



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 DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO
ELÉCTRICO BYD E5 300 A DIFERENTES GRADOS DE GRADIENTE**

AUTORES: MORALES BERRONES, CRISTIAN BLADIMIR

POZO JURADO, WILLAM ALEXANDER

DIRECTOR: ING. QUIROZ ERAZO, JOSÉ LIZANDRO

LATACUNGA

2019



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD E5 300 A DIFERENTES GRADOS DE GRADIENTE”** fue realizado por los señores: **Morales Berrones, Cristian Bladimir y Pozo Jurado, Willam Alexander** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para lo que sustente públicamente.

Latacunga, 06 de Diciembre de 2019

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la del Ing. José Lizandro Quiroz Erazo. La firma es fluida y contiene algunos elementos circulares y ondulados. Debajo de la firma hay una línea horizontal punteada.

Ing. José Lizandro Quiroz Erazo Msc.

C.C.: 0502312796



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Morales Berrones, Cristian Bladimir y Pozo Jurado, Willam Alexander**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD E5 300 A DIFERENTES GRADOS DE GRADIENTE”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE respetando los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 06 de Diciembre de 2019.

Morales Berrones, Cristian Bladimir

C.C.: 1719934737

Pozo Jurado, Willam Alexander

C.C.: 1003886056



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Morales Berrones, Cristian Bladimir** y **Pozo Jurado, Willam Alexander**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación “**ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD E5 300 A DIFERENTES GRADOS DE GRADIENTE**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 06 de Diciembre de 2019

Una firma manuscrita en tinta azul, bastante cursiva y difícil de leer, que parece corresponder al nombre del titular de la línea de abajo.

Cristian Bladimir Morales Berrones

C.C.: 1719934737

Una firma manuscrita en tinta azul, cursiva, que parece corresponder al nombre del titular de la línea de abajo.

Willam Alexander Pozo Jurado

C.C.: 1003886056

DEDICATORIA

A mis padres Manuel Morales y María Berrones, por permitirme salir a estudiar lejos de casa con la finalidad de ser una mejor persona tanto personal como académicamente y siempre apoyarme de la mejor manera posible.

A mis tíos Fabián Tobar y Nancy Rivera porque desde pequeño me acogieron como un hijo y me ayudaron a ser la persona que soy ahora, enseñándome a luchar por lo que deseo, a ser disciplinado y perseverante en mis propósitos.

A mi novia Alejandra Cueva porque siempre estuvo ahí para apoyarme en las buenas y en las malas, ayudarme en lo que podía y darme ánimos para seguir adelante.

A mi hijo Emilio Morales por ser una inspiración y una motivación para superarme, por ayudarme a tener la convicción de que todo es posible así existan malos días siempre hay que luchar por cumplir las metas propuestas.

A toda mi familia por apoyarme siempre en todos los años que estuve estudiando, ya que con una palabra de ánimo me motivaba a seguir adelante y llegar a culminar esta etapa de mi vida.

Cristian Bladimir Morales Berrones

DEDICATORIA

A mis padres Willam Pozo y Betty Jurado que con esfuerzo y dedicación supieron guiarme durante esta etapa de mi vida, apoyarme y entenderme ante cualquier situación, siempre han entregado todo por mí.

A mi abuelito Luis Jurado quien con sus experiencias y anécdotas supo aportar para mi formación y quien además es el principal promotor para seguir el camino de la mecánica automotriz.

A mi tío Emerson Jurado quien además de ser mi compañero de competencias, es quien, con sus enseñanzas y formación, pudimos consagrar varios logros dentro de la pista y ahora fuera de ellas, este logro quiero compartirlo contigo.

A toda mi familia y amigos, quienes cada fin de semana me daban aliento para continuar en esta etapa de mi vida para no desistir y jamás darme por vencido.

Willam Alexander Pozo Jurado

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la salud, fuerza y sabiduría para poder culminar con orgullo mis estudios académicos, en esta etapa importante de mi vida.

A mis padres y tíos por ayudarme y apoyarme en las decisiones tomadas de elegir esta maravillosa carrera y trasladarme a otra ciudad a estudiar, por estar siempre pendientes de mí, darme apoyo en momentos difíciles y estar orgullosos de la persona en la que me he convertido tanto personal como profesionalmente.

A mi novia, mi hijo y sus padres por siempre estar pendientes de mí, ayudarme en todo lo posible, darme fuerza para seguir adelante en momentos difíciles y compartir conmigo momentos gratificantes.

A mi hermana que a pesar de esta a la distancia siempre estaba pendiente de mis estudios y de mi persona.

A los ingenieros presentes en cada nivel de la carrera ya que con sus enseñanzas y conocimientos me permitieron superarme académica y personalmente para lograr ser una gran persona y un excelente profesional.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga por permitirme estudiar esta maravillosa carrera de Ingeniería Automotriz que me va a permitir desenvolverme de la mejor manera en el campo laboral.

Cristian Bladimir Morales Berrones.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, por ser causantes de los sueños y confiar en el esfuerzo que realice en todo momento y por no dejarme caer durante la carrera universitaria a pesar de los tropiezos que existieron.

Doy gracias a mi abuelito y tío Luis y Emerson Jurado quienes, con sus conocimientos prácticos impartidos en el taller, supieron prepararme para los retos académicos y ser más que guías durante mi carrera universitaria.

Agradezco a los docentes, quienes supieron compartir sus conocimientos y experiencias y anécdotas, con la intención de formar grandes profesionales y siempre motivándonos, de tal forma que la institución mantenga el reconocimiento como una de las mejores universidades en el área de Ingeniería Automotriz a nivel nacional.

Willam Alexander Pozo Jurado

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Justificación e Importancia.	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Área de influencia	4
1.5. Descripción resumida del proyecto.....	4
1.6. Metas.....	5
1.7. Hipótesis.....	5
1.8. Variables de investigación.....	6
1.8.1. Variable dependiente.....	6
1.8.2. Variable independiente	6
1.8.3. Operacionalizaciones de las tablas.....	6
1.9. Metodología	9

1.9.1. Método de Observación	9
1.9.2. Método Deductivo.....	9
1.9.3. Método Inductivo.	9
1.9.4. Método analítico	10
1.9.5. Método experimental.....	10
1.9.6. Método comparativo.	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del vehículo eléctrico.....	13
2.2 Vehículo Eléctrico	13
2.3 Tipos de Vehículos Eléctricos.	15
2.4 Carga inteligente de un vehículo eléctrico.....	15
2.5 Venta de vehículos eléctricos en Ecuador.	15
2.6 Homologación de Vehículos Eléctricos en Ecuador.....	16
2.6.1 Artículo 9.....	17
2.6.2 Artículo 11.....	17
2.6.3 Artículo 19.....	17
2.6.4 Artículo 20.....	17
2.7 Eficiencia Energética de vehículos eléctricos.	18
2.8 Autonomía de los vehículos eléctricos.....	19
2.9 Componentes principales del vehículo eléctrico.....	20
2.9.1 Controlador electrónico.....	20
2.9.2 Conversor	21
2.9.3 Inversor.	21
2.9.4 Motor eléctrico.....	22
2.10 Historia de BYD.....	22
2.11 BYD en Ecuador.....	23
2.12 Modelos eléctricos BYD en el Ecuador.....	24
2.13 Electrolinera en Ecuador.....	24
2.14 Vehículo BYD e5 300	24
2.15 Batería del vehículo eléctrico BYD	25
2.16 Adaptadores y terminales de recarga del vehículo eléctrico.....	26

2.17	Freno regenerativo del vehículo eléctrico.....	26
2.18	Ficha técnica del vehículo eléctrico BYD e5 300.	27
2.19	Parámetros cuantitativos del vehículo eléctrico.....	27
2.19.1	Intensidad de corriente.	27
2.19.2	Estado de carga.....	28
2.19.3	Potencia.	28
2.19.4	Desempeño mecánico.	28
2.19.5	Amperios – hora consumidos.	28
2.19.6	Consumo neto de energía – Autonomía.....	29
2.19.7	Aceleración en plano.....	30
2.19.8	Capacidad de ascenso en pendiente.....	30
2.20	Norma UNE 26356.....	30
2.21	Norma SAE J1491.	31
2.22	Norma UNE 26358.....	31
2.23	Norma WLTP.....	31
2.24	Pruebas de aceleración en plano-pendiente.....	31
2.25	Instrumentos de medición.....	32
2.25.1	GPS.....	32
2.25.2	Scanner automotriz.	32
2.25.3	Multímetro automotriz.	33
2.25.4	Anemómetro.....	33
2.25.5	Cronómetro.....	33
2.25.6	Termómetro.....	33

CAPÍTULO III

PROTOCOLO DE PRUEBAS EN BASE A LAS NORMATIVAS UNE 26-356-358 Y COMPROBACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN.

3.1.	Parámetros a tomar en cuenta para realizar la ruta de prueba.....	34
3.1.1.	Clima	34
3.1.2.	Pendiente de la vía.....	34
3.1.3.	Congestión vehicular.....	35
3.1.4.	Tipo de calzada.....	35
3.2.	Prueba de determinación de aceleración en plano a distintos porcentajes de carga aplicando los protocolos.	35

3.2.1. RUTA 1: Avenida Eloy Alfaro - entre gasolinera Puma y Niágara.	36
3.2.2. RUTA 2: Calle Quijano y Ordoñez – Estadio La Cocha.	38
3.3. Prueba de determinación de aceleración en pendiente a distintos porcentajes de carga aplicando los protocolos.	40
3.3.1. RUTA 1: La ESPE	42
3.3.2. RUTA 2: Carretera Panamericana – Sector El Chasqui.	44
3.3.3. RUTA 3: Paso Lateral Latacunga E30.....	46

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS

4.1 Pruebas de aceleración en plano a distintos porcentajes de carga aplicando los protocolos.	48
4.1.1. Prueba de aceleración en la ruta: Avenida Eloy Alfaro - entre gasolinera Puma y Niágara.	48
4.1.2. Prueba de aceleración en la ruta: Calle Quijano y Ordoñez – Estadio La Cocha.	58
4.2. Pruebas de aceleración en pendiente a distintos porcentajes de carga aplicando los protocolos.	68
4.2.1. Prueba de aceleración en la ruta: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, Campus Belisario Quevedo.	68
4.2.2. Prueba de aceleración en la ruta: Carretera Panamericana – Sector El Chasqui.	78
4.2.3. Prueba de aceleración en la ruta: Paso Lateral E35.	88
4.3. Análisis de pruebas en plano	98
4.4. Análisis de pruebas en pendiente.....	99

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1 Recursos	101
5.1.1 Recursos humanos.....	101
5.1.2 Recursos tecnológicos.....	101
5.1.3 Recursos materiales.....	102
5.1.4 Recursos financieros.....	102

CONCLUSIONES.....	103
--------------------------	------------

RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	106
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Variable dependiente: Parámetros para pruebas de aceleración y arranque en plano- pendiente.....</i>	6
Tabla 2. <i>VARIABLES INDEPENDIENTES: Vehículo BYD E5 300.</i>	8
Tabla 3. <i>Metodología, instrumentación y lugar donde se llevará a cabo el proyecto.</i>	10
Tabla 4. <i>Ficha técnica de vehículo eléctrico BYD e5 300</i>	27
Tabla 5. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en plano</i>	48
Tabla 6. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en plano</i>	48
Tabla 7. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en plano</i>	49
Tabla 8. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.....</i>	50
Tabla 9. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en plano</i>	51
Tabla 10. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en plano</i>	52
Tabla 11. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en plano</i>	52
Tabla 12. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.....</i>	53
Tabla 13. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en plano</i>	54
Tabla 14. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en plano</i>	55
Tabla 15. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en plano</i>	55
Tabla 16. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.....</i>	57
Tabla 17. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en plano</i>	58
Tabla 18. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en plano</i>	59
Tabla 19. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en plano</i>	59
Tabla 20. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.....</i>	61
Tabla 21. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en plano</i>	62
Tabla 22. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en plano</i>	62
Tabla 23. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en plano</i>	62
Tabla 24. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.....</i>	64
Tabla 25. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en plano</i>	65
Tabla 26. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en plano</i>	65
Tabla 27. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en plano</i>	65
Tabla 28. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.....</i>	67
Tabla 29. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente</i>	68
Tabla 30. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente</i>	69
Tabla 31. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente</i>	69
Tabla 32. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.....</i>	71
Tabla 33. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente</i>	72
Tabla 34. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente</i>	72
Tabla 35. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente</i>	72
Tabla 36. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.....</i>	74
Tabla 37. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente</i>	75
Tabla 38. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente</i>	76
Tabla 39. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente</i>	76

Tabla 40. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas</i>	77
Tabla 41. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente</i>	79
Tabla 42. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente</i>	79
Tabla 43. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente</i>	79
Tabla 44. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas</i>	81
Tabla 45. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente</i>	82
Tabla 46. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente</i>	82
Tabla 47. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente</i>	82
Tabla 48. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas</i>	84
Tabla 49. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente</i>	85
Tabla 50. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente</i>	86
Tabla 51. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente</i>	86
Tabla 52. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas</i>	88
Tabla 53. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente</i>	89
Tabla 54. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente</i>	89
Tabla 55. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente</i>	89
Tabla 56. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas</i>	91
Tabla 57. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente</i>	92
Tabla 58. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente</i>	92
Tabla 59. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente</i>	92
Tabla 60. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas</i>	94
Tabla 61. <i>Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente</i>	95
Tabla 62. <i>Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente</i>	95
Tabla 63. <i>Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente</i>	95
Tabla 64. <i>Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas</i>	97
Tabla 65. <i>Recursos humanos del proyecto de investigación.</i>	101
Tabla 66. <i>Recursos tecnológicos del proyecto de investigación.</i>	101
Tabla 67. <i>Recursos materiales del proyecto de investigación.</i>	102
Tabla 68. <i>Recursos financieros del proyecto de investigación.</i>	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vehículo eléctrico inventado por Ányos Jedlik en 1828	13
Figura 2. Punto de carga de vehículo eléctrico.....	14
Figura 3. Ventas mensuales de vehículos eléctricos en Ecuador	16
Figura 4. Análisis de la eficiencia en el "Tanque-ruedas"	19
Figura 5. Controlador electrónico.	20
Figura 6. Conversor.	21
Figura 7. Inversor	21
Figura 8. Motor eléctrico.....	22
Figura 9. Primer vehículo BYD, el F3.	23
Figura 10. Vehículo eléctrico BYD e5 300.	25
Figura 11. Ruta Avenida Eloy Alfaro	37
Figura 12. Ruta Estadio la Cocha.....	39
Figura 13. Ruta ESPE Belisario Quevedo	42
Figura 14. Ruta El Chasqui	44
Figura 15. Ruta Paso lateral Latacunga E30	46
Figura 16. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 1.	49
Figura 17. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 1.	50
Figura 18. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 1.	51
Figura 19. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 1.	52
Figura 20. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 1.	53
Figura 21. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 1.	54
Figura 22. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 1.	56
Figura 23. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 1.	57
Figura 24. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 1.	58
Figura 25. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 2.	59
Figura 26. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 2.	60
Figura 27. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 2.	61
Figura 28. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 2.	63
Figura 29. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 2.	63
Figura 30. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 2.	64
Figura 31. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 2.	66
Figura 32. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 2.	67
Figura 33. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 2.	68
Figura 34. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 1.	70
Figura 35. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 1.	70
Figura 36. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 1.	71
Figura 37. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 1.	73
Figura 38. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 1.	74
Figura 39. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 1.	75
Figura 40. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 1.	76

Figura 41. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 1.	77
Figura 42. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 1.	78
Figura 43. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 2.	80
Figura 44. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 2.	80
Figura 45. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 2.	81
Figura 46. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 2.	83
Figura 47. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 2.	84
Figura 48. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 2.	85
Figura 49. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 2.	86
Figura 50. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 2.	87
Figura 51. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 2.	88
Figura 52. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 3.	90
Figura 53. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 3.	90
Figura 54. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 3.	91
Figura 55. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 3.	93
Figura 56. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 3.	93
Figura 57. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 3.	94
Figura 58. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 3.	96
Figura 59. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 3.	97
Figura 60. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 3.	98

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo del consumo energético.....	29
Ecuación 2. Cálculo de la aceleración	32
Ecuación 3. Cálculo de grado de pendiente.....	34
Ecuación 4. Cálculo del porcentaje de pendiente	35

RESUMEN

La obtención de datos del presente trabajo de titulación se los realizó en la ciudad de Latacunga, como parte del convenio realizado con la empresa BYD y la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, carrera de Ingeniería Automotriz. En el vehículo eléctrico E5 300, las mediciones fueron tomadas en tiempo real mediante pruebas de carretera basadas en un protocolo con base en la norma SAE J1491 y UNE 26-356, 26-358. Se procedió a realizar pruebas en las rutas establecidas tomando en cuenta factores climáticos, de altimetría, tipo de calzada, tráfico vehicular y leyes de tránsito, de las cuales se tabularon datos de aceleración, potencia y consumo energético del vehículo obtenidos a partir de tres pruebas realizadas por porcentaje establecido en el protocolo en distintas gradientes. Una vez obtenidos los resultados se evidenciarán los mismos mediante ecuaciones específicas y gráficas de comparación para cada una de las pruebas realizadas en los diferentes porcentajes de carga de la batería.

PALABRAS CLAVE:

- **VEHÍCULO BYD**
- **VEHÍCULO ELÉCTRICO**
- **CONSUMO ENERGÉTICO**
- **ACELERACIÓN DEL VEHÍCULO**

ABSTRACT

The data obtained for this investigation were carried out at Latacunga city, as part of the agreement made into between BYD and the Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Extensión Latacunga, Automotive career. In the E5 300 EV (Electric-Vehicle), measurements were taken in real time through road tests based on standard protocols SAE J1491 y UNE 26-356, 26-358. Tests were carried out on determined routes regarding climate factors, altimetry, road type, vehicular traffic and laws, from which data acceleration, power and energy consumption were tabulated, landed from three test performance by percentage battery charge in the protocol standard and different slopes. Once obtained results, they will be shown by specific equations and comparison plots for each performance test at different battery charge percentage.

KEY WORDS:

- **BYD VEHICLE**
- **ELECTRIC VEHICLE**
- **ENERGY CONSUMPTION**
- **VEHICLE ACCELERATION**

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del Problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, carrera de Ingeniería Automotriz y la Empresa BYD establecen un convenio con el propósito de justificar y admitir la operación de estos vehículos eléctricos en el país, mediante el análisis del consumo energético a diferentes grados de gradiente y en varios porcentajes de carga tomando parámetros como: velocidad, distancia, aceleración, tiempo, altitud y condiciones climáticas y geográficas, entre otros. Dicho análisis debe ser avalado por un ente público; que en este caso es la Universidad.

El diseño y manufactura de estos vehículos eléctricos ha sido construido para las condiciones geográficas del país China, teniendo en cuenta que el terreno y carreteras ecuatorianas tienen diferentes características, se ha implementado un cierto protocolo de pruebas para analizar y determinar posibles fallas que se presenten en estos vehículos para su próxima comercialización en el país.

El gran inconveniente que han presentado los vehículos eléctricos es la autonomía baja que presentan debido a que los vehículos convencionales como tal pueden recorrer largas distancias y cuando requieran recargar su combustible esta no se demora más de 5 minutos y seguir en su recorrido hasta el lugar de destino a diferencia de los vehículos eléctricos que necesariamente tienen que ser recargados por varias horas antes de volver a operar con su energía al 100 %.

Estas bajas prestaciones en la relación batería-distancia recorrida y las condiciones geográficas tanto ascensos como descensos y las condiciones climatológicas como el frío hacen que los vehículos eléctricos pierdan autonomía y capacidad de regeneración de la batería. Siendo preferidos para transporte en la ciudad por las habitantes al tener su rendimiento económico al momento de la operación, ya que en un vehículo convencional; cada cierto kilometraje se requiere de mantenimientos que al acumularse los años se generan gastos elevados si le suma al valor del vehículo.

1.2. Justificación e Importancia.

La tendencia mundial de eliminar los vehículos de combustión interna por combustibles naturales, vehículos híbridos o vehículos eléctricos, ha llevado a desarrollar aspectos inherentes al conocimiento de principio de operación, costos de mantenimiento y necesidades relacionadas al diario vivir de nuestro país hace necesario que se lleve a cabo este proyecto.

Actualmente en nuestro país la mayoría de vehículos matriculados en el Ecuador son con motores de combustión interna, tras los elevados niveles de contaminación presentados a nivel mundial las empresas automotoras realizan constantes avances tecnológicos enfocados a la conservación del ecosistema reduciendo el consumo de combustibles fósiles, se observa que la empresa BYD está incursionando en la importación de vehículos eléctricos en nuestro entorno, por esto la escasa información tanto del funcionamiento de este tipo de vehículos, incentiva a la realización de este

proyecto que servirá como fuente de información didáctica y para posteriores investigaciones que pueden aportar en el desarrollo tecnológico.

Determinar las capacidades para dar a conocer a las personas de que tan factible es la adquisición de uno de estos vehículos eléctricos ha sido uno de nuestros objetivos al momento de realizar este estudio, ya que es de vital importancia contar con la confianza del rendimiento de este vehículo tanto en la parte motriz como en satisfacción con respecto a los vehículos de motor de combustión interna.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Realizar el análisis del consumo energético del vehículo eléctrico BYD E5 300 a diferentes grados de gradiente.

1.3.2. Objetivos específicos

- Buscar información confiable en libros, bases digitales y escritas referentes al funcionamiento de vehículos eléctricos.
- Establecer un protocolo de pruebas de aceleración en plano y pendiente en base a las normas SAE j 1491 y UNE 26-356 y 358.
- Realizar un ensayo de pruebas para la recopilación de parámetros de velocidad, aceleración, distancias y tiempos recorridos por el vehículo BYD E5 300.

- Realizar el análisis de los datos de distancia, tiempo, aceleración, potencia y consumo de la batería obtenidos mediante comparación entre los mismos a distintos porcentajes de carga.
- Desarrollar un análisis gráfico del comportamiento del vehículo en base a los parámetros de aceleración en plano.

1.4. Área de influencia

- País de Ecuador
- Región Centro
- Provincia de Cotopaxi.
- Ciudad de Latacunga.
- Parroquia Belisario Quevedo.
- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.
- Laboratorio de Autotrónica Carrera de Ingeniería Automotriz.

1.5. Descripción resumida del proyecto

El proyecto " ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD E5 300 A DIFERENTES GRADOS DE GRADIENTE" considerará los siguientes aspectos:

Se recopilará información tomando en cuenta su procedencia considerando únicamente fuentes confiables como son libros, tesis, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones gubernamentales.

Se determinará primeramente los parámetros que tienen incidencia en las pruebas que se va a realizar tales como: condiciones climáticas, carga, velocidad, amperaje, porcentaje de carga, distancia, tiempo y condiciones geográficas para saber de qué manera tendrán incidencia en las pruebas de campo.

La obtención de datos se la realizará en la ciudad de Latacunga, como parte del convenio realizado con la empresa BYD y la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, carrera de Ingeniería Automotriz en el vehículo eléctrico E5 300, las mediciones serán tomados en tiempo real mediante pruebas de carretera basadas en un protocolo de acuerdo a la norma SAE J1491 y UNE 26-356, 26-358.

1.6. Metas

Las metas del presente proyecto son:

- Determinar la aceleración del vehículo E5 300 a través de un protocolo de pruebas con distintos porcentajes de carga de la batería.
- Determinar el consumo energético en diferentes grados de gradiente y rangos de carga previamente establecidos.
- Realizar un análisis de los datos obtenidos en las pruebas en bases a los parámetros establecidos por las normas SAE J1491 y UNE 26356.

1.7. Hipótesis

La determinación del consumo energético del vehículo BYD E5 300 mediante pruebas en plano y a diferentes grados de gradiente permitirá conocer el comportamiento que este tiene aplicando un porcentaje mínimo de carga de batería de 25% para que el vehículo pueda realizar el ascenso.

1.8. Variables de investigación

1.8.1. Variable dependiente

Parámetros para pruebas de aceleración y arranque en plano- pendiente.

1.8.2. Variable independiente

Vehículo BYD E5 300.

1.8.3. Operacionalizaciones de las tablas

- Variable dependiente

Tabla 1.

Variable dependiente: Parámetros para pruebas de aceleración y arranque en plano- pendiente.

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
La aceleración el plano hace referencia al tiempo que tarda el vehículo en alcanzar varios valores de velocidad en una distancia determinada.	Tecnología	Velocidad	Km/h	Medición	Guía o protocolo de pruebas
				Experimentación.	
				Ensayos	
Distancia	m	Medición	Guía o protocolo de pruebas.		
		Experimentación.			
		Ensayos			
				Medición	Guía o protocolo de pruebas

CONTINÚA →

		Tiempo	s	Experimentación. Ensayos	
		Humedad	%	Medición Experimentación. Ensayos	Guía o protocolo de pruebas
		Temperatura	°C	Medición Experimentación. Ensayos	Guía o protocolo de pruebas
<p>La aceleración el pendiente hace referencia al tiempo que tarda el vehículo en alcanzar varios valores de velocidad en una distancia determinada con un ángulo de inclinación</p>	Tecnología	Velocidad	Km/h	Medición Experimentación. Ensayos	Guía o protocolo de pruebas
		Distancia	m	Medición Experimentación. Ensayos	Guía o protocolo de pruebas.
		Tiempo	s	Medición Experimentación. Ensayos	Guía o protocolo de pruebas
		Humedad	%	Medición Experimentación. Ensayos	Guía o protocolo de pruebas
		Temperatura	°C	Medición Experimentación. Ensayos	Guía o protocolo de pruebas
		Pendiente	°	Medición Experimentación. Ensayos	Guía o protocolo de pruebas

CONTINÚA →

<p>El arranque en pendiente hace referencia a la capacidad de vehículo de partir de cero y ascender por una pendiente pronunciada hasta una distancia de 1000m, tomando en consideración el tiempo empleado.</p>	Tecnología		Medición	Guía o protocolo de pruebas	
		Velocidad	Km/h	Experimentación.	
				Ensayos	
		Distancia	m	Medición	Guía o protocolo de pruebas.
				Experimentación.	
				Ensayos	
		Tiempo	s	Medición	Guía o protocolo de pruebas
				Experimentación.	
				Ensayos	
		Humedad	%	Medición	Guía o protocolo de pruebas
				Experimentación.	
				Ensayos.	
		Temperatura	°C	Medición	Guía o protocolo de pruebas
				Experimentación.	
				Ensayos	
		Pendiente	°	Medición	Guía o protocolo de pruebas
				Experimentación.	
				Ensayos.	

- **Variable independiente.**

Tabla 2.

Variables independientes: Vehículo BYD E5 300.

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítem	Técnica	Instrumentos
Vehículo Eléctrico BYD E5 300	Tecnología	Carga de batería	%	Medición	Guía de procedimientos
				Experimentación.	
				Ensayos	

CONTINÚA →

	Estado de batería	V	Medición Experimentación. Ensayos	Guía de procedimientos
	Frenos	----	Medición Experimentación. Ensayos	Guía de procedimientos

1.9. Metodología

1.9.1. Método de Observación

Se usó este método porque permitió determinar las condiciones reales de operación y configuración eléctrica y mecánica del vehículo para determinar la factibilidad de las pruebas de aceleración en plano y pendiente.

1.9.2. Método Deductivo

Por medio de este método se verificó los parámetros necesarios presentes en las normativas SAE y UNE para poder realizar las pruebas de aceleración en plano y pendiente; y arranque en pendiente adecuadas a la condiciones climatológicas y físicas de la ciudad de Latacunga.

1.9.3. Método Inductivo.

Se utilizó este método porque se va a someter a un proceso de descarga a la batería hasta alcanzar el porcentaje necesario para realizar las distintas pruebas de aceleración y arranque plano-pendiente.

1.9.4. Método analítico

Este método permitió analizar los resultados obtenidos al realizar las pruebas de aceleración, tabulando y sacando las respectivas gráficas que evidenciaran las variaciones existentes conforme varíen las condiciones de pruebas.

1.9.5. Método experimental.

Se utilizó este método debido a que se va a usar un GPS, termómetro, anemómetro y cronómetro para evidenciar los parámetros necesarios en la obtención de resultados como son velocidades, tiempos, distancias, porcentaje de carga de la batería y consumo.

1.9.6. Método comparativo.

El método comparativo permitió evidenciar la variación de parámetros establecidos al aplicar la metodología de las normas SAE J1491 y UNE 26356 a iguales condiciones ambientales con la finalidad de observar el comportamiento del vehículo al ser sometido a las pruebas de aceleración en plano y pendiente.

Tabla 3.

Metodología, instrumentación y lugar donde se llevará a cabo el proyecto.

Metodología	Descripción	Equipo	Lugar
De observación	Se usó este método porque permitió determinar las condiciones reales de operación y configuración eléctrica y mecánica del vehículo para determinar la factibilidad de las pruebas de aceleración en plano y pendiente.	<ul style="list-style-type: none"> Vehículo E5 300. BYD 	<ul style="list-style-type: none"> Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

CONTINÚA →

<p>Deductivo</p>	<p>Por medio de este método se verificó los parámetros necesarios presentes en las normativas SAE y UNE para poder realizar las pruebas de aceleración en plano y pendiente y arranque en pendiente adecuadas a la condiciones climatológicas y físicas de la ciudad de Latacunga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Normas SAE y UNE. • Tesis 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
<p>Inductivo</p>	<p>Se utilizó este método porque se va a someter a un proceso de descarga a la batería hasta alcanzar el porcentaje necesario para realizar las distintas pruebas de aceleración y arranque plano-pendiente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo BYD E5 300. • Instrumentos de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carretera con partes planas y con pendiente
<p>Analítico</p>	<p>Este método permitió analizar los resultados obtenido al realizar las pruebas de aceleración, tabulando y sacando las respectivas graficas que evidenciaran las variaciones existentes conforme varíen las condiciones de pruebas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Microsoft Office • Tesis • Artículos 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. • Instalaciones de CCICEV en la Escuela Politécnica Nacional
<p>Experimental</p>	<p>Se utilizó este método debido a que se va a usar un GPS, termómetro, anemómetro y cronómetro para evidenciar los parámetros necesarios en la obtención de resultados como son velocidades, tiempos, distancias, porcentaje de carga de la batería y consumo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo BYD E5 300 • Instrumentos de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carretera con zonas planas y con pendientes.
<p>Comparativo</p>	<p>El método comparativo permitió evidenciar la variación de parámetros establecidos al aplicar la metodología de las normas SAE J1491 y UNE 26356 a</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Microsoft Office • Normas • Tesis 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de Autotrónica de la Universidad

CONTINÚA →

iguales condiciones ambientales con la finalidad de observar el comportamiento del vehículo al ser sometido a las pruebas de aceleración en plano y pendiente; y arranque en pendiente.

de las
Fuerzas
Armadas
ESPE

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del vehículo eléctrico.

El auto eléctrico tiene su origen en la primera mitad del siglo XIX, antes de la invención de los vehículos de combustión interna, el primer prototipo que fue intentado se le atribuye al inventor de ascendencia húngara Ányos Jedlik, mismo que consistía en un prototipo pequeño que funcionaba con un motor eléctrico inventado por el mismo inventor. En el año de 1834 Thomas Davenport de origen estadounidense construyó el primer automóvil eléctrico que funcionaba con una batería, Entre los años de 1832 y 1839 Robert Anderson construyó los primeros vehículos con baterías no recargables y para 1865 se construyeron los vehículos con baterías recargables. (Moreno, 2016).

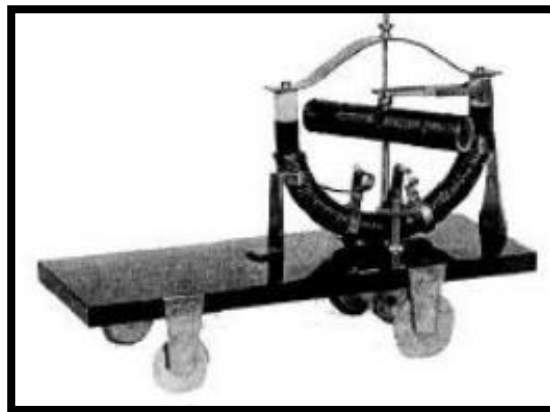


Figura 1. Vehículo eléctrico inventado por Ányos Jedlik en 1828

Fuente: (Moreno, 2016)

2.2 Vehículo Eléctrico

Según (Coca & Eiler, 2013) los vehículos eléctricos se clasifican en función de la fuente de energía usada para la tracción, entre los cuales existen vehículos con baterías, vehículos eléctricos con alimentación directa y vehículos eléctricos que funcionan por aire comprimido. Los vehículos eléctricos que tienen baterías se cargan mediante una red eléctrica o una denominada electrolinera, al inicio presentaban la desventaja de una baja autonomía que en un inicio estaba entre 30 y 60 millas, pero con el avance de la tecnología cada vez va aumentando más su autonomía y rendimiento.



Figura 2. Punto de carga de vehículo eléctrico.

Fuente: (Coca & Eiler, 2013)

(Baeza, 2016) Dicen que la tecnología del vehículo eléctrico se encuentra en su tercer siglo de desarrollo y con los años va avanzando y han existido varias alternativas para almacenar energía incluyendo dispositivos de almacenamiento como volante y supercapacitores. Como característica general estos dispositivos presentan altas prestaciones de servicio entre las cuales está recibir, almacenar y distribuir energía de una manera rápida, sin embargo, la desventaja de esta

tecnología es que por el momento la cantidad de energía que estos dispositivos pueden almacenar es bastante baja.

2.3 Tipos de Vehículos Eléctricos.

Los vehículos eléctricos comúnmente se dividen en 2 grupos: el primero son los vehículos eléctricos y el segundo los vehículos híbridos, el término EV se usa para cualquier tipo de vehículo eléctrico excluyendo aquellos vehículos autónomos que funcionan con pilas de combustible o placas fotovoltaicas. (Duque & Rocano, 2018)

2.4 Carga inteligente de un vehículo eléctrico.

La carga inteligente de los EV presenta dos opciones, una carga que dure toda la noche es comúnmente conocida como carga lenta, misma que normalmente dura entre seis y ocho horas, mientras que la carga rápida es una opción más conveniente para vehículos que necesiten realizar viajes frecuentes, poniendo como ejemplo a los taxis. De acuerdo a información proporcionada por Tesla sus cargadores pueden proporcionar energía para conducir 300 millas con un ciclo de carga de 10 minutos. La opción de carga rápida va a permitir a la industria vehículos eléctricos crecer rápidamente en el mercado. (IRENA, 2017).

2.5 Venta de vehículos eléctricos en Ecuador.

Dada la exoneración total de los aranceles en las importaciones de los vehículos eléctricos, baterías y cargadores de los mismos, se abre un amplio mercado a mediano plazo, esta medida fue aprobada el 3 de junio de 2019 por el Pleno del Comité de Comercio Exterior. (Gonzales, 2019).

Con la exoneración de los aranceles resulta más conveniente comprar un vehículo eléctrico actualmente, siempre y cuando esté presente un valor inferior a UDS 40000, en el caso de la batería para estos vehículos la tasa de aranceles pasará de 25% al 0% y en cuanto a electrolineras y cargadores la tasa de aranceles pasará de 5% al 0%. (Gonzales, 2019).

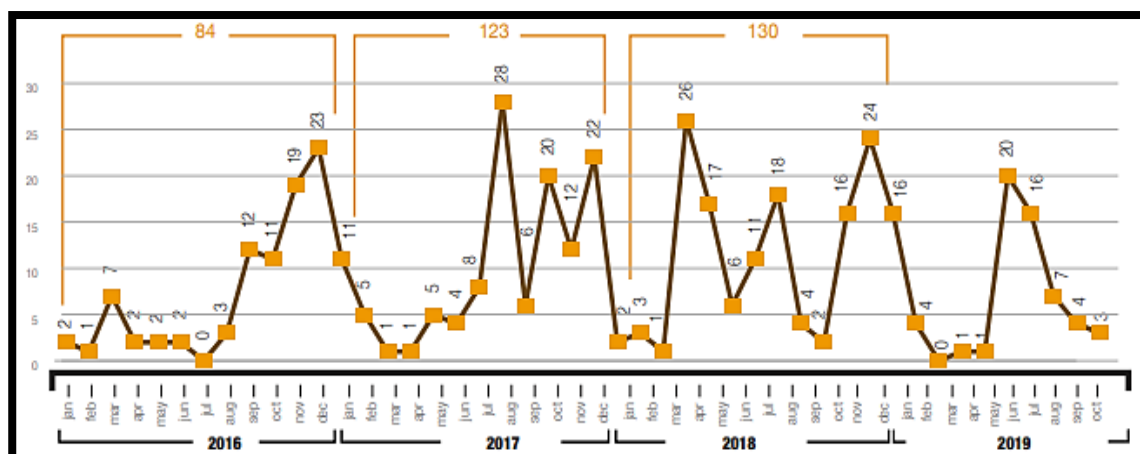


Figura 3. Ventas mensuales de vehículos eléctricos en Ecuador

Fuente: (AEADE, 2019)

El mes que registra un mayor número de unidades eléctricas vendidas en el país es Agosto de 2017 con 28 unidades, le sigue Abril de 2018 con 28 unidades, en tanto en este 2019, Junio es el mes que más ventas de vehículos eléctricos presenta con un total de 20 unidades. (AEADE, 2019).

2.6 Homologación de Vehículos Eléctricos en Ecuador.

La Agencia Nacional de Tránsito en la RESOLUCIÓN No. 097-DIR-2016-ANT del Reglamento del procedimiento general de Homologación Vehicular y dispositivos de medición, control, seguridad y certificación de los vehículos comercializados indica

en su capítulo quinto los pasos a seguir en el proceso de homologación de vehículos eléctricos, en los que priman los artículos 9, 11, 19, y 20 para la realización dicho proceso. (Agencia Nacional de Transito, 2016).

2.6.1 Artículo 9.

Este artículo establece los requisitos para el proceso de homologación de vehículos, los cuales comprenden solicitud de homologación, documento apostillado en el país de origen, copia de RUC, ficha técnica del vehículo, entre otros. (Agencia Nacional de Transito, 2016).

2.6.2 Artículo 11.

Este artículo comprende la verificación de documentos para la emisión de Certificado de Homologación Vehicular, donde indica que la documentación será verificada en un tiempo de 15 días hábiles por la Agencia Nacional de Tránsito. (Agencia Nacional de Transito, 2016).

2.6.3 Artículo 19.

Este artículo se refiere a la homologación de vehículos eléctricos donde indica los pasos a seguir para cumplir el proceso de homologación en base a los artículos 9 y 11 para dichos vehículos. (Agencia Nacional de Transito, 2016).

2.6.4 Artículo 20.

Este artículo indica la lista de los vehículos homologados actualizada quincenalmente en el portal web institucional para su consulta pública según los

vehículos vayan obteniendo el debido Certificado Único de Homologación Vehicular. (Agencia Nacional de Tránsito, 2016).

2.7 Eficiencia Energética de vehículos eléctricos.

La eficiencia energética hace referencia a la disminución de la energía que necesita el vehículo para compensar la demanda, incorporando dispositivos que cumplan con las mismas funciones y otorguen los mismos beneficios pero que empleen menos electricidad en la realización de los mismos. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008).

La eficiencia que presenta el vehículo eléctrico se estima que es 3 veces mayor a la de los vehículos de combustión interna, debido a que no consume energía cuando se encuentra detenido a diferencia de los de combustión que se encuentran en ralentí. (Roás, 2011).

Para determinar la eficiencia de un vehículo eléctrico se debe considerar el origen de las fuentes generadoras de electricidad, ya que una central térmica puede presentar una eficiencia de entre 35% y 60% mientras que una de fuentes renovables puede tener una eficiencia del 100%. (Energía y Sociedad, 2019).

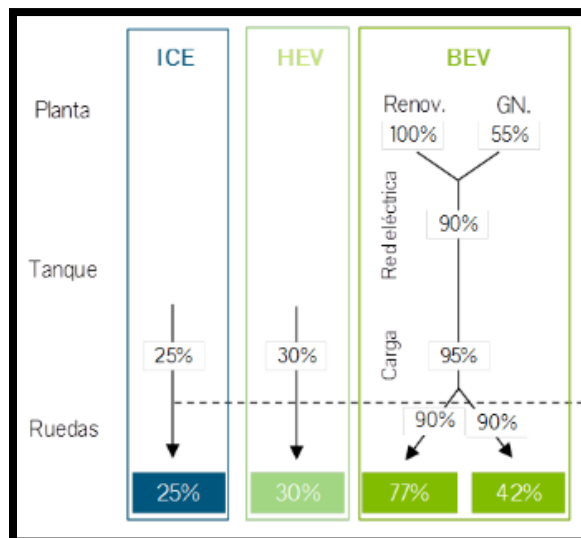


Figura 4. Análisis de la eficiencia en el "Tanque-ruedas"

Fuente: (Energía y Sociedad, 2019)

El vehículo convencional que funciona a gasolina (ICE) presenta una eficiencia del 25%, esto indica que de la energía producida por la combustión solo se presenta en forma de energía mecánica un 25% para el movimiento de las ruedas, es decir se pierde un 75% de la energía. Los vehículos híbridos (HEV) al tener motor eléctrico y convencional aumentan su eficiencia al 30%, mientras que un vehículo eléctrico (BEV) logra obtener una eficiencia del 70% siempre y cuando la electricidad presente en las baterías sea renovable y de 42% si la generación eléctrica se basa en gas natural. (Energía y Sociedad, 2019).

2.8 Autonomía de los vehículos eléctricos.

La autonomía del vehículo eléctrico se define como el régimen de duración de su batería al realizar un recorrido hasta que la carga del mismo llega a cero sin realizarse un proceso de recarga durante dicho periodo de recorrido. (Lata Asacata & Quintuña Mora, 2018).

En la actualidad los vehículos eléctricos presentan una autonomía de hasta 600 Km con el modelo Hyundai Nexó y una autonomía mínima de 80 Km en el caso del Renault Twizy, pero esta autonomía depende de varios factores como son tipo de material de las baterías, el número de celdas, el tipo de conducción, el peso del vehículo, el terreno, factores ambientales como las temperaturas. (Lata Asacata & Quintuña Mora, 2018).

2.9 Componentes principales del vehículo eléctrico.

2.9.1 Controlador electrónico.

El controlador electrónico regula y determina el porcentaje de energía eléctrica que recibe el motor eléctrico procedente la batería y viceversa dependiendo de los parámetros de funcionamiento. (García Ruíz, 2015).

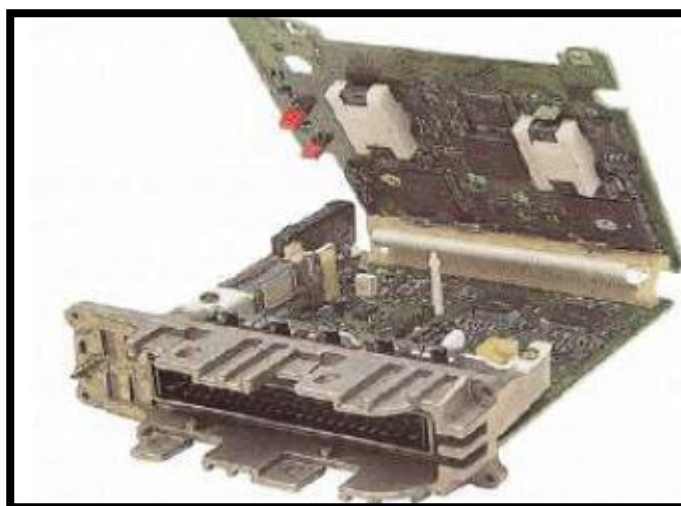


Figura 5. Controlador electrónico.

Fuente: (García Ruíz, 2015).

2.9.2 Conversor

Recibe la corriente continua de alta tensión de la batería principal y la transforma en corriente continua de baja tensión para cargar la batería de 12V del vehículo eléctrico.



Figura 6. Conversor.

Fuente: (García Ruíz, 2015)

2.9.3 Inversor.

El inversor se encarga de recibir la corriente continua proveniente de la batería de alta tensión y convertirla en corriente alterna, necesaria para alimentar y poner en funcionamiento el motor del vehículo eléctrico.



Figura 7. Inversor

Fuente: (García Ruíz, 2015).

2.9.4 Motor eléctrico.

El motor eléctrico es el que genera el movimiento del vehículo al convertir la energía eléctrica proveniente de la batería a energía mecánica, este tipo de motores puede trabajar en conjunto con uno de combustión ya que en caso de que disminuya su trabajo por descarga de la batería, el de combustión recompensa el trabajo. (Lata Asacata & Quintuña Mora, 2018).



Figura 8. Motor eléctrico.

Fuente: (Lata Asacata & Quintuña Mora, 2018).

2.10 Historia de BYD.

Según (Piccione, 2009) BYD "Build Your Dreams", que en español significa construye tus sueños, fue creada en China en 1995 creada por Wang Chuan Fu, un químico que investigaba por cuenta del Gobierno y que obtuvo los 300.000 dólares que necesitaba de su familia los utilizó para construir una fábrica de baterías para celulares y además algunos de los componentes que les pedían hacer empresas como Nokia, Sony Ericsson y Motorola.

Con esta fluencia de dinero, para el año 2003 amplió sus actividades de producción de automóviles, tras comprar Tsichuan Automobile Company, un fabricante en quiebra. Actualmente es el tercer constructor chino, por detrás de Chana y Chery, aunque en 2009 sólo producía 385.000 unidades. Pero, en paralelo, sacó partido de su tecnología en baterías para desarrollar vehículos eléctricos. (Piccione, 2009).



Figura 9.Primer vehículo BYD, el F3.

Fuente: (FavCars, 2012)

2.11 BYD en Ecuador

La empresa china BYD llegó a Ecuador en el 2017 con la finalidad de construir un país más sostenible teniendo como principal objetivo comercializar vehículos eléctricos que aporten energía limpia al medio ambiente, es así que ha realizado pruebas de funcionamiento en buses eléctricos en Quito, Guayaquil y Cuenca e instalado en el 2017 una flota de taxis totalmente eléctricos en la ciudad de Loja. (BYD, 2018).

2.12 Modelos eléctricos BYD en el Ecuador

Ecuador actualmente cuenta con tres modelos de vehículos eléctricos que se comercializan en el mercado, el primero es un automóvil modelo e5 300 usado para servicios de taxi en la ciudad de Loja, el segundo son buses urbanos modelo K9G en las ciudades de Guayaquil y Cuenca y el tercero un bus modelo K11A en la ciudad de Quito. (BYD E-Motors Ecuador, 2018).

2.13 Electrolinera en Ecuador

La ciudad de Guayaquil cuenta con la segunda electrolinera más grande de América Latina, la Autoridad de Tránsito Municipal (ATM) y la empresa BYD firmaron un contrato para la construcción de la misma que comenzó a operar en Noviembre de este año, misma que poseerá 20 puntos de carga para beneficio de los buses BYD que circulan actualmente en la ciudad de Guayaquil. Del mismo modo existen electrolineras de la empresa BYD en las ciudades de Quito, Cuenca y Loja. (BYD, 2019)

2.14 Vehículo BYD e5 300

El BYD e5 300 es un vehículo sedan totalmente eléctrico equipado con tracción delantera, este se encuentra homologado por la Autoridad Nacional de Tránsito del Ecuador para su uso como taxis, presenta una batería con una autonomía de 300 km, una potencia de 214,5 caballos de fuerza presentándolo como un auto competitivo en su categoría, se lo presenta también como un vehículo eco-amigable. (BYD, 2018)



Figura 10. Vehículo eléctrico BYD e5 300.

Fuente: (BYD, 2018)

2.15 Batería del vehículo eléctrico BYD

Las baterías de Litio / Fosfato de Hierro que utilizan los vehículos BYD son batería recargable. Es una batería de iones de Litio misma que emplea FePO_4 como un material catódico. Dentro de las características están:

- La batería no requiere mantenimiento durante su ciclo de vida.
- Estas conservan toda su potencia hasta el momento de la descarga. Algunas baterías fluctúan según se les agota su energía. Estas baterías mantienen en el 100% de los casos toda su potencia hasta llegar a 0.
- Estas baterías son muy seguras porque no explotan con sobrecargas.
- Tienen entre 2000 y 3000 ciclos de carga.
- Presentan el doble de la capacidad de energía que baterías de ácido de plomo de un tamaño similar.

- Pueden estar a media carga por largos períodos de tiempo sin que se dañe la batería. (Xavier, 2014).

2.16 Adaptadores y terminales de recarga del vehículo eléctrico.

Los adaptadores constituyen una asistencia para realizar la conexión entre el puerto de carga del vehículo eléctrico y los terminales del cargador o punto de carga (electrolinera), además de un convertidor que convierte la corriente eléctrica de alto voltaje alterna en corriente continua para realizar el proceso de recarga de la batería. (Lata Asacata & Quintuña Mora, 2018).

2.17 Freno regenerativo del vehículo eléctrico.

El freno regenerativo permite al vehículo eléctrico generar energía al momento de realizar el frenado, esta energía se utiliza para recargar la batería del vehículo. La finalidad de este sistema es recuperar un porcentaje de energía generada al momento de realizar el frenado en forma de calor y transformarla en eléctrica. Este sistema de frenado se encuentra formado por un motor eléctrico que actúa de asistente y durante dicho proceso de frenado comienza a generar electricidad en lugar de consumirla, lo que provoca que la corriente vaya en sentido contrario y provoque un torque opuesto a la marcha por lo cual envía la energía hacia la batería para recargarla.

2.18 Ficha técnica del vehículo eléctrico BYD e5 300.

Tabla 4.

Ficha técnica de vehículo eléctrico BYD e5 300

Potencia	214.5 Hp	
Autonomía	400 km nominal	300 km condiciones normales
Carga de la batería	1.5 horas electrolineras	7-8 horas en casa
Torque	310 Nm	
Rendimiento	V máx. >= 130km/h	Aceler. 0-100km/h <= 14s.
Motor Eléctrico	P máx.=160 Kw	
Batería (Litio-Hierro-Fosfato)	V=604.8 v (168 celdas) Capacidad: 60.5 Kw/h	
Cargador	Poten. Carga electrolinera 40Kw Poten. Carga en casa 7Kw	

2.19 Parámetros cuantitativos del vehículo eléctrico.

Los parámetros cuantitativos a analizar en el vehículo eléctrico son: intensidad de corriente, estado de carga, potencia y desempeño mecánico. (Piccione, 2009).

2.19.1 Intensidad de corriente.

La intensidad de corriente se define como la corriente real que sale desde la batería a la cual se la denomina negativa o a la cantidad de corriente que ingresa a la misma denominada positiva. (Arteaga Rodríguez & Balseca Aguas, 2017).

2.19.2 Estado de carga.

El estado de carga está en función del estado de la batería, misma que se muestra en el tablero como porcentaje con un máximo de 100% y un mínimo de 0,0%. (Arteaga Rodríguez & Balseca Aguas, 2017).

2.19.3 Potencia.

Hace referencia a la potencia que la batería envía al motor denominado como señal negativa o la potencia que ingresa a las baterías como señal positiva, se mide en Kw, a mayor potencia mayor eficiencia y rendimiento tiene el vehículo. (Arteaga Rodríguez & Balseca Aguas, 2017)

2.19.4 Desempeño mecánico.

El desempeño mecánico hace referencia a la capacidad de comportamiento que tiene el vehículo eléctrico en diferentes condiciones de terreno. (Arteaga Rodríguez & Balseca Aguas, 2017).

2.19.5 Amperios – hora consumidos.

Se refiere a la cantidad de amperios por hora que se extraen del pack de baterías del vehículo eléctrico que son necesarios para que el motor eléctrico tenga una

propulsión adecuada dependiendo de las necesidades del vehículo. (Arteaga Rodríguez & Balseca Aguas, 2017).

2.19.6 Consumo neto de energía – Autonomía.

La autonomía de un vehículo eléctrico hace referencia a la máxima distancia que puede recorrer el vehículo antes que se termine la batería del mismo y necesite realizar una carga de baterías, esta autonomía depende del tipo de batería, la capacidad de la misma y el tipo de terreno por el cual transita el auto. (BMW, 2016).

Para poder determinar el consumo de la autonomía que presenta un vehículo eléctrico es necesario establecer las condiciones en las cuales ha sido medido durante su homologación, ya que, dependiendo de estas, las mediciones de autonomía y consumo van a ir variando en función del trabajo realizado. (Armijos & Gómez, 2018).

Según Sergio Morales, ingeniero del Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos del Instituto Tecnológico de Costa Rica un vehículo eléctrico no presenta pérdidas de potencia al subir las cuestas, pero si existe un mayor consumo de energía, en el experimento que realizaron la batería inició con 100% de carga y se trasladaron desde los 1435 msnm hasta los 3432 msnm dando como resultado una reducción de autonomía de 1:2, es decir que por cada 1 km que recorría el vehículo se consumía 2 km de autonomía. (Armijos & Gómez, 2018).

$$C = P * t$$

Ecuación 1. Cálculo del consumo energético

Donde:

C= Consumo energético en Kwh.

P= Potencia en Kw.

t= tiempo en horas.

2.19.7 Aceleración en plano.

La aceleración en plano está delimitada por el tiempo que un vehículo eléctrico necesita para alcanzar los 85 km/h en un tramo a 0° de inclinación, realizando estas pruebas a distintos porcentajes de carga de la batería. (Arteaga Rodríguez & Balseca Aguas, 2017)

2.19.8 Capacidad de ascenso en pendiente.

La capacidad de ascenso en pendiente permite determinar el grado máximo de elevación de una pendiente en el que el vehículo eléctrico puede ascender, realizando esta prueba a distintos niveles de carga de la batería. (Arteaga Rodríguez & Balseca Aguas, 2017).

2.20 Norma UNE 26356

La norma UNE 26356 de pruebas de aceleración en vehículos automóviles sobre terreno llano establece parámetros de velocidad, distancias, humedad, temperatura, presión atmosférica, ángulo de inclinación de la vía, entre otros que son necesarios para realizar las pruebas que permitirán determinar el tiempo necesario para alcanzar las distancias de 20, 40 y 60 millas por hora.

2.21 Norma SAE J1491.

La norma SAE J1491 establece los parámetros necesarios tanto de distancias, velocidades, condiciones del vehículo y parámetros ambientales para la realización de las pruebas de aceleración en plano y pendiente.

2.22 Norma UNE 26358

La norma UNE 26358 para pruebas de arrancabilidad en pendiente establece los parámetros de distancias, velocidades, ángulo de pendiente y condiciones atmosféricas necesarias para que el vehículo ascienda una distancia de 1000m.

2.23 Norma WLTP

La normativa de Procedimientos Mundialmente Armonizados para Pruebas de Vehículos Ligeros expone las condiciones que más se acercan al modo de conducción en la actualidad y que no se encuentren alejadas de los datos obtenidos en el laboratorio en relación a los datos obtenidos por el vehículo en carretera. (Toyota, 2017)

2.24 Pruebas de aceleración en plano-pendiente.

Las pruebas de aceleración en plano indican que el vehículo debe ser llevado partiendo del reposo hasta una velocidad de 96 Km/h en un tramo que sea recto y plano. En dicha prueba se anotan los valores correspondientes a los tiempos que el vehículo tarda en alcanzar los 20, 40, 60, 80 y 100 Km/h y la potencia entregada a dichas velocidades. (Martínez, Cruz, & Bedoya, 2003)

Para realizar las pruebas de aceleración en pendiente el vehículo debe ser llevado partiendo del reposo hasta una velocidad de 100 Km/h, en un tramo que sea recto y que tenga una pendiente determinada. En esta prueba se anotan los valores correspondientes a los tiempos que el vehículo tarda en alcanzar los 20, 40, 60, 80 y 100 Km/h y la potencia entregada a dichas velocidades. (Martínez, Cruz, & Bedoya, 2003).

$$a = \frac{v}{t}$$

Ecuación 2. Cálculo de la aceleración

Donde:

a= aceleración

v= velocidad

t= tiempo

2.25 Instrumentos de medición.

2.25.1 GPS.

El GPS (Global Positioning System) es un dispositivo que recibe una señal de satélites, misma que al procesarla calcula la ubicación exacta del dispositivo, la velocidad de desplazamiento, la presión, la altitud, el tiempo que permanece en movimiento, entre otros. (Arteaga Rodríguez & Balseca Aguas, 2017).

2.25.2 Scanner automotriz.

Dispositivo electrónico de diagnóstico que sirve para verificación de parámetros del vehículo como consumo de corriente, voltaje generado, RPM, velocidad, códigos

de falla, presenta un puerto de conexión al vehículo, mismo que varía dependiendo la marca del scanner y del vehículo.

2.25.3 Multímetro automotriz.

Instrumento electrónico de medición que permite medir voltaje, corriente, resistencia, impedancia, capacitancia, entre otros tanto en corriente directa como en corriente alterna.

2.25.4 Anemómetro.

Es un dispositivo electrónico que permite medir la velocidad del viento y la humedad relativa del aire.

2.25.5 Cronómetro.

Dispositivo electrónico que permite medir tiempos en horas, minutos o segundos.

2.25.6 Termómetro.

Dispositivo electrónico que permite medir la temperatura ambiente tanto en grados Celsius como en grados Fahrenheit.

CAPÍTULO III

PROTOCOLO DE PRUEBAS EN BASE A LAS NORMATIVAS UNE 26-356-358 Y COMPROBACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN.

3.1. Parámetros a tomar en cuenta para realizar la ruta de prueba.

3.1.1. Clima

Este factor afecta directamente el rendimiento de las baterías del vehículo eléctrico ya que a temperaturas bajas la autonomía de las mismas disminuye, por tanto también la autonomía de vehículo. También interviene en el protocolo de pruebas ya que con climas lluviosos no es posible realizar las pruebas de aceleración en plano y pendiente porque no se recopilarán datos con exactitud.

3.1.2. Pendiente de la vía

El valor de este factor se obtiene realizando un cálculo matemático, el cual servirá para realizar las diferentes pruebas de aceleración en pendiente del vehículo en diferentes rutas establecidas.

$$\text{sen } \alpha = \frac{\Delta A}{D}$$

Ecuación 3. Cálculo de grado de pendiente

Donde:

Sen α = Función trigonométrica para calcular grados de pendiente.

ΔA = Diferencia de alturas.

D= Distancia recorrida.

$$\% \text{ pendiente} = \frac{\text{altura}}{\text{base}} \times 100$$

Ecuación 4. Cálculo del porcentaje de pendiente

Fuente: (GISWEB, 2000)

Donde:

Altura= Diferencia de alturas de la prueba.

Base= Recorrido de la prueba.

3.1.3. Congestión vehicular

Este factor es importante al momento de elegir las rutas para realizar las pruebas ya que se debe ver la factibilidad para poder realizar las mismas sin causar alguna contravención o en vías de alta concurrencia de vehículos.

3.1.4. Tipo de calzada

Este aspecto es muy importante debido a que las normativas de pruebas de aceleración en plano y pendiente citan que el tipo de calzada necesario debe ser asfalto.

3.2. Prueba de determinación de aceleración en plano a distintos porcentajes de carga aplicando los protocolos.

Se necesita llevar el auto eléctrico desde el reposo hasta los 100km/h en una carretera plana. Se selecciona esta velocidad porque está dentro del rango que indica

la normativa UNE 26357-358 y además es el límite de velocidad permitido, tal como estipula el artículo 191 del reglamento para vehículos livianos en carretera.

Los datos que se obtiene pertenecen a los tiempos requeridos para alcanzar 20, 40, 60, 80 y 100 km/h. la prueba se realizará con la capacidad máxima establecida por la normativa en el punto 5.3 que establece que será un peso de 180kg constituyente a dos personas. Las condiciones de carga de la batería dependerán del porcentaje con el que se desee realizar la prueba.

Los pasos para realizar la prueba son:

1. Se verificará y anotará las condiciones ambientales en el momento que se realice la prueba, tanto temperatura como humedad relativa.
2. Se revisa el estado físico del vehículo respecto al funcionamiento de sus sistemas y presión de sus neumáticos.
3. Se comprueba el estado inicial de la batería, anotando el porcentaje de carga.
4. Se realiza el pesaje de ocupantes.
5. Inicio de la prueba: llevar el auto desde el reposo (0 km/h) hasta los 100 Km/h pisando el pedal de aceleración a fondo a lo largo de una carretera plana, registrando todos los datos que se necesita y pide el protocolo en 20, 40, 60, 80 y 100Km/h y se realiza una tabulación con los resultados del equipo.
6. Final de la prueba.

3.2.1. RUTA 1: Avenida Eloy Alfaro - entre gasolinera Puma y Niágara.

Esta ruta para la primera prueba de aceleración en plano tiene una distancia de 1,8 Km, el recorrido de la prueba inicia en el semáforo de la gasolinera Puma y se extiende por toda la recta hasta el intercambiador del Niágara, este tramo elegido tiene una superficie plana, ideal para la prueba de aceleración en plano.

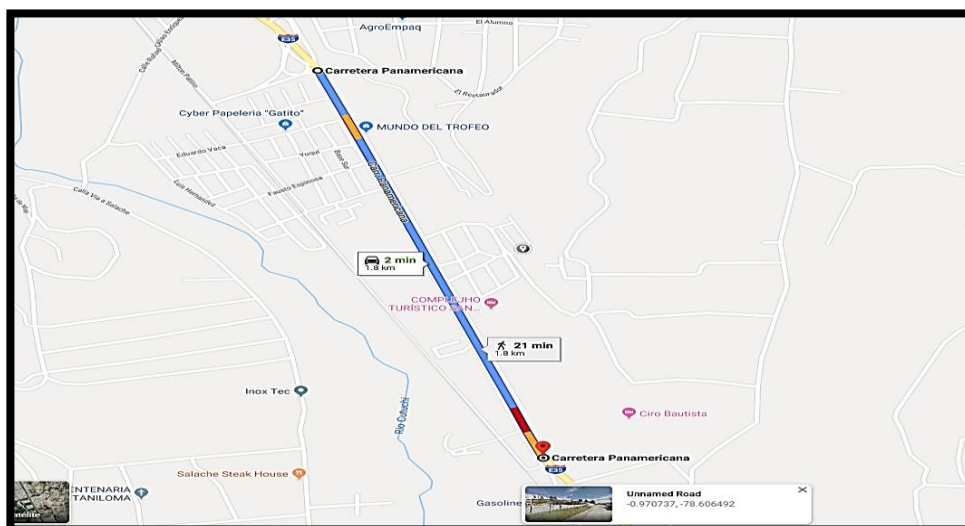


Figura 11. Ruta Avenida Eloy Alfaro

Fuente: Google Maps, 2019

Cálculo de porcentaje de pendiente Ruta: Gasolinera Puma – El Niágara.

Para la realización de los cálculos se tomó en cuenta la altura del punto de partida y la altura a la que el vehículo alcanza los 100 Km/h, siendo la variación utilizada para calcular el Angulo de la gradiente. La distancia que recorre hasta alcanzar los 100 Km/h es usada para el cálculo de la gradiente.

Variación de altura entre los puntos inicial y final:

Altura inicial : 2729m

Altura final : 2733m

Distancia recorrida : 218m

$$\Delta A = 2733m - 2729m = 4m$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\Delta A}{D}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{\Delta A}{D}\right)$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{4m}{218m}\right)$$

$$\alpha = 1.051^\circ$$

Para convertir de grados a porcentaje de una pendiente y establecer el protocolo como indica la normativa se realizó el siguiente cálculo.

$$\% \text{ pendiente} = \frac{\text{altura}}{\text{base}} \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan \alpha \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan 1.051 \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \mathbf{1.83}$$

El porcentaje de pendiente de la ruta Gasolinera Puma – El Niágara es de 1.83% es lo más aproximado en la ciudad de Latacunga a una recta plana para realizar la prueba de aceleración el plano según la norma UNE.

3.2.2. RUTA 2: Calle Quijano y Ordoñez – Estadio La Cocha.

Esta ruta tiene una distancia de 3,4 Km que se encuentra en el sector del Estadio la Cocha, ideal para realizar las pruebas de aceleración en plano ya que su superficie es muy regular y esta vía no presenta un tránsito elevado de vehículos, ideal para que el vehículo de pruebas alcance los 100 Km/h.

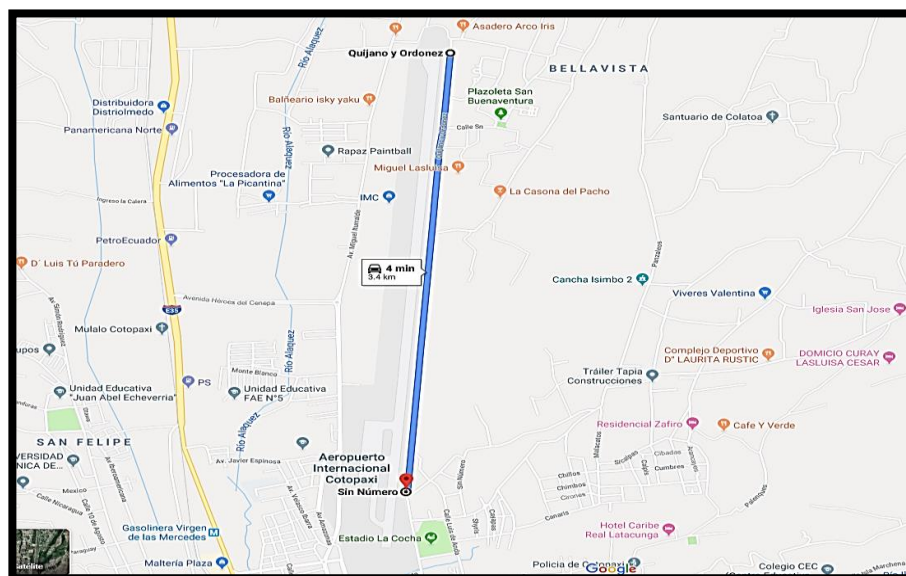


Figura 12. Ruta Estadio la Cocha

Fuente: Google Maps, 2019

Cálculo de porcentaje de pendiente. Ruta: Estadio la cocha

Para la realización de los cálculos se tomó en cuenta la altura del punto de partida y la altura a la que el vehículo alcanza los 100 Km/h, siendo la variación utilizada para calcular el Angulo de la gradiente. La distancia que recorre hasta alcanzar los 100 Km/h es usada para el cálculo de la gradiente.

Variación de altura entre los puntos inicial y final:

Altura inicial : 2792m

Altura final : 2795m

Distancia recorrida : 204m

$$\Delta A = 2795m - 2792m = 3m$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\Delta A}{D}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{\Delta A}{D}\right)$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{3m}{204m}\right)$$

$$\alpha = 0.8426^\circ$$

Para convertir de grados a porcentaje de una pendiente y establecer el protocolo como indica la normativa se calculó lo siguiente.

$$\% \text{ pendiente} = \frac{\text{altura}}{\text{base}} \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan \alpha \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan 0.8426 \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = 1.47$$

El porcentaje de pendiente de la ruta Estadio la cocha es de 1.47% que corresponde al intervalo de la normativa UNE.

3.3. Prueba de determinación de aceleración en pendiente a distintos porcentajes de carga aplicando los protocolos.

Para realizar la prueba de aceleración en pendiente se debe tener diferentes porcentajes de inclinación de pendiente, siendo la máxima de 25%. Se toma en cuenta esa pendiente, porque se considera crítica de acuerdo a la norma UNE26 358, los intervalos de carga son: 25% - 50% de carga, 50% - 75% de carga y 75% - 100% de carga.

La prueba se realizará con la capacidad máxima de carga establecida por el fabricante del vehículo de 5 pasajeros con un peso aproximado de 75kg por pasajero es decir 375 kg total, Las condiciones de carga de la batería dependerán del porcentaje con el que se desee realizar la prueba.

Los pasos para realizar la prueba son:

1. Seleccionar vías con diferentes grados de gradiente.
2. Se verificará y anotará las condiciones ambientales en el momento que se realice la prueba, tanto temperatura como humedad relativa.
3. Se revisa el estado físico del vehículo respecto al funcionamiento de sus sistemas y presión de sus neumáticos.
4. Se comprueba el estado inicial de la batería, anotando el porcentaje de carga.
5. Se realiza el pesaje de ocupantes.
6. Inicio de la prueba: llevar el auto desde el reposo (0 km/h) hasta los 100 Km/h con el pedal de acelerador a fondo a lo largo de una carretera con pendiente, registrando todos los datos como, tiempos, consumo de batería,

potencia, distancias a las velocidades indicadas. Se realiza una tabulación con los resultados de los equipos.

7. Final de la prueba.

3.3.1. RUTA 1: La ESPE

Esta ruta establecida para pruebas de aceleración en pendiente cuenta con una distancia de 350 m, comprendida entre los redondeles dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, esta distancia es suficiente para que el vehículo alcance una velocidad máxima de 100 Km/h, es la primera ruta que presenta un ángulo de inclinación considerable para pruebas de pendiente.



Figura 13. Ruta ESPE Belisario Quevedo

Fuente: Google Earth, 2019

Cálculo de porcentaje de pendiente. Ruta: ESPE

Para la realización de los cálculos se tomó en cuenta la altura del punto de partida y la altura a la que el vehículo alcanza los 100 Km/h, siendo la variación utilizada para

calcular el ángulo de la gradiente. La distancia que recorre hasta alcanzar los 100 Km/h es usada para el cálculo de la gradiente.

Variación de altura entre los puntos inicial y final:

Altura inicial : 2741m

Altura final : 2750m

Distancia recorrida : 232m

$$\Delta A = 2750m - 2741m = 9m$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\Delta A}{D}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{\Delta A}{D}\right)$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{9m}{232m}\right)$$

$$\alpha = 2.223^\circ$$

Para convertir de grados a porcentaje de una pendiente y establecer el protocolo como indica la normativa se realizó lo siguiente.

$$\% \text{ pendiente} = \frac{\text{altura}}{\text{base}} \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan \alpha \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan 2.223 \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \mathbf{3.88}$$

El porcentaje de pendiente de la ruta ESPE es de 3.88% que corresponde al intervalo de la normativa UNE.

3.3.2. RUTA 2: Carretera Panamericana – Sector El Chasqui.

Esta ruta esta especificada para realizar pruebas de aceleración en pendiente por el ángulo de inclinación que presenta, consta con una distancia de 2,2 Km. El tramo de prueba comienza pasando la vía de entrada al parque Nacional Cotopaxi y termina antes de realizar la curva. Es una ruta con tráfico considerable, pero una de las más pronunciadas en la provincia de Cotopaxi que sean en línea recta.

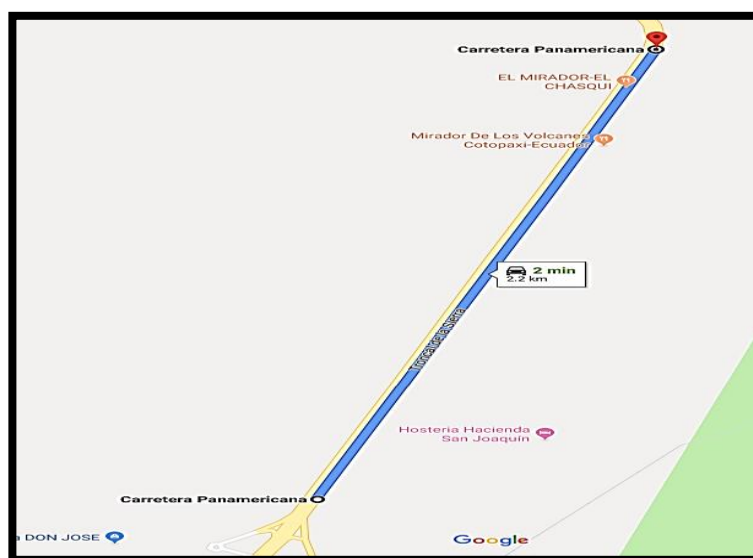


Figura 14. Ruta El Chasqui

Fuente: Google Maps, 2019

Cálculo de porcentaje de pendiente. Ruta: El chasqui

Para la realización de los cálculos se tomó en cuenta la altura del punto de partida y la altura a la que el vehículo alcanza los 100 Km/h, siendo la variación utilizada para

calcular el ángulo de la gradiente. La distancia que recorre hasta alcanzar los 100 Km/h es usada para el cálculo de la gradiente.

Variación de altura entre los puntos inicial y final:

Altura inicial : 3197m

Altura final : 3235m

Distancia recorrida : 314m

$$\Delta A = 3235m - 3197m = 38m$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\Delta A}{D}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{\Delta A}{D}\right)$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{38m}{314m}\right)$$

$$\alpha = 6.950^\circ$$

Para convertir de grados a porcentaje de una pendiente y establecer el protocolo como indica la normativa se aplicó la fórmula de porcentaje de pendiente.

$$\% \text{ pendiente} = \frac{\text{altura}}{\text{base}} \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan \alpha \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan 6.950 \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \mathbf{12.191}$$

Variación de altura entre los puntos inicial y final:

Altura inicial : 2807m

Altura final : 2865m

Distancia recorrida : 378m

$$\Delta A = 2865m - 2807m = 58m$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\Delta A}{D}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{\Delta A}{D}\right)$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1}\left(\frac{58m}{378m}\right)$$

$$\alpha = 8.826^\circ$$

Para convertir de grados a porcentaje de una pendiente y establecer el protocolo como indica la normativa se calculó lo siguiente.

$$\% \text{ pendiente} = \frac{\text{altura}}{\text{base}} \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan \alpha \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \tan 8.826 \times 100$$

$$\% \text{ pendiente} = \mathbf{15.527}$$

El porcentaje de pendiente de la ruta Paso Lateral es de 15.527% que corresponde al intervalo de la normativa UNE.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS

4.1 Pruebas de aceleración en plano a distintos porcentajes de carga aplicando los protocolos.

4.1.1. Prueba de aceleración en la ruta: Avenida Eloy Alfaro - entre gasolinera Puma y Niágara.

✓ **Pruebas 25% - 50%**

Tabla 5.

Datos de la prueba 1 de aceleración en plano

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.04	20	2.723311547	0.034
111	3.32	40	4.340277778	0.039466667
106	5.06	60	3.19284802	0.051233333
102	8.04	80	1.864280388	0.084433333
103	11.91	100	1.435544071	0.110725

Tabla 6.

Datos de la prueba 2 de aceleración en plano

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.1	20	2.645502646	0.035
110	3.88	40	3.121098627	0.054388889
106	5.52	60	3.387533875	0.048288889
101	8.32	80	1.984126984	0.078555556
103	12.31	100	1.392369813	0.114158333

Tabla 7.

Datos de la prueba 3 de aceleración en plano

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.02	20	2.750275028	0.033666667
111	3.41	40	3.996802558	0.042858333
106	5.08	60	3.326679973	0.049172222
102	7.87	80	1.99123855	0.07905
103	11.97	100	1.35501355	0.117305556

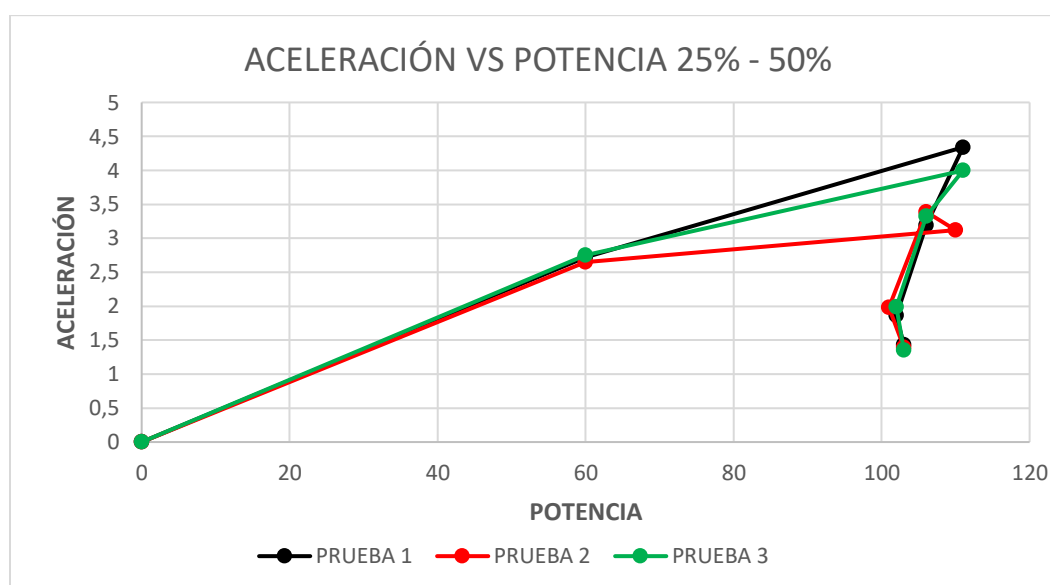


Figura 16. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 1.

Se observa en la figura 16, las pruebas realizadas en el intervalo de 25% - 50% de aceleración vs potencia, que en la prueba 1 y en la prueba 3 los valores de aceleración vs potencia, que en la prueba 1 y en la prueba 3 los valores de aceleración son similares, con un pico de 4.34 m/s² mientras en la prueba 2 el pico de aceleración es de 3.38m/s² debido a factores climáticos.

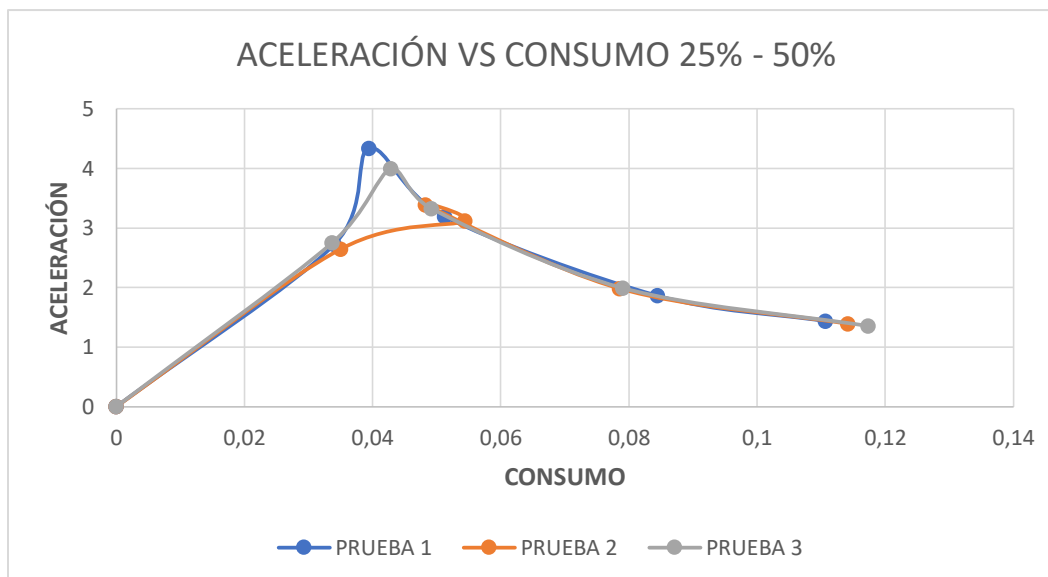


Figura 17. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 1.

Como se observa en la figura 17 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1173 kWh, cabe recalcar que el consumo es entre los intervalos de tiempo.

Tabla 8.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.053333333	20	2.705627706	60
3.536666667	40	3.745318352	110.666667
5.22	60	3.300330033	106
8.076666667	80	1.944768573	101.666667
12.06333333	100	1.393534002	103

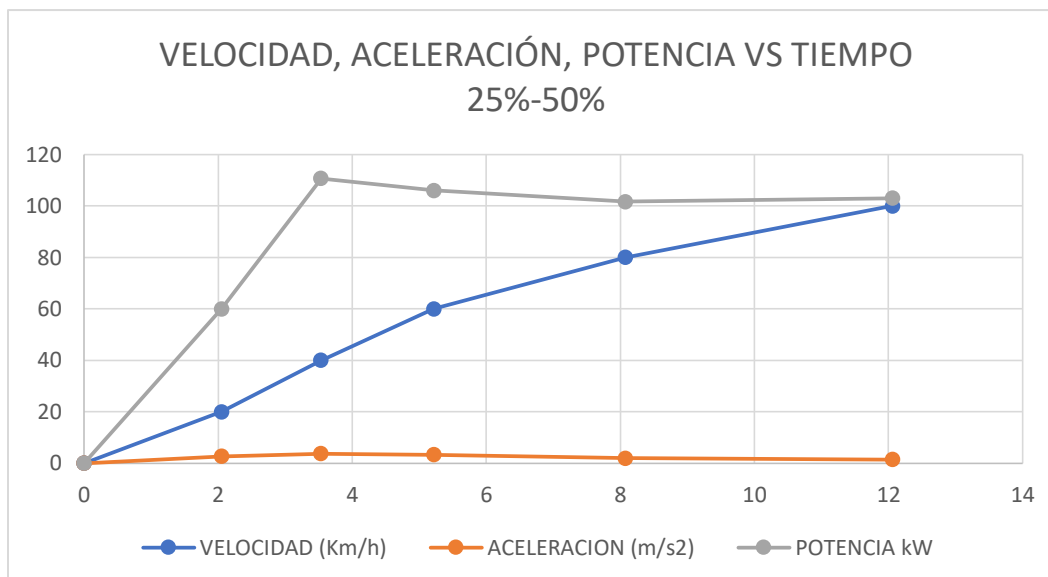


Figura 18. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 1.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 12.063 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 110.66 kW y una aceleración promedio de 3,74 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Pruebas 50% - 75%**

Tabla 9.

Datos de la prueba 1 de aceleración en plano

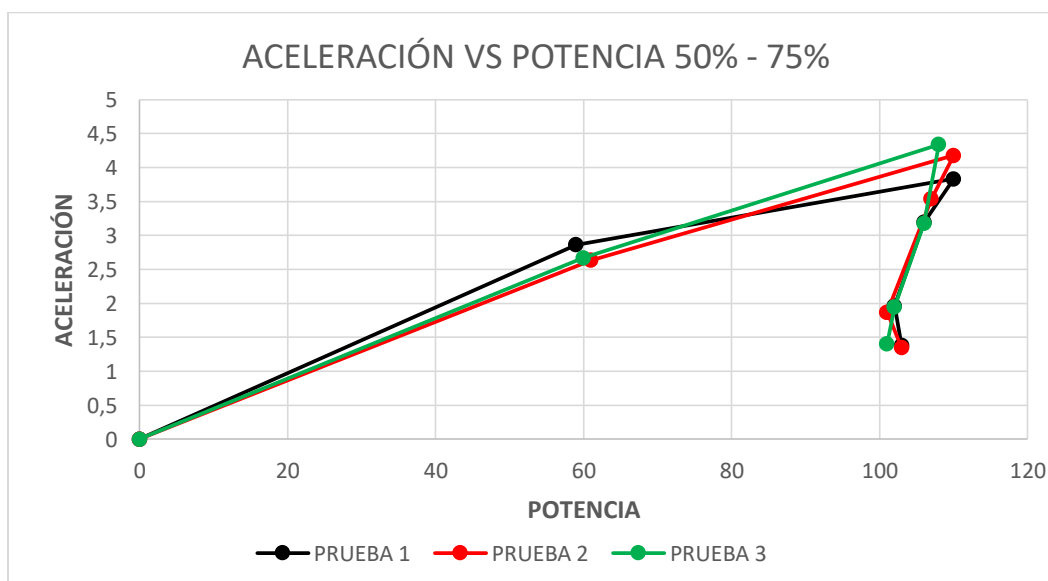
POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
59	1.94	20	2.863688431	0.031794444
110	3.39	40	3.831417625	0.044305556
106	5.13	60	3.19284802	0.051233333
102	7.96	80	1.963093836	0.080183333
103	11.99	100	1.378549766	0.115302778

Tabla 10.*Datos de la prueba 2 de aceleración en plano*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
61	2.11	20	2.632964718	0.035752778
110	3.44	40	4.17710944	0.040638889
107	5.01	60	3.538570418	0.046663889
101	7.98	80	1.870557426	0.083325
103	12.11	100	1.345170837	0.118163889

Tabla 11.*Datos de la prueba 3 de aceleración en plano*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.08	20	2.670940171	0.034666667
108	3.36	40	4.340277778	0.0384
106	5.11	60	3.174603175	0.051527778
102	7.96	80	1.949317739	0.08075
101	11.91	100	1.406469761	0.110819444

**Figura 19.** Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 1.

En la figura 19 las pruebas realizadas en el intervalo de 50% - 75% de aceleración vs potencia, presentan mínima variación en su trayectoria, con un pico de 4.34 m/s^2 perteneciente a la prueba 3 mientras el menor pico de aceleración en las pruebas es de 3.53 m/s^2 debido a factores climáticos.

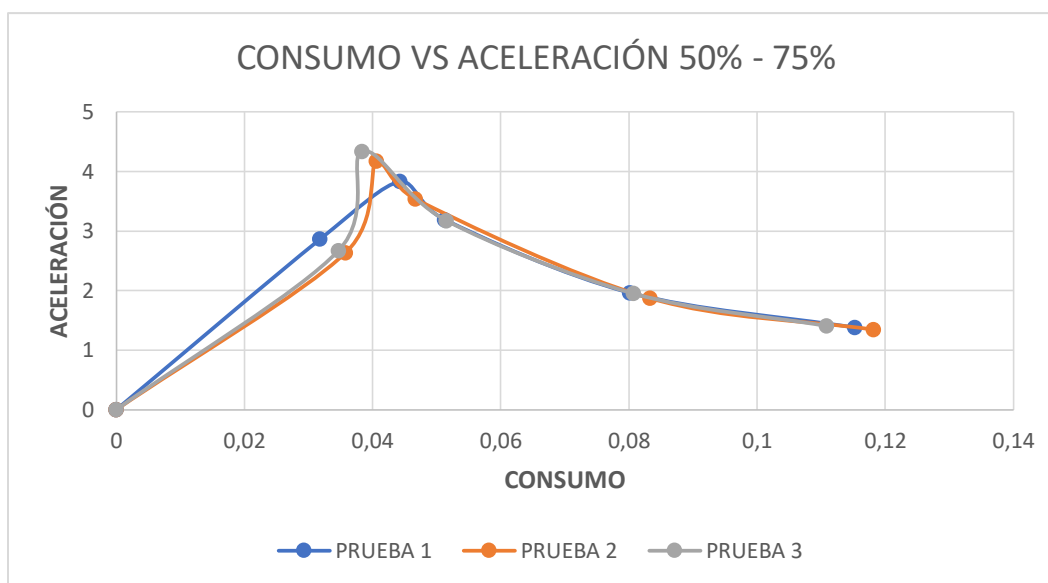


Figura 20. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 1.

En la figura 20 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1186 kWh en la prueba 2.

Tabla 12.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas.

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s^2)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.043333333	20	2.718868951	60
3.396666667	40	4.105090312	109.3333333

CONTINÚA →

5.083333333	60	3.293807642	106.333333
7.966666667	80	1.926782274	101.666667
12.00333333	100	1.376273053	102.333333

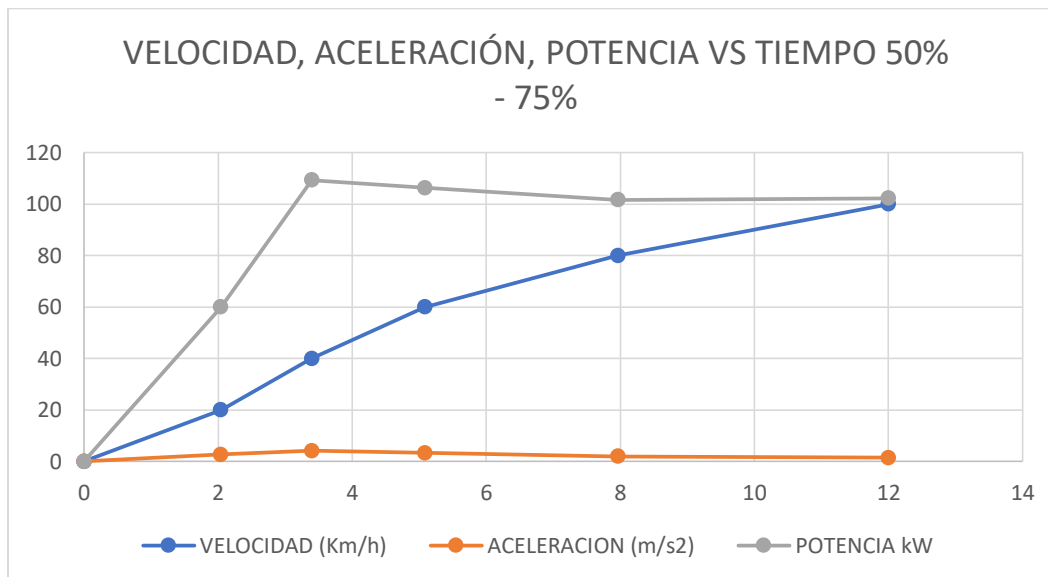


Figura 21. Gráfica de valores promedio en plano en ruta 1.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 12.033 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 109.33 kW y una aceleración máxima promedio de 4.10 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Pruebas 75% - 100%**

Tabla 13.

Datos de la prueba 1 de aceleración en plano

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	1.96	20	2.83446712	0.032666667
109	3.3	40	4.145936982	0.040572222
108	5.09	60	3.103662322	0.0537

CONTINÚA →

102	8.39	80	1.683501684	0.0935
101	12.19	100	1.461988304	0.106611111

Tabla 14.*Datos de la prueba 2 de aceleración en plano*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	1.8	20	3.086419753	0.03
110	3.22	40	3.912363067	0.043388889
107	4.47	60	4.444444444	0.037152778
102	8.3	80	1.450536699	0.108516667
102	12.22	100	1.41723356	0.111066667

Tabla 15.*Datos de la prueba 3 de aceleración en plano*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	1.9	20	2.923976608	0.031666667
111	3.33	40	3.885003885	0.044091667
107	5.15	60	3.052503053	0.054094444
102	8.33	80	1.747030049	0.0901
101	12.25	100	1.41723356	0.109977778

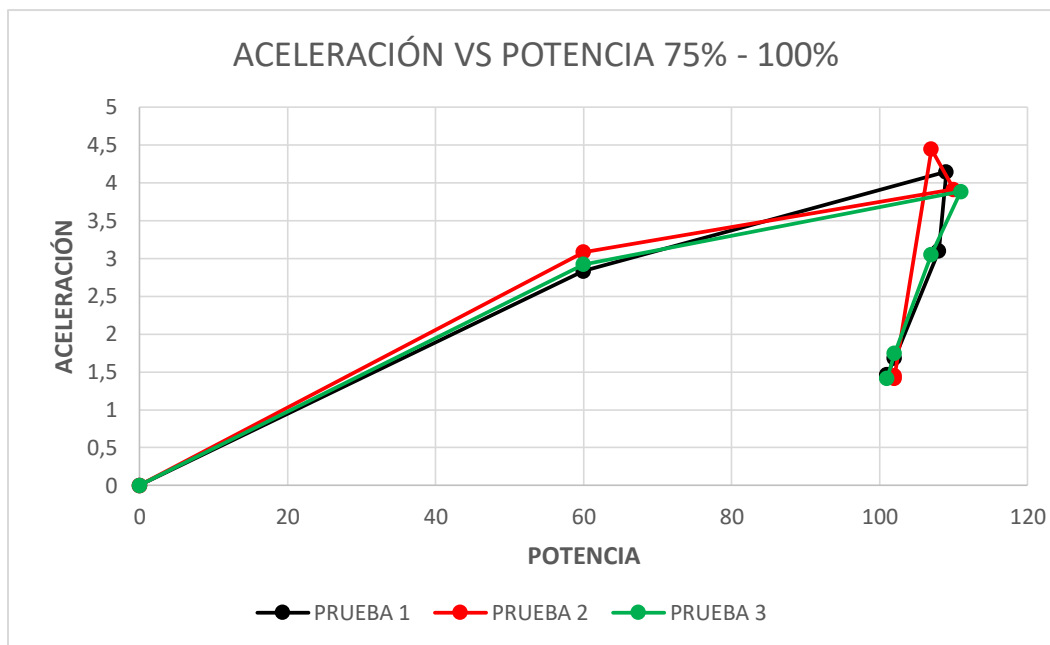


Figura 22. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 1.

La figura 22 muestra las trayectorias de las pruebas realizadas en el intervalo de 75% - 100% de aceleración vs potencia, mismas que evidencian que en la prueba 2 el valor de aceleración es máximo, con un valor de 4.44 m/s^2 mientras en la prueba 3 el pico de aceleración es de 3.88 m/s^2 debido a factores climáticos.

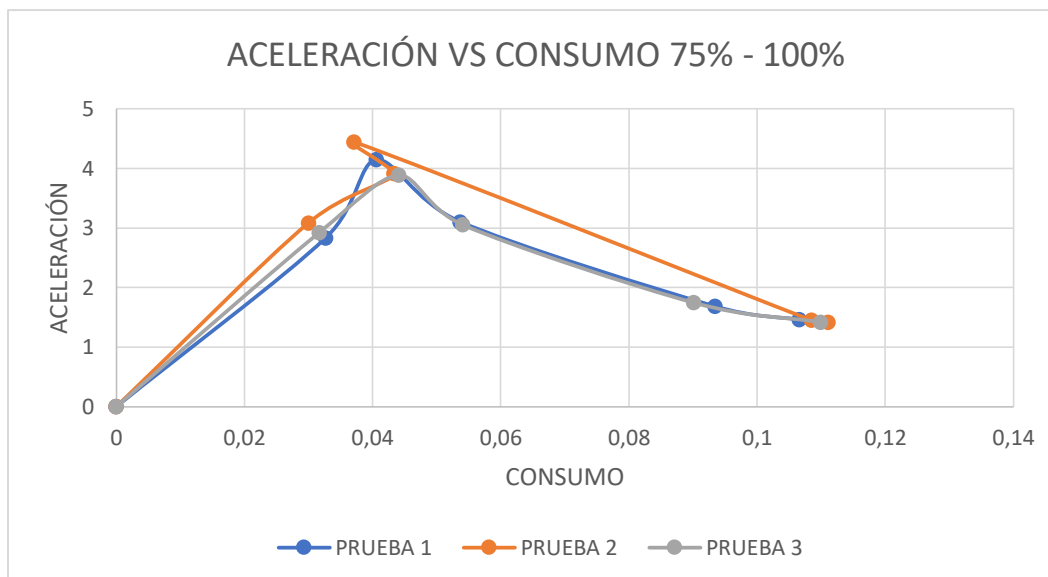


Figura 23. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 1.

En la figura 23 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1099 kWh en la prueba 3.

Tabla 16.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
1.886666667	20	2.944640754	60
3.283333333	40	3.977724741	110
4.903333333	60	3.429355281	107.333333
8.34	80	1.616553508	102
12.22	100	1.431844215	101.333333

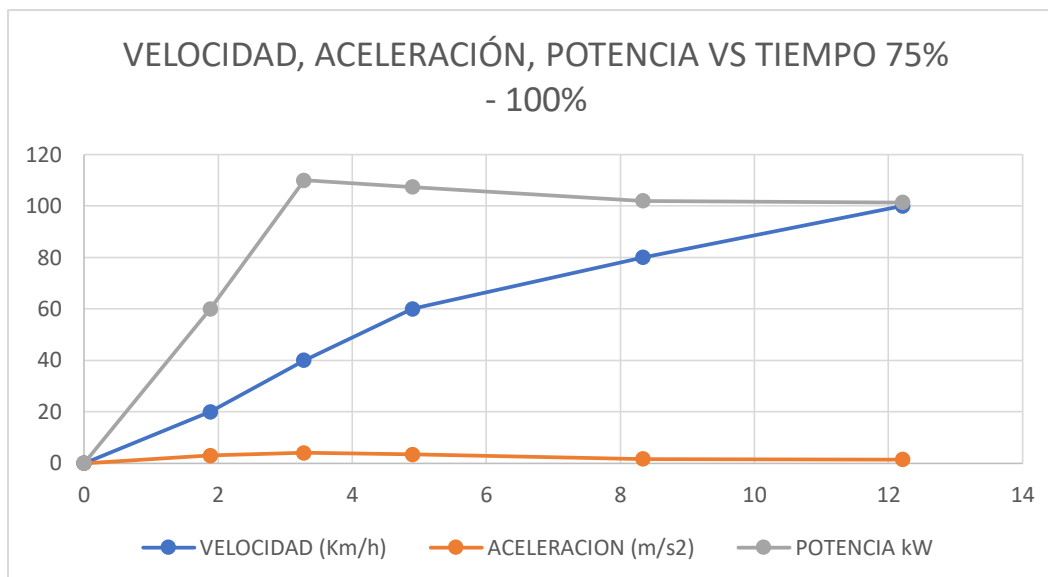


Figura 24. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 1.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 12.22 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 110 kW y una aceleración máxima promedio de 3.97 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

4.1.2. Prueba de aceleración en la ruta: Calle Quijano y Ordoñez – Estadio La Cocha.

✓ Pruebas 25% - 50%

Tabla 17.

Datos de la prueba 1 de aceleración en plano

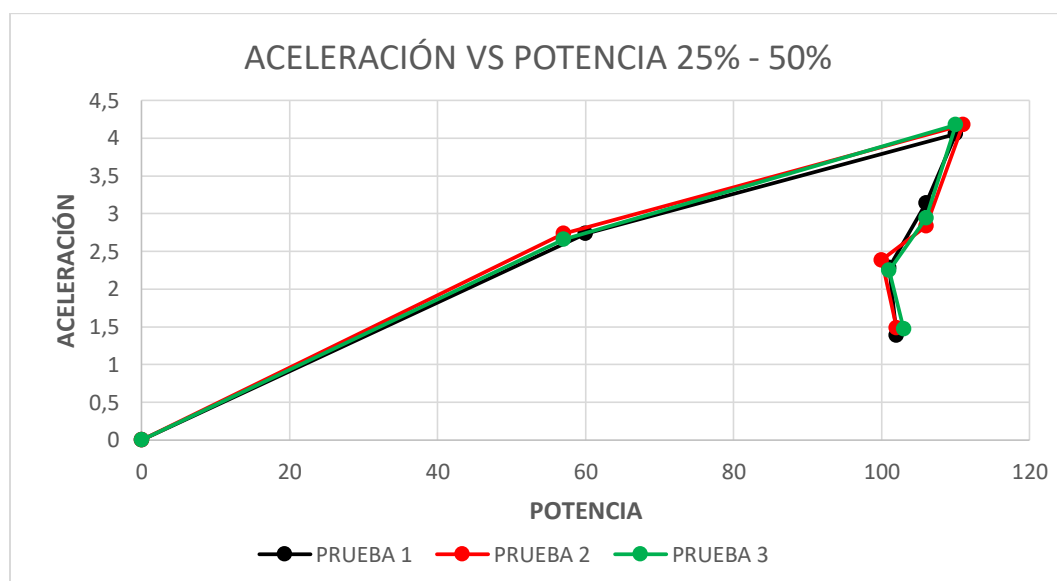
POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.03	20	2.736726875	0.033833333
110	3.4	40	4.055150041	0.041861111
106	5.17	60	3.138731952	0.052116667
101	7.6	80	2.286236854	0.068175
102	11.61	100	1.385425326	0.113616667

Tabla 18.*Datos de la prueba 2 de aceleración en plano*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
57	2.03	20	2.736726875	0.032141667
111	3.36	40	4.17710944	0.041008333
106	5.32	60	2.83446712	0.057711111
100	7.65	80	2.384358608	0.064722222
102	11.39	100	1.485442662	0.105966667

Tabla 19.*Datos de la prueba 3 de aceleración en plano*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
57	2.09	20	2.658160553	0.033091667
110	3.42	40	4.17710944	0.040638889
106	5.31	60	2.939447384	0.05565
101	7.78	80	2.249212776	0.069297222
103	11.55	100	1.473622163	0.107863889

**Figura 25.** Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 2.

Se observa en la figura 25 los valores de las pruebas realizadas en el intervalo de 25% - 50% de aceleración vs potencia; evidencian una trayectoria similar en las pruebas 2 y 3 obteniendo el mismo pico de aceleración, con un valor de 4.17 m/s^2 mientras en la prueba 1 el pico de aceleración es de 4.05 m/s^2 debido a factores climáticos.

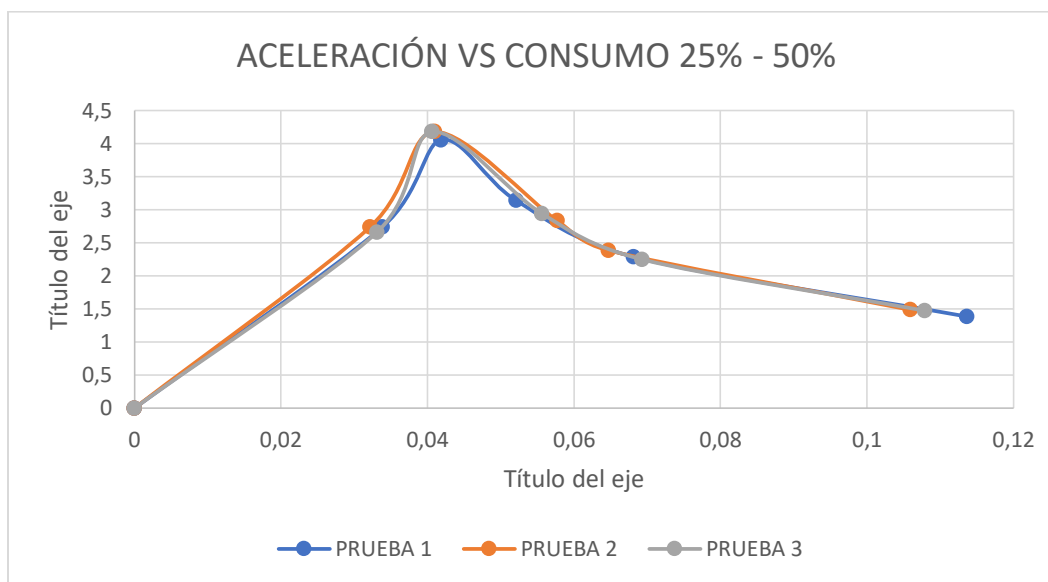


Figura 26. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 2.

Como se observa en la figura 26 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1136 kWh en la prueba 1, cabe recalcar que el consumo es entre los intervalos de tiempo.

Tabla 20.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.05	20	2.7100271	58
3.393333333	40	4.135649297	110.3333333
5.266666667	60	2.965599051	106
7.676666667	80	2.305209774	100.6666667
11.51666667	100	1.446759259	102.3333333

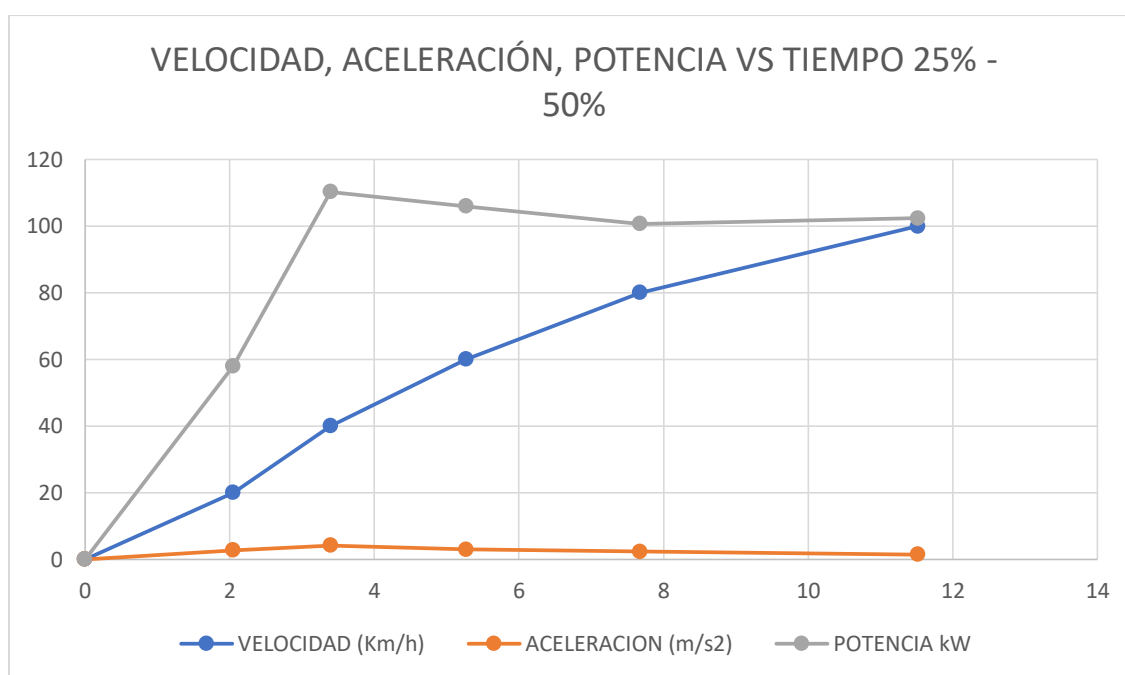


Figura 27. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 2.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 11.51 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 110.33 kW y una aceleración promedio máxima de 3,39 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Pruebas 50% - 75%****Tabla 21.***Datos de la prueba 1 de aceleración en plano*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
62	2.01	20	2.763957988	0.034616667
111	3.36	40	4.115226337	0.041625
106	5.12	60	3.156565657	0.051822222
101	7.67	80	2.178649237	0.071541667
102	11.34	100	1.513775356	0.103983333

Tabla 22.*Datos de la prueba 2 de aceleración en plano*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
62	1.98	20	2.805836139	0.0341
111	3.31	40	4.17710944	0.041008333
106	4.98	60	3.326679973	0.049172222
101	7.61	80	2.112378538	0.073786111
102	11.45	100	1.446759259	0.1088

Tabla 23.*Datos de la prueba 3 de aceleración en plano*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
61	2.00	20	2.777777778	0.033091667
112	3.36	40	4.08496732	0.040638889
106	5.19	60	3.035822708	0.05565
101	7.74	80	2.178649237	0.069297222
103	11.35	100	1.538935057	0.107863889

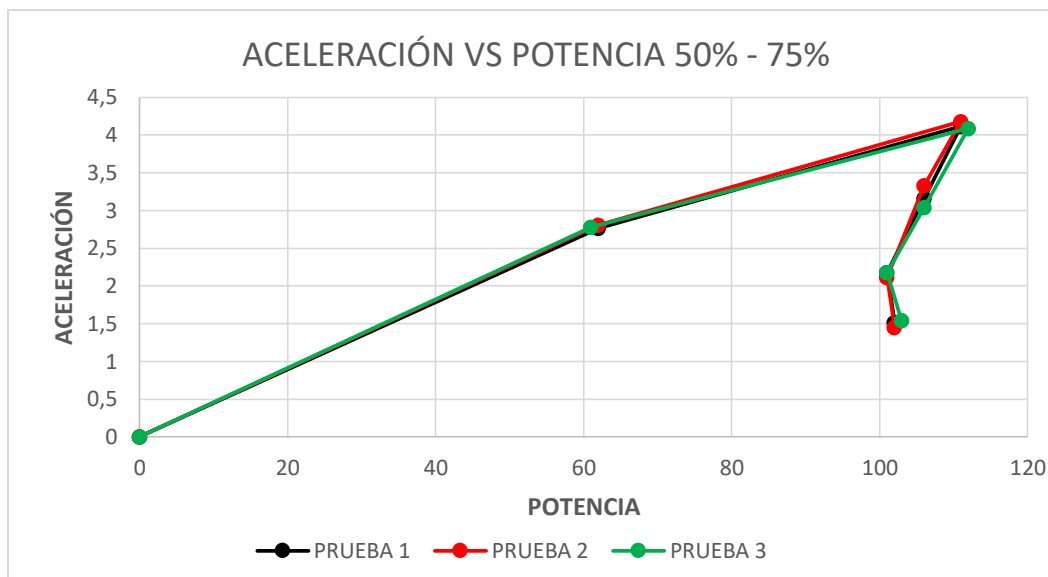


Figura 28. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 2.

En la figura 28 las pruebas realizadas en el intervalo de 50% - 75% de aceleración vs potencia, presentan mínima variación en su trayectoria, con un pico de 4.17 m/s^2 perteneciente a la prueba 2 mientras el menor pico de aceleración en las pruebas es de 4.08 m/s^2 debido a factores climáticos.

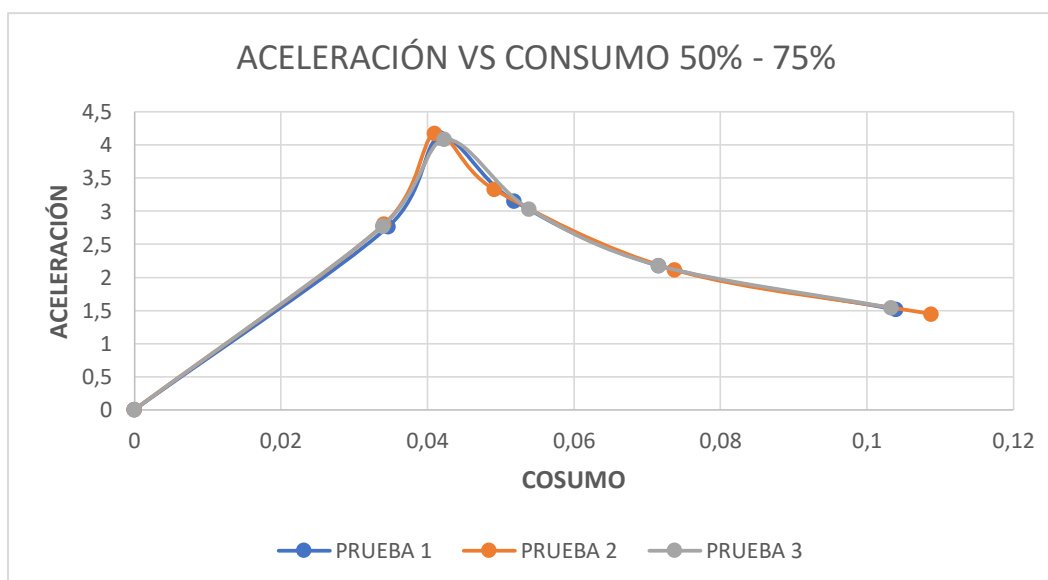


Figura 29. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 2.

En la figura 29 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1088 kWh en la prueba 2.

Tabla 24.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
1.996666667	20	2.782415136	61.66666667
3.343333333	40	4.125412541	111.3333333
5.096666667	60	3.168567807	106
7.673333333	80	2.156101768	101
11.38	100	1.498800959	102.3333333

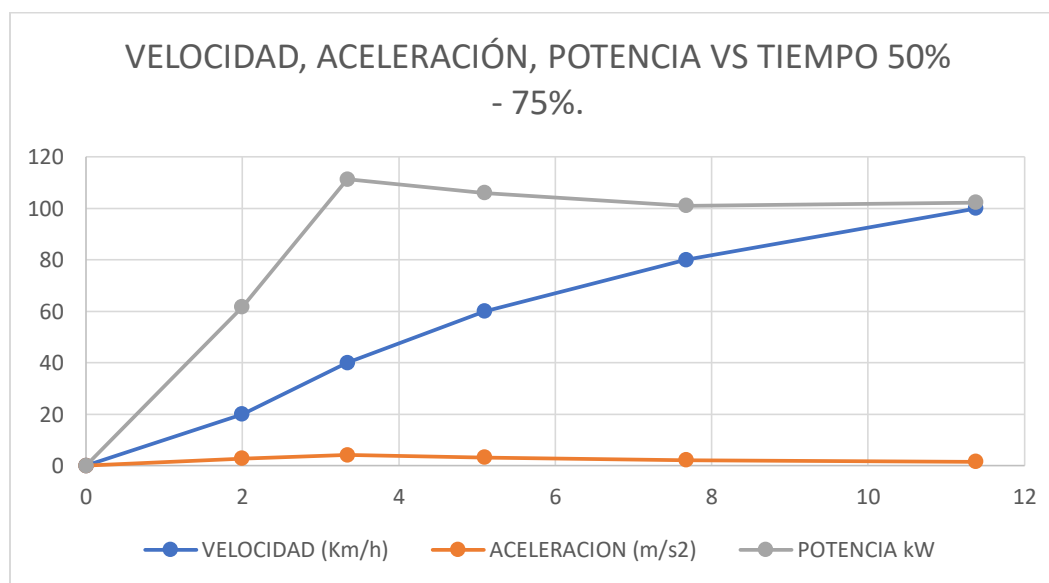


Figura 30. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 2.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 11.38 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 111.33 kW y una aceleración máxima

promedio de 4.12 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Pruebas 75% - 100%**

Tabla 25.

Datos de la prueba 1 de aceleración en plano

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	1.87	20	2.970885324	0.031166667
112	3.25	40	4.025764895	0.042933333
107	5.01	60	3.156565657	0.052311111
101	7.61	80	2.136752137	0.072944444
103	11.2	100	1.547508511	0.102713889

Tabla 26.

Datos de la prueba 2 de aceleración en plano

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	1.99	20	2.79173646	0.033166667
111	3.46	40	3.779289494	0.045325
106	5.14	60	3.306878307	0.049466667
100	7.26	80	2.620545073	0.058888889
102	11.54	100	1.298026999	0.121266667

Tabla 27.

Datos de la prueba 3 de aceleración en plano

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
59	1.9	20	2.923976608	0.031138889
112	3.35	40	3.831417625	0.045111111
107	4.79	60	3.858024691	0.0428
101	7.43	80	2.104377104	0.074066667
102	11.22	100	1.465845793	0.107383333

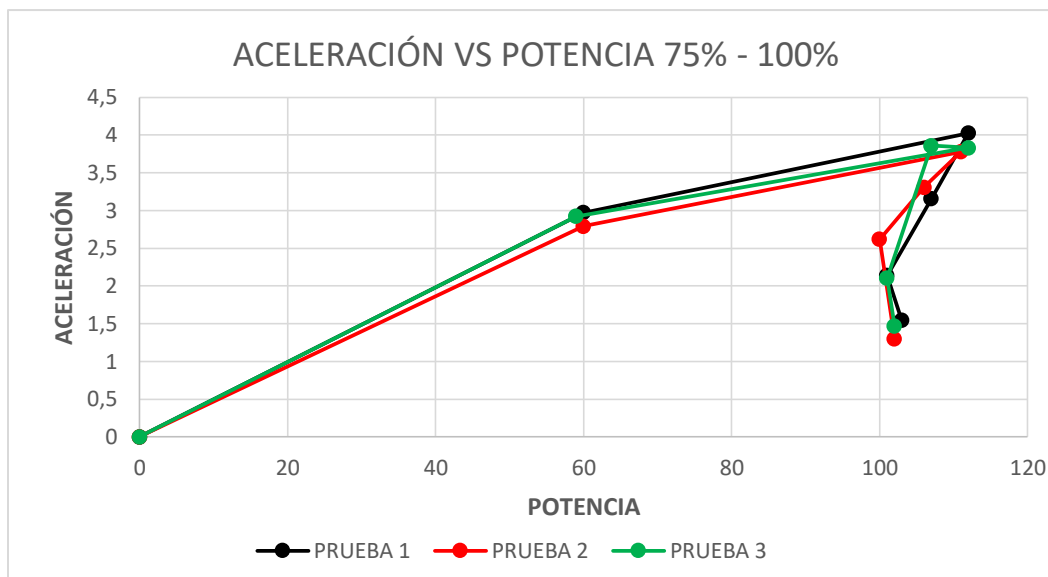


Figura 31. Gráfica de aceleración vs potencia en plano en ruta 2.

La figura 31 muestra las trayectorias de las pruebas realizadas en el intervalo de 75% - 100% de aceleración vs potencia, mismas que evidencian que en la prueba 1 el valor de aceleración es máximo, con un valor de 4.025 m/s^2 mientras en la prueba 2 el pico de aceleración es de 3.77 m/s^2 debido a factores climáticos.

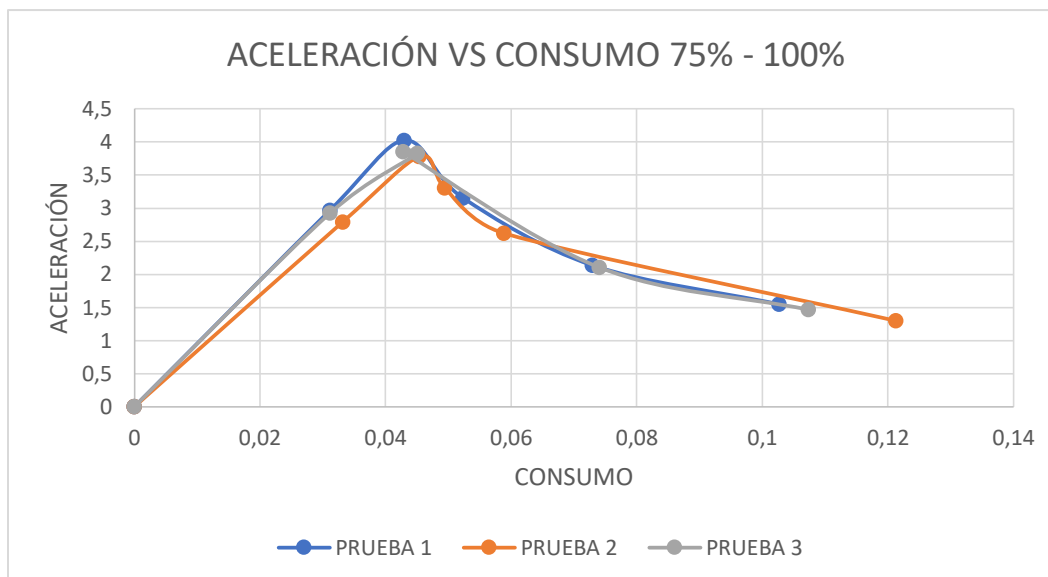


Figura 32. Gráfica de aceleración vs consumo en plano en ruta 2.

En la figura 32 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1212 kWh en la prueba 2.

Tabla 28.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
1.92	20	2.893518519	59.66666667
3.353333333	40	3.875968992	111.6666667
4.98	60	3.415300546	106.6666667
7.433333333	80	2.264492754	100.6666667
11.32	100	1.429388222	102.3333333

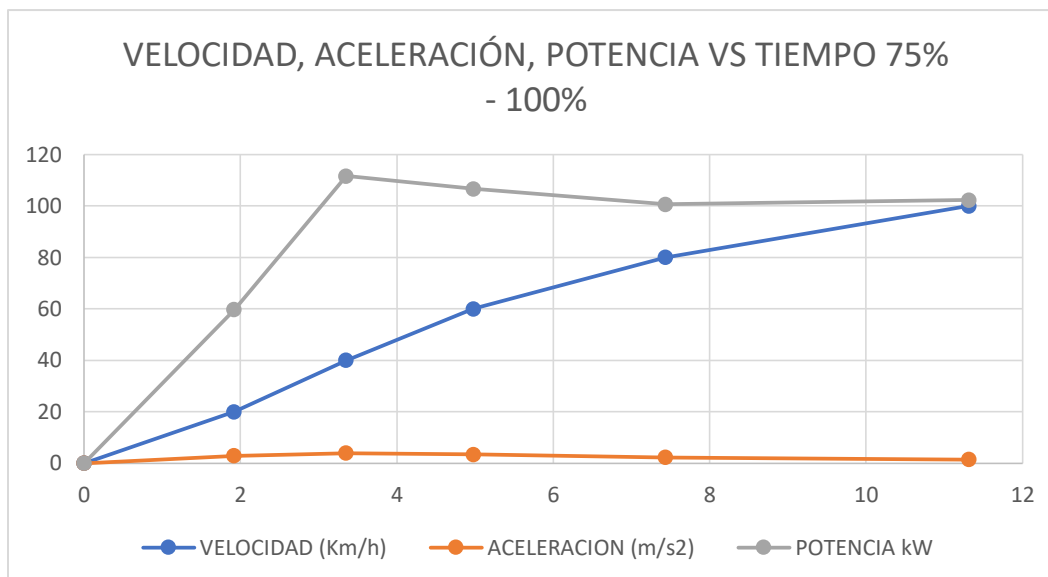


Figura 33. Gráfica de valores promedios en plano en ruta 2.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 11.32 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 111.66 kW y una aceleración máxima promedio de 3.35 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

4.2. Pruebas de aceleración en pendiente a distintos porcentajes de carga aplicando los protocolos.

4.2.1. Prueba de aceleración en la ruta: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, Campus Belisario Quevedo.

✓ Pruebas 25% - 50%

Tabla 29.

Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0

CONTINÚA →

59	2.29	20	2.426006793	0.037530556
105	3.99	40	3.267973856	0.049583333
108	5.62	60	3.408316292	0.0489
102	8.39	80	2.005615724	0.078483333
101	13.48	100	1.091464746	0.142802778

Tabla 30.*Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	1.94	20	2.863688431	0.032333333
110	4.06	40	2.620545073	0.064777778
107	5.62	60	3.561253561	0.046366667
101	8.41	80	1.99123855	0.078275
101	12.96	100	1.221001221	0.127652778

Tabla 31.*Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
53	2.44	20	2.276867031	0.035922222
110	3.92	40	3.753753754	0.045222222
109	5.55	60	3.408316292	0.049352778
103	8.42	80	1.935733643	0.082113889
101	12.25	100	1.450536699	0.107452778

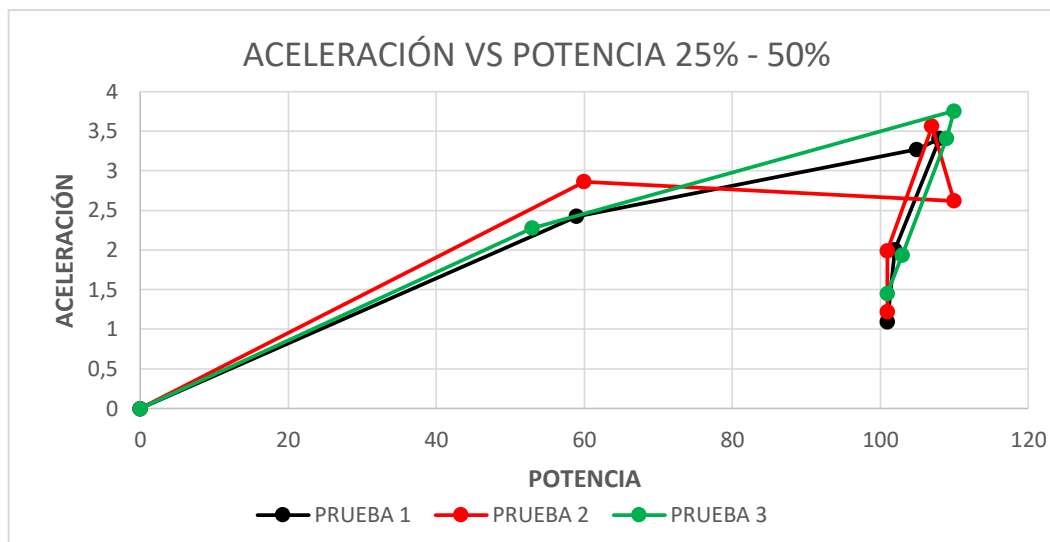


Figura 34. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 1.

Se observa en la figura 34 los valores de las pruebas realizadas en pendiente en el intervalo de 25% - 50% de aceleración vs potencia; evidencian una trayectoria similar en las pruebas 1 y 3, con un valor máximo de 3.75 m/s^2 mientras en la prueba 1 el pico de aceleración es de 3.26 m/s^2 debido a factores climáticos.

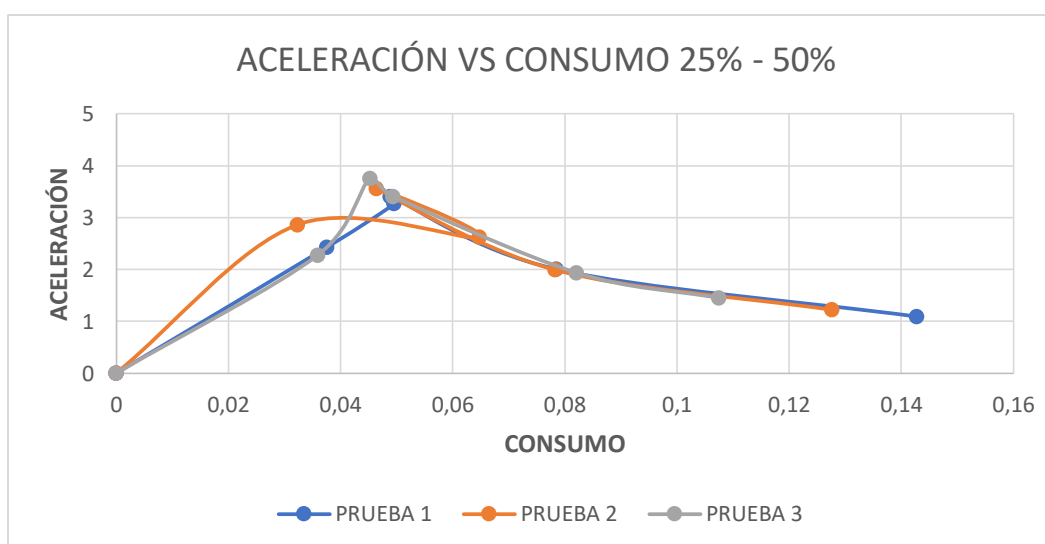


Figura 35. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 1.

Como se observa en la figura 35 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1428 kWh en la prueba 1, cabe recalcar que el consumo es entre los intervalos de tiempo.

Tabla 32.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA0 (kW)
0	0	0	0
2.223333333	20	2.498750625	57.3333333
3.99	40	3.144654088	108.333333
5.596666667	60	3.457814661	108
8.406666667	80	1.977066034	102
12.89666667	100	1.237317496	101

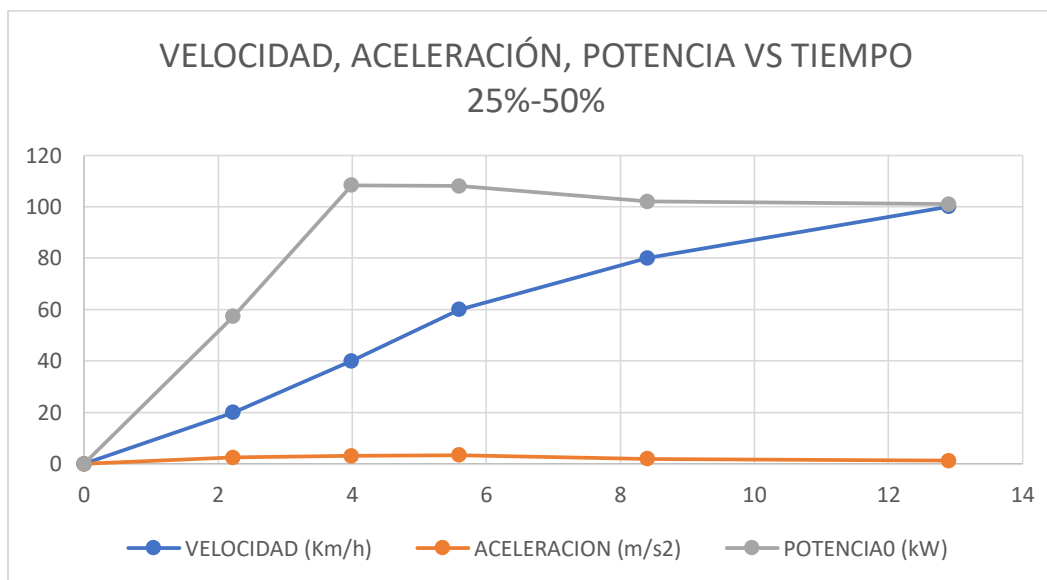


Figura 36. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 1.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 12.89 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 108.33 kW y una aceleración promedio máxima de $3,45 \text{ m/s}^2$, estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Prueba 50% - 75%**

Tabla 33.

Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s^2)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
62	2.89	20	1.922337562	0.049772222
110	4.34	40	3.831417625	0.044305556
107	5.89	60	3.584229391	0.046069444
100	8.54	80	2.096436059	0.073611111
102	12.53	100	1.392369813	0.11305

Tabla 34.

Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s^2)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
53	2.49	20	2.231146809	0.036658333
109	3.98	40	3.728560776	0.045113889
107	5.53	60	3.584229391	0.046069444
101	8.26	80	2.035002035	0.076591667
102	12.12	100	1.439263097	0.109366667

Tabla 35.

Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s^2)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.52	20	2.204585538	0.042
109	3.89	40	4.055150041	0.041480556
107	5.46	60	3.538570418	0.046663889

CONTINÚA →

101	8.14	80	2.072968491	0.075188889
101	12.44	100	1.291989664	0.120638889

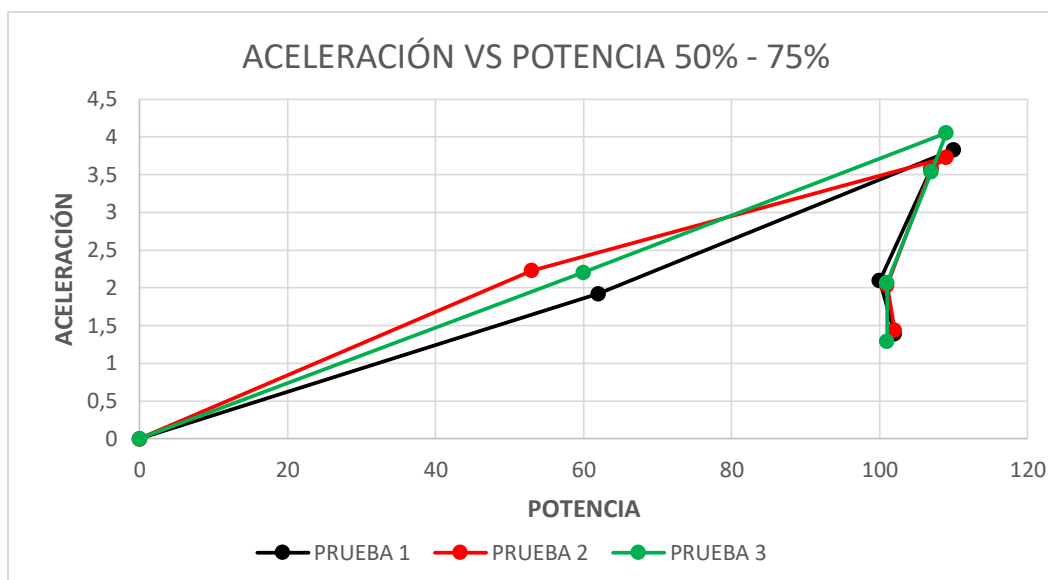


Figura 37. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 1.

En la figura 37 las pruebas realizadas en el intervalo de 50% - 75% de aceleración vs potencia, presentan variación en su trayectoria, con un pico de 4.05 m/s^2 perteneciente a la prueba 3 mientras el menor pico de aceleración en las pruebas es de 3.72 m/s^2 debido a factores climáticos

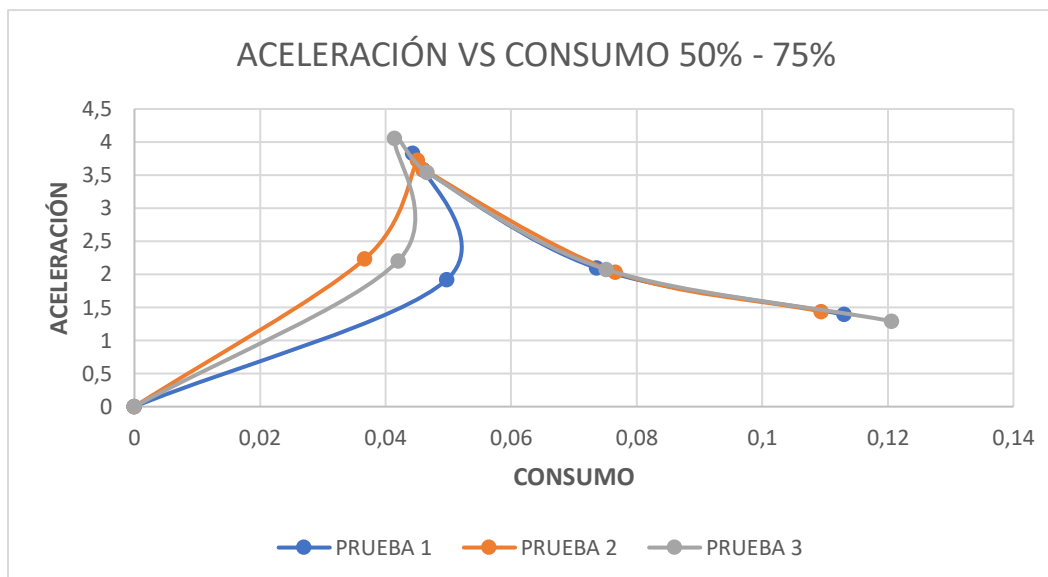


Figura 38. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 1.

En la figura 38 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1206 kWh en la prueba 3.

Tabla 36.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.633333333	20	2.109704641	58.33333333
4.07	40	3.866976025	109.3333333
5.626666667	60	3.568879372	107
8.313333333	80	2.067824648	100.6666667
12.36333333	100	1.371742112	101.6666667

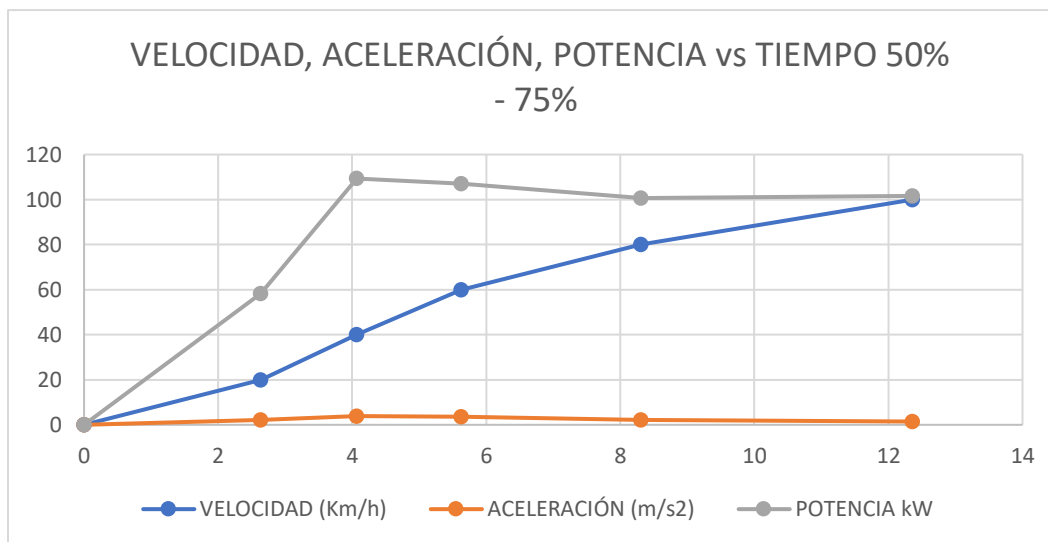


Figura 39. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 1.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 12.36 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 109.33 kW y una aceleración máxima promedio de 4.07 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Prueba 75% - 100%**

Tabla 37.

Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente

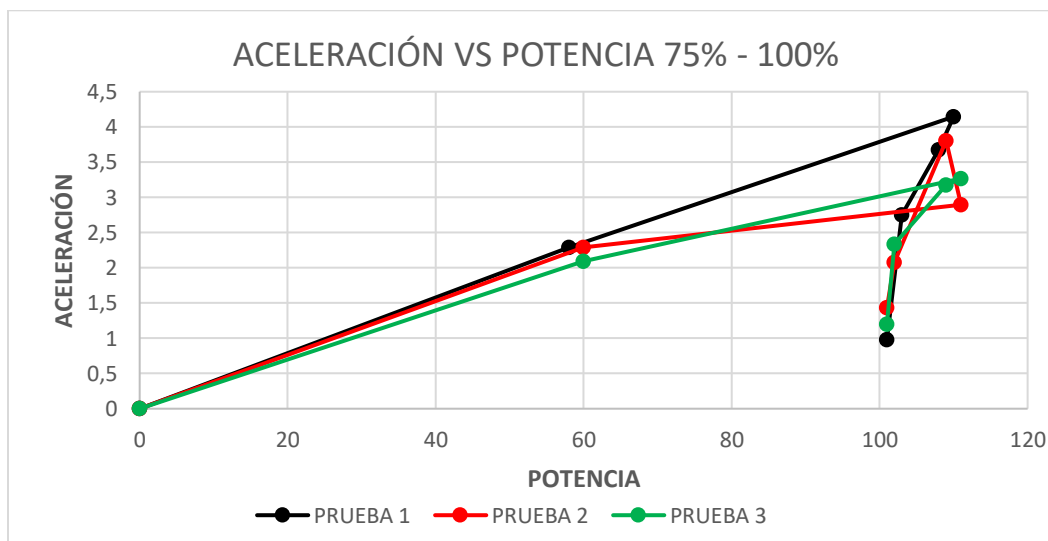
POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
58	2.43	20	2.286236854	0.03915
110	3.77	40	4.145936982	0.040944444
108	5.28	60	3.679175865	0.0453
103	7.3	80	2.750275028	0.057794444
101	12.95	100	0.983284169	0.158513889

Tabla 38.*Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.43	20	2.286236854	0.0405
111	4.35	40	2.893518519	0.0592
109	5.81	60	3.805175038	0.044205556
102	8.48	80	2.080732418	0.07565
101	12.35	100	1.435544071	0.108575

Tabla 39.*Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.65	20	2.096436059	0.044166667
111	4.35	40	3.267973856	0.052416667
109	6.1	60	3.174603175	0.052986111
102	8.48	80	2.33426704	0.067433333
101	13.12	100	1.197318008	0.130177778

**Figura 40.** Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 1.

La figura 40 muestra las trayectorias de las pruebas realizadas en el intervalo de 75% - 100% de aceleración vs potencia, mismas que evidencian que en la prueba 1 el valor de aceleración es máximo, con un valor de 4.145 m/s^2 mientras en la prueba 3 el pico de aceleración es de 3.26 m/s^2 debido a factores climáticos.

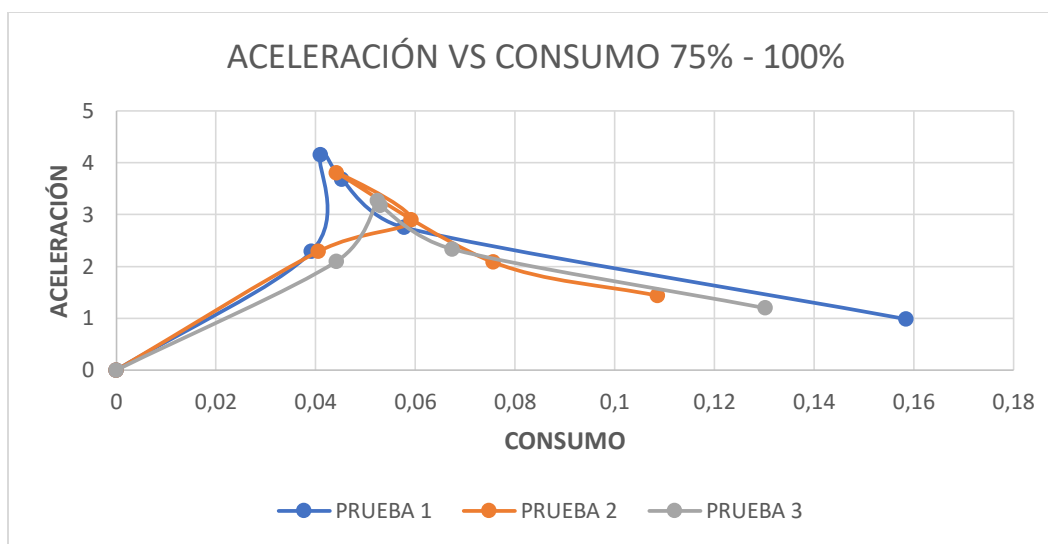


Figura 41. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 1.

En la figura 41 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1585 kWh en la prueba 1.

Tabla 40.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s^2)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.503333333	20	2.219263205	59.33333333

CONTINÚA →

4.156666667	40	3.360215054	110.6666667
5.73	60	3.531073446	108.6666667
8.086666667	80	2.357378595	102.3333333
12.80666667	100	1.177024482	101

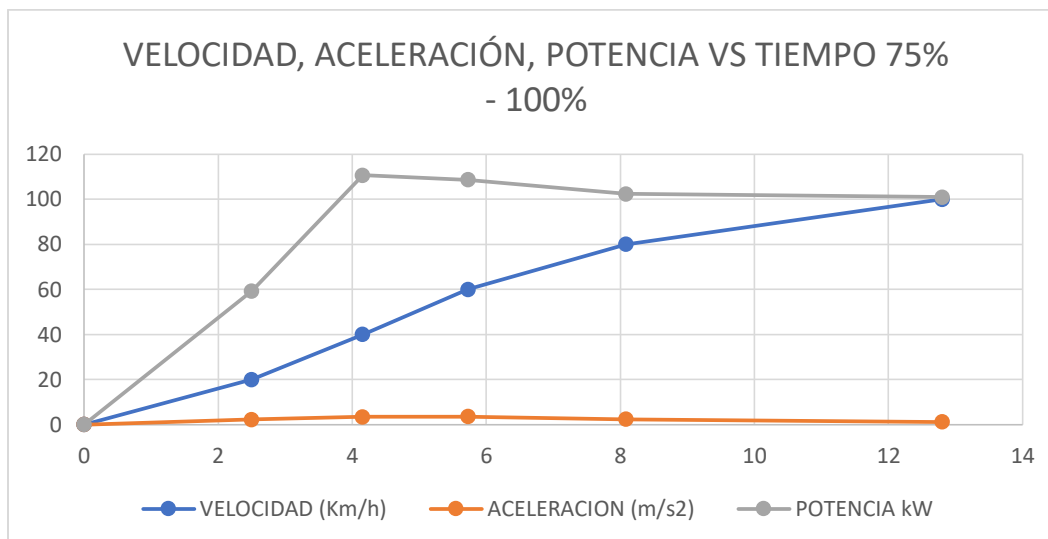


Figura 42. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 1.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 12.80 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 110.66 kW y una aceleración máxima promedio de 3.53 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

4.2.2. Prueba de aceleración en la ruta: Carretera Panamericana – Sector El Chasqui.

✓ **Prueba 25% - 50%**

Tabla 41.*Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.5	20	2.222222222	0.041666667
109	4.01	40	3.679175865	0.045719444
104	6.22	60	2.513826043	0.063844444
100	10.08	80	1.439263097	0.107222222
101	16.52	100	0.862663906	0.180677778

Tabla 42.*Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
58	2.5	20	2.222222222	0.040277778
108	4.24	40	3.19284802	0.0522
104	6.41	60	2.56016385	0.062688889
100	10.32	80	1.420858198	0.108611111
102	16.85	100	0.850774205	0.185016667

Tabla 43.*Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.44	20	2.923976608	0.031666667
110	4.16	40	3.885003885	0.043694444
105	6.39	60	3.052503053	0.053083333
101	10.02	80	1.747030049	0.089216667
102	16.53	100	1.41723356	0.111066667

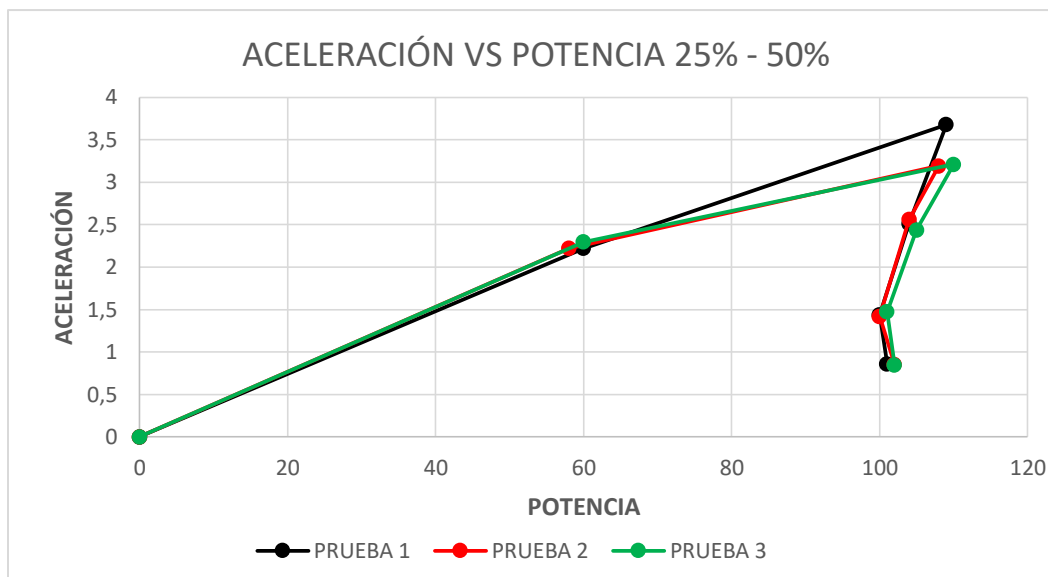


Figura 43. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 2.

Se observa en la figura 43 los valores de las pruebas realizadas en pendiente en el intervalo de 25% - 50% de aceleración vs potencia; evidencian una trayectoria similar en las pruebas 2 y 3 siendo el pico mínimo de aceleración de 3.19 m/s^2 debido a factores climáticos y un valor pico máximo de 3.67 m/s^2 .

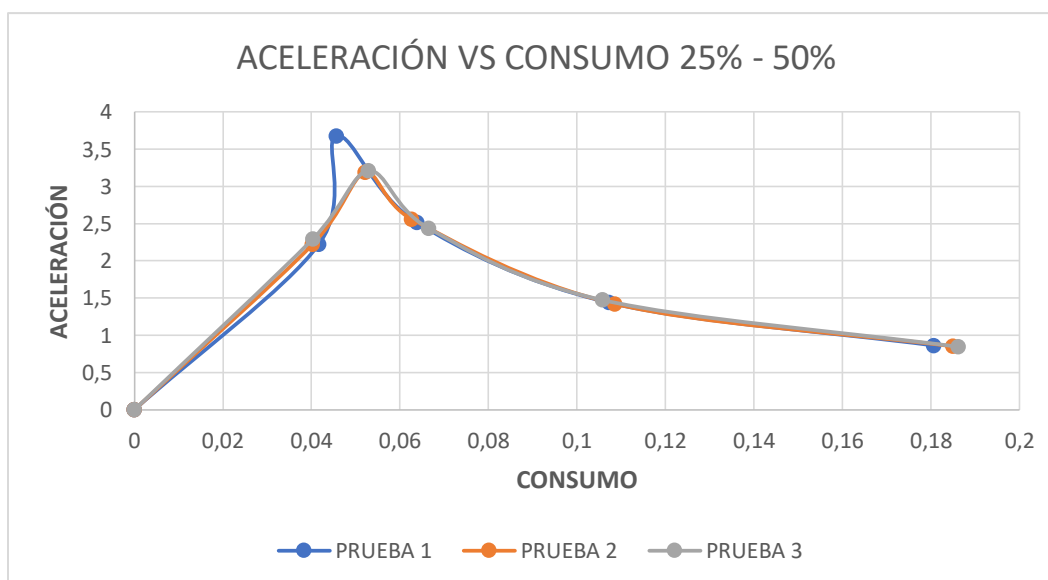


Figura 44. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 2.

Como se observa en la figura 44 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1861 kWh en la prueba 3, cabe recalcar que el consumo es entre los intervalos de tiempo.

Tabla 44.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.35	20	2.364066194	60
4.126666667	40	3.126954346	110.3333333
6.363333333	60	2.483854943	106.3333333
10.30333333	80	1.410039481	101
16.69	100	0.86986778	102.6666667

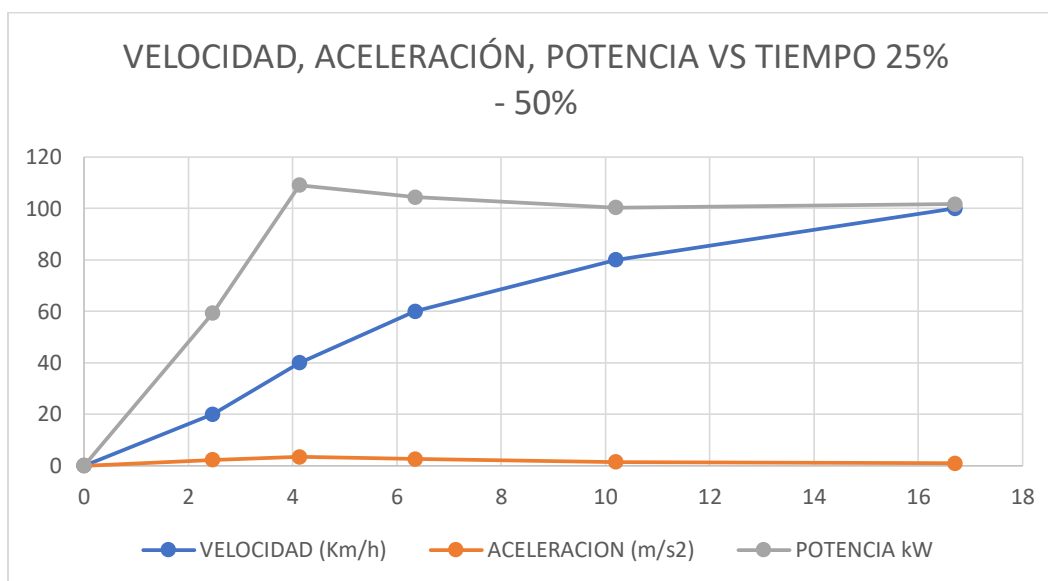


Figura 45. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 2.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 16.71 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 109 kW y una aceleración promedio máxima de 3,34 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Prueba 50% - 75%**

Tabla 45.

Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
62	2.48	20	2.240143369	0.042711111
110	3.95	40	3.779289494	0.044916667
106	6.31	60	2.354048964	0.069488889
101	10.01	80	1.501501502	0.103805556
101	16.55	100	0.849473327	0.183483333

Tabla 46.

Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.33	20	2.384358608	0.038833333
110	3.96	40	3.408316292	0.049805556
106	6.19	60	2.491280518	0.065661111
101	10.13	80	1.410039481	0.110538889
102	16.56	100	0.86400553	0.182183333

Tabla 47.

Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.65	20	2.096436059	0.044166667
109	4.16	40	3.679175865	0.045719444
107	6.4	60	2.48015873	0.066577778

CONTINÚA →

100	10.4	80	1.388888889	0.111111111
101	16.8	100	0.868055556	0.179555556

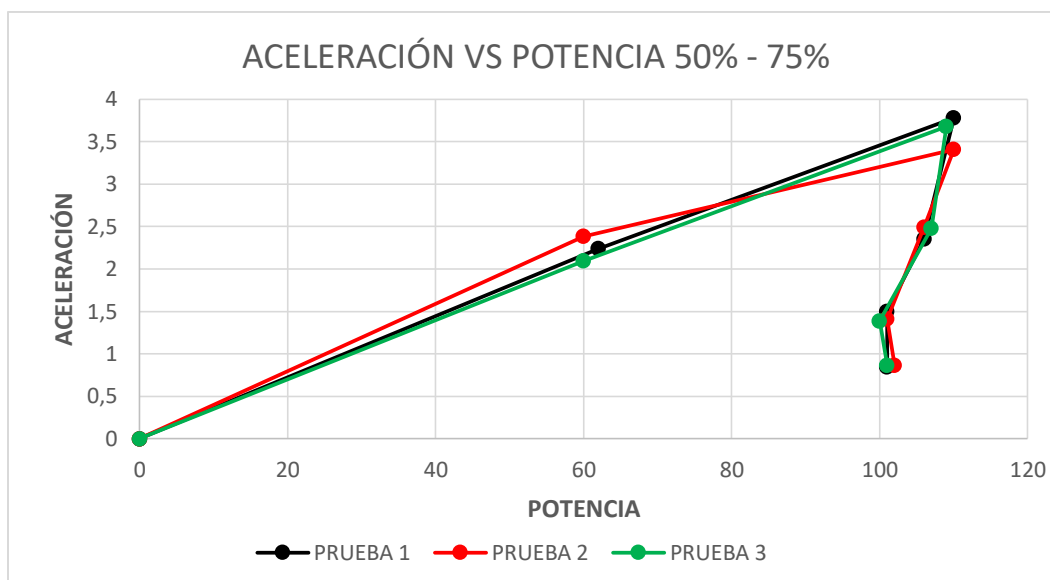


Figura 46. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 2.

En la figura 46 las pruebas realizadas en el intervalo de 50% - 75% de aceleración vs potencia, son similares en su trayectoria, con un pico de 3.77 m/s² perteneciente a la prueba 1 mientras el menor pico de aceleración en las pruebas es de 3.40m/s² debido a factores climáticos.

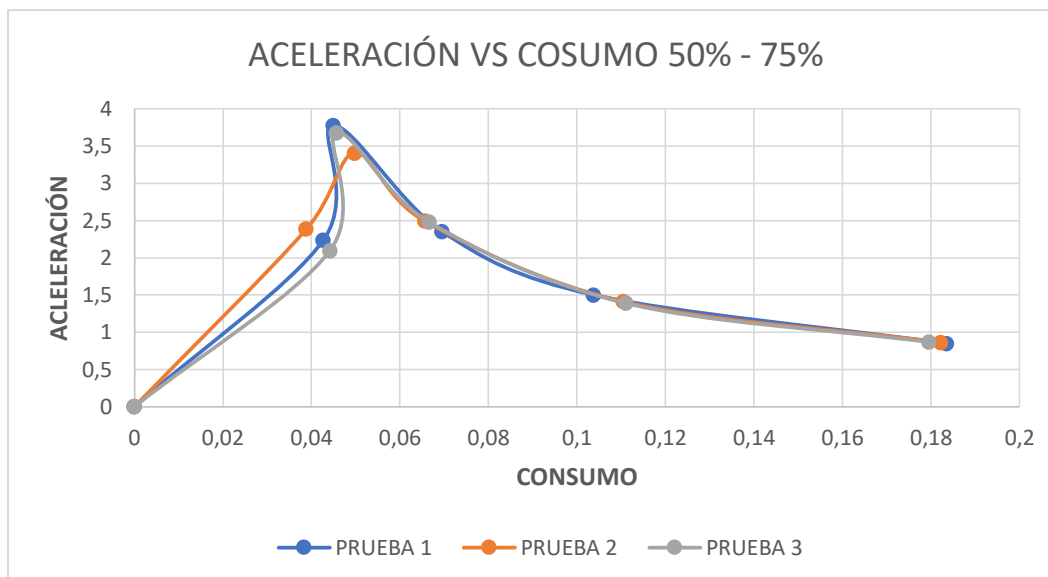


Figura 47. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 2.

En la figura 47 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1834 kWh en la prueba 1.

Tabla 48.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.486666667	20	2.234137623	60.66666667
4.023333333	40	3.615328995	109.6666667
6.3	60	2.440214739	106.3333333
10.18	80	1.431844215	100.6666667
16.63666667	100	0.860437102	101.3333333

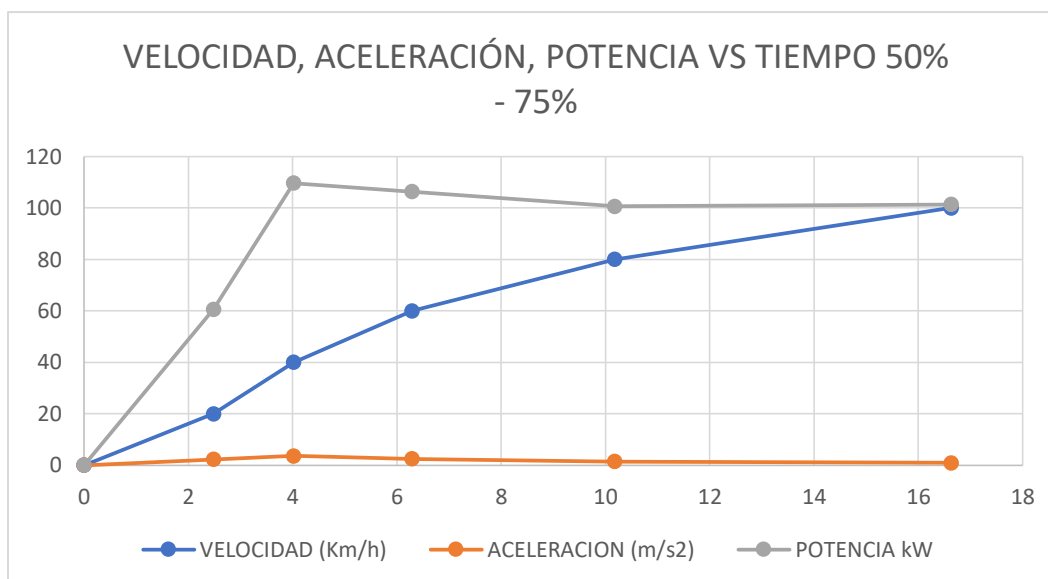


Figura 48. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 2.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 16.63 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 109.66 kW y una aceleración máxima promedio de 3.61 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Prueba 75% - 100%**

Tabla 49.

Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente

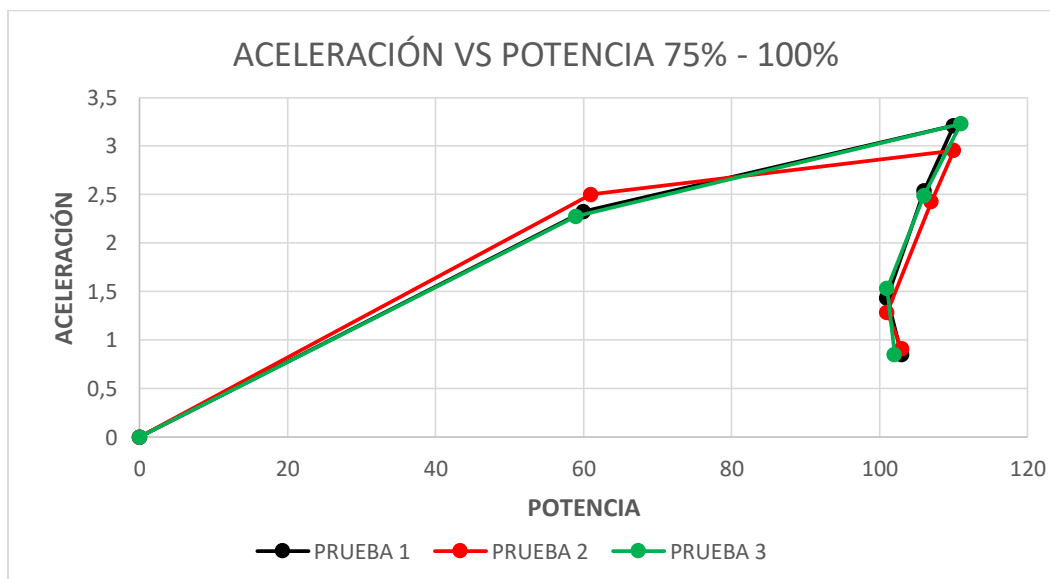
POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.39	20	2.324500232	0.039833333
110	4.12	40	3.211303789	0.052861111
106	6.31	60	2.536783359	0.064483333
101	10.18	80	1.435544071	0.108575
103	16.73	100	0.848176421	0.187402778

Tabla 50.*Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
61	2.22	20	2.502502503	0.037616667
110	4.1	40	2.955082742	0.057444444
107	6.39	60	2.426006793	0.068063889
101	10.71	80	1.28600823	0.1212
103	16.81	100	0.910746812	0.174527778

Tabla 51.*Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
59	2.44	20	2.276867031	0.039988889
111	4.16	40	3.22997416	0.053033333
106	6.39	60	2.491280518	0.065661111
101	10.02	80	1.530456076	0.101841667
102	16.53	100	0.85338795	0.18445

**Figura 49.** Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 2.

La figura 49 muestra las trayectorias de las pruebas realizadas en el intervalo de 75% - 100% de aceleración vs potencia, mismas que evidencian que en la prueba 3 el valor de aceleración es máximo, con un valor de 2.95 m/s^2 mientras en la prueba 2 el pico de aceleración es de 3.26 m/s^2 debido a factores climáticos.

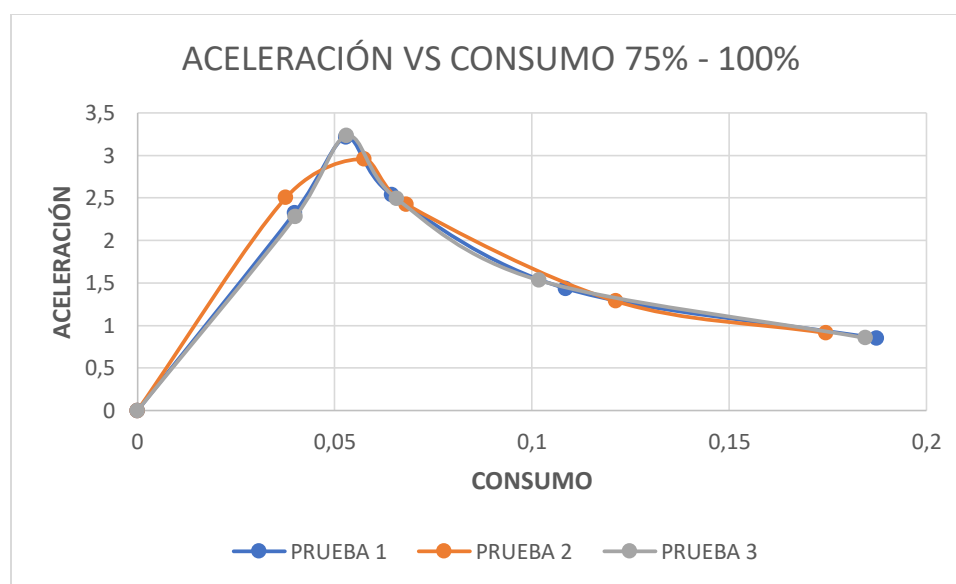


Figura 50. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 2.

En la figura 50 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.1874 kWh en la prueba 1.

Tabla 52.
Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.35	20	2.364066194	60
4.126666667	40	3.126954346	110.3333333
6.363333333	60	2.483854943	106.3333333
10.30333333	80	1.410039481	101
16.69	100	0.86986778	102.6666667

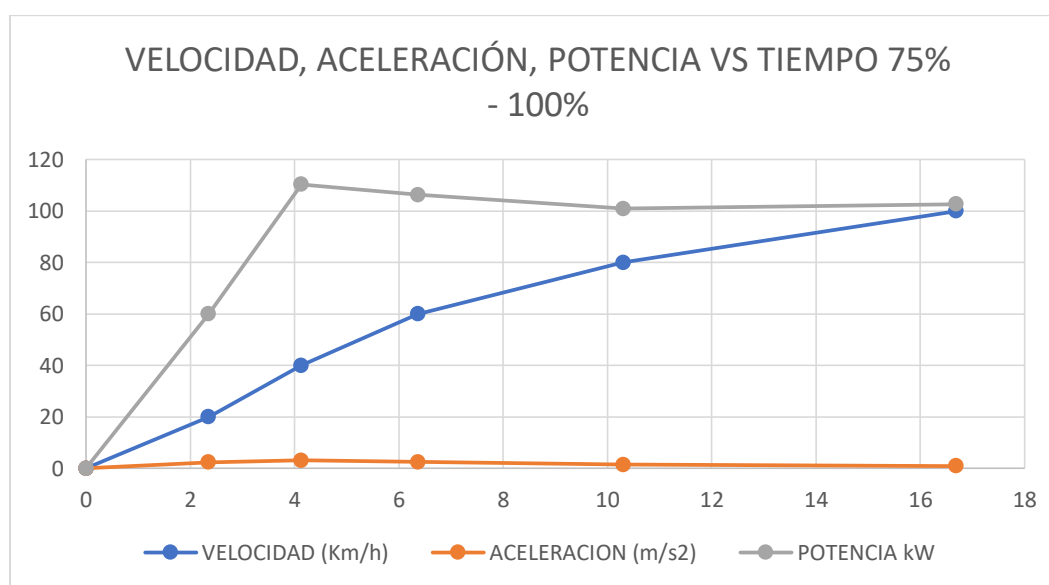


Figura 51. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 2.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 16.69 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 110.33 kW y una aceleración máxima promedio de 3.12 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

4.2.3. Prueba de aceleración en la ruta: Paso Lateral E35.

✓ Pruebas 25% - 50%

Tabla 53.*Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
61	2.3	20	2.415458937	0.038972222
110	3.87	40	3.538570418	0.047972222
105	6.36	60	2.231146809	0.072625
101	10.77	80	1.259763165	0.123725
103	18.69	100	0.701459035	0.2266

Tabla 54.*Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.24	20	2.48015873	0.037333333
111	4.34	40	2.645502646	0.06475
105	6.89	60	2.178649237	0.074375
101	11.29	80	1.262626263	0.123444444
102	19.23	100	0.699692135	0.224966667

Tabla 55.*Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente*

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.42	20	2.295684114	0.040333333
109	4.21	40	3.103662322	0.054197222
103	6.64	60	2.286236854	0.069525
101	11.52	80	1.138433515	0.136911111
103	19.23	100	0.720564923	0.220591667

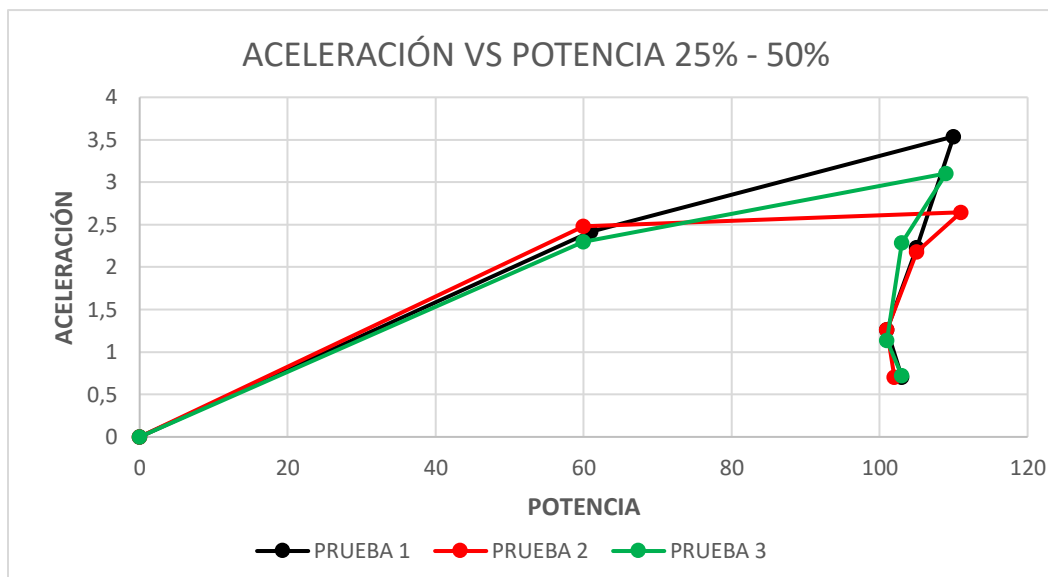


Figura 52. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 3.

Se observa en la figura 52 los valores de las pruebas realizadas en pendiente en el intervalo de 25% - 50% de aceleración vs potencia; evidencian una trayectoria similar en al comienzo, el pico mínimo de aceleración de 2.64 m/s^2 debido a factores climáticos y un valor pico máximo de 3.53 m/s^2 .

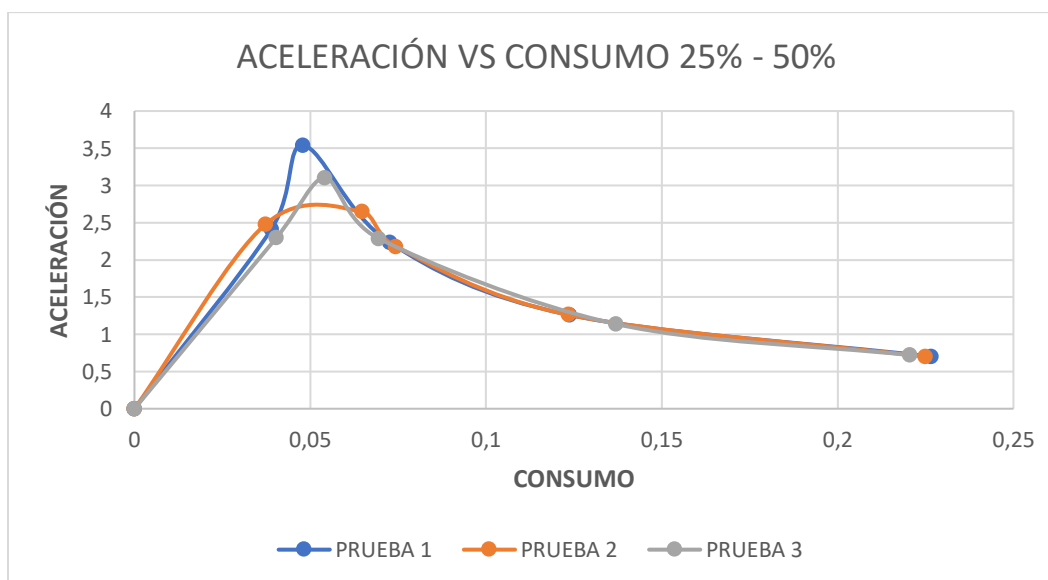


Figura 53. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 3.

Como se observa en la figura 53 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.2266 kWh en la prueba 1, cabe recalcar que el consumo es entre los intervalos de tiempo.

Tabla 56.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.32	20	2.394636015	60.33333333
4.14	40	3.052503053	110
6.63	60	2.231146809	104.3333333
11.19333333	80	1.21743365	101
19.05	100	0.707113562	102.6666667

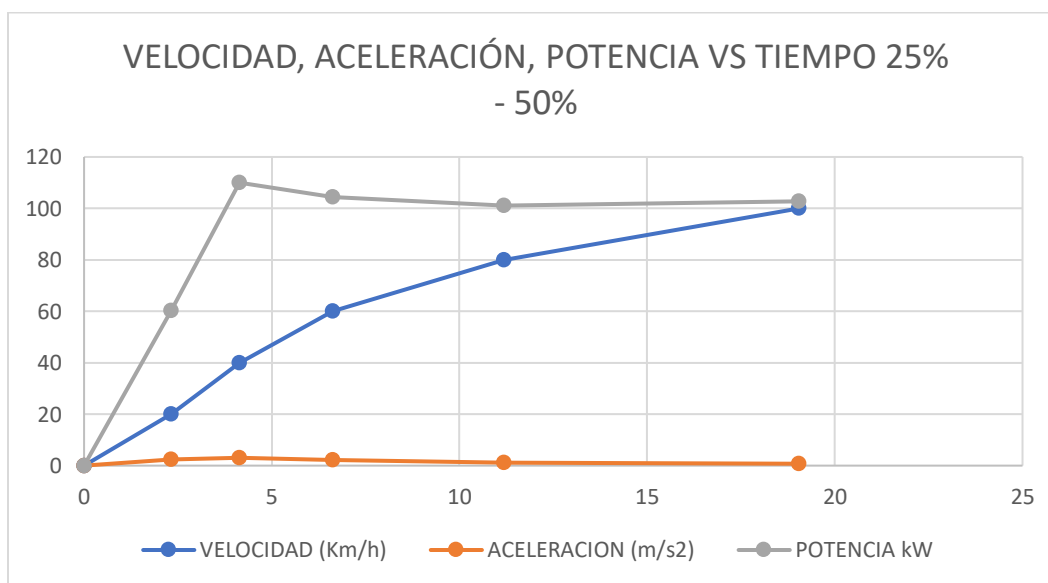


Figura 54. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 3.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 19.05 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 110 kW y una aceleración promedio

máxima de 3,052 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Pruebas 50% - 75%**

Tabla 57.

Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
61	2.3	20	2.415458937	0.038972222
108	3.85	40	3.584229391	0.0465
105	6.4	60	2.178649237	0.074375
100	11.05	80	1.19474313	0.129166667
102	19.38	100	0.66693344	0.236016667

Tabla 58.

Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.16	20	2.572016461	0.036
109	3.82	40	3.346720214	0.050261111
105	6.34	60	2.204585538	0.0735
101	11.1	80	1.16713352	0.133544444
102	18.89	100	0.713165026	0.220716667

Tabla 59.

Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.47	20	2.249212776	0.041166667
110	4.12	40	3.367003367	0.050416667
105	6.61	60	2.231146809	0.072625
100	11.2	80	1.210360687	0.1275
102	19.32	100	0.684181719	0.230066667

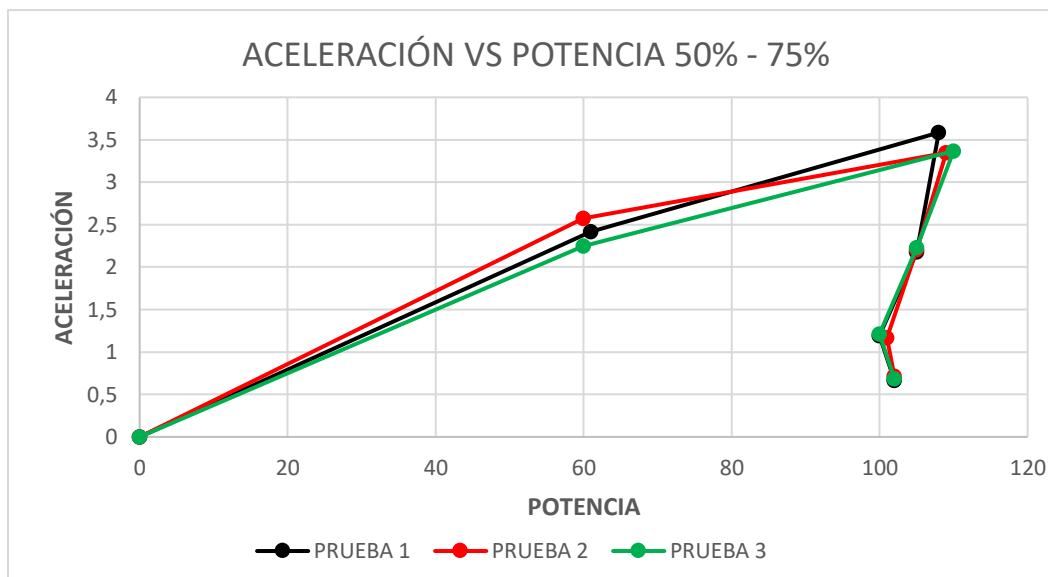


Figura 55. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 3.

En la figura 55 las pruebas realizadas en el intervalo de 50% - 75% de aceleración vs potencia, son similares en su trayectoria, con un pico de 3.58 m/s^2 perteneciente a la prueba 1 mientras el menor pico de aceleración en las pruebas es de 3.34 m/s^2 debido a factores climáticos.

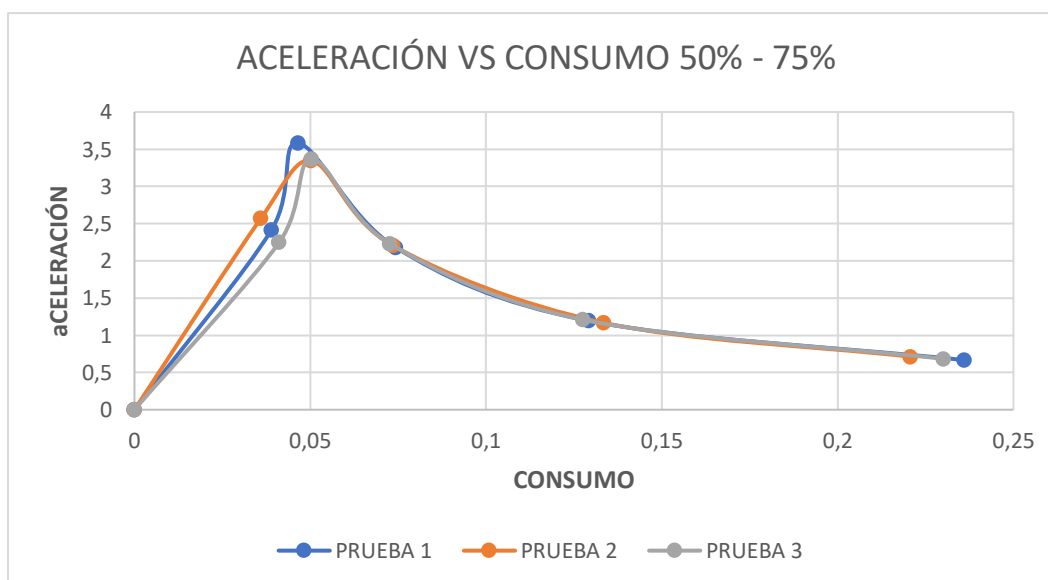


Figura 56. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 3.

En la figura 56 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.2360 kWh en la prueba 1.

Tabla 60.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.31	20	2.405002405	60.33333333
3.93	40	3.429355281	109
6.45	60	2.204585538	105
11.11666667	80	1.19047619	100.3333333
19.19666667	100	0.687568757	102

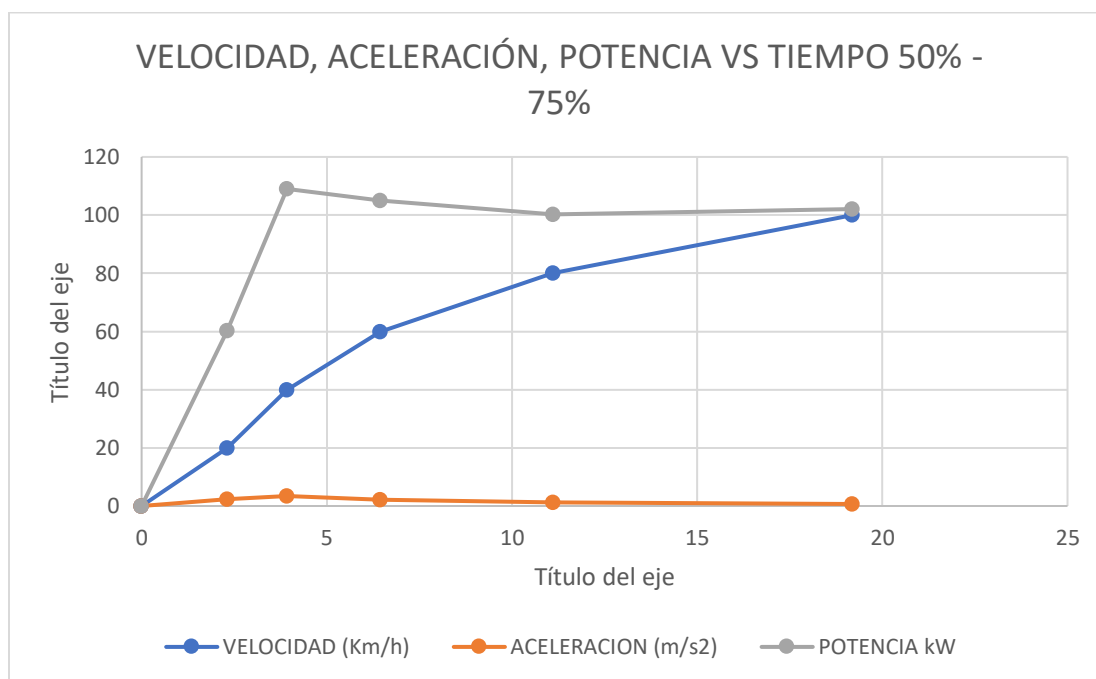


Figura 57. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 3.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 19.19 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 109 kW y una aceleración máxima promedio de 3.42 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

✓ **Pruebas 75% - 100%**

Tabla 61.

Datos de la prueba 1 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.02	20	2.750275028	0.033666667
110	3.61	40	3.494060098	0.048583333
105	6.21	60	2.136752137	0.075833333
100	10.63	80	1.256913022	0.122777778
102	18.9	100	0.671772135	0.234316667

Tabla 62.

Datos de la prueba 2 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.4	20	2.314814815	0.04
109	3.97	40	3.538570418	0.047536111
106	6.48	60	2.213368747	0.073905556
100	11.3	80	1.152604887	0.133888889
101	19	100	0.721500722	0.216027778

Tabla 63.

Datos de la prueba 3 de aceleración en pendiente

POTENCIA kW	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	CONSUMO (kWh)
0	0	0	0	0
60	2.36	20	2.354048964	0.039333333
111	3.97	40	3.450655625	0.049641667

CONTINÚA →

106	6.34	60	2.344116268	0.069783333
101	10.94	80	1.207729469	0.129055556
102	19.19	100	0.673400673	0.23375

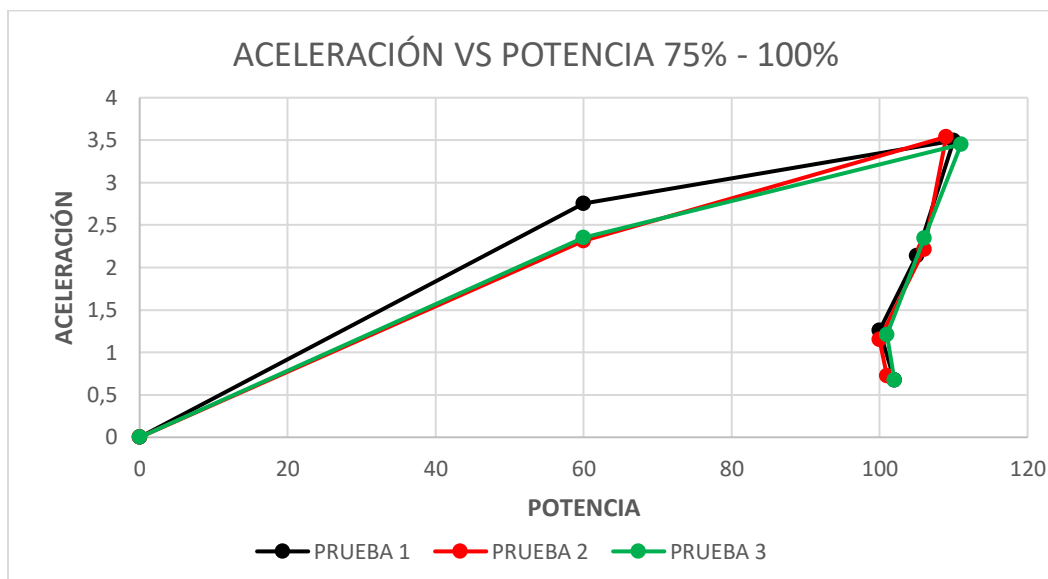


Figura 58. Gráfica de aceleración vs potencia en pendiente en ruta 3.

La figura 58 muestra las trayectorias de las pruebas realizadas en el intervalo de 75% - 100% de aceleración vs potencia, mismas que evidencian que en la prueba 2 el valor de aceleración es máximo, con un valor de 3.53 m/s^2 mientras en la prueba 3 el pico de aceleración es de 3.45 m/s^2 debido a factores climáticos.

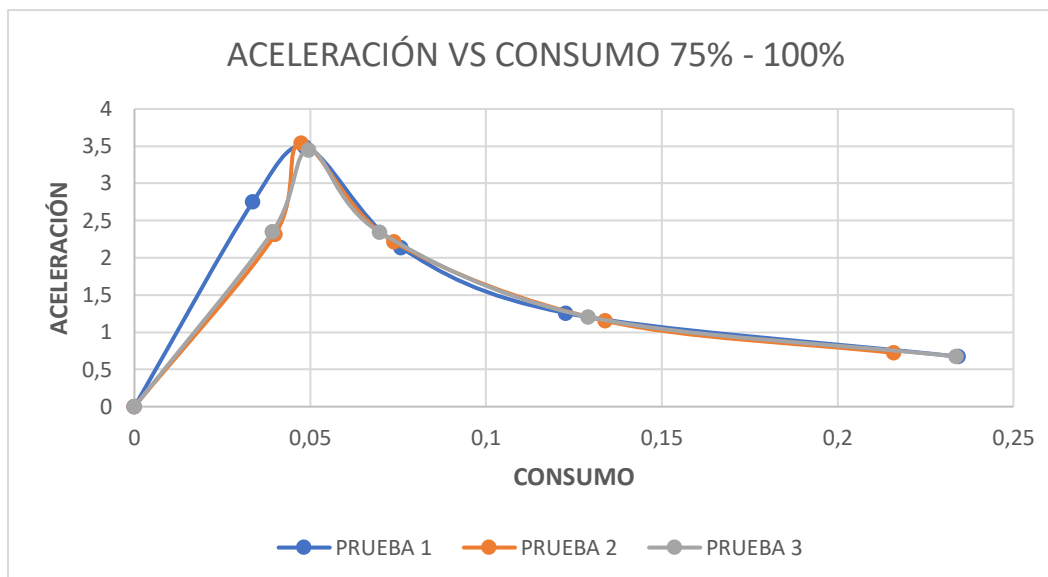


Figura 59. Gráfica de aceleración vs consumo en pendiente en ruta 3.

En la figura 59 el consumo es proporcional a la aceleración, potencia entregada por el vehículo y al tiempo requerido en alcanzar las velocidades establecidas en el protocolo, mientras más potencia entrega el vehículo mayor es el consumo energético de las baterías. Este consumo instantáneo tiene un pico de 0.2343 kWh en la prueba 1.

Tabla 64.

Promedio de valores de las 3 pruebas realizadas

TIEMPO (s)	VELOCIDAD (Km/h)	ACELERACIÓN (m/s ²)	POTENCIA kW
0	0	0	0
2.26	20	2.458210423	60
3.85	40	3.494060098	110
6.343333333	60	2.228163993	105.6666667
10.95666667	80	1.204238921	100.3333333
19.03	100	0.688136526	101.6666667

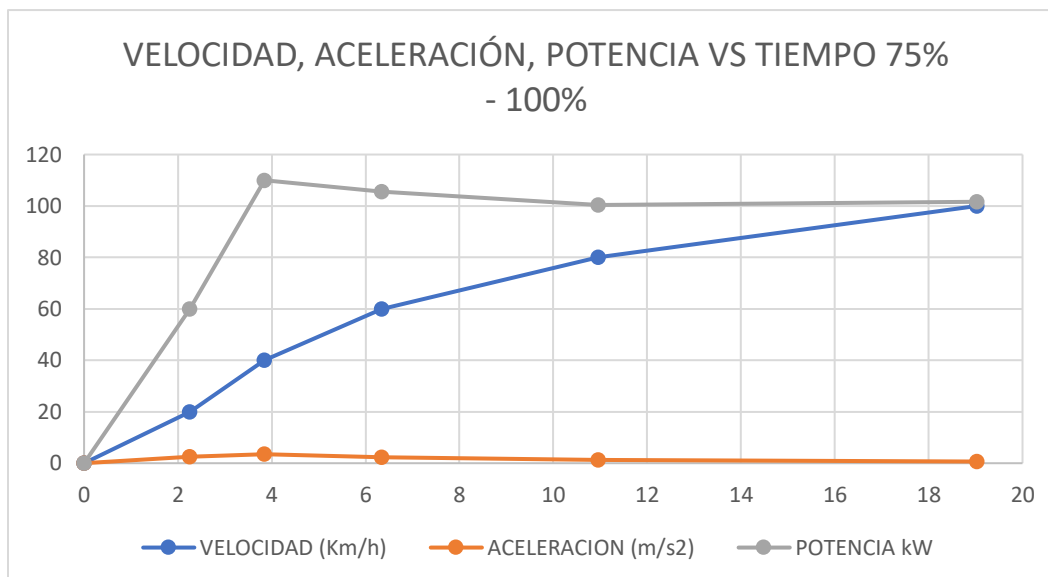


Figura 60. Gráfica de valores promedios en pendiente en ruta 3.

Para alcanzar los 100 km/h el tiempo que el vehículo emplea es de 19.03 segundos, teniendo un pico de potencia promedio de 110 kW y una aceleración máxima promedio de 3.49 m/s², estos datos son obtenidos de las tres pruebas realizadas en el mismo intervalo de porcentaje de batería.

4.3. Análisis de pruebas en plano

Después de realizar la prueba en los dos tipos de rutas y respetando todos los parámetros de la normativa y leyes de tránsito, se apreció los valores de aceleración, tiempo y potencia en la ruta calle Quijano y Ordoñez, estadio la cocha y la ruta Av. Eloy Alfaro entre gasolinera Puma y Niágara. En estos valores se evidenció que los porcentajes de pendiente no fueron mayores al 2% tal como indica la normativa, los valores de aceleración, tiempo y potencia fueron máximos en la ruta 2, pero teniendo desempeños similares en cuanto a consumo se refiere, ya que en ambos casos se

redujo el porcentaje de la batería en 1%, y el consumo máximo fue de 0,118 kWh en la prueba 1 y de 0,121 kWh en la prueba 2.

Sin embargo, los datos pueden variar debido a las condiciones climáticas, se puede apreciar que el vehículo no pierde prestaciones al momento de realizar pruebas a diferentes porcentajes de carga tal como se puede ver en las tablas de pruebas, no obstante, al momento de disminuir el porcentaje de carga de la batería a 20% el vehículo entra en modo ahorro de energía por lo tanto la potencia empleada es menor y sus prestaciones varían.

En las gráficas Potencia vs. Tiempo se observa un pico, el cual, tras investigar el sistema de potencia del vehículo, y tomar en cuenta un dispositivo programable que limita la potencia entregada por el motor eléctrico del vehículo, establecido en 115 Kw por lo cual, en ninguno de los picos de las gráficas supera, ni se acerca a dicho valor. El propósito de este dispositivo es evitar el sobre calentamiento de las baterías de alto voltaje y el motor eléctrico, prolongando la vida de estos componentes vitales para el funcionamiento del vehículo y así manteniendo la autonomía del auto eléctrico.

4.4. Análisis de pruebas en pendiente

Las rutas establecidas para realizar las pruebas en pendientes fueron tres, cada una con un valor de porcentaje de pendiente de 3.88% en la ruta: ESPE, 12.19% en la ruta: el Chasqui y 15.52% en la ruta: Paso lateral. Teniendo similares valores de aceleración en todas las pendientes, sin embargo, los tiempos hasta alcanzar las velocidades de 40 km/h son similares en todas las pruebas de aceleración y en los intervalos de porcentaje de carga de la batería.

La variación de tiempos empieza a partir de los 40 km/h, debido a que la potencia al llegar a un promedio de los 110 kW a esa velocidad, se estabiliza a un promedio de 100 kW extendiendo los tiempos de recorrido hasta llegar a los 100 km/h, dependiendo del grado de gradiente el tiempo mayor de prueba es de 19.19 segundos en la ruta Paso lateral. Estos lapsos de tiempos extendidos se deben a el dispositivo que limita la potencia entregada al motor eléctrico, debido a que tiene que ser mayor para subir al vehículo y sus tripulantes en las pendientes.

Los valores de descarga de la batería son mayores en relación al consumo en plano, dicho valor aumenta alrededor de 0.5% en relación al consumo en plano, dependiendo la pendiente y también las condiciones climáticas en las que se realizó las pruebas, recordando que la autonomía debido a la temperatura ambiente puede descender hasta en un 50%

CAPÍTULO V

MARCO ADMINISTRATIVO

5.1 Recursos

5.1.1 Recursos humanos.

El recurso humano que formó parte de trabajo de investigación “Análisis del consumo energético del vehículo eléctrico BYD e5 300” en cada fase del desarrollo del mismo hasta su culminación está conformado por:

Tabla 65.

Recursos humanos del proyecto de investigación.

Orden	Nombre	Detalle	Carrera / Departamento
1	Cristian Morales	Investigador	Ingeniería Automotriz
2	Alexander Pozo	Investigador	Ingeniería Automotriz
3	Ing. José Quiroz	Tutor del proyecto	Ingeniería y Mecánica

5.1.2 Recursos tecnológicos.

En el presente proyecto se utilizaron recursos tecnológicos para ayudar en la toma de datos, mismos que so detallados a continuación:

Tabla 66.

Recursos tecnológicos del proyecto de investigación.

Orden	Nombre
1	Computador
2	Anemómetro
3	Cronómetro
4	Filmadora
5	GPS

5.1.3 Recursos materiales.

Para la realización del proyecto de investigación se utilizaron los recursos materiales detallados a continuación:

Tabla 67.

Recursos materiales del proyecto de investigación.

Orden	Nombre
1	Vehículo BYD
2	Cama baja
3	Fotocopias

5.1.4 Recursos financieros.

El costo del proyecto de investigación es autofinanciado y a continuación se detalla los valores de los componentes necesarios para su realización:

Tabla 68.

Recursos financieros del proyecto de investigación.

Orden	Nombre	Valor
1	Vehículo eléctrico BYD	\$700,00
2	Recurso humano	\$600,00
3	GPS	\$200,00
4	Filmadora	\$100,00
5	Tramites varios	\$80,00
6	Fotocopias	\$50,00
	Total	\$1730

CONCLUSIONES

- Se recopiló información de fuentes fiables como tesis, artículos, manuales, fichas técnicas, normativas y publicaciones, relacionadas con la temática del proyecto.
- Se estableció un protocolo de pruebas en base a la normativa seleccionada UNE 26 356 y 358 y SAE j 1491 para identificar el comportamiento del vehículo en diferentes condiciones de manejo
- Se analizó la aceleración del vehículo, en el cual en todas las tablas se aprecia que es máxima en los 40 km/h debido a que la potencia entregada al motor es limitada por un sistema que puede ser seteado a diferentes valores para ser entregados al motor eléctrico.
- Se analizó los tiempos en los diferentes tipos de pruebas a diferentes grados de gradiente, observando en las gráficas y en las tablas, que no existe una gran variación de tiempo hasta alcanzar los 40 km/h, a diferencia de los otros rangos que se nota la diferencia.
- Se examinó las pruebas realizadas en varios porcentajes de carga de la batería y a diferentes grados de gradiente, tras lo cual se pudo apreciar que el vehículo no pierde prestaciones al disminuir porcentaje de carga en la batería, indicando confiabilidad para el manejo sea en ciudad o en carretera.

- Se realizó una comparación entre pruebas en plano y pendiente y la variación principal es el tiempo que demora el vehículo en alcanzar una velocidad específica, más no la potencia entregada para alcanzar dicha velocidad.
- Se analizó el sistema limitador de potencia entregada al motor, teniendo en cuenta que puede afectar parámetros como la autonomía del vehículo, temperatura de operación de las baterías y desempeño del motor eléctrico.

RECOMENDACIONES

- Elegir rutas que permitan realizar pruebas a alta velocidad para no tener ningún contratiempo ni contravención y evitar rutas con alta concurrencia vehicular.
- Tomar en cuenta los documentos necesarios para la circulación del vehículo de prueba en la ciudad ya que al ser nuevo no cuenta con papeles necesarios para su libre tránsito urbano.

Observar las normativas seleccionadas y los protocolos establecidos para este tipo de pruebas y saber bajo qué condiciones se debe operar el vehículo.

- Antes de realizar las pruebas calibrar todos los equipos a ser utilizados y tener en cuenta que la calzada no esté mojada ni húmeda ya que puede existir variación en los datos.
- Una vez comenzada las pruebas en el intervalo de carga de la batería deben realizarse de manera continua y con intervalos de tiempo no mayor a dos minutos.
- Una vez finalizada cada prueba anotar todos los datos para resetear y encerrar los instrumentos de medición y evitar datos erróneos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AEADE. (Julio de 2019). *Sector Automotor en Cifras*. Recuperado el 07 de Agosto de 2019, de Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador: http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2019/08/Automotive-Sector-in-Figures-N%C2%B034_compressed.pdf
- Agencia Nacional de Transito. (2016). *Resoluciones*. Recuperado el 07 de Agosto de 2019, de <https://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-2016/file/3827-resolucion-no-097-dir-2016-ant>
- Armijos, L., & Gómez, W. (Diciembre de 2018). Analisis del consumo energético del vehículo eléctrico Kia Soul por la utilización del sistema de calefacción y audio en la ciudad de Cuenca. Cuenca. Recuperado el 09 de Agosto de 2019, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16585/1/UPS-CT008043.pdf>
- Arteaga Rodríguez, G. R., & Balseca Aguas, J. R. (2017). *Estudio de factibilidad del uso de un auto eléctrico con baterías de plomo ácido en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito. Recuperado el 04 de Julio de 2019
- Baeza, M. (17 de Mayo de 2016). *Guía práctica para cargar un coche eléctrico*. Recuperado el 03 de Julio de 2019, de <https://motor.elpais.com/electricos/cargar-coche-electrico-guia-practica/>
- BMW. (2016). *Destinos dentro de tu alcance. Un montón de energía*. Recuperado el 07 de Agosto de 2019, de <https://www.bmw.cl/es/all-models/bmw-i/i3/2016/range-charging.html>
- BYD. (2018). *Quienes somos*. Recuperado el 07 de Agosto de 2019, de BYD E-Motors Ecuador: <https://bydelectrico.com/quienes-somos/>
- BYD. (2018). *Sedán eléctrico e5*. Recuperado el 03 de Julio de 2019, de <https://bydelectrico.com/ec/wp-content/uploads/2018/05/E5-2018-detalles-tecnicos.pdf>
- BYD. (Julio de 2019). *Noticias*. Recuperado el 07 de Agosto de 2019, de BYD INICIA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRIMERA ELECTROLINERA DE CARGA RÁPIDA QUE TENDRÁ ECUADOR: <https://bydelectrico.com/byd-inicia-la-construccion-de-la-primera-electrolinera-de-carga-rapida-que-tendra-ecuador/>
- BYD E-Motors Ecuador. (2018). *Buses*. Recuperado el 07 de Agosto de 2019, de <https://bydelectrico.com/buses-electricos/>
- Coca, R., & Eiler, C. (2013). *Adecuación de un vehículo eléctrico para evaluar el comportamiento de la potencia, voltaje, corriente y temperatura de las baterías con*

respecto al tiempo mientras está en funcionamiento y en estado de carga.
Recuperado el 03 de Julio de 2019

Duque, D., & Rocano, J. (Enero de 2018). DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE CICLOS CONTROLADOS. 3. Cuenca. Recuperado el 12 de Agosto de 2019, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15067/1/UPS-CT007435.pdf>

Energía y Sociedad. (11 de Enero de 2019). *Energía y Sociedad*. Recuperado el 09 de Agosto de 2019, de Manual de la Energía: <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/>

FavCars. (2012). *Fotos de BYD F3 (QCJ7160) 2005*. Recuperado el 03 de Julio de 2019, de <https://www.favcars.com/photos-byd-f3-qcj7160-2005-122558>

García Ruíz, M. (2015). Pasado, presente y futuro de los vehículo eléctricos. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado el 26 de Octubre de 2019

GISWEB. (22 de Diciembre de 2000). *Autoaprendizaje Multimedia*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2019, de Análisis de Terreno: http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/AnalisisTerreno/DEMModule/DEM_T_SI.htm

Gonzales, P. (06 de Junio de 2019). *El Comercio*. Recuperado el 07 de Agosto de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/empresas-oferta-autos-electricos-ecuador.html>

Instituto Tecnológico de Canarias. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. Recuperado el 26 de Octubre de 2019

IRENA. (Febrero de 2017). *Electric Vehicles*. Recuperado el 11 de Agosto de 2019, de Technology brief, International Renewable Energy Agency: <https://www.irena.org/publications/2017/Feb/Electric-vehicles-Technology-brief>

Lata Asacata, L. A., & Quintuña Mora, H. L. (2018). Análisis de la influencia que tiene el grado de pendiente de las vías en la autonomía del vehículo eléctrico mediante análisis experimental. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Recuperado el 26 de Octubre de 2019

Martínez, J. F., Cruz, A. V., & Bedoya, C. A. (2003). Evaluación De Vehículos En Carretera. *Revista de Ingeniería*, 64-70. Recuperado el 04 de Julio de 2019

Moreno, F. M. (2016). Vehículos Eléctricos. Historia, Estado Actual Y Retos Futuros. *European Scientific Journal*, 119. Recuperado el 03 de Julio de 2019, de <http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/7393>

Piccione, S. (29 de Diciembre de 2009). *El milagro chino se llama BYD*. Recuperado el 03 de Julio de 2019, de <https://www.elmundo.es/elmundomotor/2009/12/28/empresa/1262006326.html>

Roás, L. I. (25 de Noviembre de 2011). Los vehículos eléctricos. Madrid: Univesdiad Antonio de Nebrija. Recuperado el 26 de Octubre de 2019, de https://www.nebrija.com/la_universidad/facultades/facultad-artes-letras/actividades/AulaPluriligie/articulos/LoretoRoas-coches-electricos.pdf

Toyota. (2017). *Nuevo método de prueba de consumo de combustible y emisiones*. Recuperado el 07 de Marzo de 2019, de <https://www.toyota.es/world-of-toyota/feel/environment/worldwide-harmonized-light>

Xavier. (2014). *Las baterías de BYD Lifepo4*. Recuperado el 03 de Julio de 2019, de ForosCochesEléctricos: <http://forococheselectricos.com/foro/index.php?topic=27.0>

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores **MORALES BERRONES, CRISTIAN BLADIMIR** y **POZO JURADO, WILLAM ALEXANDER**.

En la ciudad de Latacunga, 12 de Diciembre de 2019.

Ing. José Lizandro Quiroz Erazo Msc.
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DEL PROYECTO



Dr. Darwin Albán Y.
SECRETARIO ACADÉMICO