cadmio (NiCd).** Estos tipos de baterías utilizan un ánodo y un cátodo de cadmio tiene una gran duración (más de 1500 recargas), pero con una baja densidad energética de 50 kw/kg, también se ven afectadas por el efecto memoria (fenómeno que reduce la capacidad de las baterías con cargas incompletas). (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017, pág. 11)

- **Baterías Ni – MH (Níquel – Hidruro Metálico).** Las baterías de Ni-Cd, fueron reemplazadas por las baterías Ni-MH, que en su composición cambia el ánodo de Cd por un hidruro metálico. Estas baterías se utilizan para instrumentos médicos, vehículos híbridos y aplicaciones industriales. Las baterías de Ni-MH están disponibles en distintos tamaños. (Parra Fica, 2014, pág. 26)
- **Baterías iones de litio (Li - ion).** La densidad de energía de una batería de la familia del litio es aproximadamente más del doble que en una batería de níquel-Cadmio. Los investigadores aseguran que la batería de litio puede alcanzar un potencial muy superior al actual. El voltaje de una celda de la familia de litio oscila entre los 3.3 a 3.7 Voltios. Para alcanzar un voltaje similar con una batería de níquel-Cadmio sería necesario utilizar tres células conectadas en serie. (Peña Ordóñez, 2011, pág. 28)
- **Baterías de hierro – fosfato.** La batería de hierro y fosfato BYD ha sido desarrollada para impulsar sus automóviles, autobuses y carretillas. Con años de experiencia en tecnología de baterías, la batería de fosfato de hierro BYD es segura, estable, ecológica y garantiza una vida útil más larga. (BYD Auto Industry Company Limited, 2019)

Según (Materials Handling Equipment, 2019) las características de las baterías hierro – fosfato son:

- Ciclo de vida extremadamente largo: la capacidad restante será más del 70% después de 15 años de funcionamiento.

- Extremadamente seguro: BYD, la batería de Fe, no emite gases inflamables (hidrógeno ni oxígeno) como lo hacen otras tecnologías de baterías. Como resultado, las explosiones causadas por gases son una imposibilidad física.
- Respetuoso con el medio ambiente: la batería BYD Fe no contiene ácido corrosivo ni metales pesados contaminantes, como lo hacen otras tecnologías, por lo que se convierte en la batería más respetuosa con el medio ambiente disponible.
- Funciona bien en temperaturas extremadamente bajas: Ya sea que trabaje en climas fríos o en ambientes refrigerados, la batería de Fe entregará más energía. Como ejemplo, a -40°C , más del 60% de la energía almacenada es utilizable, lo que no es el caso de otras tecnologías

2.6.3. Tipo de conexión de las baterías

Según (Chuquimarca Tandazo & Suin Uyaguari, 2017) menciona que las celdas de las baterías pueden estar conectadas de diferentes maneras según los requerimientos deseados, si se quiere tener mayor voltaje debe estar configuradas en serie cada una de las celdas y si se desea tener mayor corriente debe estar configuradas en paralelo.

- **Conexión en serie**

En la Figura 13. Se describe la conexión en serie de las celdas voltaicas, en el cual se suman los voltajes de cada una manteniendo la misma capacidad (Ah). En la

actualidad se utiliza mucho este tipo de configuración en las baterías de los vehículos eléctricos, debido a que estos vehículos necesitan de mayor entrega de voltaje por parte de las baterías para el accionamiento de cada uno de sus componentes.

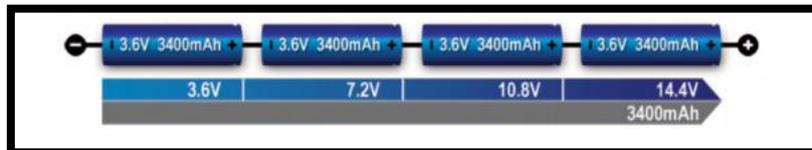


Figura 13. Conexión de 4 celdas en serie

Fuente: (Chuquimarca Tandazo & Suin Uyaguari, 2017, pág. 7)

- **Conexión en paralelo**

En la Figura 14. Se describe la conexión en paralelo de las celdas voltaicas, en el cual se suma la capacidad (Ah) manteniendo el voltaje.

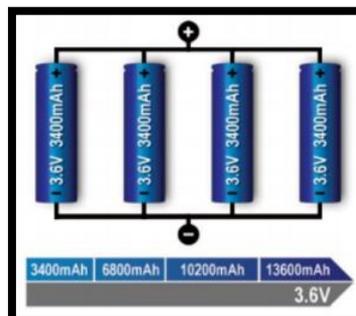


Figura 14. Conexión de 4 celdas en paralelo

Fuente: (Chuquimarca Tandazo & Suin Uyaguari, 2017, pág. 8)

2.6.4. Refrigeración de las baterías

En las baterías de alta tensión es importante tener un sistema de refrigeración, debido a que si se tienen temperaturas altas en las baterías los electrones de cada celda al cargarse y descargarse se excitan, produciendo una disminución

de voltaje en cada celda llevando con eso un deterioro en el rendimiento de la batería y disminuyendo la vida útil. (Dober, 2019)

Por lo que los fabricantes de las baterías optan por un sistema de refrigeración para tener un funcionamiento óptimo sin dañar ninguno de sus componentes, los sistemas de enfriamiento se dividen en dos los cuales son: enfriamiento por aire y por líquido, a continuación se detalla el funcionamiento de cada uno de los sistemas. (Dober, 2019)

- **Enfriamiento por aire.**

La refrigeración por aire utiliza el principio de convección para transferir el calor de la batería. A medida que el aire recorre la superficie, arrastrará el calor emitido por el paquete. El enfriamiento por aire es simple y fácil, pero no muy eficiente y relativamente crudo en comparación con el enfriamiento por líquido. El enfriamiento por aire se usa en versiones anteriores de automóviles eléctricos, como el Nissan Leaf. Como los automóviles eléctricos se están utilizando con más frecuencia, han surgido problemas de seguridad con paquetes de baterías puramente refrigerados por aire, especialmente en climas cálidos. Otros fabricantes de automóviles, como Tesla, insisten en que la refrigeración líquida es el método más seguro. (Dober, 2019)

- **Enfriamiento por líquido.**

Los refrigerantes líquidos tienen una conductividad térmica y una capacidad

térmica más altas (capacidad para almacenar calor en forma de energía en sus enlaces) que el aire, y por lo tanto, funciona de manera muy efectiva y posee ventajas como una estructura compacta y una fácil disposición. Fuera de estas opciones, los refrigerantes líquidos ofrecerán el mejor rendimiento para mantener una batería en el rango de temperatura y uniformidad correctas. Los sistemas de refrigeración líquida tienen su propia parte de los problemas de seguridad relacionados con las fugas y la eliminación, ya que el glicol puede ser peligroso para el medio ambiente si se maneja de manera incorrecta. Estos sistemas son utilizados actualmente por Tesla, Jaguar y BMW, BYD por nombrar algunos. (Dober, 2019)

Los sistemas de enfriamiento por líquido se dividen en enfriamiento directo e indirecto:

- Los sistemas de enfriamiento directo colocan las celdas de la batería en contacto directo con el líquido refrigerante. Estos esquemas de gestión térmica se encuentran actualmente en la etapa de investigación y desarrollo, sin automóviles en el mercado que utilizan este sistema. El enfriamiento directo es más difícil de lograr, debido al hecho de que se requiere un nuevo tipo de refrigerante. Debido a que la batería está en contacto con el líquido, el refrigerante debe tener una conductividad baja o nula. (Dober, 2019)
- Los sistemas de enfriamiento indirecto son similares a los sistemas de enfriamiento ICE, ya que ambos hacen circular líquido refrigerante a través de una serie de tuberías metálicas. Sin embargo, la construcción del sistema de

refrigeración se verá muy diferente en los vehículos eléctricos. La estructura del sistema de enfriamiento que logra la máxima uniformidad de temperatura depende de la forma de la batería y se verá diferente para cada fabricante de automóviles. (Dober, 2019)

2.7. Sistema regenerativo.

Los frenos regenerativos se basan en el principio de que un motor eléctrico puede ser utilizado como generador. El motor eléctrico de tracción es reconectado como generador durante el frenado y las terminales de alimentación se convierten en suministradoras de energía la cual se conduce hacia una carga eléctrica, es esta carga, la que provee el efecto de frenado. (Amaguaya Cajo & Solano Carrasco, 2010, pág. 86)

Los frenos regenerativos permiten aprovechar la energía disipada en forma de calor al frenar. Para entender su funcionamiento se basa en un principio de la física: “la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”. (Ingelibre, 2014)

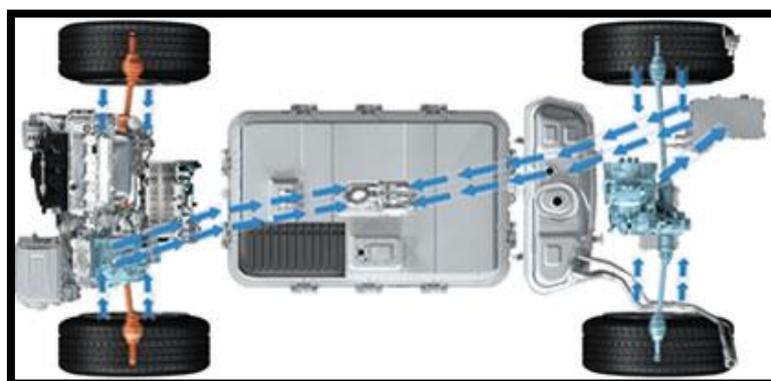


Figura 15. Sistema regenerativo de baterías

Fuente: (BYD Company Limited, 2019)

Un vehículo híbrido, eléctrico o convencional con start-stop, la energía que anteriormente se perdía en forma de calor se reconduce a un sistema que la transforma en energía eléctrica, que puede ser almacenada en una batería o acumulador para ser reutilizada más tarde. Se está aprovechando una energía que antes se perdería totalmente y que además es fuente de energía limpia y gratuita. (Ingelibre, 2014)

Según (Ingelibre, 2014) en un freno regenerativo se emplea un generador eléctrico, es decir, un motor eléctrico funcionando a la inversa, absorbiendo la energía cinética del vehículo y transformándola en eléctrica. Esta energía se puede emplear de varias formas:

- En vehículos eléctricos e híbridos se emplean para recargar las baterías.
- En vehículos convencionales equipados con start-stop se puede emplear para volver a arrancar el motor.

Existe un límite físico en el que no se puede seguir aprovechando esta energía y es cuando las baterías se llenan. Esto hace que estos frenos no se puedan emplear para detener el vehículo cuando la batería está totalmente cargada, obligando a emplear también frenos convencionales. Sin embargo, los frenos regenerativos ayudan también a aumentar la vida de los frenos convencionales, ya que disminuyen su uso y con ello su desgaste. (Ingelibre, 2014)

2.8. Estaciones de servicio eléctrico (Electrolineras)

Las estaciones de servicio de carga son infraestructuras de abastecimiento de energía eléctrica para vehículos eléctricos, debe contar con algunos puntos de carga que permita recargar al mismo tiempo varios automotores debido a que se está incrementando el porcentaje de vehículos eléctricos en el mercado automotor. (Guamán Ch., 2016)

2.8.1. Estructura de las electrolineras

El sistema de carga a bordo BYD AC es pequeño y liviano, fácil de operar y adecuado para varias ubicaciones. El BYD AC Power-Interface agrega un módulo DTU que supervisa el proceso de carga, recopila la información de carga del vehículo y carga toda la información automáticamente al centro de servicio. (BYD Company Limited, 2019)

Tabla 6.

Sistema de carga BYD ebus

80 kW	
400 * 200 * 690 (mm)	Dimensiones
30kg	Peso
400V	Tensión nominal
2 * 40kW	Max. Poder
126A	Max. Corriente
IP55	Grado de propiedad intelectual
3m	Longitud del cable
2	Tapones



Fuente: (BYD Company Limited, 2019)

2.8.2. Principio de funcionamiento

Una electrolinera tiene un principio de funcionamiento simple, una de las etapas más importantes a saber, es la fuente de energía eléctrica (energía renovable o red eléctrica pública), seguido de un convertidor de corriente directa a corriente directa (dc/dc) y de corriente alterna a corriente directa (ac/dc), este a su vez alimenta un banco de baterías que es el encargado de suministrar la potencia eléctrica necesaria para recargar un vehículo eléctrico; el diagrama de bloques de la Figura 11. Muestra a detalle los circuitos que involucrarían el sistema completo de una estación de carga. (Guamán Ch., 2016)

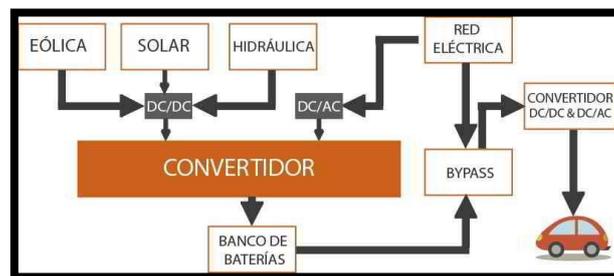


Figura 16. Principio de básico de una electrolinera
Fuente: (Guamán Ch., 2016)

2.8.3. Conectores Homologados

En la actualidad existen variedad de conectores avalados por sus marcas tanto para BYD, EMotors, Nissan, etc. estos conectores tienen como objetivo principal de suministrar energía desde el centro de carga hacia las baterías de los vehículos eléctricos. Basado en la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 62196-1:2011) que indica las formas de recarga para vehículos eléctricos y la norma IEC 62196-2:2011 indica los conectores a ser utilizados, a continuación

se menciona los tipos y sus características. (Barros Guiracocha & Ortega Ortega, 2018, pág. 20)

Tabla 7.

Tipos de conectores para VE según norma IEC 62196-2

Modelo de conector	Ilustración	Descripción técnica	Marca automotriz	Nivel de carga		
				1	2	3
SAE J1772		Usado en Norteamérica con un voltaje estándar de 120 a 240 voltios, corrientes de 16 – 80 A.	Nissan Leaf, Mitsubishi, Peugeot iON, Citroen C-Zero, Renault Kangoo ZE, Ford Focus electric, Toyota	X	X	
SAE J1772 DC CCS		Usado en Norteamérica con un voltaje de 200 – 600 voltios, corriente de 200 A	Nissan Leaf, Chevrolet Volt, Toyota Prius plugin Hybrid			X
Tesla		Usado en Norteamérica con un voltaje de 110 – 250 voltios en CA y 480 voltios en DC, corriente de 12 – 80 – 100 A, conexión trifásica	Tesla	X	X	X
CHA de MO		Usado en Japón con un voltaje de 500 v, corriente de 200 A.	Nissan, Toyota, Peugeot iON			X
Conector único combinado 0 CCS		Usado en Europa con un voltaje de 200 – 850 v, corriente de 65 – 200 A.	Audi, BMW, Daimler, Porsche y Volkswagen		X	X

Fuente: (Barros Guiracocha & Ortega Ortega, 2018, págs. 20-21)

2.9. Tipos de Carga

El tipo de carga se refiere al tiempo que se demora el vehículo en estar completamente cargado y la potencia con la que se carga la batería, por lo que se tiene dos tipos los cuales son:

2.9.1. Carga lenta

La carga lenta se la realiza con una conexión monofásica, con una potencia de 40 kw, la autonomía promedio es de 200 km y un tiempo de recarga entre 5 a 7 horas. Se aprovecha la infraestructura existente en los domicilios sin cambio alguno en sus instalaciones. (Cueva Sánchez, Lucero, Guzman, Rocha, & Espinoza, 2018)

2.9.2. Carga rápida

Para la carga rápida se puede utilizar la conexión trifásica con una potencia de 80Kw, llegando a una autonomía promedio de 200 km y un tiempo de recarga de 4 horas con instalaciones en trayecto con un porcentaje de 80% a 90% de carga de la batería. (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017)

2.10. Ciclos Homologados

Las empresas fabricantes de vehículos al momento de lanzar un nuevo modelo a la venta, entregan en su ficha técnica el dato de autonomía. La cual viene dada de acuerdo a ciclos homologados de pruebas los cuales se encuentran vigentes en los distintos tipos de países a los que se provee de vehículos. Los ciclos más utilizados son el ciclo NEDC (New European Driving Cycle), EPA (Environmental Protection Agency) y el WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure). (Duque Sarmiento & Rocano Yunga, 2018)

(Duque Sarmiento & Rocano Yunga, 2018) Manifiesta que, “el dato se encuentra expresado en kilómetros y es obtenido mediante distintos tipos de pruebas realizadas en laboratorios en condiciones semejantes, utilizando para ello bancos dinamométricos los cuales simulan la conducción del vehículo en tiempo real”.

Cada uno de los ciclos nombrados anteriormente tiene una meta la cual es conseguir los valores de consumo de combustible en vehículos con motores de combustión interna y consumo de energía en vehículos eléctricos, realizando pruebas exhaustivas en las cuales se debe seguir protocolos de acuerdo al ciclo con el que se esté trabajando. Estos protocolos vienen dados por una serie de pasos establecidos en los cuales se toma en cuenta las velocidades máximas y mínimas, distancia de recorrido, tiempo de funcionamiento, y distintas paradas estratégicas que realiza el conductor del vehículo. La obtención de la autonomía tiene como objetivo llamar la atención de los compradores y así tener mayor demanda de vehículos al mercado. (Duque Sarmiento & Rocano Yunga, 2018)

2.10.1. Ciclo NEDC (New European Driving Cycle)

Es un ciclo homologado de conducción para vehículos comercializados en el continente Europeo. Estas pruebas son realizadas por cada una de las casas comerciales de las distintas marcas de vehículos, tienen como objetivo analizar el impacto ambiental que genera cada uno de los automóviles nuevos “que tengan un kilometraje menor a 3000 km” (Duque Sarmiento & Rocano Yunga, 2018).

Para este ciclo de homologación se utiliza un laboratorio sofisticado en el cual no existe circulación de aire y mantiene la temperatura ambiente entre los 20 y 25°C. Al momento de realizar la prueba de arranque en frío se debe tener en cuenta que el vehículo debe haber descansado por alrededor de 7 horas para que los datos obtenidos sean válidos, también se debe tener apagado todos los sistemas que consuman energía como por ejemplo aire acondicionado, radio, luces, etc. (Duque Sarmiento & Rocano Yunga, 2018)

Este ciclo se divide en dos partes ciclo urbano y extraurbano. Cada una de ellas tiene distintos parámetros de conducción y funcionamiento.

Tabla 8.
Parámetros para desarrollo de ciclo NEDC

NEDC	
Tiempo de conducción	Aprox. 20 minutos (1180 s)
Fases de conducción	2 fases, 66 % conducción urbana, 34% extraurbana
Longitud del recorrido	11.007 km
Velocidad máxima	120 km/h
Velocidad media	33.6 km/h
Media parados	25 % / 14 paradas (280s)
Equipamiento opcional incluido	No
Puntos de cambio	Especificados de acuerdo a la velocidad
Temperatura del test	Entre 20 y 30° C

Fuente: (Roncero, 2017)

2.10.2. Ciclo EPA (Environmental Protection Agency)

El ciclo EPA también conocido como ciclo FTP-75 (Procedimiento de prueba federal) es un procedimiento utilizado en el país de E.E.U.U. para determinar las emisiones y el consumo de combustible en vehículos livianos, al igual que el ciclo NEDC este también se divide en dos partes ciclo urbano y extraurbano. (Salva

Malprtida, 2012).

El ciclo urbano se divide en 3 fases: arranque en frío, fase transitoria y arranque en caliente. La primera y última fase es similar, con la única diferencia de que en la última el motor estaba caliente. Entre la fase transitoria y la final, se deja el motor ralentí 10 minutos. (Salva Malprtida, 2012)

Las emisiones de cada fase se recogen en una bolsa separada de teflón, analizado y expresando los resultados en g/milla. Los factores de ponderación son 0,43 para el arranque en frío, 1,0 para la fase transitoria y 0,57 para la fase de arranque en caliente del total de consumo. (Salva Malprtida, 2012)

Para el ciclo extraurbano se procede de acuerdo a diferentes parámetros de conducción simulando la operación del vehículo en autopistas. “Se inicia con el motor caliente, y a lo largo de 12 minutos y 56 segundos se realizan aceleraciones, deceleraciones y periodos de velocidad constante, donde nunca se superan las 60mph (95km/h)” (Salva Malprtida, 2012).

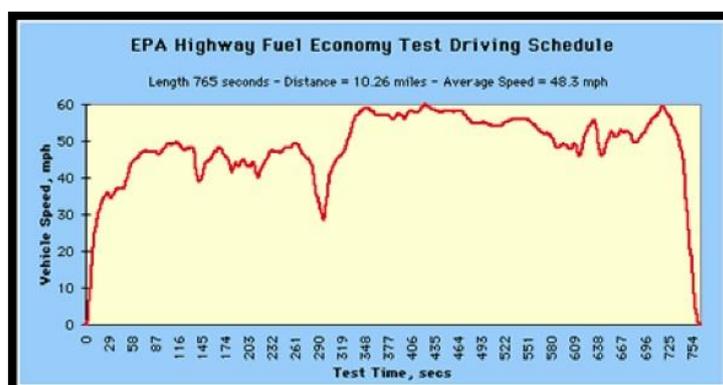


Figura 17. Fase extraurbana FTP-75

Fuente: (Salva Malprtida, 2012)

2.10.3. Ciclo WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure).

El protocolo de homologación WLTP es el sucesor del ciclo europeo NEDC debido a algunos problemas que se observó en él “quedando obsoleto, al no reflejar la conducción real de los coches en las ciudades, ni carretera. Estaba plagado de “fases” irreales, por tanto, cualquier valor obtenido estaría alejado del contexto de consumo” (Viso, 2017)

El ciclo de conducción WLTP se divide en cuatro partes con diferentes velocidades medias: baja, media, alta y extra alta. Cada parte contiene una variedad de fases de conducción, paradas, aceleración y fases de frenado. Para un determinado tipo de automóvil, cada configuración del tren de potencia se prueba en WLTP para la versión más ligera (más económica) y más pesada (menos económica) del modelo. (Viso, 2017)

Serán pruebas aleatorias que pueden tener condiciones de temperatura entre -7 °C y 35 °C y altitudes entre el nivel del mar y los 1.300 metros de cota. La idea es medir las emisiones de CO₂ y NO_x en condiciones reales, a altas velocidades, pero las mediciones de consumo de combustible no influirán en el consumo homologado. (Viso, 2017)

Tabla 9.

Principales diferencias entre ciclo NEDC y WLTP

Parámetros	NEDC	WLTP
Duración (s)	1180	1800

Parámetros	NEDC	WLTP
Distancia (km)	11.03	23.27
Velocidad promedio (km/h)	33.6	46.5
Máxima velocidad (km/h)	120.0	131.3
Duración de la parada (%)	23.7	12.6
Conducción constante (%)	40.3	3.7
Aceleración (%)	CONTINUA	43.8
Desaceleración (%)	15.1	39.9
Aceleración media positiva (m/s^2)	0.59	0.41
Máxima aceleración positiva (m/s^2)	1.04	1.67
Velocidad media positiva de aceleración (m/s^2)	1.04	1.99
Velocidad máxima positiva de aceleración (m/s^2)	9.22	21.01
Desaceleración media (m/s^2)	-0.82	-0.45
Desaceleración mínima (m/s^2)	-1.39	-1.50

Fuente: (Pavlovic, 2019)

2.11. Métodos matemáticos estadísticos.

2.11.1. Correlación de Pearson

Mide el grado de relación lineal entre dos variables. “Una relación es lineal cuando un cambio en una variable se asocia con un cambio proporcional de otra. También llamada covariación entre diferentes variables que se encuentran fuertemente relacionadas, proporcionando un impacto mayor en la respuesta” (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017, pág. 54)

Son valores que varían entre los límites +1 y -1. Su magnitud indica el grado de asociación entre las variables; el valor $r=0$ indica que no existe relación; los valores ± 1 son indicadores de una correlación perfecta, positiva (al crecer o decrecer X, crece o decrece Y) o negativa (Al crecer o decrecer X, decrece o crece Y). (Suárez Ibujés, 2011)

2.11.2. Regresión múltiple

Según (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017, pág. 59) Permite determinar una ecuación de aproximación a un comportamiento real, sirve para predecir el valor de una variable dependiente en función de un conjunto de variables independientes.

(Barón López & Téllez Montiel, 2004) Manifiesta que, “las aplicaciones que con mayor frecuencia se encuentra para la regresión múltiple son las siguientes:”

- **Identificación de variables explicativas.** Ayuda a crear un modelo donde se seleccionen las variables que puedan influir en la respuesta, descartando aquellas que no aporten información.
- **Detección de interacciones.** Entre variables independientes que afectan a la variable de respuesta. Un ejemplo de interacción clásico es el de estudiar la respuesta de un paciente al alcohol y a un barbitúrico, y observar que cuando se ingieren ambos, el efecto es mucho mayor del esperado como suma de los dos.
- **Identificación de variables confusoras.** Es un problema difícil el de su detección, pero de interés en investigación no experimental, ya que el investigador frecuentemente no tiene control sobre las variables independientes.

(Barón López & Téllez Montiel, 2004) Menciona que, “los modelos de regresión vienen dados por la siguiente formula”.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n$$

Ecuación 1. Regresión Múltiple

Donde:

Y = Es la variable dependiente

X_i = Representan las variables independientes o explicativas

b_i = Representan los coeficientes del modelo

Una vez obtenido el modelo de regresión se procede al análisis de residuos el cual evalúa los parámetros que intervienen en la ecuación, de acuerdo a eso se verifica si la ecuación es válida o no.

2.11.3. Autonomía Teórica

La autonomía teórica es el valor calculado, en el cual se tiene en cuenta el porcentaje de carga de la batería y el rango de operación del vehículo. Según (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017) “la autonomía teórica se expresa con la siguiente ecuación”.

$$\text{Autonomía teórica} = \frac{\text{SOC \%} * \text{Rango de operación}}{100}$$

Ecuación 2. Autonomía teórica

Donde:

SOC % = Es el porcentaje de carga de la batería.

$Rango de operación$ = Especificado en la ficha técnica de los vehículos eléctricos

El rango de operación del bus K9G esta encuentra en la ficha técnica a continuación:

Tabla 10.

Ficha técnica bus eléctrico BYD K9G

DIMENSIONES	
Largo x ancho x alto	12540mm x 2550mm x 3411mm
Distancia entre ejes	6150mm
Saliente delantero / trasero	2700mm / 3690mm
Angulo de aproximación / salida	8.5° / 8.5°
Numero de puertas	3
Radio de giro	≤ 12m
Peso en vacío	≤ 13850 kg
Max. Peso	≤ 19500 kg
Capacidad	80 pasajeros
RENDIMIENTO	
Rango de operación	300 km
Velocidad máxima	50 km/h
Tiempo de aceleración	≤ 22 s
Gradeabilidad	20%
Motor	BYD AC motor síncrono de imanes permanentes
Modelo de motor	BYD - 2912TZ - XY - A
Max. Potencia de motor	300 kW – 402 HP
Torque Máximo	1100 Nm
CARGA Y BATERÍA	
Capacidad de la batería	324 kWh
Potencia de carga	80kW
Modelo del arma de carga	AC estándar Europeo
Tiempo de carga	4 – 5 h
Pistolas de carga	2 pistolas
Tensión de carga y frecuencia	440 V – 60 Hz



Fuente: (BYD E-Motors Ecuador, 2018)

2.11.4. Energía consumida durante la carga

El medidor de energía eléctrica registra el consumo en su residencia. Ese consumo, que corresponde a un período determinado, es expresado en kilovatios-hora (KWH). Para efecto de cobro, la Empresa Eléctrica mide y determina la cantidad de energía que se consume en un mes con base a las

lecturas tomadas en forma mensual en los sectores urbanos y cada dos meses en los sectores rurales. Para calcular el consumo mensual de cada electrodoméstico, multiplique la potencia del electrodoméstico (vatios W) por el número de horas usado en el mes; para eso aplique la siguiente fórmula. (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No renovables, 2019)

$$\text{Energía Eléctrica (kWh)} = \text{Potencia eléctrica (kW)} * \text{tiempo (h)}$$

Ecuación 3: *Energía eléctrica en kilovatios*

2.11.5. Precio total del consumo

Según (Bedon Ortega, 1998) menciona que, “Para saber el valor económico a cancelar en la empresa eléctrica se multiplica el valor del consumo mensual en kilovatios por el precio del mismo. El resultado es la cantidad de dinero a cancelar por el consumo de energía eléctrica”.

$$\text{Precio total de consumo} = \text{Consumo Mensual} * \text{Precio kWh}$$

Ecuación 4: *Precio total de consumo*

2.12. Equipos y herramientas

2.12.1. Scanner VDS2000 BYD

Este equipo es el sistema de diagnóstico original de BYD Auto Co., Ltd. Es un

equipo de mantenimiento auxiliar especialmente desarrollado para todos los autos emitidos por BYD, puede llevar a cabo diagnósticos de fallas a bordo para todos los modelos existentes y también puede actualizar fácilmente los datos de mantenimiento para respaldar el diagnóstico de mantenimiento del nuevo sistema. El producto está equipado con un espacio de almacenamiento de gran capacidad, que puede acomodar el programa de diagnóstico de BYD Auto Co., Ltd. en la etapa actual. Es un dispositivo de diagnóstico 4S shop de la compañía BYD. Tiene una función conveniente y una conveniente ranura para tarjeta en la parte posterior. Con el volante, el diagnóstico directo y la lectura de datos del vehículo, el dispositivo pertenece a la membresía de renovación. El titular debe ser la tienda de BYD o el franquiciado y socio, y debe estar certificado y archivado para mantener las regulaciones pertinentes de BYD. Y mantenimiento y gestión de vehículos. (Shandong Meihua Educación Equipment Co., Ltd., 2018)

Características:

El modo de operación es simple y claro, y cada página de visualización tendrá las instrucciones de operación correspondientes. VDS2000 es compatible con el diagnóstico de fallas de cada sistema de los nuevos vehículos de energía que figuran en la lista de BYD Auto Co., Ltd. Los principales modelos son: BYD e5, BYD e6, BYD Qin EV300, BYD Qin, BYD Tang, BYD Song, F3, F3DM, G3, G5, K8, K9, S6, S7, S8, L3, M6 y muchos otros modelos. A través de la actualización del software, puede ser compatible con el diagnóstico de mantenimiento de los

modelos posteriores. (Shandong Meihua Educación Equipment Co., Ltd., 2018)

El sistema de diagnóstico VDS2000 es un dispositivo de diagnóstico integrado que tiene funciones como el diagnóstico, la administración de datos de diagnóstico, la guía de fallas de diagnóstico, la programación de vehículos, el análisis estadístico de la información y la comunicación de diagnóstico en tiempo real. Consiste en el software del sistema de diagnóstico VDS2000, el equipo de diagnóstico VDCI y otros equipos de diagnóstico periférico, con diagnóstico inalámbrico y por cable del vehículo, escaneo automático de fallas del vehículo, asociación inteligente de códigos de falla (manual de mantenimiento asociado, biblioteca de casos de Internet), monitoreo de datos de vehículo en forma de onda visual, reproducción de proceso de diagnóstico, estadísticas de mantenimiento de diagnóstico y consulta, inteligencia juzgando las potentes funciones de la actualización del programa del vehículo, el código de falla, el manual de mantenimiento, la consulta de casos de mantenimiento, el análisis estadístico, etc. (Shandong Meihua Educación Equipment Co., Ltd., 2018)

2.12.2. Software para análisis estadístico

Es un software desarrollado basado en la idea de convertir los datos estadísticos en información esencial para la toma de decisiones. Busca analizar rápidamente grandes volúmenes de datos obtenidos a partir de distintos métodos de investigación. Tiene aplicaciones para estadística, gráficos, distribuciones probabilísticas, inferencia estadística paramétrica, análisis de variables categóricas, regresión y correlación. Se

dará mayor énfasis al uso de comandos, ya que permite un trabajo más interactivo, además de ser más directo y rápido. (Méndez Valencia & Cuevas Romo, 2016)

- **Fácil de usar:** tiene una interfaz altamente intuitiva diseñada para complementar cómo las personas aprenden estadísticas.
- **Completo:** contiene un conjunto completo de métodos sólidos, revisados por pares; no es necesario comprar, aprender o mantener módulos o complementos separados.
- **Compatible con cualquier plan de estudio:** la organización de estadísticas y gráficos en el software es paralela al enfoque utilizado en prácticamente todos los principales libros de texto.
- **Ampliamente utilizado en negocios e industria:** los estudiantes que aprenden estadísticas adquieren habilidades del mundo real que desean los empleadores.

2.12.3. Aplicación para obtención de ruta

Es una aplicación para dispositivos móviles que permite registrar una ruta y el análisis de los factores que influyen en el recorrido como velocidad, distancia, altitud y tiempo; esta herramienta es principalmente utilizada por deportistas en todo el mundo pero sirve también como aplicación para evaluar el recorrido realizado por el bus eléctrico BYD. (Moya, 2014)

Permite registrar datos relativos a las carreras y entrenamientos de corredores y

ciclistas. La aplicación permite planificar y monitorizar la actividad, analizando distintos parámetros como la velocidad, el ritmo, el desnivel o las calorías quemadas. Estos datos se pueden comparar con entrenamientos anteriores y usarse para generar información dividida por segmentos (por ejemplo, cuál es tu subida de montaña favorita o el tramo más complicado). (Moya, 2014)

(Salvador, 2018) menciona que, “funciona como una red social, donde los usuarios pueden compartir y comentar información relativa a su actividad física. De esta forma, permite conectar a millones de deportistas por todo el mundo, que comparten fotos, rutas y experiencias”.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE CARGA, DESCARGA Y DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL BUS BYD K9G.

En este capítulo se determina los aspectos influyentes en el proceso de carga de las baterías de alta tensión, proceso que se realiza a través de un punto de carga trifásico en un tiempo determinado y una potencia de suministro.

Para los procesos de descarga, regeneración y determinación de autonomía se aplicó un protocolo de pruebas el cual delimita el comportamiento del bus eléctrico K9G para establecer las variables (corriente, potencia de descarga, potencia de carga, velocidad, posición del acelerador, % SOC, distancia recorrida y tiempo) que inciden en el rendimiento energético del vehículo, las cuales se obtuvieron en la ruta establecida por la Compañía de Transporte “Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE– Esmeraldas y Alejo Lascano - Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE”, en la ciudad de Guayaquil.

3.1. Proceso de carga.

Antes de iniciar las pruebas en ruta para la obtención de datos se realizó un estudio del proceso que con lleva recargar las baterías de alta tensión, el procedimiento realizado fue impuesto por un protocolo autónomo y se estableció los parámetros bajo los cuales el bus completará su recarga total de energía.

Se estableció, para el proceso de carga rápida una potencia de suministro proporcionada por dos pistolas de carga y para el proceso de carga lenta la potencia que pueda abastecer una pistola con una potencia menor; ambos procesos se diferencian por el tiempo que demorará la electrolinera para completar la capacidad de las baterías al 100 % en ambas condiciones.

La energía eléctrica que consumen las estaciones de carga para mantener 100 % completas las baterías de alta tensión genera un costo económico mucho más conveniente que los vehículos de combustión interna.

3.1.1. Carga rápida de baterías de alta tensión.

Una vez finalizadas las horas de trabajo del bus eléctrico K9G, el vehículo fue ubicado en su lugar de aparcamiento, cerca del cual se encuentra la estación de carga que proporcionara la energía eléctrica para la recarga de las baterías de alta tensión, el porcentaje SOC (%) terminó con un valor de 31.9 %.



Figura 18. SOC (%) del tablero

Una vez que el bus eléctrico se encontraba parqueado se procedió a encender la estación de carga para realizar la recarga completa de las baterías con dos pistolas de carga rápida; cada una con una potencia de carga estimada de 35.55 KW que sumadas abastecen una potencia de 71.1 kW.



Figura 19. 2 Pistolas de 35.6 kW Conectadas y tiempo estimado de carga

Transcurridas las 2 horas y 53 minutos la estación de carga entregó un total de 228.2 kWh para tener el porcentaje SOC (%) de la batería en 100 %.



Figura 20. Consumo de energía hasta completar 100 %

3.1.2. Carga lenta de baterías de alta tensión.

Durante el transcurso del segundo día el bus eléctrico consumió una mayor cantidad de SOC (%) luego de terminar el horario establecido de operación, el medio

de transporte se quedó con un porcentaje de 25.9 % luego de completar la misma cantidad de vueltas, la misma distancia recorrida, con la diferencia de que el conductor fue una persona distinta.

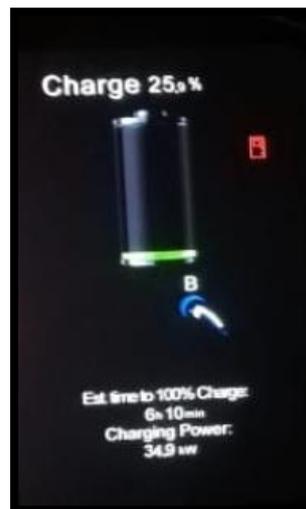


Figura 21. SOC (%) del tablero

De manera similar al procedimiento anterior se procedió a encender la estación de carga para realizar la recarga completa de las baterías con una pistola de carga lenta, esto debido a que la potencia que puede suministrar es más baja la pistola cuenta con una potencia de carga estimada de 34.9 KW conectada en el puerto B.



Figura 22. 1 Pistola de 34.9 Kwh Conectada Tiempo estimado de carga

Transcurridas las 6 horas y 10 minutos, la estación de carga entregó un total de 244.03 kWh para poder tener el porcentaje SOC (%) de la batería en 100 %.



Figura 23. Consumo de energía hasta completar 100 %

3.1.3. Energía consumida

- **Carga rápida**

El panel de instrumentos del bus K9G se encuentra con una carga de 32.2%, la potencia de las pistolas de carga es de 71.1 kW en carga rápida y se demorará 2 horas con 53 minutos para completar la capacidad total de las baterías de alta tensión que es de 324 kW. Figura 19.

Para el cálculo de energía consumida se convierte los minutos a horas y mediante la Ecuación 3. Se tiene el valor de la energía eléctrica.

$$\text{Energía Electrica (kWh)} = \text{Potencia electrica (kW)} * \text{tiempo (h)}$$

Tabla 11.*Energía consumida (carga rápida)*

Potencia eléctrica (kW)	Tiempo (h)	Ecuación 3.
71.1	2.88333	
Resultado = 205.00263 kWh		

De la Ecuación 4. Se tiene:

$$\text{Precio de consumo de energía}(\$) = \text{Energía Eléctrica}(kWh) * \text{costo kilovatio hora} (\$)$$

Tabla 12.*Costo de consumo de energía (carga rápida)*

Energía eléctrica (kWh)	Costo kilovatio hora (\$)	Ecuación 4.
205.00263	0.083	
Resultado = \$17.02		

La energía consumida por el bus desde la electrolinera es de 205.00263 kWh y el costo del consumo es de \$17.02 USD.

- **Carga lenta**

En el segundo día el bus se encuentra con 25.9% de carga, la potencia de la pistola de carga es de 34.9 kW en carga lenta y se demorará 6 horas con 10 minutos para completar la capacidad total de las baterías de alta tensión. Figura 21.

Una vez realizada la conversión de minutos a horas se procedió a determinar la energía consumida mediante la Ecuación 3.

Tabla 13.*Energía consumida (carga lenta)*

Potencia eléctrica (kW)	Tiempo (h)	Ecuación 3.
34.9	6.16667	
Resultado = 215.2167 kWh		

De la Ecuación 4. Se tiene:

Tabla 14.*Costo de consumo de energía (carga lenta)*

Energía eléctrica (kWh)	Costo kilovatio hora (\$)	Ecuación 4.
215.2167	0.083	
Resultado = \$17.86		

La energía consumida por el bus es de 215.2167 kWh y el costo del consumo es de \$17.86 USD.

3.2. Protocolo de prueba para obtención de datos.

La autonomía de los vehículos es el factor a considerar para visualizar cual es el rendimiento que tendrá el automotor a la hora de ponerse en funcionamiento, es decir mientras más tiempo opere el automóvil antes de recargar su fuente de energía presentará mejores prestaciones; existen protocolos mediante los cuales los vehículos son evaluados para conocer las virtudes en su autonomía como también sus deficiencias.

El proceso de descarga de las baterías de alta tensión es un punto influyente a la hora de evaluar el rendimiento de las mismas en su proceso de operación, está condicionado a situaciones en las que consumirá y regenerará energía al momento

de impulsar el movimiento del vehículo como también al intentar detenerlo.

Todas las muestras obtenidas mediante el scanner VDS 2000 de la marca BYD tienen que seguir una serie de procesos, los cuales se ajustan de acuerdo a las condiciones en las que opera el vehículo teniendo como referencia el protocolo de pruebas WLTP. Para la recopilación de datos se procedió a seguir el siguiente protocolo:

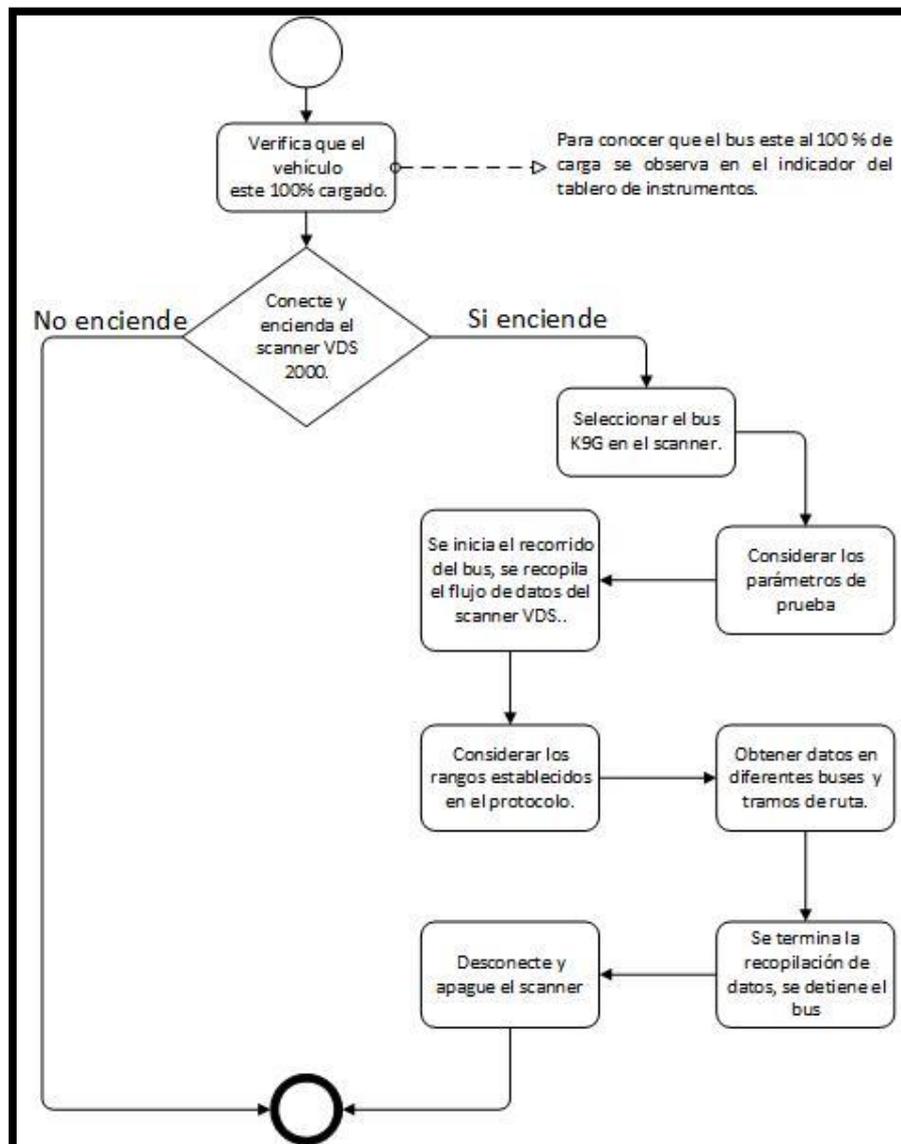


Figura 24. Protocolo para la recopilación de datos

Para la obtención de la ruta se consideró utilizar aplicaciones móviles que faciliten registrar una ruta y el análisis de los factores que influyen en el recorrido como velocidad, distancia, altitud y tiempo.

El procedimiento de pruebas realizado se basó en el protocolo WLTP que tiene parámetros establecidos como tiempo de conducción, fase de conducción, tiempo, velocidad, etc. Los cuales son ajustados a las condiciones de operación del bus K9G que circula en la ciudad de Guayaquil.

Tabla 15.

Parámetros del protocolo para pruebas en bus eléctrico

	WLTP	Protocolo
Tiempo de conducción	30 minutos (1800 segundos)	3 minutos (180 segundos)
Fases de conducción	4 fases más dinámicas, 52% conducción urbana, 48% extraurbana.	1 fase 100% conducción urbana.
Longitud del recorrido	23.25 km	1 km
Velocidad máxima	131 km/h	50 km/h
Velocidad media	46.6 km/h	27.4 km/h
Cambios de marcha	Puntos de paso calculados para cada vehículo	Velocidad del bus
Temperaturas durante el test	Pruebas realizadas a 23°C	Temperatura ambiente

3.3. Variables consideradas en la operación del bus.

El comportamiento del bus BYD se ve condicionado por diferentes factores que afectan la disminución de la autonomía, considerando los parámetros establecidos por el protocolo en la Tabla 15. Se contempló las siguientes variables: modos de operación, condiciones geográficas y climáticas, congestión vehicular, tipo de calzada, entre otras que a continuación se procederán a detallar.

3.3.1. Modo de operación

El modo de operación indica la respuesta del bus eléctrico al método de conducción impuesta por el conductor, es de gran importancia tener un buen desempeño al conducir debido a que es el factor con mayor intervención en el consumo de energía del vehículo dependiendo de la cantidad de veces que acciona el pedal del acelerador y freno, un buen procedimiento de manejo genera aspectos positivos en la autonomía como desgaste moderado de energía y prolonga la vida útil del sistema de frenos.

En la ciudad de Guayaquil los buses BYD de transporte constan con un sistema limitador de velocidad; la velocidad máxima es de 50 km/h, si el conductor excede dicha velocidad se acciona una alarma que indica que el operario debe desacelerar hasta los rangos permitidos de operación.

3.3.2. Condiciones geográficas y climáticas

La ciudad de Guayaquil está ubicado en la zona sur de la costa ecuatoriana teniendo una "posición geográfica a 4.02 m sobre el nivel del mar, su longitud es 079°54'28.62" y su latitud: S2°12'21.02" siendo una de las ciudades más grandes del Ecuador" (Weather Spark, 2019).

Los buses eléctricos BYD cuentan con un sistema de movimiento proporcionado por motores y baterías eléctricas que mantienen su desempeño sin importancia de la

posición geográfica sino más bien de las condiciones climáticas; “Guayaquil es una de las ciudades con mayores acumulaciones de calor en el país, llegando a alcanzar hasta temperaturas máximas promedio de 31 °C” (Weather Spark, 2019). Estos buses eléctricos al realizar su funcionamiento generan calor en sus circuitos y componentes eléctricos requiriendo un sistema de refrigeración para disipar temperaturas en los circuitos, una mala intervención del disipador de calor puede generar daños y fallas en los componentes.

3.3.3. Congestión y tráfico Vehicular.

El incremento de obtención de vehículos en nuestro entorno ha hecho posible que en gran parte del país se conviva con problemas de congestión vehicular, las ciudades más grandes como Cuenca, Quito y Guayaquil se ven mayormente afectados debido a que son las ciudades con mayor índice de población; la cantidad de automotores que circulan en las vías es alta y generan problemas en la estimación del tiempo que pasan los vehículos parados en ciertos puntos de su recorrido.

Los vehículos que circulan en la ciudad de Guayaquil recurren a realizar gran cantidad de paradas debido a los semáforos, poco acceso en las vías, pocas vías de descongestionamiento, “las horas picos (7:00 – 9:00 y 18:00 – 20:00)” (El comercio, 2015). Como también lo realizan los buses urbanos; incluso estos teniendo paradas tanto para la subida y bajada de los pasajeros. Estos períodos de tiempo en los que los buses permanecen estáticos crean un consumo de combustible, en el caso de los buses eléctricos se genera un consumo de corriente eléctrica en cantidades pequeñas

pero que es necesaria para mantener el vehículo encendido.

3.3.4. Posición del pedal de aceleración.

La aceleración es importante en los vehículos eléctricos porque permite desplazarse con mayor o menor velocidad, la posición del pedal de la aceleración indica el porcentaje de corriente que se necesita para alcanzar cierta velocidad, influye directamente en la autonomía del vehículo porque indica la energía que se consume por los motores para generar el movimiento.

3.3.5. Velocidad de Circulación.

La velocidad es el factor influyente en el consumo de la energía eléctrica de los buses, es decir el comportamiento de los sistemas internos del vehículo varía con respecto a los cambios al acelerar el bus BYD, el consumo de corriente aumenta para alcanzar la velocidad requerida por el conductor.

3.3.6. Distancia Recorrida

La distancia recorrida va a ser la misma en las rutas realizadas, debido a que está establecida por la compañía de transporte "SAUSINC" S. A., la cual es "Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE– Esmeraldas y Alejo Lascano - Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE"; es importante saber la distancia total que se desplaza el bus en la ciudad para establecer un análisis del comportamiento de los componentes eléctricos

en diferentes condiciones hasta su parada.

3.3.7. Superficie de desplazamiento

La superficie de desplazamiento es un factor influyente debido a que afecta o beneficia la operación del bus, con una superficie regular existe beneficios en todos los sistemas del vehículo, el consumo de energía es moderado y los sistemas de suspensión y freno tienen un mejor comportamiento, si existen baches y huecos genera problemas en los sistemas disminuyéndola vida útil de cada componente, otro factor que interviene en el consumo de energía son las pendientes existentes en la vía las cuales afectan en el consumo cuando el bus se encuentra ascendiendo mientras que en el descenso ayuda a la regeneración de las baterías.

3.4. Descripción de la ruta establecida

La ruta en la que se validarán los parámetros que afectan los procesos de descarga de las baterías de alta tensión y condicionan la autonomía del bus eléctrico esta previamente establecida por la compañía de transporte, el recorrido consta de 28.7 km sin paradas intermedias; es decir el inicio es en el sector de Sauces 4 y regresa al mismo lugar desde el centro de la ciudad de Guayaquil en un recorrido completo en un tiempo estimado de dos horas y media.

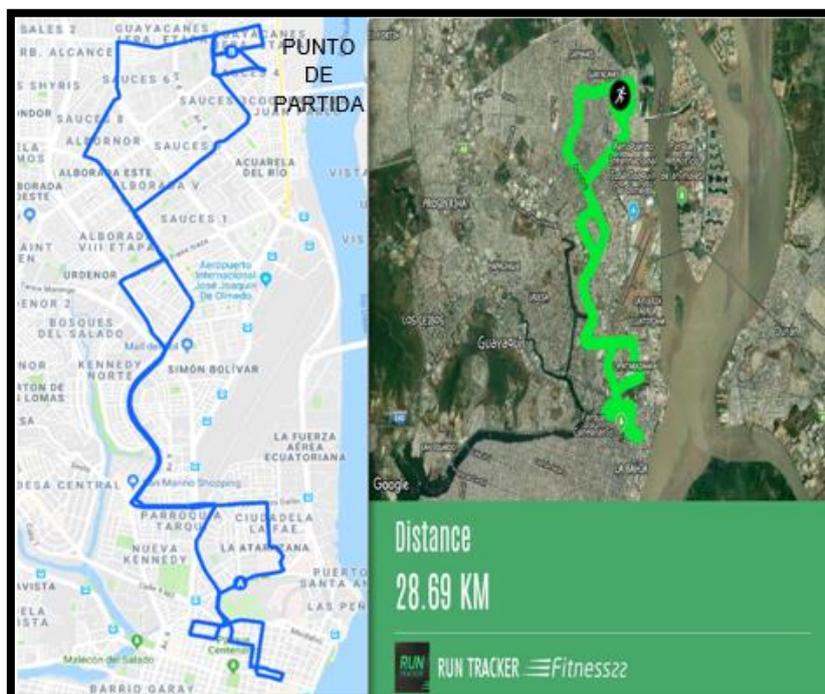


Figura 25. Grafica de ruta

3.4.1. Ruta: Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE (SAUCES 4) – Esmeraldas y Alejo Lascano (CENTRO DE GUAYAQUIL) - Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE (SAUCES 4).

A continuación se detallan las calles, avenidas y distancias por las que circula el bus durante el recorrido.

Tabla 16.

Descripción del recorrido

Movimiento	Distancia (m)
Salida : Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE (SAUCES 4)	
Se dirigió hacia la calle Rodrigo Icaza Cornejo	210
Giró a la derecha hacia Rodrigo Icaza Cornejo	243
Giró a la derecha hacia Calle 20 NE	531
Giró a la derecha hacia 14 Pasaje 5	230
Giró a la derecha	602
Giró a la izquierda hacia Rodrigo Icaza Cornejo	230
Giró a la izquierda hacia Mercado Saucos IV	64
Continuó recto hacia Rodrigo Icaza Cornejo	534
Giró Ligeramente a la derecha hacia José María Egas	462

CONTINÚA →

En la rotonda tomo la segunda salida y continuó por José María Egas	1370
Giró a la izquierda hacia Av. 2 N-E	537
Giró ligeramente a la derecha hacia Av. 2 N-E/Av. Guillermo Pareja Rolando	124
Continuó recto por Av. 2 N-E/Av. Guillermo Pareja Rolando	27
Giró a la derecha hacia Av. Agustín Freire Icaza	609
Giró a la izquierda hacia AV. Francisco de Orellana	299
Avanzó por la Av. Francisco de Orellana	2920
Giró a la izquierda	249
Avanzó por la Calle 12/Av. Luis plaza Dañin	1460
Giró a la derecha hacia Nicasio Safadi	525
Giró a la izquierda en calle 11	954
Se dirigió hacia el suroeste hacia 3° PT 1 NE	192
Continuó por Av. Machala	426
Giró a la derecha hacia Av. José de Antepara	20
Continuó recto por Av. José de Antepara	110
Giró a la derecha hacia Alejo Lascano	317
Punto de retorno: Alejo Lascano y Esmeraldas (CENTRO DE GUAYAQUIL)	
Giró a la derecha hacia Esmeraldas	157
Giro a la derecha hacia Julián Coronel	482
Continuó por Julián Coronel	1010
Giró a la izquierda hacia Víctor Manuel Rendón	288
Giró a la izquierda hacia Dr. Alfredo Baquerizo Moreno	76
Giró a la izquierda en la primera bocacalle hacia Junín	406
Giró a la derecha	262
Giró a la izquierda en la tercera bocacalle hacia Alejo Lascano	269
Giró hacia la derecha hacia Av. Quito	399
Continúo por Luis Cordero Crespo	911
Continúo por Av. De las Américas	55
Giró ligeramente a la derecha hacia Dr. Elías Muñoz Vicuña	480
Giró a la izquierda y continua hacia Av. Luis Plaza	832
Giró ligeramente a la derecha hacia Av. Francisco de Orellana	51
Avanzó por Av. Francisco de Orellana	2292
Tomó la salida hacia Av. 2 N-E/Av. Guillermo Pareja Rolando	203
Continua por Av Guillermo Pareja Rolando hasta Av. 2 N-E	2640
Giró a la izquierda hacia Av. Isidro Ayora Cueva	175
Avanzó por Av. Isidro Ayora Cueva	526
Giró a la derecha en la primera bocacalle hacia Calle 20 NE	1180
Giró a la derecha hacia Rodrigo Icaza Cornejo	458
Giró a la izquierda hacia mercado Sauces IV	64
Giró a la izquierda para continuar por Mercado Sauces IV	586
Giro a la izquierda para continuar en Calle 13	401
Giró a la izquierda	93
Llegada : Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE (SAUCES 4)	

3.5. Períodos y tramos de obtención de datos.

Para la obtención de datos se estableció siete tramos en periodos de tiempo de tres minutos, para analizar segundo a segundo como es el comportamiento de las baterías en condiciones de tiempo real; es decir cuando se encuentra en ruta,

sometidas a aceleraciones, frenadas y paradas para observar como es el proceso de descarga de corriente del bus eléctrico (en el proceso existe proceso de consumo y regeneración de energía) y su incidencia en la autonomía del vehículo. Los tramos recorridos serán en la ruta establecida “Esmeraldas y Alejo Lascano - Enrique Gil Gilbert y 6to Pasaje 5 NE”.

3.6. Proceso de descarga y Regeneración.

Antes de que el bus eléctrico K9G empiece a recorrer la ruta se procedió a conectar el scanner VDS 2000, equipo que es exclusivamente para la marca de vehículos BYD, mediante el cual se obtiene valores de corriente, potencia de descarga, potencia de carga, tiempo de recorrido y velocidad del bus; la altitud y la distancia recorrida obtiene mediante la aplicación móvil de trazo de ruta.

3.6.1. Obtención de datos.

1. Conectar el VDS del Scanner propio de la marca en el puerto OBD II del bus eléctrico BYD.

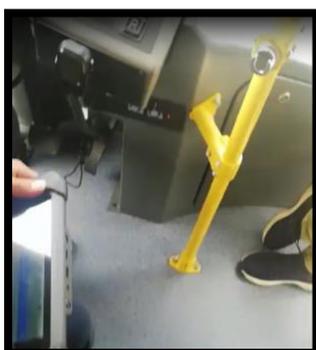


Figura 26. Conexión del VDS

2. Encender el scanner para poder visualizar los iconos de la pantalla principal, para la selección de la opción que permita la lectura de los datos necesarios.



Figura 27. Pantalla principal scanner VDS2000

3. Seleccionar la opción sistema de diagnóstico para acceder a la selección del tipo de vehículo que será analizado, de las opciones vehículos livianos, autobuses y equipo pesado se elige la segunda opción.

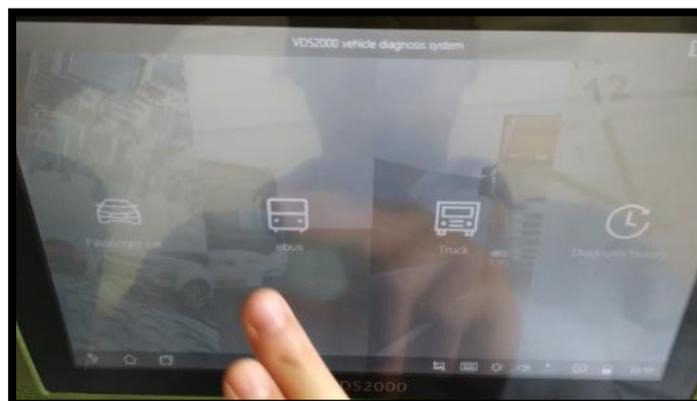


Figura 28. Selección de la opción Ebus

4. La marca BYD tiene una serie de autobuses entre los cuales están la serie C, serie D y serie K, se selecciona la serie del bus a prueba "k", aunque también se puede ingresar en el sistema del vehículo mediante la lectura automática del

modelo.

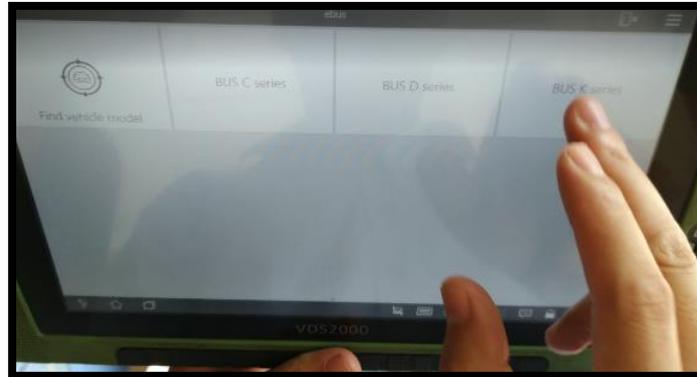


Figura 29. Selección de serie del bus

5. Una vez seleccionada la serie, en la ventana se puede observar los modelos de los buses con la serie K, se selecciona el bus K9G BYD.



Figura 30. Selección de modelo del bus

6. Luego de seleccionar la serie y el modelo del bus, el sistema del scanner VDS 2000 procede a la lectura del número de identificación del vehículo, para comprobación de los datos del bus con la base de datos de la empresa; BYD cuenta con una protección de exclusividad de las marcas y solamente el equipo propio de la empresa realiza el diagnóstico.

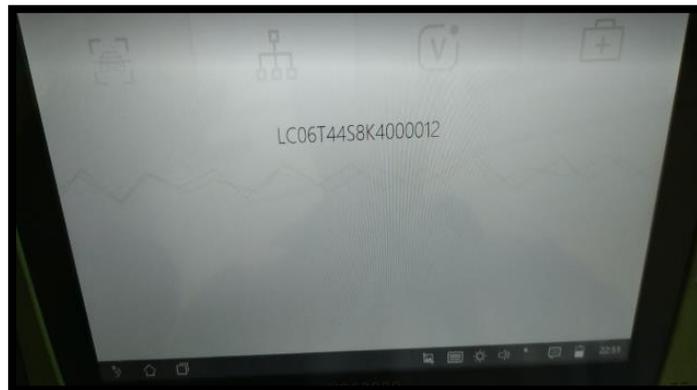


Figura 31. Comprobación del VIN del bus K9G

7. Al finalizar la comprobación del VIN del vehículo se accede a una ventana en la que se detallan los componentes electrónicos del bus, en esta ventana se ingresa al módulo de control principal de todo el sistema, que examina los diferentes módulos de los sistemas del prototipo K9G.

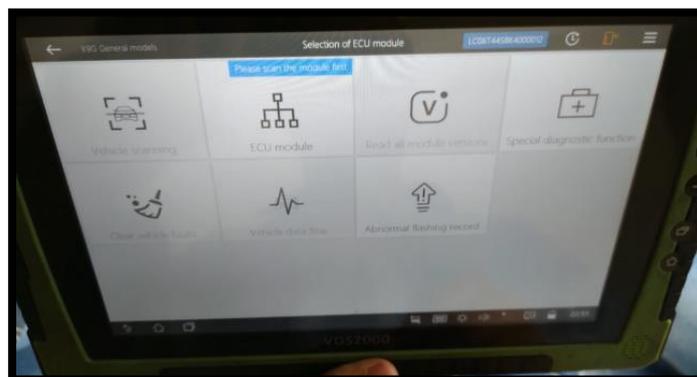


Figura 32. Selección del módulo principal del Bus K9G

8. El módulo principal posee la información de 28 módulos que controlan los sistemas del bus, los cuales controlan el funcionamiento del motor eléctrico, compresor, baterías de alta tensión, sistema de frenos, sistema de llave inteligente entre otros.

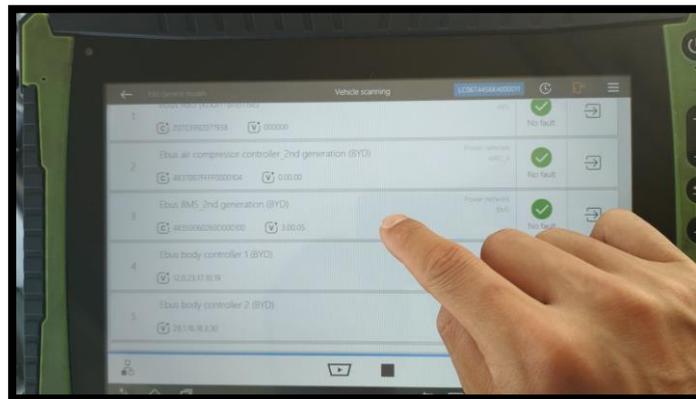


Figura 33. Módulos de control del bus eléctrico

9. Concluida la lectura de todos los módulos, para la obtención de los datos de las baterías de alta tensión se accede a la opción BMS 2nd generation (BYD), que es el módulo que controla el comportamiento de las baterías.

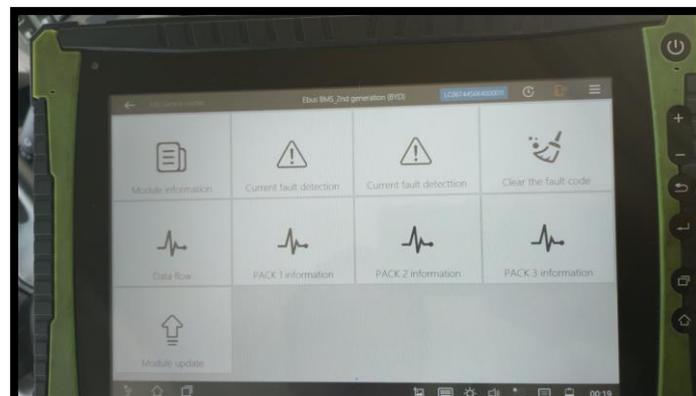


Figura 34. Módulos de control del bus eléctrico

10. La ventana tiene la opción de verificar si existen fallos en el sistema o fugas de corriente, el módulo controla la información general de las baterías y de cada pack de baterías por separado.

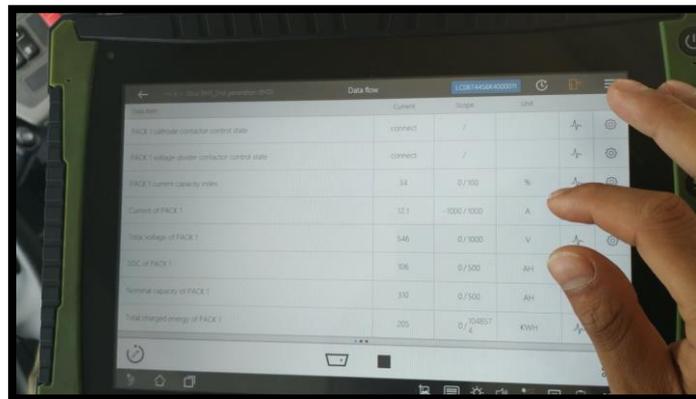


Figura 35. Información del pack 1 de baterías

11. Se observa el flujo de datos de porcentaje de SOC, corriente consumida o regenerada, potencia de carga y potencia de descarga.



Figura 36. Flujo de datos de las baterías de alta tensión

3.6.2. Tabulación de datos obtenidos.

Una vez finalizada la obtención de datos en el bus eléctrico se procede a realizar la tabulación de los datos en hojas de cálculo, para ver el consumo de corriente y como intervienen los componentes eléctricos en su proceso de descarga y regeneración de energía a medida que se incrementa, decrece y se mantiene constante la velocidad.

- **Tramo uno**

El tramo uno tiene una distancia total de 1.3 kilómetros, su punto de inicio es en la Av. José de Antepara y calle 7; y finaliza en la Av. Riobamba y calle 7

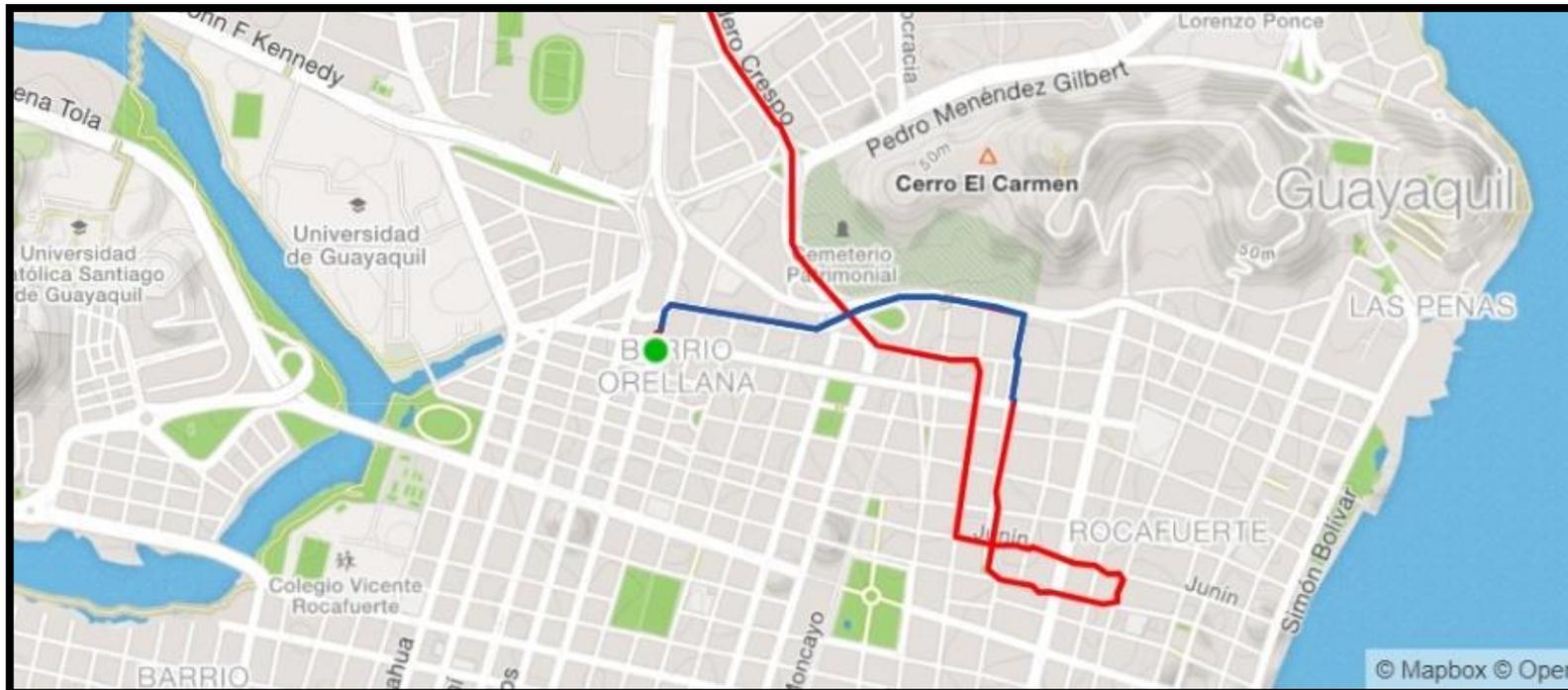


Figura 37. Tramo 1

Los valores de corriente, potencia de descarga, potencia de carga y tiempo de operación del bus se obtuvieron mediante el scanner VDS 2000, la velocidad del bus y la altitud son datos tomados mediante la aplicación de trazo de ruta en un tiempo de 180 segundos.

Tabla 17.

Datos tabulados tramo uno

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
1	24156	2,9	1,6	0	552	555	0,70	6
2	24157	3,1	1,7	0	548	555	0,70	6
3	24158	3,4	1,8	0	529	555	0,70	6
4	24159	3,4	1,8	0	529	555	0,70	6
5	24160	3,2	1,8	0	563	555	0,70	6
6	24161	5,9	3,3	0	559	555	2,30	5
7	24162	10,9	6,1	0	560	555	5,90	5
8	24163	25,6	14,1	0	551	555	17,20	5
9	24164	48,3	26,5	0	549	555	18,10	4
10	24165	89,7	48,3	0	538	555	18,60	3
11	24166	126,4	69,3	0	548	555	19,20	3
12	24167	210,3	117,6	0	559	555	24,60	3
13	24168	330,2	175,4	0	531	555	25,30	2
14	24169	415,3	215,4	0	519	555	29,60	2
15	24170	411,3	213,6	0	519	555	30,20	2
16	24171	392,3	204,6	0	522	555	29,50	2
17	24172	268,2	147,8	0	551	555	23,80	1
18	24173	192,3	104,2	0	542	555	26,50	1
19	24174	168,3	92,6	0	550	555	25,30	2
20	24175	215,3	112,5	0	523	555	25,60	2
21	24176	-140,3	0	75,2	536	555	22,90	2

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
22	24177	-111,3	0	65,8	591	555	21,40	2
23	24178	-60,3	0	33,7	559	555	20,30	3
24	24179	-15,4	0	8,7	565	555	20,10	3
25	24180	5,6	3,1	0	554	555	19,30	3
26	24181	3,3	1,8	0	545	555	5,90	3
27	24182	3,2	1,7	0	531	555	4,30	3
28	24183	3,3	1,8	0	545	555	4,30	3
29	24184	3,3	1,8	0	545	555	4,80	7
30	24185	7,9	4,4	0	557	555	5,60	7
31	24186	19,6	10,9	0	556	555	5,90	8
32	24187	27,5	14,5	0	527	555	6,80	8
33	24188	78,8	45,1	0,0	572	555	6,80	9
34	24189	125,4	68,1	0	543	555	5,90	9
35	24190	83,2	45,6	0	548	555	6,20	9
36	24191	208,3	115,4	0	554	555	2,50	10
37	24192	313,6	175,5	0	560	555	2,50	10
38	24193	266,3	144,2	0	541	555	24,80	10
39	24194	245,1	138,5	0	565	555	26,30	11
40	24195	-131,4	0,0	70,6	537	555	26,30	11
41	24196	-98,3	0,0	53,1	540	555	24,60	10
42	24197	-16,3	0,0	8,9	546	555	24,80	10
43	24198	49,3	26,9	0	546	555	25,30	10
44	24199	168,3	92,4	0	549	555	34,60	10
45	24200	249,7	130,6	0	523	555	39,20	10
46	24201	392,1	215,3	0	549	555	40,10	9
47	24202	398,3	219,3	0	551	555	41,20	9
48	24203	115,3	62,8	0	545	555	34,30	9
49	24204	115,3	62,7	0	544	555	34,20	9
50	24205	-1,9	0,0	1,1	579	555	30,20	9
51	24206	-130,3	0,0	70,8	543	555	25,60	9
52	24207	-387,2	0,0	198,7	513	555	20,20	9
53	24208	-254,2	0,0	134,5	529	555	12,10	9
54	24209	-104,2	0,0	58,9	565	555	9,50	9

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
55	24210	-189,4	0,0	105,8	559	555	8,30	9
56	24211	-131,4	0,0	73,4	559	555	7,40	10
57	24212	-98,3	0,0	53,2	541	555	7,30	10
58	24213	-48,7	0,0	27,6	567	555	6,10	10
59	24214	-32,5	0,0	17,6	542	555	5,30	10
60	24215	-12,3	0,0	6,9	561	555	5,30	10
61	24216	-1,8	0,0	1	556	555	5,10	10
62	24217	-1,3	0,0	0,7	538	555	5,10	10
63	24218	26,5	14,5	0	547	555	10,50	10
64	24219	60,1	32,6	0	542	555	22,30	10
65	24220	122,8	68,1	0	555	555	26,60	10
66	24221	373,6	214,7	0	575	555	25,60	8
67	24222	414,5	214,7	0	518	555	28,40	8
68	24223	396,1	218,2	0	551	555	27,90	8
69	24224	392,4	215,4	0	549	555	27,30	8
70	24225	-4,5	0	2,4	533	555	25,30	8
71	24226	-301,2	0	170,4	566	555	16,30	8
72	24227	-298,3	0	168,2	564	555	14,30	8
73	24228	-304,3	0	175,4	576	555	8,30	8
74	24229	-90,3	0	47,3	524	555	7,60	8
75	24230	-60,7	0	32,6	537	555	7,40	8
76	24231	-24,8	0	13,6	548	555	7,50	8
77	24232	-6,3	0	3,5	556	555	7,30	7
78	24233	3,8	2,1	0	553	555	4,90	7
79	24234	3,3	1,8	0	545	555	4,40	7
80	24235	3,1	1,7	0	548	555	4,00	6
81	24236	3,1	1,7	0	548	555	4,00	6
82	24237	3,4	1,9	0	559	555	3,90	5
83	24238	5,2	2,9	0	558	555	3,90	5
84	24239	3,7	2,1	0	568	555	3,90	5
85	24240	9,8	5,3	0	541	555	3,90	5
86	24241	6,9	3,8	0	551	555	3,90	5
87	24242	4,0	2,3	0	575	555	3,40	5

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
88	24243	4,0	2,2	0	550	555	3,40	5
89	24244	3,9	2,2	0	564	555	2,90	5
90	24245	3,9	2,1	0	538	555	2,90	5
91	24246	3,9	2,1	0	538	555	2,90	5
92	24247	4,0	2,2	0	550	555	2,50	5
93	24248	4,1	2,2	0	537	555	2,50	6
94	24249	3,7	1,9	0	514	555	2,20	6
95	24250	26,1	13,9	0	533	555	3,20	6
96	24251	78,5	42,3	0	539	555	4,70	5
97	24252	125,6	70,3	0	560	555	6,50	5
98	24253	254,3	134,2	0	528	555	9,70	5
99	24254	283,2	154	0	544	555	9,70	7
100	24255	274,6	154,2	0	562	555	10,10	7
101	24256	198,7	102,6	0	516	555	11,30	7
102	24257	278,3	144,7	0	520	555	16,30	7
103	24258	382,6	201,4	0	526	555	25,30	7
104	24259	378,9	199,3	0	526	555	29,60	7
105	24260	105,0	58,3	0	555	555	30,10	6
106	24261	117,7	65,3	0	555	555	31,20	6
107	24262	122,0	66,3	0	543	555	31,10	6
108	24263	136,3	73,9	0	542	555	32,20	6
109	24264	-136,9	0	74,3	543	555	29,40	5
110	24265	-126,9	0	72,8	574	555	28,60	5
111	24266	-89,5	0	49,6	554	555	27,60	4
112	24267	-36,6	0	20,1	549	555	27,30	4
113	24268	-247,0	0	139,2	564	555	23,50	4
114	24269	-173,5	0	98,3	567	555	22,90	4
115	24270	-54,1	0	30,1	556	555	22,70	4
116	24271	12,5	6,9	0	552	555	22,30	4
117	24272	10,6	5,9	0	557	555	22,00	4
118	24273	8,9	4,9	0	551	555	20,30	4
119	24274	6,7	3,6	0	537	555	16,30	4
120	24275	3,9	2,1	0	538	555	16,60	3

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
121	24276	4,2	2,3	0	548	555	15,30	3
122	24277	198,6	111,3	0	560	555	17,90	3
123	24278	207,8	118,7	0	571	555	21,50	2
124	24279	391,1	203,7	0	521	555	28,30	2
125	24280	391,1	214,3	0	548	555	32,40	2
126	24281	405,5	221,5	0	546	555	42,80	2
127	24282	120,1	64,2	0	535	555	47,00	2
128	24283	139,4	77,3	0	555	555	47,00	1
129	24284	-40,4	0,0	22,6	559	555	40,00	1
130	24285	-169,3	0,0	93,4	552	555	39,60	1
131	24286	-166,3	0,0	92,4	556	555	41,40	2
132	24287	-148,2	0,0	80,3	542	555	41,80	2
133	24288	-169	0,0	92,1	545	555	44,60	2
134	24289	4,6	2,4	0	522	555	47,20	3
135	24290	317,6	176,1	0	554	555	49,00	3
136	24291	394	216,0	0	548	555	48,20	4
137	24292	398,2	218,6	0	549	555	49,70	5
138	24293	136,4	73,4	0	538	555	47,20	6
139	24294	170,1	90,5	0	532	555	45,40	7
140	24295	180,3	101,2	0	561	555	45,70	8
141	24296	-53,4	0,0	29,6	554	555	45,00	9
142	24297	-90,6	0	49,3	544	555	44,60	10
143	24298	-134,6	0,0	74,2	551	555	40,40	10
144	24299	40,6	22,1	0	544	555	40,90	10
145	24300	128,4	70,2	0	547	555	42,30	10
146	24301	130,6	72,3	0	554	555	42,90	9
147	24302	130,8	72,2	0	552	555	43,10	8
148	24303	169,7	90,3	0	532	555	43,90	8
149	24304	190,6	102,3	0	537	555	44,10	8
150	24305	140,3	79,2	0	565	555	45,60	8
151	24306	190,1	101,3	0	533	555	47,50	8
152	24307	210,5	118,3	0	562	555	46,80	9
153	24308	218,2	118,3	0	542	555	45,40	9

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
154	24309	316,5	180,2	0	569	555	47,90	9
155	24310	237,7	130,6	0	549	555	42,50	9
156	24311	233,1	129,3	0	555	555	40,70	9
157	24312	192,6	103,4	0	537	555	38,90	9
158	24313	188,1	103,6	0	551	555	37,40	9
159	24314	-151,5	0,0	83,3	550	555	36,70	9
160	24315	-144,7	0,0	82,4	569	555	33,20	9
161	24316	134,5	76,4	0	568	555	34,90	8
162	24317	-125,6	0,0	70,7	563	555	34,90	7
163	24318	28,7	15,9	0	554	555	34,90	7
164	24319	30,9	16,9	0	547	555	36,00	6
165	24320	70,2	37,4	0	533	555	36,70	6
166	24321	-124,5	0,0	69,9	561	555	35,30	6
167	24322	-126,5	0,0	70,1	554	555	34,30	6
168	24323	-131,1	0,0	70,4	537	555	33,90	6
169	24324	-130,3	0,0	72	553	555	33,80	5
170	24325	-132,7	0,0	73,6	555	555	32,90	5
171	24326	90,8	49,8	0	548	555	33,50	5
172	24327	180,3	101,4	0	562	555	34,60	4
173	24328	210,3	116,2	0	553	555	34,60	3
174	24329	308,4	172,3	0	559	555	36,90	3
175	24330	330,5	178,3	0	539	555	37,30	3
176	24331	150,6	78,6	0	522	555	38,10	2
177	24332	16,5	9,2	0	558	555	38,20	2
178	24333	-11,8	0,0	6,4	542	555	38,10	2
179	24334	-18,7	0,0	10,2	545	555	38,00	2
180	24335	-90,4	0,0	47,6	527	555	37,40	1

En los datos se observa un mayor tiempo de regeneración de las baterías y también un mayor consumo de corriente proporcional a la velocidad con la que el vehículo se encuentra en movimiento.

- **Tramo dos**

El tramo dos tiene una distancia total de 0.5 kilómetros, su punto de inicio es en la Av. Riobamba y calle 7; y finaliza en la Av. Víctor Manuel Rendón y Boyacá.

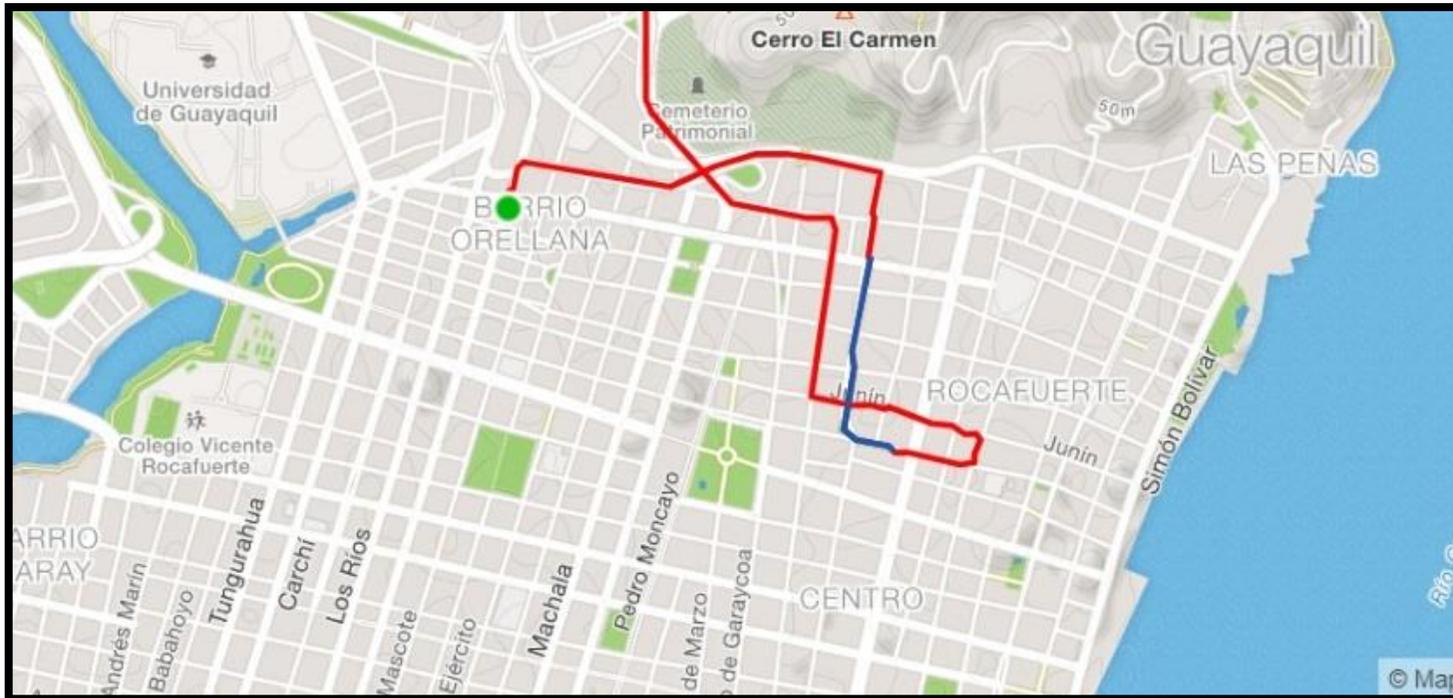


Figura 38. Tramo 2

Los valores de corriente, potencia de descarga, potencia de carga y tiempo de operación del bus se obtuvieron mediante el scanner propio de la marca BYD, la velocidad del bus y la altitud son datos tomados mediante la aplicación móvil de trazo de ruta en un tiempo de 180 segundos.

Tabla 18.

Datos tabulados tramo dos

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
1	3334	17,0	9,3	0	547	555	4,6	6
2	3335	17,7	9,4	0	531	555	4,3	6
3	3336	17,2	9,6	0	558	555	4,8	6
4	3337	17,0	9,6	0	565	555	4,8	6
5	3338	16,8	9,3	0	554	555	4,8	6
6	3339	17,2	9,5	0	552	555	4,8	6
7	3340	16,8	9,7	0	577	555	4,8	6
8	3341	17,2	9,5	0	552	555	4,8	5
9	3342	17,6	9,5	0	540	555	4,8	5
10	3343	17,1	9,5	0	556	555	4,8	5
11	3344	16,9	9,3	0	550	555	4,9	4
12	3345	17,3	9,1	0	526	555	4,9	4
13	3346	17,1	9,1	0	532	555	4,9	4
14	3347	16,5	8,9	0	539	555	4,9	3
15	3348	16,9	9,1	0	538	555	4,9	3
16	3349	17,2	9,5	0	552	555	4,9	3
17	3350	32,6	18	0	552	555	5,8	3
18	3351	90,7	48,1	0	530	555	8,9	3
19	3352	94,8	52,6	0	555	555	10,2	3
20	3353	102,0	52,6	0	516	555	12,6	2
21	3354	97,5	54	0	554	555	12,6	2

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
22	3355	48,5	27,4	0	565	555	12,6	2
23	3356	51,6	27,5	0	533	555	12,6	3
24	3357	70,3	39,9	0	568	555	12,6	3
25	3358	74,4	41,2	0	554	555	12,6	3
26	3359	46,9	26,8	0	571	555	12,6	3
27	3360	-2,9	0,0	1,6	552	555	12,6	4
28	3361	-44,3	0,0	24,5	553	555	12,5	4
29	3362	-36,3	0,0	19,9	548	555	12,5	4
30	3363	-27,2	0,0	15,2	559	555	12,5	4
31	3364	-17,6	0,0	9,7	551	555	11,6	5
32	3365	-17,6	0,0	9,7	551	555	11,6	5
33	3366	4,9	2,8	0,0	571	555	11,6	5,0
34	3367	4,7	2,6	0	553	555	11,7	5
35	3368	12,8	7,1	0	555	555	11,7	6
36	3369	15,1	8,5	0	563	555	6,9	6
37	3370	17,6	9,0	0	511	555	6,9	6
38	3371	17,9	9,0	0	503	555	4,8	6
39	3372	17,6	9,6	0	545	555	4,8	6
40	3373	17,9	9,9	0	553	555	4,9	6
41	3374	17,6	9,9	0	563	555	4,9	6
42	3375	17,5	10,1	0	577	555	4,9	6
43	3376	17,3	9,7	0	561	555	4,9	6
44	3377	17,9	10,1	0	564	555	4,9	6
45	3378	17,8	9,7	0	545	555	4,9	6
46	3379	18,1	9,6	0	530	555	4,9	6
47	3380	18,3	10,1	0	552	555	5,1	6
48	3381	17,8	9,7	0	545	555	5,1	7
49	3382	17,5	10,1	0	577	555	5,1	7
50	3383	17,9	10,1	0	564	555	5,1	7
51	3384	17,7	9,9	0	559	555	5,1	7
52	3385	18,0	10,0	0	556	555	5,1	7
53	3386	18,3	10,1	0	552	555	5,1	7
54	3387	18,1	10,2	0	564	555	5,1	8

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
55	3388	18,0	10,2	0	567	555	5,1	8
56	3389	18,2	9,7	0	533	555	5,1	8
57	3390	18,0	10,1	0	561	555	5,1	8
58	3391	18,0	10,1	0	561	555	5,1	8
59	3392	17,9	10,1	0	564	555	5,1	8
60	3393	18,2	9,9	0	544	555	5,1	8
61	3394	18,4	10,2	0	554	555	5,2	8
62	3395	18,0	10,2	0	567	555	5,2	9
63	3396	18,2	10,4	0	571	555	5,2	9
64	3397	18,6	10,3	0	554	555	5,2	9
65	3398	17,9	9,7	0	542	555	5,2	10
66	3399	18,0	10,2	0	567	555	5,2	10
67	3400	18,5	10,2	0	551	555	5,2	11
68	3401	18,5	9,8	0	530	555	5,2	12
69	3402	18,5	10	0	541	555	5,2	13
70	3403	18,1	10,1	0	558	555	5,2	14
71	3404	18,7	9,9	0	529	555	5,2	14
72	3405	18,0	10,2	0	567	555	5,2	14
73	3406	18,2	10,1	0	555	555	5,2	14
74	3407	18,2	10,1	0	555	555	5,2	14
75	3408	18,2	10,1	0	555	555	5,2	14
76	3409	16,9	9,6	0	568	555	5,2	14
77	3410	16,8	9,1	0	542	555	5,2	14
78	3411	16,4	9,1	0	555	555	5,2	14
79	3412	16,5	9,2	0	558	555	5,2	14
80	3413	10,2	5,8	0	569	555	4,2	14
81	3414	10,3	5,6	0	544	555	4,2	14
82	3415	10,6	5,8	0	547	555	4,3	14
83	3416	10,4	5,8	0	558	555	4,3	14
84	3417	10,6	5,8	0	547	555	4,3	14
85	3418	10,6	5,8	0	547	555	4,3	14
86	3419	10,6	5,8	0	547	555	4,3	14
87	3420	10,5	5,7	0	543	555	4,3	14

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
88	3421	10,1	5,7	0	564	555	4,3	14
89	3422	10,2	5,7	0	559	555	4,3	13
90	3423	10,5	5,8	0	552	555	4,3	12
91	3424	10,4	5,7	0	548	555	4,3	12
92	3425	10,4	5,6	0	538	555	4,3	12
93	3426	10,5	5,7	0	543	555	4,3	12
94	3427	10,3	5,7	0	553	555	4,3	12
95	3428	10,4	5,7	0	548	555	4,3	12
96	3429	10,3	5,6	0	544	555	4,3	12
97	3430	10,3	5,6	0	544	555	4,3	12
98	3431	10,3	5,6	0	544	555	4,3	12
99	3432	10,2	5,8	0	569	555	4,3	12
100	3433	10,4	5,7	0	548	555	4,3	11
101	3434	10,0	5,7	0	570	555	4,3	11
102	3435	10,2	5,7	0	559	555	4,3	11
103	3436	10,5	5,8	0	552	555	4,3	11
104	3437	10,3	5,7	0	553	555	4,3	11
105	3438	10,4	5,7	0	548	555	4,3	11
106	3439	10,3	5,8	0	563	555	4,3	11
107	3440	10,1	5,6	0	554	555	4,3	11
108	3441	10,4	5,8	0	558	555	4,3	11
109	3442	10,4	5,8	0	558	555	4,3	11
110	3443	10,1	5,7	0	564	555	4,6	11
111	3444	10,4	5,6	0	538	555	4,6	11
112	3445	10,3	5,8	0	563	555	4,6	11
113	3446	10,3	5,6	0	544	555	4,6	11
114	3447	10,3	5,7	0	553	555	4,6	11
115	3448	10,5	5,8	0	552	555	4,6	11
116	3449	10,0	5,6	0	560	555	4,8	11
117	3450	10,4	5,7	0	548	555	4,8	11
118	3451	10,4	5,7	0	548	555	4,8	11
119	3452	10,0	5,6	0	560	555	4,9	11
120	3453	10,4	5,7	0	548	555	4,8	11

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
121	3454	10,4	5,7	0	548	555	4,8	10
122	3455	10,1	5,6	0	554	555	4,7	10
123	3456	35,2	19,6	0	557	555	4,9	10
124	3457	80,1	44,3	0	553	555	14,8	10
125	3458	105,4	58,3	0	553	555	16,3	10
126	3459	120,2	60,3	0	502	555	19,2	10
127	3460	120,1	60,3	0	502	555	19,2	10
128	3461	-44	0,0	23,9	543	555	18,9	10
129	3462	-40	0,0	22,1	553	555	18,7	10
130	3463	43,2	23,0	0	532	555	18,7	10
131	3464	38,4	21,2	0	552	555	18,9	10
132	3465	-20,3	0,0	11,4	562	555	18,6	9
133	3466	67,2	36,0	0	536	555	18,7	9
134	3467	7,9	4,4	0	557	555	18,7	9
135	3468	87,4	48,3	0	553	555	18,9	9
136	3469	64,1	35,4	0	552	555	18,9	9
137	3470	-75,3	0,0	42,1	559	555	18,6	9
138	3471	-76,3	0,0	41,9	549	555	18,6	9
139	3472	8,2	4,4	0	537	555	18,6	9
140	3473	39,8	22,0	0	553	555	18,9	9
141	3474	60,5	32,6	0	539	555	19,2	9
142	3475	88,2	49,1	0	557	555	19,6	9
143	3476	184,3	101,8	0	552	555	22,3	9
144	3477	184,2	101,8	0	553	555	22,6	9
145	3478	98,7	53,4	0	541	555	18,6	9
146	3479	124,2	68,5	0	552	555	19,6	9
147	3480	168,2	89,0	0	529	555	19,6	9
148	3481	169,5	91,1	0	537	555	24,3	8
149	3482	19,2	10,5	0	547	555	24,3	8
150	3483	70,3	38,6	0	549	555	22,3	8
151	3484	69,2	38,6	0	558	555	22,3	8
152	3485	74,2	42,9	0	578	555	22,3	8
153	3486	76,2	42,9	0	563	555	22,3	8

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
154	3487	78,7	44,0	0	559	555	22,3	8
155	3488	82,3	45,9	0	558	555	22,3	8
156	3489	83,6	46,6	0	557	555	24,3	8
157	3490	43,6	23,7	0	544	555	26,3	8
158	3491	43,2	23,7	0	549	555	24,3	8
159	3492	55,1	30,3	0	550	555	24,3	8
160	3493	58,3	32,3	0	554	555	24,2	8
161	3494	2,9	1,6	0	552	555	24,1	9
162	3495	-150	0,0	84,1	561	555	22,3	10
163	3496	-125,3	0,0	70,2	560	555	19,6	10
164	3497	-25	0,0	14,1	564	555	18,6	10
165	3498	-90,8	0,0	50,1	552	555	17,9	9
166	3499	-75,2	0,0	41,6	553	555	16,5	9
167	3500	-224,3	0,0	125,3	559	555	13,2	9
168	3501	7,6	4,2	0	553	555	6,7	9
169	3502	10,8	6,0	0	556	555	5,9	9
170	3503	10,4	5,7	0	548	555	5,4	9
171	3504	10,2	5,7	0	559	555	4,9	9
172	3505	10,3	5,7	0	553	555	4,8	9
173	3506	11,3	6,3	0	558	555	4,8	9
174	3507	11,4	6,3	0	553	555	4,9	9
175	3508	11,9	6,6	0	555	555	4,9	9
176	3509	26,1	14,5	0	556	555	4,9	9
177	3510	49,6	27,3	0	550	555	4,9	9
178	3511	70,1	38,0	0	542	555	4,9	9
179	3512	86,2	48,0	0	557	555	4,9	9
180	3513	108,3	58,7	0	542	555	5,2	9

En la Tabla 18. Se observa los datos obtenidos mediante el scanner, en los cuales indica que el bus en el tramo dos tiene un mayor consumo de energía, teniendo poco tiempo de regeneración.

- **Tramo tres**

El tramo dos tiene una distancia total de 1.1 kilómetros, su punto de inicio es en la Av. Riobamba y Padre Vicente Solano; y finaliza en la Av. Luis Cordero Crespo a la altura de COPEI.

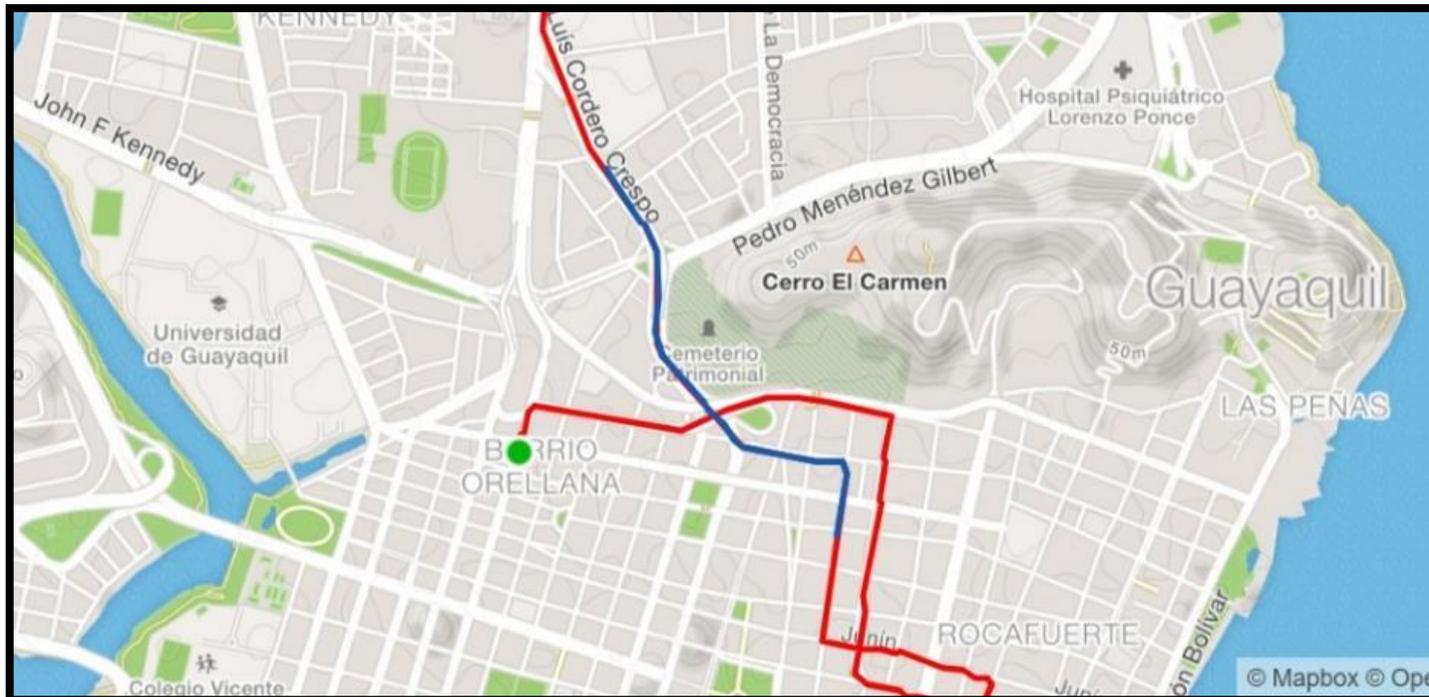


Figura 39. Tramo 3

Los datos de consumo de energía se obtuvieron mediante el scanner, la velocidad del bus K9G y la altitud en la que circula el bus son tomadas con la aplicación para registro de ruta en un tiempo de 180 segundos detallados a continuación.

Tabla 19.

Datos tabulados tramo tres

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
1	3160	3,2	1,8	0	563	555	0,70	5
2	3161	3,1	1,7	0	548	555	0,70	5
3	3162	3,4	1,7	0	500	555	0,70	5
4	3163	3,4	1,7	0	500	555	0,70	5
5	3164	3,2	1,8	0	563	555	0,70	5
6	3165	3,3	1,7	0	515	555	0,70	5
7	3166	3,5	1,7	0	486	555	0,70	5
8	3167	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
9	3168	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
10	3169	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
11	3170	3,5	1,8	0	514	555	0,70	5
12	3171	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
13	3172	3,2	1,8	0	563	555	0,70	5
14	3173	3,2	1,7	0	531	555	0,70	5
15	3174	3,3	1,6	0	485	555	0,70	5
16	3175	3,4	1,6	0	471	555	0,70	5
17	3176	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
18	3177	3,2	1,8	0	563	555	0,70	5
19	3178	3,4	1,7	0	500	555	0,70	5
20	3179	3,3	1,7	0	515	555	0,70	5
21	3180	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
22	3181	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
23	3182	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
24	3183	3,4	1,7	0	500	555	0,70	5
25	3184	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
26	3185	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
27	3186	3,2	1,7	0	531	555	0,70	5
28	3187	3,3	1,6	0	485	555	0,70	5
29	3188	3,3	1,7	0	515	555	0,70	5
30	3189	9,3	5,3	0	570	555	0,80	5
31	3190	19,6	10,9	0	556	555	1,10	5
32	3191	27,5	14,5	0	527	555	1,40	5
33	3192	78,8	45,1	0,0	572	555	2,20	5
34	3193	125,4	67,5	0	538	555	2,50	6
35	3194	83,2	43,5	0	523	555	2,50	7
36	3195	208,3	115,4	0	554	555	2,50	7
37	3196	313,6	175,5	0	560	555	2,50	7
38	3197	266,3	140,5	0	528	555	24,80	8
39	3198	245,1	138,5	0	565	555	26,30	8
40	3199	-101,7	0,0	57,1	561	555	26,30	8
41	3200	-95,8	0,0	49,8	520	555	28,10	8
42	3201	91,2	51,1	0	560	555	31,00	8
43	3202	101,0	56,0	0	554	555	33,10	7
44	3203	140,2	74,2	0	529	555	35,60	7
45	3204	225,1	115,9	0	515	555	38,50	8
46	3205	392,1	205,5	0	524	555	37,80	8
47	3206	398,3	210,3	0	528	555	37,80	8
48	3207	398,3	211,1	0	530	555	36,70	9
49	3208	189,9	101,3	0	533	555	32,40	9
50	3209	-1,9	0,0	1,1	579	555	28,10	9
51	3210	-155,4	0,0	80,1	515	555	25,60	9
52	3211	-329,0	0,0	187,1	569	555	20,20	10
53	3212	-207,0	0,0	112,1	542	555	12,10	10
54	3213	-104,2	0,0	58,9	565	555	9,50	10
55	3214	-189,4	0,0	105,8	559	555	9,00	10
56	3215	-131,4	0,0	73,4	559	555	8,70	10

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
57	3216	-41,0	0,0	22,5	549	555	7,40	10
58	3217	-12,8	0,0	7,3	570	555	6,10	11
59	3218	-3,9	0,0	2,1	538	555	5,30	11
60	3219	5,7	3,1	0	544	555	8,30	11
61	3220	25,2	14,1	0	560	555	11,50	11
62	3221	22,3	12,8	0	574	555	13,30	11
63	3222	24,4	13,1	0	537	555	20,50	11
64	3223	49,9	27,6	0	553	555	22,30	11
65	3224	122,8	68,1	0	555	555	26,60	11
66	3225	373,6	214,7	0	575	555	25,60	11
67	3226	414,5	214,7	0	518	555	24,80	11
68	3227	396,1	218,2	0	551	555	23,80	11
69	3228	392,4	215,4	0	549	555	23,80	11
70	3229	-7,3	0	4,1	562	555	23,80	11
71	3230	-311,8	0	172,7	554	555	16,30	11
72	3231	-239,9	0	130,1	542	555	10,30	11
73	3232	-199,7	0	111,4	558	555	9,80	11
74	3233	-57,9	0	30,5	527	555	8,30	11
75	3234	-30,3	0	16,9	558	555	6,90	11
76	3235	-0,3	0	0,16	533	555	5,90	11
77	3236	3,4	1,8	0	529	555	5,40	11
78	3237	3,5	1,8	0	514	555	4,90	11
79	3238	3,3	1,7	0	515	555	4,40	11
80	3239	3,2	1,8	0	563	555	4,00	11
81	3240	3,2	1,7	0	531	555	4,00	11
82	3241	3,4	1,7	0	500	555	3,90	11
83	3242	6,0	3	0	500	555	3,90	11
84	3243	3,6	1,8	0	500	555	3,90	11
85	3244	7,3	3,8	0	521	555	3,90	11
86	3245	6,5	3,6	0	554	555	3,90	11
87	3246	4,0	2,3	0	575	555	3,40	11
88	3247	4,0	2,2	0	550	555	3,40	11
89	3248	3,9	2,2	0	564	555	2,90	11

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
90	3249	3,9	2,1	0	538	555	2,90	11
91	3250	3,9	2,1	0	538	555	2,90	11
92	3251	4,0	2,2	0	550	555	2,50	11
93	3252	4,1	2,2	0	537	555	2,50	11
94	3253	5,0	2,7	0	540	555	2,20	11
95	3254	24,0	13	0	542	555	2,50	11
96	3255	138,1	76,6	0	555	555	4,70	10
97	3256	409,0	232,7	0	569	555	6,50	10
98	3257	331,1	182,4	0	551	555	8,30	10
99	3258	283,2	154	0	544	555	8,30	9
100	3259	274,6	154,2	0	562	555	8,30	8
101	3260	266,9	150,6	0	564	555	8,30	8
102	3261	-54,1	0	30,2	558	555	36,00	8
103	3262	-129,1	0	72,6	562	555	37,10	8
104	3263	21,4	12,2	0	570	555	37,40	9
105	3264	105,0	58,3	0	555	555	37,40	10
106	3265	117,7	65,3	0	555	555	35,30	10
107	3266	122,0	65,3	0	535	555	33,50	11
108	3267	136,3	73,9	0	542	555	28,80	11
109	3268	-136,9	0	72,1	527	555	5,00	11
110	3269	-126,9	0	72,8	574	555	21,50	11
111	3270	34,4	18,5	0	538	555	18,70	11
112	3271	-36,6	0	19,6	536	555	16,60	11
113	3272	-247,0	0	140,3	568	555	17,30	11
114	3273	-173,5	0	101,1	583	555	17,30	12
115	3274	-54,1	0	29,3	542	555	18,70	12
116	3275	103,4	57,9	0	560	555	20,50	12
117	3276	64,3	35,3	0	549	555	22,00	12
118	3277	8,9	4,9	0	551	555	24,10	12
119	3278	59,1	32,8	0	555	555	29,50	12
120	3279	59,1	33,8	0	572	555	32,00	12
121	3280	201,1	107,4	0	534	555	34,60	11
122	3281	277,3	153,6	0	554	555	40,00	10

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
123	3282	304,8	170,1	0	558	555	42,80	10
124	3283	391,1	214	0	547	555	42,10	10
125	3284	391,1	214	0	547	555	42,80	10
126	3285	405,5	221,5	0	546	555	42,80	9
127	3286	120,1	60,3	0	502	555	47,00	9
128	3287	139,4	77,3	0	555	555	47,00	9
129	3288	-40,4	0,0	21,6	535	555	40,00	9
130	3289	-169,3	0,0	93,4	552	555	39,60	10
131	3290	-166,3	0,0	92,4	556	555	41,40	10
132	3291	-148,2	0,0	79,7	538	555	41,80	11
133	3292	-169	0,0	90,1	533	555	44,60	12
134	3293	4,6	2,3	0	500	555	47,20	13
135	3294	317,6	176,1	0	554	555	49,00	14
136	3295	394	216,0	0	548	555	48,20	13
137	3296	397	218,6	0	551	555	49,70	13
138	3297	128	70,1	0	548	555	47,20	12
139	3298	170,1	90,5	0	532	555	45,40	12
140	3299	-170,1	0,0	93,6	550	555	45,70	12
141	3300	-53,4	0,0	29,6	554	555	45,00	11
142	3301	223,5	123,8	0	554	555	44,60	11
143	3302	-134,6	0,0	74,2	551	555	45,40	10
144	3303	97,6	55,6	0	570	555	47,50	9
145	3304	128,4	70,2	0	547	555	48,60	9
146	3305	129	70,2	0	544	555	50,00	9
147	3306	175	96,6	0	552	555	49,70	8
148	3307	146,7	85,1	0	580	555	49,70	8
149	3308	190,6	104,1	0	546	555	48,60	8
150	3309	178	103,0	0	579	555	47,90	8
151	3310	190,1	108,2	0	569	555	47,50	8
152	3311	210,5	108,2	0	514	555	46,80	9
153	3312	224,2	115,6	0	516	555	45,40	9
154	3313	271	150,6	0	556	555	43,90	9
155	3314	237,7	130,6	0	549	555	42,50	9

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
156	3315	233,1	119,5	0	513	555	40,70	9
157	3316	188,1	103,4	0	550	555	38,90	9
158	3317	188,1	103,6	0	551	555	37,40	9
159	3318	-151,5	0,0	83,3	550	555	36,70	9
160	3319	-144,7	0,0	83,2	575	555	35,30	9
161	3320	-133,9	0,0	76,7	573	555	34,90	8
162	3321	-125,6	0,0	70,7	563	555	34,90	7
163	3322	24,5	13,8	0	563	555	34,90	7
164	3323	-125,5	0,0	70,3	560	555	36,00	6
165	3324	-125,8	0,0	69,4	552	555	36,70	6
166	3325	-124,5	0,0	69,9	561	555	37,80	6
167	3326	-126,5	0,0	70,1	554	555	37,10	6
168	3327	-131,1	0,0	70,4	537	555	36,70	6
169	3328	-130,3	0,0	72	553	555	35,30	5
170	3329	-132,7	0,0	74,6	562	555	34,90	5
171	3330	-130,3	0,0	73,3	563	555	33,50	5
172	3331	-128,7	0,0	71,6	556	555	34,60	4
173	3332	-125,3	0,0	71,5	571	555	34,60	3
174	3333	-121	0,0	69,3	573	555	34,20	3
175	3334	-86,9	0,0	48,6	559	555	33,10	3
176	3335	29	16,2	0	559	555	33,10	2
177	3336	16,5	9,2	0	558	555	31,00	2
178	3337	-11,8	0,0	6,7	568	555	28,80	2
179	3338	1,4	0,8	0	571	555	28,40	2
180	3339	20,6	10,9	0	529	555	26,60	1

En el tramo tres se indica que el vehículo de prueba tiene aceleración y desaceleración progresiva sin llegar a estar detenido, teniendo así también un consumo de corriente paulatino.

- **Tramo cuatro**

El tramo cuatro tiene una distancia total de 1 kilómetro, su punto de inicio es en la Av. Luis Plaza Dañin y Av. 8 NO; y finaliza en la Av. Francisco de Orellana y calle 12B NO.

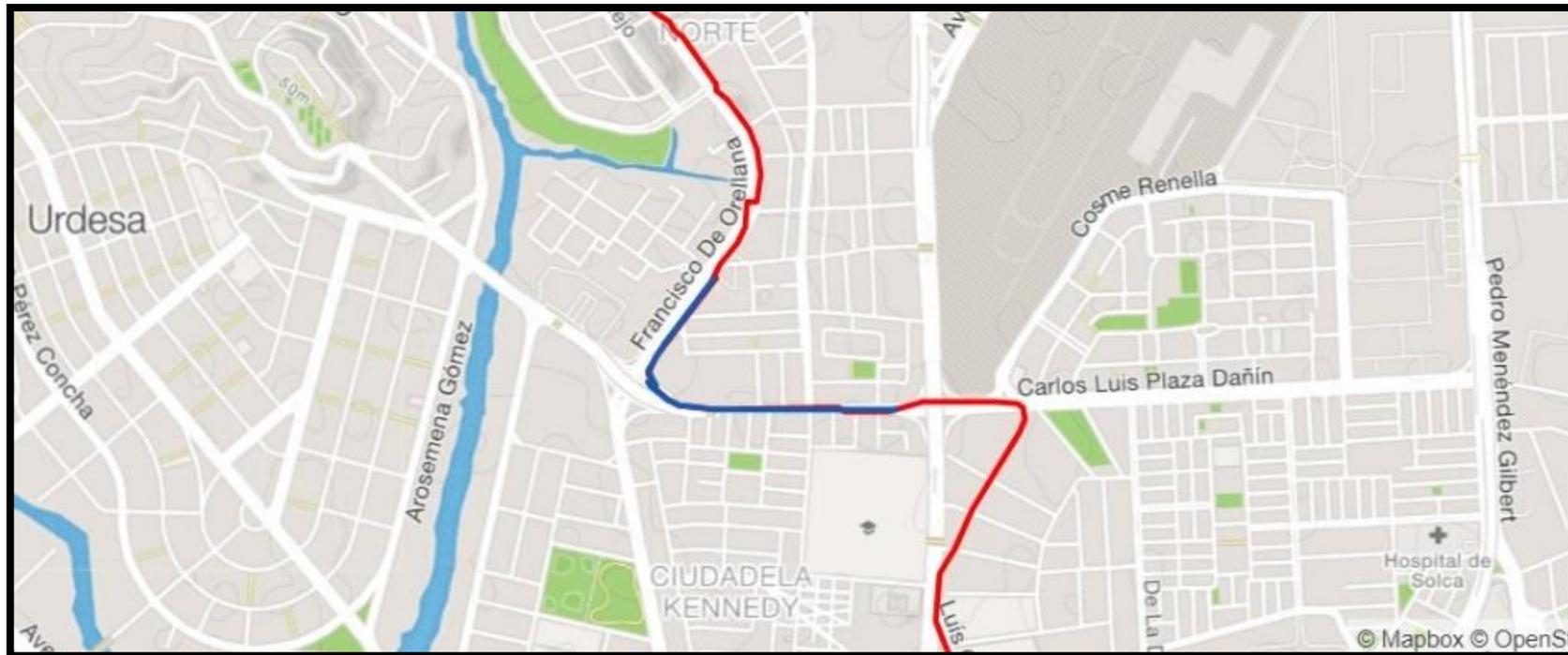


Figura 40. Tramo 4

Los datos que intervienen en el proceso de descarga se obtuvieron mediante el scanner VDS 2000 de la marca BYD, la velocidad y la altitud con la que circula el bus son tomados mediante la aplicación de registro de ruta.

Tabla 20.

Datos tabulados tramo cuatro

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
1	4101	3,2	1,8	0	563	555	0,70	7
2	4102	3,4	1,8	0	529	555	0,70	7
3	4103	3,8	2,1	0	553	555	0,70	7
4	4104	77,5	43,2	0	557	555	6,10	7
5	4105	100,6	55,9	0	556	555	11,60	7
6	4106	150,8	81,6	0	541	555	14,50	7
7	4107	175,6	97,7	0	556	555	15,90	7
8	4108	244,2	136,8	0	560	555	21,60	7
9	4109	289,7	158,9	0	548	555	24,80	7
10	4110	357,1	200,3	0	561	555	23,10	7
11	4111	404,3	229,8	0	568	555	29,60	7
12	4112	410,6	231,5	0	564	555	30,40	7
13	4113	408,5	228,9	0	560	555	30,20	7
14	4114	406,2	225,6	0	555	555	30,30	7
15	4115	-101,6	0	56,5	556	555	29,40	7
16	4116	-135,6	0	75,1	554	555	28,30	7
17	4117	-139,6	0	75,3	539	555	27,10	7
18	4118	-86,2	0	48,9	567	555	25,70	7
19	4119	98,7	55,7	0	564	555	26,50	7
20	4120	111,3	61	0	548	555	29,80	7
21	4121	140,9	79,5	0	564	555	33,10	7
22	4122	165,9	88,9	0	536	555	35,60	7
23	4123	189,2	103,2	0	545	555	37,10	7

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
24	4124	216,5	120,2	0	555	555	39,20	7
25	4125	240,9	136,2	0	565	555	40,80	7
26	4126	299,4	165,8	0	554	555	43,50	7
27	4127	328,2	175,4	0	534	555	45,10	6
28	4128	355,2	195,2	0	550	555	46,80	6
29	4129	349,5	190,8	0	546	555	45,80	6
30	4130	360,1	192,3	0	534	555	47,30	6
31	4131	352,9	191,3	0	542	555	47,10	6
32	4132	366,3	195,8	0	535	555	48,00	5
33	4133	358,7	195,6	0,0	545	555	47,90	5
34	4134	353,1	194,8	0	552	555	46,90	6
35	4135	369,8	196,5	0	531	555	47,60	7
36	4136	384,9	209,2	0	544	555	48,90	7
37	4137	399,2	212,9	0	533	555	49,90	7
38	4138	410,2	220,5	0	538	555	52,10	9
39	4139	406,2	218,9	0	539	555	51,90	9
40	4140	405,7	217,6	0	536	555	51,20	9
41	4141	407,5	221,6	0	544	555	51,30	9
42	4142	403,2	219,8	0	545	555	50,90	9
43	4143	404,8	220,1	0	544	555	51,00	9
44	4144	403,2	215,9	0	535	555	50,90	7
45	4145	400,5	219,5	0	548	555	50,00	8
46	4146	420,6	235,9	0	561	555	52,60	8
47	4147	422,6	237,8	0	563	555	52,80	8
48	4148	418,5	236,5	0	565	555	52,40	9
49	4149	415,6	235,2	0	566	555	51,90	9
50	4150	419,4	235,8	0	562	555	52,00	9
51	4151	385,6	209,4	0	543	555	50,10	9
52	4152	399,7	220,6	0	552	555	51,00	9
53	4153	410,2	230,5	0	562	555	51,90	9
54	4154	-306,4	0,0	169,1	552	555	50,00	9
55	4155	-189,4	0,0	108,3	572	555	43,20	9
56	4156	-142,1	0,0	79,4	559	555	35,60	9

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
57	4157	-135,1	0,0	75,6	560	555	30,10	10
58	4158	-115,4	0,0	65,1	564	555	27,60	11
59	4159	-80,6	0,0	45,6	566	555	23,40	11
60	4160	-52,1	0,0	28,6	549	555	20,30	11
61	4161	-25,8	0,0	13,9	539	555	16,70	11
62	4162	-15,8	0,0	8,6	544	555	14,30	11
63	4163	-8,6	0,0	4,7	547	555	10,30	11
64	4164	-3,8	0,0	2,1	553	555	5,30	11
65	4165	3,4	1,9	0	559	555	2,30	11
66	4166	3,5	1,9	0	543	555	0,70	11
67	4167	3,3	1,8	0	545	555	0,70	11
68	4168	3,2	1,7	0	531	555	0,70	11
69	4169	3,2	1,8	0	563	555	0,70	11
70	4170	3,4	1,9	0	559	555	0,70	11
71	4171	3,6	2	0	556	555	0,70	10
72	4172	3,6	2	0	556	555	0,70	10
73	4173	3,2	1,7	0	531	555	0,70	10
74	4174	3,4	1,9	0	559	555	0,70	10
75	4175	3,5	1,9	0	543	555	0,70	10
76	4176	3,7	2,1	0	568	555	0,70	10
77	4177	3,9	2,2	0	564	555	0,70	10
78	4178	3,9	2,1	0	538	555	0,70	10
79	4179	3,9	2,2	0	564	555	0,70	10
80	4180	3,2	1,7	0	531	555	0,70	10
81	4181	3,2	1,7	0	531	555	0,70	10
82	4182	3,4	1,9	0	559	555	0,70	10
83	4183	3,6	2	0	556	555	0,70	10
84	4184	3,6	2	0	556	555	0,70	10
85	4185	3,2	1,8	0	563	555	0,70	10
86	4186	3,4	1,9	0	559	555	0,70	10
87	4187	3,5	1,9	0	543	555	0,70	11
88	4188	3,7	2	0	541	555	0,70	11
89	4189	3,9	2,2	0	564	555	0,70	11

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
90	4190	3,9	2,1	0	538	555	0,70	11
91	4191	3,9	2,1	0	538	555	0,70	11
92	4192	4,0	2,2	0	550	555	0,70	11
93	4193	4,1	2,2	0	537	555	0,70	11
94	4194	5,0	2,8	0	560	555	0,70	11
95	4195	3,9	2,2	0	564	555	0,70	11
96	4196	3,8	2	0	526	555	0,70	10
97	4197	3,2	1,8	0	563	555	0,70	10
98	4198	3,5	1,9	0	543	555	0,70	10
99	4199	3,4	1,9	0	559	555	0,70	9
100	4200	3,6	2	0	556	555	0,70	8
101	4201	3,7	2,1	0	568	555	0,70	8
102	4202	3,8	2,1	0	553	555	0,70	8
103	4203	3,5	1,9	0	543	555	0,70	8
104	4204	3,4	1,9	0	559	555	0,70	7
105	4205	3,6	2	0	556	555	0,70	7
106	4206	3,2	1,8	0	563	555	0,70	7
107	4207	3,1	1,7	0	548	555	0,70	7
108	4208	3,5	2	0	571	555	0,70	7
109	4209	3,8	2	0	526	555	0,70	8
110	4210	3,9	2,2	0	564	555	0,70	8
111	4211	3,7	2	0	541	555	0,70	8
112	4212	3,5	1,9	0	543	555	0,70	8
113	4213	3,4	1,9	0	559	555	0,70	8
114	4214	3,4	1,9	0	559	555	0,70	8
115	4215	3,5	1,9	0	543	555	0,70	9
116	4216	3,7	2	0	541	555	0,70	9
117	4217	3,7	2	0	541	555	0,70	9
118	4218	3,7	2	0	541	555	0,70	9
119	4219	3,5	1,9	0	543	555	0,70	9
120	4220	80,9	45,1	0	557	555	9,40	9
121	4221	125,7	70,5	0	561	555	11,60	10
122	4222	169,5	90,5	0	534	555	13,40	10

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
123	4223	200,1	110,6	0	553	555	16,80	10
124	4224	267,4	150,4	0	562	555	20,10	10
125	4225	321,5	180,7	0	562	555	23,60	10
126	4226	386,1	207,8	0	538	555	26,90	9
127	4227	400,8	225,7	0	563	555	29,10	9
128	4228	389,2	215,1	0	553	555	27,80	9
129	4229	394,9	220,8	0	559	555	28,60	9
130	4230	398,2	221,5	0	556	555	29,00	10
131	4231	401,5	223,9	0	558	555	30,20	10
132	4232	399,5	222,8	0	558	555	30,00	11
133	4233	403,8	223,5	0	553	555	30,50	12
134	4234	405,9	226,3	0	558	555	31,00	13
135	4235	401,8	224,2	0	558	555	30,10	14
136	4236	406,8	227,1	0	558	555	31,60	13
137	4237	408,7	228,6	0	559	555	32,00	13
138	4238	401,9	218,9	0	545	555	31,40	12
139	4239	397,5	220,6	0	555	555	31,00	12
140	4240	388,3	219,5	0	565	555	29,50	12
141	4241	-371,6	0,0	210,4	566	555	27,90	11
142	4242	-366,3	0,0	207,5	566	555	25,60	11
143	4243	-325,1	0,0	180,3	555	555	23,10	10
144	4244	-300,2	0,0	170,2	567	555	20,80	9
145	4245	75,6	42,1	0	557	555	22,40	9
146	4246	100,9	55,1	0	546	555	26,80	9
147	4247	125,6	70,5	0	561	555	28,30	8
148	4248	175,8	99,4	0	565	555	30,40	8
149	4249	200,1	113,7	0	568	555	34,70	8
150	4250	250,8	140,7	0	561	555	36,40	8
151	4251	245,6	139,9	0	570	555	37,90	8
152	4252	260,8	143,5	0	550	555	38,60	7
153	4253	224,2	118,9	0	530	555	37,10	7
154	4254	263,5	148,6	0	564	555	38,40	7
155	4255	220,6	123,4	0	559	555	37,10	7

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
156	4256	208,7	117,2	0	562	555	34,90	7
157	4257	-190,6	0,0	108,5	569	555	32,10	7
158	4258	-172,6	0,0	95,7	554	555	30,90	7
159	4259	-169,7	0,0	95,4	562	555	27,40	7
160	4260	-134,2	0,0	76,1	567	555	25,90	7
161	4261	-130,1	0,0	72,9	560	555	24,60	8
162	4262	-115,6	0,0	64,7	560	555	22,10	7
163	4263	-120,9	0,0	65,8	544	555	20,90	7
164	4264	-130,5	0,0	71,2	546	555	19,00	6
165	4265	-133,2	0,0	71,3	535	555	18,10	6
166	4266	-135,6	0,0	73,6	543	555	16,80	6
167	4267	-136,4	0,0	75,6	554	555	15,30	6
168	4268	-129,9	0,0	71,5	550	555	13,90	6
169	4269	-128,4	0,0	71,9	560	555	11,50	5
170	4270	-131,1	0,0	73,5	561	555	10,90	5
171	4271	-132,3	0,0	73,3	554	555	10,50	5
172	4272	-129,1	0,0	71,6	555	555	10,80	4
173	4273	-128,4	0,0	71,5	557	555	10,40	3
174	4274	-127,8	0,0	69,3	542	555	9,40	3
175	4275	-50,1	0,0	28,4	567	555	8,60	3
176	4276	-25,6	0,0	14,2	555	555	7,60	3
177	4277	-20,9	0,0	11,4	545	555	7,40	3
178	4278	-16,2	0,0	8,9	549	555	7,30	3
179	4279	-11,2	0,0	6,1	545	555	6,10	3
180	4280	-10,6	0	5,9	557	555	5,90	

En los datos obtenidos en el tramo cuatro se conoce que el vehículo tuvo una velocidad máxima de 52,9 km/h y una mínima de 0,70 km/h en la cual el vehículo se encuentra detenido.

- **Tramo cinco**

El tramo cinco tiene una distancia total de 1,3 kilómetros, su punto de inicio es en la Av. Francisco de Orellana a la altura del Diario Expreso; y finaliza en la Av. Guillermo Pareja Rolando y José María Roura.

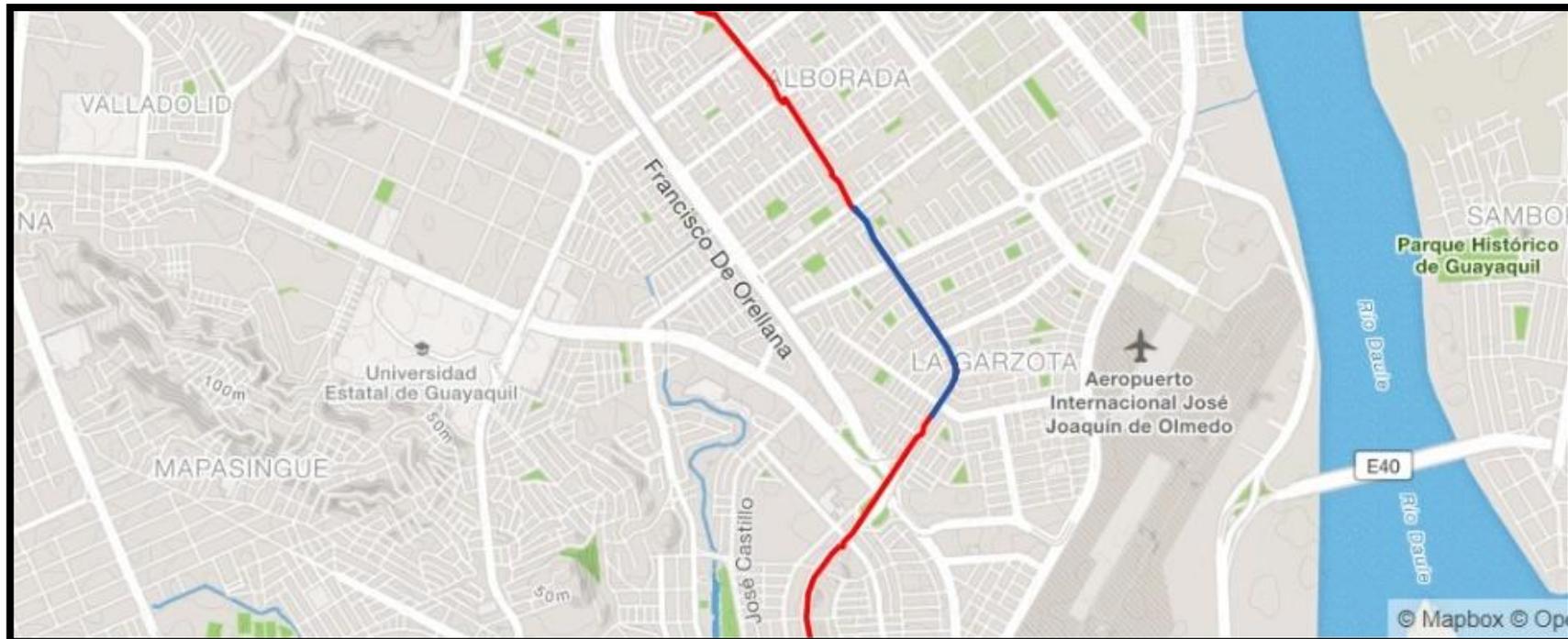


Figura 41. Tramo 5

Los valores de operación del bus se obtuvieron mediante el scanner VDS 2000, la velocidad y altitud mediante aplicaciones móviles siguiendo el protocolo de pruebas antes mencionado el cual establece un tiempo de 180 segundos.

Tabla 21.

Datos tabulados tramo cinco

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
1	9211	10,3	5,7	0	553	555	6,80	2
2	9212	12,3	6,7	0	545	555	6,80	2
3	9213	10,4	5,8	0	558	555	6,90	2
4	9214	10,8	5,7	0	528	555	6,90	2
5	9215	10,9	5,9	0	541	555	6,80	2
6	9216	11,2	6,1	0	545	555	6,90	2
7	9217	10,9	6,1	0	560	555	6,90	2
8	9218	10,8	6,3	0	583	555	7,10	2
9	9219	10,8	6,1	0	565	555	7,10	2
10	9220	10,8	6,1	0	565	555	7,10	2
11	9221	10,7	6,1	0	570	555	7,10	2
12	9222	10,6	6,1	0	575	555	7,10	2
13	9223	11,2	6,3	0	563	555	7,20	2
14	9224	19,6	10,3	0	526	555	7,90	2
15	9225	18,3	10,1	0	552	555	7,90	2
16	9226	18,6	10,6	0	570	555	7,90	2
17	9227	18,6	10,5	0	565	555	7,90	1
18	9228	18,3	10,1	0	552	555	7,90	1
19	9229	18,4	10,1	0	549	555	7,90	2
20	9230	19,4	11,1	0	572	555	7,90	2
21	9231	19,4	10,9	0	562	555	7,90	2
22	9232	25,7	13,6	0	529	555	7,90	2
23	9233	32,8	17,8	0	543	555	8,40	3

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
24	9234	49,5	26,4	0	533	555	8,60	3
25	9235	90,6	49,3	0	544	555	8,60	3
26	9236	136,7	72,3	0	529	555	8,60	3
27	9237	193,6	105,3	0	544	555	16,90	3
28	9238	263,2	148,2	0	563	555	26,90	3
29	9239	245,6	135,2	0	550	555	34,20	4
30	9240	198,3	112,3	0	566	555	34,60	4
31	9241	201,3	112,0	0	556	555	35,60	4
32	9242	169,3	94,0	0	555	555	35,70	4
33	9243	115,3	64,0	0,0	555	555	35,70	4
34	9244	116,3	64,5	0	555	555	35,70	4
35	9245	90,3	49,3	0	546	555	34,30	4
36	9246	40,2	22,5	0	560	555	34,50	5
37	9247	-6,3	0,0	3,4	540	555	34,50	5
38	9248	-9,8	0,0	5,5	561	555	34,40	5
39	9249	-15,3	0,0	8,4	549	555	34,30	5
40	9250	-131,2	0,0	73,6	561	555	32,30	5
41	9251	-205,9	0,0	115,3	560	555	32,10	5
42	9252	-48,6	0,0	26,9	553	555	28,30	5
43	9253	-6,9	0,0	3,7	536	555	26,80	6
44	9254	-1,1	0,0	0,6	545	555	26,80	6
45	9255	3,2	1,8	0	563	555	10,90	6
46	9256	3,3	1,7	0	515	555	10,50	6
47	9257	3,4	1,8	0	529	555	6,90	6
48	9258	3,2	1,8	0	563	555	6,90	7
49	9259	3,1	1,8	0	581	555	6,70	7
50	9260	20,6	11,4	0	553	555	13,60	7
51	9261	35,6	19,3	0	542	555	14,60	7
52	9262	16,5	8,9	0	539	555	15,90	7
53	9263	14,7	8,2	0	558	555	18,90	8
54	9264	16,3	9,2	0	564	555	18,90	8
55	9265	18,9	10,4	0	550	555	18,90	8
56	9266	19,6	10,8	0	551	555	19,30	8

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
57	9267	20,3	11,3	0	557	555	19,60	7
58	9268	-47,2	0,0	26,4	559	555	18,90	7
59	9269	-32,5	0,0	17,9	551	555	17,90	7
60	9270	-69,4	0,0	37,4	539	555	17,90	7
61	9271	-129,3	0,0	70,9	548	555	10,90	7
62	9272	-198,2	0,0	109,3	551	555	10,60	8
63	9273	26,5	14,9	0	562	555	11,20	8
64	9274	60,1	32,6	0	542	555	11,90	8
65	9275	-20,3	0	11,1	547	555	11,60	8
66	9276	-9,8	0	5,2	531	555	11,60	7
67	9277	16,2	9,1	0	562	555	11,60	7
68	9278	80,4	44,9	0	558	555	12,40	7
69	9279	159,2	90,2	0	567	555	12,60	7
70	9280	267,8	148,9	0	556	555	14,30	6
71	9281	347,1	190,2	0	548	555	18,90	6
72	9282	386,2	209,3	0	542	555	20,60	6
73	9283	362,1	200,3	0	553	555	26,90	6
74	9284	307,2	166,8	0	543	555	32,80	6
75	9285	264,1	142,7	0	540	555	32,90	5
76	9286	198,2	108,1	0	545	555	33,10	5
77	9287	80,3	45,6	0	568	555	32,80	5
78	9288	89,6	49,2	0	549	555	32,80	5
79	9289	90,4	49,6	0	549	555	32,90	5
80	9290	65,3	36,3	0	556	555	32,90	4
81	9291	30,4	16,9	0	556	555	32,00	4
82	9292	48,6	26,9	0	553	555	32,10	4
83	9293	30,6	16,9	0	552	555	32,10	4
84	9294	19,6	10,9	0	556	555	32,00	4
85	9295	20,8	11,5	0	553	555	32,00	4
86	9296	-56,7	0	31,2	550	555	32,00	4
87	9297	-18,7	0	10,4	556	555	31,50	5
88	9298	-3,2	0	1,8	563	555	31,20	5
89	9299	1,4	0,8	0	571	555	31,20	5

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
90	9300	17,8	9,8	0	551	555	31,30	5
91	9301	-20,3	0	11,2	552	555	30,70	6
92	9302	-3,2	0	1,8	563	555	30,70	6
93	9303	6,5	3,6	0	554	555	30,80	6
94	9304	3,7	2,1	0	568	555	30,80	6
95	9305	3,2	1,7	0	531	555	29,30	6
96	9306	3,9	2,2	0	564	555	29,60	6
97	9307	3,9	2,1	0	538	555	29,50	6
98	9308	4,2	2,3	0	548	555	21,40	6
99	9309	3,6	2,1	0	583	555	21,30	7
100	9310	3,5	1,9	0	543	555	8,30	7
101	9311	3,6	1,9	0	528	555	8,30	7
102	9312	3,8	2,1	0	553	555	8,30	7
103	9313	3,8	2,1	0	553	555	5,00	7
104	9314	3,8	2,2	0	579	555	4,90	7
105	9315	102,8	56,3	0	548	555	5,20	7
106	9316	68,7	37,8	0	550	555	5,30	8
107	9317	98,5	53,6	0	544	555	5,30	8
108	9318	136,3	75,6	0	555	555	5,60	8
109	9319	58,6	32,6	0	556	555	8,90	8
110	9320	79,8	44,3	0	555	555	8,90	8
111	9321	92,3	50,4	0	546	555	8,90	8
112	9322	105,6	60,1	0	569	555	11,60	8
113	9323	189,3	104,7	0	553	555	14,90	8
114	9324	215,3	120,3	0	559	555	18,90	8
115	9325	245,6	138,2	0	563	555	20,80	8
116	9326	227,1	128,3	0	565	555	20,90	9
117	9327	200,3	110,2	0	550	555	22,30	9
118	9328	165,4	91,9	0	556	555	22,60	9
119	9329	115,3	62,3	0	540	555	22,60	9
120	9330	28,7	16,2	0	564	555	22,60	9
121	9331	62,4	34,9	0	559	555	22,40	10
122	9332	20,6	11,3	0	549	555	21,90	10

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
123	9333	18,9	10,2	0	540	555	21,50	10
124	9334	19,2	10,6	0	552	555	15,60	10
125	9335	19,1	10,6	0	555	555	15,60	11
126	9336	18,7	10,5	0	561	555	15,60	11
127	9337	16,4	8,9	0	543	555	15,50	11
128	9338	16,4	9,1	0	555	555	15,90	11
129	9339	16,3	9,2	0	564	555	15,60	10
130	9340	16,5	9,1	0	552	555	15,90	9
131	9341	16,6	9,1	0	548	555	15,90	9
132	9342	16,6	9,3	0	560	555	15,90	9
133	9343	16,6	9,2	0	554	555	15,90	8
134	9344	-12,9	0,0	7,2	558	555	15,70	8
135	9345	-6,9	0,0	3,8	551	555	15,70	8
136	9346	-3,2	0,0	1,8	563	555	15,70	8
137	9347	-3,2	0,0	1,7	531	555	15,60	8
138	9348	3,2	1,8	0	563	555	15,30	8
139	9349	3,9	2,2	0	564	555	15,10	7
140	9350	3,2	1,8	0	563	555	15,10	7
141	9351	3,6	2,0	0	556	555	15,10	7
142	9352	3,6	2,1	0	583	555	15,10	7
143	9353	3,5	1,9	0	543	555	8,90	7
144	9354	3,5	2,0	0	571	555	8,90	7
145	9355	3,7	2,0	0	541	555	3,20	8
146	9356	3,4	1,9	0	559	555	3,20	8
147	9357	3,4	1,9	0	559	555	3,20	8
148	9358	3,6	2,0	0	556	555	3,20	8
149	9359	3,6	2,1	0	583	555	3,20	8
150	9360	3,3	1,8	0	545	555	3,30	8
151	9361	3,3	1,9	0	576	555	3,30	7
152	9362	3,2	1,7	0	531	555	3,30	7
153	9363	3,2	1,8	0	563	555	3,30	7
154	9364	3,2	1,8	0	563	555	3,30	7
155	9365	137,2	76,3	0	556	555	3,30	7

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
156	9366	164,2	89,2	0	543	555	7,60	7
157	9367	159,3	87,6	0	550	555	8,30	8
158	9368	204,8	115,3	0	563	555	12,90	9
159	9369	367,2	201,4	0	548	555	19,60	9
160	9370	401,3	226,1	0	563	555	25,60	9
161	9371	208,3	115,3	0	554	555	27,90	9
162	9372	103,2	57,2	0	554	555	28,10	9
163	9373	36,8	20,1	0	546	555	28,10	9
164	9374	54,3	29,6	0	545	555	28,10	10
165	9375	52,3	28,9	0	553	555	28,00	10
166	9376	-124,5	0,0	68,9	553	555	28,00	10
167	9377	-126,5	0,0	70,1	554	555	26,90	10
168	9378	-30,2	0,0	16,7	553	555	26,90	10
169	9379	38,2	20,9	0	547	555	26,90	10
170	9380	24,3	13,6	0	560	555	26,90	9
171	9381	19,8	10,9	0	551	555	25,90	9
172	9382	16,3	8,9	0	546	555	25,90	9
173	9383	9,6	5,2	0	542	555	24,20	9
174	9384	10,6	5,9	0	557	555	24,30	8
175	9385	9,8	5,4	0	551	555	24,30	8
176	9386	7,6	4,2	0	553	555	24,30	8
177	9387	9,8	5,4	0	551	555	24,30	8
178	9388	9,8	5,5	0	561	555	24,40	7
179	9389	9,6	5,5	0	573	555	24,40	7
180	9390	10,1	5,6	0	554	555	24,40	7

En la Tabla 21. Se observa que el bus K9G tuvo un consumo de corriente máximo de 401.3 A y un mínimo de -206 A, el signo negativo indica que el vehículo en ese momento se encuentra regenerando.

- **Tramo seis**

El tramo seis tiene una distancia total de 0.8 kilómetros, su punto de inicio es en la Av. Alborada Rodolfo Baquerizo a la altura del camposanto parque de la paz; y finaliza en la Av. Gabriel Roldos Garcés a la altura de Kerámikos.

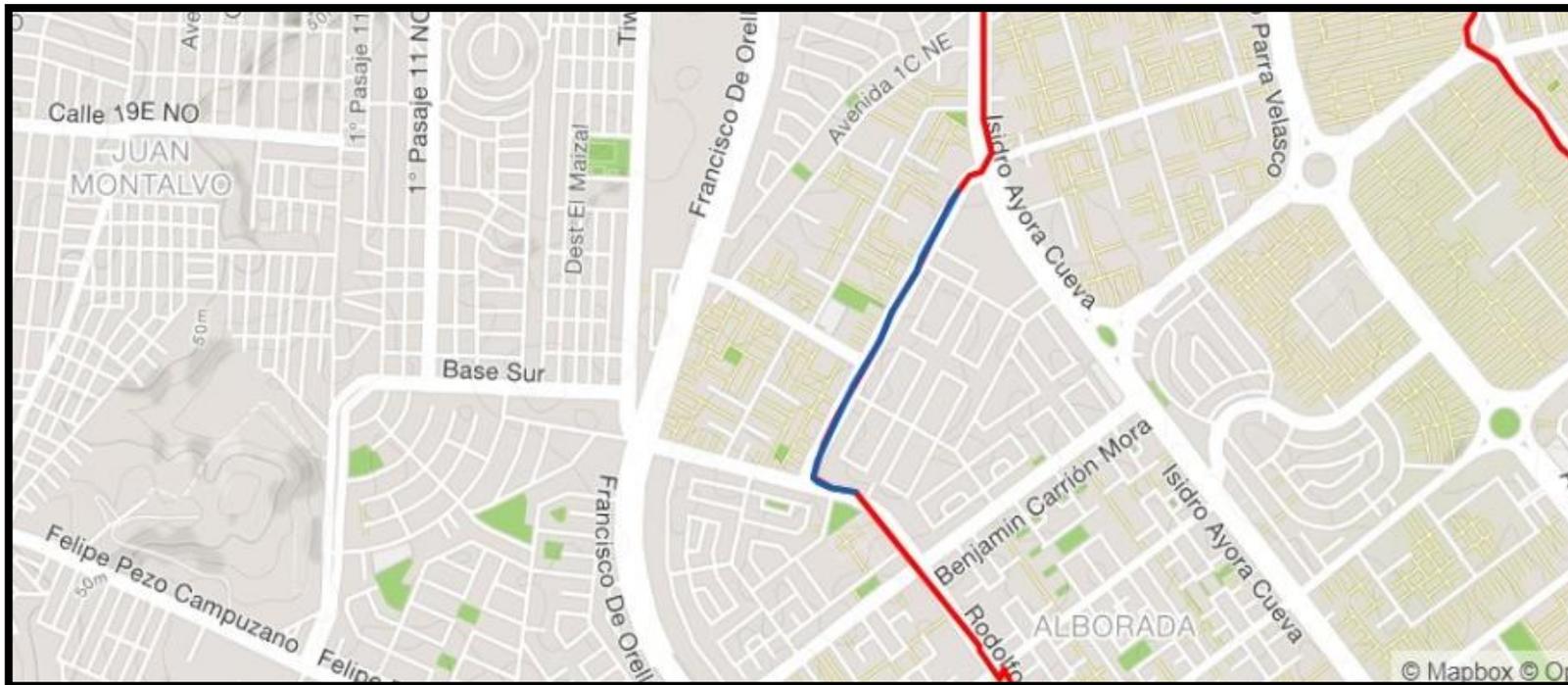


Figura 42. Tramo 6

Los datos de corriente, potencia de descarga, potencia de carga y tiempo, etc. Se obtuvieron mediante el equipo de diagnóstico propio de la marca BYD.

Tabla 22.

Datos tabulados tramo seis

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
1	28301	-105,5	0	60,3	572	555	29,60	3
2	28302	-105,5	0	60,3	572	555	26,80	3
3	28303	-0,2	0	0,11	550	555	26,80	2
4	28304	-90,0	0	49,1	546	555	26,60	2
5	28305	79,4	43,5	0	548	555	25,90	2
6	28306	150,6	80,8	0	537	555	26,40	2
7	28307	179,3	98,9	0	552	555	27,60	2
8	28308	205,7	112,1	0	545	555	30,20	2
9	28309	120,6	65,6	0	544	555	31,40	2
10	28310	92,6	50,3	0	543	555	31,60	2
11	28311	84,4	45,9	0	544	555	31,50	2
12	28312	112,0	65,9	0	588	555	32,70	2
13	28313	36,6	19,6	0	536	555	32,80	2
14	28314	-110,5	0	62,4	565	555	32,60	2
15	28315	-296,9	0	155,4	523	555	30,40	2
16	28316	-75,3	0	42,8	568	555	30,30	2
17	28317	87,4	45,8	0	524	555	30,20	3
18	28318	172,5	97,5	0	565	555	31,30	3
19	28319	186,8	97,2	0	520	555	33,30	3
20	28320	190,8	103,6	0	543	555	33,60	3
21	28321	209,7	109,3	0	521	555	34,80	3
22	28322	208,8	110,3	0	528	555	35,20	3
23	28323	181,1	98,5	0	544	555	41,80	3

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
24	28324	222,3	121	0	544	555	44,60	3
25	28325	177,5	99,6	0	561	555	46,30	3
26	28326	109,4	62,2	0	569	555	46,30	4
27	28327	90,9	48,1	0	529	555	45,80	4
28	28328	79,3	44,8	0	565	555	45,60	4
29	28329	-122,6	0,0	68,7	560	555	45,10	4
30	28330	93,1	51,7	0	555	555	45,10	4
31	28331	109,1	60,3	0	553	555	45,60	4
32	28332	50,2	27,3	0	544	555	45,60	5
33	28333	34,6	18,8	0,0	543	555	45,30	5
34	28334	36,4	19,9	0	547	555	45,30	5
35	28335	3,9	2,1	0	538	555	45,30	6
36	28336	-148,9	0,0	77,5	520	555	44,90	6
37	28337	76,2	41,7	0	547	555	44,90	6
38	28338	76,2	42,1	0	552	555	45,10	6
39	28339	-4,6	0,0	2,5	543	555	45,10	7
40	28340	-147,1	0,0	81,2	552	555	44,90	7
41	28341	-183,3	0,0	104,2	568	555	41,90	8
42	28342	-182,6	0,0	102,1	559	555	41,90	8
43	28343	-108,6	0,0	60	552	555	37,80	7
44	28344	69,6	38,4	0	552	555	38,90	7
45	28345	98,9	51,6	0	522	555	38,80	7
46	28346	70,8	38,1	0	538	555	38,80	7
47	28347	-101,2	0,0	55,4	547	555	37,60	7
48	28348	-92,8	0,0	52,1	561	555	37,60	7
49	28349	-92,8	0,0	51,4	554	555	37,30	7
50	28350	-147,5	0,0	82,5	559	555	34,60	8
51	28351	-98,6	0,0	56,5	573	555	31,60	8
52	28352	-98,6	0,0	55,1	559	555	31,60	7
53	28353	-87,2	0,0	48,1	552	555	30,40	7
54	28354	-67,1	0,0	36,8	548	555	30,20	7
55	28355	-34,1	0,0	19,7	578	555	28,70	7
56	28356	8,0	4,6	0	575	555	26,80	7

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
57	28357	10,1	5,5	0	545	555	26,80	7
58	28358	9,9	5,5	0	556	555	26,70	7
59	28359	9,8	5,4	0	551	555	26,70	7
60	28360	9,9	5,4	0	545	555	23,80	7
61	28361	10,1	5,4	0	535	555	23,80	7
62	28362	9,8	5,5	0	561	555	22,30	7
63	28363	9,7	5,2	0	536	555	20,50	7
64	28364	9,9	5,2	0	525	555	20,30	7
65	28365	9,8	5,4	0	551	555	19,30	7
66	28366	9,8	5,4	0	551	555	18,30	7
67	28367	10,0	5,6	0	560	555	17,30	7
68	28368	10,5	5,3	0	505	555	17,30	7
69	28369	9,9	5,3	0	535	555	16,60	6
70	28370	10,3	5,4	0	524	555	16,30	6
71	28371	10,0	5,3	0	530	555	16,30	6
72	28372	10,0	5,4	0	540	555	12,90	6
73	28373	9,7	5,4	0	557	555	10,50	6
74	28374	9,7	5,4	0	557	555	8,30	6
75	28375	10,0	5,4	0	540	555	6,90	6
76	28376	9,8	5,4	0	551	555	5,90	6
77	28377	9,7	5,3	0	546	555	5,40	6
78	28378	10,1	5,5	0	545	555	4,90	6
79	28379	10,1	5,6	0	554	555	4,40	6
80	28380	11,0	5,6	0	509	555	4,00	6
81	28381	12,3	6,8	0	553	555	4,00	6
82	28382	15,1	8,3	0	550	555	4,10	6
83	28383	15,6	8,3	0	532	555	4,10	6
84	28384	16,2	8,8	0	543	555	4,10	6
85	28385	16,1	8,8	0	547	555	4,10	6
86	28386	16,5	8,8	0	533	555	4,10	6
87	28387	17,0	9,0	0	529	555	4,10	6
88	28388	16,8	9,2	0	548	555	4,10	6
89	28389	17,3	9,2	0	532	555	4,10	6

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
90	28390	16,9	9,2	0	544	555	4,10	6
91	28391	17,1	8,9	0	520	555	4,10	6
92	28392	16,7	9,1	0	545	555	4,10	6
93	28393	17,3	9,0	0	520	555	4,10	6
94	28394	16,5	9,1	0	552	555	4,10	5
95	28395	16,4	9,2	0	561	555	4,10	5
96	28396	16,7	9,4	0	563	555	4,10	5
97	28397	15,9	9,0	0	566	555	4,10	5
98	28398	16,5	8,7	0	527	555	6,50	5
99	28399	18,4	10,0	0	543	555	8,30	5
100	28400	37,7	20,3	0	538	555	9,60	5
101	28401	99,5	52,0	0	523	555	10,60	5
102	28402	62,9	34,3	0	545	555	10,70	5
103	28403	62,1	33,9	0	546	555	10,70	5
104	28404	78,1	42,1	0	539	555	10,80	5
105	28405	68,3	39,1	0	572	555	10,80	5
106	28406	55,0	30,0	0	545	555	10,80	5
107	28407	-9,4	0,0	5,1	543	555	10,80	5
108	28408	-9,4	0,0	4,9	521	555	10,70	5
109	28409	-26,1	0,0	14,1	540	555	10,70	5
110	28410	31,3	16,8	0	537	555	10,70	5
111	28411	59,4	33,2	0	559	555	10,90	5
112	28412	-31,0	0,0	16,8	542	555	10,70	5
113	28413	10,5	5,8	0	552	555	10,70	5
114	28414	12,7	6,9	0	543	555	10,70	5
115	28415	-34,5	0,0	18,9	548	555	10,60	5
116	28416	-19,2	0,0	10,2	531	555	10,60	5
117	28417	-18,9	0,0	10,1	534	555	10,60	5
118	28418	-13,3	0,0	7,5	564	555	10,50	4
119	28419	-9,3	0,0	4,9	527	555	10,50	4
120	28420	1,8	1,0	0	556	555	10,50	4
121	28421	14,0	7,7	0	550	555	10,60	4
122	28422	14,2	8,2	0	577	555	10,60	4

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
123	28423	17,0	9,3	0	547	555	10,60	4
124	28424	17,9	9,4	0	525	555	11,40	4
125	28425	17,4	9,4	0	540	555	11,40	4
126	28426	17,4	9,3	0	534	555	11,50	4
127	28427	17,2	9,5	0	552	555	11,50	4
128	28428	17,4	9,5	0	546	555	11,60	4
129	28429	17,2	9,4	0	547	555	11,60	3
130	28430	16,9	9,4	0	556	555	11,60	3
131	28431	17,5	9,2	0	526	555	11,60	3
132	28432	17,8	9,4	0	528	555	11,60	3
133	28433	17,9	9,5	0	531	555	11,60	3
134	28434	17,4	9,8	0	563	555	11,60	2
135	28435	17,7	9,5	0	537	555	11,60	2
136	28436	17,8	9,5	0	534	555	11,60	2
137	28437	17,9	9,8	0	547	555	11,60	2
138	28438	18,4	9,8	0	533	555	11,90	2
139	28439	18,1	9,6	0	530	555	12,30	2
140	28440	16,9	9,6	0	568	555	12,30	3
141	28441	17,6	9,8	0	557	555	12,30	3
142	28442	17,3	9,4	0	543	555	12,60	3
143	28443	17,4	9,7	0	557	555	12,60	3
144	28444	18,4	9,5	0	516	555	12,60	3
145	28445	17,6	9,8	0	557	555	12,60	4
146	28446	17,9	9,8	0	547	555	12,60	4
147	28447	17,4	9,3	0	534	555	13,10	4
148	28448	17,3	9,8	0	566	555	12,90	4
149	28449	17,6	9,8	0	557	555	13,10	4
150	28450	18,0	9,8	0	544	555	13,10	3
151	28451	17,8	9,7	0	545	555	12,90	3
152	28452	17,9	10,1	0	564	555	12,90	3
153	28453	17,1	9,9	0	579	555	12,60	3
154	28454	17,5	9,7	0	554	555	12,60	3
155	28455	15,2	8,8	0	579	555	12,60	2

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
156	28456	16,6	8,9	0	536	555	12,60	2
157	28457	16,3	9,0	0	552	555	12,60	2
158	28458	9,9	5,4	0	545	555	12,60	2
159	28459	10,0	5,3	0	530	555	12,60	2
160	28460	9,6	5,3	0	552	555	10,30	2
161	28461	9,9	5,4	0	545	555	6,90	2
162	28462	10,0	5,4	0	540	555	6,90	2
163	28463	9,8	5,2	0	531	555	4,80	2
164	28464	9,9	5,3	0	535	555	4,80	2
165	28465	10,0	5,3	0	530	555	4,80	2
166	28466	9,9	5,4	0	545	555	4,80	2
167	28467	9,4	5,4	0	574	555	4,80	2
168	28468	9,9	5,3	0	535	555	4,90	2
169	28469	9,9	5,4	0	545	555	4,90	2
170	28470	9,8	5,4	0	551	555	4,90	2
171	28471	9,7	5,3	0	546	555	4,90	2
172	28472	9,7	5,4	0	557	555	4,90	2
173	28473	10,0	5,4	0	540	555	4,80	2
174	28474	9,8	5,4	0	551	555	4,80	2
175	28475	9,7	5,3	0	546	555	4,80	2
176	28476	9,9	5,3	0	535	555	4,80	2
177	28477	9,7	5,2	0	536	555	4,80	2
178	28478	9,9	5,4	0	545	555	4,60	2
179	28479	9,7	5,3	0	546	555	4,60	2
180	28480	9,8	5,3	0	541	555	4,60	2

En el tramo seis los datos obtenidos de corriente y velocidad, crecen y decrecen proporcionalmente teniendo una corriente de 222.3 A. a una velocidad de 46.3 km/h.

- **Tramo siete**

El tramo siete tiene una distancia total de 1,3 kilómetros, su punto de inicio es en la calle 20 NE y Av. 4; y finaliza en la Av. Rodrigo Icaza Cornejo y 2do paseo 19 B NE.



Figura 43. Tramo 7

Los valores que influyen en la descarga del bus K9G se obtuvieron mediante el scanner VDS 2000, la velocidad del bus y la altitud son valores tomados mediante aplicaciones móviles en un lapso de 180 segundos.

Tabla 23.

Datos tabulados tramo siete

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
1	3651	3,1	1,8	0	581	555	0,70	2
2	3652	17,6	9,3	0	528	555	1,10	2
3	3653	17,9	9,8	0	547	555	1,10	2
4	3654	17,8	9,9	0	556	555	1,10	2
5	3655	25,9	14,1	0	544	555	1,70	2
6	3656	70,6	37,8	0	535	555	5,60	2
7	3657	125,5	70,2	0	559	555	10,90	2
8	3658	175,6	95,4	0	543	555	15,80	2
9	3659	230,2	125,6	0	546	555	18,40	2
10	3660	180,5	97,8	0	542	555	14,20	2
11	3661	150,6	82,3	0	546	555	11,60	2
12	3662	-130,2	0	71,5	549	555	5,40	3
13	3663	-100,3	0	55,7	555	555	4,10	3
14	3664	-40,3	0	22,4	556	555	3,20	3
15	3665	-20,8	0	11,6	558	555	2,10	3
16	3666	-5,4	0	2,9	537	555	2,00	3
17	3667	-3,2	0	1,7	531	555	0,70	5
18	3668	3,2	1,8	0	563	555	0,70	5
19	3669	3,4	1,9	0	559	555	0,70	5
20	3670	3,3	1,7	0	515	555	0,70	5
21	3671	3,2	1,8	0	563	555	0,70	5
22	3672	3,4	1,9	0	559	555	0,70	5
23	3673	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
24	3674	3,4	1,8	0	529	555	0,70	5
25	3675	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
26	3676	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
27	3677	3,2	1,7	0	531	555	0,70	5
28	3678	3,3	1,8	0	545	555	0,70	5
29	3679	3,3	1,7	0	515	555	0,70	6
30	3680	3,4	1,9	0	559	555	0,80	6
31	3681	17,7	9,3	0	525	555	2,80	6
32	3682	17,8	9,6	0	539	555	2,90	6
33	3683	17,7	9,4	0,0	531	555	2,70	6
34	3684	17,7	9,5	0	537	555	2,80	6
35	3685	17,6	9,4	0	534	555	2,60	7
36	3686	17,2	9,5	0	552	555	2,80	7
37	3687	17,6	9,7	0	551	555	2,70	7
38	3688	95,6	51,9	0	543	555	6,80	8
39	3689	180,6	98,5	0	545	555	14,90	8
40	3690	222,6	120,4	0	541	555	16,50	8
41	3691	296,0	168,4	0	569	555	19,60	8
42	3692	312,6	170,9	0	547	555	24,60	8
43	3693	350,9	198,3	0	565	555	30,80	8
44	3694	395,6	215,9	0	546	555	35,60	8
45	3695	400,5	219,5	0	548	555	36,80	8
46	3696	420,6	235,9	0	561	555	37,80	8
47	3697	422,6	237,8	0	563	555	38,10	8
48	3698	418,5	236,5	0	565	555	36,40	9
49	3699	415,6	235,2	0	566	555	33,90	9
50	3700	419,4	235,8	0	562	555	30,50	9
51	3701	385,6	209,4	0	543	555	26,70	9
52	3702	399,7	220,6	0	552	555	24,60	10
53	3703	410,2	230,5	0	562	555	23,90	10
54	3704	-306,4	0,0	169,1	552	555	20,50	11
55	3705	-189,4	0,0	108,3	572	555	15,10	11
56	3706	-142,1	0,0	79,4	559	555	12,30	11

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
57	3707	-50,6	0,0	28,6	565	555	7,20	11
58	3708	-10,1	0,0	5,5	545	555	6,70	11
59	3709	-4,8	0,0	2,7	563	555	5,10	11
60	3710	6,9	3,9	0	565	555	8,50	11
61	3711	30,7	17,7	0	577	555	10,00	11
62	3712	24,6	13,8	0	561	555	12,20	11
63	3713	24,4	13,6	0	557	555	13,60	11
64	3714	51,8	28,2	0	544	555	15,70	11
65	3715	131,6	71,6	0	544	555	25,80	11
66	3716	380,5	214,7	0	564	555	30,50	11
67	3717	401,9	228,33	0	568	555	35,80	11
68	3718	396,1	218,2	0	551	555	30,40	11
69	3719	392,4	215,4	0	549	555	30,00	11
70	3720	-10,8	0	6,1	565	555	23,80	11
71	3721	-300,1	0	168,9	563	555	15,20	11
72	3722	-215,7	0	116,8	541	555	10,80	11
73	3723	-180,3	0	100,2	556	555	9,50	11
74	3724	-50,2	0	26,8	534	555	8,60	11
75	3725	-20,1	0	11,3	562	555	7,00	11
76	3726	-3,2	0	1,8	563	555	5,00	11
77	3727	3,4	1,8	0	529	555	4,40	11
78	3728	3,5	1,9	0	543	555	0,70	10
79	3729	3,3	1,8	0	545	555	0,70	10
80	3730	3,2	1,8	0	563	555	0,70	10
81	3731	3,2	1,7	0	531	555	0,70	10
82	3732	3,4	1,9	0	559	555	0,70	10
83	3733	3,6	2	0	556	555	0,70	10
84	3734	3,6	2	0	556	555	0,70	10
85	3735	3,2	1,8	0	563	555	0,70	10
86	3736	3,4	1,9	0	559	555	0,70	11
87	3737	3,5	2	0	571	555	0,70	11
88	3738	3,7	2	0	541	555	0,70	11
89	3739	3,9	2,2	0	564	555	0,70	11

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
90	3740	3,9	2,1	0	538	555	0,70	11
91	3741	3,9	2,1	0	538	555	0,70	11
92	3742	4,0	2,2	0	550	555	0,70	11
93	3743	4,1	2,2	0	537	555	0,70	11
94	3744	5,0	2,7	0	540	555	0,70	11
95	3745	3,9	2,2	0	564	555	0,70	11
96	3746	3,8	2	0	526	555	0,70	10
97	3747	3,2	1,8	0	563	555	0,70	10
98	3748	3,5	1,9	0	543	555	0,70	10
99	3749	3,4	1,9	0	559	555	0,70	9
100	3750	3,6	2	0	556	555	0,70	9
101	3751	3,7	2,1	0	568	555	0,70	9
102	3752	3,8	2,1	0	553	555	0,70	9
103	3753	3,5	1,9	0	543	555	0,70	9
104	3754	3,4	1,9	0	559	555	0,70	9
105	3755	3,6	2	0	556	555	0,70	10
106	3756	3,2	1,8	0	563	555	0,70	10
107	3757	3,1	1,7	0	548	555	0,70	10
108	3758	3,5	2	0	571	555	0,70	10
109	3759	3,8	2	0	526	555	0,70	10
110	3760	3,9	2,2	0	564	555	0,70	10
111	3761	3,7	2	0	541	555	0,70	11
112	3762	3,5	1,9	0	543	555	0,70	11
113	3763	3,4	1,9	0	559	555	0,70	11
114	3764	3,4	1,9	0	559	555	0,70	12
115	3765	3,5	1,9	0	543	555	0,70	12
116	3766	3,7	2	0	541	555	0,70	12
117	3767	3,7	2	0	541	555	0,70	12
118	3768	3,7	2	0	541	555	0,70	10
119	3769	3,5	1,9	0	543	555	0,70	10
120	3770	40,2	22,6	0	562	555	10,50	10
121	3771	199,6	110,4	0	553	555	28,50	10
122	3772	266,5	150,3	0	564	555	33,10	10

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
123	3773	297,8	167,1	0	561	555	35,20	10
124	3774	365,4	200,7	0	549	555	43,80	9
125	3775	395,2	214	0	541	555	45,20	9
126	3776	403,1	221,5	0	549	555	48,60	9
127	3777	110,1	60,3	0	548	555	46,20	9
128	3778	120,3	68,5	0	569	555	42,00	9
129	3779	122,6	69,4	0	566	555	40,00	9
130	3780	-40,1	0,0	22,6	564	555	36,40	10
131	3781	-149,8	0,0	79,8	533	555	34,00	10
132	3782	-148,2	0,0	79,5	536	555	35,60	11
133	3783	-180,9	0,0	99,7	551	555	38,10	12
134	3784	20,9	11,5	0	550	555	42,60	13
135	3785	50,6	28,5	0	563	555	45,80	14
136	3786	356,1	200,3	0	562	555	48,20	14
137	3787	388,1	218,6	0	563	555	50,00	14
138	3788	389,1	218,9	0	563	555	50,10	14
139	3789	200,8	115,4	0	575	555	45,40	12
140	3790	-170,1	0,0	93,6	550	555	42,30	12
141	3791	-100,5	0,0	55,8	555	555	40,10	13
142	3792	240	125,9	0	525	555	43,00	13
143	3793	-150,3	0,0	81,9	545	555	44,90	10
144	3794	150,4	80,9	0	538	555	47,00	10
145	3795	198,6	110,2	0	555	555	48,60	10
146	3796	335,6	180,9	0	539	555	50,00	9
147	3797	330,2	180,7	0	547	555	48,70	8
148	3798	331,1	180,3	0	545	555	48,20	8
149	3799	215,1	120,3	0	559	555	47,30	8
150	3800	199,8	110,8	0	555	555	47,10	8
151	3801	190,1	105,6	0	555	555	45,10	9
152	3802	206,3	108,2	0	524	555	44,20	9
153	3803	224,2	118,9	0	530	555	43,50	9
154	3804	263,5	150,6	0	572	555	42,80	9
155	3805	220,6	125,1	0	567	555	41,60	8

CONTINÚA →

TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
156	3806	208,7	119,5	0	573	555	40,00	8
157	3807	185,6	103,4	0	557	555	39,50	8
158	3808	175,1	95,5	0	545	555	37,20	9
159	3809	-169,7	0,0	91,6	540	555	36,70	9
160	3810	-134,2	0,0	72,6	541	555	35,00	9
161	3811	-130,1	0,0	73,1	562	555	34,50	8
162	3812	-115,6	0,0	65,5	567	555	34,50	7
163	3813	10,5	5,8	0	552	555	34,20	7
164	3814	-130,5	0,0	71,2	546	555	36,70	6
165	3815	-133,2	0,0	71,3	535	555	7,00	6
166	3816	-135,6	0,0	73,6	543	555	38,00	6
167	3817	-136,4	0,0	75,6	554	555	37,50	7
168	3818	-129,9	0,0	71	547	555	36,00	7
169	3819	-128,4	0,0	72	561	555	34,90	7
170	3820	-131,1	0,0	74,6	569	555	33,50	5
171	3821	-132,3	0,0	73,3	554	555	32,10	5
172	3822	-129,1	0,0	71,6	555	555	29,60	4
173	3823	-128,4	0,0	71,5	557	555	25,60	3
174	3824	-127,8	0,0	69,3	542	555	22,40	3
175	3825	-50,1	0,0	28,4	567	555	20,30	3
176	3826	24,2	13,2	0	545	555	24,30	5
177	3827	21,2	11,5	0	542	555	25,20	5
178	3828	-16,2	0,0	8,8	543	555	23,10	5
179	3829	3,2	1,8	0	563	555	24,00	5
180	3830	-10,6	0	5,9	557	555	22,10	7

En el consumo de energía del tramo siete se observa que aunque el vehículo de pruebas se encuentre detenido tiene un pequeño consumo de energía el cual mantiene encendido los motores del bus.

3.7. Autonomía del bus K9G

Para la recopilación de los datos para determinar el modelo matemático de autonomía se sigue el mismo procedimiento ya explicado en el punto 3.4.5. Añadiéndole dos variables: porcentaje de aceleración y SOC (%), esta operación se la realizó en el tercer tramo de recorrido en el mismo tiempo de 180 segundos.

3.7.1. Obtención de datos.

1. Se accede de la manera mencionada anteriormente hasta la lectura de los 28 módulos de control electrónico, y se selecciona la opción Ebus vehicle controller para acceder a la información de las baterías y motores eléctricos.

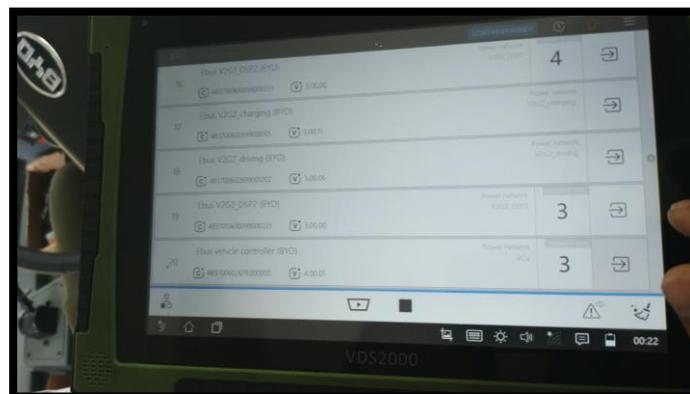


Figura 44. Módulo Ebus vehicle controller

2. En la ventana que se desplaza se selecciona la opción data flow para visualizar datos de porcentaje de aceleración, rpm del motor eléctrico, velocidad del bus, posición del pedal del freno, entre otros.

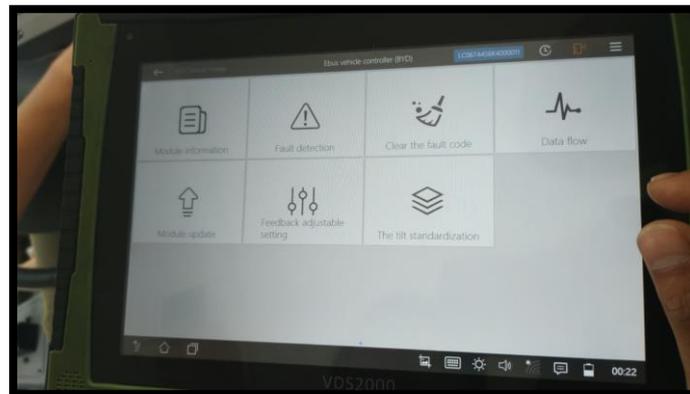


Figura 45. Ventana de opciones

3. En el flujo de datos se pueden observar las gráficas de funcionamiento de los datos mencionados, mejorando la calidad de interpretación; en la figura... se puede observar el valor de porcentaje de aceleración y su respectiva gráfica.

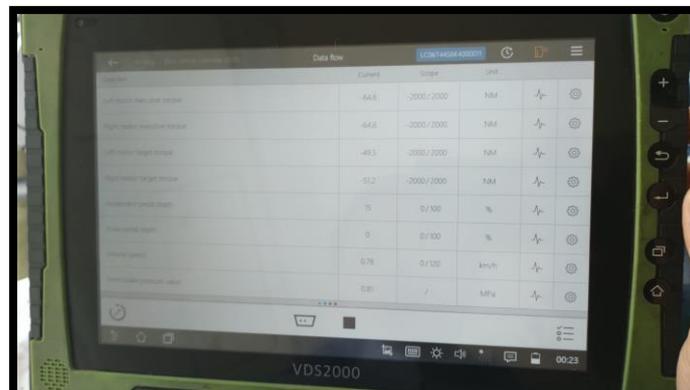


Figura 46. Información de funcionamiento del bus

3.7.2. Tabulación de datos logrados para obtención de autonomía

Para la obtención de autonomía se realizó una adquisición de datos adicionales a los que ya se poseía mediante el mismo scanner utilizado; los datos son (posición del acelerador, % SOC, distancia recorrida) y la autonomía teórica calculada mediante la Ecuación 2.

Tabla 24.*Datos tabulados para autonomía*

AUTONOMÍA (KM)	TIEMPO TRANSCURRIDO (S)	VELOCIDAD DEL BUS (KM/H)	ALTITUD (M)	DISTANCIA (KM)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (KW)	POTENCIA DE CARGA (KW)	VOLTAJE CALCULADO	VOLTAJE NOMINAL (V)	POSICIÓN DEL ACCELERADOR (%)	SOC (%)
249,20	1	0,70	5	0	3,2	1,8	0	563	555	0	83,0
249,20	2	0,70	5	0	3,1	1,7	0	548	555	0	83,0
249,20	3	0,70	5	0	3,4	1,7	0	500	555	0	83,0
249,20	4	0,70	5	0	3,4	1,7	0	500	555	0	83,0
249,20	5	0,70	5	0	3,2	1,8	0	563	555	0	82,9
249,20	6	0,70	5	0	3,3	1,7	0	515	555	0	82,9
249,20	7	0,70	5	0	3,5	1,7	0	486	555	0	82,9
249,20	8	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,9
249,20	9	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,9
249,20	10	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,9
249,20	11	0,70	5	0	3,5	1,8	0	514	555	0	82,9
249,20	12	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,9
249,20	13	0,70	5	0	3,2	1,8	0	563	555	0	82,9
249,20	14	0,70	5	0	3,2	1,7	0	531	555	0	82,9
249,20	15	0,70	5	0	3,3	1,6	0	485	555	0	82,9
249,20	16	0,70	5	0	3,4	1,6	0	471	555	0	82,9
249,20	17	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,9
249,20	18	0,70	5	0	3,2	1,8	0	563	555	0	82,9
249,20	19	0,70	5	0	3,4	1,7	0	500	555	0	82,9
249,20	20	0,70	5	0	3,3	1,7	0	515	555	0	82,8
249,20	21	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,8
249,20	22	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,8
249,20	23	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,8
249,20	24	0,70	5	0	3,4	1,7	0	500	555	0	82,8
249,20	25	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,8
249,20	26	0,70	5	0	3,3	1,8	0	545	555	0	82,8
249,20	27	0,70	5	0	3,2	1,7	0	531	555	0	82,8
249,20	28	0,70	5	0	3,3	1,6	0	485	555	0	82,8
249,20	29	0,70	5	0	3,3	1,7	0	515	555	0	82,8
249,20	30	0,80	5	0	9,3	5,3	0	570	555	0	82,8
249,20	31	1,10	5	0	19,6	10,9	0	556	555	16	82,8
249,20	32	1,40	5	0	27,5	14,5	0	527	555	17	82,8
249,20	33	2,20	5	0	78,8	45,1	0,0	572	555	29,0	82,8
249,20	34	2,50	6	0	125,4	67,5	0	538	555	29	82,8
249,20	35	2,50	7	0	83,2	43,5	0	523	555	29	82,8
249,20	36	2,50	7	0	208,3	115,4	0	554	555	34	82,7
249,20	37	2,50	7	0	313,6	175,5	0	560	555	34	82,7

CONTINÚA →

AUTONOMÍA (KM)	TIEMPO TRANSCURRIDO (S)	VELOCIDAD DEL BUS (KM/H)	ALTITUD (M)	DISTANCIA (KM)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (KW)	POTENCIA DE CARGA (KW)	VOLTAJE CALCULADO	VOLTAJE NOMINAL (V)	POSICIÓN DEL ACELERADOR (%)	SOC (%)
249,20	38	24,80	8	0,1	266,3	140,5	0	528	555	68	82,7
249,20	39	26,30	8	0,1	245,1	138,5	0	565	555	72	82,7
249,20	40	26,30	8	0,1	-101,7	0,0	57,1	561	555	72	82,7
249,20	41	28,10	8	0,1	-95,8	0,0	49,8	520	555	74	82,7
249,20	42	31,00	8	0,1	91,2	51,1	0	560	555	74	82,7
249,10	43	33,10	7	0,1	101,0	56,0	0	554	555	74	82,7
249,10	44	35,60	7	0,1	140,2	74,2	0	529	555	76	82,7
249,10	45	38,50	8	0,1	225,1	115,9	0	515	555	76	82,7
249,10	46	37,80	8	0,1	392,1	205,5	0	524	555	76	82,7
249,10	47	37,80	8	0,1	398,3	210,3	0	528	555	76	82,7
249,10	48	36,70	9	0,1	398,3	211,1	0	530	555	76	82,7
249,10	49	32,40	9	0,1	189,9	101,3	0	533	555	74	82,7
249,10	50	28,10	9	0,1	-1,9	0,0	1,1	579	555	74	82,7
249,10	51	25,60	9	0,1	-155,4	0,0	80,1	515	555	56	82,7
249,10	52	20,20	10	0,1	-329,0	0,0	187,1	569	555	41	82,6
249,10	53	12,10	10	0,1	-207,0	0,0	112,1	542	555	25	82,6
249,10	54	9,50	10	0,1	-104,2	0,0	58,9	565	555	23	82,6
249,10	55	9,00	10	0,1	-189,4	0,0	105,8	559	555	23	82,6
249,10	56	8,70	10	0,1	-131,4	0,0	73,4	559	555	23	82,6
249,10	57	7,40	10	0,1	-41,0	0,0	22,5	549	555	23	82,6
249,10	58	6,10	11	0,1	-12,8	0,0	7,3	570	555	23	82,6
249,10	59	5,30	11	0,2	-3,9	0,0	2,1	538	555	21	82,6
249,10	60	8,30	11	0,2	5,7	3,1	0	544	555	21	82,6
249,00	61	11,50	11	0,2	25,2	14,1	0	560	555	21	82,6
249,00	62	13,30	11	0,2	22,3	12,8	0	574	555	23	82,6
249,00	63	20,50	11	0,2	24,4	13,1	0	537	555	23	82,6
249,00	64	22,30	11	0,2	49,9	27,6	0	553	555	23	82,6
249,00	65	26,60	11	0,2	122,8	68,1	0	555	555	24	82,6
249,00	66	25,60	11	0,2	373,6	214,7	0	575	555	24	82,6
249,00	67	24,80	11	0,2	414,5	214,7	0	518	555	24	82,5
249,00	68	23,80	11	0,2	396,1	218,2	0	551	555	24	82,5
249,00	69	23,80	11	0,2	392,4	215,4	0	549	555	24	82,5
249,00	70	23,80	11	0,2	-7,3	0	4,1	562	555	24	82,5
249,00	71	16,30	11	0,2	-311,8	0	172,7	554	555	22	82,5
249,00	72	10,30	11	0,2	-239,9	0	130,1	542	555	22	82,5
249,00	73	9,80	11	0,2	-199,7	0	111,4	558	555	22	82,5
249,00	74	8,30	11	0,2	-57,9	0	30,5	527	555	19	82,5
249,00	75	6,90	11	0,2	-30,3	0	16,9	558	555	19	82,5
249,00	76	5,90	11	0,2	-0,3	0	0,16	533	555	16	82,5

CONTINÚA →

AUTONOMÍA (KM)	TIEMPO TRANSCURRIDO (S)	VELOCIDAD DEL BUS (KM/H)	ALTITUD (M)	DISTANCIA (KM)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (KW)	POTENCIA DE CARGA (KW)	VOLTAJE CALCULADO	VOLTAJE NOMINAL (V)	POSICIÓN DEL ACCELERADOR (%)	SOC (%)
249,00	77	5,40	11	0,2	3,4	1,8	0	529	555	16	82,5
249,00	78	4,90	11	0,2	3,5	1,8	0	514	555	16	82,5
249,00	79	4,40	11	0,2	3,3	1,7	0	515	555	16	82,5
249,00	80	4,00	11	0,2	3,2	1,8	0	563	555	16	82,5
249,00	81	4,00	11	0,2	3,2	1,7	0	531	555	16	82,5
249,00	82	3,90	11	0,2	3,4	1,7	0	500	555	16	82,5
249,00	83	3,90	11	0,2	6,0	3	0	500	555	16	82,5
249,00	84	3,90	11	0,2	3,6	1,8	0	500	555	14	82,5
249,00	85	3,90	11	0,2	7,3	3,8	0	521	555	14	82,4
249,00	86	3,90	11	0,2	6,5	3,6	0	554	555	14	82,4
249,00	87	3,40	11	0,2	4,0	2,3	0	575	555	14	82,4
249,00	88	3,40	11	0,2	4,0	2,2	0	550	555	14	82,4
249,00	89	2,90	11	0,2	3,9	2,2	0	564	555	14	82,4
249,00	90	2,90	11	0,2	3,9	2,1	0	538	555	14	82,4
249,00	91	2,90	11	0,2	3,9	2,1	0	538	555	14	82,4
249,00	92	2,50	11	0,2	4,0	2,2	0	550	555	14	82,4
249,00	93	2,50	11	0,2	4,1	2,2	0	537	555	14	82,4
249,00	94	2,20	11	0,2	5,0	2,7	0	540	555	14	82,4
249,00	95	2,50	11	0,2	24,0	13	0	542	555	14	82,4
249,00	96	4,70	10	0,3	138,1	76,6	0	555	555	14	82,4
248,90	97	6,50	10	0,3	409,0	232,7	0	569	555	16	82,4
248,90	98	8,30	10	0,3	331,1	182,4	0	551	555	16	82,4
248,90	99	8,30	9	0,3	283,2	154	0	544	555	16	82,4
248,90	100	8,30	8	0,3	274,6	154,2	0	562	555	17	82,3
248,90	101	8,30	8	0,3	266,9	150,6	0	564	555	17	82,3
248,90	102	36,00	8	0,3	-54,1	0	30,2	558	555	54	82,3
248,90	103	37,10	8	0,3	-129,1	0	72,6	562	555	54	82,3
248,90	104	37,40	9	0,3	21,4	12,2	0	570	555	55	82,3
248,90	105	37,40	10	0,3	105,0	58,3	0	555	555	55	82,3
248,90	106	35,30	10	0,3	117,7	65,3	0	555	555	55	82,3
248,90	107	33,50	11	0,4	122,0	65,3	0	535	555	55	82,3
248,90	108	28,80	11	0,4	136,3	73,9	0	542	555	52	82,3
248,80	109	25,00	11	0,4	-136,9	0	72,1	527	555	49	82,3
248,80	110	21,50	11	0,4	-126,9	0	72,8	574	555	43	82,3
248,80	111	18,70	11	0,4	34,4	18,5	0	538	555	43	82,3
248,80	112	16,60	11	0,4	-36,6	0	19,6	536	555	42	82,3
248,80	113	17,30	11	0,4	-247,0	0	140,3	568	555	42	82,3
248,80	114	17,30	12	0,4	-173,5	0	101,1	583	555	42	82,3
248,80	115	18,70	12	0,4	-54,1	0	29,3	542	555	42	82,3

CONTINÚA →

AUTONOMÍA (KM)	TIEMPO TRANSCURRIDO (S)	VELOCIDAD DEL BUS (KM/H)	ALTITUD (M)	DISTANCIA (KM)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (KW)	POTENCIA DE CARGA (KW)	VOLTAJE CALCULADO	VOLTAJE NOMINAL (V)	POSICIÓN DEL ACELERADOR (%)	SOC (%)
248,80	116	20,50	12	0,4	103,4	57,9	0	560	555	43	82,3
248,80	117	22,00	12	0,4	64,3	35,3	0	549	555	43	82,2
248,80	118	24,10	12	0,4	8,9	4,9	0	551	555	46	82,2
248,80	119	29,50	12	0,4	59,1	32,8	0	555	555	51	82,2
248,80	120	32,00	12	0,5	59,1	33,8	0	572	555	55	82,2
248,80	121	34,60	11	0,5	201,1	107,4	0	534	555	59	82,2
248,70	122	40,00	10	0,5	277,3	153,6	0	554	555	60	82,2
248,70	123	42,80	10	0,5	304,8	170,1	0	558	555	60	82,2
248,70	124	42,10	10	0,5	391,1	214	0	547	555	61	82,2
248,70	125	42,80	10	0,5	391,1	214	0	547	555	89	82,2
248,70	126	42,80	9	0,5	405,5	221,5	0	546	555	89	82,2
248,70	127	47,00	9	0,5	120,1	60,3	0	502	555	93	82,2
248,70	128	47,00	9	0,5	139,4	77,3	0	555	555	93	82,2
248,70	129	40,00	9	0,6	-40,4	0,0	21,6	535	555	90	82,2
248,70	130	39,60	10	0,6	-169,3	0,0	93,4	552	555	87	82,2
248,60	131	41,40	10	0,6	-166,3	0,0	92,4	556	555	88	82,2
248,60	132	41,80	11	0,6	-148,2	0,0	79,7	538	555	88	82,2
248,60	133	44,60	12	0,6	-169	0,0	90,1	533	555	88	82,1
248,60	134	47,20	13	0,6	4,6	2,3	0	500	555	89	82,1
248,60	135	49,00	14	0,6	317,6	176,1	0	554	555	93	82,1
248,60	136	48,20	13	0,6	394	216,0	0	548	555	93	82,1
248,60	137	49,70	13	0,7	397	218,6	0	551	555	93	82,1
248,60	138	47,20	12	0,7	128	70,1	0	548	555	90	82,1
248,50	139	45,40	12	0,7	170,1	90,5	0	532	555	87	82,1
248,50	140	45,70	12	0,7	-170,1	0,0	93,6	550	555	87	82,1
248,50	141	45,00	11	0,7	-53,4	0,0	29,6	554	555	86	82,1
248,50	142	44,60	11	0,7	223,5	123,8	0	554	555	86	82,1
248,50	143	45,40	10	0,7	-134,6	0,0	74,2	551	555	86	82,1
248,50	144	47,50	9	0,7	97,6	55,6	0	570	555	86	82,1
248,50	145	48,60	9	0,8	128,4	70,2	0	547	555	87	82,1
248,40	146	50,00	9	0,8	129	70,2	0	544	555	87	82,1
248,40	147	49,70	8	0,8	175	96,6	0	552	555	87	82,1
248,40	148	49,70	8	0,8	146,7	85,1	0	580	555	89	82,1
248,40	149	48,60	8	0,8	190,6	104,1	0	546	555	89	82,1
248,40	150	47,90	8	0,8	178	103,0	0	579	555	87	82,0
248,40	151	47,50	8	0,8	190,1	108,2	0	569	555	87	82,0
248,40	152	46,80	9	0,9	210,5	108,2	0	514	555	87	82,0
248,40	153	45,40	9	0,9	224,2	115,6	0	516	555	86	82,0
248,30	154	43,90	9	0,9	271	150,6	0	556	555	86	82,0

CONTINÚA →

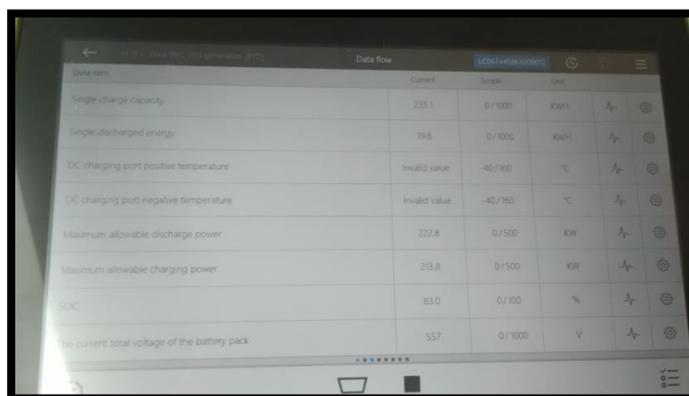
AUTONOMÍA (KM)	TIEMPO TRANSCURRIDO (S)	VELOCIDAD DEL BUS (KM/H)	ALTITUD (M)	DISTANCIA (KM)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (KW)	POTENCIA DE CARGA (KW)	VOLTAJE CALCULADO	VOLTAJE NOMINAL (V)	POSICIÓN DEL ACELERADOR (%)	SOC (%)
248,30	155	42,50	9	0,9	237,7	130,6	0	549	555	86	82,0
248,30	156	40,70	9	0,9	233,1	119,5	0	513	555	86	82,0
248,30	157	38,90	9	0,9	188,1	103,4	0	550	555	83	82,0
248,30	158	37,40	9	0,9	188,1	103,6	0	551	555	79	82,0
248,30	159	36,70	9	0,9	-151,5	0,0	83,3	550	555	79	82,0
248,30	160	35,30	9	0,9	-144,7	0,0	83,2	575	555	78	82,0
248,30	161	34,90	8	0,9	-133,9	0,0	76,7	573	555	78	82,0
248,30	162	34,90	7	1	-125,6	0,0	70,7	563	555	78	82,0
248,30	163	34,90	7	1	24,5	13,8	0	563	555	78	82,0
248,20	164	36,00	6	1	-125,5	0,0	70,3	560	555	78	82,0
248,20	165	36,70	6	1	-125,8	0,0	69,4	552	555	73	82,0
248,20	166	37,80	6	1	-124,5	0,0	69,9	561	555	73	82,0
248,20	167	37,10	6	1	-126,5	0,0	70,1	554	555	73	81,9
248,20	168	36,70	6	1	-131,1	0,0	70,4	537	555	73	81,9
248,20	169	35,30	5	1	-130,3	0,0	72	553	555	73	81,9
248,20	170	34,90	5	1	-132,7	0,0	74,6	562	555	60	81,9
248,20	171	33,50	5	1	-130,3	0,0	73,3	563	555	60	81,9
248,20	172	34,60	4	1,1	-128,7	0,0	71,6	556	555	59	81,9
248,20	173	34,60	3	1,1	-125,3	0,0	71,5	571	555	59	81,9
248,10	174	34,20	3	1,1	-121	0,0	69,3	573	555	59	81,9
248,10	175	33,10	3	1,1	-86,9	0,0	48,6	559	555	59	81,9
248,10	176	33,10	2	1,1	29	16,2	0	559	555	59	81,9
248,10	177	31,00	2	1,1	16,5	9,2	0	558	555	59	81,9
248,10	178	28,80	2	1,1	-11,8	0,0	6,7	568	555	52	81,9
248,10	179	28,40	2	1,1	1,4	0,8	0	571	555	52	81,9
248,10	180	26,60	1	1,1	20,6	10,9	0	529	555	52	81,9

Los datos obtenidos en la Tabla 24. Mediante el scanner son de vital importancia para el estudio de la autonomía, teniendo variables que intervienen directamente e indirectamente en el consumo de energía. Dichos valores fueron utilizados para conocer el modelo de regresión que simula la autonomía del vehículo.

3.7.3. Autonomía teórica

La autonomía teórica sirve como referencia para la comprobación del modelo matemático, dicho valor reflejará la aprobación de la ecuación a determinar.

Para el cálculo se fundamentó en la ficha técnica del bus eléctrico K9G BYD, y en el valor del SOC proporcionado por el flujo de datos que se obtuvieron con el scanner.



Data item	Current	Scale	Unit
Single charge capacity	230.1	0/1000	kWh
Single discharged energy	16.6	0/500	kWh
DC charging port positive temperature	Invalid value	-40/160	°C
DC charging port negative temperature	Invalid value	-40/160	°C
Maximum allowable discharge power	222.8	0/500	kW
Maximum allowable charging power	213.8	0/500	kW
SOC	83.0	0/100	%
DC current total voltage of the battery pack	557	0/1000	V

Figura 47. Flujo de datos de batería

Tabla 25.

Calculo de autonomía teórica

RANGO DE OPERACIÓN (km)	ESTADO DE CARGA (SOC “%”)	ECUACIÓN 2.
300	82,6	
RESULTADO: 247.8 km		

Para la determinación del modelo matemático se toma en cuenta los valores obtenidos en la Tabla 24.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez finalizada la recopilación de los datos, mediante el método gráfico, estadístico y matemático se verificó la deformación de cada una de las variables antes mencionadas. Para el proceso de descarga y regeneración de las baterías de alta tensión se analizó la relación y el comportamiento que existe entre las variables.

Mediante el método experimental se determinará el modelo matemático con las variables independientes más significativas en el consumo de energía eléctrica del bus; las cuales se seleccionan luego de realizar una correlación entre las mismas y verificar la variación de una variable con otra a medida que va desgastándose el porcentaje de carga del vehículo.

4.1. Descarga y regeneración de baterías de alta tensión.

Para el análisis del proceso de descarga y regeneración de energía se consideraron los valores máximos y mínimos de corriente, potencia de descarga, potencia de carga, velocidad de bus, voltaje calculado y altitud; y mediante el análisis gráfico examinar la correlación que existen entre las variables mencionadas, y cuales determinan un consumo mayor o menor de energía durante la operación del bus eléctrico.

4.1.1. Corriente vs Tiempo

- **Tramo uno.**

En este tramo el bus se encontraba la mayoría del tiempo consumiendo energía, en un lapso corto de tiempo el bus estuvo detenido consumiendo una corriente de 4A.

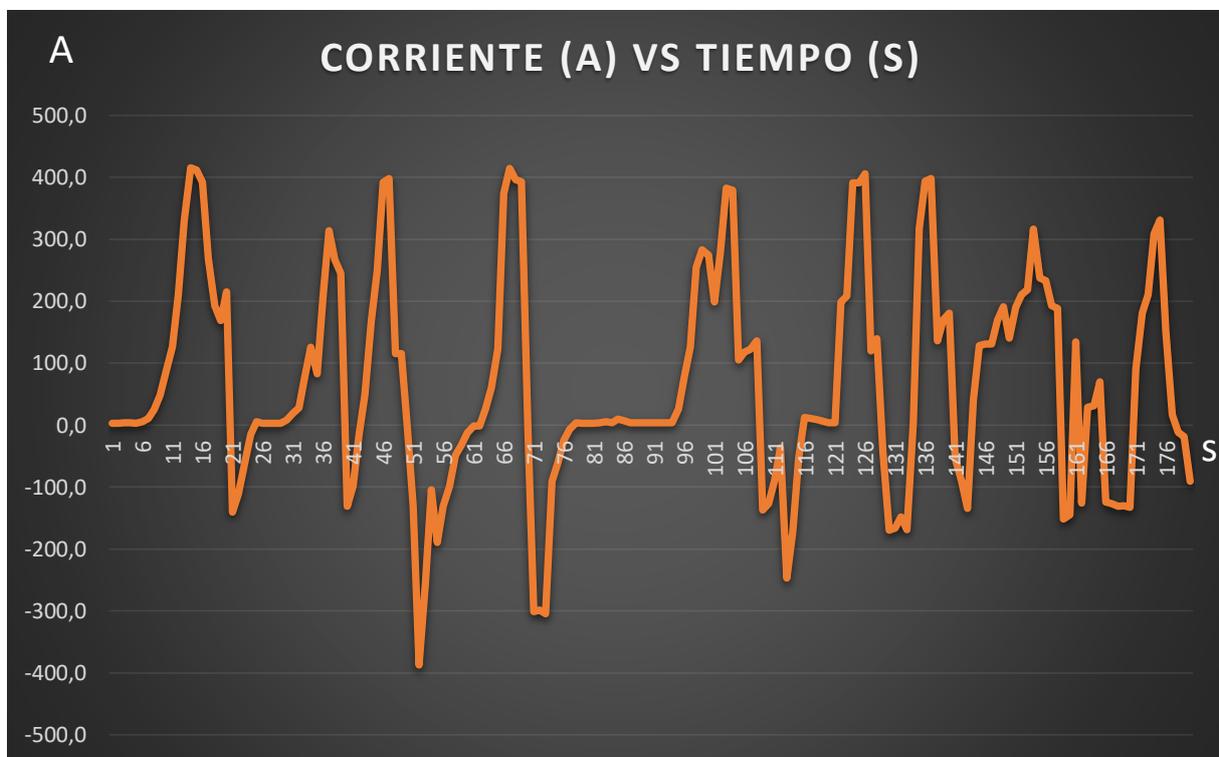


Figura 48. Corriente vs tiempo del tramo uno

El lapso de consumo de energía fue constante en la mayoría del trayecto, la intensidad de corriente máxima consumida es de 414.5 A, en lapsos de tiempo de 12 a 20 segundos el bus estuvo regenerando energía, la corriente máxima regenerada es de 387.2 A.

- **Tramo dos.**

En el tiempo que transcurrió en prueba, el bus la mayoría del trayecto se encontraba consumiendo una corriente mínima con un valor promedio de 10.2 A, esto debido a una detención ya sea por un semáforo o por el tráfico vehicular.

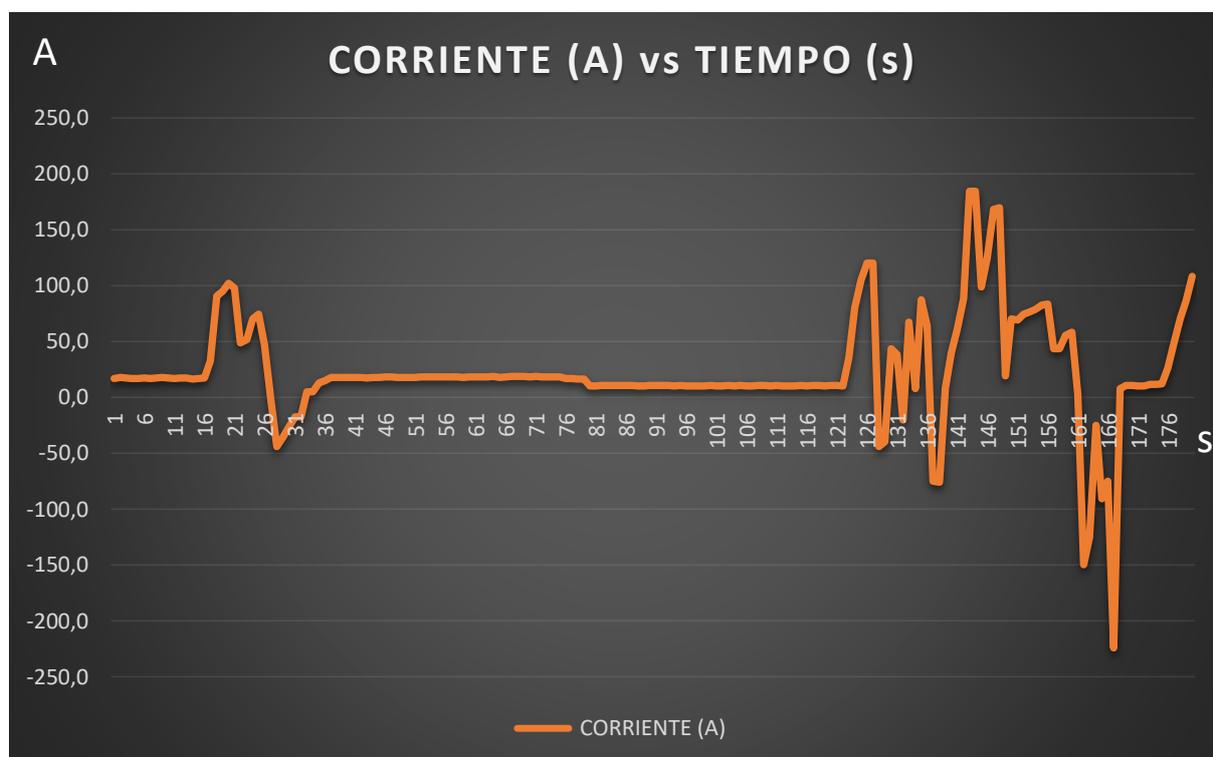


Figura 49. Corriente vs tiempo del tramo dos

En un tiempo de 17 s. el bus se encontraba consumiendo una corriente mínima de 17.1 A aproximadamente, después aceleró y desaceleró hasta un tramo donde se mantuvo consumiendo una corriente promedio de 10.3 A; la corriente máxima consumida es de 184,2 A y la corriente máxima regenerada es de 224.3 A,

- **Tramo tres.**

En este tramo el bus se encontraba inicialmente consumiendo una corriente mínima de 3,3 A, después de unos segundos el vehículo empezó a acelerar consumiendo corriente y realizando frenadas que le permitían regenerar energía.

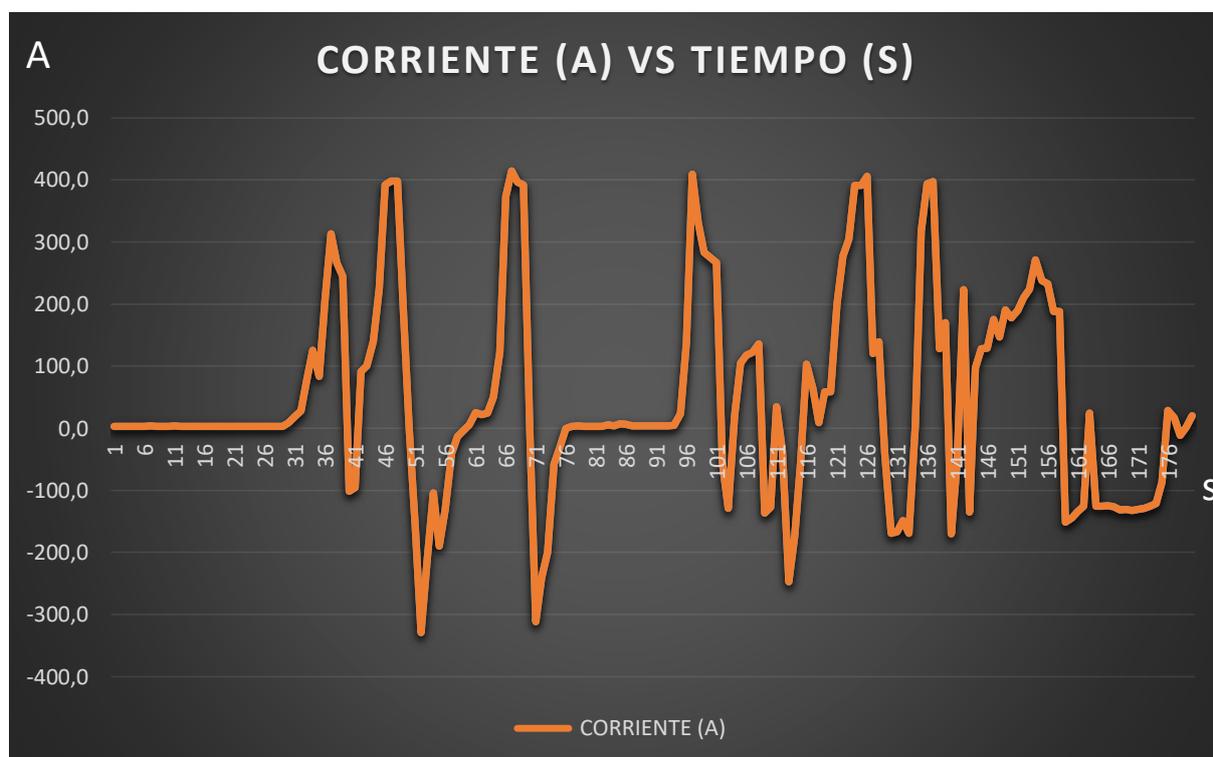


Figura 50. Corriente vs tiempo del tramo tres

En un tiempo de 30 s. el bus eléctrico consumió una corriente constante hasta acelerar y aumentar el consumo de corriente hasta un valor de 313.6 A, la corriente máxima consumida es de 414.5 A luego de que transcurriera 1 minuto aproximadamente y la corriente máxima regenerada es de 329 A.

- **Tramo cuatro.**

El bus inicio el tramo con un gasto mínimo de 3.8 A, después empezó a incrementar el consumo de corriente para acelerar el vehículo, posterior a esto el bus regeneró corriente un tiempo mínimo.

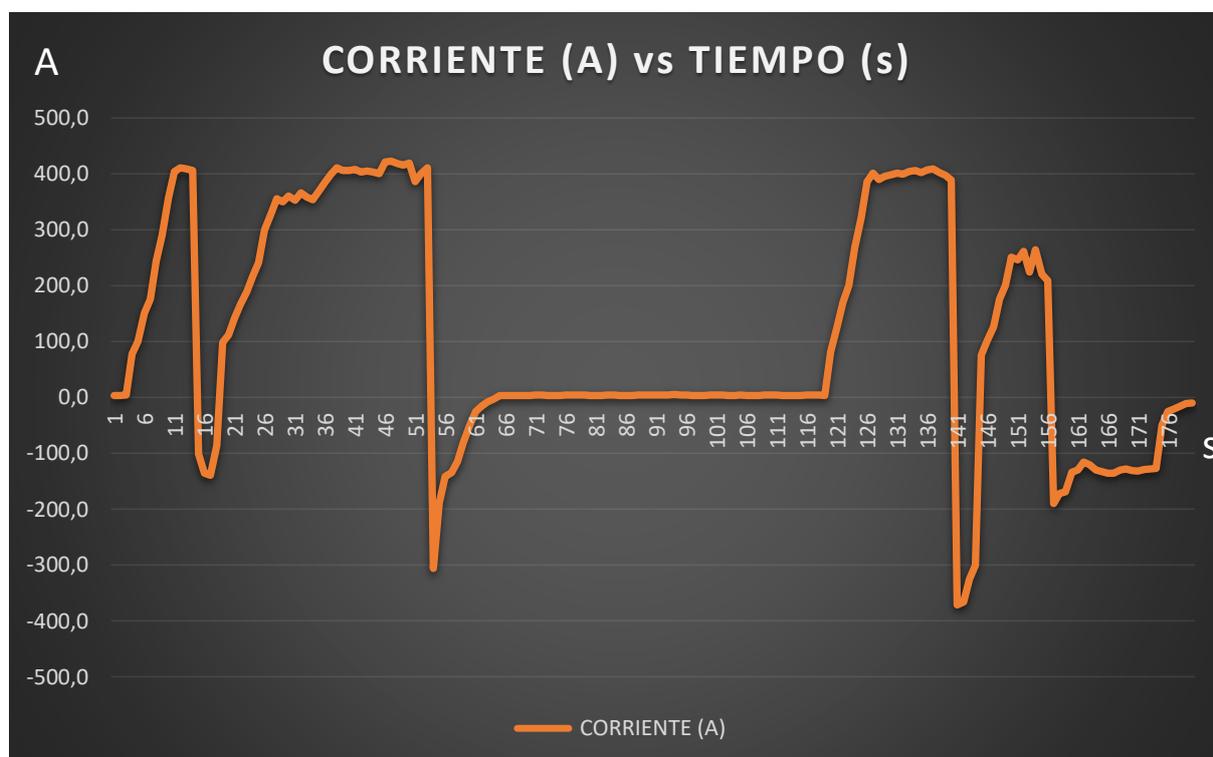


Figura 51. Corriente vs tiempo del tramo cuatro

En el primer minuto el bus consumió una corriente máxima de 422.6 A, es decir el bus aceleró para alcanzar una velocidad elevada, después de un lapso de tiempo el bus se encontraba consumiendo una corriente constante de 3.5 A para posteriormente consumir y regenerar energía, la corriente máxima regenerada es de 371.6 A.

- **Tramo cinco.**

En el tramo cinco el consumo de corriente se elevó progresivamente en lapsos de tiempo cortos, y comparada con las corrientes regeneradas de los tramos ya mencionados, la regeneración es de un valor menor.

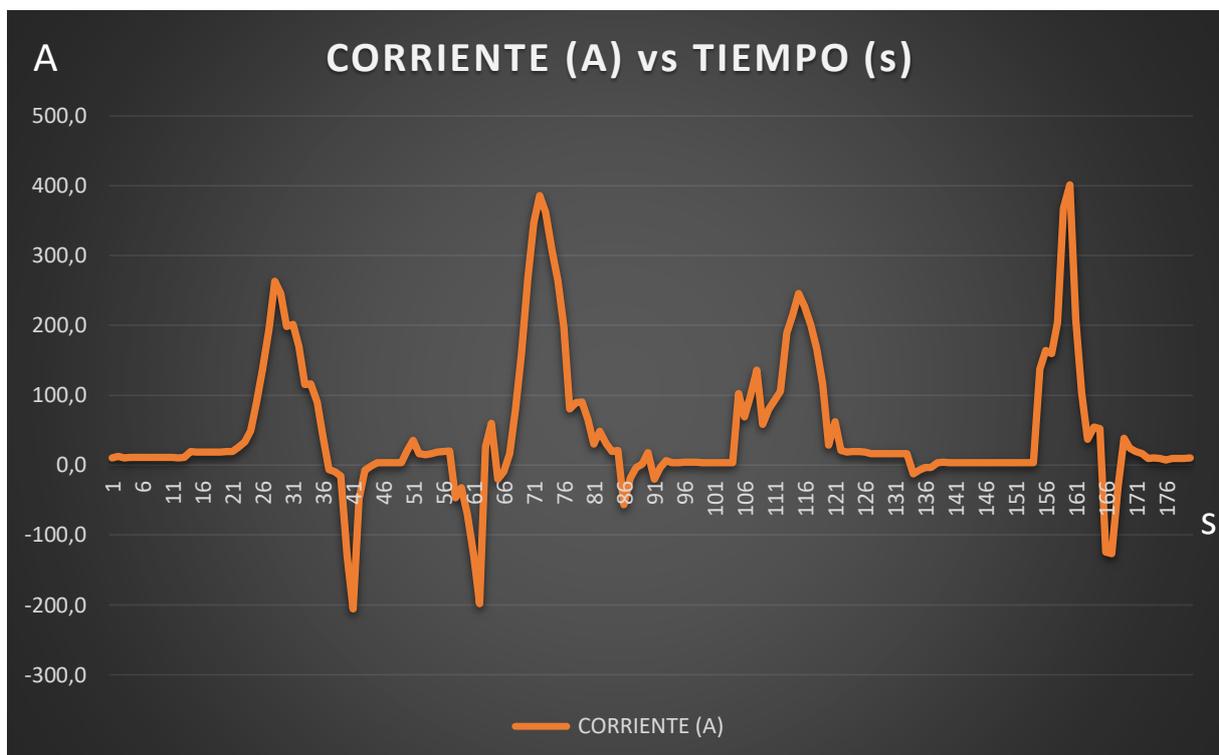


Figura 52. Corriente vs tiempo del tramo cinco

Al iniciar el tramo el vehículo se encontraba consumiendo una corriente promedio de 18.4 A durante unos 20 s. después el vehículo se mantuvo acelerando y desacelerando por un tiempo de 2 minutos. En los que consumió corriente y regeneró una corriente máxima de 205.9 A, después de este tiempo consumió una corriente máxima de 401.3A.

- **Tramo seis.**

En el tramo seis el bus empezó con un valor de corriente regenerada de 100 A, luego de consumir y regenerar energía en un lapso corto de tiempo el bus acelero consumiendo una corriente que le permitió elevar la velocidad.

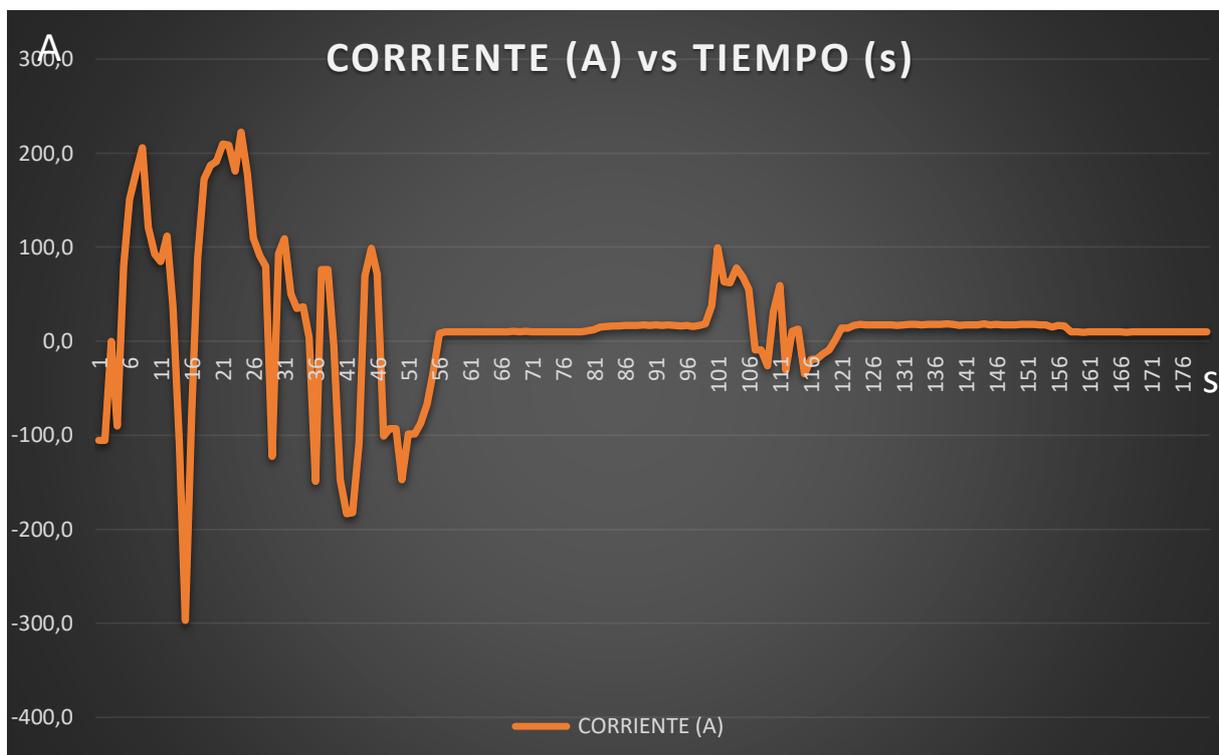


Figura 53. Corriente vs tiempo del tramo seis

En el primer minuto de prueba se observaron los mayores valores de consumo y regeneración de corriente, cuando transcurría 15 s. se regeneró una corriente máxima de 296.9 A, en el transcurso de 9 segundos el bus alcanza una aceleración que le permitió consumir una corriente máxima de 222.3 A, después del minuto de prueba el bus se mantuvo con un consumo aproximadamente constante.

- **Tramo siete.**

En el inicio del tramo el bus se encontraba detenido, empezó a acelerar y el consumo de corriente se incrementó en un lapso de 8 minutos hasta 230.2 A, durante varios intervalos de tiempo el bus permaneció consumiendo una corriente constante de 3.7 A.

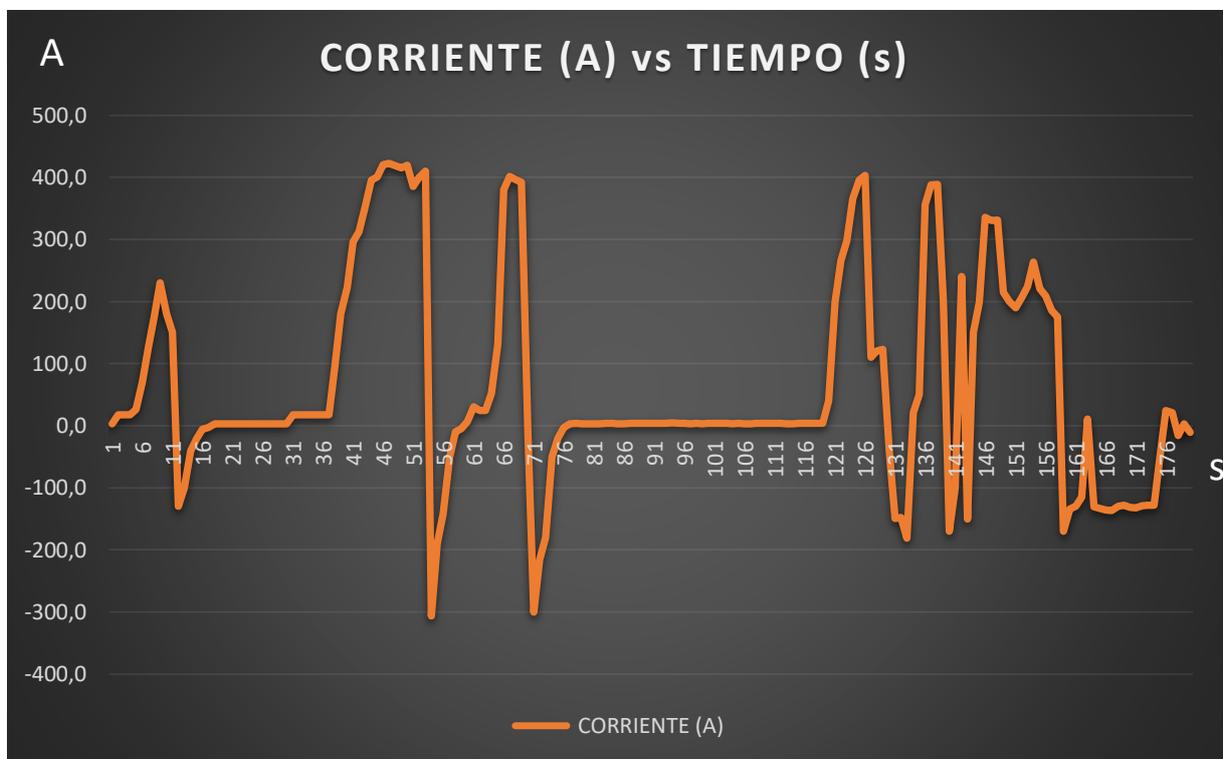


Figura 54. Corriente vs tiempo del tramo siete

En el transcurso de un minuto y medio la corriente se elevó hasta valores altos en tres ocasiones, una de las cuales es la corriente máxima consumida de 420.6 A, en este mismo lapso de tiempo se produce la corriente máxima regenerada de 306.4 A, transcurrido todo este tiempo el bus se mantiene consumiendo una corriente de 3 a 4 A, para luego volver a consumir y regenerar corriente en el minuto de prueba.

4.1.2. Potencia de descarga vs tiempo.

- **Tramo uno.**

La potencia de descarga tomo un valor siempre y cuando se esté consumiendo corriente, al inicio del tramo tuvo un valor de 1.7 kW porque en ese momento el vehículo se encontraba consumiendo una corriente mínima.

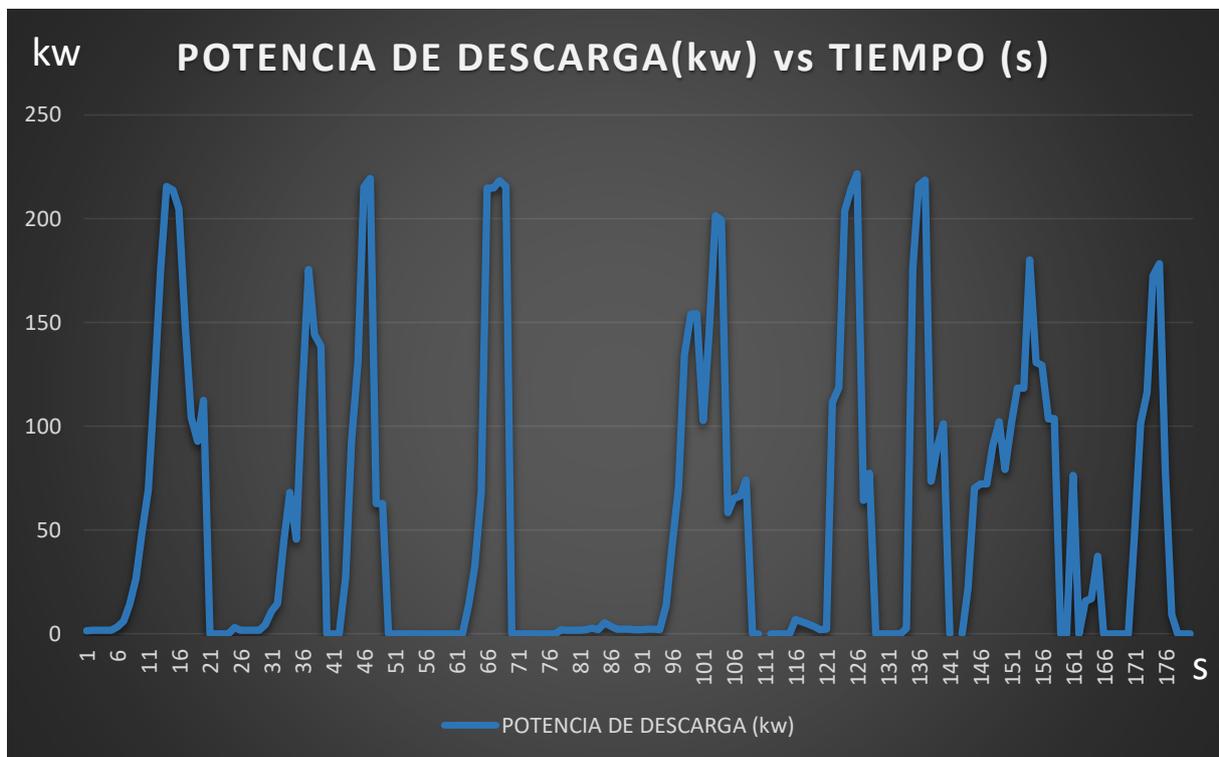


Figura 55. Potencia de descarga vs tiempo del tramo uno

Cuanto mayor sea la corriente consumida mayor será la potencia de descarga, el valor máximo es de 221.5 kW y el valor mínimo es de cero, tomo este valor cuando el vehículo estaba regenerando.

- **Tramo dos.**

Al iniciar el tramo dos el vehículo estaba consumiendo corriente con una potencia de descarga de 9,4 kW, cuando el valor de la potencia se eleva es porque el vehículo está acelerando y necesita más corriente para el movimiento.

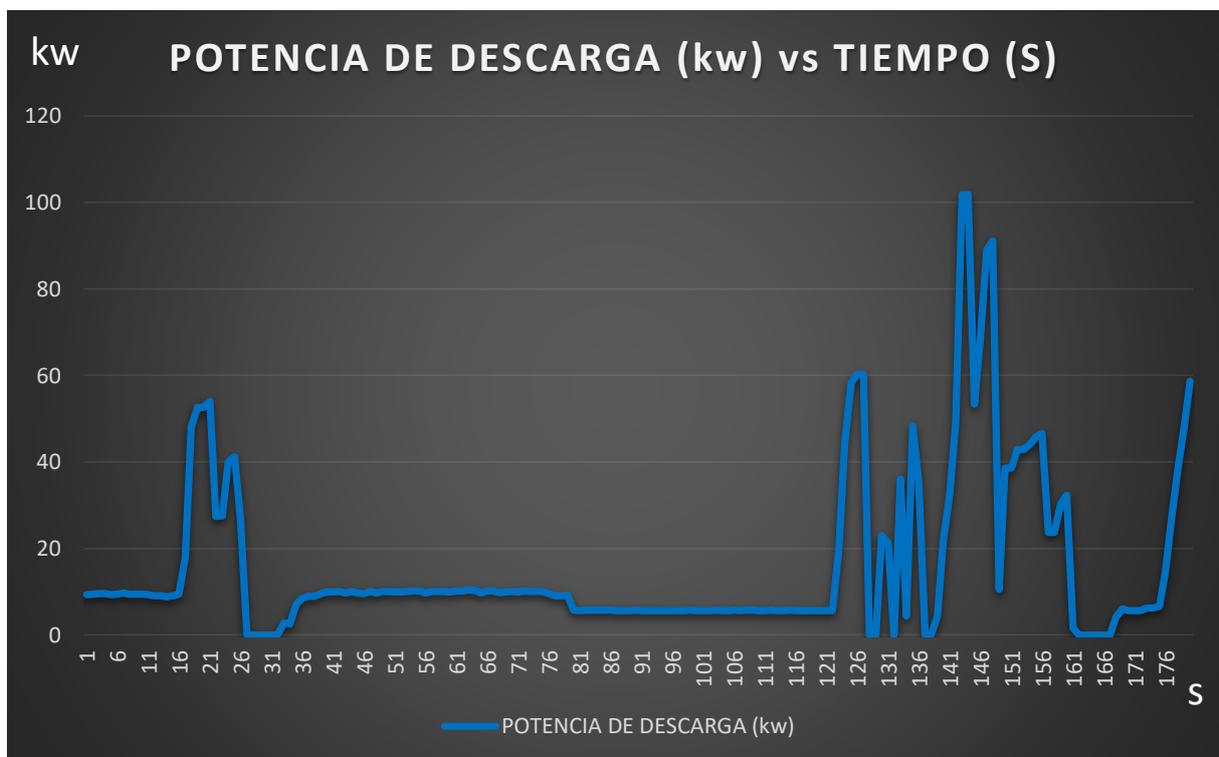


Figura 56. Potencia de descarga vs tiempo del tramo dos

En un lapso de tiempo de aproximadamente un minuto y medio la potencia de descarga fue casi siempre la misma con un valor promedio que oscila entre 5 y 10 kW, después de dicho tiempo existieron incrementos y descensos hasta observar la potencia de descarga máxima es de 101.8 kW y el valor mínimo de cero.

- **Tramo tres.**

En este tramo el bus se encontraba inicialmente consumiendo una corriente con una potencia de descarga de 1.7 kW, después de unos segundos el vehículo empezó a acelerar consumiendo corriente y realizando frenadas que le permitían regenerar energía.

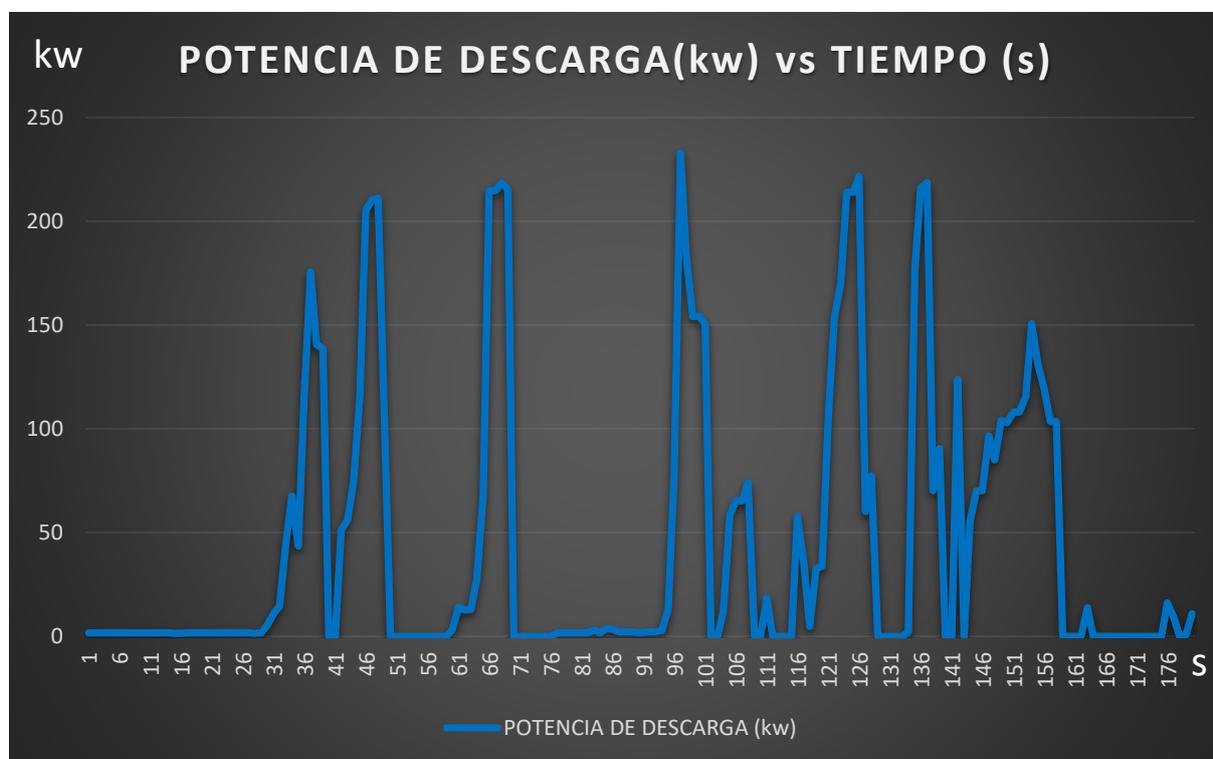


Figura 57. Potencia de descarga vs tiempo del tramo tres

Durante medio minuto el vehículo no requirió potencia de descarga elevada porque el consumo de corriente era mínimo, después la potencia se fue incrementando a medida que el vehículo iba aumentando la velocidad, la potencia de descarga máxima es de 232.7 kW y el valor mínimo es de cero cuando el vehículo desaceleraba.

- **Tramo cuatro.**

El bus inicio el tramo cuatro con una potencia de descarga de 2.1 kW durante tres segundos, el consumo de energía se elevó y simultáneamente subió la potencia.

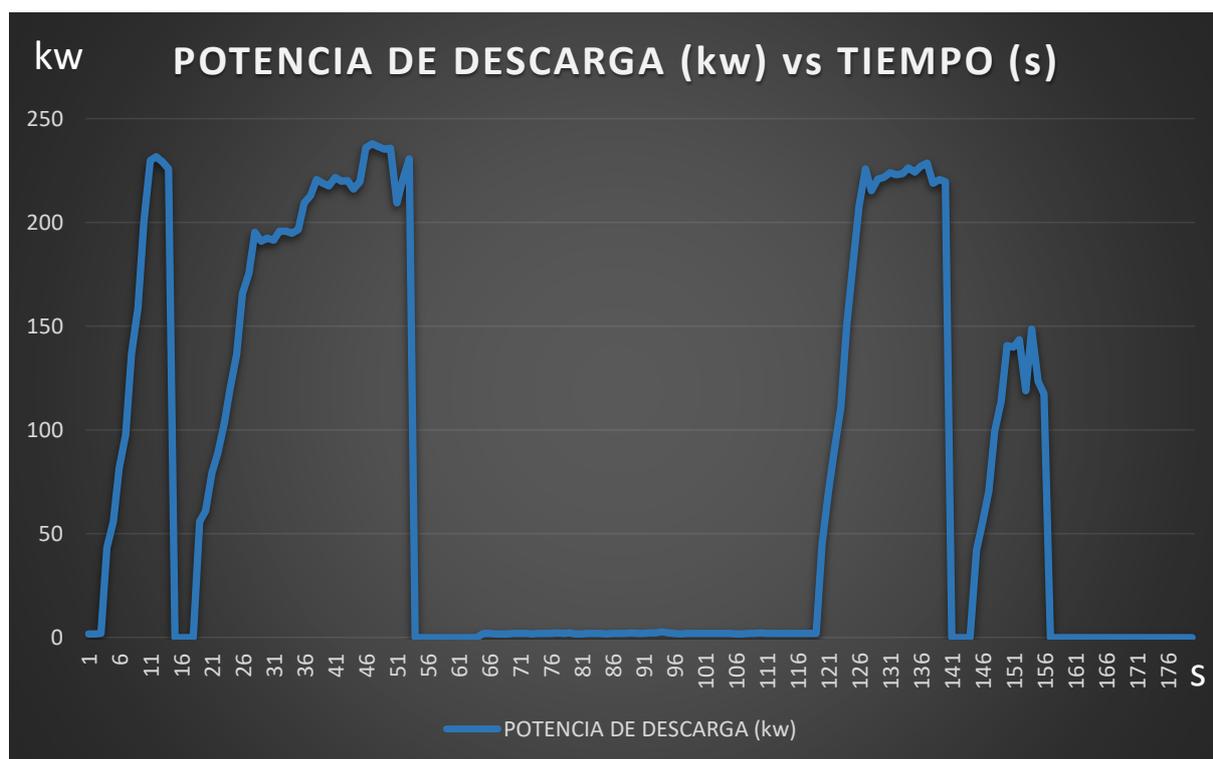


Figura 58. Potencia de descarga vs tiempo del tramo cuatro

Desde el inicio hasta aproximadamente completar el minuto de prueba existió consumo de energía, en dicho tramo se obtuvo la potencia de descarga máxima de 236.5 kW y el valor mínimo de cero, durante un lapso de 20 segundos la potencia de descarga promedio fue de 2.2 kW para luego volver a incrementarse simultáneamente con la velocidad del bus.

- **Tramo cinco.**

La potencia de descarga con la que inicio el tramo cinco fue de 5.8 kW, en este proceso existieron aumentos de energía elevados durante 4 lapsos de tiempo.

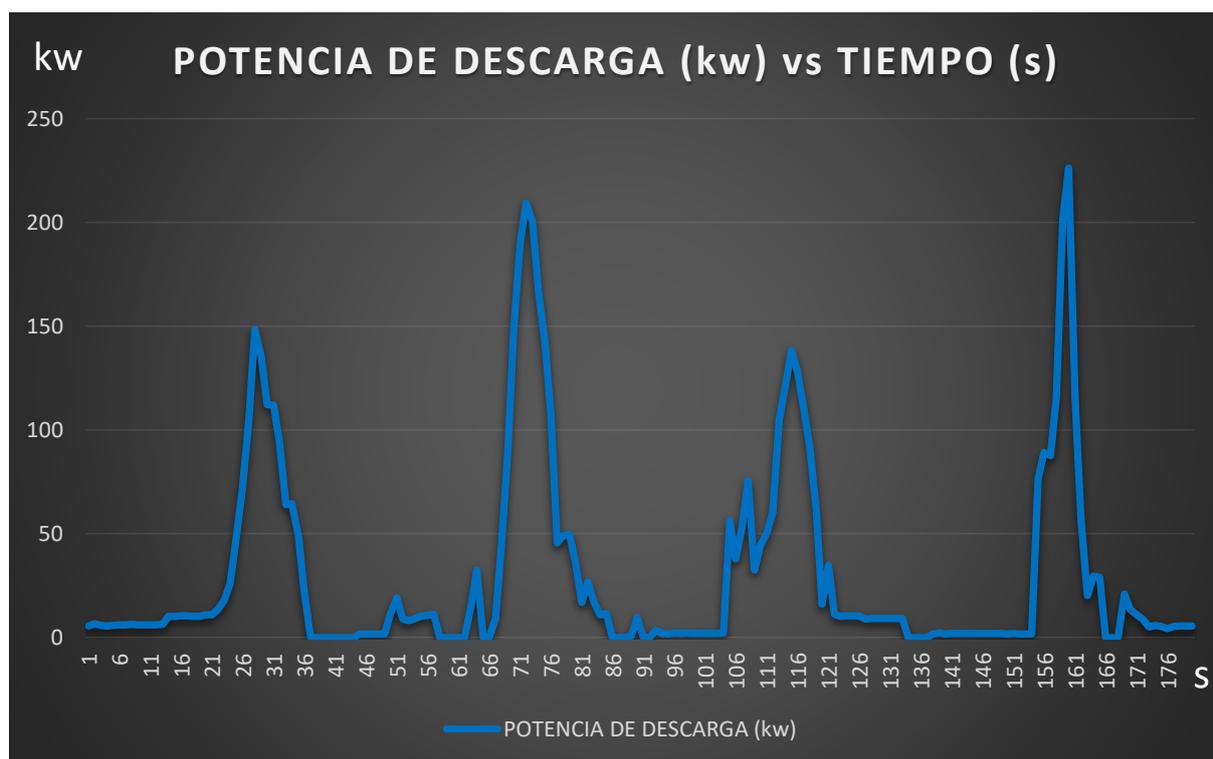


Figura 59. Potencia de descarga vs tiempo del tramo cinco

A los 28 segundos de iniciada la prueba la potencia de descarga obtuvo un valor de 148.2 kW, elevó dicha potencia para acompañar las necesidades de corriente que necesitaba el bus para trasladarse, La potencia de descarga máxima es de 226.1 kW valor que obtuvo el bus faltando 20 segundos para culminar el tiempo.

- **Tramo seis.**

Al iniciar la obtención de datos la potencia de descarga inicio en cero, el bus eléctrico se encontraba regenerando y con el pasar de los segundos la potencia aumento y se mantuvo hasta aproximadamente los 45 segundos. Se presentó un segundo incremento de potencia casi a los dos minutos y se mantuvo durante 20 segundos aproximadamente.

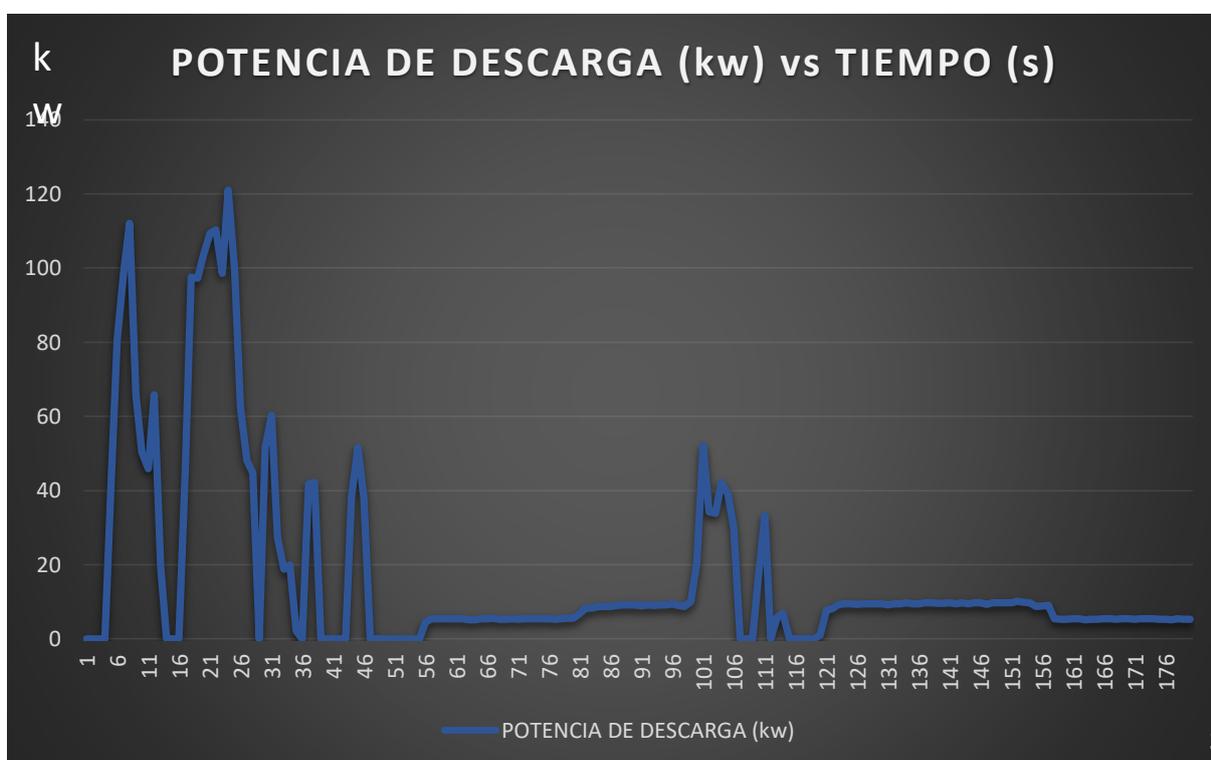


Figura 60. Potencia de descarga vs tiempo del tramo seis

- El lapso más significativo del tramo siguiente fue en los 50 segundos iniciales, donde alcanzó la potencia de descarga máxima es de 121 kW, a partir del minuto dos en adelante el vehículo se mantuvo con una potencia de descarga mínima debido a la poca corriente que necesitó en bus en esos momentos.

- **Tramo siete.**

En este tramo el bus estuvo sometido a grandes consumos de energía, solicitando así potencias de descarga elevadas, cuando el bus se encontraba acabando su minuto de operación el valor de la potencia se mantuvo constante con un valor entre 2 y 2.5 kW por la velocidad mínima a la que se encontraba circulando.

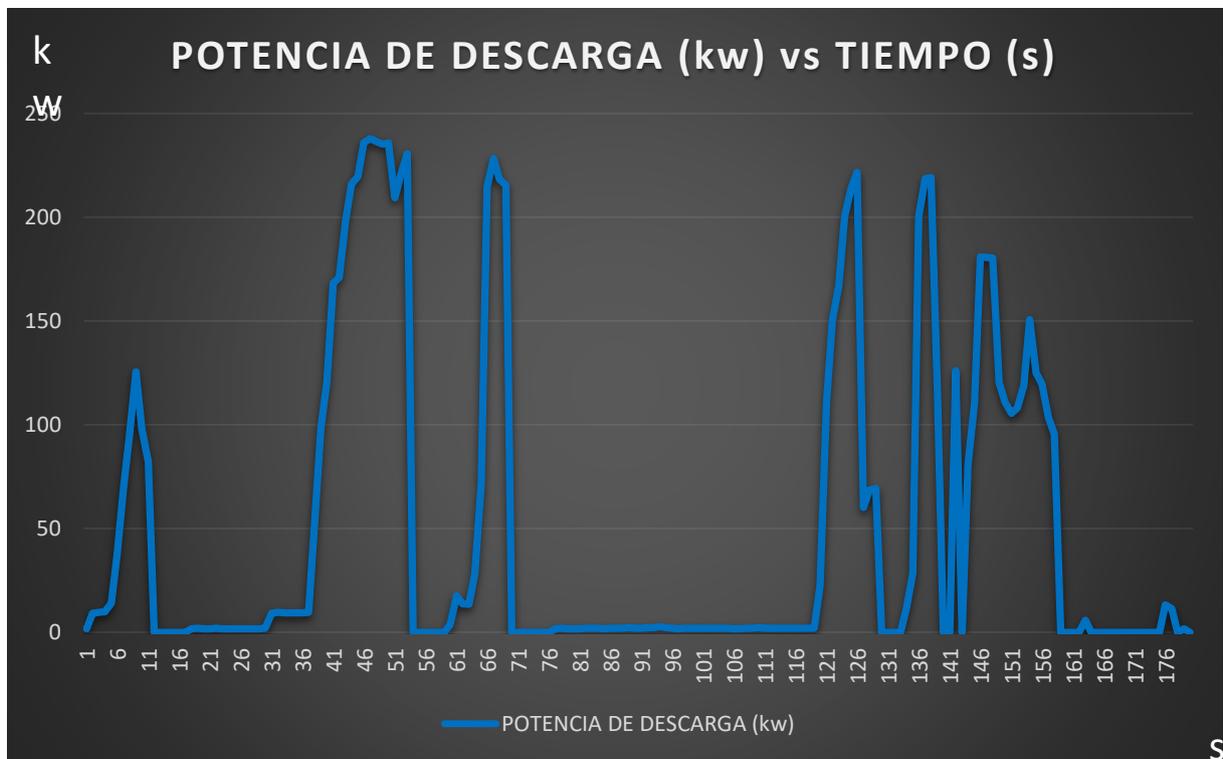


Figura 61. Potencia de descarga vs tiempo del tramo siete

La potencia de descarga máxima es de 237.8 kW y se dio a los 49 segundos, el bus durante algunos lapsos recurrió a utilizar una potencia elevada para incrementar la velocidad y el valor mínimo es de cero que se presentó cuando el vehículo se encontraba regenerando.

4.1.3. Potencia de carga vs tiempo.

- **Tramo uno.**

La potencia de carga tomó un valor positivo y cero de acuerdo a como estaba operando el bus, en el momento de aplicar un frenado existió regeneración por lo tanto potencia de carga, y tomó un valor de cero cuando el vehículo se encontraba consumiendo corriente por más mínimo que sea.

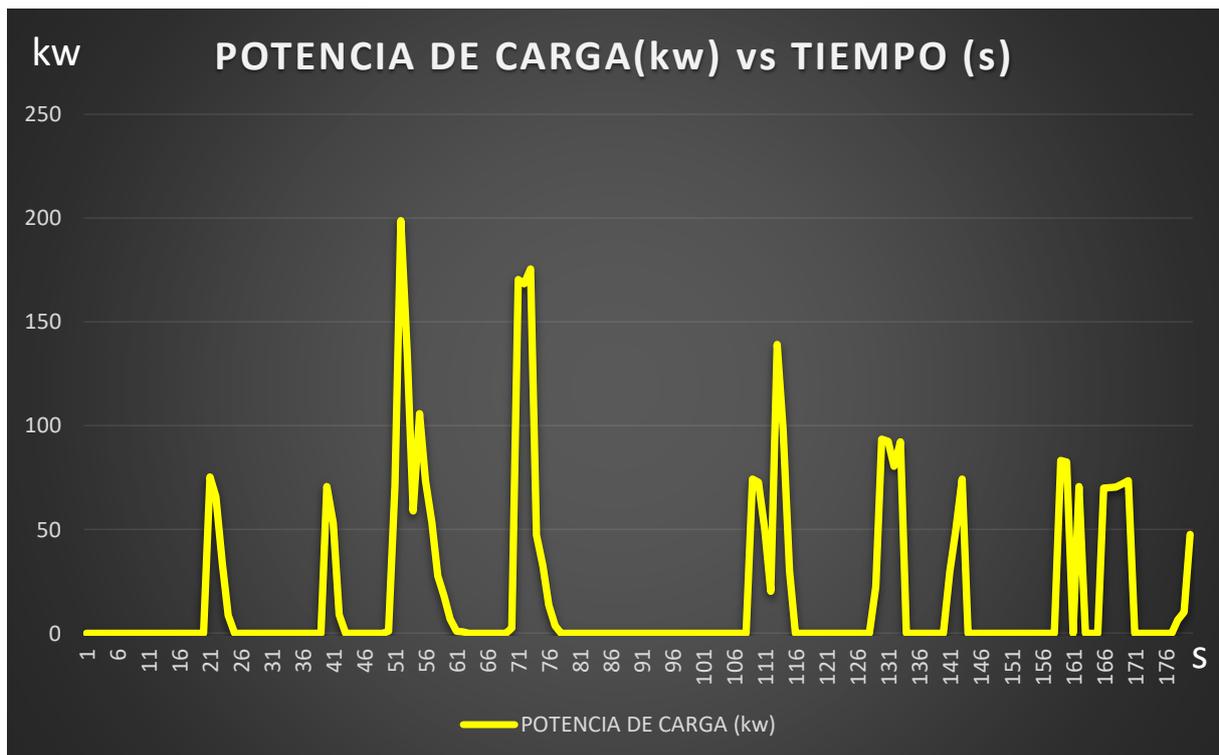


Figura 62. Potencia de carga vs tiempo del tramo uno

La potencia de regeneración o carga máxima es de 198.7 kW y se obtuvo a los 52 segundos de iniciado el tramo y el valor mínimo de cero en algunos lapsos del circuito.

- **Tramo dos.**

En el tramo dos existieron pocos periodos de segundos en los que hubo regeneración de energía, en los 3 minutos la mayoría del tiempo el bus pasó consumiendo energía para su movimiento.

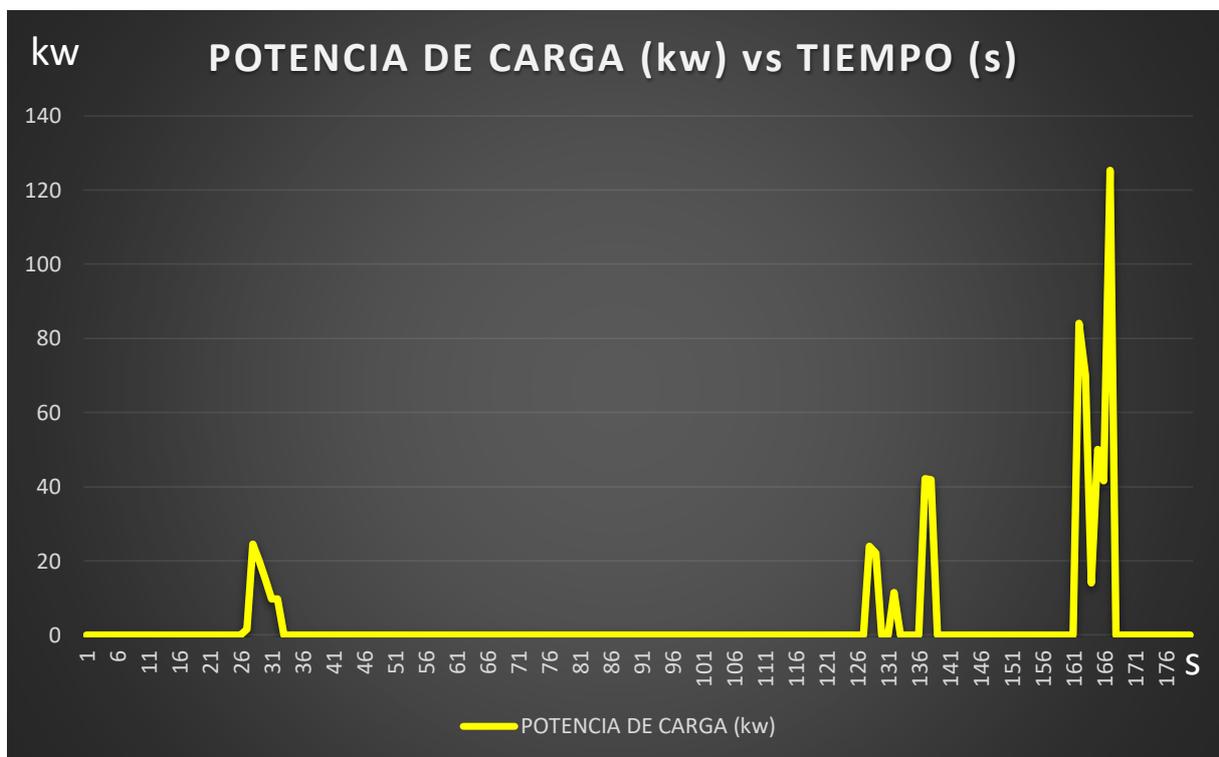


Figura 63. Potencia de carga vs tiempo del tramo dos

El bus inició con un consumo de corriente por lo tanto la potencia de descarga se mantuvo nula hasta los 26 segundos donde regeneró por un tiempo de 7 segundos, volvió a regenerar pasados los 2 minutos y la potencia de regeneración o carga máxima de 125.3 kW se dio a los 127 segundos de iniciado el tramo, el valor mínimo es cero.

- **Tramo tres.**

A continuación, la gráfica de potencia de carga en la cual se observó varios procesos de regeneración de energía, el bus inicialmente se encontraba consumiendo energía los 39 segundos iniciales para luego empezar el proceso de recarga de baterías.

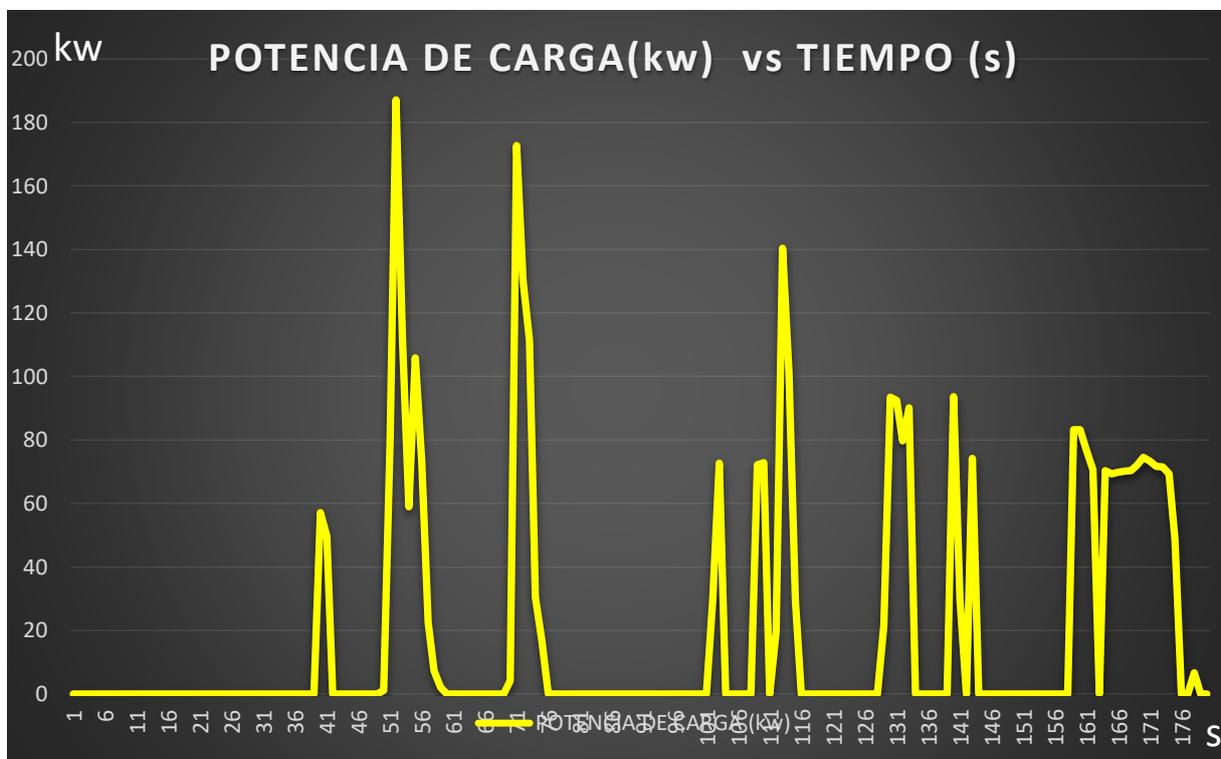


Figura 64. Potencia de carga vs tiempo del tramo tres

Posterior a los 40 segundos iniciales la potencia de carga necesitada por el bus fue de 57.1 kW, después de 12 segundos se generó la potencia de regeneración o carga máxima de 187.1 kW, a partir del minuto y medio la regeneración estuvo presente más ocasiones, recobrando energía hacia las baterías.

- **Tramo cuatro.**

El bus inicio el tramo con una valor nulo de potencia de carga, a partir de los 14 segundos realiza una regeneración de energía que duró un lapso de 6 segundos, la regeneración de energía estuvo presente en cuatro ocasiones con mayor tiempo casi al finalizar los 3 minutos de prueba.

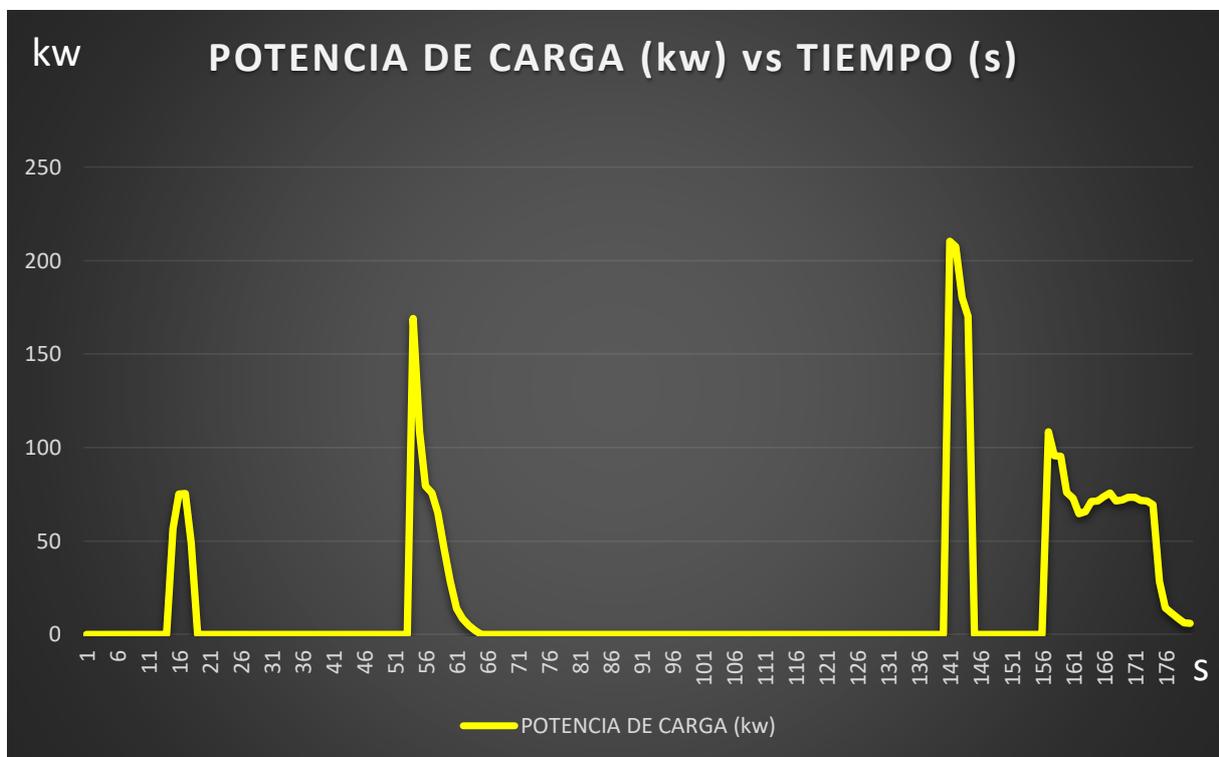


Figura 65. Potencia de carga vs tiempo del tramo cuatro

La potencia de regeneración o carga máxima es de 210.4 kW, se presentó a los 142 segundos de iniciado el tramo, el periodo de tiempo en el que existió una regeneración prolongada fue a partir de los 156 segundos y tomo el valor mínimo de cero a la mitad del tiempo de prueba y al finalizar los 3 minutos.

- **Tramo cinco.**

El tramo cinco proporcionó valores de carga en cinco ocasiones, la cantidad de energía regenerada con respecto a otros tramos fue mínima, a partir de los 36 segundos se inició el primer proceso de recarga de energía.

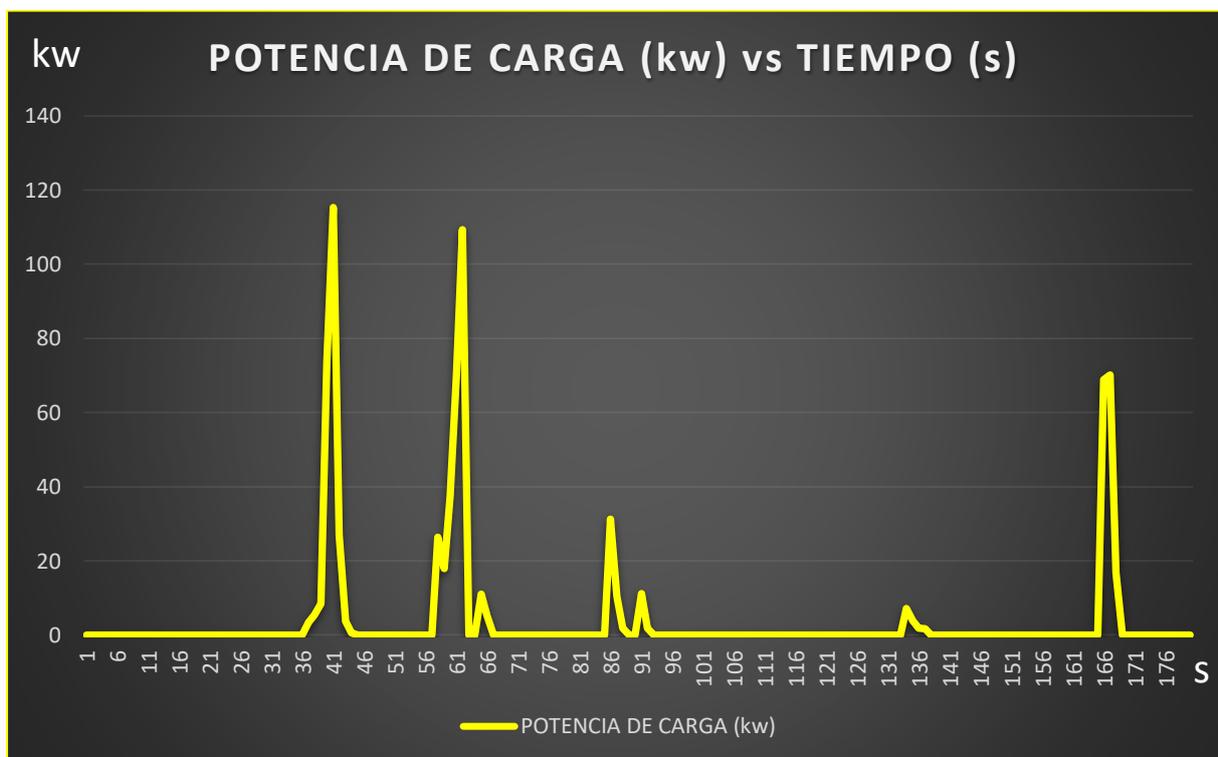


Figura 66. Potencia de carga vs tiempo del tramo cinco

Inicialmente el bus se encontraba consumiendo energía por lo tanto no existió regeneración, transcurridos 41 segundos se obtuvo la potencia de regeneración o carga máxima de 115.3 kW, el periodo de tiempo donde fue casi siempre nulo el valor de carga fue desde el minuto y medio y se mantuvo por alrededor de un minuto.

- **Tramo seis.**

El tramo seis inició con un valor de potencia de carga de 60.3 kW, la mayor actividad de regeneración de las baterías se presentó desde el comienzo de la prueba y duró aproximadamente un minuto, posteriormente se presentó una regeneración mínima.

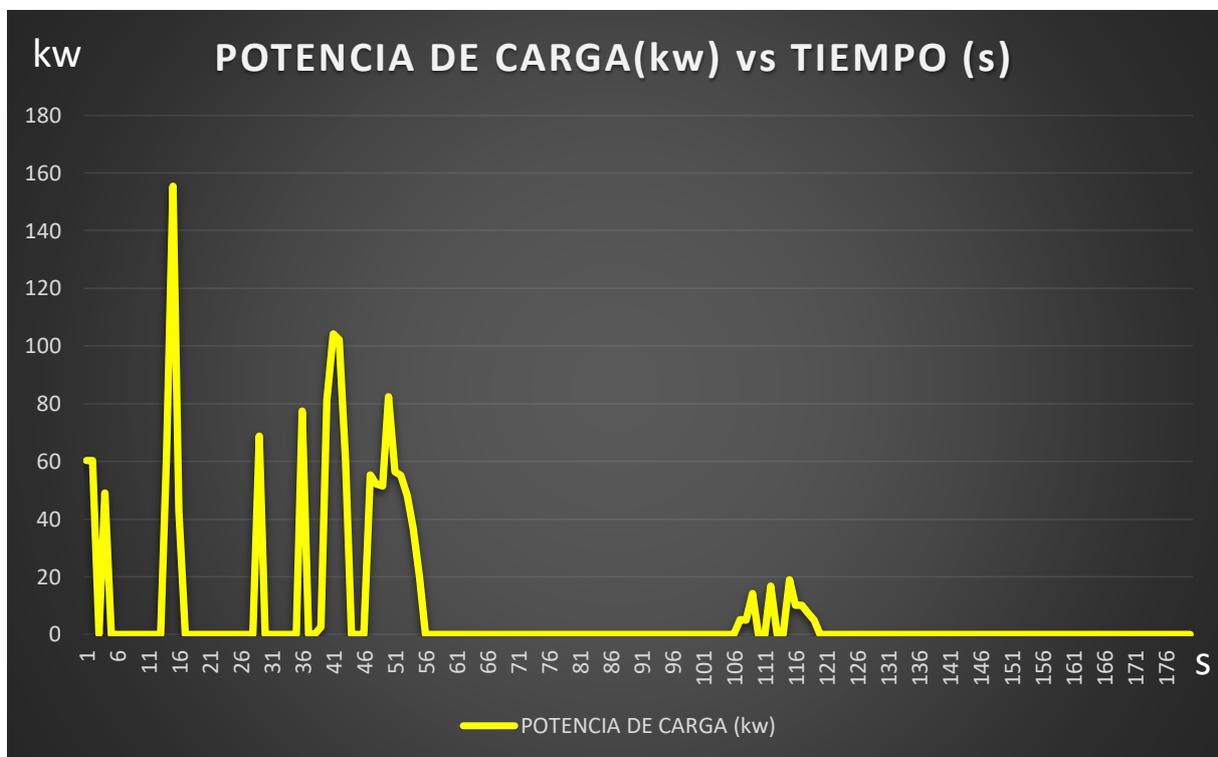


Figura 67. Potencia de carga vs tiempo del tramo seis

La potencia de regeneración o carga máxima es de 155.4 kW se presentó a los 15 segundos de iniciada la prueba, esto sucedió en la zona de mayor actividad de carga, tomo un valor nulo por la mayoría de los dos minutos restantes; a los 106 segundos se produce una regeneración con un valor de 18.9 kW que duró 15 segundos aproximadamente.

- **Tramo siete.**

En el inicio del tramo el bus se encontraba detenido, con la velocidad en cero el bus no requiere de potencia de carga, durante varios intervalos de tiempo el bus permaneció regenerando energía, pero el momento más incidente ocurrió a partir de los dos minutos.

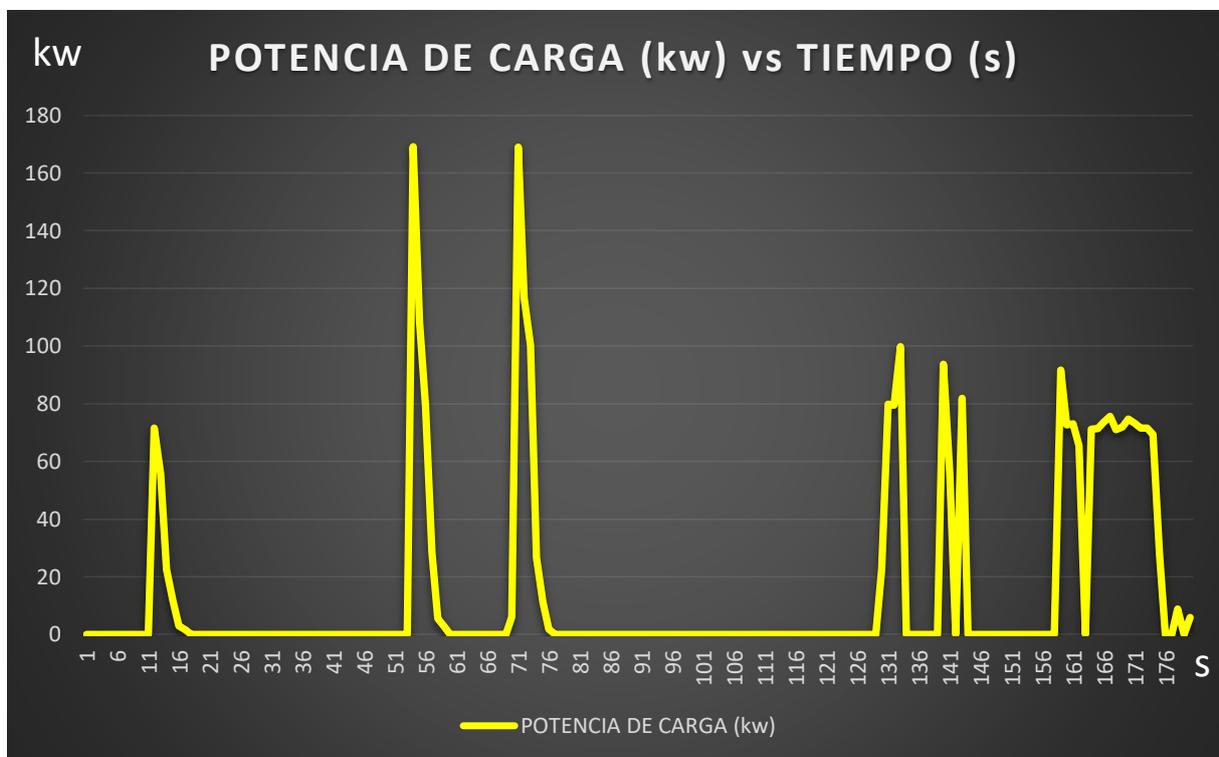


Figura 68. Potencia de carga vs tiempo del tramo siete

A los 11 segundos transcurridos el bus comenzó a regenerar energía solicitando una potencia de carga de 71.5 kW, cuando se estaban cumpliendo el minuto se obtuvo la potencia de regeneración o carga máxima de 169.1 kW y el valor mínimo de cero se presentó durante 50 segundos a partir del minuto y medio de iniciada la prueba.

4.1.4. Tensión Calculada vs tiempo.

- **Tramo uno.**

El valor del voltaje calculado, es el voltaje estimado que tienen las baterías en su proceso de carga y descarga, el voltaje nominal es de 555 V, y es un valor que en el mayor tiempo posible es constante.

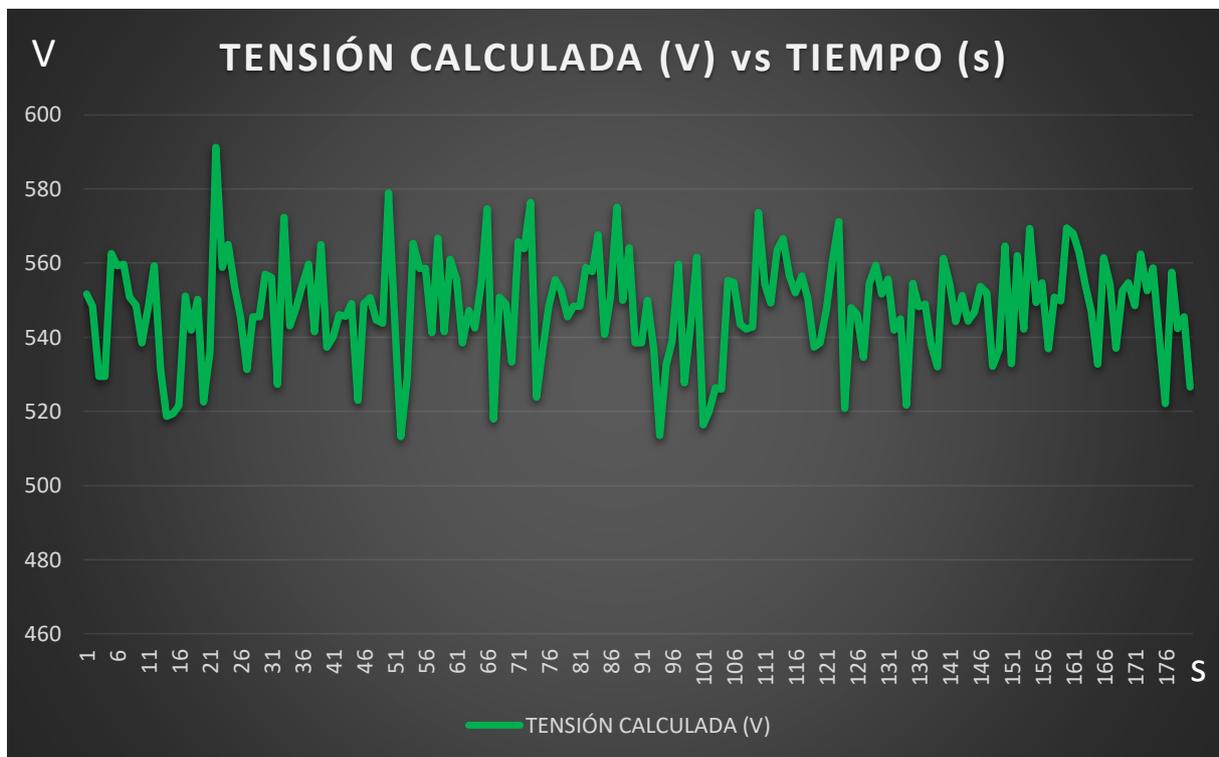


Figura 69. Tensión Calculada vs tiempo del tramo uno

El voltaje máximo calculado es de 591 V a los 22 segundos de iniciado el recorrido y el mínimo es de 513 V después de 52 segundos de prueba.

- **Tramo dos.**

En este tramo el voltaje calculado no superó los 580 V, se presentaron dos valores próximos a 500 V y la mayoría de los valores calculados se mantuvo entre 520 y 580 voltios.

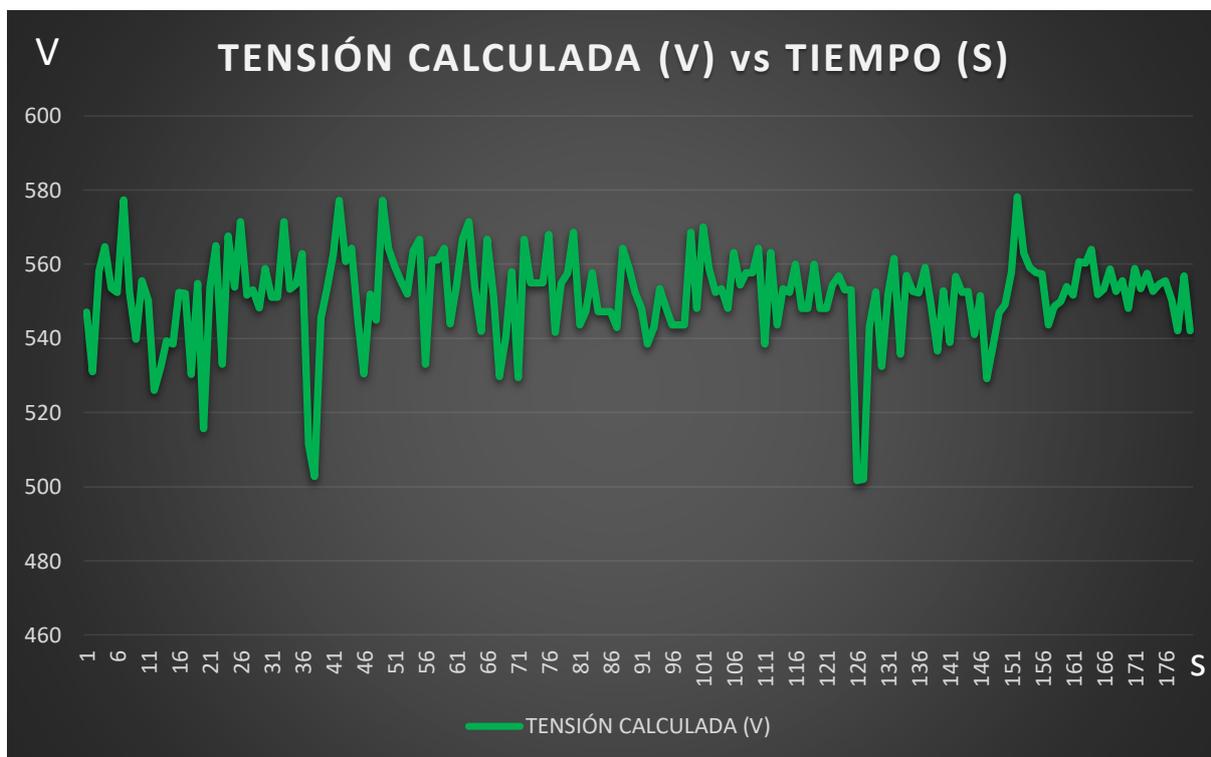


Figura 70. Tensión Calculada vs tiempo del tramo dos

El voltaje máximo calculado es de 578 V y se presentó cuando trascurrían dos minutos y medio y el voltaje mínimo es de 502 V que se obtuvo a los 127 segundos de haber iniciado el tiempo de prueba.

- **Tramo tres.**

En el tramo tres la mayorías de los voltajes calculados están en el rango cercano al voltaje nominal, se presentó un valor de voltaje inferior a los 500 V

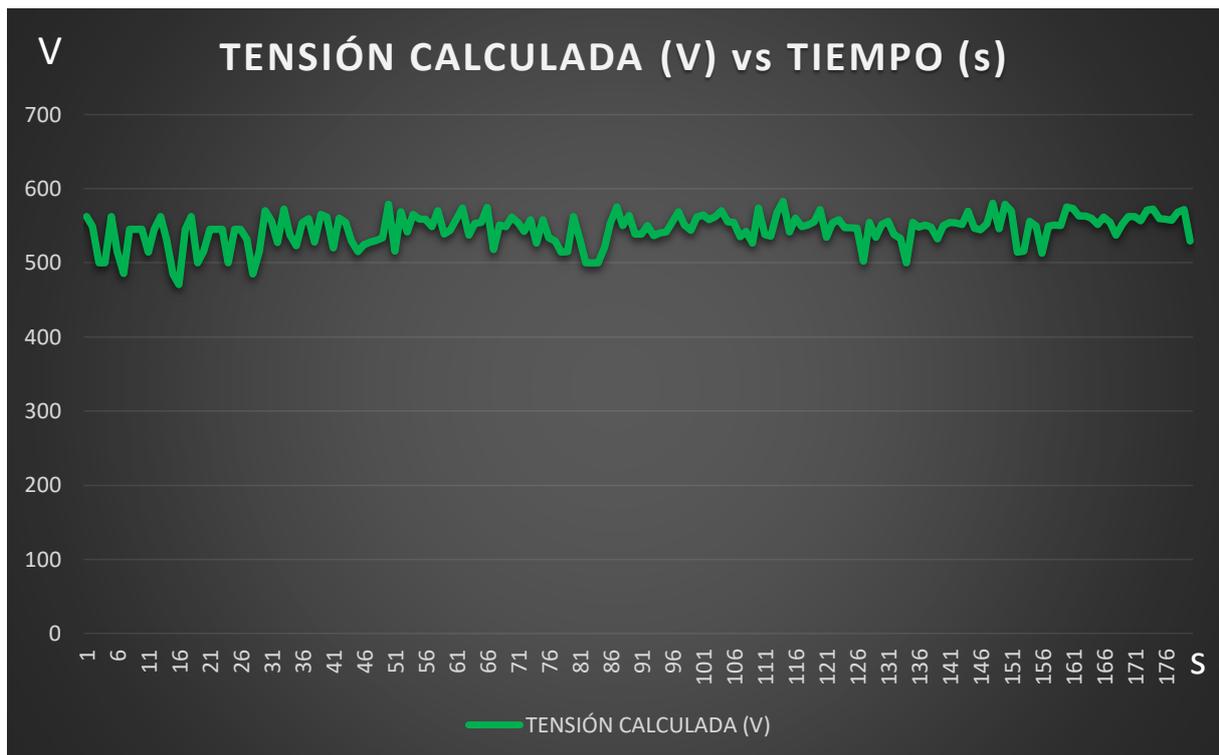


Figura 71. Tensión Calculada vs tiempo del tramo tres

El voltaje máximo calculado es de 580 V y se presentó a los dos minutos y medios de prueba y el voltaje mínimo es de 471 V que se obtuvo a los 16 segundos de haber iniciado el tiempo de prueba.

- **Tramo cuatro.**

En este tramo el voltaje calculado varió considerablemente de un segundo a otro, pero mantuvo los valores calculados dentro del rango cercano al voltaje nominal entre 530 y 570 V.

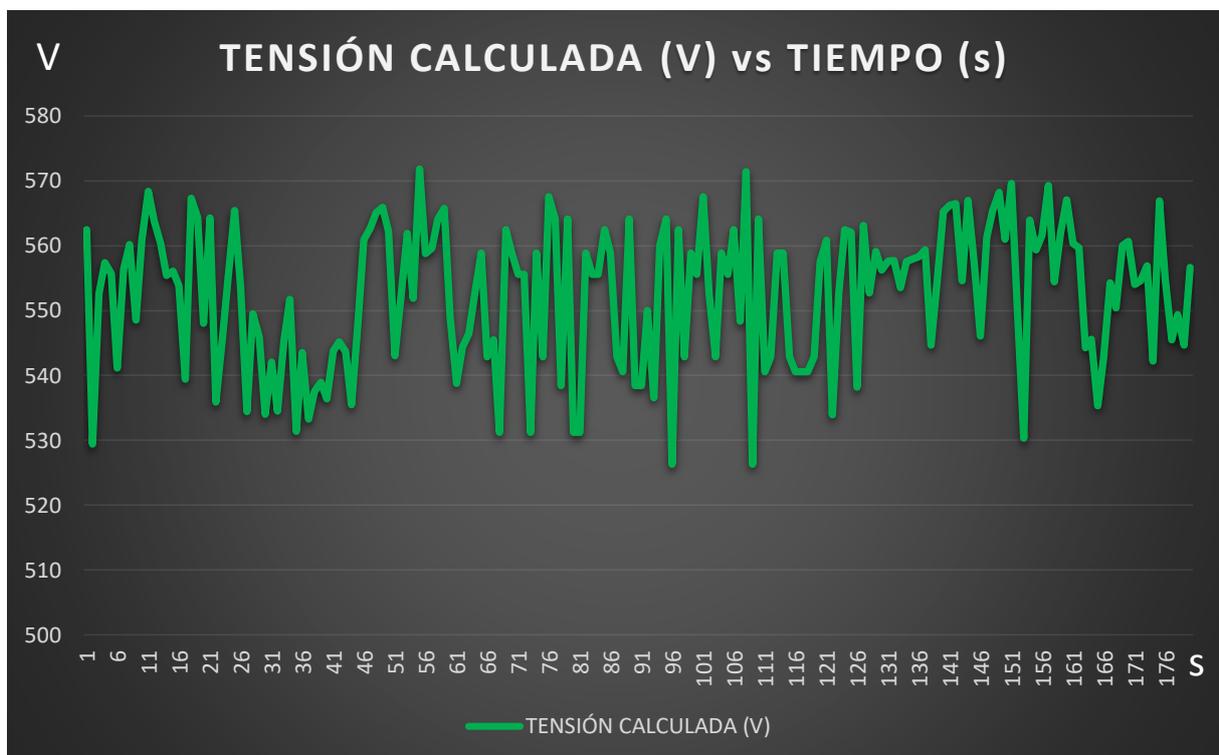


Figura 72. Tensión Calculada vs tiempo del tramo cuatro

El voltaje máximo calculado es de 572 V y se presentó a los 55 segundos mientras que el voltaje mínimo es de 515 V y se presentó en dos ocasiones a los 96 y 109 segundos de iniciado el tiempo de prueba.

- **Tramo cinco.**

En el tramo cinco la mayoría de los voltajes calculados están en el rango cercano al voltaje nominal, se presentó un valor de voltaje inferior a los 520 V y algunos voltajes que sobrepasan los 580 V.

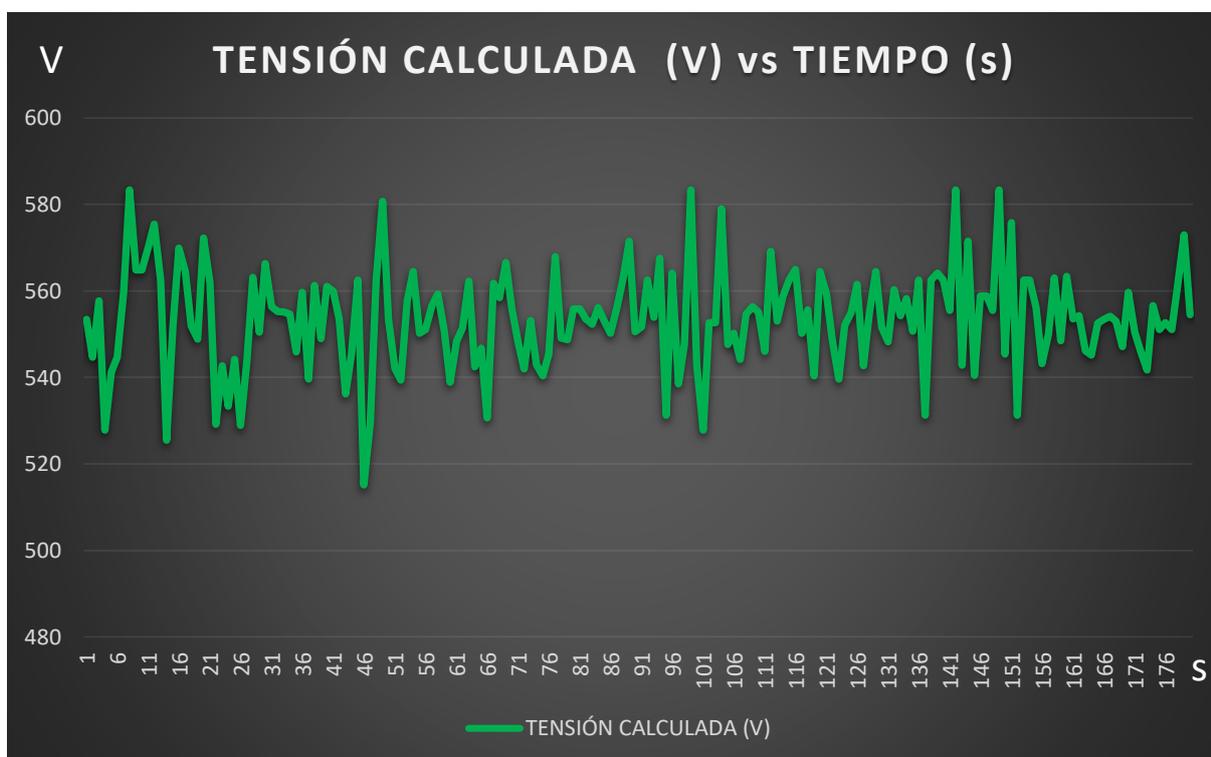


Figura 73. Tensión Calculada vs tiempo del tramo cinco

Dentro de los tres minutos de operación del bus se presentó varios voltajes elevados pero el voltaje calculado máximo se obtuvo en cuatro ocasiones con un valor de 583V, el voltaje mínimo calculado fue de 515V cuando transcurrían 45 segundos desde el inicio del tramo.

- **Tramo seis.**

En este tramo el voltaje calculado superó los 580 V, se presentaron dos valores próximos a 500 V y la mayoría de los valores calculados se mantuvo entre 500 y 590 voltios.

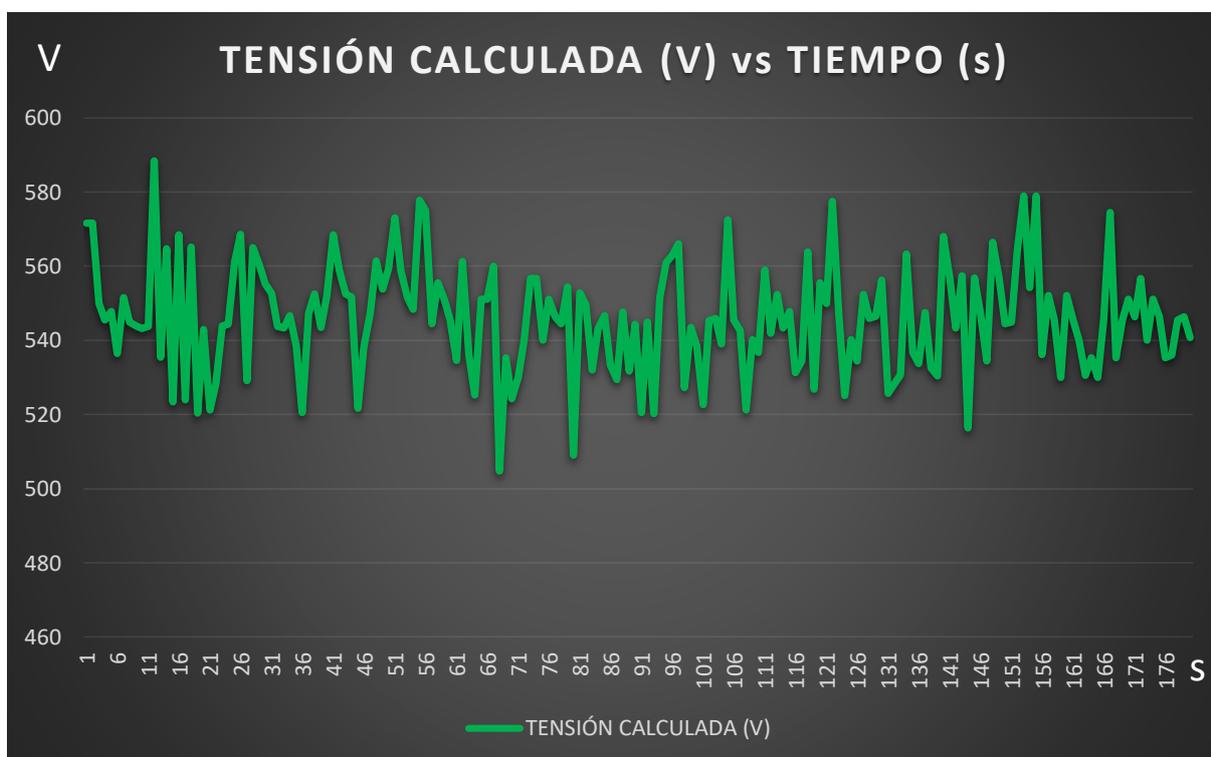


Figura 74. Tensión Calculada vs tiempo del tramo seis

El voltaje máximo calculado es de 588 V y se presentó a los 12 segundos, el voltaje mínimo es de 505 V y se presentó a los 68 segundos de iniciado el tiempo de prueba.

- **Tramo siete.**

En el último tramo se presentó voltajes entre 510 y 580 voltios, se presencié dos voltajes similares por debajo de los 520 V poco después de iniciado el tiempo de duración de la prueba.

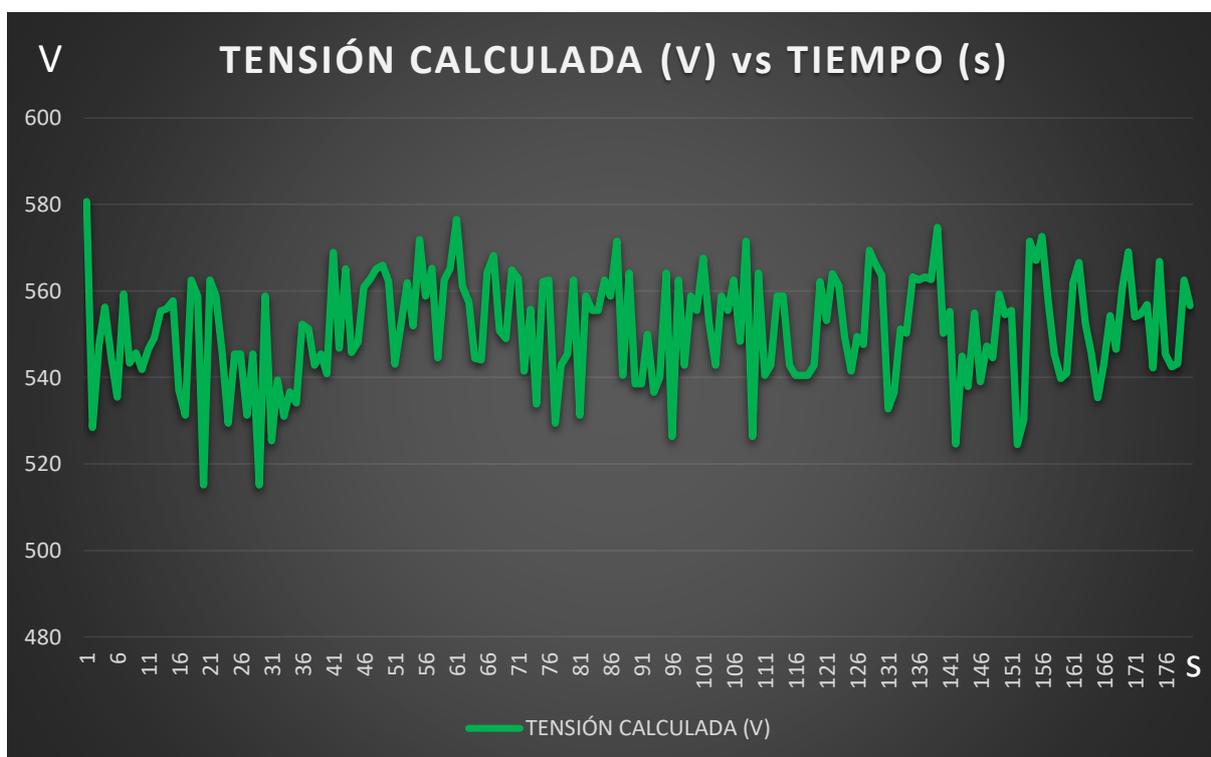


Figura 75. Tensión Calculada vs tiempo del tramo siete

El voltaje máximo calculado es de 581 V y se presentó justo al iniciar del tramo, el voltaje mínimo es de 515 V y se presentó en dos ocasiones a los 20 y 29 segundos de iniciado el tiempo de prueba.

4.1.5. Velocidad vs tiempo.

- **Tramo uno.**

La velocidad del bus es la que determina el consumo de energía dependiendo de las necesidades al momento de acelerar el vehículo, la velocidad máxima permitida del bus es de 50 km/h, aunque puede superar dicho valor.

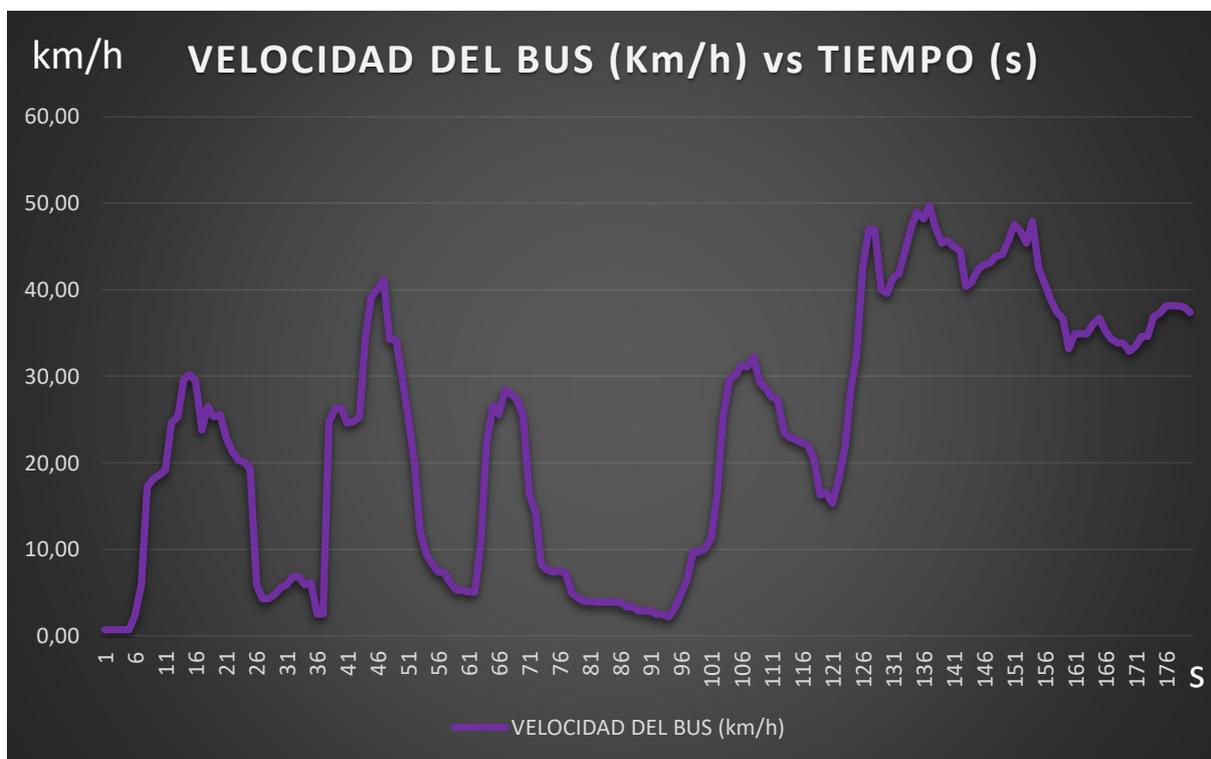


Figura 76. Velocidad vs tiempo del tramo uno

Al iniciar el recorrido el bus empezó con una velocidad cercana al cero, en un siguiente lapso de tiempo se mantuvo incrementando y restando la velocidad hasta que en un tramo su velocidad máxima fue de 47.2 km/h.

- **Tramo dos.**

En el tiempo que transcurrió en prueba, la velocidad durante algunos tramos fue casi siempre constante con un valor aproximado entre 4 km/h y 5 km/h, en el minuto final existió un incremento de velocidad considerable que se mantuvo hasta segundos antes de finalizar el tiempo de 180 segundos.

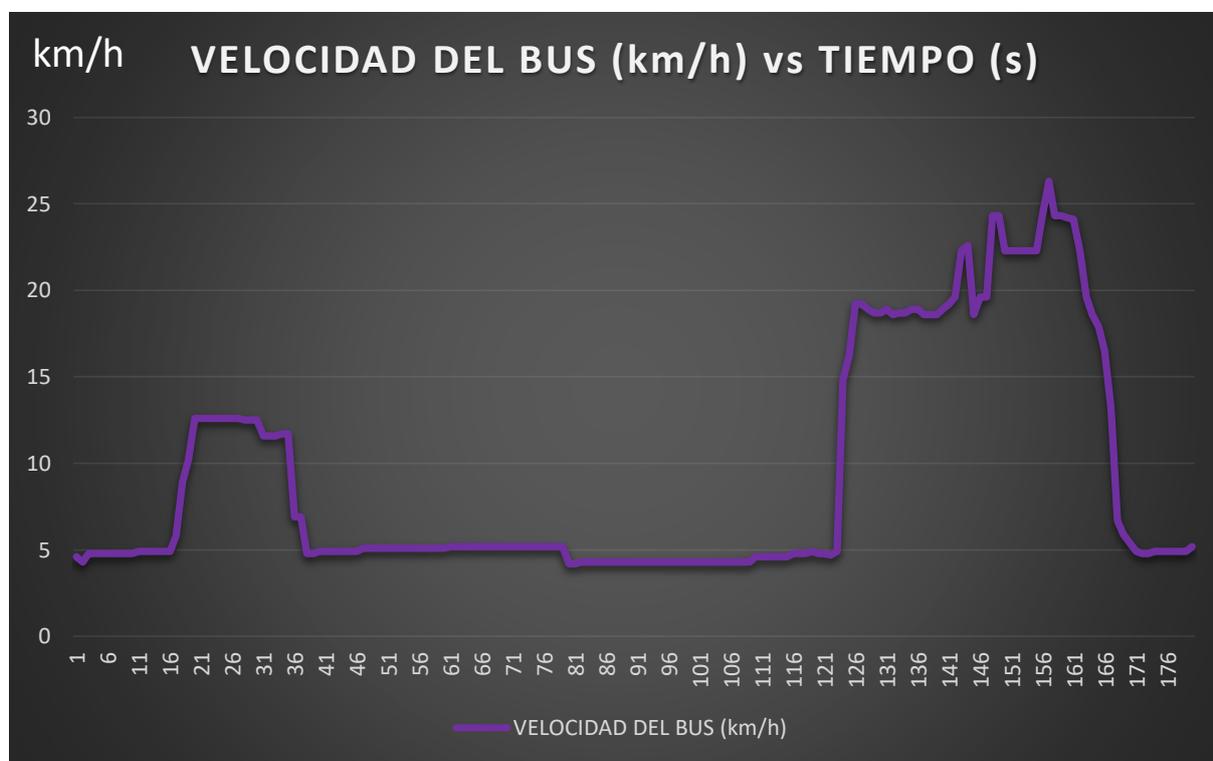


Figura 77. Velocidad vs tiempo del tramo dos

La velocidad mínima del bus se presentó justo al inicio del recorrido con un valor de 4.3 km/h, mantuvo una velocidad constante de 5km/h durante los 16 primeros segundos, para incrementar la velocidad durante un tiempo antes de que vuelva a decrecer, la velocidad máxima del bus se presentó a los 157 segundos con un valor de 26.3 km/h.

- **Tramo tres.**

En este tramo el bus se encontraba inicialmente con una velocidad cero, se encontraba detenido debido a la congestión vehicular, en un lapso de tiempo el bus incremento la velocidad antes de que se realice un decrecimiento del mismo por una parada.

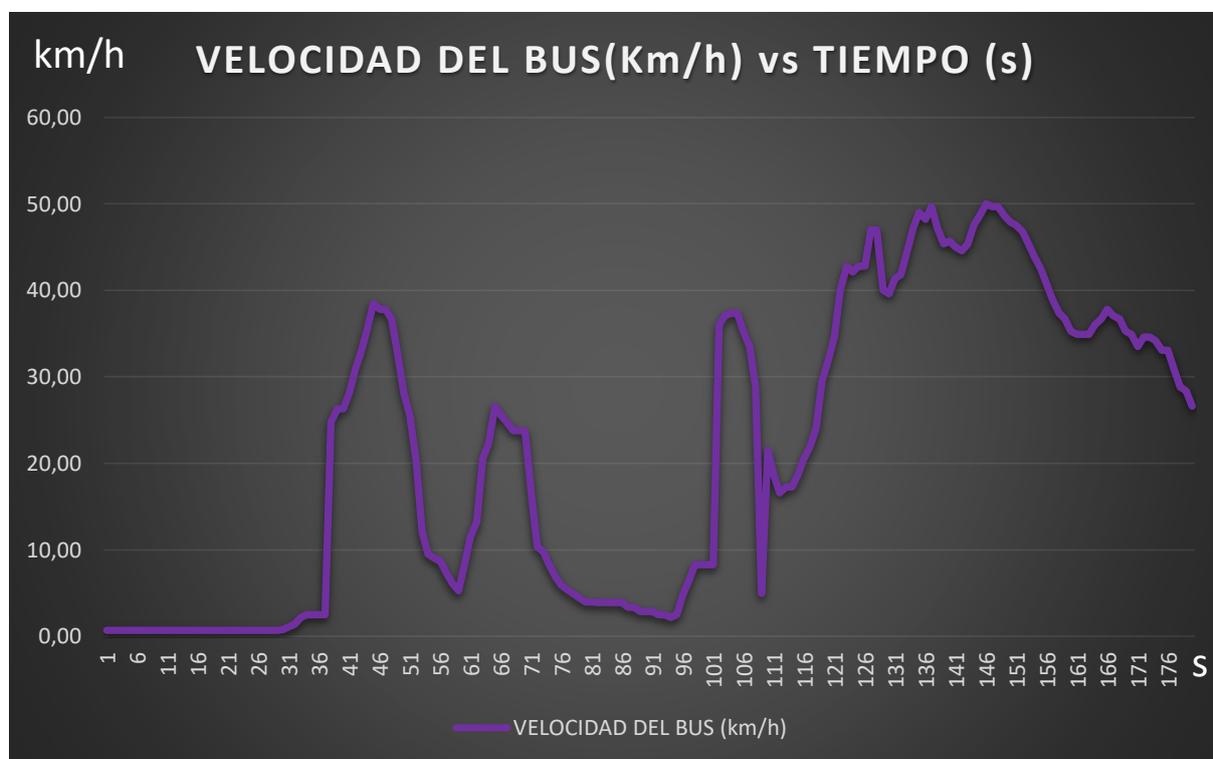


Figura 78. Velocidad vs tiempo del tramo tres

A partir de los 35 segundos el bus empezó a incrementar la velocidad hasta alcanzar 37.8 km/h, en el minuto posterior a lo acontecido el bus descendió la velocidad hasta 2.20 km/h por la acumulación vehicular, nuevamente incremento la velocidad hasta alcanzar su velocidad máxima en el tramo de 49.70 km/h.

- **Tramo cuatro.**

El tramo cuatro tuvo la interacción más importante de los valores de velocidad durante los 66 primeros segundos, se mantuvo detenido durante un tiempo de 50 segundos con una velocidad de 0.70 km/h, en el último minuto de operación el vehículo volvió a incrementar la velocidad.

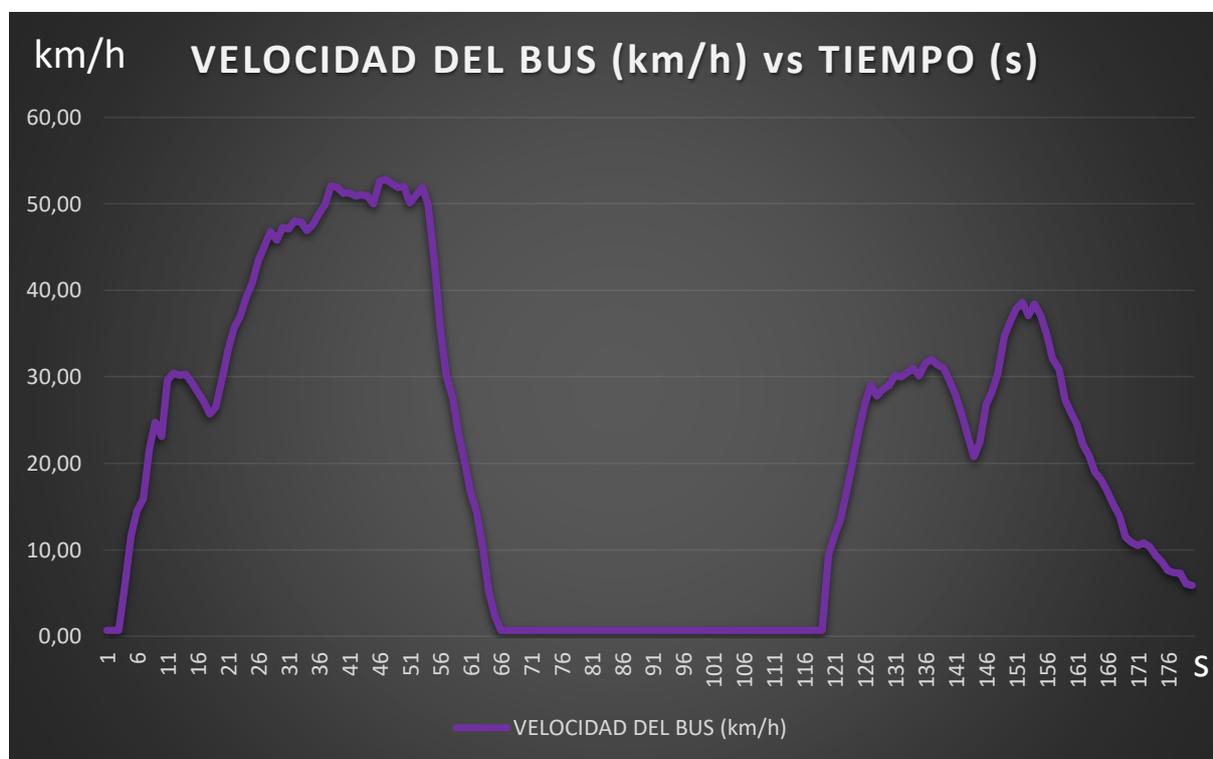


Figura 79. Velocidad vs tiempo del tramo cuatro

El tramo se inició con una velocidad 0.70 km/h y en un corto tiempo empezó a incrementar la velocidad, en este periodo de tiempo el bus obtuvo su velocidad máxima de 52,4 km/h cuando transcurrían 48 segundos, del minuto dos en adelante el bus volvió a incrementar la velocidad hasta un valor de 38.4 km/h con aceleraciones y frenada.

- **Tramo cinco.**

Al iniciar el tramo cinco el bus se encontraba con una velocidad de 6.8 km/h la velocidad se fue incrementando, y durante la mayoría del trayecto el bus mantuvo su velocidad superior a dicho valor, se presentaron 4 incrementos de velocidades notables en lapsos cortos de tiempo.

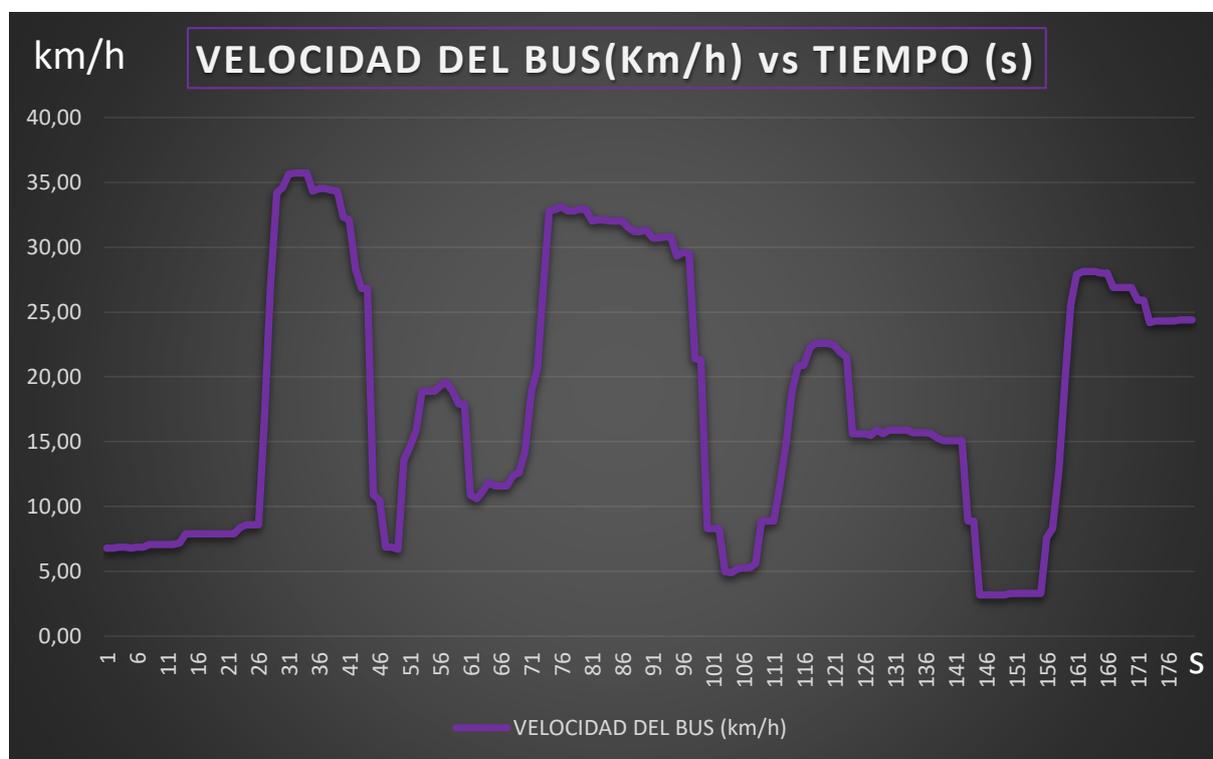


Figura 80. Velocidad vs tiempo del tramo cinco

Durante los primeros 26 segundos el bus incremento dos 2 km/h su velocidad, con una aceleración considerable alcanzo su velocidad máxima de 34,3 km/h, mantuvo una velocidad alta por 20 segundos, el segundo valor considerado de velocidad alta fue de 32.80 km/h que sucedió cuando transcurrían 77 segundos desde el inicio del tramo.

- **Tramo seis.**

En el tramo seis el bus empezó con una velocidad de 29.60 km/h, que posteriormente decreció y volvió a elevarse; el periodo de tiempo con mayor significado fue en los primeros 90 segundos, a partir del minuto y medio la velocidad se mantuvo constante entre 4 km/h y 13 km/h.

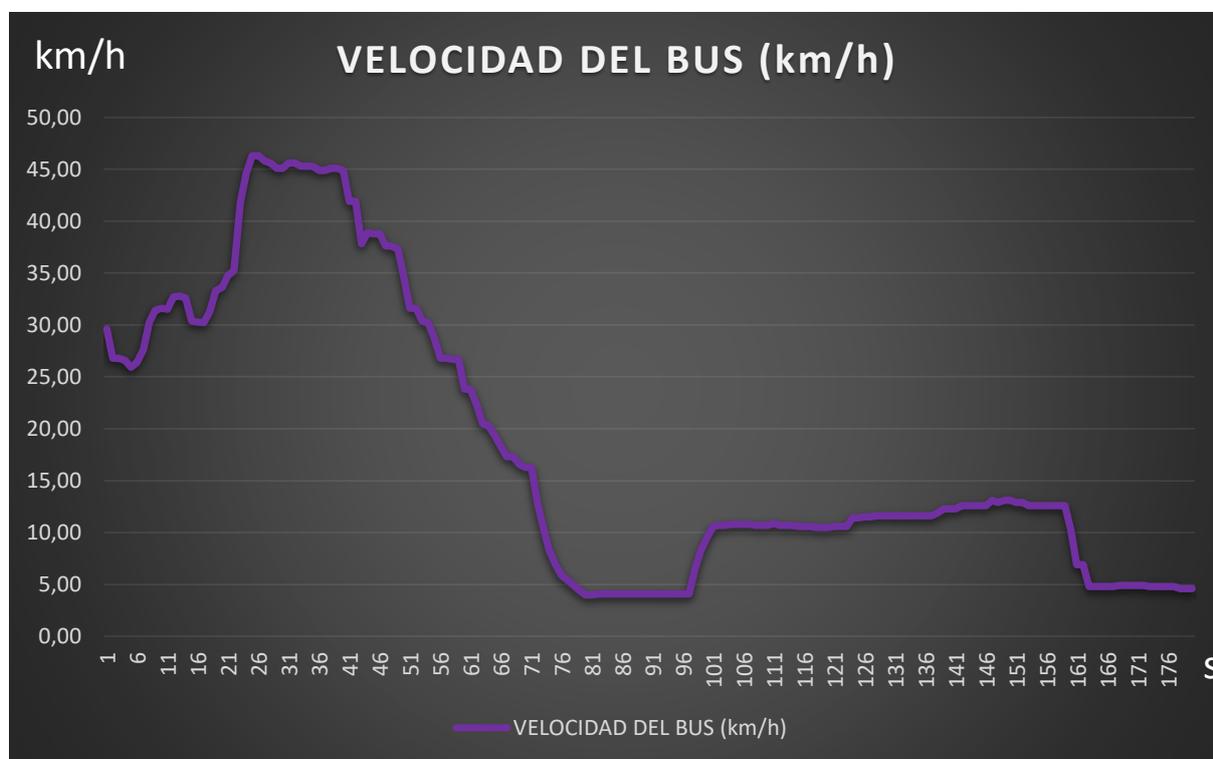


Figura 81. Velocidad vs tiempo del tramo seis

En el lapso de tiempo de 30 segundos el bus alcanzo la velocidad máxima del tramo, con una valor de 45.80 km/h, posteriormente la velocidad fue decreciendo hasta un valor de 4.10 km/h que se mantuvo por 16 segundos aproximadamente antes de elevar de nuevo la velocidad hasta un valor promedio constante entre 10 km/h y 13 km/h.

- **Tramo siete.**

En el último tramo se visualiza algunos incrementos considerables de velocidad, siendo los más influyentes los ocurridos en el último minuto de pruebas, en un lapso de 20 segundos el bus se mantuvo detenido con una velocidad nula.

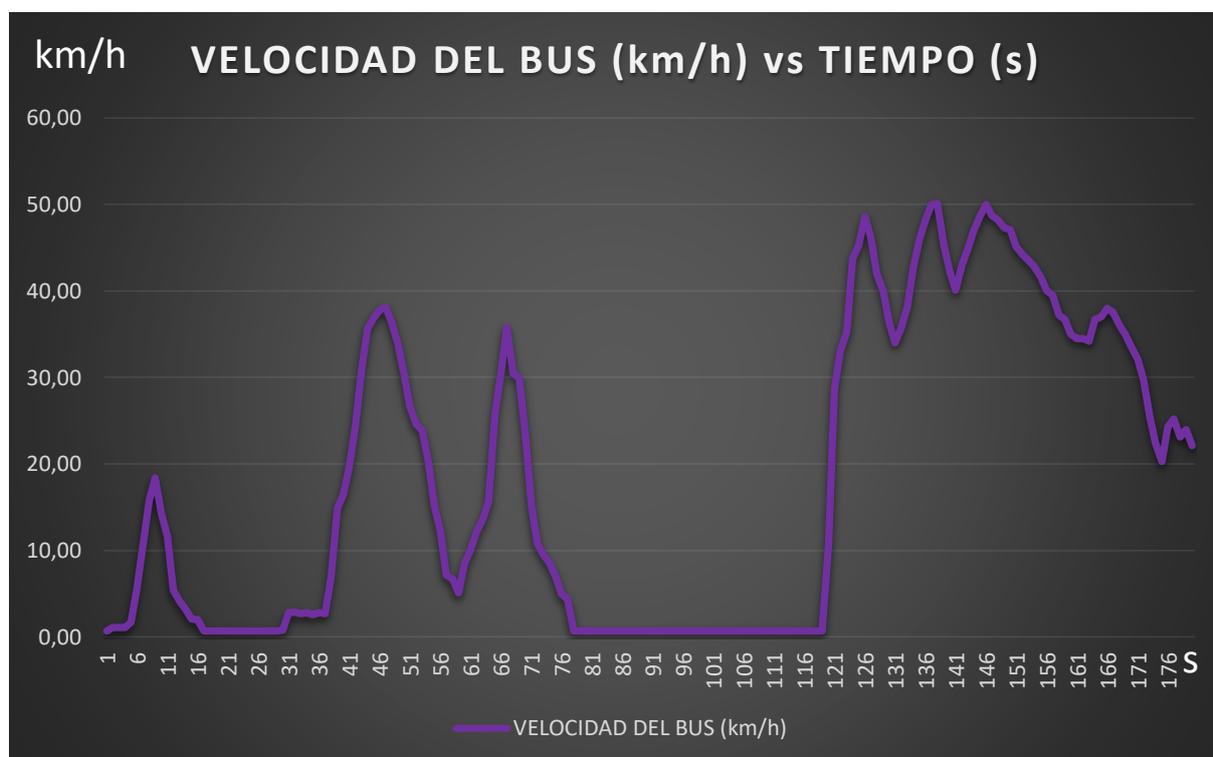


Figura 82. Velocidad vs tiempo del tramo siete

Después de 9 segundos de iniciar el tramo el bus alcanzo una velocidad de 18.4 km/h, la velocidad disminuyó hasta 2.70 km/h donde el vehículo acelero y consiguió una velocidad de 36.40 km/h en un tiempo de 40 segundos, a partir de los dos minutos el bus obtuvo su máxima velocidad de 50.1 km/h durante procesos de aceleradas y frenadas.

4.1.6. Graficas completas (variables vs tiempo).

- Tramo uno.

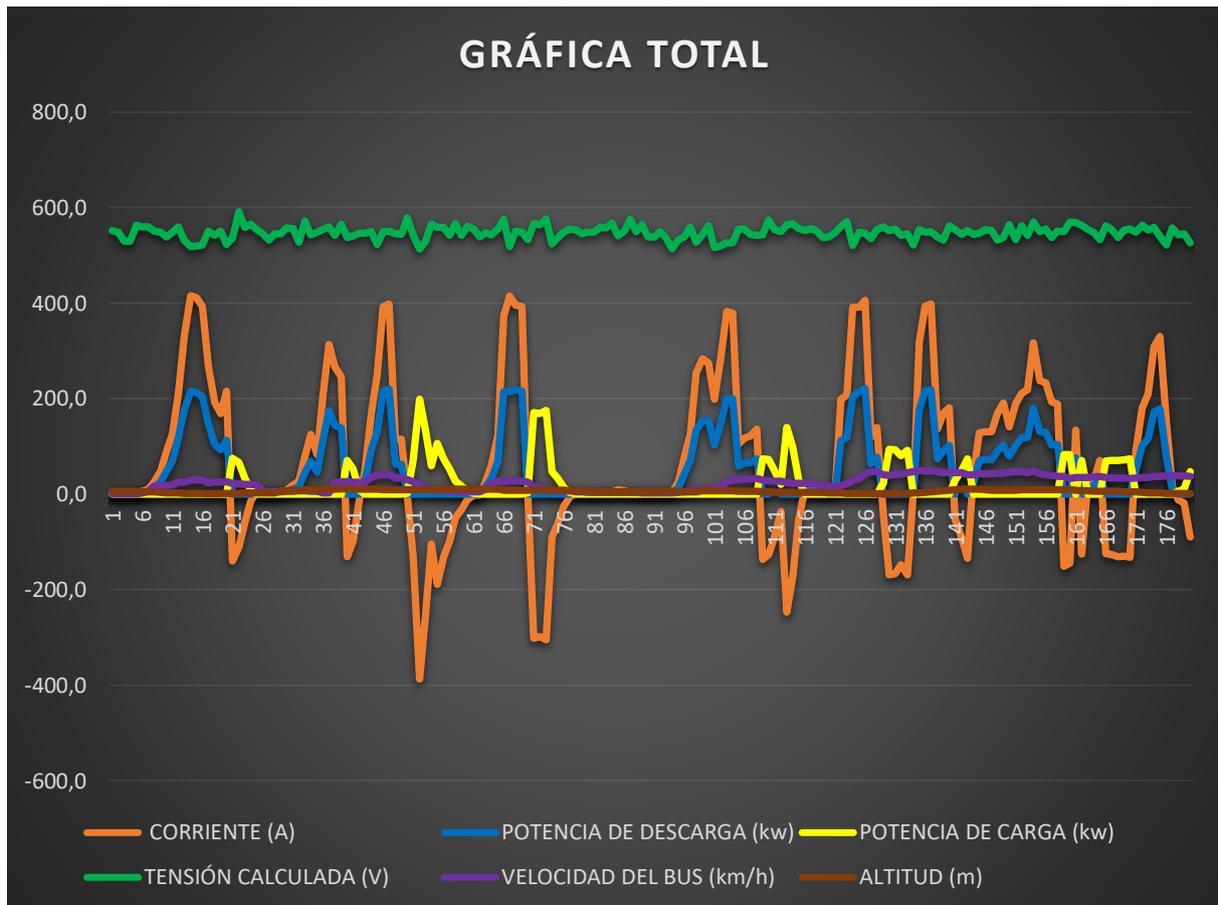


Figura 83. Grafica total tramo uno

Quando el bus tenía una velocidad de 28.40 km / h, consumió una corriente máxima de 414.5 A con una potencia de descarga de 214.7 kW y voltaje calculado de 518 V.

Quando el bus tenía una velocidad de 20.20 km / h, regeneró una corriente de 387.2 A con una potencia de carga de 198.7 kW y un voltaje calculado de 513 V.

- Tramo dos.

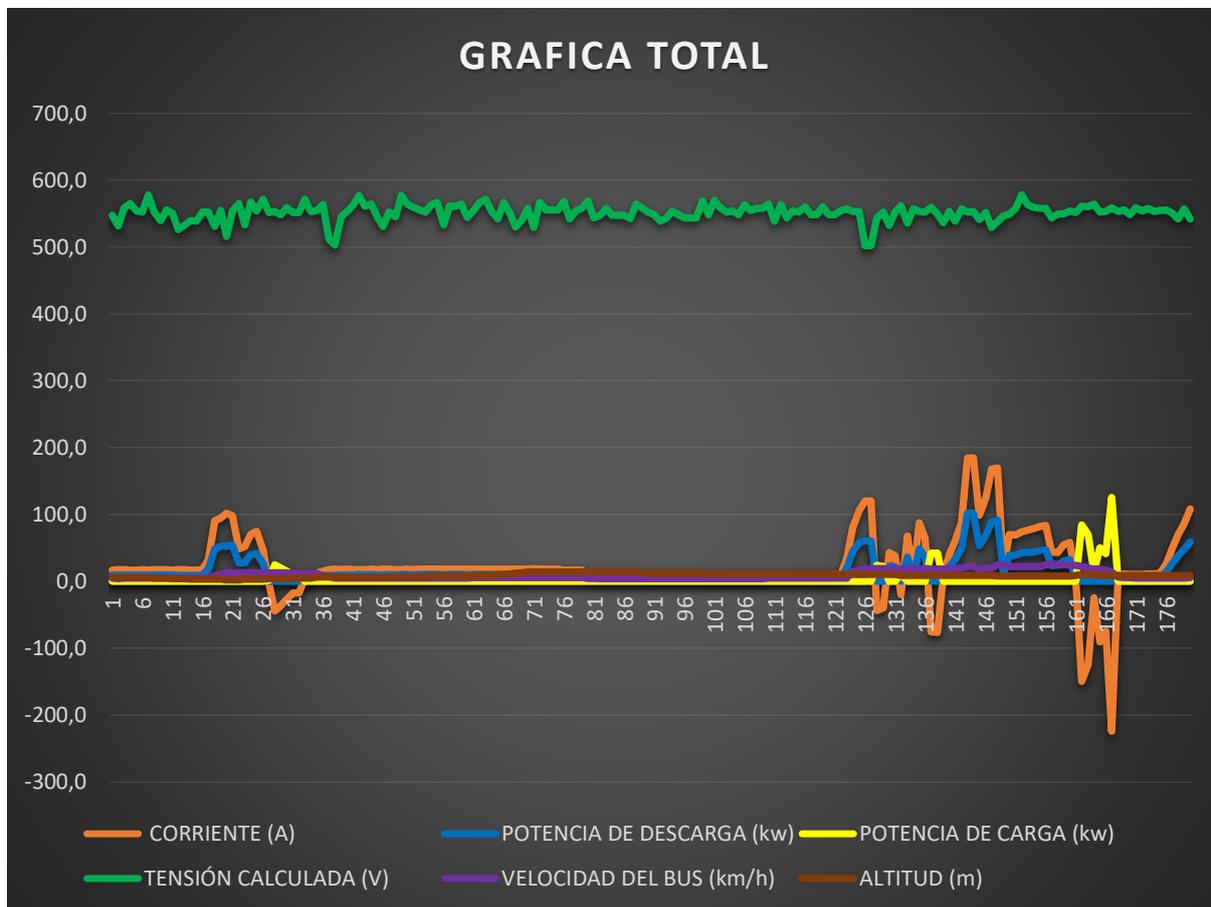


Figura 84. Grafica total tramo dos

Cuando el bus tenía una velocidad de 22.6 km / h, consumió una corriente máxima de 184.2 A con una potencia de descarga de 101.8 kW y voltaje calculado de 553 V.

Cuando el bus tenía una velocidad de 13.2 km / h, regeneró una corriente de 224.3 A con una potencia de carga de 125.3 kW y un voltaje calculado de 559 V.

- Tramo tres.

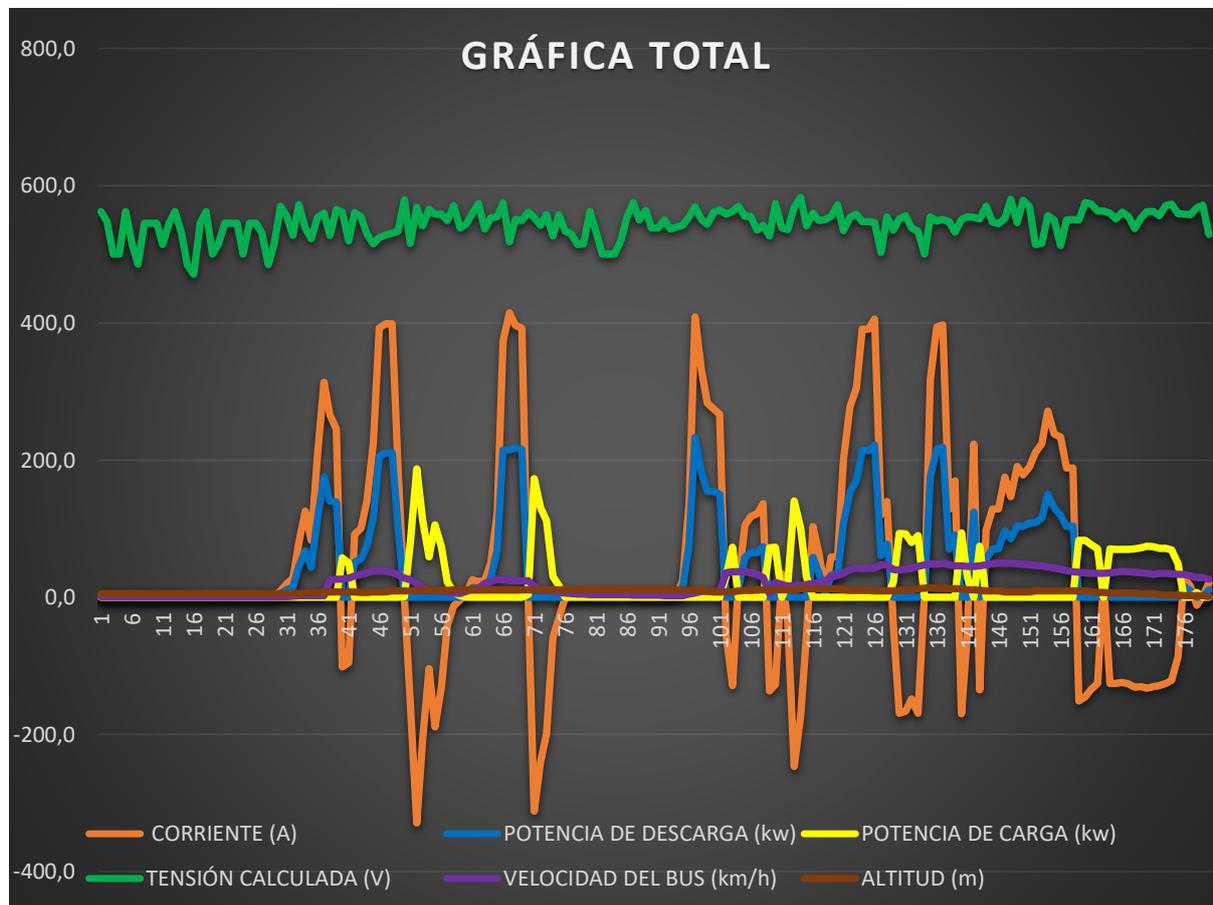


Figura 85. Grafica total tramo tres

Cuando el bus tenía una velocidad de 24.8 km / h, consumió una corriente máxima de 414.5 A con una potencia de descarga de 214.7 kW y voltaje calculado de 518 V.

Cuando el bus tenía una velocidad de 20.20 km / h, regeneró una corriente de 329 A con una potencia de carga de 187.1 kW y un voltaje calculado de 555 V.

- Tramo cuatro

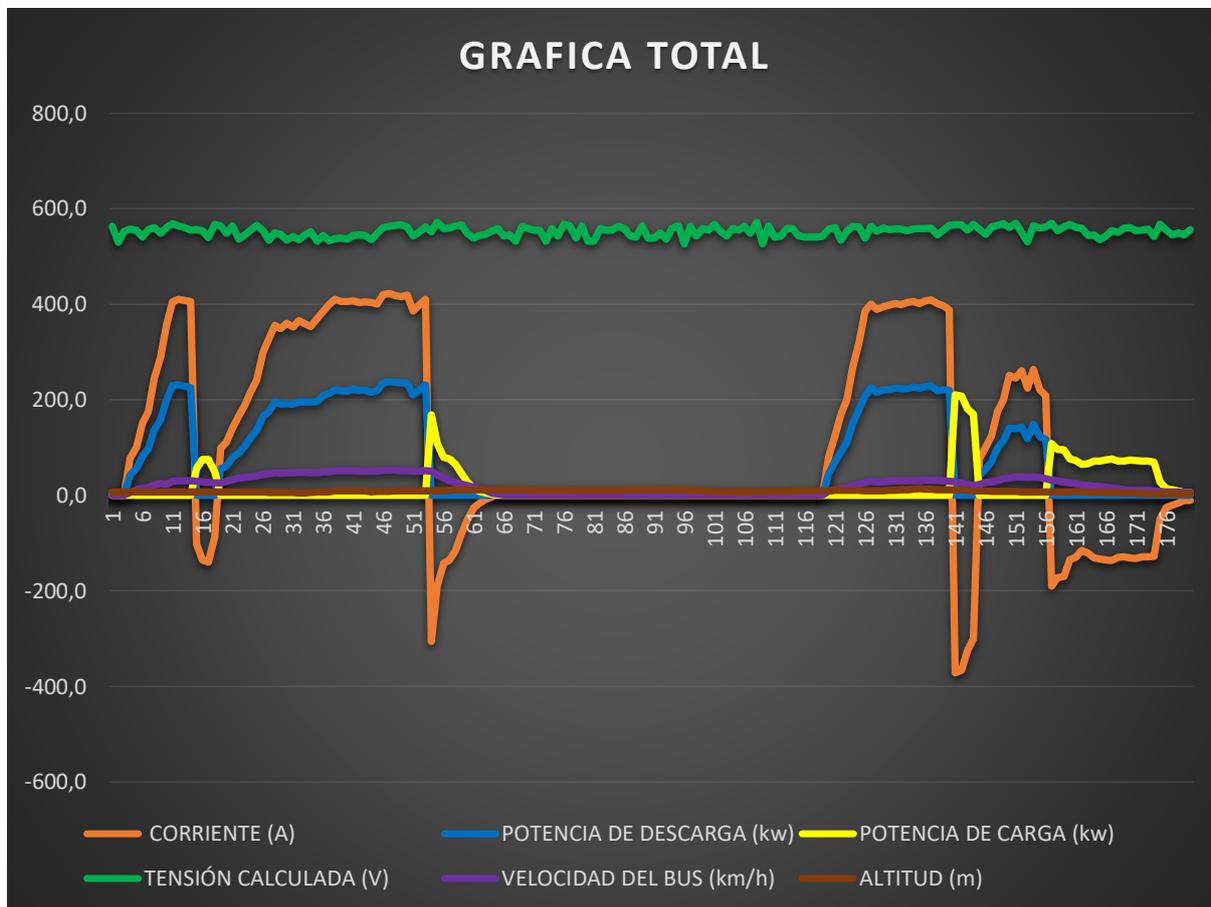


Figura 86. Grafica total tramo cuatro

Cuando el bus tenía una velocidad de 52.80 km / h, consumió una corriente máxima de 422.6 A con una potencia de descarga de 237.8 kW y voltaje calculado de 563 V.

Cuando el bus tenía una velocidad de 25.60 km / h, regeneró una corriente de 366.3 A con una potencia de carga de 207.5 kW y un voltaje calculado de 566 V.

- Tramo cinco

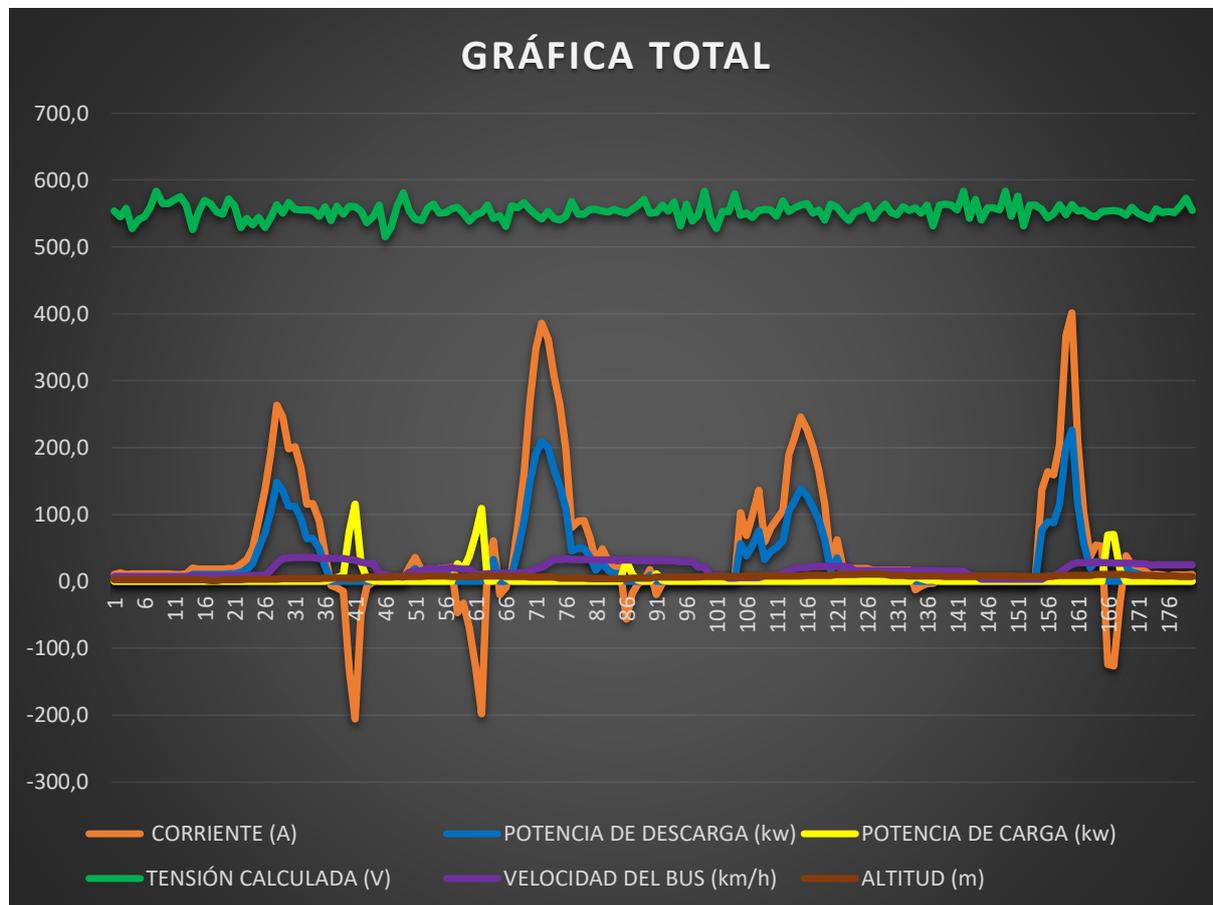


Figura 87. Grafica total tramo cinco

Quando el bus tenía una velocidad de 25.60 km / h, consumió una corriente máxima de 401.3 A con una potencia de descarga de 226.1 kW y voltaje calculado de 554 V.

Quando el bus tenía una velocidad de 32.10 km / h, regeneró una corriente de 205.9 A con una potencia de carga de 115.3 kW y un voltaje calculado de 560 V.

- Tramo seis.

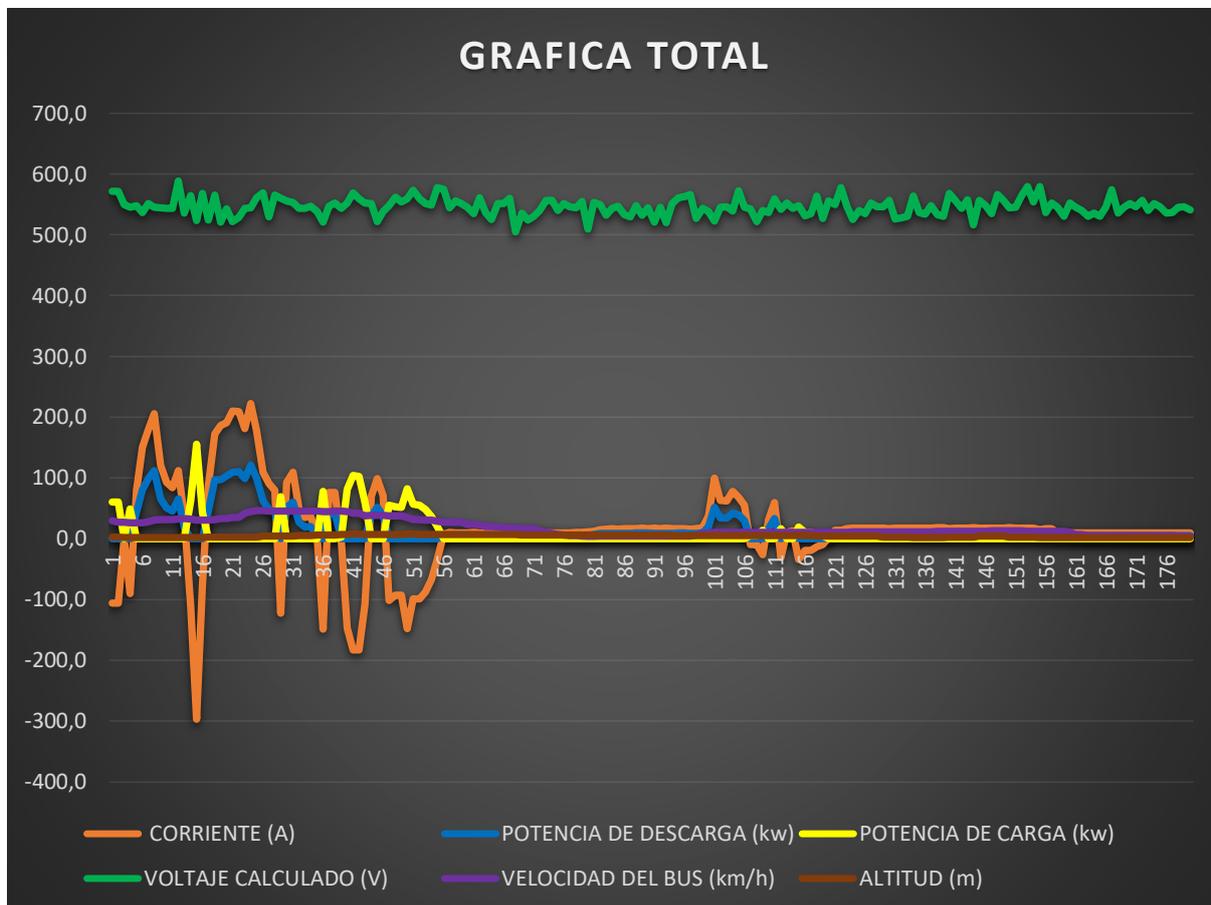


Figura 88. Grafica total tramo seis

Cuando el bus tenía una velocidad de 44.60 km / h, consumió una corriente máxima de 222.3 A con una potencia de descarga de 121 kW y voltaje calculado de 544 V.

Cuando el bus tenía una velocidad de 30.40 km / h, regeneró una corriente de 226.9 A con una potencia de carga de 155.4 kW y un voltaje calculado de 523 V.

- Tramo siete.

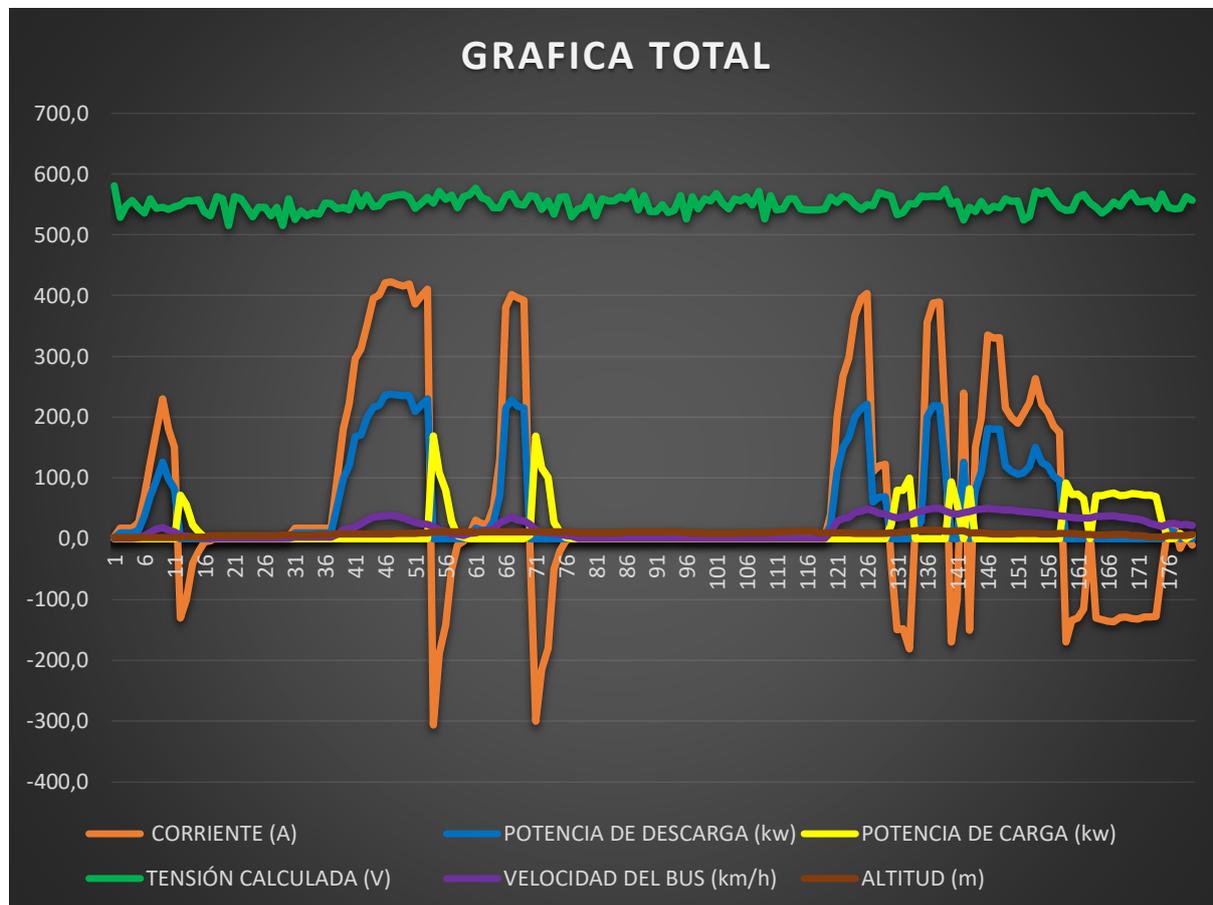


Figura 89. Grafica total tramo siete

Cuando el bus tenía una velocidad de 38.10 km / h, consumió una corriente máxima de 422.6 A con una potencia de descarga de 237.8 kW y voltaje calculado de 563 V.

Cuando el bus tenía una velocidad de 20.50 km / h, regeneró una corriente de 306.4 A con una potencia de carga de 169.1 kW y un voltaje calculado de 552 V.

Durante el recorrido realizado en los siete tramos mencionados se observó cómo inciden las variables en el consumo de energía del bus eléctrico, la corriente presentó

cambios en los recorridos de acuerdo a como se presionaba el pedal del acelerador, esto haciendo que exista una descarga de las baterías como también una regeneración al momento de presionar el pedal del freno.

La velocidad del bus influyó en el consumo de corriente en el momento de la aceleración es decir cuando se encontraba incrementando la velocidad, si la rapidez decrecía por la resistencia ante el medio en el q se desplazó como una pendiente o inclinación el consumo de corriente no estuvo presente, y existió una regeneración de energía solamente cuando la rapidez disminuyó por un frenado.

El voltaje calculado presentó ciertos cambios en el momento del cálculo del mismo debido a una pequeña falta de precisión en la obtención de datos, pero por lo general es acorde a la corriente que se consume o se regenera. La altitud no se presentó como un condicionante en el consumo de la energía de las baterías, debido a la regularidad del terreno en el que se desplaza.

La capacidad de las baterías de alta tensión del bus se observaron condicionados principalmente por la corriente que necesita el medio de transporte para poder moverse o detenerse, es decir entre más tiempo este el pedal del acelerador presionado existirá un mayor consumo de energía por ende corriente, mientras que la regeneración se produce en lapsos de tiempos tan cortos al momento de pisar el pedal de freno.

4.1.7. Gráficas promedios.

- Corriente promedio

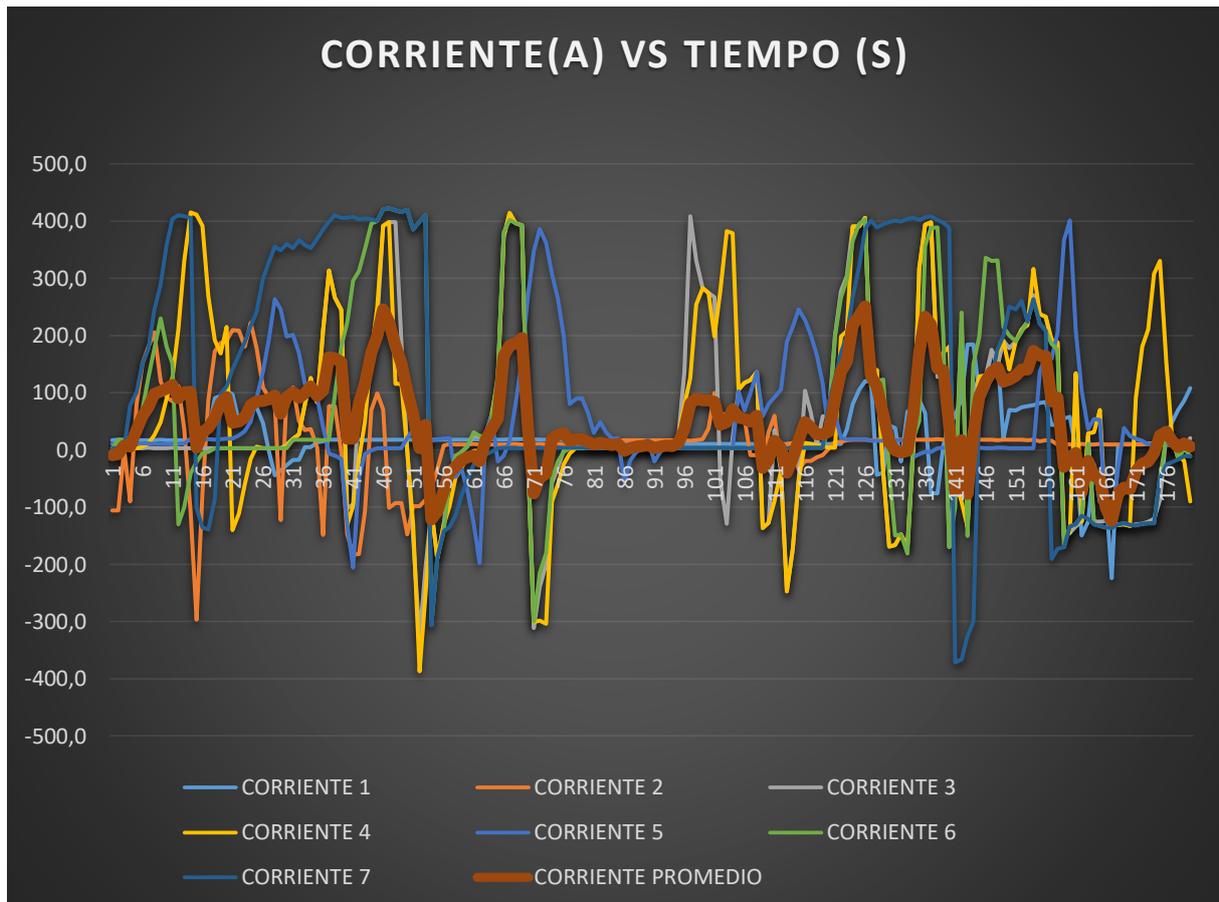


Figura 90. Grafica promedio corriente vs tiempo

El consumo de corriente promedio tiene un valor máximo de 250 A mientras que la corriente recuperada tiene un valor máximo de 100 A. La gráfica indica que el bus tuvo mayor consumo de energía en todos los tramos analizados y poco tiempo de regeneración de las baterías.

- **Potencia de descarga promedio**

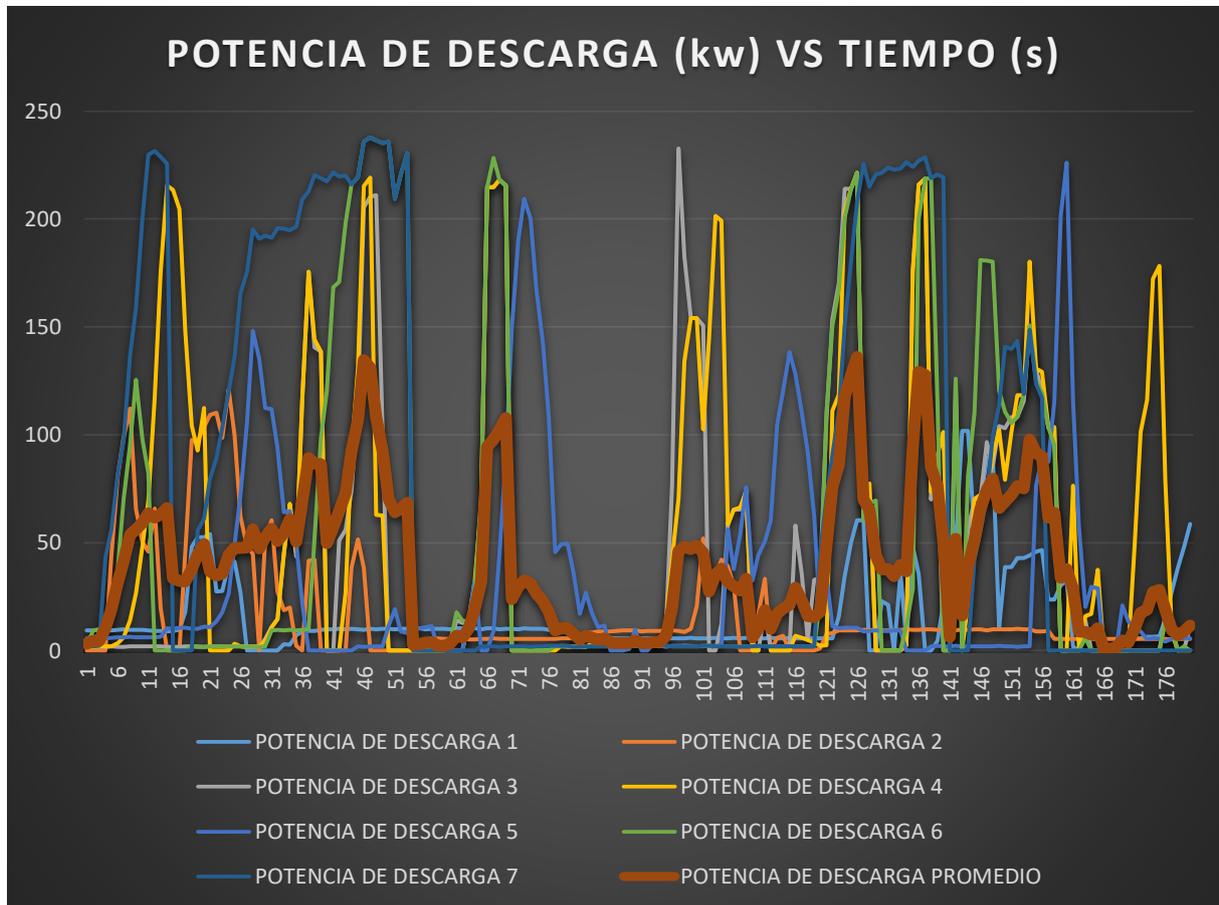


Figura 91. Grafica promedio potencia de descarga vs tiempo

La potencia de descarga promedio se generó en el momento que el bus consume la energía, su valor máximo es de 130 kW, se observa que en los tramos analizados el vehículo consumió altos niveles de potencia que son proporcionales a la velocidad cuando crece con la que circulaba siendo estos los momentos donde se tuvo la velocidad máxima promedio. En la gráfica también indica valores igual a cero cuando regenera energía.

- **Potencia de carga promedio**

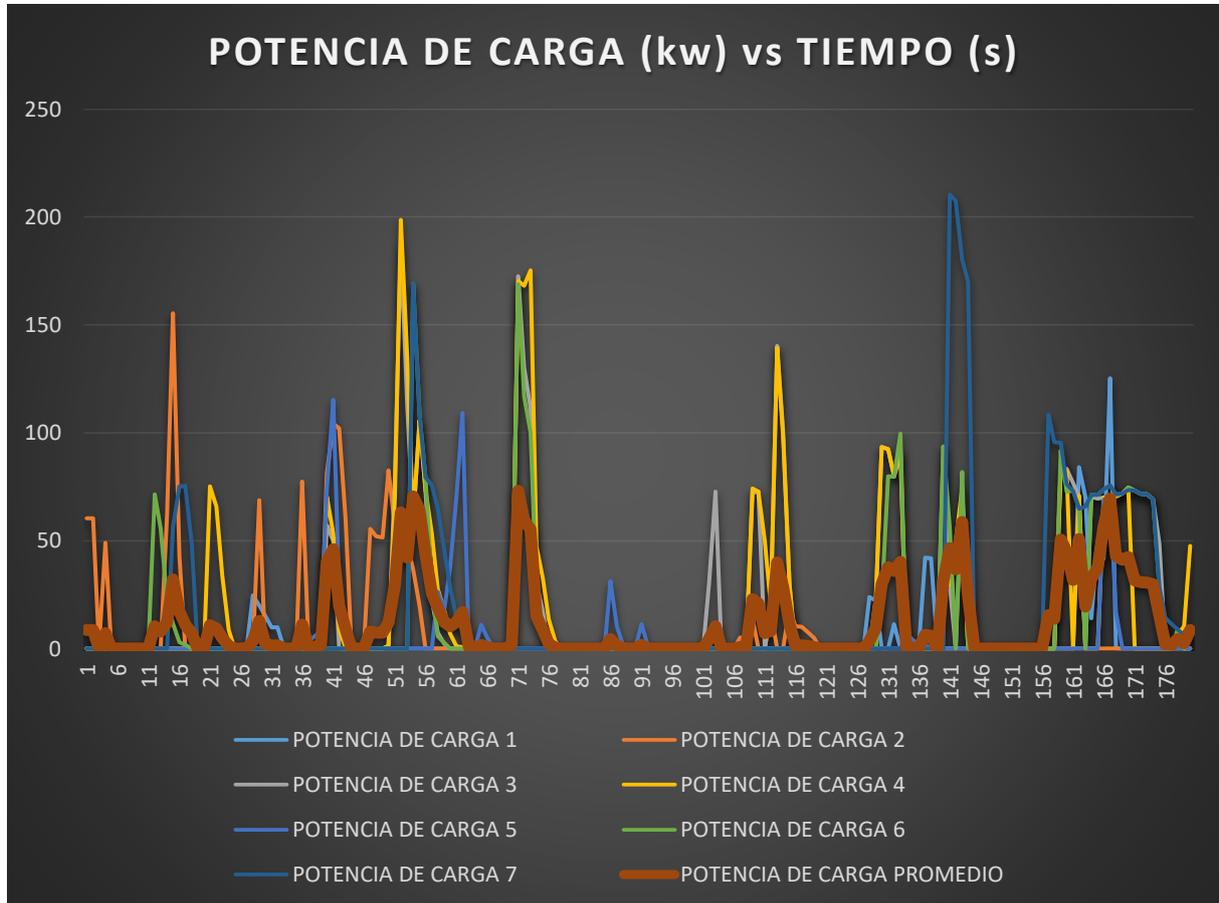


Figura 92. Grafica promedio potencia de carga vs tiempo

La potencia de carga o regeneración promedio de los buses eléctricos en circulación tienen valores de pico altos siendo el valor máximo de 70 kW, en los cuales se muestra que el vehículo en los siete tramos estudiados no tuvo una regeneración notable en las baterías, la potencia de carga es indirectamente proporcional a la velocidad cuando decrece. Se tiene valores de cero cuando el bus se encuentra consumiendo corriente o detenido.

- Voltaje calculado promedio

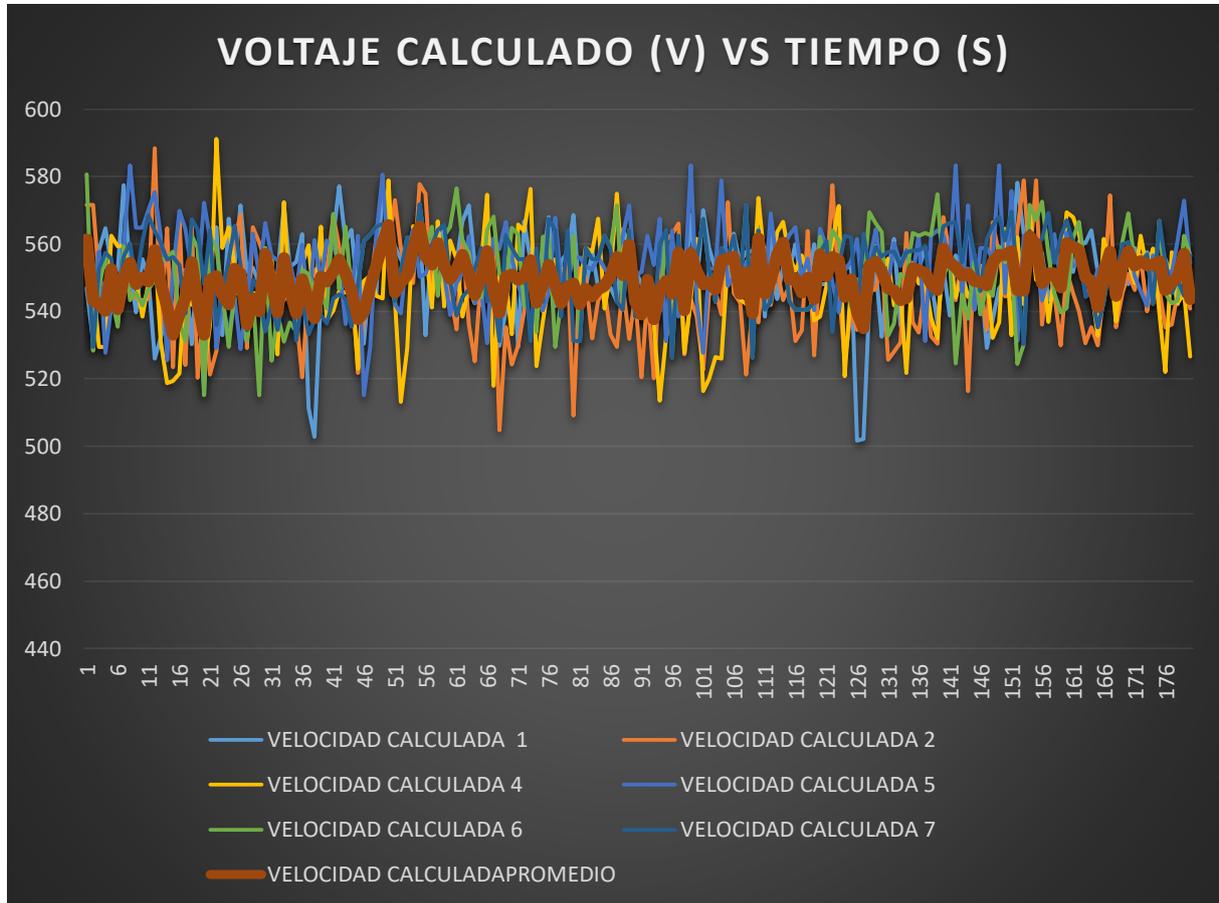


Figura 93. Gráfica promedio voltaje calculado vs tiempo

El voltaje calculado promedio se obtuvo segundo a segundo en sus procesos de carga y descarga, en la gráfica se indica la variación de voltaje promedio de las baterías los cuales oscilan entre los 565 y 535 V.

- **Velocidad Promedio**

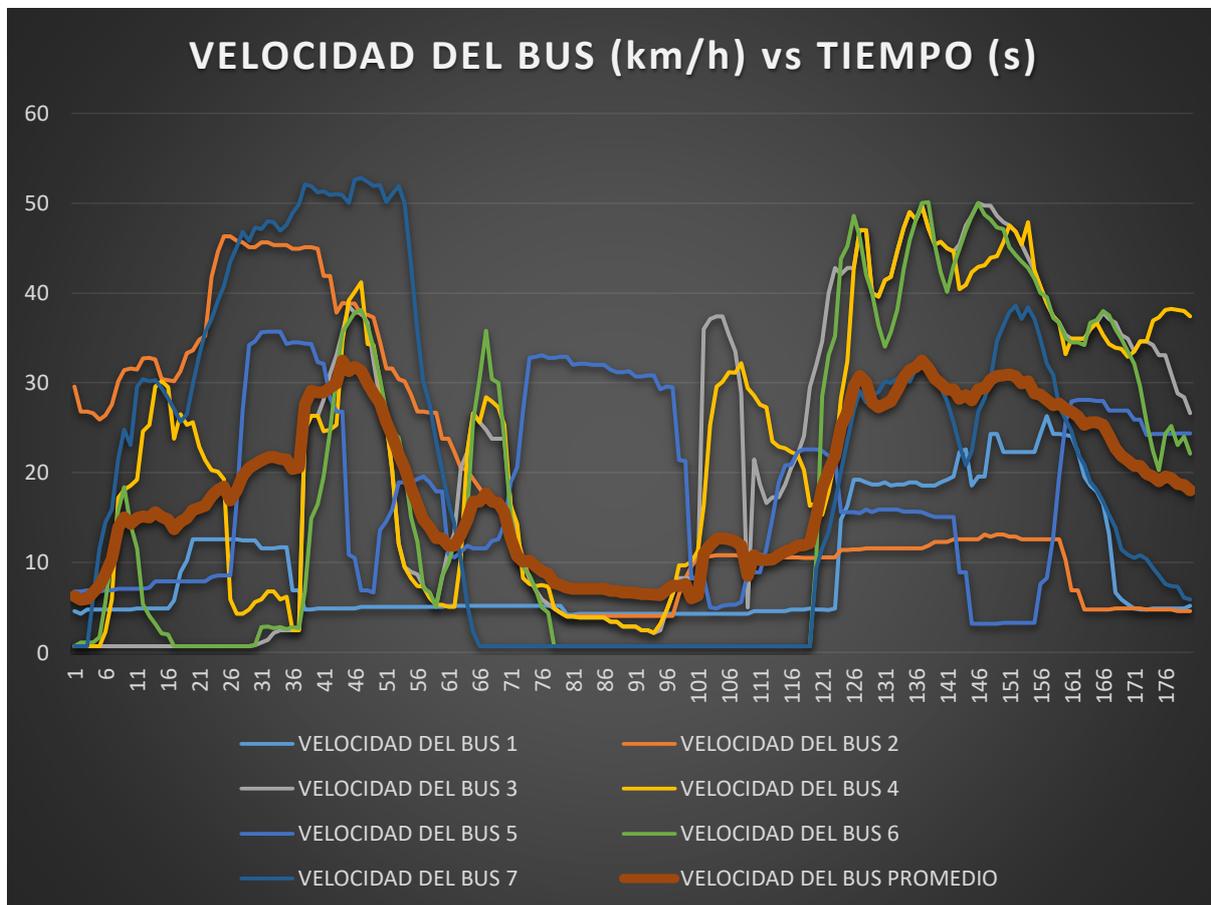


Figura 94. Grafica promedio velocidad vs tiempo

En la gráfica se observa el promedio de la velocidad del bus de los siete tramos estudiados, se indica que si la velocidad crece la potencia de descarga aumenta proporcionalmente y al decrecer la velocidad la potencia de carga aumenta siendo indirectamente proporcional entre sí. La velocidad promedio máxima es de 31,3 km/h y la mínima promedio de 5,9 km/h.

4.2. Determinación de autonomía

Para definir la ecuación que determina la autonomía real del vehículo se calcula los coeficientes de correlación lineal de Pearson, para conocer cuáles son las variables que más intervienen en el consumo de energía.

Tabla 26.

Coefficiente de correlación lineal de todas las variables

	Autonomía	Tiempo	Velocidad	Altitud	Distancia	Corriente	Potencia descarga	Potencia carga	Acelerador	SOC
Autonomía	1,000	-,951	-,731	,074	-,995	,046	-,079	-,253	-,704	,942
Tiempo	-,951	1,000	,746	,171	,952	-,002	,133	,247	,728	-,996
Velocidad	-,731	,746	1,000	,201	,743	,233	,394	,174	,955	-,748
Altitud	,074	,171	,201	1,000	-,066	,153	,239	,070	,203	-,187
Distancia	-,995	,952	,743	-,066	1,000	-,040	,085	,249	,721	-,944
Corriente	,046	-,002	,233	,153	-,040	1,000	,918	-,686	,190	-,004
Potencia descarga	-,079	,133	,394	,239	,085	,918	1,000	-,342	,352	-,145
Potencia carga	-,253	,247	,174	,070	,249	-,686	-,342	1,000	,202	-,253
Acelerador	-,704	,728	,955	,203	,721	,190	,352	,202	1,000	-,726
SOC	,942	-,996	-,748	-,187	-,944	-,004	-,145	-,253	-,726	1,000

Se selecciona las variables independientes con los coeficientes más cercanos al 1 y al -1, siendo estas las que tienen una correlación significativa con la variable dependiente autonomía, mediante un análisis gráfico se confirma la relación de cada una de las variables independientes en el consumo de autonomía.

- **Autonomía vs Corriente**

En la gráfica se observa la relación que existe entre el consumo de autonomía y la corriente que interviene al movilizarse el bus eléctrico.

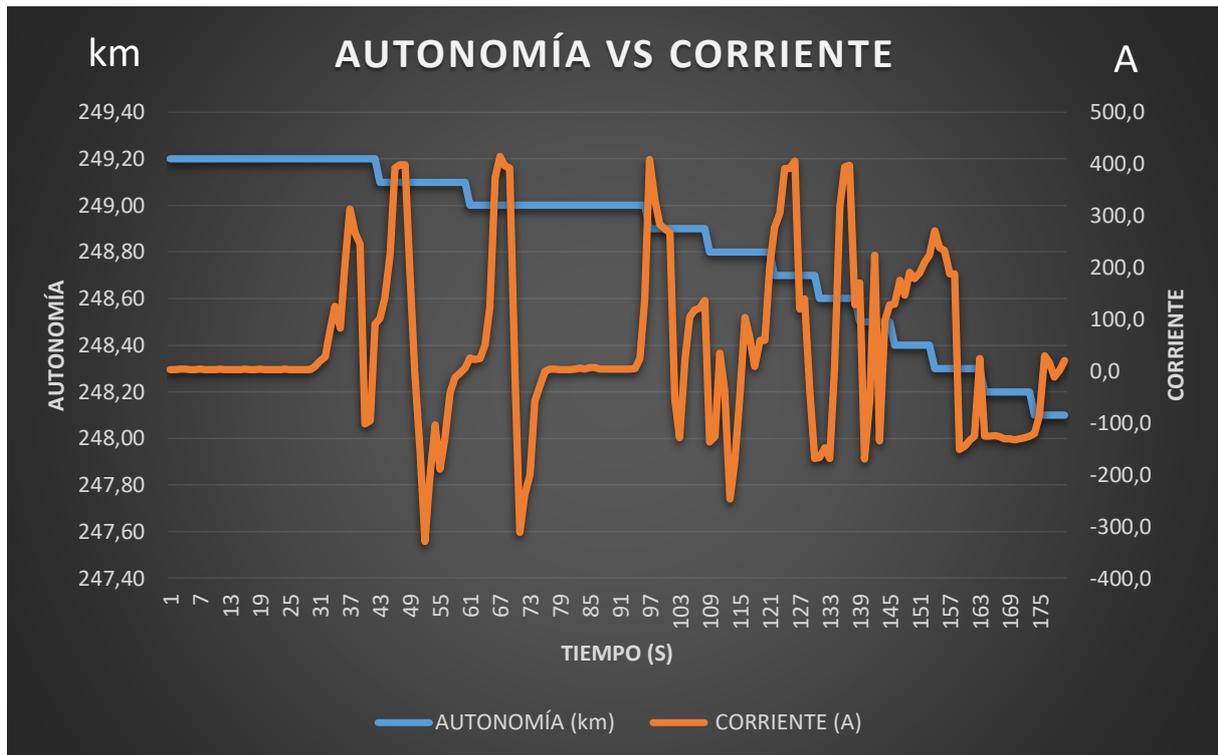


Figura 95. Autonomía vs Corriente

Mientras el consumo de corriente no sea progresivo la autonomía del bus no sufre cambios considerables, si existe un periodo de tiempo con poco consumo de energía no se ve mayormente afectado, en la gráfica se observa que en el tramo a partir de los 97 segundos la autonomía bajo notablemente debido al consumo de corriente que existió.

- **Autonomía vs Potencia de descarga.**

La relación de la autonomía vs la potencia descarga es directa, debido a que en los momentos en los que la potencia era significativamente alta la autonomía decreció.

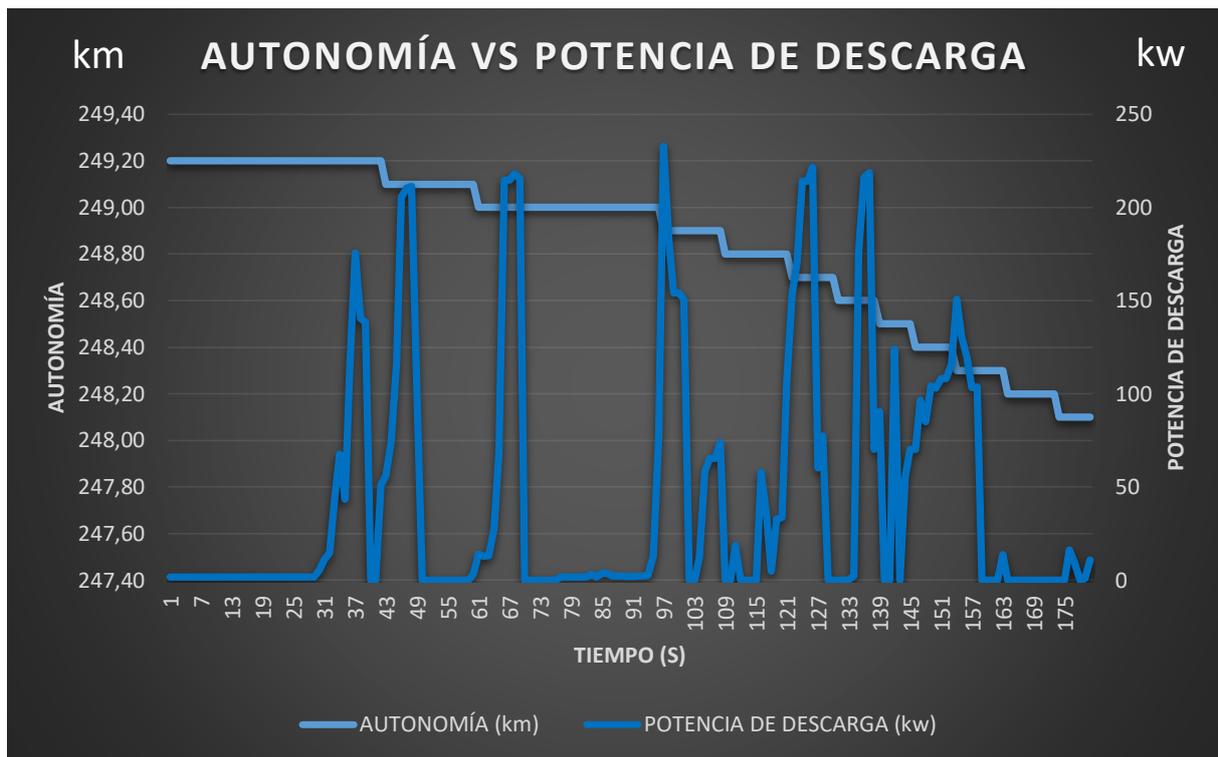


Figura 96. Autonomía vs Potencia de descarga

Hasta los 90 segundos después de iniciado el tramo no existió una potencia de descarga que condicione un consumo considerable de autonomía, de la mitad del tramo hacia adelante el bus necesito mayor energía por lo tanto consumir corriente con una potencia de descarga mayor en un extenso lapso de tiempo, en la gráfica se puede observar la depreciación del valor de autonomía cuando la potencia de descarga es elevada.

- **Autonomía vs Potencia de carga.**

La potencia de carga no afecta la autonomía sino más bien genera beneficios, mantiene el porcentaje de carga de las baterías permitiendo así tener una mayor cantidad de km disponibles para ser consumidas.

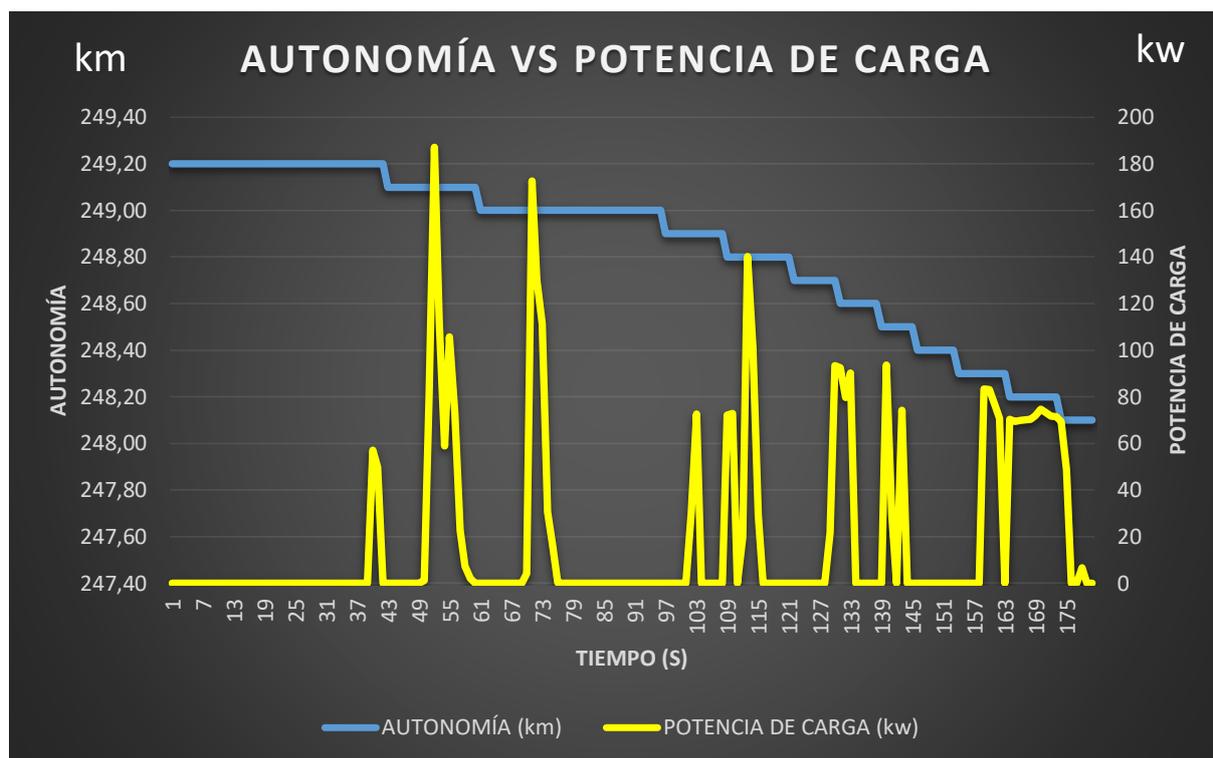


Figura 97. Autonomía vs Potencia de carga

La potencia de carga se presentó en el momento de regeneración de energía del bus eléctrico, cuando la corriente del bus se recupera lo hace mediante una potencia, cuando la potencia de carga se presenta la autonomía no se ve afectada manteniendo el valor disponible consumible, a partir de los 90 segundos se observa un consumo de autonomía pero a su vez también se presentaron varios lapsos de tiempo de energía recuperada.

- **Autonomía vs Tensión Calculada.**

En la gráfica se observó que la tensión calculada no delimita el comportamiento de la autonomía, es decir el valor de la tensión es el resultado del consumo o regeneración de energía.

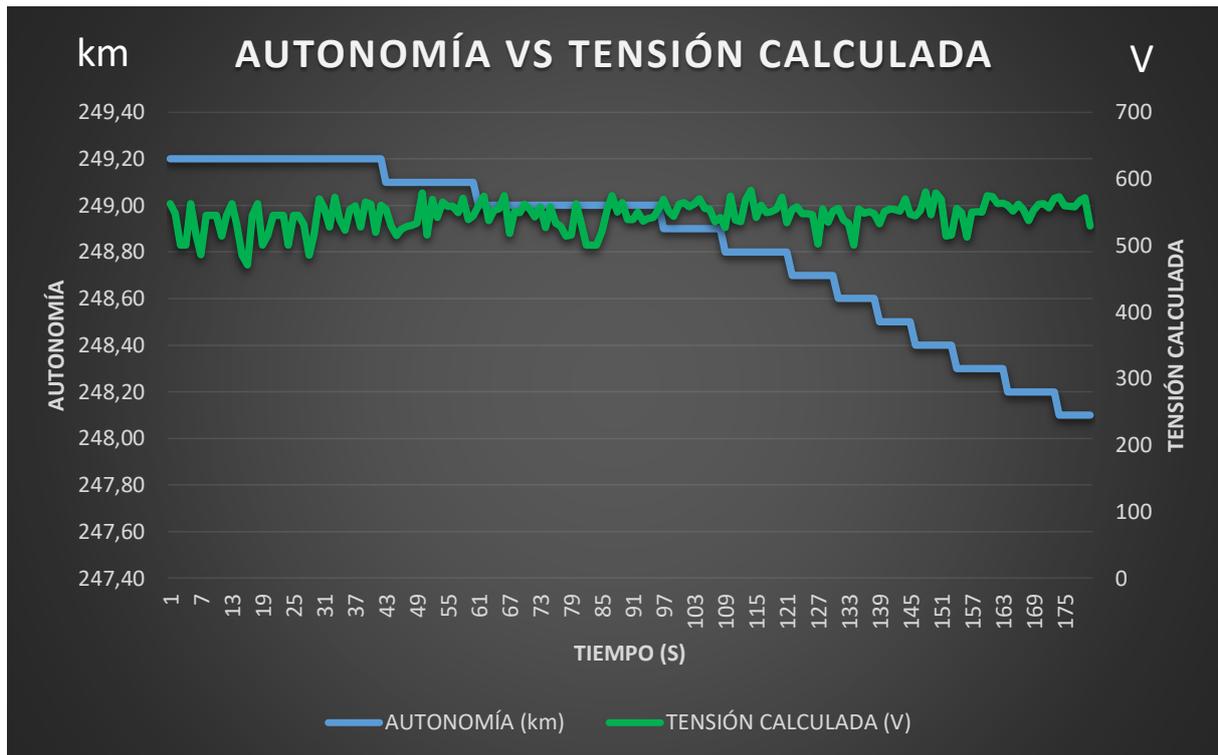


Figura 98. Autonomía vs Potencia de descarga

En la gráfica se observó los valores de tensión estimada mientras ocurre un consumo de autonomía, los valores de tensión calculada pueden variar siendo mayores y menores mientras transcurre el tiempo pero la autonomía desarrolla su comportamiento sin importar el valor que el voltaje calculado.

- **Autonomía vs Velocidad del bus.**

La velocidad del bus varió, ascendiendo o decreciendo de acuerdo a la demanda del bus eléctrico, tiene una relación directa en el consumo de energía y autonomía como se observa en la siguiente gráfica.

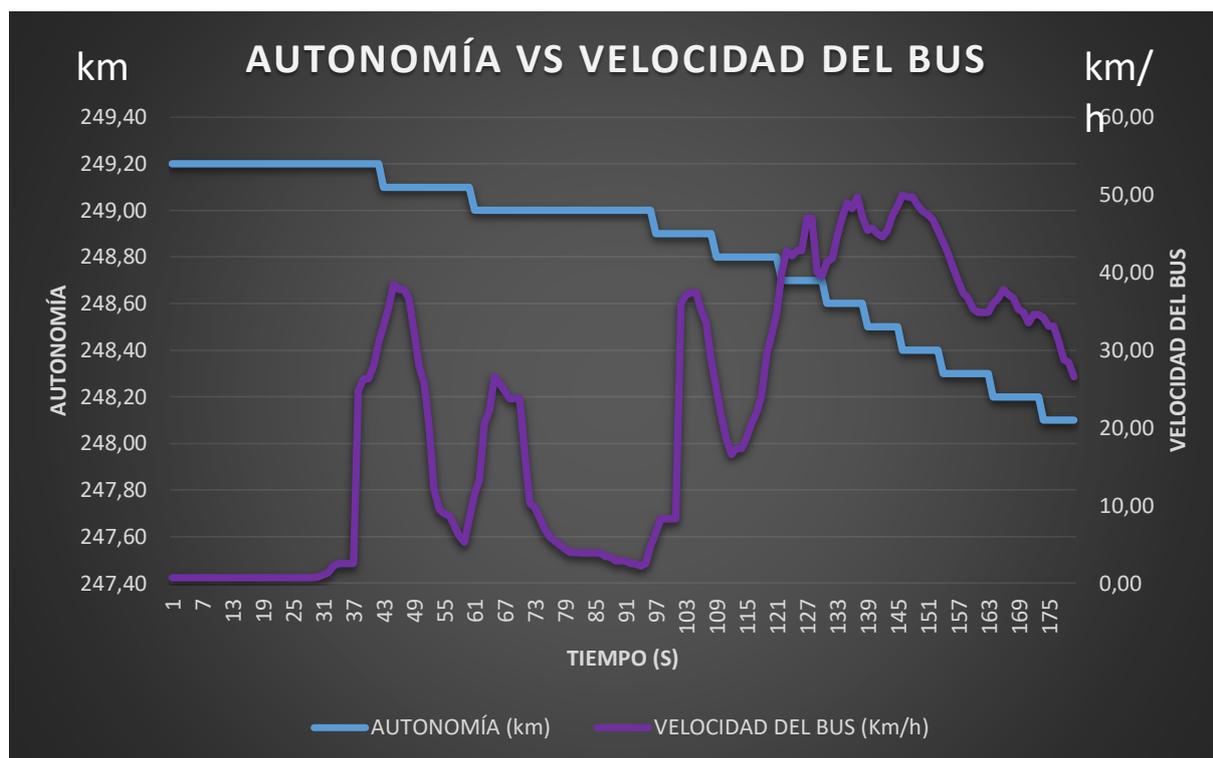


Figura 99. Autonomía vs Velocidad del bus

Al inicio del tramo la velocidad del bus fue relativamente baja es decir no existió consumo de corriente por lo tanto no afectó la autonomía, a medida que el bus tomó valores altos de velocidad afectó la autonomía notablemente, a partir de la mitad del tramo existió una velocidad constantemente alta, en este lapso de tiempo la autonomía fue decreciendo de acuerdo a que existió un consumo de energía demandada por el bus.

- **Autonomía vs Altitud.**

En la gráfica se observó que la altitud no interviene en el consumo de autonomía, sin importar si está a varios metros por encima del nivel del mar.

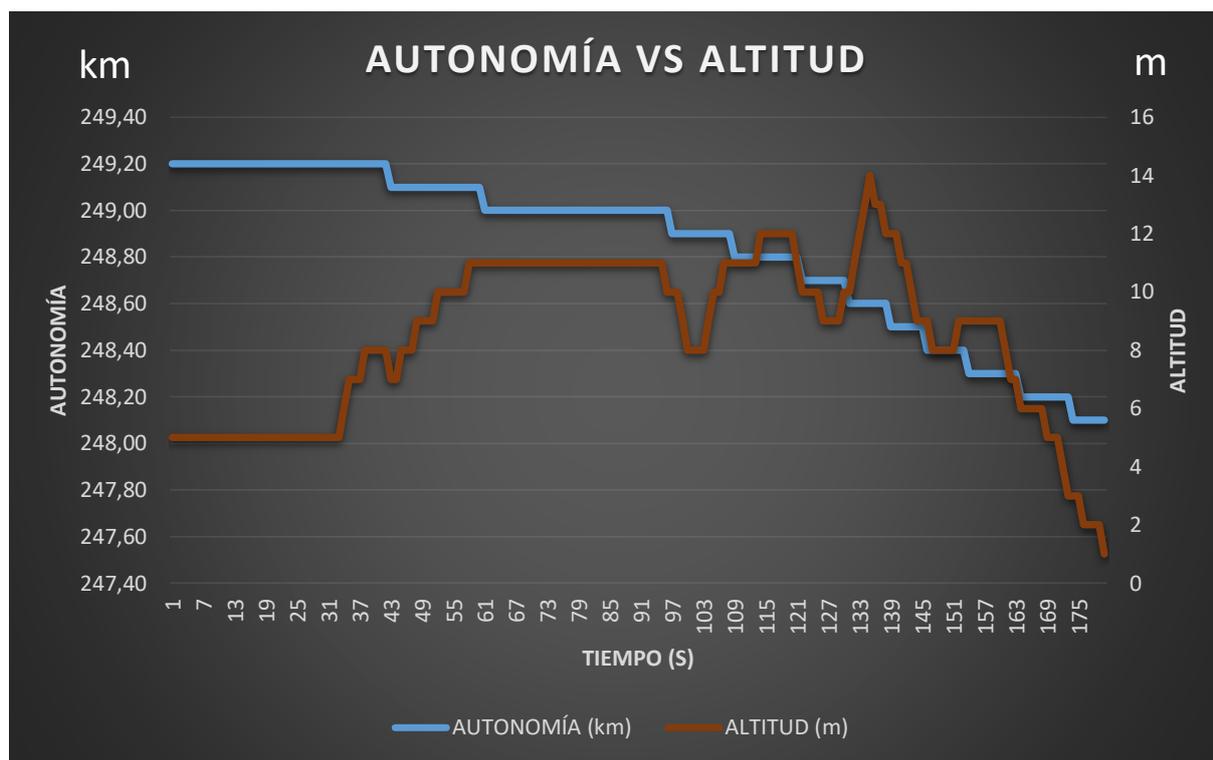


Figura 100. Autonomía vs Altitud.

En la gráfica se observa que la altitud a la que se desplazó el bus eléctrico la mayoría del tramo se encontraba por encima de los cinco metros, siendo constante por varios lapsos de tiempo el comportamiento de autonomía decreció sin importar si el valor de la altitud varía.

- **Autonomía vs Distancia recorrida.**

La distancia recorrida varía simultáneamente con la Autonomía es decir cuando la cantidad de metros que se desplaza el bus es la cantidad de autonomía consumida.

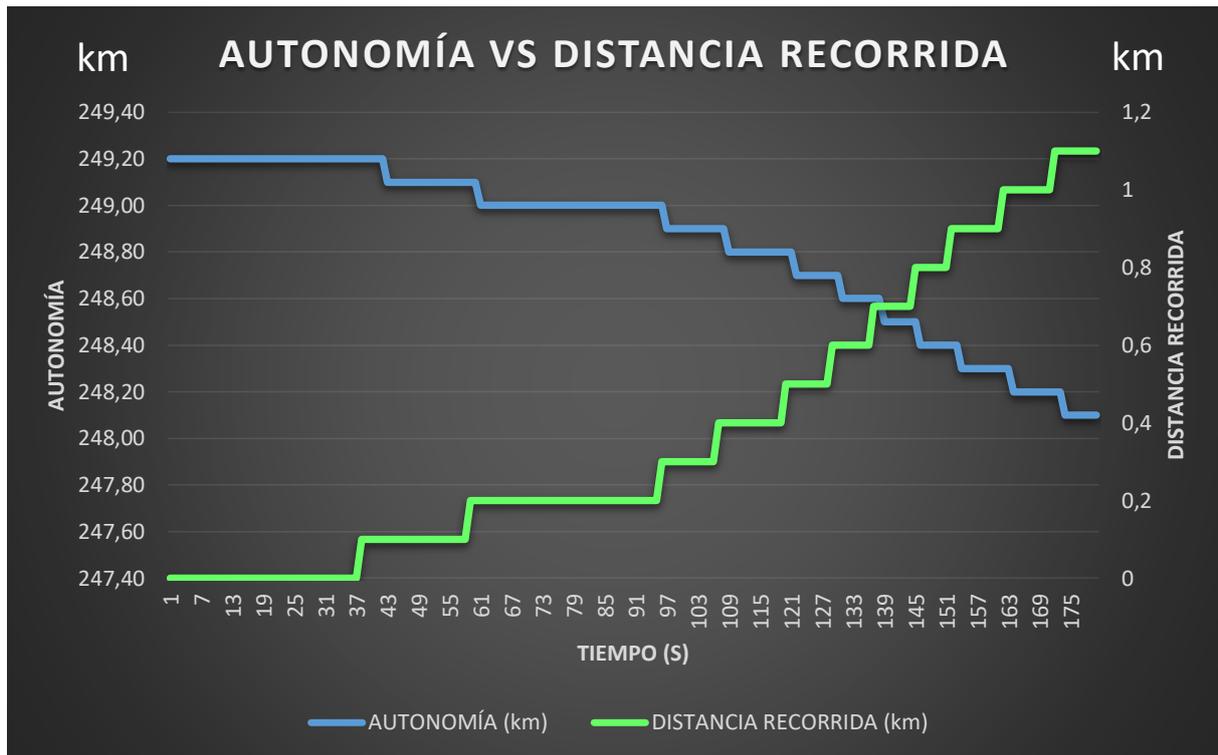


Figura 101. Autonomía vs Distancia recorrida

En la gráfica se observa que mientras más distancia recorrió el bus, menor autonomía se tenía disponible, la relación entre las dos variables fue indirectamente proporcional ya que si la distancia crece la autonomía baja.

- **Autonomía vs Posición del acelerador.**

La posición del acelerador demanda mayor o menor consumo de energía, debido a que en los momentos en los que la aceleración es considerablemente alta propone mayor velocidad por lo tanto mayor consumo de autonomía.

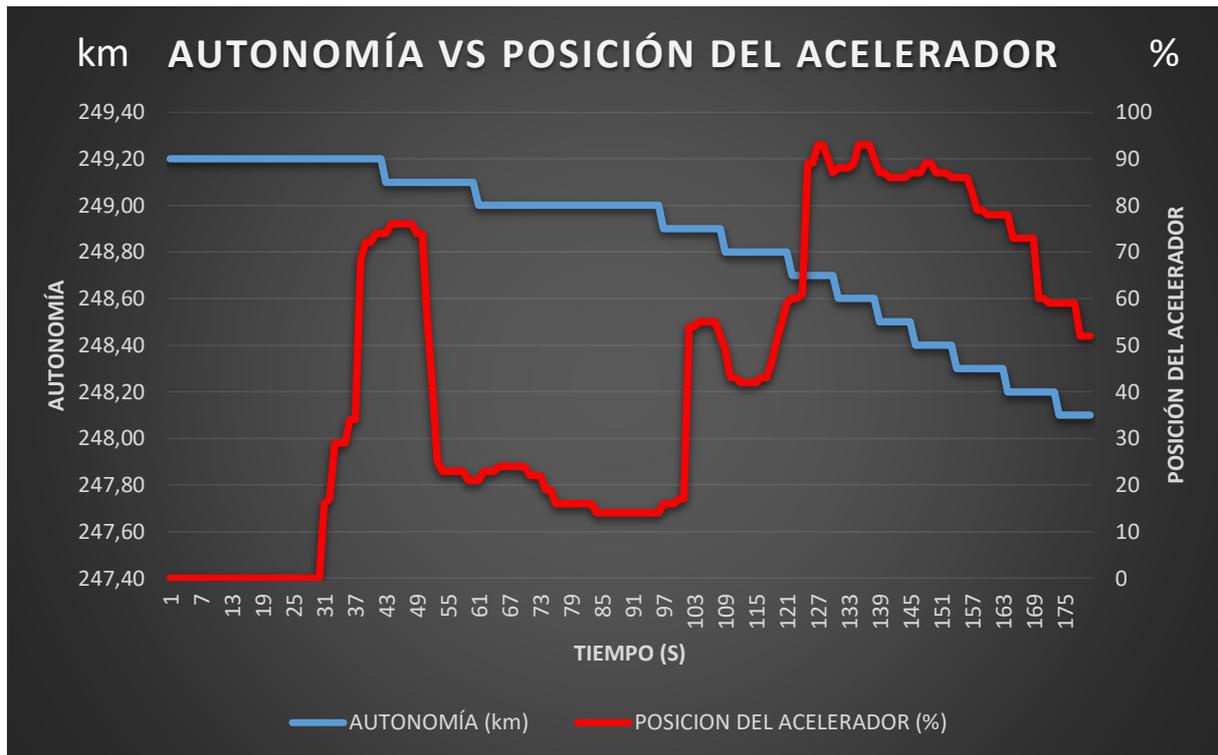


Figura 102. Autonomía vs Posición del acelerador

La posición del acelerador tiene relación directa con la velocidad del bus, es decir cuando existe aceleración existe consumo de autonomía, en la gráfica se observó que a partir de la mitad del tramo el bus se encontraba acelerando por un largo periodo de tiempo, lo que le sirvió para aumentar la velocidad y el consumo de corriente que hizo decrecer los kilómetros de autonomía disponibles.

- **Autonomía vs Potencia de descarga.**

El SOC es la capacidad de energía eléctrica que contiene las baterías de alta tensión del bus eléctrico, tiene una relación directa con la autonomía ya que si esta decrece también decrece el porcentaje de SOC disponible

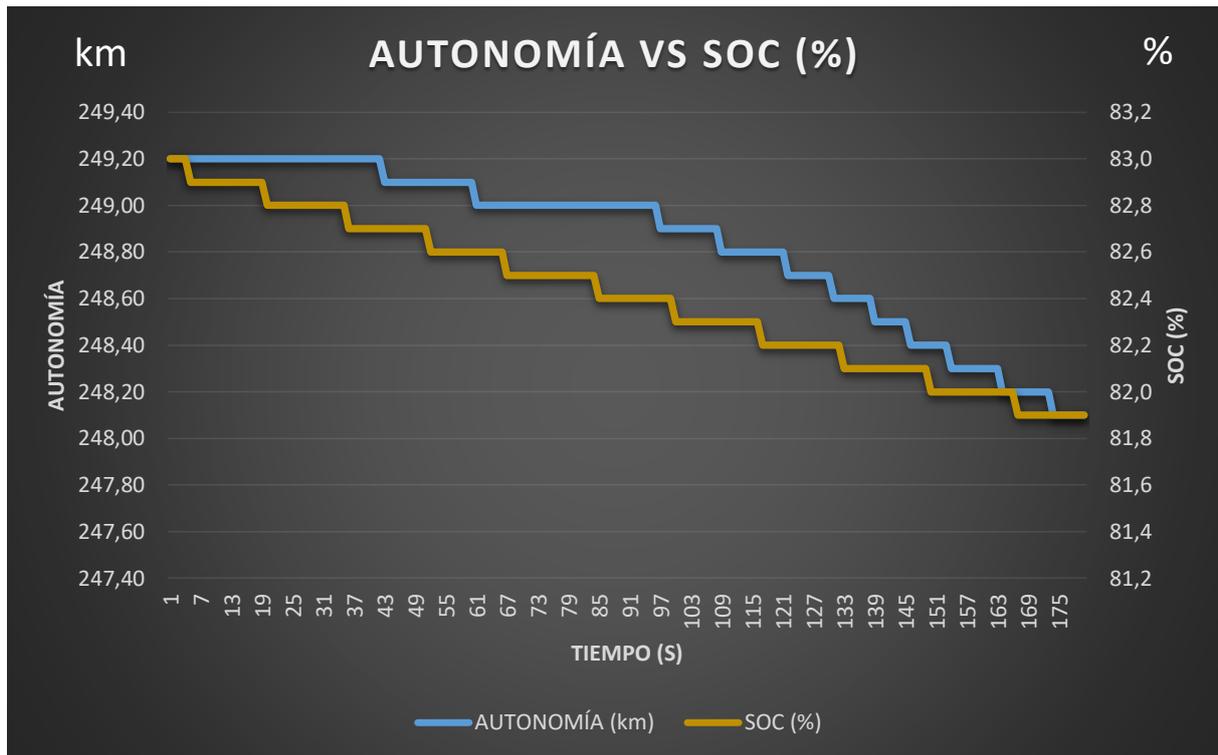


Figura 103. Autonomía vs SOC (%).

El SOC se desgastó progresivamente conforme se fueron consumiendo los kilómetros de autonomía disponible, en la gráfica se observa la variación que existe a medida que pasa el tiempo decreciendo las dos de manera similar.

4.2.1. Regresión múltiple

Con ese método se determina la ecuación que modela la autonomía del vehículo eléctrico, teniendo en cuenta las variables de estudio.

En este caso la variable dependiente es la autonomía y las variables independientes son las que se determinó mediante la correlación de Pearson las cuales son: tiempo de recorrido, velocidad del bus, distancia del recorrido, posición

del APP y SOC (%), todas con sus respectivas magnitudes escalares.

En el software de análisis estadístico se ingresa los datos tabulados de cada una de las variables en la hoja de trabajo y se procede a obtener nuestro modelo matemático de autonomía mediante las aplicaciones de dicho software.

4.2.2. Definición del modelo matemático

Mediante la correlación de Pearson se define las variables más relacionadas con la autonomía para tener valores de predicción más exactos a la realidad. Las variables seleccionadas son:

Tabla 27.

Variables más significativas

Designación	Variables	Correlación
t	AUTONOMÍA/TIEMPO	-0,826
v	AUTONOMÍA/VELOCIDAD	-0,551
x	AUTONOMÍA/DISTANCIA	-0,913
app	AUTONOMÍA/POSICIÓN DEL APP	-0,523
SOC	AUTONOMÍA/SOC (%)	0,816

Para determinar el modelo matemático se considera todas las variables independientes antes mencionadas, mediante el método de regresión múltiple se evalúa las muestras recolectadas de cada variable y mediante el software de análisis estadístico obtener el modelo que simula la autonomía del bus K9G.

Ecuación de regresión

$$AUTONOMÍA = 260.88 - 0.001214t - 0.000901v - 0.9535x + 0.000781app - 0.1431SOC$$

Ecuación 5. Ecuación de Autonomía

$$AUTONOMÍA = 260.88 - \frac{1214}{1000000}t - \frac{901}{1000000}v - \frac{9535}{10000}x + \frac{781}{1000000}app - \frac{1431}{10000}SOC$$

En la Ecuación 5. Se representa el modelo matemático obtenido mediante la regresión múltiple con los datos recolectados, los cuales están en función de las variables independientes seleccionadas. Para la aprobación de la ecuación se procede a elegir aleatoriamente valores de la tabulación de datos para ingresarlas en el modelo matemático que determina la autonomía.

Tabla 28.

Datos seleccionados para validación del modelo

Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	Distancia (km)	Posición del APP (%)	SOC (%)
63	20,50	0,2	23	82,6

Al finalizar el ingreso de los datos elegidos Tabla 28, al modelo matemático, se tuvo el valor de la autonomía en tiempo real. Posteriormente se compara el valor obtenido de la Ecuación 5 con el valor de la autonomía teórica.

Tabla 29.

Validación del modelo matemático

Autonomía teórica	247.8 km	Ecuación 5.
Autonomía real	248.7922505 km	Ecuación 2.
Resta	0.9922505 km	
Desviación	0.40042 %	

La autonomía real obtenida mediante el modelo matemático es de 248.7922505 km y la autonomía teórica es 247.8 km teniendo una desviación o porcentaje de error de 0.40042%, por el cual queda validado el modelo matemático debido a que en cualquier análisis estadístico el rango permitido de error es de $\pm 5\%$.

4.3. Análisis de aleatoriedad

Para el análisis de aleatoriedad se realiza la prueba no paramétrica de una muestra en el software de análisis estadístico Tabla 30. El cual determina que las muestras se tomaron de forma aleatoria, para representar a toda la población de las distintas variables influyentes en el consumo de energía. Se obtuvieron valores de parámetros que no fueron tan significativos o no tuvieron relación directa con la autonomía, los cuales fueron descartados para llegar a un modelo matemático que se asemeja más a la realidad del caso.

En el resultado de la prueba también indica que se debe descartar la hipótesis nula debido a que todos los datos obtenidos representan aseveración de la hipótesis alternativa a la que se llegó mediante la ecuación de regresión, representando la autonomía del bus eléctrico.

Tabla 30.

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La secuencia de valores definida por Tiempo $\leq 90,500$ y $> 90,500$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	,000	Rechace la hipótesis nula.
2	La secuencia de valores definida por Velocidad $\leq 23,800$ y $> 23,800$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	,000	Rechace la hipótesis nula.
3	La secuencia de valores definida por Distancia $\leq 0,200$ y $> 0,200$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	,000	Rechace la hipótesis nula.
4	La secuencia de valores definida por Acelerador $\leq 42,000$ y $> 42,000$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	,000	Rechace la hipótesis nula.
5	La secuencia de valores definida por SOC $\leq 82,400$ y $> 82,400$ es aleatoria.	Prueba de rachas para una muestra	,000	Rechace la hipótesis nula.

4.4. Análisis de autonomía vs variables independientes

Para el análisis de la autonomía con las distintas variables independientes se debe

fijar en los coeficientes de la regresión Tabla 31. En este caso se analiza el valor P que se da para cada termino, consiste en comprobar la hipótesis nula, cuando el coeficiente es igual a cero no tiene ningún efecto en el modelo de regresión, mientras si el valor es menor que 0.05 significa que el termino o la variable tiene una relación directa, debido a que si el valor de la variable tiene algún cambio el valor de la autonomía también cambiará.

En cambio sí es mayor a 0.05, significa que al momento de cambiar el valor de la variable independiente, el valor de la respuesta en este caso autonomía tendrá también un cambio pero insignificante.

Tabla 31.

Coefficientes de regresión múltiple

Término	Valor T	Valor p	FIV
TIEMPO (s)	-2,18	0,030	148,91
VELOCIDAD (Km/h)	-1,83	0,069	12,87
DISTANCIA (km)	-41,66	0,000	11,45
ACELERADOR (%)	3,07	0,002	11,88
SOC (%)	-1,71	0,088	127,90

En la tabla se observa que las variables tiempo de recorrido, distancia y posición del APP tienen un valor P menor a 0.05 el cual indica que los términos de cada una tienen un mayor grado de influencia en el consumo de energía o autonomía, debido a que si estos términos tienen grandes cambios en sus valores, la respuesta de autonomía se verá mayormente afectada y tendrá cambios drásticos. Esto no sucede con las variables velocidad del bus y SOC porque tienen un valor p mayor a 0.05 lo cual indican que no tienen mayor influencia en los cambios de la respuesta del modelo.

4.5. Análisis de residuos del modelo matemático

El análisis de residuos sirve para evaluar distintos parámetros que afectan directamente al modelo de regresión, mediante este análisis se observa la calidad de la ecuación la cual ayuda a describir el comportamiento de la autonomía, llegando a tener valores más cercanos a la realidad. Este análisis se realiza restando el valor predictor menos el valor observado.

En la Figura 96b. Se tiene valores en ambos lados del eje aleatoriamente, sin tener un patrón creciente o decreciente, el cual indica que el modelo de regresión se ajusta y es válido para la predicción de la autonomía. Mientras que en la Figura 96a. Se observa que los residuos se encuentran cerca de la recta de referencia y tienen forma tipo lineal lo cual indica que existe una relación entre las variables independientes y dependientes del modelo matemático.

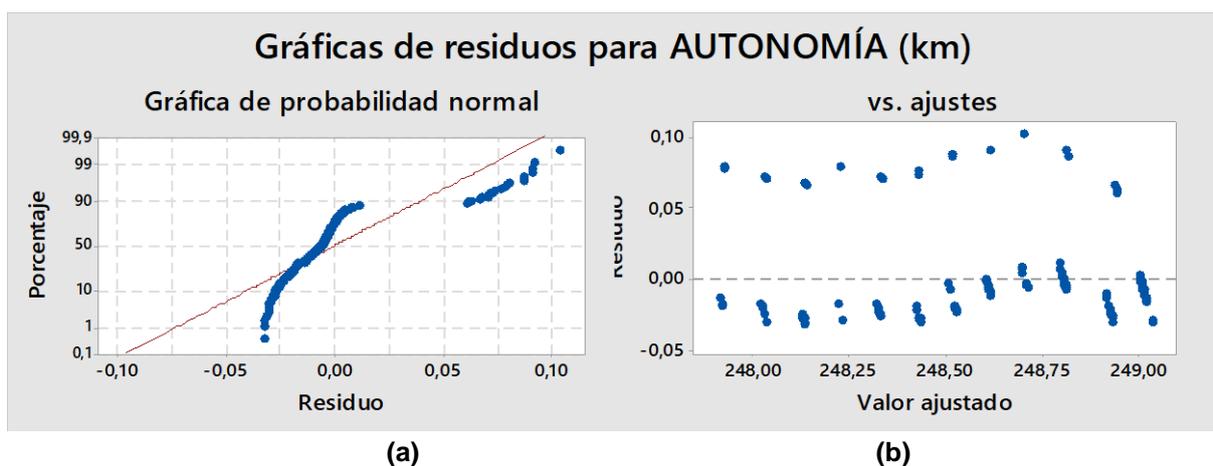


Figura 104. Graficas de residuos para autonomía

4.6. Caracterización de las baterías

De acuerdo a los datos obtenidos de los procesos de descarga, regeneración y autonomía se caracterizó las baterías de alto voltaje del bus BYD para conocer cuál es la capacidad disponible de energía.

Se considera la relación peso/potencia, debido a que si se requiere tener una mayor autonomía se debe aumentar el número de celdas y a su vez el número de packs en el vehículo, lo que con lleva a tener un mayor peso y la necesidad de tener mayor espacio para la ubicación de los packs, es fundamental la instalación de un motor de mayor potencia debido a la demanda de un peso mayor impuesta por las baterías añadidas.

En el bus de pruebas BYD se tiene una batería de alta tensión de hierro fosfato de litio compuesta por dos packs, cada pack con una capacidad nominal de 310 Ah, 168 celdas de 3.2 Voltios que conectadas en serie da una tensión por pack de 537.6 V. teniendo así una autonomía de 300 km.

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

Para el desarrollo de la investigación “Análisis de los procesos de carga y descarga de la batería de alta tensión y autonomía del bus 100% eléctrico marca BYD K9G cama alta en diferentes condiciones de operación” fue necesario el uso de recursos humanos, tecnológicos, materiales, presupuesto y financiamiento para validar la viabilidad y la factibilidad de los objetivos planteados en el proyecto.

5.1. Recursos humanos.

El recurso humano que intervino con conocimientos y experiencia en la ejecución de la investigación se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 32.

Recurso Humano

Ord.	Descripción	Cantidad	Función
1.	David Cando	1	Investigador
2.	Alex Suntaxi	1	Investigador
3.	Ing. Leónidas Quiroz	1	Tutor - Colaborador Científico
4.	Ing. German Erazo	1	Colaborador Científico
5.	Ing. Alex Cevallos	1	Colaborador Científico
6.	Ing. Ángel Coyago	1	Colaborador Científico BYD
7.	Ing. Andrés Jungbluth	1	Colaborador Científico BYD
8.	Ing. José Rivadeneira	1	Colaborador Científico BYD

5.2. Recursos tecnológicos.

Para el desarrollo del proyecto fue indispensable el uso de equipos y herramientas

tecnológicas los cuales se detallan a continuación.

Tabla 33.

Recursos Tecnológicos

Ítem.	Detalles
1	Computador personal
2	Scanner VDS 2000
3	Multímetro Automotriz
4	Scanner Autel MaxiSys MS906BT
5	Software Estadístico
6	Aplicación ruta

5.3. Recursos materiales.

Para el desarrollo de la investigación fue necesario elementos y componentes que se usaron durante y al cumplir las metas del proyecto.

Tabla 34.

Recursos Materiales

Ítem	Detalles
1	Copias e impresiones
3	Flash memory
4	Pruebas del vehículo

5.4. Presupuesto y financiamiento.

El costo neto del proyecto fue autofinanciado, los recursos económicos fueron utilizados para la investigación, movilidad y desarrollo del proyecto, el detalle de la inversión total se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 35.*Recursos Económicos*

Ítem	Detalle	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Movilización	2	\$ 40	\$ 80
2	Copias e impresiones	520	\$ 0.02	\$ 15
3	Flash memory	1	\$ 15	\$ 15
4	Pruebas del vehículo	3	\$ 90	\$ 270
5	Computador personal	1	\$ 400	\$ 400
6	Scanner Autel MaxiSys MS906BT	1	\$ 1850	\$ 1850
7	Multímetro Automotriz	1	\$ 150	\$ 150
			TOTAL	\$ 3305

La inversión total realizada en el proyecto de investigación es \$ 2780 USD.

CONCLUSIONES

- Se investigó información bibliográfica sobre el vehículo BYD K9G sobre los procesos de carga, procesos de descarga, regeneración y autonomía; a través de pruebas en el bus eléctrico en la ciudad de Guayaquil, considerando condiciones de medición como modos de conducción, congestión vehicular, condiciones geográficas y climáticas; de tal forma de obtener datos de posición del pedal de aceleración, velocidad y distancia recorrida previo el análisis de los procesos de carga rápida y lenta de la batería de alta tensión.
- Las baterías de alta tensión del bus K9G BYD están compuestas por el material base hierro-fosfato litio y refrigeradas por líquido las cuales constan con dos packs de baterías configuradas en paralelo, cada una con 168 celdas de 3.2 voltios conectadas en serie que sumadas tiene un voltaje total de 537.6 voltios con una capacidad nominal de 310 Ah y una energía disponible para consumo por pack de 171.495 kWh.
- Se aplicó el protocolo de homologación WLTP en el procedimiento de pruebas en el que se estableció parámetros como tiempo de conducción de 3 minutos para la obtención de datos, conducción 100% urbana dentro del periférico Saucos 4 - centro de Guayaquil con velocidad máxima de 50 km/h, velocidad media de 27.4 km/h, temperatura ambiente y una distancia recorrida entre 1 y 1.3 km.
- El modelo matemático aplicado para el estudio de la autonomía del bus eléctrico BYD consideró el método estadístico correlación de Pearson en el cual intervinieron las variables tiempo, velocidad, distancia, posición de acelerador

y SOC, siendo la variable con mayor influencia la variable distancia.

- La batería de alta tensión al 31.9 % de su capacidad de carga máxima, mediante una electrolinera que proporcionó una potencia de carga de 71.1 kW en proceso de carga rápida, se demoró un tiempo de 3 horas y 53 minutos en cargar completamente consumiendo 205.0026 kilovatios; al 25.9 % de su capacidad de carga máxima con una potencia de carga de 34.9 kW en proceso de carga lenta, se demoró un tiempo de 6 horas y 10 minutos en cargar completamente consumiendo 215.2167 kilovatios.
- La potencia de carga proporcionada por la electrolinera es inversamente proporcional al tiempo estimado de carga, cuánto mayor sea la potencia de carga menor será el tiempo que se demoré las baterías de alta tensión en completar su carga máxima, dicha potencia varió en horas de la madrugada debido a la baja demanda de consumo energético en Guayaquil, disminuyendo el tiempo estimado para completar la carga máxima.
- Las variables como: corriente, potencia de descarga, potencia de regeneración, tiempo, velocidad, posición del acelerador y SOC son las que condicionaron el funcionamiento del bus eléctrico K9G BYD en los procesos de descarga, regeneración y determinación de autonomía.
- La corriente consumida es directamente proporcional a la velocidad del bus, potencia de descarga y posición del acelerador; la corriente de regeneración es directamente proporcional a la potencia de carga y posición del pedal de freno.
- La regeneración de energía del bus eléctrico BYD K9G existió cuando el pedal del freno era accionado y cuando el bus descendía por una pendiente.
- La autonomía del bus eléctrico K9G BYD decrece a medida que se incrementa

el consumo de corriente demandada por la aceleración del bus para alcanzar una velocidad requerida.

- Las variables con mayor índice de influencia en la autonomía se determinaron mediante la correlación de Pearson las cuales son: tiempo de recorrido con un grado de relación de -0.826, velocidad con -0.551, distancia -0.913, posición del acelerador -0.523 y SOC 0.816.
- La altitud a la que se movilizó el bus eléctrico K9G tiene un grado de relación de 0.074, sin influencia en el proceso de descarga ni en la disminución de autonomía, debido a que las pruebas se realizaron en la ciudad de Guayaquil la cual se encuentra a nivel del mar.
- El modelo matemático obtenido a las variables más influyentes, estableció la siguiente expresión matemática:

$AUTONOMÍA = 260.88 - 0.001214t - 0.000901v - 0.9535x + 0.000781app - 0.1431SOC,$
el cual expresa el valor real de la autonomía.

- El porcentaje de error existente entre el valor teórico y el valor real de la autonomía es de 0.40042% validando así el modelo matemático, debido a que el valor está dentro del rango de error permitido el cual es de $\pm 5\%$.
- El scanner propio de la marca BYD, tiene un software único compatible con el sistema de información de sus vehículos, tiene funciones como el diagnóstico, la administración de datos de diagnóstico, guía de fallas de diagnóstico, programación de vehículos, análisis estadístico de la información y comunicación de diagnóstico en tiempo real.

RECOMENDACIONES

- Determinar la vida útil de las baterías de alta tensión considerando tales aspectos que ya fueron incluidos en este primer estudio además de la autonomía y los procesos de descarga.
- Para el vehículo eléctrico BYD K9G, se puede hacer un análisis de autonomía y descarga considerando el flujo de datos que arroja el scanner VDS2000 que son: energía total regenerada, número de cargas realizadas, voltaje más alto y más bajo de una celda, energía total descargada de cada pack de baterías, SOC (Ah), SOC (kWh), etc.
- Realizar el estudio de autonomía considerando ciudades en donde existan variaciones en su superficie con pendientes que varíen sus grados de inclinación, lo cual incidirá en los procesos de descarga y autonomía de los vehículos eléctricos.
- Para el análisis de comportamiento de cada una de las variables que intervienen en los procesos de descarga, regeneración y autonomía realizar mediante el método estadístico de redes neuronales en el que se considera el número de unidades de entrada y salida, número de unidades y capas ocultas, función de activación, etc. Para tener grados con más exactitud y confiabilidad.
- El modelo matemático que determina la autonomía del bus eléctrico BYD K9G está estipulado para la ciudad de Guayaquil, por lo que es importante aplicar o realizar correcciones para otras ciudades de análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, J. L. (Diciembre de 2014). El Método de la Investigación. *International Journal of Good Conscience*, 200. Recuperado el 17 de octubre de 2018
- Amaguaya Cajo, B. D., & Solano Carrasco, R. A. (2010). *Estudio de nuevas tecnologías, aplicadas al diseño y control del sistema eléctrico en un vehículo impulsado eléctricamente*. Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército. Carrera de Tecnología en Electrónica. Recuperado el 19 de Mayo de 2019, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4421/1/M-ESPEL-0042.pdf>
- Amazings NCYT. (04 de Abril de 2012). *Baterías de fosfato de hierro y litio, un almacenamiento más eficaz de energía solar*. Recuperado el 25 de septiembre de 2018, de NCYT Amazings. Noticias de la Ciencia y la Tecnología: https://noticiadelaciencia.com/art/3917/baterias_de_fosfato_de_hierro_y_litio__un_almacenamiento_mas_eficaz_de_energia_solar
- Araujo, A. (29 de Enero de 2016). Siete autos eléctricos buscan mercado en el Ecuador. *El Comercio*. Recuperado el 14 de Mayo de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/autos-electricos-buscan-mercado-ecuador.html>
- Augeri, F. (02 de Diciembre de 2012). *Introducción al funcionamiento y diagnóstico de Vehículos Híbridos*. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de CISE Electronics: <http://www.cisetraining.com/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=3596>
- Ballesteros de Andrés, E. (06 de Diciembre de 2012). *Motores de FLujo Axial*. Recuperado el 18 de Mayo de 2019, de Conviertete: <http://www.conviertete.com/index.php/joomla/57-motores-de-%20fuljo-axial>

- Barón López, F. J., & Téllez Montiel, F. (2004). Apuntes de Bioestadística. En *Capítulo 6: Regresión múltiple* (págs. 35-43). Málaga, España: Universidad de Málaga. Recuperado el 16 de Mayo de 2019, de Capítulo 6: Regresión múltiple: <https://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap06.pdf>
- Barros Guiracocha, H. P., & Ortega Ortega, L. A. (julio de 2018). *Análisis y diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Carrera de Ingeniería Eléctrica. Recuperado el 16 de Mayo de 2019, de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16376/1/UPS-CT007975.pdf?fbclid=IwAR0ie383wcleWAYQuaNWJmTyThspLLRHHKfyz9i4CBVo_uaNbZ89Ntl8tqo
- Bedon Ortega, E. W. (1998). *El costo del kWh de generación*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Recuperado el 20 de Mayo de 2019, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12012/1/T1374.pdf>
- Bueno Juera, C. M., & Quizhpe Sinchire, J. C. (agosto de 2017). *Determinación de la autonomía real del vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca mediante análisis experimental*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Recuperado el 09 de Mayo de 2019, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14729/1/UPS-CT007234.pdf>
- Bueno, D. (Noviembre de 2013). *Motor eléctrico brushless: funcionamiento y características*. Recuperado el 18 de Mayo de 2019, de Sistemas Automatizados: <https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2013/11/motores->

brushless.pdf

BYD Auto Industry Company Limited. (06 de Febrero de 2019). *Manual de Usuario Autobus K9G*. Recuperado el 13 de Mayo de 2019, de ISSUU: https://issuu.com/dannyboyespinoza/docs/manual_bus_byd_v03

BYD Build Your Dreams. (16 de Noviembre de 2017). *Primer bus eléctrico BYD en Guayaquil: mapa de la ruta de la línea 89*. Recuperado el 03 de mayo de 2019, de BYD Build Your Dreams: <https://bydelectrico.com/ruta-bus-electrico-guayaquil/>

BYD Build Your Dreams. (2019). *BYD Green Technology*. Recuperado el 31 de Mayo de 2019, de BYD- Tecnología Dual Mode II: <http://www.byd.com.uy/byd-green-technology/>

BYD Company. (20 de Junio de 2017). *BYD continúa su crecimiento internacional con buenas perspectivas de futuro*. Recuperado el 25 de septiembre de 2018, de BYD Company: <https://www.bydforklift.es/byd-continua-su-crecimiento-internacional-con-buenas-perspectivas-de-futuro/>

BYD Company Limited. (2019). *The battery that powers BYD cars, buses, and forklift trucks*. Recuperado el 16 de Mayo de 2019, de <http://bydeurope.com/innovations/technology/index.php>

BYD E-Motors Ecuador. (2018). *BUS ELÉCTRICO K9G*. Recuperado el 17 de Mayo de 2019, de BYD Build Your Dreams: <https://bydelectrico.com/buses-electricos/bus-electrico-k9/>

Carreón Bolívar, J. I., Espinoza Zayas, K., Natera Domínguez, A. P., Rodríguez Flores, D., Roman García, L. M., & Vergara Arias, J. E. (2019). *Motor de inducción*. Recuperado el 18 de Mayo de 2019, de Green Hills School. Escuela Nacional

Colegio de Ciencias y Humanidades:

<https://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria17/56.pdf>

Chuquimarca Tandazo, S. R., & Suin Uyaguari, K. M. (noviembre de 2017). *Diseño y desarrollo de una batería de alto voltaje para un vehículo de competencia tipo*

fórmula SAE Eléctrico. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14908/1/UPS-CT007327.pdf>

Cueva Sánchez, E. J., Lucero, J., Guzman, A., Rocha, J., & Espinoza, L. (30 de Marzo de 2018). Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones

automotrices. *Enfoque UTE*, 9(1), 166-176. Recuperado el 16 de Mayo de 2019, de

<http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/202/207>

Díaz Santos, R., Castro Fernández, M., & Corral Martínez, B. L. (26-30 de Noviembre de 2012). Propuesta de inversor bidireccional para la conexión de los vehículos

eléctricos a la red. *Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*, 1-11.

Recuperado el 16 de Septiembre de 2018, de

https://www.researchgate.net/publication/317082701_PROPUESTA_DE_INVERSOR_BIDIRECCIONAL_PARA_LA_CONEXION_DE_LOS_VEHICULOS_ELECTRICOS_A_LA_RED

Dober. (2019). *Cooling Electric Vehicles*. Recuperado el 16 de Mayo de 2019, de

Dober: https://www.dober.com/electric-vehicle-cooling-systems#electric_vehicle_thermal_management_system

Duque Sarmiento, D. A., & Rocano Yunga, J. A. (enero de 2018). *Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados*. Cuenca:

Universidad Politécnica Salesiana. Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz.

Recuperado el 30 de Abril de 2019, de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15067/1/UPS-CT007435.pdf>

El comercio. (08 de enero de 2015). El intenso tráfico en Quito, Guayaquil y Cuenca.

EL Comercio. Recuperado el 15 de mayo de 2019, de

[https://www.elcomercio.com/actualidad/trafico-transito-quito-guayaquil-](https://www.elcomercio.com/actualidad/trafico-transito-quito-guayaquil-cuenca.html)

[cuenca.html](https://www.elcomercio.com/actualidad/trafico-transito-quito-guayaquil-cuenca.html)

El Universo. (14 de Enero de 2018). En nuevo pliego de tarifas eléctricas ya constan

las rebajas. *El Universo*. Recuperado el 16 de mayo de 2019, de

[https://www.eluniverso.com/noticias/2018/01/14/nota/6564858/nuevo-pliego-](https://www.eluniverso.com/noticias/2018/01/14/nota/6564858/nuevo-pliego-tarifas-electricas-ya-constan-rebajas)

[tarifas-electricas-ya-constan-rebajas](https://www.eluniverso.com/noticias/2018/01/14/nota/6564858/nuevo-pliego-tarifas-electricas-ya-constan-rebajas)

Espinosa Chicaiza, J. L., & Flores Villacis, J. A. (2019). *Investigación de los*

parámetros de funcionamiento del sistema inversor para vehículos híbridos a

través de la construcción de un módulo didáctico. Latacunga: Universidad de

las Fuerzas Armadas. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.

Carrera de Ingeniería Automotriz. Recuperado el 19 de Mayo de 2019, de

[http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15623/1/T-ESPEL-MAI-](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15623/1/T-ESPEL-MAI-0653.pdf)

[0653.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15623/1/T-ESPEL-MAI-0653.pdf)

Espinoza Requejo, N. G. (2014). *EL MÉTODO CIENTÍFICO*. Científico, Universidad

Señor de Sipán, Escuela de Ingeniería Civil, Chiclayo. Recuperado el 17 de

octubre de 2018, de

https://www.academia.edu/6792303/EL_METODO_CIENTIFICO

Grande, J. C. (13 de Diciembre de 2013). *BYD e6: Un nuevo taxi eléctrico para*

Barcelona. Recuperado el 26 de septiembre de 2018, de Coche.net:

<https://www.coches.net/noticias/byd-e6-taxi-electrico-barcelona>

Guamán Ch., M. (15 de Noviembre de 2016). *Uso de autos eléctricos y electrolineras en Ecuador*. Recuperado el 16 de Mayo de 2019, de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/uso-autos-electricos-electrolineras-ecuador/?fbclid=IwAR24CCnDTQExJ1VdsCS-nQtKVfTEyJhaHwSHxUs4e-WX194icdlrKmSCNaE>

Hamel Fonseca, J. (12 de Enero de 2011). Celdas, pilas y baterías de ion-litio una alternativa para...???. *Journal Boliviano de Ciencias*, 8(22), 40-47. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de <http://kimerius.com/app/download/5783123155/Celdas,+pilas+y+bater%C3%A4Das+de+l%C3%B3n-Litio+una+alternativa+para....pdf>

Ibañez. (07 de Junio de 2018). *Así mide la autonomía homologada de un coche eléctrico y lo que pasa en la realidad*. Recuperado el 26 de septiembre de 2018, de Xataka: <https://www.xataka.com/automovil/cuanta-autonomia-real-tiene-un-coche-electrico>

Ingelibre. (25 de Marzo de 2014). *Funcionamiento de los frenos regenerativos*. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de Ingelibre. Para ingenieros. Tutoriales, apuntes, información: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/03/25/funcionamiento-de-los-frenos-regenerativos/>

Larrodé Pellicer, E. (1997). *Automóviles Eléctricos* (Primera ed.). Zaragoza, España: Reverte. Recuperado el 25 de Septiembre de 2018, de <https://books.google.com.ec/books?id=bDezKaL-QFMC&pg=PA3&lpg=PA3&dq=Autom%C3%B3viles+El%C3%A9ctricos+Pelli>

cer+1997&source=bl&ots=k0SozmrDkw&sig=ACfU3U2XYBpfkSSDjXIObZgYc
R3FKNGhRw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjv5L6-
I9HiAhXHs1kKHcUiAdgQ6AEwBnoECAkQAQ#v=onepage&q=t

López Martínez, J. M. (04 de Abril de 2018). *Vehículos híbridos y eléctricos. Ventajas e inconvenientes*. Recuperado el 16 de Mayo de 2019, de Interempresas-Automoción: <http://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/216238-Vehiculos-hibridos-y-electricos-Ventajas-e-inconvenientes.html>

Materials Handling Equipment. (2019). *BYD Lithium Iron Phosphate Battery*. Recuperado el 14 de Mayo de 2019, de Materials Handling Equipment: <https://tri-lift.com/byd-lithium-iron-phosphate-battery/>

Maurad Yubi, J. C., & Armijos Illescas, E. M. (2018). *Caracterización de los sistemas del vehículo eléctrico Kia Soul EV*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Recuperado el 18 de Mayo de 2019, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15364/4/UPS-CT007551.pdf>

Méndez Valencia, S., & Cuevas Romo, A. (2016). *Manual introductorio al SPSS Statistics Standard Edition 22*. Celaya: Universidad de Celaya e Instituto Politécnico Nacional. Recuperado el 16 de Mayo de 2019, de https://www.fibao.es/media/uploads/manual_de_spss_universidad_de_celaya.pdf

Mendoza, J., & Garza, J. B. (2009). La medición en el proceso de investigación científica: Evaluación de validez de contenido y confiabilidad. *InnOvaciOnes de NegOciOs*, 16. Recuperado el 18 de septiembre de 2018, de

<http://eprints.uanl.mx/12508/1/A2.pdf>

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No renovables. (2019). *Calcular Consumo*. Recuperado el 18 de Mayo de 2019, de Centro Sur: <http://www.centrosur.gob.ec/calcular-consumo>

Moya, P. (13 de Marzo de 2014). *Nuevo Strava 4.0 para Android. Rediseñado y con nuevas funciones*. Recuperado el 17 de Mayo de 2019, de El androide libre: <https://elandroidelibre.lespanol.com/2014/03/nuevo-strava-4-0-para-android-redisenado-y-con-nuevas-funciones.html>

Pacheco, M. (26 de Junio de 2017). 105 autos eléctricos vendidos en Ecuador desde enero del 2016. *El Comercio*. Recuperado el 25 de septiembre de 2018, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/autos-electricos-venta-ecuador-economia.html>

Parra Fica, N. A. (2014). *Ferritas de cobalto nanoestructuradas: Evaluación en baterías NI - MH*. Santiago: Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ciencia. Departamento de Física. Recuperado el 14 de Mayo de 2019, de https://fisica.usach.cl/sites/fisica/files/2014_parra_fica_nicolas_alberto.pdf

Pavlovic, J. (2019). *Key Parameters of the Driving Cycles NEDC and WLTC* . Recuperado el 30 de Abril de 2019, de ResearchGate: https://www.researchgate.net/figure/Key-Parameters-of-the-Driving-Cycles-NEDC-and-WLTC_tbl2_279302877

Peña Ordóñez, C. (2011). *Estudio de baterías para vehículos eléctricos*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Tecnología Electrónica. Ingeniería Técnica Industrial: Electrónica Industrial. Recuperado el 14 de Mayo de 2019, de <https://e->

archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC_Carlos_Pena_Ordonez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Piccione, S. (29 de Diciembre de 2009). *El milagro chino se llama BYD*. Recuperado el 27 de septiembre de 2018, de El Mundo: <https://www.elmundo.es/elmundomotor/2009/12/28/empresa/1262006326.html>

Poveda-Burgos, G. H., Ruiz Molina, K., & González Ruiz, J. (Julio de 2017). Desarrollo de energías renovables en el Ecuador del Siglo XXI, optimización de recursos económicos y conservación del medio ambiente. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1-16. Recuperado el 28 de septiembre de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5961679.pdf>

Ríos Ocampo, V. E. (11 de julio de 2017). *Estado del arte de los vehículos eléctricos y su posible implementación en Colombia*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Programa de Ingeniería Mecánica. Recuperado el 16 de Mayo de 2019, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8227/6292293R586.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, D., & Valldeoriola, J. (2009). *Metodología de la investigación* (Primera ed.). Barcelona, Catalunya, España: Eureka Media, SL. Recuperado el 17 de septiembre de 2018, de <http://myuvmcollege.com/uploads/lectura2011-09/Metodolog%C3%ADa%20de%20investigaci%C3%B3n-2064.pdf>

Roncero, A. (17 de Agosto de 2017). *Consumos más reales: nueva normativa, del ciclo NEDC al WLTP*. Recuperado el 30 de Abril de 2019, de Auto 10: <https://www.auto10.com/reportajes/consumos-mas-reales-nueva-normativa-del-ciclo-nedc-al-wltp/10611>

- Rousaud, E. (16 de Febrero de 2017). *Tipos de vehículo eléctrico*. Recuperado el 14 de mayo de 2019, de FactorEnergia: <https://www.factorenergia.com/es/blog/movilidad-electrica/tipos-de-vehiculo-electrico/>
- Salva Malprtida. (9 de Abril de 2012). *NEDC, 10-15, EPA ¿Cómo se homologa el consumo?* Recuperado el 30 de Abril de 2019, de Feelmotor: <http://feelmotor.com/nedc-10-15-epa-como-se-homologa-el-consumo/>
- Salvador, J. (25 de Junio de 2018). *La controvertida app de Strava*. Recuperado el 17 de Mayo de 2019, de Strava: <https://jacobosalvador.es/el-controvertido-strava/>
- Shandong Meihua Educación Equipment Co., Ltd. (16 de Febrero de 2018). *Sistema de diagnóstico de fallas automático BYD VDS2000*. Recuperado el 01 de Mayo de 2019, de http://www.e-fa.cn/c_jrhi391988/p10451575.html
- Sociedad de Tecnicos de Automoción (STA). (2011). *El vehículo eléctrico. Desafíos tecnológicos, infraestructuras y oportunidades de negocio* (Primera ed.). (R. Boronat, & M. García, Edits.) Barcelona: Librooks. Recuperado el 20 de Mayo de 2019, de https://books.google.com.ec/books?id=z6VIQmSodD8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Suárez Carbajal, Y. (Enero-Junio de 2010). Sector automotriz: reestructuración tecnológica y reconfiguración del mercado mundial. *Paradigma Económico*, 2(1), 24-52. Recuperado el 16 de septiembre de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5961679.pdf>
- Suárez Ibujés, M. O. (2011). *Coeficiente de correlación de Karl Pearson*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Recuperado el 09 de Mayo de 2019, de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/766/1/Coeficiente%20de%20Correlaci%c3%b3n%20de%20Karl%20Pearson.docx>

Torres Sarmiento, J. D. (2015). *Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Recuperado el 29 de Abril de 2019, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8050/1/UPS-CT004893.pdf>

Unsihuay Tovar, R. (16 de Marzo de 2009). *Accionadores para motores (Drives)*. Recuperado el 18 de Mayo de 2019, de Motor AC: <https://es.slideshare.net/robertounsihuay/motor-ac>

Vélez Sánchez, J. G. (2017). *Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Electricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y el Ecuador (Tesis de Pregrado)*. Cuenca: Universidad de Cuenca. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27353/1/TRABAJO%20DE%20TITULACION.pdf>

Viso, E. (13 de Septiembre de 2017). *WLTP: el nuevo protocolo de homologación de consumos en los coches*. Recuperado el 30 de abril de 2019, de Tecvolución: <https://tecvolucion.com/wltp-nuevo-protocolo-homologacion-consumos-coches/>

Weather Spark. (30 de abril de 2019). Recuperado el 30 de abril de 2019, de <https://es.weatherspark.com/y/19346/Clima-promedio-en-Guayaquil-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Xioafei, D. (13 de Mayo de 2014). *El acercamiento de empresarios chinos a América*

Latina. Recuperado el 28 de septiembre de 2018, de China Today:

http://www.chinatoday.mx/eco/clae/content/2014-05/13/content_618713.htm

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **DAVID ANTONIO CANDO MERA** y **ALEX XAVIER SUNTAXI CAIZALUISA**

En la ciudad de Latacunga, a los **26 días del mes de junio del 2019**.

ING. LEONIDAS QUIROZ
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:

ING. DANILO ZAMBRANO
DIRECTOR DE CARRERA



ABG. DARWIN ALBAN YÁÑEZ
SECRETARIO ACADÉMICO