



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CARRERA DE INGENIERÍA 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: DAVID ANTONIO CANDO MERA
ALEX XAVIER SUNTAXI CAIZALUISA

DIRECTOR: ING. LEONIDAS ANTONIO QUIROZ ERAZO

LATACUNGA, JULIO 2019

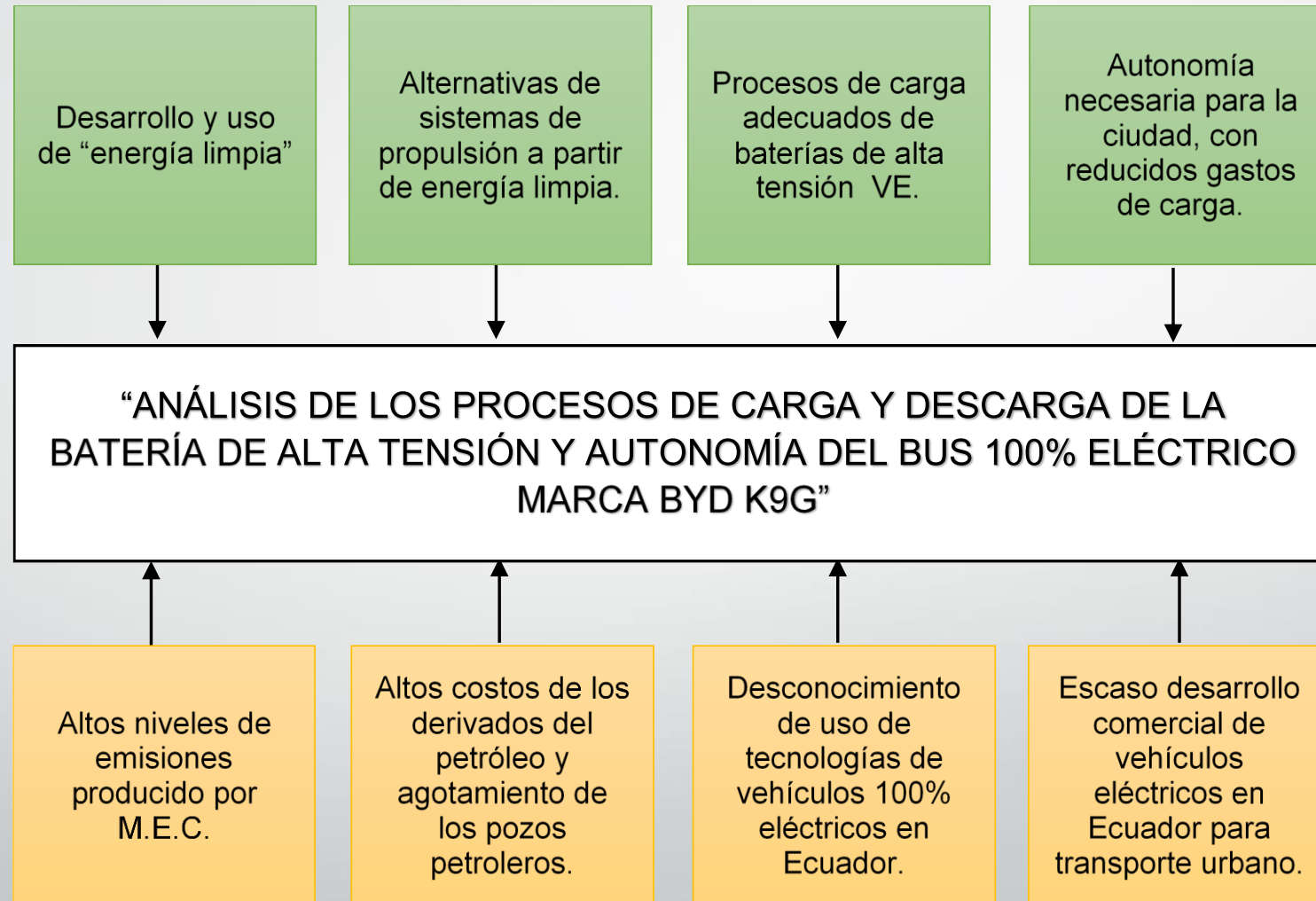
CONTENIDO

- Antecedentes
- Planteamiento del problema
- Objetivos
- Metas
- Hipótesis
- Introducción
- Estudio de los procesos de carga
- Obtención de datos de descarga, regeneración y autonomía
- Análisis de resultados
- Determinación de Autonomía
- Conclusiones
- Recomendaciones

ANTECEDENTES



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



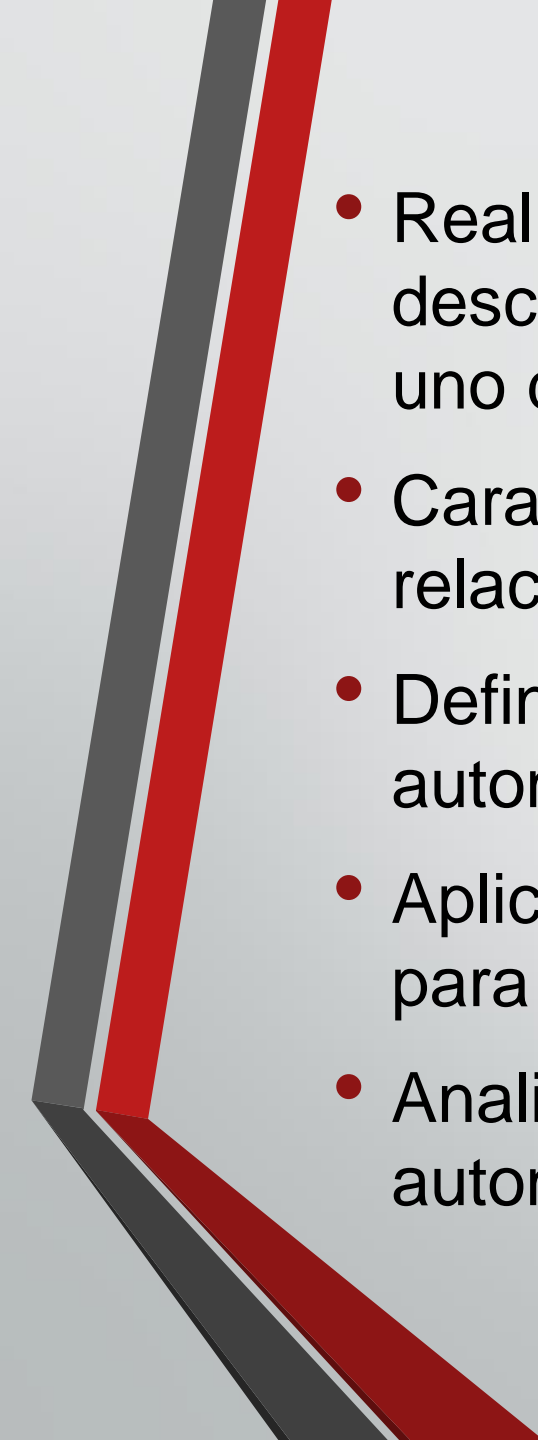
OBJETIVOS

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.

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.

METAS

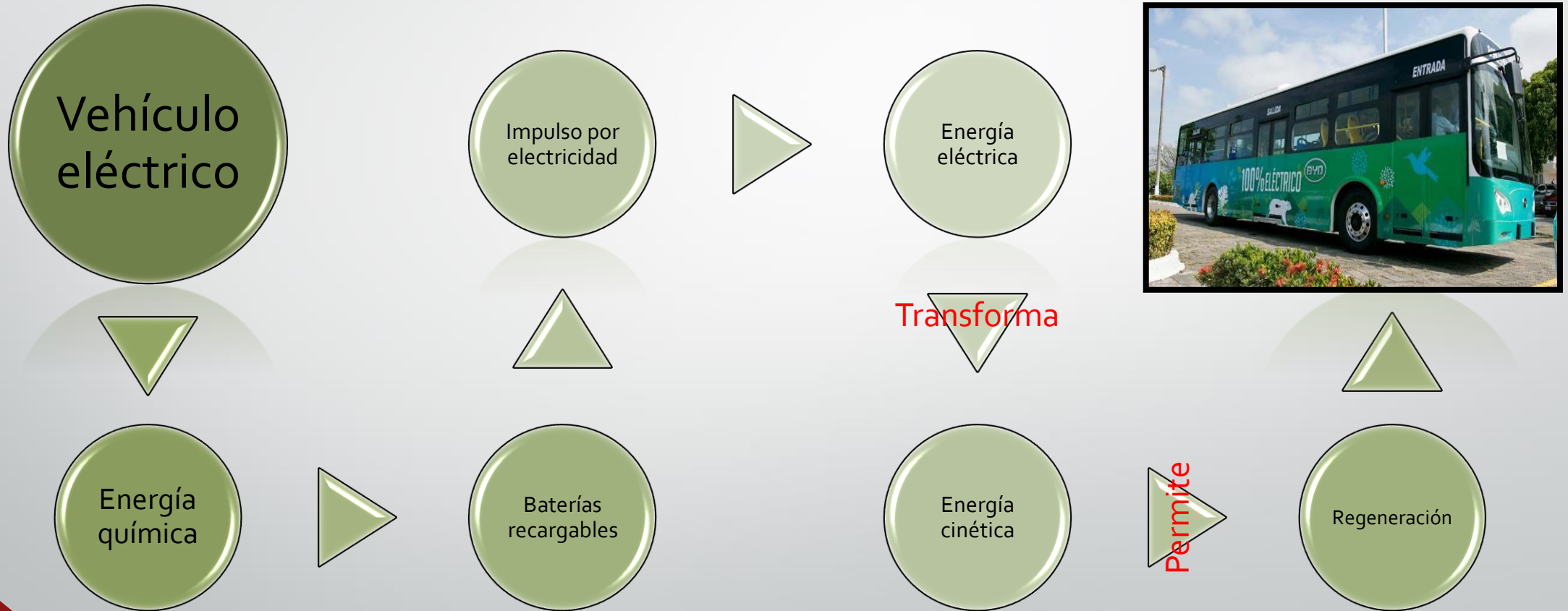
- Se determinó la autonomía del vehículo eléctrico de transporte urbano K9G mediante el protocolo de homologación WLTP (Procedimientos Mundialmente Armonizados para Pruebas de Vehículos) y se llegó a conocer cuál es la relación existente entre: el dato de autonomía expresada por la marca BYD de 300 km 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.

HIPÓTESIS

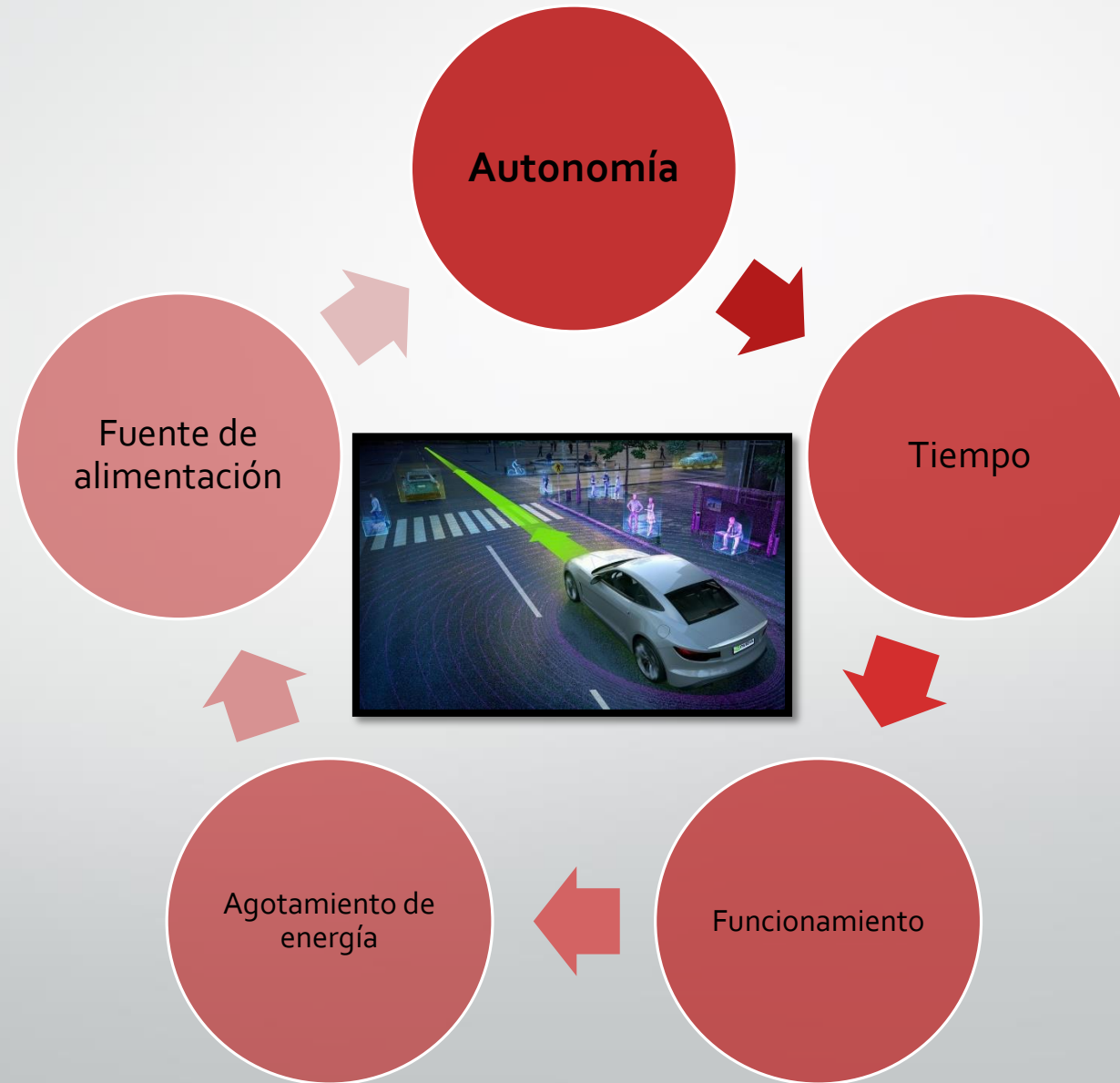
- El análisis de los procesos de carga y descarga de la batería de alta tensión y autonomía permitirá conocer el valor real de la distancia que puede recorrer el bus 100% eléctrico BYD K9G sin que deba recargar la batería, bajo diferentes condiciones de funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

- Vehículo eléctrico



- Autonomía



BUS K9G BYD

BUS K9 12 METROS
100% ELÉCTRICO



CONSUMO
0,93 km/kWh

-  Amigable con el ambiente.
-  Baterías de larga vida útil.
-  Bloqueador automático que controla exceso de velocidad.
-  Regeneración de carga de sus baterías a través del frenado y desaceleración.
-  Sistema de carga rápida 2.5 a 3h.

Build Your Dreams

VENTAJAS COMPETITIVAS

DIMENSIONES

Largo x ancho x alto	12540mm×2550mm×3411mm
Distancia entre ejes	6150mm
Saliente delantero / trasero	2700mm/3690mm
Ángulo de aproximación / salida	8.5°/8.5°
Número de Puertas	3
Radio de giro	≤12m
Peso en vacío	≤13850kg
Max. Peso	≤19500kg
Capacidad	80 pasajeros

RENDIMIENTO

Rango de operación	300km
Velocidad máxima	50km/h
Tiempo de aceleración	≤22s
Gradeabilidad	20%
Motor	BYD AC motor sincrono (Sin escobillas)
Modelo de motor	BYD - 2912TZ - XY - A
Max. Potencia de motor	300 kW - 402 HP
Torque Máximo	1100 N·m

CARGA Y BATERIA

Capacidad de la batería	324kWh
Potencia de carga	80kW
Modelo del arma de carga	AC estándar Europeo
Tiempo de carga	4 - 5h
Pistolas de carga	2 pistolas
Tensión de carga y frecuencia	440V - 60Hz

ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE CARGA

Carga rápida

- SOC (%): 32,2 %.
- Potencia de carga: 71,1 kW. Con dos pistolas de carga que proporcionan 35,55 KW cada una.
- Tiempo de carga: 2 horas y 53 minutos.
- Consumo: 228.2 kWh.



Carga lenta

- SOC (%): 25,9 %.
- Potencia de carga: 34.9 KW con una pistolas de carga conectada en el puerto B.
- Tiempo de carga: 6 horas y 10 minutos.
- Consumo: 244.03 kWh.



Energía consumida

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

Carga rápida

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

Carga lenta

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

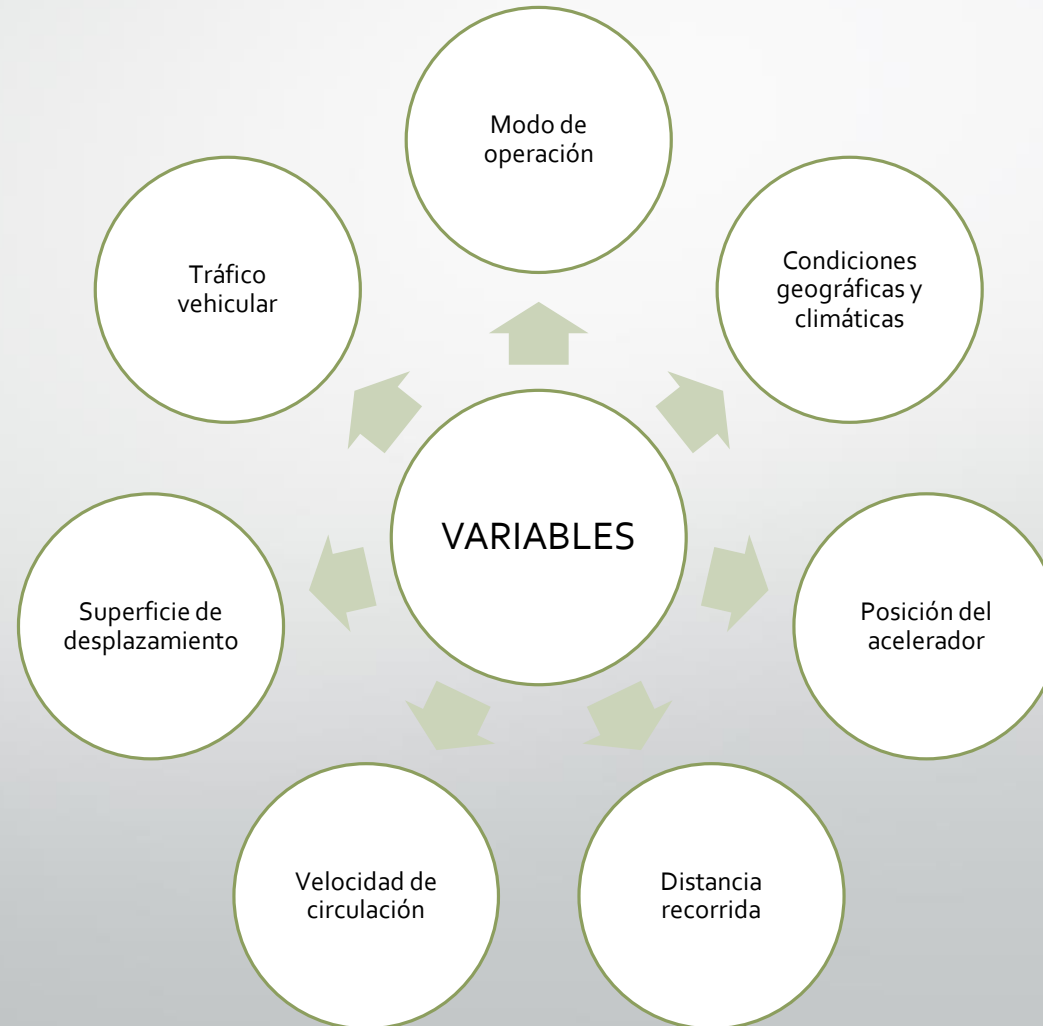
$$\text{Precio de consumo de energía(\$)} = \text{Energía Eléctrica(kWh)} * \text{costo kilovatio hora (\$)}$$

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

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

OBTENCIÓN DE DATOS DE DESCARGA, REGENERACIÓN Y AUTONOMÍA

Variables consideradas para operación del bus

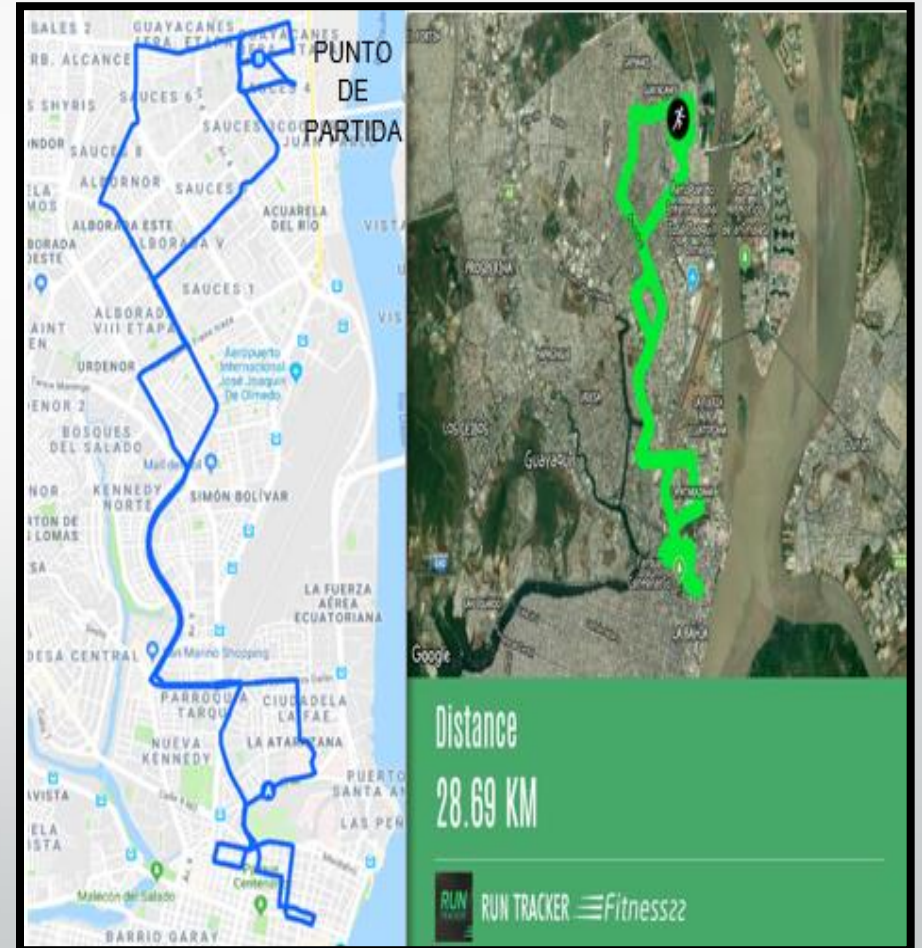


Protocolo de pruebas para obtención de datos

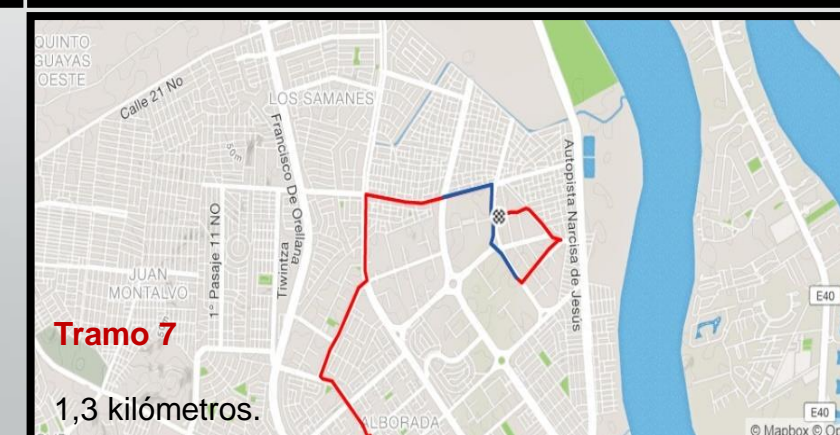
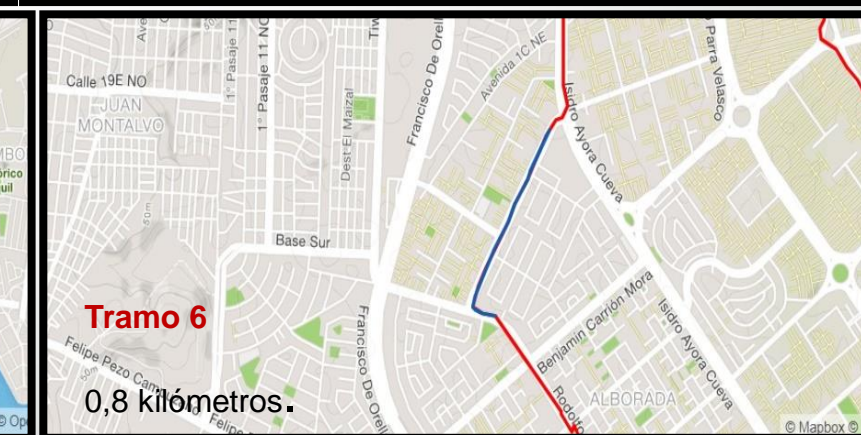
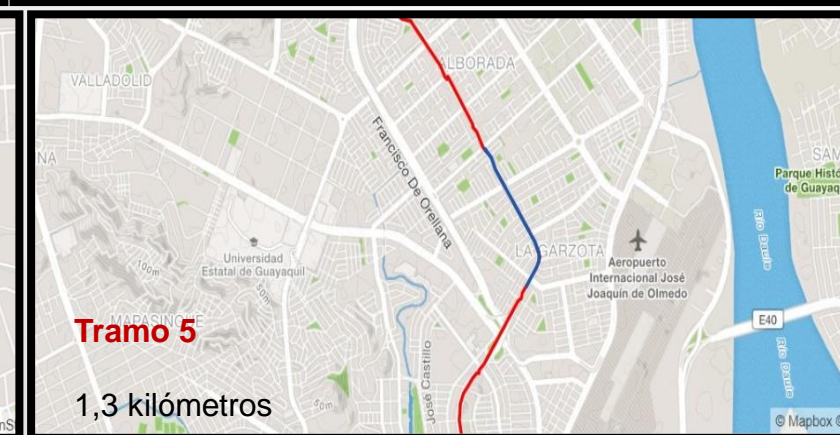
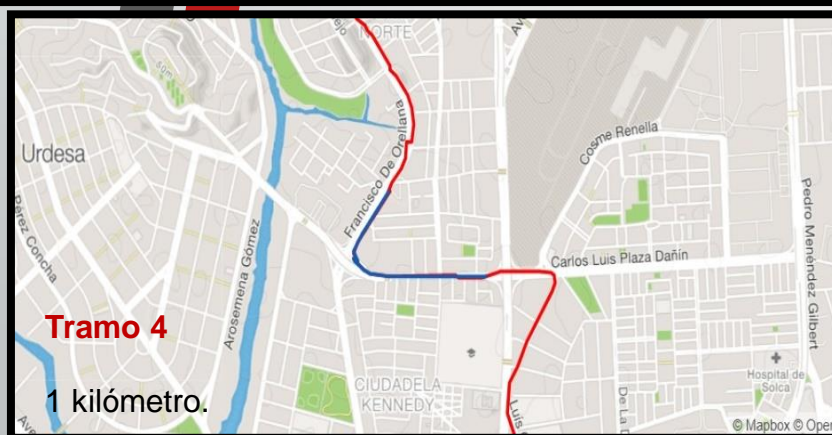
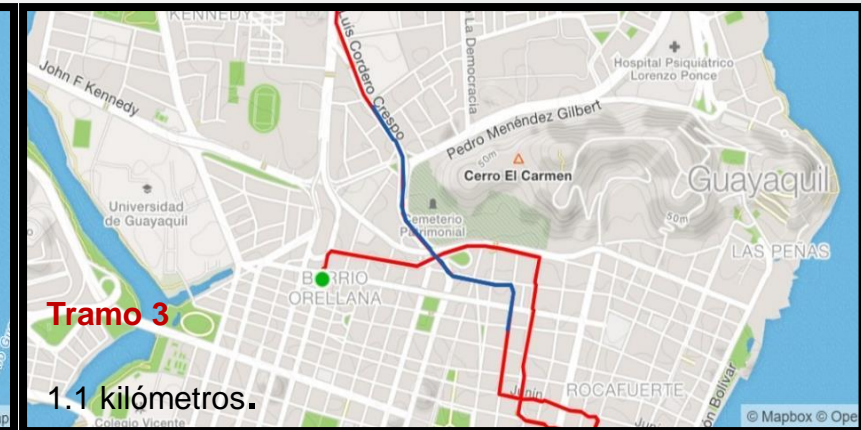
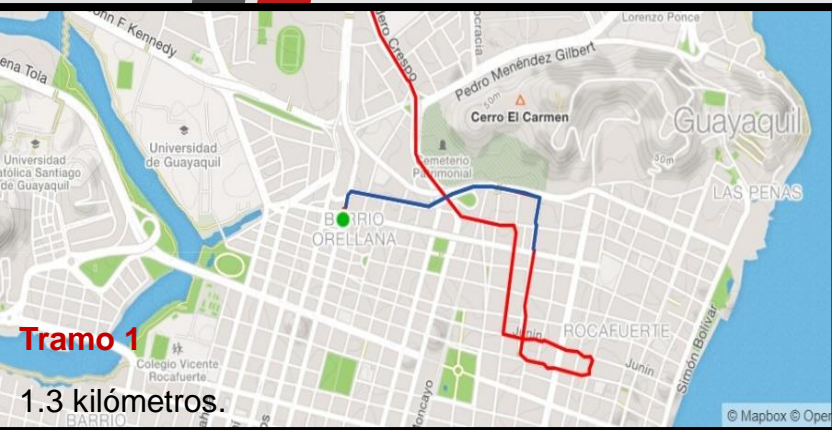
	WLTP	Protocolo
Tiempo de conducción	30 minutos (1800 s)	3 min (180 s)
Fases de conducción	4 fases más dinámicas, 52% conducción urbana, 48% extraurbana.	1 fase 100% conducción urbana.
Longitud del recorrido	23.25 km	1 km
Velocidad máxima	131 km/h	50 km/h
Velocidad media	46.6 km/h	27.4 km/h
Cambios de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

Descripción de ruta establecida

- El recorrido consta de 28.7 km sin paradas intermedias.
- Tiempo estimado de dos horas y media.
- 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).



Proceso de descarga y regeneración de las baterías



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
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
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

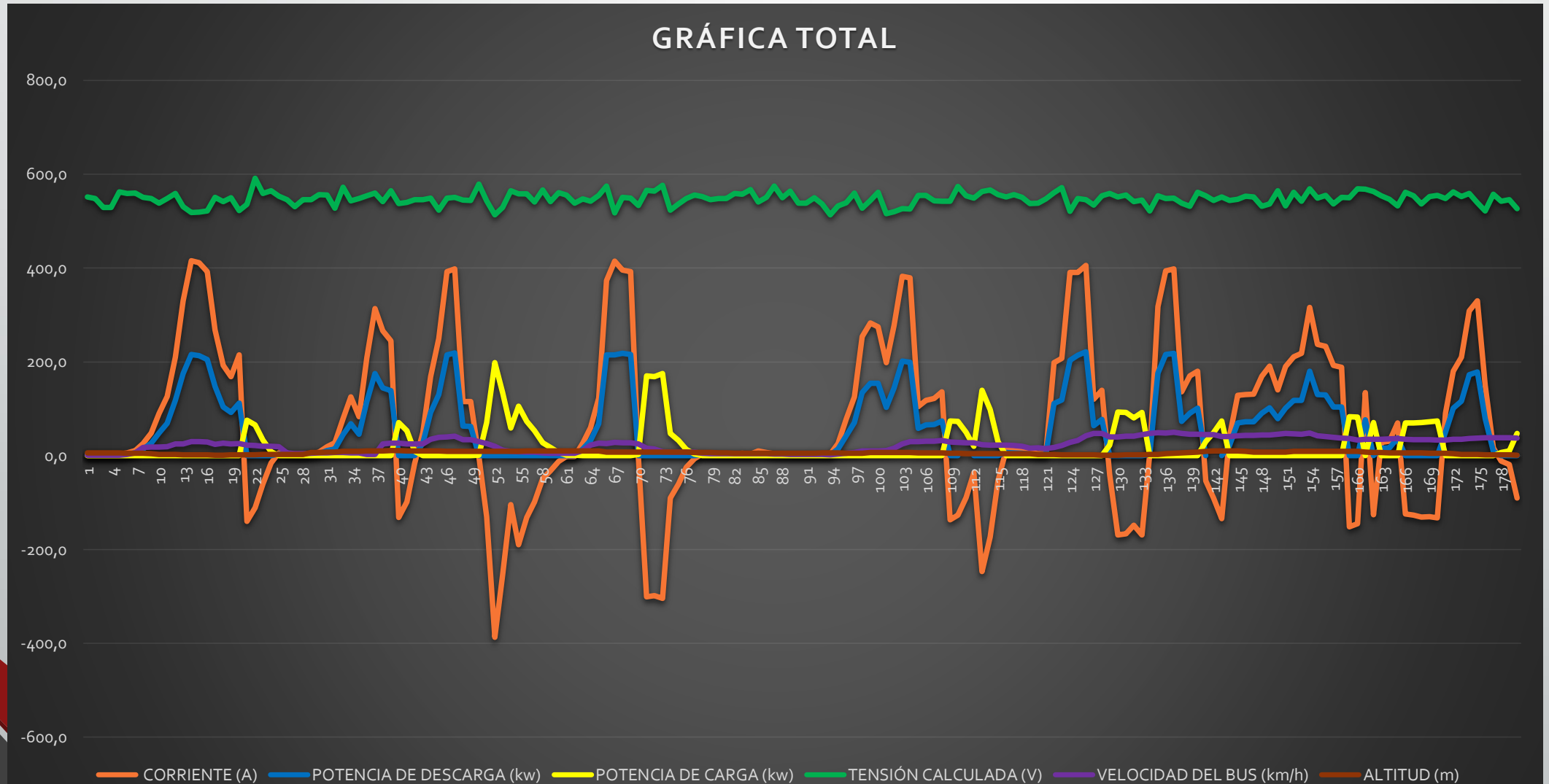
TIEMPO INICIO (s)	TIEMPO SCANNER(s)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (kW)	POTENCIA DE CARGA (kW)	VOLTAJE CALCULADO (V)	VOLTAJE NOMINAL (V)	VELOCIDAD DEL BUS (km/h)	ALTITUD (m)
63	3713	24,4	13,6	0	557	555	13,60	11
64	3714	51,8	28,2	0	544	555	15,70	11
65	3715	131,6	71,6	0	544	555	25,80	11
66	3716	380,5	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
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

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)
122	3772	298,3	120,3	0	564	555	33,10	10
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
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

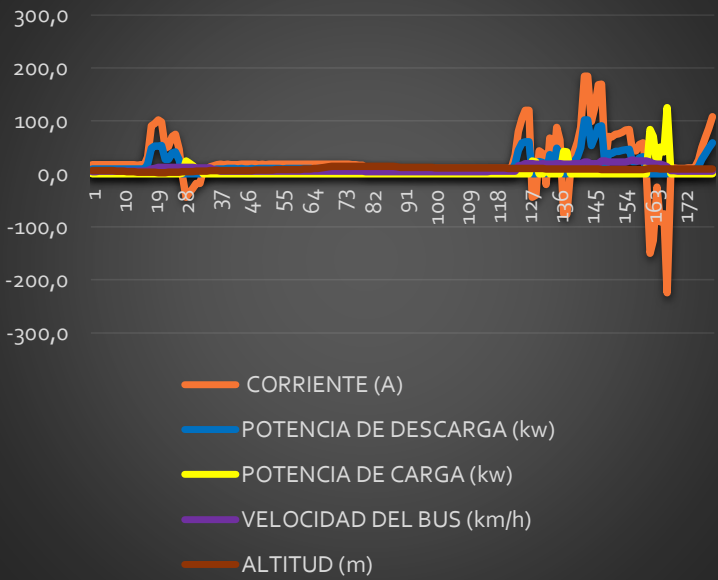
FLUJO DE DATOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

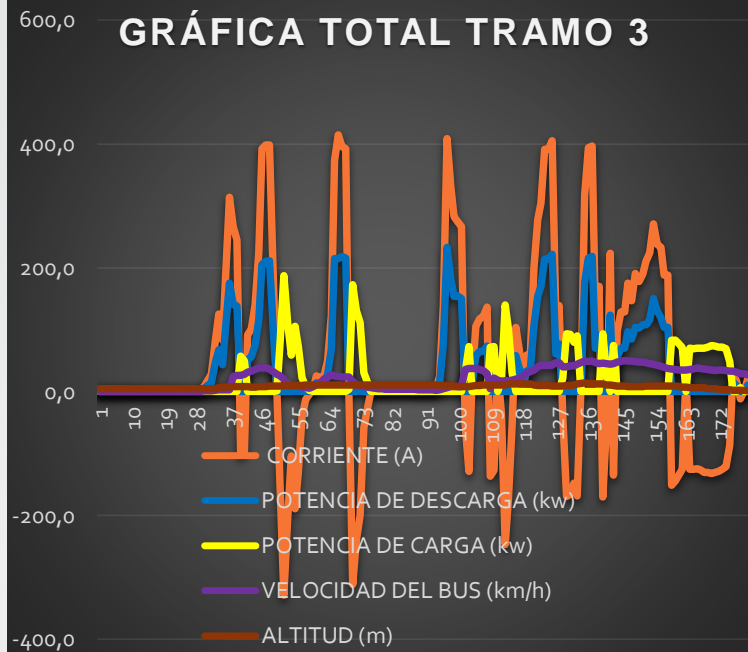
Tramo 1



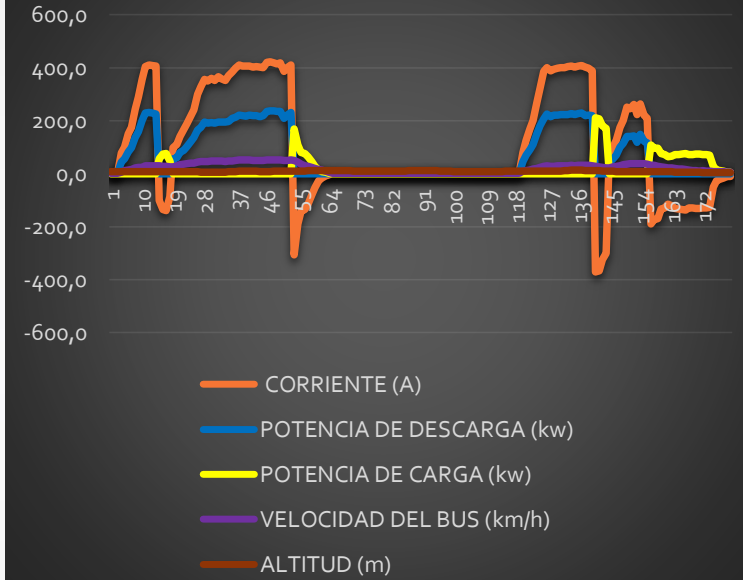
GRAFICA TOTAL TRAMO 2



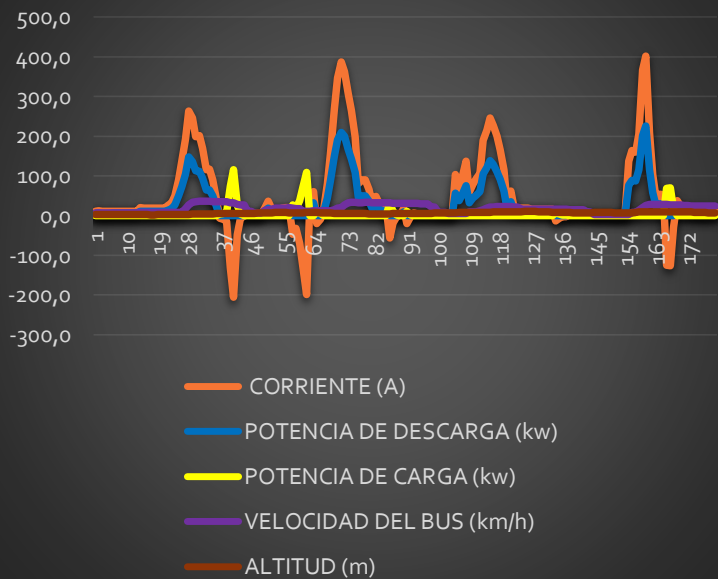
GRÁFICA TOTAL TRAMO 3



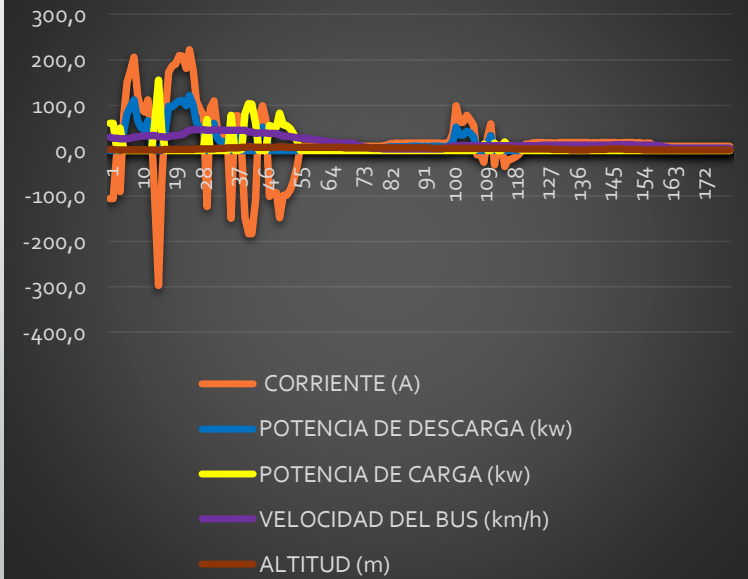
GRAFICA TOTAL TRAMO 4



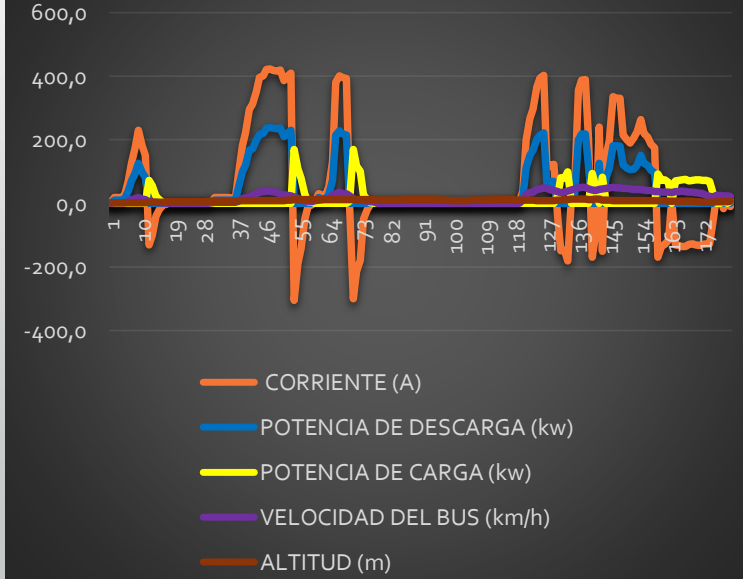
GRÁFICA TOTAL TRAMO 5



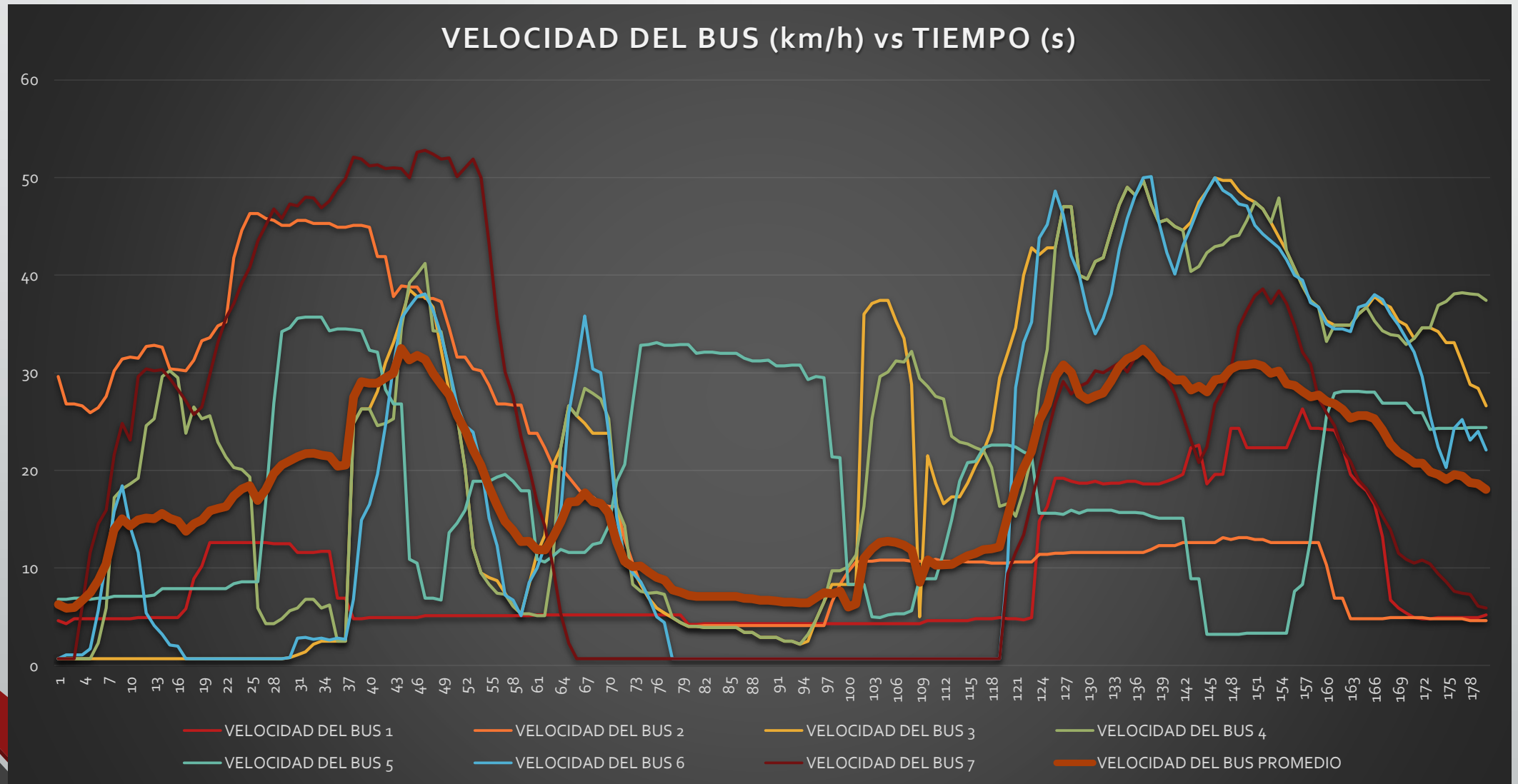
GRAFICA TOTAL TRAMO 6



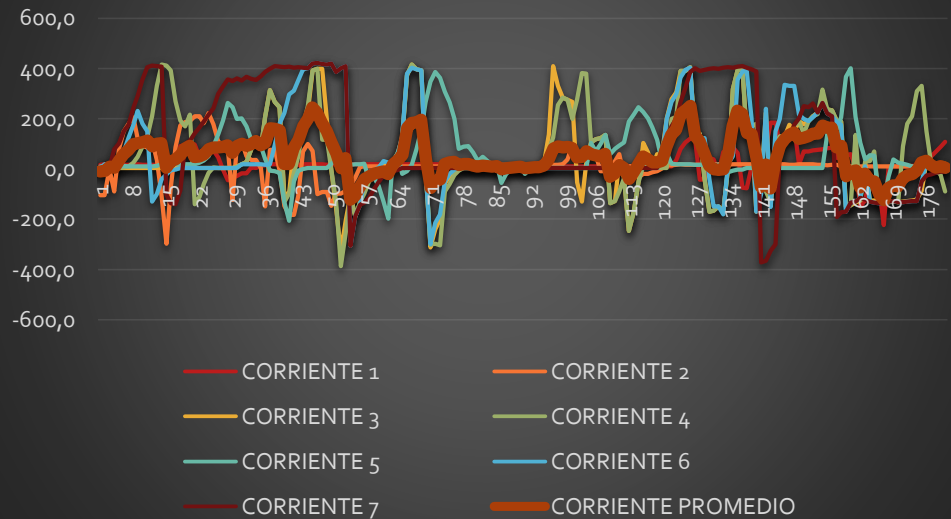
GRAFICA TOTAL TRAMO 7



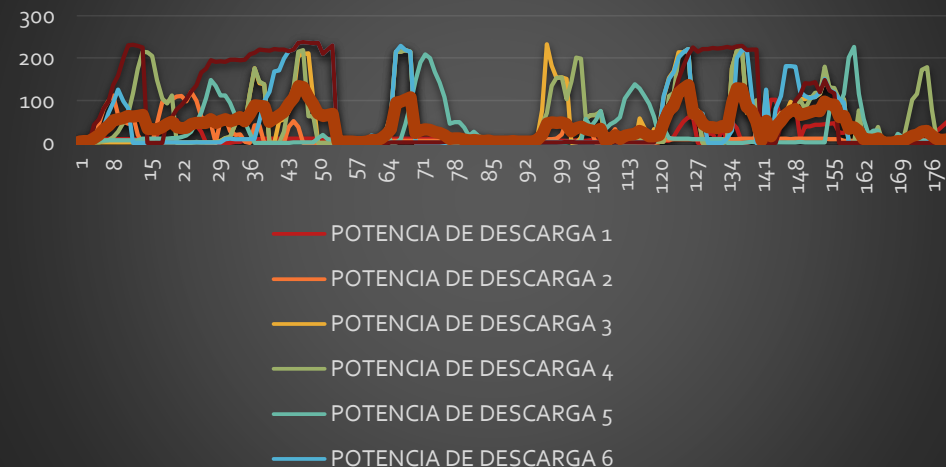
Velocidad del bus promedio



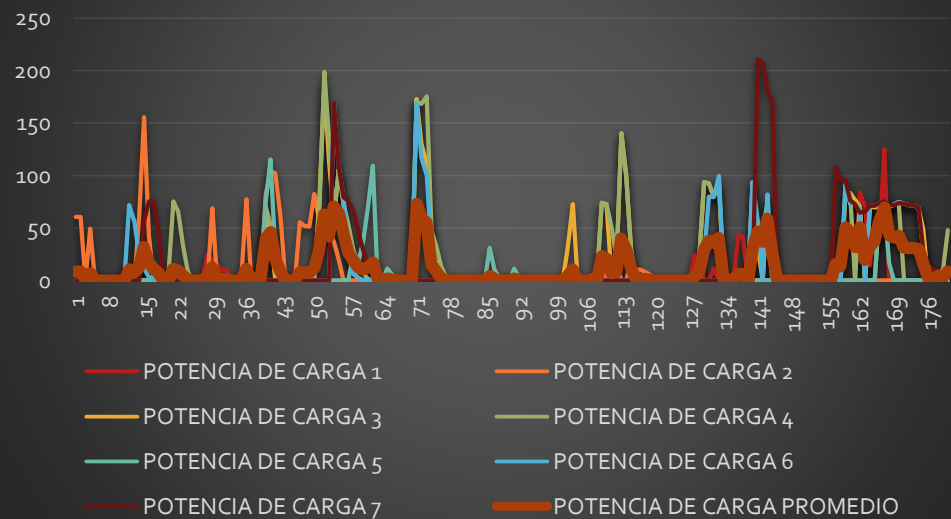
CORRIENTE(A) VS TIEMPO (S)



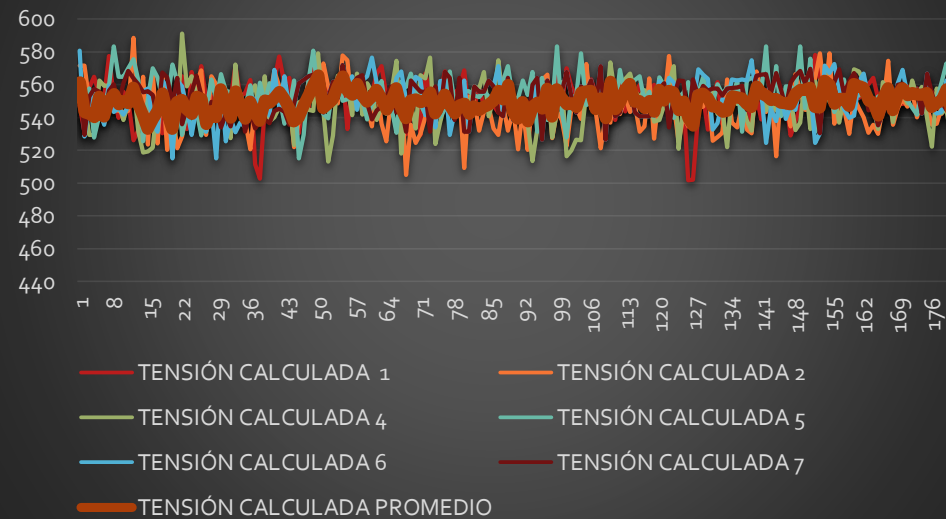
POTENCIA DE DESCARGA (kw) VS TIEMPO (s)



POTENCIA DE CARGA (kw) vs TIEMPO (s)



TENSIÓN CALCULADA (V) VS TIEMPO (S)



Obtención de datos para determinar 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.

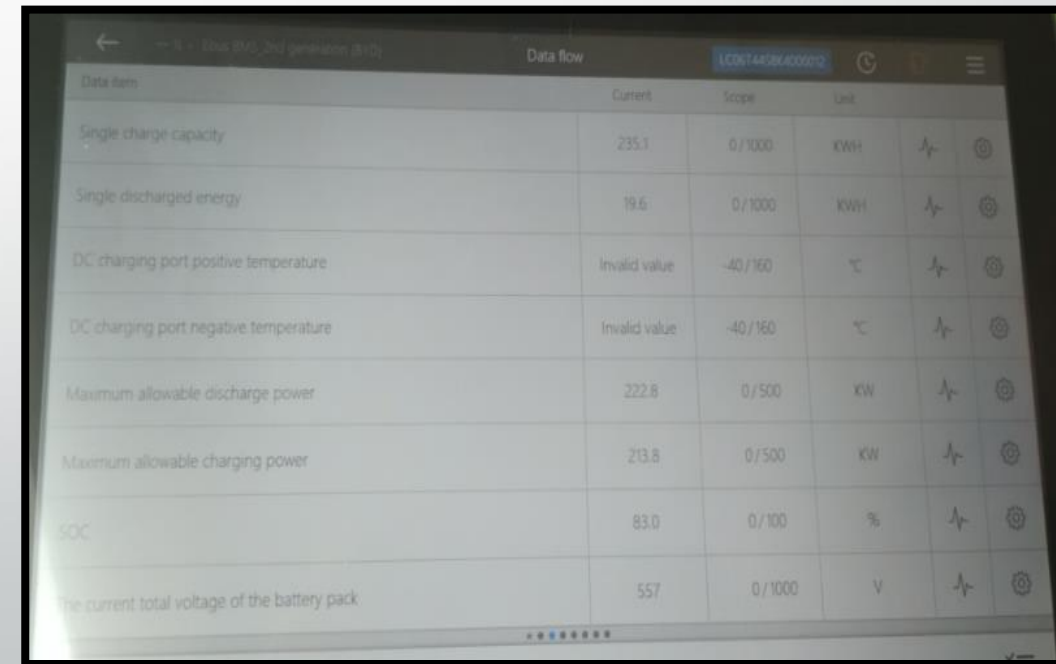
Autonomía teórica calculada

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

RANGO DE OPERACIÓN (km)	ESTADO DE CARGA (SOC “%”)
-------------------------	---------------------------

300	83
-----	----

RESULTADO: 249 km



The screenshot shows a software interface with a table of data items. The table has columns for 'Data item', 'Current', 'Scope', and 'Unit'. The data items listed include 'Single charge capacity', 'Single discharged energy', 'DC charging port positive temperature', 'DC charging port negative temperature', 'Maximum allowable discharge power', 'Maximum allowable charging power', 'SOC', and 'The current total voltage of the battery pack'.

Data item	Current	Scope	Unit
Single charge capacity	235.1	0/1000	KWH
Single discharged energy	19.6	0/1000	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	%
The current total voltage of the battery pack	557	0/1000	V

AUTONOMIA (KM)	TIEMPO TRANSCURRIDO (s)	VELOCIDAD DEL BUQUE (KMH)	ALTITUD (M)	DISTANCIA (KM)	CORRIENTE (A)	POTENCIA DE DESCARGA (KW)	POTENCIA DE CARGA (KW)	VOLTAJE CALCULADO	VOLTAJE NOMINAL (V)	POSICION DEL ACELERADOR (%)	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	1,8	0	485	555	0	82,9
249,20	16	0,70	5	0	3,4	1,8	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	1,8	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

AUTONOMIA (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 (%)	SOCC (%)
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

AUTONOMIA (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 (%)	SOCC (%)
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

AUTONOMIA (KM)	TIEMPO TRANSCURRIDO (S)	VELOCIDAD DEL BUEN (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	69	82,2
248,70	126	42,80	9	0,5	405,5	221,5	0	546	555	69	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

AUTONOMIA (KM)	TIEMPO TRANSCURRIDO (S)	VELOCIDAD DEL BUEN (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	546	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

DETERMINACIÓN DE AUTONOMÍA

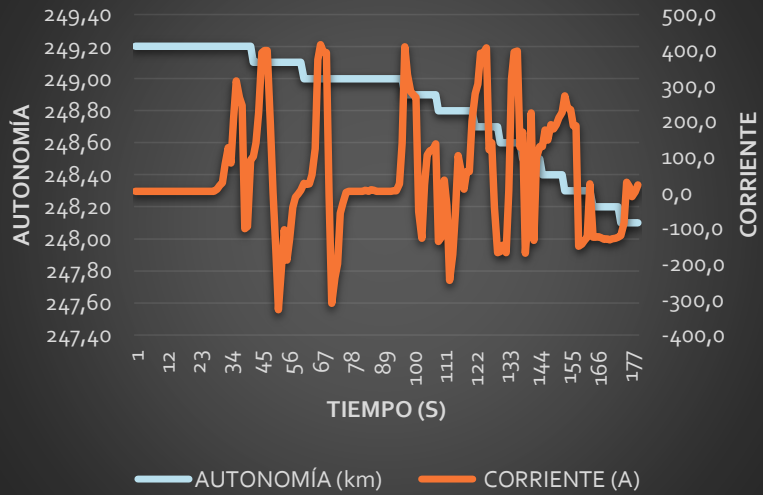
Correlación de Pearson

- Relación directa entre las variables analizadas, el coeficiente de correlación de Pearson sería próximo a 1
- Correlación en sentido inverso con valores del coeficiente próximos a - 1.
- Valor de Pearson bajo, próximo a 0, indica que no existe relación o que si la hubiere es puramente aleatoria.

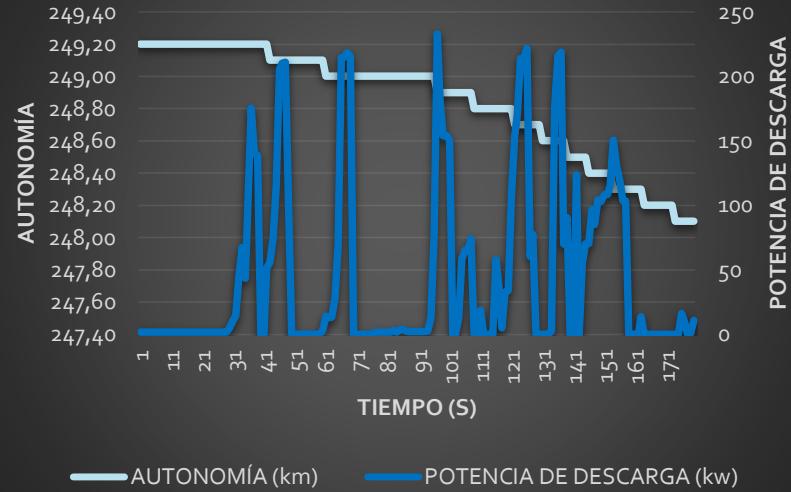
		Autonomía
Correlación de Pearson	Autonomía	1,000
	Tiempo	-,951
	Velocidad	-,731
	Altitud	,074
	Distancia	-,995
	Corriente	,046
	Potencia descarga	-,079
	Potencia carga	-,253
	Acelerador	-,704
	SOC	,942

ANÁLISIS GRÁFICO AUTONOMÍA VS VARIABLES

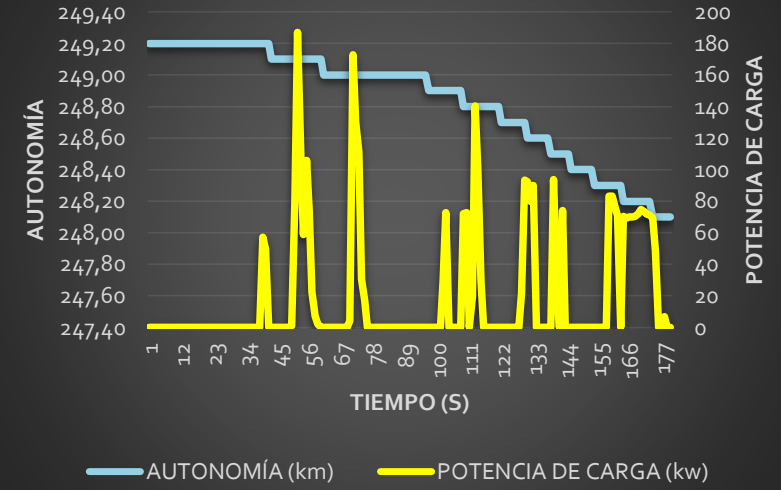
AUTONOMÍA VS CORRIENTE



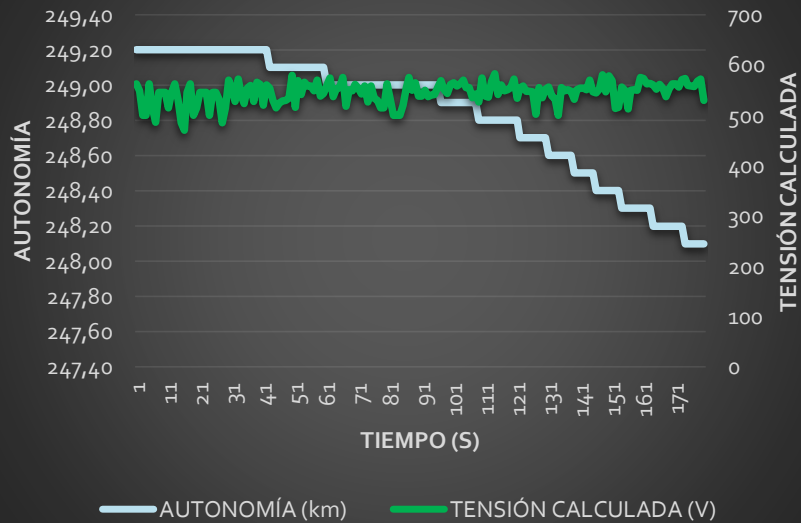
AUTONOMÍA VS POTENCIA DE DESCARGA



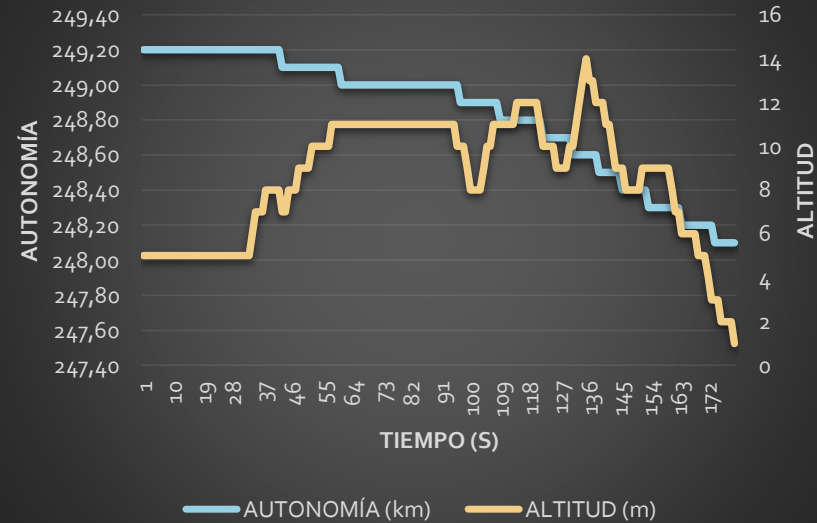
AUTONOMÍA VS POTENCIA DE CARGA



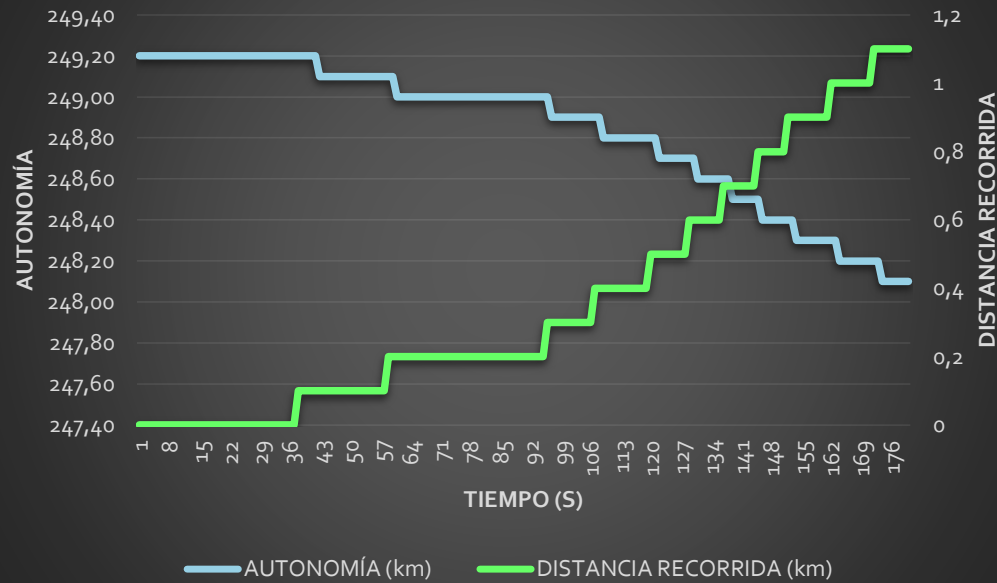
AUTONOMÍA VS TENSIÓN CALCULADA



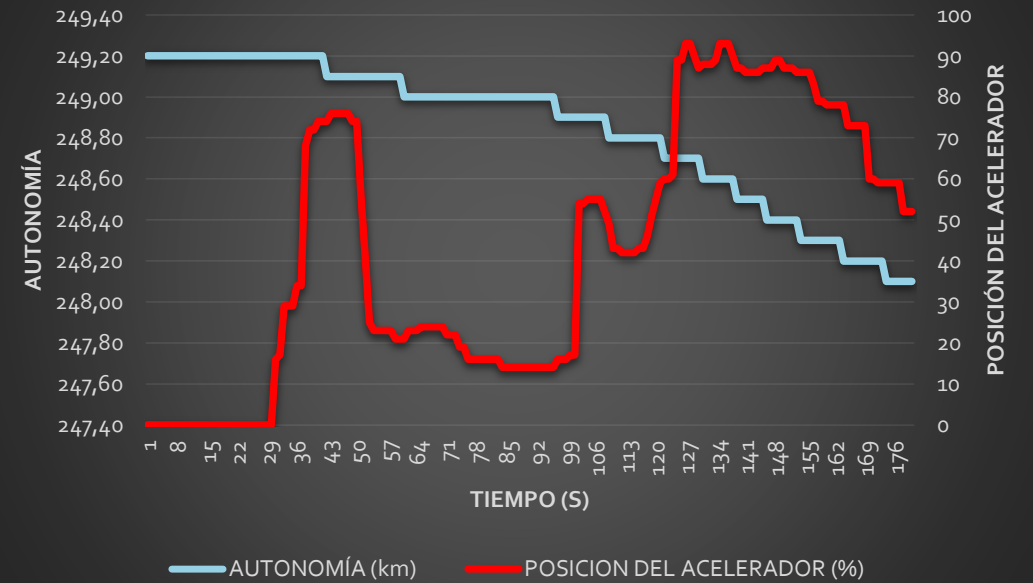
AUTONOMÍA VS ALTITUD



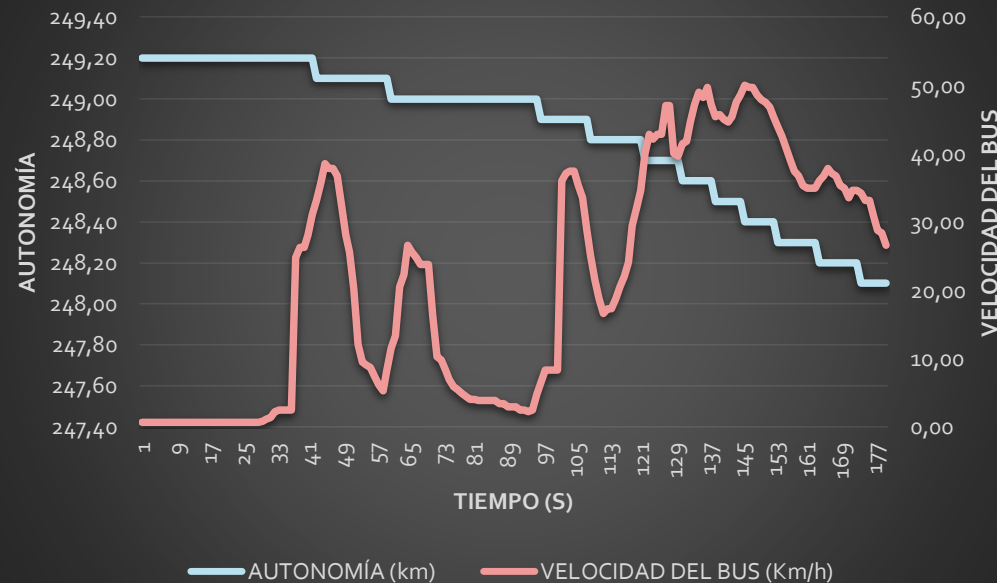
AUTONOMÍA VS DISTANCIA RECORRIDA



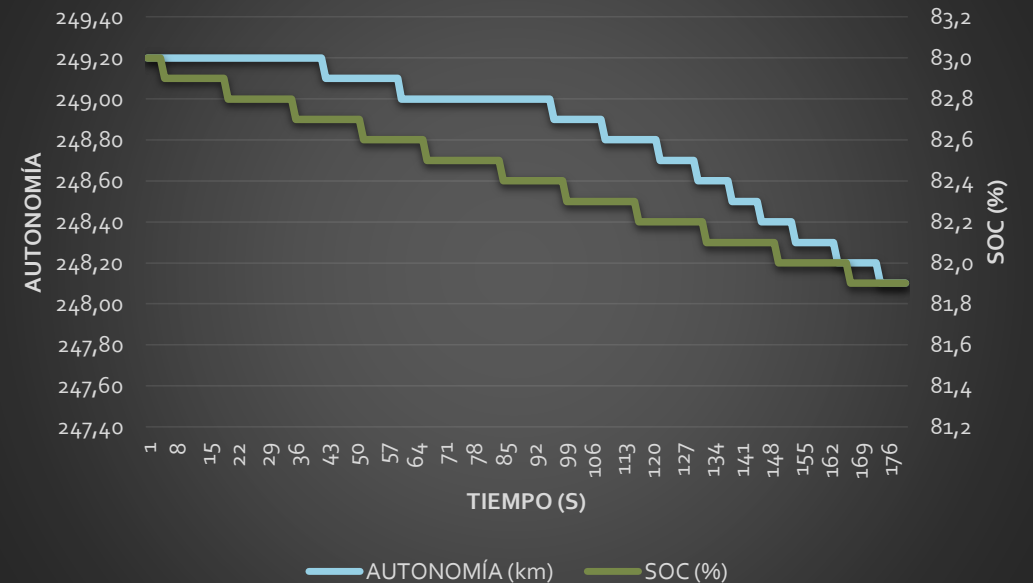
AUTONOMÍA VS POSICIÓN DEL ACELERADOR



AUTONOMÍA VS VELOCIDAD DEL BUS

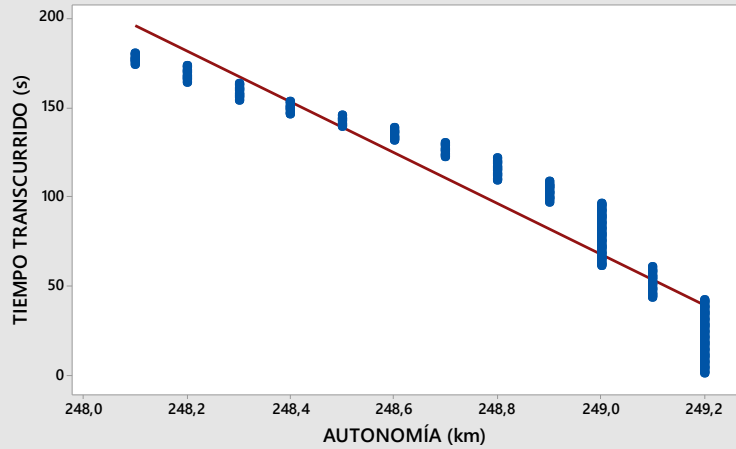


AUTONOMÍA VS SOC (%)

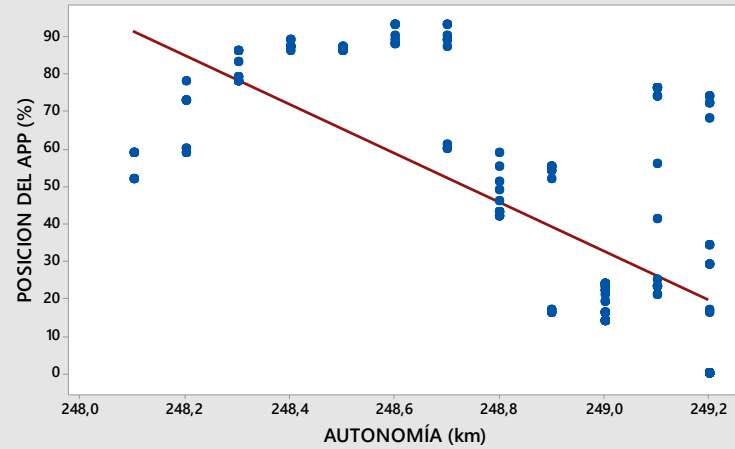


Gráficas de dispersión

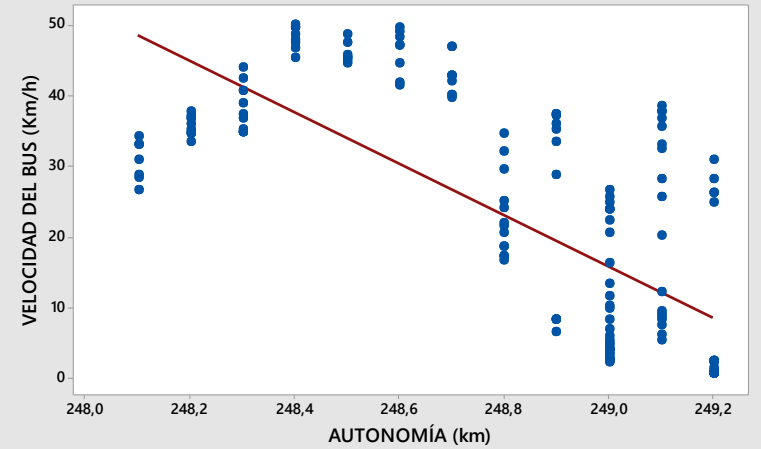
Gráfica de dispersión de TIEMPO TRANSCURRIDO (s) vs. AUTONOMÍA (km)



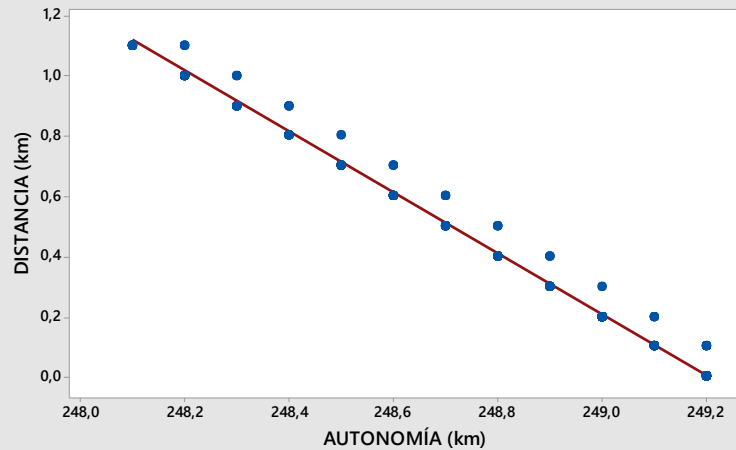
Gráfica de dispersión de POSICION DEL APP (%) vs. AUTONOMÍA (km)



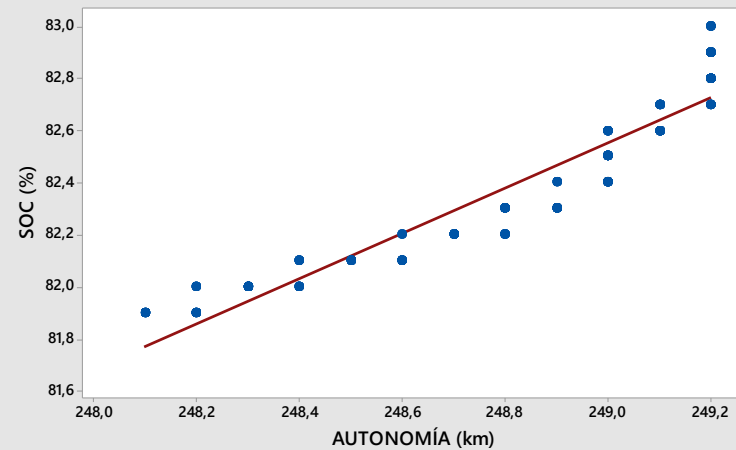
Gráfica de dispersión de VELOCIDAD DEL BUS (Km/h) vs. AUTONOMÍA (km)



Gráfica de dispersión de DISTANCIA (km) vs. AUTONOMÍA (km)



Gráfica de dispersión de SOC (%) vs. AUTONOMÍA (km)



Regresión Múltiple

- Relación de las variables seleccionadas mediante la correlación de Pearson, en la determinación del modelo matemático que simule la determinación de autonomía

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

Término	Coef
Constante	260,88
TIEMPO TRANSCURRIDO (s)	-0,001214
VELOCIDAD DEL BUS (Km/h)	-0,000901
DISTANCIA (km)	-0,9535
POSICION DEL APP (%)	0,000781
SOC (%)	-0,1431

Definición y validación del modelo matemático

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

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

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

$$AUTONOMÍA = 260.88 - 0.001214 * (63) - 0.000901(20,50) - 0.9535(0,2) + 0.000781(23) - 0.1431(82,6)$$

Porcentaje error

Autonomía teórica	247.8 km
Autonomía real	248.7922505 km
Resta	0.9922505 km
Desviación	0.40042 %

Consumo teórico	300km/324kWh= 0,93 km/kWh
Autonomía total real	298,8 km
Consumo real	298,8km/324kWh=0,92 km/kWh

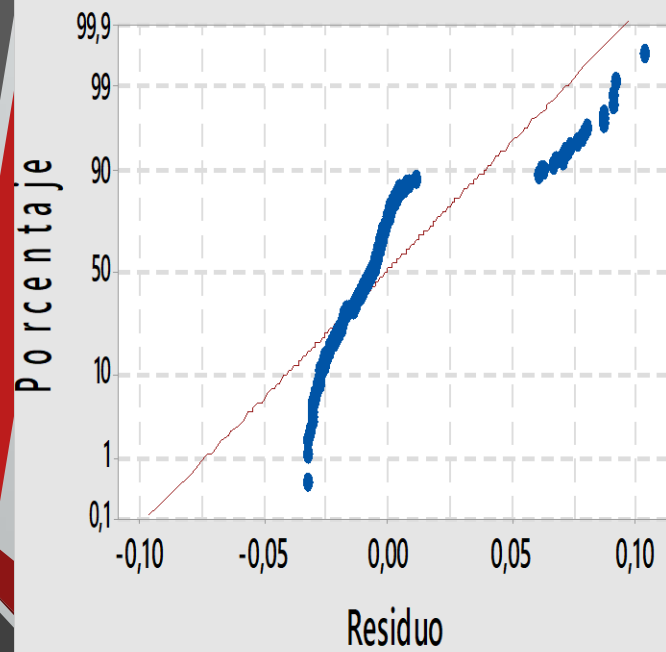
Análisis de aleatoriedad

	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.

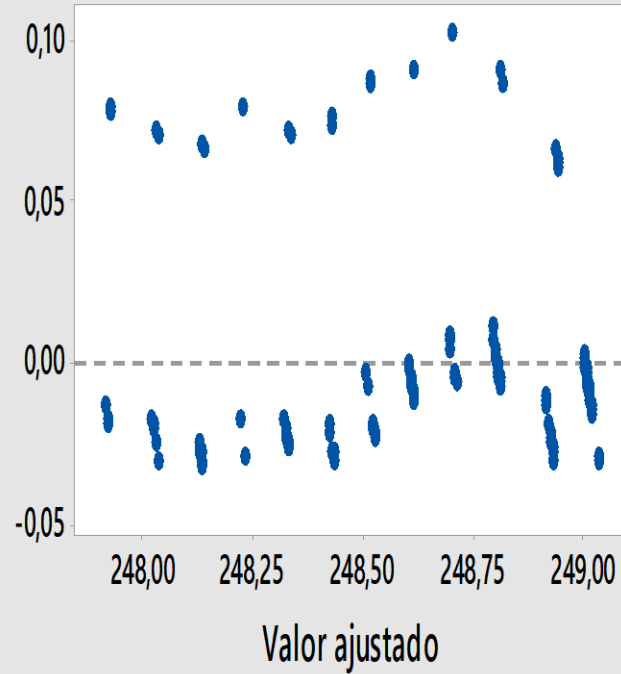
Análisis de residuos

Gráficas de residuos para AUTONOMÍA (km)

Gráfica de probabilidad normal



vs. ajustes



Obs	AUTONOMÍA (km)	Ajuste	Resid	Resid est.	
41	249,000	248,937	0,063	2,04	R
42	249,000	248,933	0,067	2,15	R
59	248,900	248,813	0,087	2,75	R
60	248,900	248,810	0,090	2,86	R
96	248,800	248,697	0,103	3,29	R
107	248,700	248,609	0,091	2,91	R
108	248,700	248,609	0,091	2,88	R
120	248,600	248,513	0,087	2,76	R
121	248,600	248,513	0,087	2,78	R
129	248,500	248,427	0,073	2,34	R
130	248,500	248,424	0,076	2,44	R
137	248,400	248,330	0,070	2,24	R
138	248,400	248,328	0,072	2,28	R
145	248,300	248,221	0,079	2,52	R
152	248,200	248,133	0,067	2,14	R
153	248,200	248,132	0,068	2,16	R
162	248,100	248,029	0,071	2,27	R
163	248,100	248,028	0,072	2,31	R
172	248,000	247,922	0,078	2,54	R
173	248,000	247,920	0,080	2,57	R

Residuo grande R

CONCLUSIONES

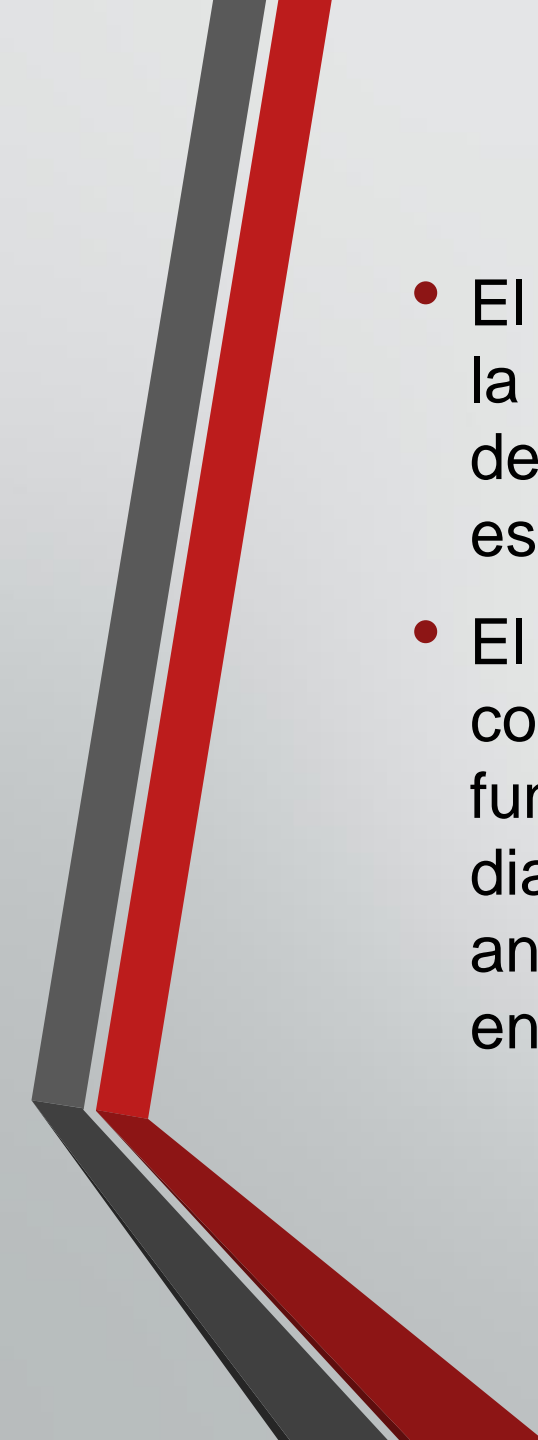
- Se investigó información bibliográfica sobre el vehículo BYD K9G sobre los procesos de carga, procesos de descarga, regeneración y autonomía; a través de pruebas en el bus eléctrico en la ciudad de Guayaquil, considerando condiciones de medición como modos de conducción, congestión vehicular, condiciones 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 min para la obtención de datos, conducción 100% urbana dentro del periférico Saucés 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 demoró 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.

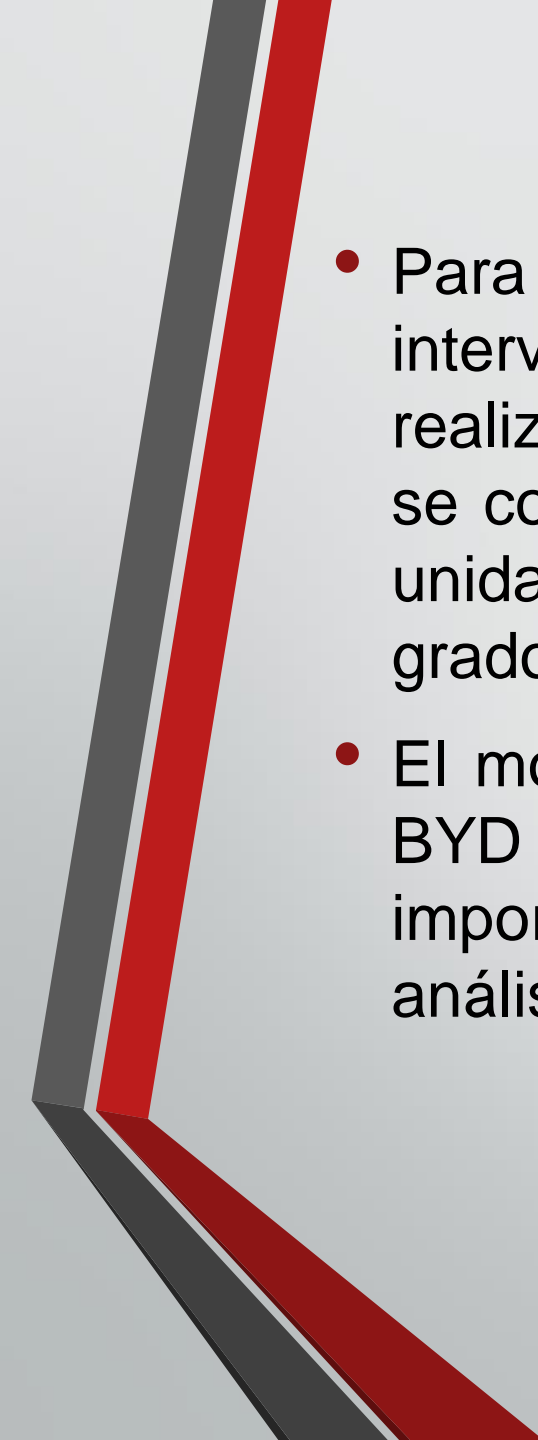
- La autonomía del bus eléctrico K9G BYD decrece a medida que se incrementa el consumo de corriente demandada por la aceleración del bus para alcanzar una velocidad requerida.
- Las variables con mayor índice de influencia en la autonomía se determinaron mediante la correlación de Pearson las cuales 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.



A photograph of a road with yellow center lines receding into the distance under a cloudy sky. The road is paved and the lines are clearly visible. The sky is overcast with grey clouds. There are some trees visible in the background on the right side.

Nunca pares, nunca te
conformes, hasta que lo
bueno sea mejor y lo mejor
sea excelente

Diego A. Mejia