



**Reingeniería e implementación de un tren motriz con un motor de combustión interna  
para la aplicación de un vehículo militar táctico de reconocimiento**

Aguaiza Quimbita, Jonathan Fabricio y Torres Vargas, Anthony Paul

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Msc. Cevallos Carvajal, Alex Santiago

23 de febrero de 2023

Latacunga



AGUAIZA - TORRES.pdf

Scanned on: 18:21 February 23, 2023 UTC



Overall similarity score



Results found



Total words in text



	Word count
Identical	467
Minor Changes	122
Paraphrased	1066
Omitted	0



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

#### Certificación

Certifico que el trabajo de Unidad de Integración Curricular, **"Reingeniería e implementación de un tren motriz con un motor de combustión interna para la aplicación de un vehículo militar táctico de reconocimiento"** fue realizado por los señores **Aguaiza Quimbita, Jonathan Fabricio y Torres Vargas, Anthony Paul**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, técnicos, científicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de febrero de 2023



Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago

C.C.: 0502530447



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Aguaiza Quimbita, Jonathan Fabricio y Torres Vargas, Anthony Paul**, con cédulas de ciudadanía n° 0550462964 y 2100783170 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Reingeniería e implementación de un tren motriz con un motor de combustión interna para la aplicación de un vehículo militar táctico de reconocimiento"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de febrero de 2023

  
.....  
**Aguaiza Quimbita, Jonathan Fabricio**

C.C.: 0550462964

  
.....  
**Torres Vargas, Anthony Paul**

C.C.: 2100783170



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

**Autorización de Publicación**

Nosotros, **Aguaiza Quimbita, Jonathan Fabricio y Torres Vargas, Anthony Paul**, con cédulas de ciudadanía n° **0550462964** y **2100783170** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **"Reingeniería e implementación de un tren motriz con un motor de combustión interna para la aplicación de un vehículo militar táctico de reconocimiento"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero de 2023

  
.....  
**Aguaiza Quimbita, Jonathan Fabricio**

C.C.: 0550462964

  
.....  
**Torres Vargas, Anthony Paul**

C.C.: 2100783170

## **Dedicatoria I**

Dedico este trabajo de investigación, a mi querida familia que siempre ha estado conmigo en todo momento, desde que soy pequeño siempre me han apoyado en todo lo que he decidido hacer desde el jardín hasta el colegio y sobre todo al iniciar mi vida universitaria, en la cual habido momento felices y tristes, pero siempre han estado conmigo y nunca me han dejado de estar animando para seguir adelante.

A mi Papi Aguaiza Collay Marco Alfonso que me ha enseñado desde muy pequeño lo que son los conocimientos a la mecánica automotriz, para mi Mami Quimbita Guanoluisa Bertha Gladys que siempre ha estado hay en todo momento, a mi hermano Aguaiza Quimbita Marlon Fabian y a mi hermana Aguaiza Quimbita Nicole Estefanía ustedes dos que ha esto hay en momentos difíciles haciéndome reír, a todos ustedes le dedico este trabajo.

**Aguaiza Quimbita, Jonathan Fabricio**

## **Dedicatoria II**

Dedico este proyecto de investigación a mis padres Torres Hitler y Vargas Mirian quienes con su eterna paciencia, amor y esfuerzo me permitieron lograr una de mis grandes metas en mis estudios, gracias por enseñarme el ejemplo de perseverancia y valentía, a no darme por vencido y a entender que la vida está llena de grandes sorpresas.

Mis hermanos Adrián, Johan y Julieth por su apoyo y cariño incondicional, durante todo este camino, por estar a mi lado en todo momento. A toda mi familia porque con sus consejos, oraciones y palabras me hicieron una mejor persona y de una forma u otra me acompañaron en todas mis metas y sueños.

**Torres Vargas, Anthony Paul**

## **Agradecimiento I**

Agradezco primeramente a Dios, que me ha dado el valor para seguir adelante en todo momento, a mis padres por darme la facilidad de estudio a mis hermanos que me decían se sea una persona de bien y a mis familiares y amigos que siempre decían que se puedo y que se lo lograre a todos ellos les agradezco.

También agradezco a mis abuelitos que siempre me apoyaron desde el principio, les doy las gracias, a mi abuelito que no está conmigo de igual manera desde cualquier lugar donde se encuentre sé que también me van estar cuidando te estoy muy agradecido.

**Aguaiza Quimbita, Jonathan Fabricio**

## **Agradecimiento II**

Quiero agradecer primeramente a Dios que me ha enseñado muchas cosas en el trayecto de mi vida y por no dejarme solo y de la manera más especial a mi familia y a todas las personas que estuvieron atrás de mi en los buenos y malos momentos, logrando así alcanzar esta gran meta

A los Ingenieros quienes con la gran enseñanza de sus conocimientos hicieron que pueda crecer en este proyecto como profesional, gracias a cada una de ustedes por la dedicación, el apoyo incondicional, la paciencia y la amistad.

Y por último agradecer a la Universidad de Las Fuerzas Armadas Espe por darme la oportunidad de realizar y culminar mis estudios en esta gran institución para convertirme en un gran profesional.

**Torres Vargas, Anthony Paul**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Caratula .....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria I .....	6
Dedicatoria II .....	7
Agradecimiento I.....	8
Agradecimiento II.....	9
Índice de contenido .....	10
Índice de tablas .....	17
Índice de figuras .....	19
Índice de ecuaciones .....	23
Resumen.....	24
Abstract .....	25
Capítulo I: Marco Metodológico, Investigación de Selección del Tren Motriz.....	26
Antecedentes.....	26
Planteamiento del problema.....	28
Justificación, importancia y alcance .....	29
Objetivos.....	30
<i>Objetivo General</i> .....	30
<i>Objetivos específicos</i> .....	31
Metas.....	31
Hipótesis.....	31

Variables de investigación .....	32
<i>Variables dependientes</i> .....	32
<i>Variables independientes</i> .....	32
Capítulo II: Fundamento Teórico .....	33
Vehículo de reconocimiento táctico .....	33
Tren motriz .....	34
Motor.....	35
<i>Motor MEP</i> .....	35
Motor de 4 tiempos .....	36
Embrague .....	37
<i>Embrague de disco (Fricción)</i> .....	38
<i>Funcionamiento del embrague accionado por cable</i> .....	38
Caja de cambios.....	39
<i>Caja de cambios manual</i> .....	40
Caja de transferencia .....	40
Árbol de transmision .....	42
Grupo cónico.....	43
<i>Piñón de ataque (Cónico)</i> .....	43
<i>La corona</i> .....	44
<i>Grupo cónico de dientes helicoidales</i> .....	44
Grupo diferencial .....	45
Relación de transmisión .....	46
Potencia del motor (P) .....	46
Torque.....	47
Rueda.....	47
<i>Nomenclatura del neumático</i> .....	48

Fuerza de adherencia.....	49
Consideraciones para la selección del tren motriz.....	50
Normativa NTE INEN 2477 .....	50
<i>Anexo A. Ensayo arrancabilidad en pendiente .....</i>	<i>50</i>
<i>Anexo B. Ensayo de aceleración en plano.....</i>	<i>50</i>
<i>Capacidad de arranque en pendiente (startability).....</i>	<i>51</i>
<i>Capacidad de ascenso del vehículo (gradeability) .....</i>	<i>51</i>
Potencia de reserva (Pr) .....	52
Velocidad aparente (Va).....	52
<i>Velocidad máxima .....</i>	<i>53</i>
<i>Aceleración.....</i>	<i>53</i>
<i>Capacidad de carga .....</i>	<i>53</i>
Fuerzas dinámicas del automóvil .....	53
<i>Fuerza aerodinámica.....</i>	<i>53</i>
<i>Presión en la sección frontal.....</i>	<i>54</i>
<i>Fuerza por pendiente (Fp) .....</i>	<i>55</i>
<i>Fuerza por resistencia al rodamiento (F<sub>Ro</sub>).....</i>	<i>56</i>
<i>Fuerza de resistencia por inercia (Fi) .....</i>	<i>57</i>
Potencia requerida del motor .....	58
Consumo de combustible (CSC).....	58
Sistema eléctrico.....	59
<i>Sistema de carga y almacenamiento de energía.....</i>	<i>60</i>
<i>Sistema de encendido .....</i>	<i>60</i>
<i>Sistema de arranque .....</i>	<i>61</i>
Sistema de alumbrado .....	62
<i>Normativa NTE INEN 1155 .....</i>	<i>62</i>

<i>Clasificación del alumbrado vehicular</i> .....	62
<b>Capítulo III: Desarrollo: Selección y Cálculos del Tren Motriz</b> .....	64
Bases de selección del tren motriz.....	64
Algoritmo para la selección del tren motriz .....	65
Entrada de datos .....	66
Selección de llantas .....	66
Fuerza de adherencia.....	68
Selección de la caja de velocidades .....	68
Calcular la potencia estimada .....	70
<i>Fuerza aerodinámica</i> .....	70
<i>Presión en la sección frontal en asfalto plano</i> .....	72
<i>Fuerza aerodinámica en pendiente</i> .....	72
<i>Presión en la sección frontal en asfalto pendiente</i> .....	73
<i>Fuerza por pendiente</i> .....	73
<i>Fuerza por resistencia al rodamiento (<math>F_{RO}</math>)</i> .....	74
<i>Fuerza de resistencia por inercia (<math>F_i</math>)</i> .....	75
<i>Potencia requerida del motor</i> .....	77
Selección del motor .....	79
Selección del diferencial .....	80
Cálculos de velocidad del vehículo en estado de fabrica .....	82
<i>Cálculo de velocidad del vehículo</i> .....	82
<i>Calculo de velocidad en marchas normales</i> .....	82
<i>Calculo de velocidad con caja de transferencia</i> .....	83
<i>Cálculos de torque del vehículo en cada marcha</i> .....	84
<i>Cálculo del torque de cada marcha</i> .....	85
Cálculos del vehículo en función del dinamómetro .....	86

<b>Cálculo de velocidad del vehículo (Dinamómetro) .....</b>	<b>86</b>
<i>Calculo de velocidad en marchas normales .....</i>	<i>86</i>
<i>Calculo de velocidad con caja de transferencia .....</i>	<i>87</i>
<i>Cálculos de torque del vehículo en cada marcha (Dinamómetro).....</i>	<i>88</i>
<i>Cálculo del torque de cada marcha .....</i>	<i>88</i>
¿Cumple velocidad estimada? .....	89
<b>Pruebas en base a la INEN 2477.....</b>	<b>91</b>
<i>Arrancabilidad en pendiente con el vehículo.....</i>	<i>92</i>
<b>Cálculo de la capacidad de arranque.....</b>	<b>93</b>
<b>Potencia de reserva .....</b>	<b>94</b>
<b>Capacidad de ascenso.....</b>	<b>94</b>
<b>Ensayo de aceleración en plano .....</b>	<b>96</b>
<b>Calculo relación Peso-Potencia .....</b>	<b>97</b>
<b>Pruebas del tren motriz .....</b>	<b>98</b>
<i>Consumo de combustible.....</i>	<i>98</i>
<i>Pruebas de consumo en Ciudad.....</i>	<i>99</i>
<i>Prueba de consumo en ciudad y campo (Mixta).....</i>	<i>100</i>
<i>Prueba de consumo solo en campo (Zonas rurales).....</i>	<i>100</i>
<b>Capítulo IV: Dimensionamiento y Análisis de Resultados del Tren Motriz.....</b>	<b>102</b>
<b>Dimensionamiento del tren motriz.....</b>	<b>102</b>
<i>Dimensionamiento del motor .....</i>	<i>102</i>
<i>Dimensionamiento de la transmisión (Caja de velocidades) .....</i>	<i>102</i>
<i>Dimensionamiento del cardán posterior y frontal .....</i>	<i>103</i>
<i>Dimensionamiento del diferencial .....</i>	<i>104</i>
<i>Dimensionamiento del chasis .....</i>	<i>104</i>
<b>Análisis fuerzas de resistencia para la selección del tren motriz.....</b>	<b>105</b>

<b>Análisis de resultados .....</b>	<b>105</b>
<i>Fuerza de adherencia.....</i>	<i>105</i>
<i>Fuerza aerodinámica.....</i>	<i>106</i>
<i>Fuerza por pendiente .....</i>	<i>108</i>
<i>Fuerza por resistencia al rodamiento .....</i>	<i>109</i>
<i>Fuerza por inercia .....</i>	<i>111</i>
<i>Potencia requerida.....</i>	<i>113</i>
<b>Velocidades que alcanza el vehículo.....</b>	<b>116</b>
<b>Torque.....</b>	<b>117</b>
<b>Velocidad 4x4 .....</b>	<b>119</b>
<b>Torque 4x4.....</b>	<b>119</b>
<b>Capacidad de arranque en pendiente.....</b>	<b>120</b>
<b>Capacidad de ascenso en pendiente.....</b>	<b>122</b>
<b>Análisis relación Peso-Potencia .....</b>	<b>122</b>
<b>Consumo de combustible.....</b>	<b>123</b>
<b>Pruebas de campo .....</b>	<b>125</b>
<b>Instalación eléctrica del nuevo vehículo .....</b>	<b>128</b>
<b>Circuitos eléctricos empleados en el automotor .....</b>	<b>130</b>
<i>Circuito de motor de arranque .....</i>	<i>130</i>
<i>Circuito indicador de combustible.....</i>	<i>130</i>
<i>Circuito de encendido del motor.....</i>	<i>131</i>
<i>Circuito de carga del vehículo.....</i>	<i>132</i>
<i>Circuito de luces altas, bajas y medias .....</i>	<i>133</i>
<i>Circuito de luces de freno (Stop) y freno de mano .....</i>	<i>135</i>
<i>Luces de reversa.....</i>	<i>136</i>
<i>Circuito de estacionamiento .....</i>	<i>137</i>

<i>Diagrama eléctrico con interruptor de corte de luces</i> .....	137
<b>Capítulo V: Marco Administrativo</b> .....	139
<b>Recursos</b> .....	139
<b>Recursos humanos</b> .....	139
<b>Recursos tecnológicos</b> .....	140
<b>Costos de pruebas</b> .....	140
<b>Recursos financieros</b> .....	141
<b>Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	143
<b>Conclusiones</b> .....	143
<b>Recomendaciones</b> .....	145
<b>Bibliografía</b> .....	146
<b>Anexos</b> .....	149

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Neumático continental</i> .....	<b>67</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Fuerza de adherencia</i> .....	<b>68</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Datos técnicos de la caja de velocidades</i> .....	<b>69</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Datos técnicos de la caja de transferencia</i> .....	<b>70</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Fuerza aerodinámica en asfalto plano</i> .....	<b>71</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Presión en la sección frontal en asfalto plano</i> .....	<b>72</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Fuerza aerodinámica en asfalto pendiente</i> .....	<b>72</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Presión en la sección frontal en asfalto pendiente</i> .....	<b>73</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Fuerza por pendiente</i> .....	<b>74</b>
<b>Tabla 10</b> <i>Fuerza por resistencia al rodamiento en asfalto</i> .....	<b>74</b>
<b>Tabla 11</b> <i>Fuerza por resistencia al rodamiento en tierra</i> .....	<b>75</b>
<b>Tabla 12</b> <i>Fuerza de resistencia por inercia en asfalto plano</i> .....	<b>76</b>
<b>Tabla 13</b> <i>Fuerza de resistencia por inercia en asfalto pendiente</i> .....	<b>76</b>
<b>Tabla 14</b> <i>Fuerza de resistencia por inercia en pendiente sobre tierra</i> .....	<b>77</b>
<b>Tabla 15</b> <i>Potencia requerida del motor en asfalto plano</i> .....	<b>77</b>
<b>Tabla 16</b> <i>Potencia requerida del motor en asfalto pendiente</i> .....	<b>78</b>
<b>Tabla 17</b> <i>Potencia requerida del motor en pendiente sobre tierra</i> .....	<b>78</b>
<b>Tabla 18</b> <i>Datos técnicos del motor 4ZD1 Chevrolet Trooper 1990</i> .....	<b>80</b>
<b>Tabla 19</b> <i>Datos técnicos del grupo deferencial Chevrolet Trooper 1990</i> .....	<b>81</b>
<b>Tabla 20</b> <i>Tabulación de velocidad angular en cada marcha</i> .....	<b>82</b>
<b>Tabla 21</b> <i>Tabulación de velocidades obtenidas en salida a las ruedas</i> .....	<b>82</b>
<b>Tabla 22</b> <i>Tabulación de velocidad angular con caja de transferencia activada</i> .....	<b>83</b>
<b>Tabla 23</b> <i>Tabulación de velocidades en salida a las ruedas con caja de transferencia</i> .....	<b>84</b>
<b>Tabla 24</b> <i>Torque que se genera en cada marcha</i> .....	<b>85</b>

<b>Tabla 25</b> <i>Torque generado en la caja de transferencia datos del vehículo original</i> .....	<b>85</b>
<b>Tabla 26</b> <i>Datos técnicos de la prueba dinamométrica</i> .....	<b>86</b>
<b>Tabla 27</b> <i>Tabulación de velocidad angular en cada marcha</i> .....	<b>86</b>
<b>Tabla 28</b> <i>Tabulación de velocidades obtenidas en salida a las ruedas</i> .....	<b>87</b>
<b>Tabla 29</b> <i>Tabulación de velocidad angular con caja de transferencia activada</i> .....	<b>87</b>
<b>Tabla 30</b> <i>Tabulación de velocidades en salida a las ruedas con caja de transferencia</i> .....	<b>88</b>
<b>Tabla 31</b> <i>Torque que se genera en cada marcha</i> .....	<b>88</b>
<b>Tabla 32</b> <i>Torque generado en la caja de transferencia datos del dinamómetro</i> .....	<b>89</b>
<b>Tabla 33</b> <i>Distancia que recorrerá para alcanzar cada velocidad</i> .....	<b>90</b>
<b>Tabla 34</b> <i>Capacidad de arranque</i> .....	<b>93</b>
<b>Tabla 35</b> <i>Capacidad de ascenso</i> .....	<b>94</b>
<b>Tabla 36</b> <i>Relación Peso-Potencia</i> .....	<b>97</b>
<b>Tabla 37</b> <i>Consumo de nafta en diferentes rutas</i> .....	<b>101</b>
<b>Tabla 38</b> <i>Potencia requerida del motor en asfalto plano</i> .....	<b>113</b>
<b>Tabla 39</b> <i>Potencia requerida del motor en pendiente de asfalto</i> .....	<b>114</b>
<b>Tabla 40</b> <i>Potencia requerida del motor en pendiente sobre tierra</i> .....	<b>115</b>
<b>Tabla 41</b> <i>Torque en base a las rpm</i> .....	<b>118</b>
<b>Tabla 42</b> <i>Prueba de aceleración a 40 km/h en plano</i> .....	<b>126</b>
<b>Tabla 43</b> <i>Prueba de aceleración a 80 km/h en plano</i> .....	<b>126</b>
<b>Tabla 44</b> <i>Prueba de aceleración a 100 km/h en plano</i> .....	<b>126</b>
<b>Tabla 45</b> <i>Prueba de arrancabilidad en pendiente del 25%</i> .....	<b>127</b>
<b>Tabla 46</b> <i>Prueba de arrancabilidad en pendiente del 33,3%</i> .....	<b>127</b>
<b>Tabla 47</b> <i>Recurso humanos</i> .....	<b>139</b>
<b>Tabla 48</b> <i>Recursos tecnológicos</i> .....	<b>140</b>
<b>Tabla 49</b> <i>Costos de pruebas</i> .....	<b>140</b>
<b>Tabla 50</b> <i>Recursos financieros</i> .....	<b>141</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Diagrama causa y efecto</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 2</b> <i>Vehículo VTLM-2</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 3</b> <i>Esquema transmisión. Movimiento motor-rueda</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 4</b> <i>Tracción o propulsión total</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 5</b> <i>Esquema de combustión en los MEP</i> .....	<b>35</b>
<b>Figura 6</b> <i>Esquema del funcionamiento del motor de cuatro tiempos</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 7</b> <i>Situación del embrague en el conjunto motor</i> .....	<b>37</b>
<b>Figura 8</b> <i>Componentes del kit de embrague de fricción</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 9</b> <i>Embrague accionado por cable</i> .....	<b>39</b>
<b>Figura 10</b> <i>Caja de cambios manual</i> .....	<b>40</b>
<b>Figura 11</b> <i>Caja de transferencia</i> .....	<b>41</b>
<b>Figura 12</b> <i>Despiece árbol de transmisión</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 13</b> <i>Grupo Cónico</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 14</b> <i>Grupo cónico de dientes helicoidales</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 15</b> <i>Grupo diferencial</i> .....	<b>45</b>
<b>Figura 16</b> <i>La rueda</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 17</b> <i>Nomenclatura del neumático</i> .....	<b>48</b>
<b>Figura 18</b> <i>Resistencia a la subida</i> .....	<b>55</b>
<b>Figura 19</b> <i>Pendiente</i> .....	<b>56</b>
<b>Figura 20</b> <i>Sistema eléctrico</i> .....	<b>59</b>
<b>Figura 21</b> <i>Sistema de generación y almacenamiento de energía</i> .....	<b>60</b>
<b>Figura 22</b> <i>Sistema de encendido</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 23</b> <i>Sistema de arranque</i> .....	<b>61</b>
<b>Figura 24</b> <i>Selección del tren motriz</i> .....	<b>65</b>

<b>Figura 25</b> <i>Neumático 225/70R15.....</i>	<b>67</b>
<b>Figura 26</b> <i>Caja de velocidades serie 4JG2 MSGE.....</i>	<b>69</b>
<b>Figura 27</b> <i>Superficie frontal del vehículo táctico militar.....</i>	<b>71</b>
<b>Figura 28</b> <i>Chevrolet Trooper 1990.....</i>	<b>79</b>
<b>Figura 29</b> <i>Motor 4ZD1 parte frontal.....</i>	<b>79</b>
<b>Figura 30</b> <i>Diferencial convencional.....</i>	<b>81</b>
<b>Figura 31</b> <i>Diferencial original Chevrolet Trooper 1990.....</i>	<b>81</b>
<b>Figura 32</b> <i>Arrancabilidad en pendiente.....</i>	<b>91</b>
<b>Figura 33</b> <i>Pendiente de 29,3%.....</i>	<b>92</b>
<b>Figura 34</b> <i>Pendiente de 35,6%.....</i>	<b>93</b>
<b>Figura 35</b> <i>Aceleración en plano.....</i>	<b>96</b>
<b>Figura 36</b> <i>Carretera para ensayo de aceleración en plano.....</i>	<b>97</b>
<b>Figura 37</b> <i>Instalación sistema de alimentación.....</i>	<b>98</b>
<b>Figura 38</b> <i>Ruta en ciudad.....</i>	<b>99</b>
<b>Figura 39</b> <i>Ruta mixta.....</i>	<b>100</b>
<b>Figura 40</b> <i>Ruta campo.....</i>	<b>101</b>
<b>Figura 41</b> <i>Dimensionamiento del motor.....</i>	<b>102</b>
<b>Figura 42</b> <i>Dimensionamiento de caja de transmisión.....</i>	<b>103</b>
<b>Figura 43</b> <i>Dimensionamiento de los ejes Cardán.....</i>	<b>103</b>
<b>Figura 44</b> <i>Dimensionamiento del diferencial posterior.....</i>	<b>104</b>
<b>Figura 45</b> <i>Dimensionamiento del chasis.....</i>	<b>105</b>
<b>Figura 46</b> <i>Fuerza de adherencia.....</i>	<b>106</b>
<b>Figura 47</b> <i>Fuerza aerodinámica en plano.....</i>	<b>107</b>
<b>Figura 48</b> <i>Fuerza aerodinámica en pendiente.....</i>	<b>108</b>
<b>Figura 49</b> <i>Fuerza por pendiente.....</i>	<b>109</b>
<b>Figura 50</b> <i>Fuerza por resistencia al rodamiento en asfalto.....</i>	<b>110</b>

<b>Figura 51</b> <i>Fuerza por resistencia al rodamiento sobre tierra</i> .....	<b>110</b>
<b>Figura 52</b> <i>Fuerza por inercia en plano</i> .....	<b>111</b>
<b>Figura 53</b> <i>Fuerza de inercia en pendiente asfalto</i> .....	<b>111</b>
<b>Figura 54</b> <i>Fuerza por inercia en pendiente sobre tierra</i> .....	<b>112</b>
<b>Figura 55</b> <i>Potencia requerida del motor en asfalto plano</i> .....	<b>113</b>
<b>Figura 56</b> <i>Potencia requerida del motor en pendiente de asfalto</i> .....	<b>115</b>
<b>Figura 57</b> <i>Potencia requerida del motor en pendiente de tierra</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 58</b> <i>Velocidades del vehículo en distintas marchas</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 59</b> <i>Torque generado</i> .....	<b>118</b>
<b>Figura 60</b> <i>Velocidad transmisión en las ruedas</i> .....	<b>119</b>
<b>Figura 61</b> <i>Torque transmisión en las ruedas</i> .....	<b>120</b>
<b>Figura 62</b> <i>Capacidad de arranque en pendiente</i> .....	<b>121</b>
<b>Figura 63</b> <i>Porcentaje de la capacidad de arranque en pendiente</i> .....	<b>121</b>
<b>Figura 64</b> <i>Capacidad de ascenso</i> .....	<b>122</b>
<b>Figura 65</b> <i>Relación Peso-Potencia</i> .....	<b>123</b>
<b>Figura 66</b> <i>Consumo de Combustible</i> .....	<b>124</b>
<b>Figura 67</b> <i>Porcentaje del consumo de combustible en los diferentes recorridos</i> .....	<b>125</b>
<b>Figura 68</b> <i>Fusilera de diez puertos</i> .....	<b>128</b>
<b>Figura 69</b> <i>Cableado eléctrico</i> .....	<b>128</b>
<b>Figura 70</b> <i>Cerebro de direccionales</i> .....	<b>129</b>
<b>Figura 71</b> <i>Circuito de arranque</i> .....	<b>130</b>
<b>Figura 72</b> <i>Circuito indicador de combustible</i> .....	<b>131</b>
<b>Figura 73</b> <i>Circuito de encendido</i> .....	<b>132</b>
<b>Figura 74</b> <i>Circuito de carga</i> .....	<b>133</b>
<b>Figura 75</b> <i>Circuito de luces altas, bajas y medias</i> .....	<b>134</b>
<b>Figura 76</b> <i>Luces de carretera</i> .....	<b>134</b>

<b>Figura 77</b> <i>Circuito luces de freno</i> .....	<b>135</b>
<b>Figura 78</b> <i>Luces de freno</i> .....	<b>135</b>
<b>Figura 79</b> <i>Circuito marcha atrás</i> .....	<b>136</b>
<b>Figura 80</b> <i>Circuito de estacionamiento con destellador</i> .....	<b>137</b>
<b>Figura 81</b> <i>Diagrama eléctrico con interruptor de corte de energía</i> .....	<b>138</b>

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1</b> <i>Velocidad angular de la rueda</i> .....	<b>46</b>
<b>Ecuación 2</b> <i>Velocidad del vehículo</i> .....	<b>46</b>
<b>Ecuación 3</b> <i>Potencia del motor</i> .....	<b>47</b>
<b>Ecuación 4</b> <i>Torque</i> .....	<b>47</b>
<b>Ecuación 5</b> <i>Fuerza de adherencia</i> .....	<b>49</b>
<b>Ecuación 6</b> <i>Capacidad de arranque en pendiente</i> .....	<b>51</b>
<b>Ecuación 7</b> <i>Capacidad de ascenso del vehículo</i> .....	<b>51</b>
<b>Ecuación 8</b> <i>Velocidad aparente</i> .....	<b>52</b>
<b>Ecuación 9</b> <i>Aceleración</i> .....	<b>53</b>
<b>Ecuación 10</b> <i>Fuerza aerodinámica</i> .....	<b>54</b>
<b>Ecuación 11</b> <i>Presión en la sección frontal</i> .....	<b>54</b>
<b>Ecuación 12</b> <i>Fuerza pendiente</i> .....	<b>55</b>
<b>Ecuación 13</b> <i>Pendiente</i> .....	<b>56</b>
<b>Ecuación 14</b> <i>Fuerza de resistencia al rodamiento</i> .....	<b>57</b>
<b>Ecuación 15</b> <i>Fuerza de resistencia por inercia</i> .....	<b>57</b>
<b>Ecuación 16</b> <i>Fuerza resultante</i> .....	<b>58</b>
<b>Ecuación 17</b> <i>Potencia requerida del motor</i> .....	<b>58</b>
<b>Ecuación 18</b> <i>Consumo de combustible</i> .....	<b>58</b>

## Resumen

Este documento de investigación curricular se encuentra enfocado la reingeniería e implementación de un tren motriz que cumpla con las especificaciones para poder conducir por terrenos poco o nada accesible en que un vehículo táctico militar pueda dar seguridad por todos los territorios a nivel nacional, esta selección se empieza desde los neumáticos como son los continental 225/70R15 con un labrado de 15 mm y entre menor sea el radio de la llanta mayor será el torque que proporcionara la unidad de potencia hacia las ruedas. En este proceso de selección para la implementación del tren motriz se optó por la utilización de los componentes mecánicos que tiene el Chevrolet Trooper 2.3 C.C. 4X4 de 1990 a carburador ya que a través de la utilización de un dinamómetro se determinó, potencia de 72,6 Hp a 4200 rpm y con torque máximo de 148,06 Nm a 3000 rpm que entran en el rango calculado matemáticamente para realizar estos tipos de trabajo, además se cumplió los protocolos acorde a la normativa NTE INEN 2477 donde establecen parámetros de ensayos para realizar la aceleración en plano y arrancabilidad en pendiente. También cuenta con una caja de velocidad serie 4JG2 MSGE donde su marcha más alta (5º marcha) proporciona una velocidad máxima de 141,48 km/h, además su relación en caja de transferencia en LOW es de 1,87 y HIGH de 1 y un diferencial con relación de 9 a 41, es decir, de 9 dientes del piñón cónico y 41 dientes de la corona ofreciendo torque a las ruedas de 4773,47 Nm. Se establecieron rutas en ciudad, terreno en tierra y mixta para analizar la relación peso, potencia y consumo de combustible del vehículo táctico de reconocimiento, por último, una reingeniería en la distribución de los sistemas de arranque, encendido y alimentación de los circuitos que un M.C.I. necesita para su óptimo funcionamiento y la elaboración de circuitos de alumbrado de acuerdo a la normativa NTE INEN 1155.

*Palabras Clave:* tren motriz, motor de combustión interna, motor mep, torque, potencia.

## **Abstract**

This curricular research document is focused on the reengineering and implementation of a powertrain that meets the specifications to be able to drive through little or no accessible terrain in which a military tactical vehicle can provide security for all territories nationwide, this selection starts from the tires such as Continental 225/70R15 with a 15 mm tread and the smaller the radius of the tire, the greater the torque that will provide the power unit to the wheels. In this selection process for the implementation of the powertrain, it was decided to use the mechanical components of the 1990 Chevrolet Trooper 2.3 C.C. 4X4 carbureted 4WD. 4X4 of 1990 with carburetor since through the use of a dynamometer was determined, power of 72.6 Hp at 4200 rpm and maximum torque of 148.06 Nm at 3000 rpm that fall within the range mathematically calculated to perform these types of work, also met the protocols according to the NTE INEN 2477 standard where they establish test parameters for flat acceleration and starting on slope. It also has a 4JG2 MSGE series gearbox where its highest gear (5th gear) provides a maximum speed of 141.48 km/h, in addition, its transfer box ratio in LOW is 1.87 and HIGH is 1 and a differential with a ratio of 9 to 41, i.e., 9 teeth of the conical pinion and 41 teeth of the crown offering torque to the wheels of 4773.47 Nm. Routes were established in city, dirt and mixed terrain to analyze the relationship between weight, power and fuel consumption of the tactical reconnaissance vehicle, finally, a reengineering in the distribution of the starting, ignition and power circuits that a M.C.I. needs for its optimal operation and the development of lighting circuits according to the NTE INEN 1155 standard.

*Key words:* powertrain, internal combustion engine, mep engine, torque, power.

## Capítulo I

### Marco Metodológico, Investigación de Selección del Tren Motriz

#### Antecedentes

Los vehículos blindados y de transporte de tropas se emplearon inicialmente en el campo de batalla durante la Gran Guerra, esto sucedió cuando aparecieron por primera vez los vehículos tácticos. Estos tipos de vehículos se desarrollaron durante la Segunda Guerra Mundial para incluir capacidades como la protección blindada, la movilidad en terrenos difíciles y la capacidad de trasladar personal y equipos.

Desde entonces, los vehículos tácticos han evolucionado y ahora vienen equipados con tecnologías de vanguardia, como sistemas de armamento integrados, sistemas de comunicación, navegación y protección contra minas y explosivos. En la actualidad, los vehículos tácticos son un componente esencial de las operaciones militares, de seguridad pública y de emergencia en cualquier parte del mundo. Se emplean para diversas tareas, como el rescate de rehenes y la protección de convoyes.

En Ecuador no existen regulaciones para los vehículos tácticos; como la importación de vehículos especiales para uso militar. Los vehículos tácticos han desarrollado tecnología optimizando sus parámetros de funcionamiento en rutas inaccesibles dotando de mejores prestaciones.

Según, (Delgado, Pérez, Larrea, Chiluisa, & Olivares, 2018) del Departamento de Seguridad y Defensa menciona en su artículo:

“El Transporte Terrestre y la Movilidad de las Fuerzas Armadas. caso: Situación Actual y Requerimientos de Transporte Terrestre y Movilidad para las labores de los Militares de la Escuela de Formación de Soldados del Ejército”, que con la intención de comprender la teoría, se realizan diversos conceptos referidos al asunto en mención, así como los requerimientos de

transporte y movilidad en tareas que efectúan los militares, Desde dichos alegatos vemos que el Estado debería conceder un gran presupuesto para la compra de automotores que al menos se consideren lo suficiente para los militares en la organización dedicada, para desarrollar en forma común y eficientemente sus funcionalidades, contando aparte con la realidad de reservas vehiculares, suministros y provisiones de repuestos que posibilite consumir con el objetivo como es el servicio que ofrecen los automotores de la entidad en distintas instancias de la nación.

Según (Morales & Ponce, 1999) menciona en su tesis “Selección del Tren Motriz de Vehículos Pesados (carga y pasajeros) destinados al Servicio Público”, que los componentes técnicos para el escogimiento del Tren Motriz permanecen sujetos a llevar a cabo con los exigencias económicas, y esto se logra una vez que los vehículos compensan las necesidades de la organización, es decir, la clase de aplicaciones a la que estará dedicada la unidad, así como los diferentes tipos de recorrido que se pueden realizar, cumplir con los ensayos de capacidad de arranque en pendiente, a la vez el ascenso en pendiente y conservar el trabajo del motor dentro del sistema óptimo del costo en consumo de combustible, es decir, llevar a cabo con pruebas reales de funcionamiento que podría ser sometido el automotor.

Según (Rafael-Morales & Gortari, 2004), menciona en su publicación “La Selección del Tren Motriz basada en la Eficiencia Energética para Vehículos de Servicio Pesado”, que, para favorecer un funcionamiento correcto de las unidades de servicio en un vehículo, se debe seleccionar los componentes adecuados que integren el Tren Motriz para que su desempeño sea la mejor a la hora de ser manejado por la persona encargada, el cual analizará el trabajo de la unidad representado por los siguientes elementos que la conforman: Motor, Embrague, Transmisión, Diferencial, Llantas.

## Planteamiento del problema

La reingeniería del tren motriz para la aplicación en un vehículo táctico consta con la selección y dimensionamiento para la ubicación de un M.C.I. que puede estar de forma longitudinal o transversal, de igual manera para el conjunto caja de velocidades y diferencial la cual puede estar por sistemas o unido en un mismo sistema con el fin de generar la propulsión necesaria para el vehículo.

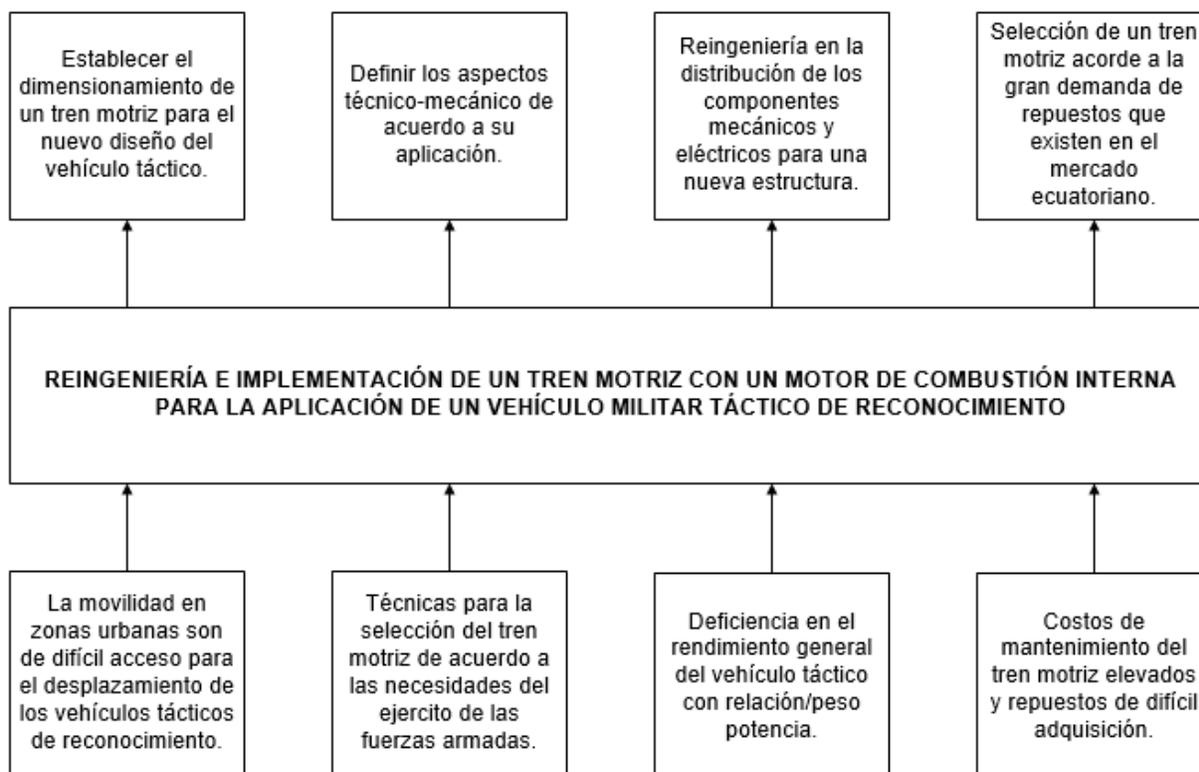
La implementación del tren motriz puede variar dependiendo del área de aplicación ya que varía el torque o la potencia según sus necesidades, todo esto en función de las cargas vivas y muertas que estén involucradas. En lo que concierne a la reingeniería e implementación del tren motriz para la aplicación de vehículos tácticos a nivel mundial, están bien estructurados y excelentemente definidos tal es el caso del proyecto Chaborz que es un vehículo tipo buggy de la cual no cuenta con la necesidad de mejorar ningún sistema. A nivel continental como alberga varias ciudades del tercer mundo, no cuenta con vehículos tácticos de reconocimiento tipo buggy, que estén aplicando alguna reingeniería e implementados de algún tipo de tren motriz para caminos de difícil acceso.

Existen varios vehículos de reconocimiento de las Fuerzas Armadas los cuales son importados desde el exterior, con el fin de cubrir las necesidades de los individuos. A nivel regional no existen vehículos de reconocimiento que estén aplicando la reingeniería e implementación de algún tipo de tren motriz, ya que solo existen vehículos que cuentan con especificaciones de fábrica. A nivel local la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" no dispone un vehículo táctico de reconocimiento ya que sus costos de adquisición son elevadamente altos, lo cual se planificó que mediante la aplicación de la reingeniería e implementación para un tren motriz se construirá un vehículo táctico de reconocimiento. La causa por la que se tomó este tipo de problema es por la falta de movilidad que tiene el ejército de las fuerzas armadas. Al seguir con este problema se solucionará con el desplazamiento de

los individuos alrededor de la Universidad ya que el personal militar de las Fuerzas Armadas estará patrullando las áreas para mayor seguridad.

## Figura 1

*Diagrama causa y efecto*



*Nota.* Árbol de problemas.

### Justificación, importancia y alcance

La Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” requiere de vehículo táctico para el reconocimiento, patrullaje de lugares poco o nada accesible ofreciendo seguridad a estudiantes, docentes y personal de servicio, para lo cual se necesita de la reingeniería y la implementación de un tren motriz de propulsión para el vehículo de reconocimiento. La selección correcta del tren motriz ayudará a manejar de forma correcta las cargas vivas y muertas que están involucradas, también ayudará a reducir considerablemente el peso del

vehículo haciendo que el rendimiento del tren motriz sea el óptimo y no tenga dificultades al momento de trasladarse.

Tener un buen tren motriz en un vehículo táctico es importante por varias razones:

1. **Manejabilidad:** Un buen tren motriz proporciona una mayor capacidad de maniobrabilidad y permite al vehículo moverse con agilidad en terrenos difíciles y situaciones de combate.
2. **Potencia:** Un buen tren motriz también ofrece una mayor potencia, quiere decir que el vehículo puede desplazarse con rapidez y eficacia en situaciones de emergencia.
3. **Confiabilidad:** Los vehículos tácticos a menudo se encuentran en situaciones de alta tensión y deben ser confiables en todo momento. Un buen tren motriz es esencial para garantizar la confiabilidad del vehículo.
4. **Protección:** En situaciones de combate, el tren motriz es una parte crítica de la protección del vehículo. Un buen tren motriz puede ayudar a proteger a los ocupantes ya mantener el vehículo en funcionamiento en situaciones adversas.

El alcance para la elección del sistema de propulsión será necesario, y así su potencia y torque generada pueda desplazar con facilidad y sin dificultad el peso de tres a cuatro personas, el peso del sistema de suspensión, dirección y frenos, de igual manera del peso del bastidor diseñado y de algunos accesorios que los militares de las Fuerzas Armadas estén destinados a instalar.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Seleccionar e implementar un sistema de propulsión y sistema de encendido para un vehículo táctico de reconocimiento para las Fuerzas Armadas.

**Objetivos específicos**

- Seleccionar y analizar un tren motriz que cumpla con las adecuaciones necesarias para la implementación en el vehículo táctico militar.
- Analizar el dimensionamiento del tren motriz seleccionado para la construcción del bastidor.
- Implementar el tren motriz en el bastidor acorde al dimensionamiento establecido.
- Implementar el sistema eléctrico de encendido del motor.

**Metas**

- Para elegir el mejor motor, se investigará sobre las especificaciones y prestaciones de componentes que conforman el tren motriz del automotor mediante la revisión de manuales, publicaciones y páginas web del fabricante.
- Realizar pruebas de campo mediante protocolos y ensayos de acuerdo a la normativa NTE INEN 2477 de aceleración en plano y arrancabilidad en pendiente para ser ejecutadas en la ciudad de Latacunga.
- Instalar el sistema de alumbrado necesario para el patrullaje nocturno de zonas poco iluminadas.

**Hipótesis**

¿La selección del tren motriz para uso vehicular de reconocimiento táctico militar en diferentes superficies con altos desniveles en el mismo, dependerá de la potencia y torque que disponga para cumplir con sus funciones?

**Variables de investigación*****Variables dependientes***

Potencia y torque del motor para el vehículo de reconocimiento táctico militar.

***Variables independientes***

Selección del tren motriz para el vehículo de reconocimiento táctico militar.

## Capítulo II

### Fundamento Teórico

#### Vehículo de reconocimiento táctico

Es un vehículo diseñado específicamente para ser utilizado en operaciones militares de vigilancia y seguridad. Estos vehículos son a menudo muy blindados y cuentan con armamento integrado para proteger a los soldados que están a bordo. También pueden incluir equipos de comunicación y tecnología avanzada para la recolección de información y coordinación con otras unidades. Estos vehículos se utilizan en una variedad de misiones, incluida la protección de instalaciones críticas, la vigilancia de fronteras y la detección de actividad hostil.

#### Figura 2

*Vehículo VTLM-2*



*Nota.* Sistema Rafael SPIKE LR. Tomado de America militar (UFFMM, 2012)

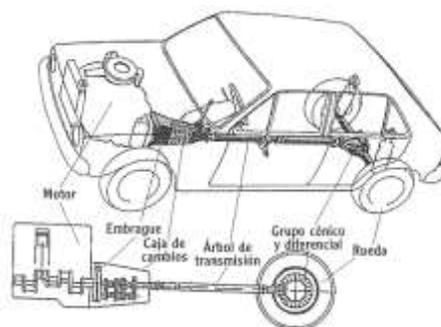
Los vehículos de reconocimiento táctico están categorizados como vehículos especiales los cuales cuentan con ciertos aspectos diferentes a los vehículos convencionales, entres cuales destaca su potencia, torque, peso, y diseño. Las características de este tipo de vehículos son muy específicas ya que el tren motriz debe de tener la suficiencia para realizar diferentes tipos de trabajo en diversas superficies sin perder eficiencia de trabajo mecánico.

## Tren motriz

El tren motriz de un coche es el grupo de estructuras y componentes que transforma la energía interna del combustible que ingresa en el motor, en trabajo y desarrollo del mismo, mediante una progresión de cambios termoquímicos de energía suministrada por el combustible. (Morales & Ponce, 1999, p. 41)

### Figura 3

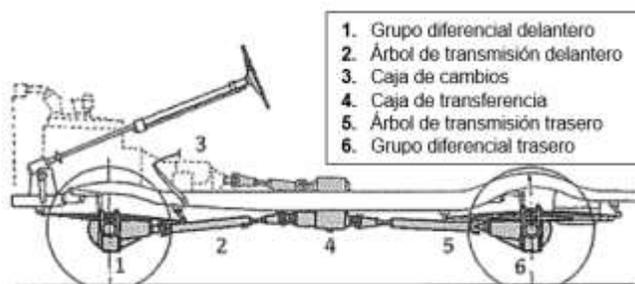
*Esquema transmisión. Movimiento motor-rueda*



*Nota.* Representación gráfica de los componentes que conforman el tren motriz. Tomado del Tratado del automóvil (p. 6), por (Ocaña, 2003)

### Figura 4

*Tracción o propulsión total*



*Nota.* Ejemplo de transmisión a las 4 ruedas. Tomado del Tratado del automóvil (p. 8), por (Ocaña, 2003)

Además, son componentes que se encargan de transmitir la potencia del motor al eje de transmisión y enviadas a las llantas. Incluye unidad de potencia (motor), la transmisión, caj de transferencia (correa, cadena o eje), los ejes y diferenciales. El tren motriz es responsable de transferir la potencia y torque desde el motor hacia las ruedas para mover el automóvil y cambiar las velocidades.

### **Motor**

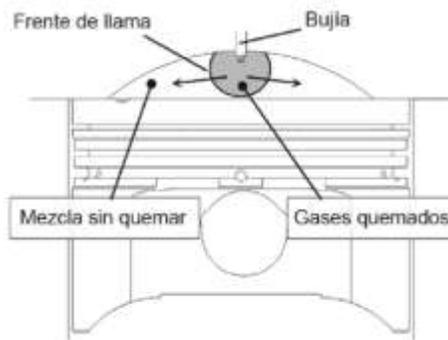
Encargado de suministrar la energía mecánica precisa para desplazar el coche. Generalmente se utiliza motor alternativo de combustión interna, el rotativo Wankel y el eléctrico. (Ocaña, 2003, p. 49) De esta manera el M.C.I. transforma la energía química presente en el combustible (como la nafta o el gasóleo) en energía mecánica para impulsar un vehículo o producir energía. El combustible y el aire se combinan y se queman dentro de un cilindro durante el ciclo de combustión de estos motores, lo que resulta en la expansión del gas que acciona un pistón mediante las vueltas del cigüeñal, a través del cual se envía potencia mecánica a las ruedas por medio del sistema de transmisión.

### ***Motor MEP***

También denominado motores de encendido provocado utilizan gasolina como combustible, este tipo de motor reciben este nombre ya que su encendido es por medio de un agente externos atreves de la bujía la cual hace combustionar la mezcla aire-combustible que se encuentra al interior del cilindro. (Antonio & Domínguez, 2015)

### **Figura 5**

*Esquema de combustión en los MEP*



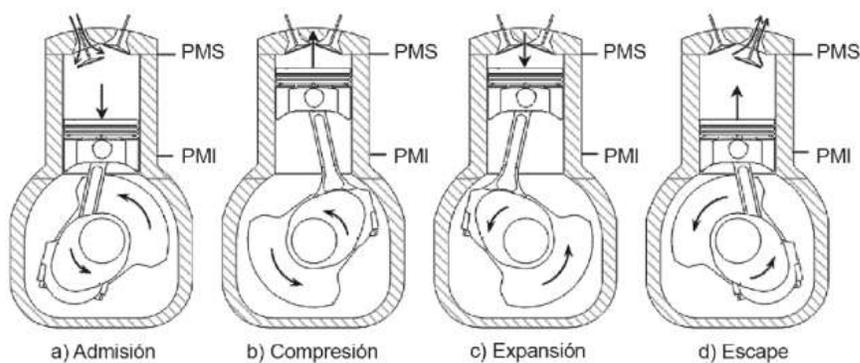
*Nota.* Mediante un agente externo se produce la combustión. Tomado de motores de combustión interna (p. 25), por (Antonio & Domínguez, 2015)

### Motor de 4 tiempos

Se caracterizan por cumplir cuatro fases cada una de estas fases ocurre en un ciclo completo del pistón, y durante un ciclo completo, el movimiento del pistón se desplaza de arriba-abajo dos veces, significa que el ciclo de trabajo del mencionado motor se completa en dos giros del cigüeñal.

### Figura 6

*Esquema del funcionamiento del motor de cuatro tiempos*



*Nota.* Ciclo Otto. Tomado de motores de combustión interna (p. 26), por (Antonio & Domínguez, 2015)

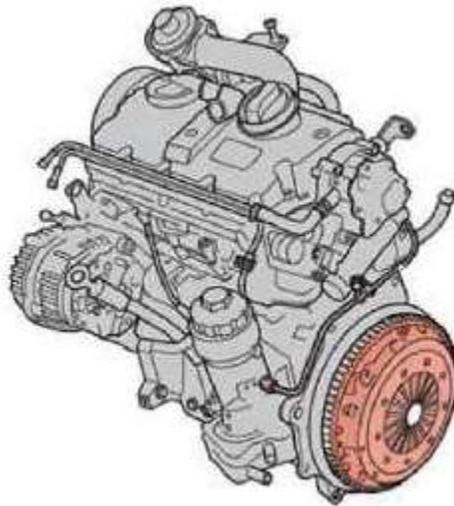
## Embrague

El embrague transfiere gradualmente la potencia generada del motor hacia la caja de velocidades. El embrague es un dispositivo que transmite el torque hacia la caja de cambios, ya que su acoplamiento suave y progresivo permite que el vehículo se mueva a revoluciones bajas. (Dominguez & Ferrer, 2012, p.36)

Un embrague es un dispositivo mecánico en un vehículo que permite desconectar temporalmente la transmisión del motor, permitiendo que el conductor cambie de marcha sin interrumpir el movimiento del vehículo. El embrague se encuentra entre el motor y la transmisión y compuesto por un conjunto de disco, platillo y resorte.

### Figura 7

*Situación del embrague en el conjunto motor*



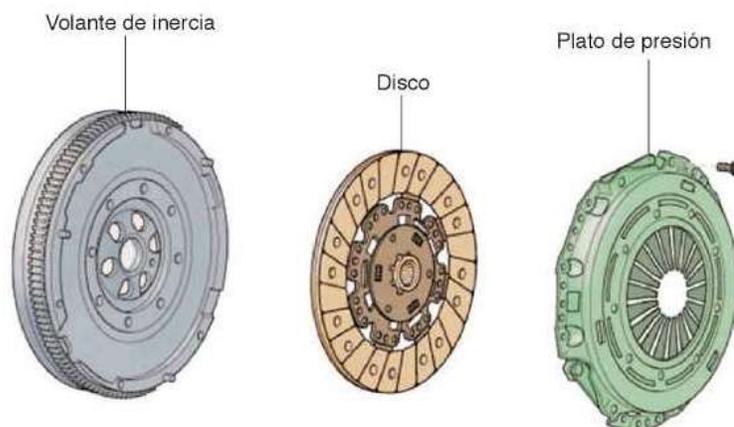
*Nota.* Ubicación del embrague. Tomado de Embragues y convertidores de par (p. 39), por (Dominguez & Ferrer, 2012)

### **Embrague de disco (Fricción)**

Es un dispositivo mecánico que ayuda a conectar y desconectar el motor de la caja de velocidades está formado por 3 componentes fundamentales que son: volante de inercia que transfiere el giro del motor hacia la caja de cambios, el disco de embrague destinado a transferir el movimiento del motor hacia la caja por medio de fricción y el plato de presión el encargado de conectar y desconectar el disco de embrague. (ORTIZ, 2015)

### **Figura 8**

*Componentes del kit de embrague de fricción*



*Nota.* Embrague de fricción de un solo disco es el más usado en coches de cambio manual.

Tomado de Embragues y convertidores de par (p. 38), por (Dominguez & Ferrer, 2012)

### **Funcionamiento del embrague accionado por cable**

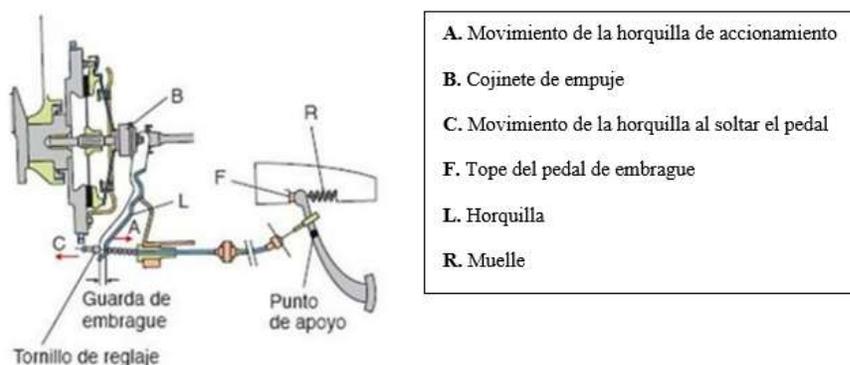
Un embrague accionado manualmente por cable es un tipo de sistema de embrague en el que el pedal del embrague en el interior del vehículo está conectado a la mecánica del embrague mediante un cable.

En este sistema, el piloto pisa el pedal de embrague, el cable se tensa y transmite la fuerza al mecanismo del embrague, lo que provoca que el plato de presión se desplace hacia el volante motor reduciendo el contacto en el disco de fricción, lo que desconecta el motor de la transmisión.

Este tipo de sistema de embrague es simple y económico, pero puede requerir más mantenimiento debido a la tendencia del cable a estirarse o romperse con el tiempo. Además, también puede ser menos preciso que otros sistemas debido a la posibilidad de holgura en el cable.

### Figura 9

*Embrague accionado por cable*



*Nota.* Componentes encargados de acoplar y desacoplar el embrague. Tomado de Embragues y convertidores de par (p. 52), por (Dominguez & Ferrer, 2012)

### Caja de cambios

Es una de las piezas más cruciales porque permite distribuir distintas relaciones de transmisión a las ruedas, permitiendo al motor funcione a distintas revoluciones. (Lucas, 2015, p. 21) La caja de velocidades consta de engranajes de diferentes diámetros y sistemas de cambio que permiten al conductor seleccionar diferentes relaciones de transmisión. Estas

relaciones se denominan marchas y permiten al vehículo adaptarse a diferentes velocidades y condiciones de conducción.

### ***Caja de cambios manual***

Popularmente llamada caja de velocidades. Donde el conductor del vehículo elige las marchas manualmente. Para la selección de marchas se utilizan guías, que se fijan a los sincronizadores y los hacen avanzar o retroceder para seleccionar las diferentes marchas con las que cuente el automóvil. (Lucas, 2015, p. 21)

A pesar de que la caja de cambios manual requiere más esfuerzo físico y atención del conductor, tiene varias ventajas sobre las cajas de cambios automáticas, como un mayor control sobre el rendimiento del vehículo, menor costo de compra y menor costo de mantenimiento.

### **Figura 10**

#### *Caja de cambios manual*



*Nota.* Caja de velocidades con sincronizadores. Tomado de Diseño de la transmisión de un automóvil (p. 21), por (Lucas, 2015)

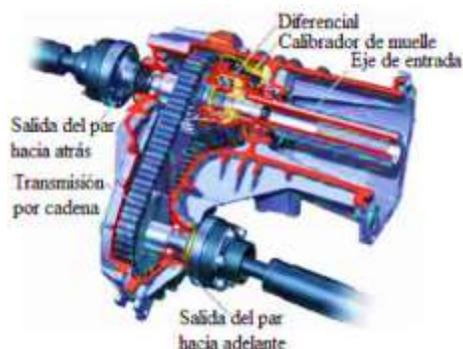
### **Caja de transferencia**

La caja de transferencia tiene la capacidad de enviar la potencia generada del motor a las cuatro ruedas, lo que proporciona mejor tracción en condiciones de nieve, lodo, tierra o

roca. También permite al conductor seleccionar entre una relación de transmisión para la carretera y otra para el fuera de carretera.

### Figura 11

#### *Caja de transferencia*



*Nota.* Partes que conforman una caja de transferencia. Tomado de Sistema De Transmisión Independiente, A Las Cuatro Ruedas (p. 26) por (Vinicio & Eduardo, 2015)

Además, es un componente importante en los vehículos 4x4, ya que permite al conductor adaptarse a diferentes condiciones de conducción y mejora la capacidad de tracción del vehículo. Sin embargo, también puede aumentar el costo y el consumo de combustible del vehículo.

Según (Vinicio & Eduardo, 2015) La caja de transferencia es un componente opcional en algunos vehículos 4x4 o todoterreno que permite al conductor seleccionar entre diferentes configuraciones de tracción:

- **Posición 2H:** Sólo las ruedas del eje trasero o posteriores son accionadas por la unidad de tracción. Se utiliza mejor en zonas urbanas o en carreteras con pocas imperfecciones significativas.

- **Posición 4H:** La unidad de tracción activo en las 4 ruedas con una marcha estándar ya que se puede movilizar a velocidad moderada, al conectarse a los cubos, el movimiento permitira tener una mejor adherencia en terrenos mojados o en construcción
- **Posición 4L:** El vehículo tiene tracción a las 4 ruedas, pero al mantenerse en 4L la palanca interviene el eje central con el fin de bajar las rpm de las ruedas delanteras y traseras, lo que permite un mayor torque en terrenos desnivelados y poco transitados.

Para alcanzar una transmisión total en los automóviles que utilizan este sistema 4x4, se debe utilizar un componente de bloqueo conocido como cubo o bloqueo de rueda. Este elemento de bloqueo permite que las ruedas delanteras se volteen sin mover los mecanismos internos, en otras palabras se aíslan los palieres delantero. (p. 27)

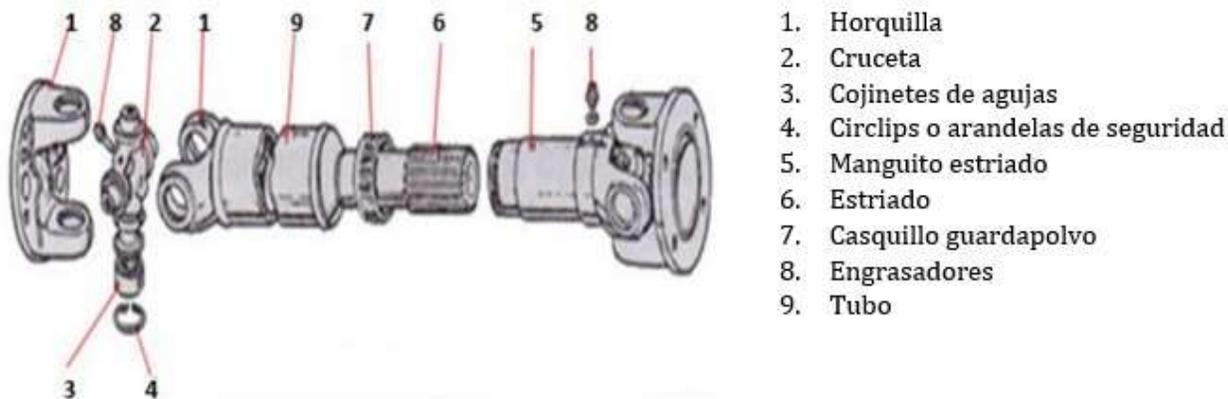
### **Árbol de transmisión**

Transmite el movimiento desde la caja de velocidades al mecanismo conico-diferencial del eje motriz (Ocaña, 2003, p. 7) es decir, consta de un eje largo y cilíndrico con rodamientos y bridas en ambos extremos que se conectan a la mencionada caja y al eje de transmisión. La potencia del motor es transmitida a través del árbol de transmisión al eje que acopla al diferencial y luego a las ruedas, dandose así el desplazamiento del coche.

Ademas este componente mecanico es conocido como eje de salida de la transmisión y suele estar conectado a la caja de cambios mediante bridas, y al eje de transmisión mediante un acoplamiento universal.

### **Figura 12**

*Despiece árbol de transmisión*



*Nota.* Elementos que conformar el eje de transmisión. Tomado de Sistema De Transmisión Independiente, A Las Cuatro Ruedas (p. 9) (Vinicio & Eduardo, 2015)

### **Grupo cónico**

Un grupo cónico es un conjunto de componentes mecánicos utilizados en una transmisión de vehículo para reducir o aumentar la relación de transmisión entre el motor y las ruedas. Esta compuesto por un conjunto de engranajes cónicos, que son engranajes con forma de cono, y un conjunto de rodamientos que los sostienen y permiten que giren. Además, tienen diferentes relaciones de transmisión, y el conductor puede seleccionar entre ellos mediante un sistema de cambio.

Está compuesto por dos piñones que engranan constantemente en ángulo recto.

### ***Piñón de ataque (Cónico)***

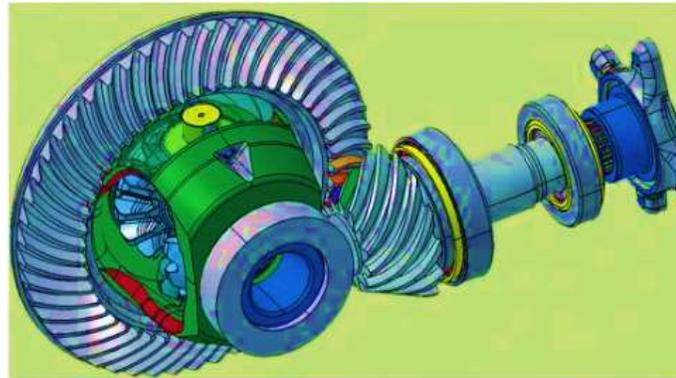
Recibe el giro que sale de la transmisión y lo transmite a la corona, cuando el motor es delantero con tracción se suprime el árbol de transmisión. Si es propulsión, el giro lo recibe el piñón cónico desde el eje de transmisión. (Ocaña, 2003, p. 992)

### **La corona.**

Generalmente va montada en el eje de las ruedas, rígidamente unida a la caja de satélites a la que arrastra en su giro. (Ocaña, 2003, p. 992).

### **Figura 13**

#### *Grupo Cónico*



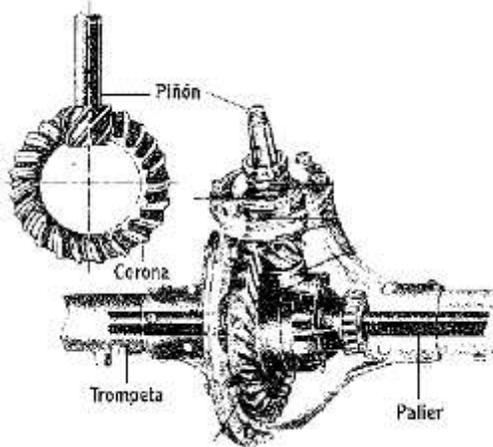
*Nota.* Partes que conforman el grupo cónico. Tomado de Mecánica del vehículo (p. 130), por (ÁGUEDA CASADO, 2014)

### **Grupo cónico de dientes helicoidales**

Es un tipo específico de grupo cónico en el que los engranajes tienen dientes con forma helicoidal. Los dientes helicoidales tienen una forma en espiral y proporcionan una mayor superficie de contacto entre los engranajes, lo que permite una mayor eficiencia en la transmisión de potencia, un menor desgaste y disminución de ruido en comparación a los engranajes rectos. (Ocaña, 2003, p. 994)

### **Figura 14**

#### *Grupo cónico de dientes helicoidales*



*Nota.* Disposición de engranes helicoidales para la transmisión hacia las ruedas. Tomado del Tratado del automóvil (p. 994), por (Ocaña, 2003)

### Grupo diferencial

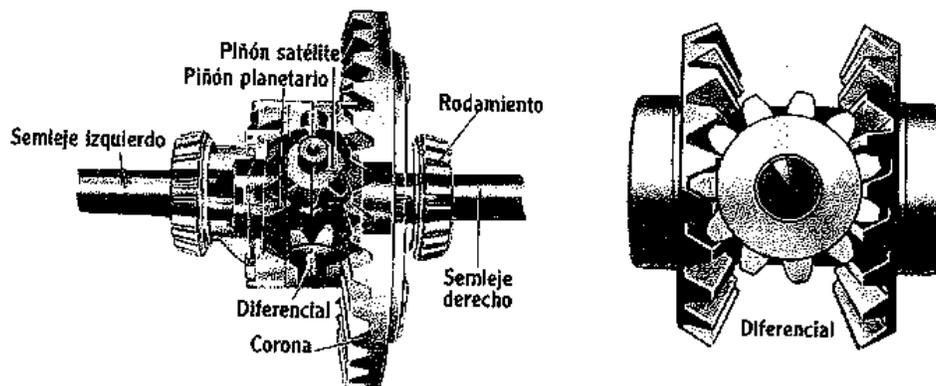
Es un conjunto de componentes mecánicos en un vehículo que permite que las ruedas del vehículo giren a diferentes velocidades, el grupo diferencial puede ser posterior o frontal.

Según (Monserate Freire & Morocho Guamán, 2003) está conformado por:

- Dos piñones planetarios.
- Dos o cuatro piñones satélites

### Figura 15

*Grupo diferencial*



*Nota.* Diferencial simple con ruedas cónicas. Tomado del Tratado del automóvil (p. 997), por (Ocaña, 2003)

### **Relación de transmisión**

En esta sección, pasamos al cálculo de la relación del diferencial, necesario para determinar la reducción del par aplicada a las ruedas.

#### **Ecuación 1**

*Velocidad angular de la rueda*

$$W_{rueda} = \frac{W_{motor}}{r_{dif} \cdot i_{cm}}$$

#### **Ecuación 2**

*Velocidad del vehículo*

$$v_{vehículo} = W_{rueda} \cdot R_{rueda}$$

Donde:

$W_{rueda}$ : velocidad angular de la rueda (rpm)

$W_{motor}$ : velocidad angular del motor (rpm)

$r_{dif}$ : relación diferencial

$i_{cm}$ : relación de transmisión de cada marcha

$R_{rueda}$ : radio rueda del vehículo (m)

### **Potencia del motor (P)**

(Cedeño Marín & Vargas Romero, 2019) reafirma que la idea de potencia describe la velocidad a la que está disponible el par, así como cuántas veces está disponible en el tiempo (p. 41), es decir, es una medida de la cantidad de trabajo que un motor puede realizar en un período de tiempo determinado.

**Ecuación 3***Potencia del motor*

$$P = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60}$$

Donde:

**P:** Potencia del motor en (KW)**T:** Torque o par motor (Nm) $\omega$ : velocidad angular del eje del cigüeñal (rad/s)**Torque****Ecuación 4***Torque*

$$T_m = i_{cm} \cdot r_{dif} \cdot T_{max}$$

Donde:

 $T_m$ =Torque en marcha $T_{max}$ =Torque máximo del motor**Rueda**

De acuerdo con (Ocaña, 2003) las ruedas en los vehículos son:

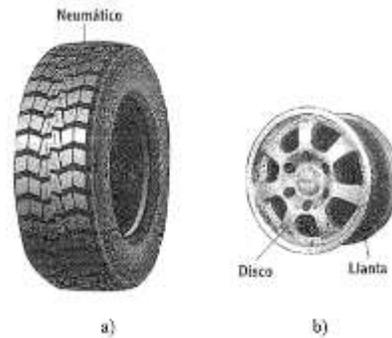
El punto de apoyo del vehículo sobre el piso, y forman parte de los sistemas de transmisión, propulsión, suspensión, dirección y frenos; de aquí se deduce la gran importancia de las mismas en la maniobrabilidad, seguridad y comodidad en la conducción del vehículo. Absorben directamente un 8% de la irregularidad del camino, aproximadamente. (p. 11)

Constan de dos partes (Fig. 18):

- Una rígida compuesta por cubo o buje, disco o radios y llanta.
- Una elástica compuesta de cubierta y cámara (en su caso) y aire.

## Figura 16

### *La rueda*



*Nota.* La rueda está compuesta por a) Elástica (neumática) y b) Rígido (disco o llanta). Tomado del Tratado del automóvil (p. 11), por (Ocaña, 2003)

### ***Nomenclatura del neumático***

La nomenclatura de los neumáticos se refiere a la información impresa en los laterales de los neumáticos, y proporciona información sobre las características y especificaciones del neumático.

## Figura 17

### *Nomenclatura del neumático*



*Nota.* Descripción de las características del neumático. Tomado de Revistas City Life (CityLife, 2018)

### Fuerza de adherencia

La fuerza de adherencia se refiere a la fuerza que mantiene unidos dos objetos en contacto, como resultado de las fuerzas que se unen de ambos materiales. Esta fuerza se produce en la superficie de contacto entre los dos objetos, y es la responsable de mantenerlos unidos.

### Ecuación 5

Fuerza de adherencia

$$F_{ad} = W * \mu_t$$

Donde:

**F<sub>ad</sub>** = Fuerza de adherencia

**W** = Peso transportado

**μ<sub>t</sub>** = Coeficiente de adherencia

## **Consideraciones para la selección del tren motriz**

Según (Herrera Rueda & Topón Simbaña, 2017) es de mucha importancia la selección de un tren motriz que sea acorde a la geografía del país de acuerdo a la aplicación que se le da y al aumento del coste del combustible, que afecta directamente a los costes de operación, elegir el tren motriz adecuado es crucial. Esto es especialmente cierto cuando se elige el grupo moto propulsor equivocado. (p. 24)

Las siguientes cualidades deben estar presentes en el tren motriz vehicular para que se considere adecuado:

- ✓ Capacidad de arranque en pendiente (startability).
- ✓ Capacidad de ascenso en pendiente (gradeability).
- ✓ Velocidad máxima.
- ✓ Aceleración.
- ✓ Capacidad de carga.

## **Normativa NTE INEN 2477**

### ***Anexo A. Ensayo arrancabilidad en pendiente***

Con el fin de garantizar la recolección de datos requeridos para determinar la arrancabilidad en pendiente, este reglamento especifica los parámetros según los cuales deben realizarse las pruebas de arrancabilidad en pendiente sobre los prototipos (automotores). También especifica el lugar donde deben realizarse las pruebas, el método por el que deben realizarse, cómo adquirir los datos necesarios y cómo llevar a cabo cada prueba.

### ***Anexo B. Ensayo de aceleración en plano***

Las características del recorrido de pruebas, las consideraciones a tener en cuenta en la realización de las mismas, así como el registro y toma de datos para establecer los

parámetros de puesta en marcha sobre una superficie plana, se recogen en este anexo para ayudarnos a determinar la capacidad de aceleración del prototipo (automotor).

### ***Capacidad de arranque en pendiente (startability).***

(Morales & Ponce, 1999) hace referencia a la pendiente máxima que el coche puede arrancar sin experimentar problemas de rendimiento se conoce como startability. Se da en porcentajes y sin afectar a su rendimiento. (p. 54)

### **Ecuación 6**

*Capacidad de arranque en pendiente*

$$S = \frac{T_{max} * P_d * P_{t1}}{125 * PBV * R_v}$$

Donde:

**S** = Capacidad de arranque en pendiente (startability)

**T<sub>max</sub>** = Torque máximo del motor (N.m)

**P<sub>d</sub>** = Paso del diferencial

**P<sub>t1</sub>** = Paso de la transmisión en la primera velocidad

**R<sub>v</sub>** = Revoluciones de la llanta (rpm)

**PBV** = Peso Bruto Vehicular (kg)

### ***Capacidad de ascenso del vehículo (gradeability)***

El compromiso entre una determinada pendiente y su peso bruto vehicular se conoce como capacidad de ascenso del vehículo o inclinabilidad (gradeability). (Morales & Ponce, 1999, p. 54), es decir, es la capacidad del automotor para lograr subir pendientes con carga a bordo.

### **Ecuación 7**

*Capacidad de ascenso del vehículo*

$$G = \frac{(37,5 * Pr)}{(PBV * 10^{-3} * Va)}$$

Donde:

**G:** Capacidad de ascenso (adimensional)

**Pr:** Potencia de reserva del motor (Watts)

**Va:** Velocidad aparente del vehículo (m/s)

### **Potencia de reserva (Pr)**

Según (Herrera Rueda & Topón Simbaña, 2017) define a la potencia de reserva (Pr) es:

La cantidad de potencia adicional que el motor o generador puede producir por encima de su capacidad nominal se denomina potencia de reserva. Esto significa que la potencia de reserva es la potencia adicional que se puede producir en casos en los que se necesita un breve aumento de potencia, como una sobrecarga o un corte de electricidad.

### **Velocidad aparente (Va)**

Es la velocidad percibida por el conductor hacia los pasajeros en el interior del vehículo y puede ser diferente de la velocidad real debido a factores externos.

### **Ecuación 8**

*Velocidad aparente*

$$Va = \frac{\omega_{rpm}}{r_{dif} * f_{llanta}}$$

Donde:

$\omega_{rpm}$ : Velocidad del motor (rpm)

$r_{dif}$ : Relación diferencial

$f_{llanta}$ : Factor de llanta

### ***Velocidad máxima***

Es la velocidad máxima a la que puede circular un coche en una determinada distancia. Adema, es la velocidad más alta a la que puede viajar de manera segura y controlable.

### ***Aceleración***

La aceleración de un vehículo es el cambio en su velocidad en un tiempo determinado. Sus unidades de medida es (m/s<sup>2</sup>) y se utiliza para describir la tasa a la que un vehículo está aumentando su velocidad (Soriano, 2005) (p. 530)

### **Ecuación 9**

#### *Aceleración*

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot s} = \frac{v}{t} = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$

Donde:

**V** = Velocidad marcha (m/s)

**S** = Espacio recorrido en accionamiento (m)

**T** = tiempos de accionamiento (s)

### ***Capacidad de carga***

Es la diferencia entre el peso bruto máximo permisible menos el peso de orden de marcha del mismo. (Morales & Ponce, 1999) (p. 18), es decir, la capacidad máxima de carga que puede transportar, incluyendo el peso del conductor, los pasajeros, el combustible y los equipajes.

### **Fuerzas dinámicas del automóvil**

#### ***Fuerza aerodinámica***

Para los autores (Herrera Rueda & Topón Simbaña, 2017) reafirman que:

La fuerza de aerodinámica tiene una dirección horizontal y su desplazamiento es en sentido contrario al movimiento, es el resultado de la resistencia del aire al avance de un cuerpo y afecta directamente a la forma en que un vehículo se desplaza por la resistencia del aire. (p. 30)

### **Ecuación 10**

*Fuerza aerodinámica*

$$Fa = 0,5 \cdot \rho \cdot c_w \cdot A(v + v_o)^2$$

Donde:

**Fa** = Fuerza aerodinámica (N)

**$\rho$**  = Densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

**$c_w$**  = Coeficiente de resistencia del aire (adimensional)

**A** = Sección frontal máxima del vehículo (m<sup>2</sup>)

**v** = Velocidad marcha (m/s)

**$v_o$**  = Velocidad viento en contra (m/s)

### ***Presión en la sección frontal***

El coeficiente de resistencia al aire, que figura al **Anexo (C)** y para el que se determine la presión aplicada en la parte frontal, se elegirá en función a la aplicación del vehículo y de la superficie frontal del mismo.

### **Ecuación 11**

*Presión en la sección frontal*

$$p = \frac{Fa}{A}$$

Donde:

**p** = Presión (Pa).

$F_a$  = Fuerza aerodinámica (N).

$A$  = Área frontal ( $m^2$ )

### **Fuerza por pendiente ( $F_p$ )**

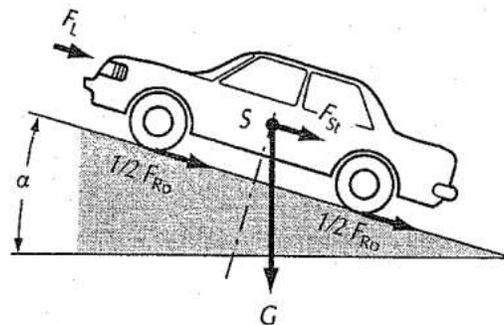
De acuerdo a (Herrera Rueda & Topón Simbaña, 2017):

La fuerza por pendiente en un vehículo es la fuerza necesaria para superar la gravedad y mantener una velocidad constante cuando se está conduciendo en una pendiente.

Esta fuerza depende de la masa del vehículo, la inclinación de la pendiente y la fricción entre las ruedas y la carretera. Cuanto mayor sea la masa del automotor y la inclinación de la pendiente, mayor será la fuerza necesaria para superar la gravedad y mantener una velocidad constante. La fricción entre las ruedas y la carretera desempeñan un papel fundamental en la fuerza por pendiente, ya que una mayor fricción permite una mayor fuerza por pendiente. (p. 31)

### **Figura 18**

*Resistencia a la subida*



*Nota.* Fuerzas que actúan en el ascenso del vehículo en una pendiente. Tomado del Manual de la técnica del automóvil (p. 330), por (Schuch, 1996)

### **Ecuación 12**

*Fuerza pendiente*

$$F_p = W \cdot \text{sen}(\alpha)$$

Donde:

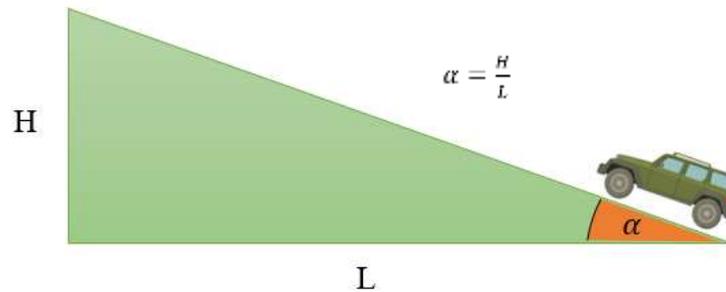
**F<sub>p</sub>**= Fuerza pendiente (kg)

**W**= Peso del vehículo (N)

**α** = Ángulo entre la pendiente y el plano horizontal (°) (Fig. 20)

### Figura 19

*Pendiente*



*Nota.* Parámetros del ángulo de una pendiente.

### Ecuación 13

*Pendiente*

$$p = \tan \alpha \cdot 100\% = \frac{H}{L} \cdot 100\%$$

Donde:

**p**=Pendiente

**H**=Altura de la pendiente

**L**= Plano horizontal

### **Fuerza por resistencia al rodamiento ( $F_{Ro}$ )**

Según (Schuch, 1996):

Es la fuerza que actúa en contra del movimiento de un vehículo debido a la fricción entre la superficie de la calzada y las ruedas.

#### **Ecuación 14**

*Fuerza de resistencia al rodamiento*

$$F_{Ro} = m \cdot g \cdot f$$

Donde:

$F_{Ro}$  = Fuerza por resistencia al rodamiento (N)

$m$  = Masa del vehículo (kg)

$g$  = Gravedad de la tierra ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$f$  = Coeficiente a la rodadura. (adimensional)

#### ***Fuerza de resistencia por inercia (Fi)***

Para (Dominguez & Ferrer, 2012) establece que para la resistencia conocida como fuerza de inercia se genera siempre que cambia la velocidad del coche. Puede producirse tanto durante la aceleración como durante la deceleración, lo que significa que cuando se frena el coche, la fuerza de inercia sigue estimulando el vehículo hasta que se detiene. Es decir, es la fuerza que actúa en contra del cambio de velocidad de un objeto en movimiento, incluyendo un vehículo.

#### **Ecuación 15**

*Fuerza de resistencia por inercia*

$$Fi = m \cdot a$$

Donde:

$Fi$  = Fuerza de resistencia por inercia (N)

$m$  = Masa del vehículo (Kg)

**a** = Aceleración producida por el vehículo ( $m/s^2$ )

### **Potencia requerida del motor**

Según (Morales & Ponce, 1999) afirman que:

La fuerza total creada por la sumatoria de las fuerzas anteriormente mencionadas se conoce como fuerza resultante (F), que al multiplicar la velocidad media del vehículo da la potencia (P) necesaria del motor para impulsar al vehículo hacia el frente. (p. 52)

### **Ecuación 16**

*Fuerza resultante*

$$F = Fa + Fp + F_{Ro} + Fi$$

**F**=Fuerza resultante (N)

### **Ecuación 17**

*Potencia requerida del motor*

$$P_{re} = F \cdot Va$$

**P<sub>re</sub>**= Potencia requerida del motor (Hp)

### **Consumo de combustible (CSC)**

Es la cantidad de combustible (gasolina o diésel) que un vehículo utiliza para recorrer una cierta distancia establecida. Se mide en unidades de volumen/peso, como litros o galones por milla o kilómetro. El consumo de combustible depende de ciertos factores, como el combustible, la eficiencia del motor, el estilo de conducción, el peso del vehículo, la aerodinámica y la carga.

### **Ecuación 18**

*Consumo de combustible*



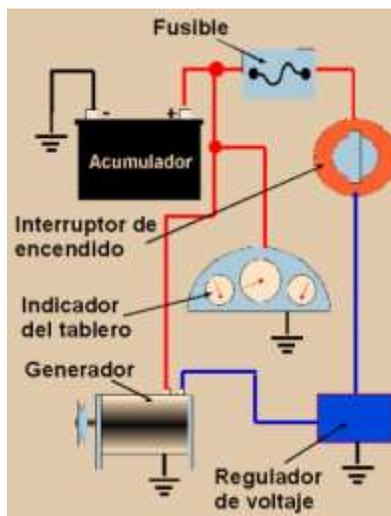
- Los circuitos eléctricos de carga y almacenamiento de energía.
- El sistema de ignición del motor.
- Circuito de arranque del motor. Utilizamos la llave de contacto para arrancar un motor eléctrico alimentado por baterías.
- Circuito de iluminación. Está formado por todo lo que utiliza electricidad para funcionar, incluida la radio y todas las luces del vehículo alimentada desde la batería.

### ***Sistema de carga y almacenamiento de energía***

Se encarga de generar y mantener la electricidad necesaria para propulsar el vehículo.

### **Figura 21**

*Sistema de generación y almacenamiento de energía*



*Nota.* Esquema de producción y almacenamiento eléctrico de energía para el automóvil.

Tomado de generación (automóvil) por (EcuRed, s.f.)

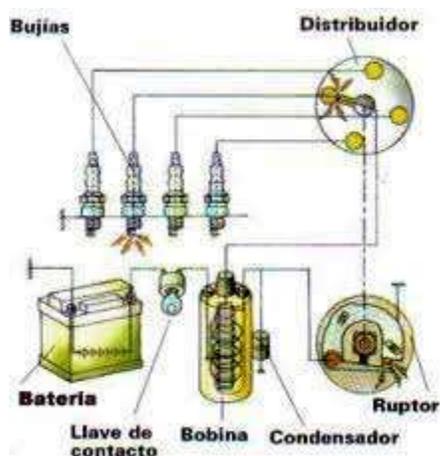
### ***Sistema de encendido***

Es un sistema que se encarga de proporcionar la chispa necesaria para encender la mezcla aire-combustible en los cilindros de un M.C.I. Está compuesto por varios componentes,

incluyendo una batería, una bobina, un distribuidor, cables y bujías. El sistema de encendido recibe energía de la batería y la transforma en una chispa de alta tensión que transmite a las bujías para encender la mezcla de que se encuentra dentro de los cilindros.

### Figura 22

#### *Sistema de encendido*



*Nota.* Componentes del sistema de encendido convencional. Tomado de [dspace.ups.edu.ec](http://dspace.ups.edu.ec) (p. 8) por (Naranjo, Álvaro, Sarate, & Luis, 2012)

#### ***Sistema de arranque***

Se encarga de dar inicio al encendido del motor del coche. El motor de arranque empieza a girar el motor para arrancarlo cuando se gira la llave de contacto o se pulsa el botón de arranque. Obtiene su energía de la batería. Tras el arranque su circuito deja de funcionar y el M.C.I. entra en funcionamiento.

### Figura 23

#### *Sistema de arranque*



*Nota.* Grupo de componentes que integran el sistema de arranque. Tomado de noticias-coche por (Blázquez, 2019)

### **Sistema de alumbrado**

El sistema de alumbrado de un vehículo incluye las luces que se utilizan para iluminar la carretera y hacer que el vehículo sea visible a otros conductores. Está compuesto por luces delanteras, traseras, de freno, de giro, de estacionamiento, de matrícula y otros tipos de luces.

### **Normativa NTE INEN 1155**

El objetivo de la (NTE INEN 1155, 2015) especifica la iluminación mínima, los espejos retrovisores y los dispositivos de señalización luminosa para vehículos de motor con el fin de maximizar la visibilidad del conductor y asegurarse de que los peatones cercanos y otros conductores puedan ver fácilmente la presencia y el movimiento del vehículo.

### **Clasificación del alumbrado vehicular**

- **Luces delanteras:** proporcionaron iluminación para ver la carretera y se pueden ajustar para adaptar a las condiciones de iluminación cambiantes.
- **Luces traseras:** proporcionaron iluminación para hacer que el vehículo sea visible a los demás conductores.

- **Luces de freno:** se encienden cuando se aplican los frenos para hacer que el vehículo sea más visible y proporcionan una advertencia visual a los demás conductores.
- **Luces de giro:** se utilizan para indicar las intenciones de giro del vehículo y se activan cuando se gira el volante.
- **Luces de estacionamiento:** se utilizan cuando el vehículo está detenido y se encienden automáticamente cuando se apaga el motor.
- **Luces de interiores:** Alumbran el habitáculo, como también se encienden las luces del tablero de instrumentos, luces de cruce, indicadores de dirección, entre las principales que se pueden encontrar en el automotor.
- **Luces de matrícula:** iluminan la placa de matrícula para hacer que sea legible en condiciones de poca luz.

Es importante mantener el sistema de alumbrado en buen estado para garantizar la seguridad en la carretera.

## Capítulo III

### Desarrollo: Selección y Cálculos del Tren Motriz

#### Bases de selección del tren motriz

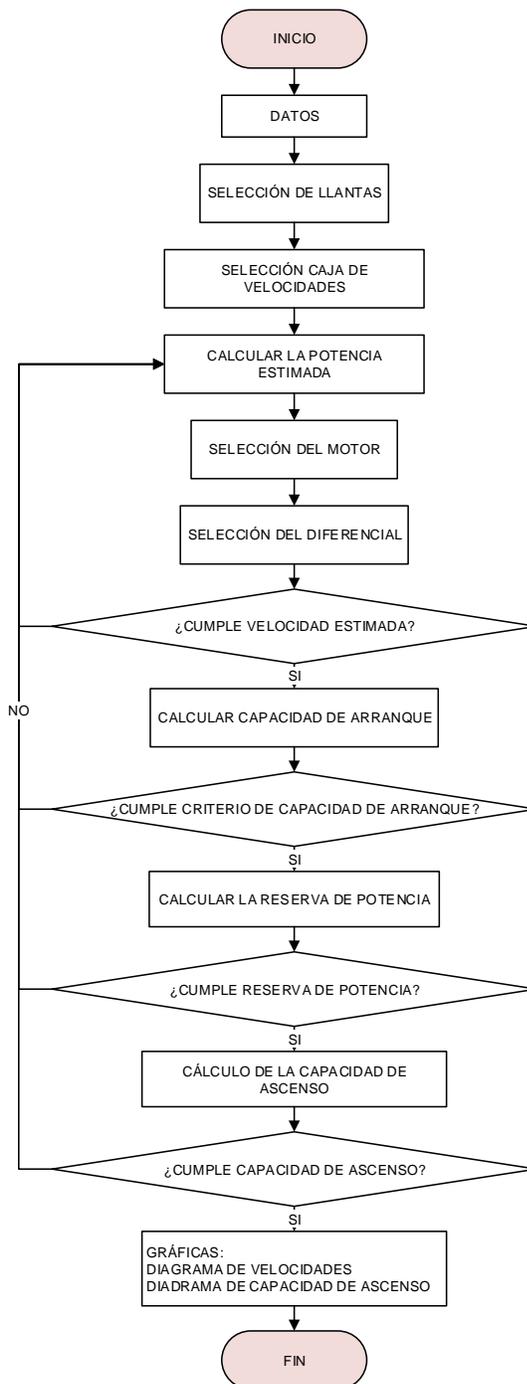
Al momento de realizar una selección del tren motriz existen algunos aspectos fundamentales a considerar como son:

- ✓ **El manejo:** La tracción delantera proporciona un manejo estable y predecible en condiciones de conducción normales, mientras que la tracción trasera y la tracción total ofrecen un mejor agarre en condiciones de conducción difíciles.
- ✓ **La tracción:** La tracción en las cuatro ruedas proporciona un mejor agarre y estabilidad en condiciones de conducción difíciles, como suelos húmedos, pantanos y superficies off-road.
- ✓ **La eficiencia:** La tracción delantera suele ser más eficiente en parámetros de consumo de combustible, ya que la tracción 4X4 o tracción trasera requieren más potencia del motor.
- ✓ **El costo:** La tracción delantera es generalmente más económica que la tracción total.
- ✓ **La capacidad de carga:** La tracción trasera es adecuada para el transporte de carga o remolque debido a su mayor capacidad de carga.
- ✓ **Uso:** La elección del tren motriz también dependerá del tipo de actividad para la cual se utilizará el vehículo. Por ejemplo, un vehículo utilizado para actividades off-road necesitará una tracción en las cuatro ruedas.

## Algoritmo para la selección del tren motriz

Figura 24

Selección del tren motriz



Nota. Diagrama de flujo de la selección del tren de potencia.

## **Entrada de datos**

En la entrada de datos se toma en cuenta el tipo de vehículo que se va fabricar, el peso bruto vehicular con el que va contar y el tipo o los tipos de camino por el cual se va transitar, como dato datos extras se debe de tomar en cuenta el tipo de combustible a utilizar, las dimensiones, el peso, la cantidad de ejes y el número de llantas con que se va disponer.

En resumen, tomando la consideración de todos los datos de entra para la selección del tren de potencia, que nos va servir para la implementación en un vehículo de reconocimiento todo terreno, con un peso bruto vehicular que al final de la construcción no nos sobrepase de una tonelada de peso y que pueda transitar por varios tipos de caminos sin dificultad.

## **Selección de llantas**

La selección de llantas para un vehículo es un proceso importante que afecta a la seguridad, el rendimiento y la eficiencia del vehículo. Un algoritmo para la selección de llantas podría incluir los siguientes pasos:

- Identificar las necesidades del vehículo y su uso previsto, como el tipo de carretera, las condiciones climáticas, la capacidad de carga, la velocidad máxima, entre otros.
- Revisar las regulaciones y recomendaciones del fabricante del vehículo sobre el tamaño y el tipo de llantas adecuadas.
- Evaluar las diferentes opciones de llantas disponibles, como llantas de verano, llantas de invierno, llantas todoterreno, entre otros.
- Comparar las características de cada opción, como el dibujo, el tamaño, la velocidad máxima, la carga máxima, el desgaste, entre otros.
- Seleccionar la opción que mejor se ajuste

Una vez analizado los factores anteriores para la selección de la llanta se optó por Neumáticos Continental, 225/70R15 por el motivo que el vehículo construido va a circular por caminos de difícil acceso y la mayor parte por pantanos.

**Tabla 1**

*Neumático continental*

<b>Modelo</b>	<b>225/70R15</b>
Marca	Continental
Ancho	225 mm
Altura (% de ancho)	70% de 225 mm
Tipo de construcción	R = radial
Tamaño del rin	15 in
Índice de carga 109/107	1030 - 975 kg
Velocidad máx. para rodar (R)	170 km
Presión	55 psi

*Nota.* Características del neumático continental 225/70R15.

**Figura 25**

*Neumático 225/70R15*



*Nota.* Neumático seleccionado para el tren motriz con labrado de 15 mm.

## Fuerza de adherencia

La fuerza de adherencia acata de diversos factores, como los materiales en contacto, el área de contacto entre ellos, la rugosidad de las superficies y la fuerza aplicada. La fuerza de adherencia puede afectarse por la presencia de la humedad, grasa u otros contaminantes en la superficie de contacto.

**Tabla 2**

*Fuerza de adherencia*

Datos obtenidos		Datos calculados	
Constante		Variables	
Superficie	W (N)	$\mu_t$	$F_{ad}$ (N)
Seca		0,85	17927,78
Mojada alt. Agua aprox. 0,2 mm		0,65	13709,48
Lluvia fuerte alt. Agua aprox. 1 mm	21091,5	0,55	11600,33
Encharcada alt. Agua aprox. 2 mm		0,5	10545,75
Helada		0,1	2109,15
Ecuación		$F_{ad} = W * C_{ad}$	

*Nota.* Datos obtenidos con coeficiente de adherencia cuando su velocidad es de 50km/h.

## Selección de la caja de velocidades

La selección de la caja de cambios para implementar en el vehículo táctico de reconocimiento debe de ser acorde al peso bruto del vehículo el cual pueda generar un torque superior o igual a 2500 N.m en la primera velocidad, la cual también debe de constar con una caja de transferencia para lo que es la tracción delantera para el uso en caminos irregulares. Para cumplir con los parámetros anteriores en la selección de la caja de velocidades se optó por la 4JG2 MSG5E del Chevrolet Trooper 2.3 cc, ya que cuenta con características similares

ya que su caja es diseñada para trabajos en caminos dificultosos, la cual también tiene una caja diferencia que nos proporciona lo que es el 2H, 4H y el 4L.

### Figura 26

*Caja de velocidades serie 4JG2 MSGE*



*Nota.* Caja de velocidades junto a la caja de transferencia, original del Chevrolet Trooper 1990.

### Tabla 3

*Datos técnicos de la caja de velocidades*

<b>Modelo</b>	<b>MSG5E</b>
Marca	ISUZU
Tipo	Engranés sincronizados
Tracción	En las cuatro ruedas, con acople manual
Localización del selector	Selector al piso
Velocidades	5 hacia adelante, 1 hacia atrás
$R_{trans}$ 1 <sup>era</sup>	3.785 a 1
$R_{trans}$ 2 <sup>da</sup>	2.171 a 1
$R_{trans}$ 3 <sup>era</sup>	1.413 a 1
$R_{trans}$ 4 <sup>ta</sup>	1.000 a 1
$R_{trans}$ 5 <sup>ta</sup>	0.855 a 1
$R_{trans}$ reversa	3.720 a 1

*Nota.* Caja de velocidades del Chevrolet Trooper 1990. Recuperado de VeoAutos.CL. Copyright 2023 por la compañía VeoAutos.cl.

**Tabla 4**

*Datos técnicos de la caja de transferencia*

Transfer Case	Caja de velocidades Trooper
Marca	ISUZU
Localización de selector	Localizada en el piso
Relación de engranaje: high	1.000 a 1
Relación de engranaje: low	1.870 a 1

*Nota.* Caja de transferencia del Chevrolet Trooper 1990 Recuperado de VeoAutos.CL. Copyright 2023 por la compañía VeoAutos.cl.

### Calcular la potencia estimada

Para saber cuál es la potencia necesaria para el vehículo se va a ocupar la ecuación 14, la cual nos indicara la fuerza resultante y que multiplicada por la velocidad promedio nos entregara la potencia que necesitamos para la selección del motor.

### **Fuerza aerodinámica**

Es la resistencia al aire del vehículo en movimiento, es calculada mediante la ecuación 10, la fuerza aerodinámica relaciona la densidad del aire de  $1,202 \text{ kg/m}^3$  a una temperatura ambiente de 20 a 25 °C y a una presión barométrica de 1 bar, para el coeficiente de resistencia al aire se utiliza de 0.5 para un vehículo cabriolet abierto **Anexo (C)**, la sección frontal se establece mediante el modelado del coche que vendría ser  $2.54 \text{ m}^2$  como se muestra en la figura 27, todo esto en condiciones de trabajo normal como se establece en los siguientes datos.

La velocidad a la que circula el coche se aumentará gradualmente para establecer en qué parte se encuentra la mínima resistencia al viento, teniendo en consideración la velocidad del viento de 33.3 km/h o 9,25 m/s.

### Figura 27

*Superficie frontal del vehículo táctico militar*



*Nota.* Dimensionamiento del ancho y alto del automotor.

### Tabla 5

*Fuerza aerodinámica en asfalto plano*

Datos obtenidos					Variables	$F_a$
Constantes						
P (Kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>w</sub>	V <sub>o</sub> (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	V (m/s)	N	
1,202	0,5	9,25	2,54	11,11	316.65	
				22,22	756.51	
				27,78	1047.44	
				38.89	1770.24	
<b>Ecuación</b>			$F_a = 0,5 \cdot \rho \cdot c_w \cdot A(v + v_o)^2$			

*Nota.* Datos obtenidos de la fuerza aerodinámica en asfalto plano.

### **Presión en la sección frontal en asfalto plano**

La ecuación 11 sirve para el cálculo de la presión en la sección frontal está creada por la resistencia al viento y se establece para diversas presiones teniendo en consideración las diferentes velocidades del coche militar. Se realiza mediante la fuerza aerodinámica, que se divide para el área de la sección frontal del mencionado automotor.

**Tabla 6**

*Presión en la sección frontal en asfalto plano*

Datos obtenidos		P
Fa (N)	A (m <sup>2</sup> )	P (Pa)
316.65	2,54	124.57
756.51		297.60
1047.44		412.05
1770.24		696.40
<b>Ecuación</b>	$p = \frac{Fa}{A}$	

*Nota.* Datos obtenido con respecto a una velocidad del viento de 9,25 m/s.

### **Fuerza aerodinámica en pendiente**

Se modifican datos como la velocidad del aire que cambia a 10.8 km/h o 3 m/s para hallar la fuerza aerodinámica en pendiente.

**Tabla 7**

*Fuerza aerodinámica en asfalto pendiente*

Datos obtenidos				F <sub>a</sub>	
Constantes			Variables		
P (Kg/m <sup>3</sup> )	Cw	Vo (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	V (m/s)	N
1,202	0,5	3	2,54	3.33	30.58
				6.67	71.37

Datos obtenidos		$F_a$
Constantes	Variables	
	10	128.99
	13.33	203.54
<b>Ecuación</b>	$F_a = 0,5 \cdot \rho \cdot c_w \cdot A(v + v_o)^2$	

*Nota.* Datos obtenidos de la fuerza aerodinámica en asfalto pendiente.

### ***Presión en la sección frontal en asfalto pendiente***

**Tabla 8**

*Presión en la sección frontal en asfalto pendiente*

Datos obtenidos		P
Fa (N)	A (m <sup>2</sup> )	P (Pa)
30.58		12.04
71.37		28.10
128.99	2,54	50.78
203.54		80.13
<b>Ecuación</b>	$p = \frac{F_a}{A}$	

*Nota.* Datos obtenidos con respecto a una velocidad del viento de 3 m/s.

### ***Fuerza por pendiente***

Es la producida en la pendiente y es mayor que la fuerza inducida por el empuje del motor, que se genera en oposición a la pendiente. Dado que la fuerza del motor supera al de la pendiente para iniciar el recorrido, en los cálculos sólo se utilizan como referencia ángulos comprendidos entre 0° hasta 45°, siendo 45° el 100% de una pendiente. La fuerza en pendiente relaciona el peso que transporta el coche, con un peso bruto (PBV) de 2150 kg. La siguiente información se obtiene utilizando la ecuación 12.

**Tabla 9***Fuerza por pendiente*

Datos obtenidos			$F_p$
Constante	Variable		
W (N)	$\alpha$ (°)	Pendiente %	(N)
21091,5	8,53	15	3128,44
	14,04	25	5116,78
	18,42	33	6664,49
	45	100	14913,94
<b>Ecuación</b>		$F_p = W \cdot \text{sen}(\alpha)$	

*Nota.* Datos obtenidos con respecto a diferentes grados de pendiente.

**Fuerza por resistencia al rodamiento ( $F_{RO}$ )**

Los neumáticos producen rozamiento al momento de entrar en contacto la superficie con el labrado produciendo una fuerza. En el **Anexo (D)** se utiliza el coeficiente de rodadura de 0,008 para terreno natural duro ya que es el tipo de superficie que debe utilizarse. Para calcular la fuerza de rodadura, se multiplica el peso del prototipo por la aceleración gravitatoria de la tierra de 9,81 m/s<sup>2</sup>.

**Tabla 10***Fuerza por resistencia al rodamiento en asfalto*

Datos obtenidos			$F_{Ro}$
Variable	Constante		
m (kg)	g (m/s <sup>2</sup> )	f	(N)
1200	9.81	0.008	94,18
1425			111,83
1675			131,45
2150			168,73

<b>Ecuación</b>	$F_{Ro} = m \cdot g \cdot f$
-----------------	------------------------------

*Nota.* Datos obtenidos con un coeficiente de rodadura de 0,008.

**Tabla 11**

*Fuerza por resistencia al rodamiento en tierra*

<b>Datos obtenidos</b>			<b>F<sub>Ro</sub></b>
Variable	Constante		
m (kg)	g (m/s <sup>2</sup> )	f	(N)
1200			588,60
1425	9.81	0.05	698,96
1675			821,59
2150			1054,58

<b>Ecuación</b>	$F_{Ro} = m \cdot g \cdot f$
-----------------	------------------------------

*Nota.* Datos obtenidos con un coeficiente de rodadura de 0,05.

***Fuerza de resistencia por inercia (F<sub>i</sub>)***

Para el cálculo de la de fuerza de resistencia por inercia se toma en cuenta los valores de velocidad y tiempo la cual, mediante las pruebas nos indica que el vehículo alcanza una velocidad de 0 a 100 km/h en un tiempo estimado de 34 segundos la cual estos datos nos ayuda a determinar la aceleración a partir de la ecuación 9, estableciendo la velocidad con el tiempo que demora en producirse, la cual va ser multiplicada por la masa del vehículo en diferentes condiciones tanto en vacío de 1200 kg como en carga máxima de 2150 kg..

**Tabla 12***Fuerza de resistencia por inercia en asfalto plano*

<b>Datos obtenidos</b>		<b>F<sub>i</sub></b>
Variables	Constante	
m (kg)	a (m/s <sup>2</sup> )	(N)
1200	0,82	984.00
1425	0,82	1168.50
1675	0,82	1373.50
2150	0,82	1763.00
<b>Ecuación</b>		$F_i = m \cdot a$

*Nota.* Dato obtenido de acuerdo a una aceleración de 0,82 m/s<sup>2</sup>.

**Tabla 13***Fuerza de resistencia por inercia en asfalto pendiente*

<b>Datos obtenidos</b>		<b>F<sub>i</sub></b>
Variables	Constante	
m (kg)	a (m/s <sup>2</sup> )	(N)
1200		240,00
1425		285,00
1675	0,20	335,00
2150		430,00
<b>Ecuación</b>		$F_i = m \cdot a$

*Nota.* Dato obtenido de acuerdo a una aceleración de 0,20 m/s<sup>2</sup>.

**Tabla 14***Fuerza de resistencia por inercia en pendiente sobre tierra*

Datos obtenidos		$F_i$
Variables	Constante	
m (kg)	a (m/s <sup>2</sup> )	(N)
1200		228,00
1425	0,19	270,75
1675		318,25
2150		408,50
<b>Ecuación</b>	$F_i = m \cdot a$	

*Nota.* Datos obtenidos de acuerdo a una aceleración de 0,19 m/s<sup>2</sup>.

**Potencia requerida del motor****Tabla 15***Potencia requerida del motor en asfalto plano*

Datos obtenidos					$P_{re}$	
Constante			Variable	Constante		
$F_a$ (N)	$F_p$ (N)	$F_{Ro}$ (N)	$F_i$ (N)	F (N)	$V_{media}$ (m/s)	(hp)
1046,61	0	111,83	1168,50	2326,95		60,66
1046,61	0	131,45	1763,00	2941,06		76,67
1768,85	0	168,73	1168,50	3106,08	19,44	80,97
1768,85	0	168,73	1763,00	3700,58		96,47
<b>Ecuación</b>				$F = Fa + Fp + F_{Ro} + Fi$		
				$P_{re} = F \cdot V_{media}$		

*Nota.* Datos obtenidos de acuerdo a velocidad de 100 km/h con pendiente 0° a velocidad media de 19,44 m/s.

**Tabla 16***Potencia requerida del motor en asfalto pendiente*

Datos obtenidos					$P_{re}$	
Constante				Variable	Constante	
$F_a$ (N)	$F_p$ (N)	$F_{Ro}$ (N)	$F_i$ (N)	$F$ (N)	$V_{media}$ (m/s)	(hp)
151,96	3128,44	168,73	430,00	3879,14	5,84	30,38
151,96	5116,78	168,73	430,00	5867,47		45,95
151,96	6664,50	168,73	430,00	7415,19		58,07
151,96	14913,94	168,73	430,00	15664,63		122,68
<b>Ecuación</b>				$F = F_a + F_p + F_{Ro} + F_i$ $P_{re} = F \cdot V_{media}$		

*Nota.* Datos obtenidos de acuerdo a una velocidad de 100 km/h con diferentes grados de pendientes a una velocidad media de 5,84 m/s.

**Tabla 17***Potencia requerida del motor en pendiente sobre tierra*

Datos obtenidos					$P_{re}$	
Constante				Variable	Constante	
$F_a$ (N)	$F_p$ (N)	$F_{Ro}$ (N)	$F_i$ (N)	$F$ (N)	$V_{media}$ (m/s)	(hp)
151,96	3128,44	1054,58	408,50	4743,48	5,84	37,15
151,96	5116,78	1054,58	408,50	6731,82		52,72
151,96	6664,50	1054,58	408,50	8279,53		64,84
151,96	14913,94	1054,58	408,50	16528,98		129,45
<b>Ecuación</b>				$F = F_a + F_p + F_{Ro} + F_i$ $P_{re} = F \cdot V_{media}$		

*Nota.* Datos obtenidos de acuerdo a una velocidad de 40 km/h con diferentes grados de pendientes a una velocidad media de 5,84 m/s.

## Selección del motor

De acuerdo con los datos obtenidos, se selecciona el tren de potencia del vehículo Chevrolet Trooper tipo Jeep, motorizado por los fabricantes de General Motors con su marca Isuzu conocido a nivel global ya que sus diversas aplicaciones, su habilidad en el trabajo y condiciones de manipulación son excelentes. Para la transmisión, caja de transferencia y de los diferenciales se utilizaron los originales del Chevrolet Trooper 1990 de 2.3 CC, ya que cuenta con características y prestaciones de excelente calidad y las necesarias tanto en potencia como en torque para la aplicación de un coche táctico militar de reconocimiento, información revisar **Anexo (E)**.

### Figura 28

*Chevrolet Trooper 1990*



*Nota.* Chevrolet Trooper 4WD 2.3 C.C. 1990. Recuperado de VeoAutos.CL. Copyright 2023 por la compañía VeoAutos.cl.

### Figura 29

*Motor 4ZD1 parte frontal*



*Nota.* Motor original del Chevrolet Trooper 1990.

### **Tabla 18**

*Datos técnicos del motor 4ZD1 Chevrolet Trooper 1990*

<b>Modelo del motor</b>	<b>4ZD1</b>
Sistema de distribución	OHC
Numero de cilindros	4
Cilindrada	2254 cc (2.3)
Diámetro	89.3 mm
Carrera	90.0 mm
Relación de compresión	8.3
Potencia máxima a 5000 rpm	81 Kw / 110 Cv /108,5 Hp
Torque máximo a 3000 rpm	184 Nm
Carburación	Carburador de cuerpo doble
Encendido	Electrónico

*Nota.* Recuperado de VeoAutos.CL. Copyright 2023 por la compañía VeoAutos.cl.

### **Selección del diferencial**

Para la selección del diferencial se toma en cuenta la relación de paso del cono y corona, la correcta selección nos permitirá realizar un mejor desempeño en la movilidad y el trabajo.

Una vez calculado la relación de paso del diferencial se determinó que el mejor diferencial para este caso es una relación de 9 a 41, es decir, de 9 dientes del cono y 41 dientes de la corona, este conjunto diferencial al tener estas características es uno de los comercializados ya que viene incorporado en el Chevrolet Trooper 2.3 cc.

### Figura 30

*Diferencial convencional*



*Nota.* Diferencial relación 9/41 (4.555).

### Figura 31

*Diferencial original Chevrolet Trooper 1990*



*Nota.* Diferencial posterior seleccionado para la aplicación del vehículo.

### Tabla 19

*Datos técnicos del grupo deferencial Chevrolet Trooper 1990*

Marca	Isuzu
Localización de los diferenciales	Diferencial frontal y posterior al vehículo
Relación diferencial	4.555

*Nota.* Recuperado de VeoAutos.CL. Copyright 2023 por la compañía VeoAutos.cl.

## Cálculos de velocidad del vehículo en estado de fabrica

### *Cálculo de velocidad del vehículo*

Para el cálculo de velocidades en cada marcha, se toma los valores de relación de la transmisión de la Tabla 3, relaciones de caja de transferencia de la tabla 4, la relación del diferencial de la tabla 19, también se toma en cuentas las características del motor que se encuentran en la tabla 18 y el tipo de neumático que se establece en la tabla 1.

### *Calculo de velocidad en marchas normales*

**Tabla 20**

*Tabulación de velocidad angular en cada marcha*

<b>Datos obtenidos</b>				
	Constantes		Variables	<b>W<sub>rueda</sub> (rpm)</b>
Marchas	W <sub>motor</sub> (rpm)	r <sub>dif</sub>	i <sub>cm</sub>	
Primera	5000	4,555	3,785	290,01
Segunda			2,171	505,62
Tercera			1,413	776,85
Cuarta			1,000	1097,69
Quinta			0,855	1283,85
Reversa			3,720	295,08
<b>Ecuación</b>			$W_{rueda} = \frac{W_{motor}}{r_{dif} * i_{cm}}$	

*Nota.* Todos los datos obtenidos en la tabla fueron en base a los valores de la ficha técnica del Chevrolet Trooper.

**Tabla 21**

*Tabulación de velocidades obtenidas en salida a las ruedas*

<b>Datos obtenidos</b>			
	Variables	Constantes	<b>V<sub>vehículo</sub> Km/h</b>
Marchas	W <sub>rueda</sub> (rpm)	R <sub>rueda</sub> (m)	
Primera	290,01	0,348	38,05

Datos obtenidos			V <sub>vehículo</sub> Km/h
	Variables	Constantes	
Marchas	W <sub>rueda</sub> (rpm)	R <sub>rueda</sub> (m)	
Segunda	505,62		66,33
Tercera	776,85		101,92
Cuarta	1097,69		144,01
Quinta	1283,85		168,43
Reversa	295,08		38,71
<b>Ecuación</b>	$V_{vehículo} = \left( W_{rueda} \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1rev} * \frac{60 min}{1h} \right) * \left( R_{rueda} m * \frac{1 km}{1000 m} \right)$		

*Nota.* Todos los datos obtenidos en la tabla fueron en base a los valores de la ficha técnica del Chevrolet Trooper.

### Calculo de velocidad con caja de transferencia

**Tabla 22**

*Tabulación de velocidad angular con caja de transferencia activada*

Datos obtenidos						
Marchas	Condición	Constantes		Variables		W <sub>rueda</sub> rpm
		W <sub>motor</sub> rpm	r <sub>dif</sub>	i <sub>cm</sub>	i <sub>trans</sub>	
Primera	Low	5000	4,555	3,785	1,870	155,09
	High				1,000	290,01
Segunda	Low	5000	4,555	2,171	1,870	270,38
	High				1,000	505,62
Reversa	Low	5000	4,555	3,720	1,870	157,80
	High				1,000	295,08
<b>Ecuación</b>	$W_{rueda} = \frac{W_{motor}}{r_{dif} * i_{cm} * i_{trans}}$					

*Nota.* Todos los datos obtenidos en la tabla fueron en base a los valores de la ficha técnica del Chevrolet Trooper.

**Tabla 23**

*Tabulación de velocidades en salida a las ruedas con caja de transferencia*

<b>Datos obtenidos</b>				
		Variables	Constante	$V_{\text{vehículo}}$ <b>Km/h</b>
Marchas	Condición	$W_{\text{rueda}}$ rpm	$R_{\text{rueda}}$ m	
Primera	Low	155,09		20,35
	High	290,01		38,05
Segunda	Low	270,38	0,348	35,47
	High	505,62		66,33
Reversa	Low	157,80		20,70
	High	295,08		38,71

<b>Ecuación</b>	$V_{\text{vehículo}} = \left( W_{\text{rueda}} \frac{\cancel{\text{rev}}}{\cancel{\text{min}}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1\cancel{\text{rev}}} * \frac{60 \cancel{\text{min}}}{1\text{h}} \right) * \left( R_{\text{rueda}} \cancel{\text{m}} * \frac{1 \text{ km}}{1000 \cancel{\text{m}}} \right)$			
-----------------	--	--	--	--

*Nota.* Todos los datos obtenidos en la tabla fueron en base a los valores de la ficha técnica del Chevrolet Trooper 1990.

### ***Cálculos de torque del vehículo en cada marcha***

Para el cálculo del torque en cada marcha de la transmisión se considera las relaciones de transmisión de la Tabla 3, relaciones de caja transferencia de la tabla 4 y la relación del diferencial que se encuentra en la tabla 19.

Para todos estos cálculos se considera el torque máximo que genera el coche establecido en la tabla 18 con el fin que los cálculos a obtener sean los más preciso posibles. Cabe tener en cuenta que para el torque que genera la caja de transferencia se lo realiza en ambas condiciones tanto en Low como en High.

Torque máximo => 184 Nm a 3000 rpm

### Cálculo del torque de cada marcha

**Tabla 24**

*Torque que se genera en cada marcha*

<b>Datos obtenidos</b>					
	Variables		Constantes		<b>T<sub>m</sub> N.m</b>
Marchas	<i>i<sub>cm</sub></i>	<i>r<sub>dif</sub></i>	<i>T<sub>max</sub></i> N.m		
Primera	3,785				3172,28
Segunda	2,171				1819,56
Tercera	1,413	4,555	184,00		1184,26
Cuarta	1,000				838,12
Quinta	0,855				716,59
Reversa	3,720				3117,81
<b>Ecuación</b>	$T_m = i_{cm} * r_{dif} * T_{max}$				

*Nota.* El torque que se halló en la tabla son en base a los datos del Chevrolet Trooper 1990.

**Tabla 25**

*Torque generado en la caja de transferencia datos del vehículo original*

<b>Datos obtenidos</b>						
		Variables		Constantes		<b>T<sub>m</sub> N.m</b>
Marchas	Condición	<i>i<sub>trans</sub></i>	<i>i<sub>cm</sub></i>	<i>r<sub>dif</sub></i>	<i>T<sub>max</sub></i> N.m	
Primera	Low	1,870	3,785			5932,17
	High	1,000				3172,28
Segunda	Low	1,870	2,171	4,555	184,00	3402,57
	High	1,000				1819,56
Reversa	Low	1,870	3,720			5830,30
	High	1,000				3117,81
<b>Ecuación</b>	$T_m = i_{trans} * i_{cm} * r_{dif} * T_{max}$					

*Nota.* El torque que se halló de la caja de transferencia en la tabla son en base a los datos del Chevrolet Trooper 1990.

## Cálculos del vehículo en función del dinamómetro

El vehículo fue sometido a una prueba dinamométrica, los resultados se encuentran en el **Anexo (F)**.

### Cálculo de velocidad del vehículo (Dinamómetro)

**Tabla 26**

*Datos técnicos de la prueba dinamométrica*

Modelo del motor	4ZD1
Potencia máxima a 4200 rpm	54.14 Kw / 73.6 Cv / 72.6 hp
Torque máximo a 3000 rpm	148.06 Nm

*Nota.* Datos obtenidos en dinamómetro.

Potencia máxima => 72.6 HP a 4200 rpm

### Calculo de velocidad en marchas normales

Se considera el mismo procedimiento que para el cálculo de velocidad de fábrica.

**Tabla 27**

*Tabulación de velocidad angular en cada marcha*

Datos obtenidos				W <sub>rueda</sub> rpm
	Constantes		Variables	
Marchas	W <sub>motor</sub> (rpm)	r <sub>dif</sub>	i <sub>cm</sub>	
Primera			3,785	243,61
Segunda			2,171	424,72
Tercera			1,413	652,56
Cuarta	4200	4,555	1,000	922,06
Quinta			0,855	1078,44
Reversa			3,720	247,87
<b>Ecuación</b>	$W_{rueda} = \frac{W_{motor}}{r_{dif} * i_{cm}}$			

*Nota.* Todos los datos obtenidos en la tabla fueron en base a los valores del dinamómetro.

Tabla 28

Tabulación de velocidades obtenidas en salida a las ruedas

Datos obtenidos			
	Variables	Constante	$V_{vehículo}$ Km/h
Marchas	$W_{rueda}$ Rpm	$R_{rueda}$ m	
Primera	243,61		31,96
Segunda	424,72		55,72
Tercera	652,56	0,348	85,61
Cuarta	922,06		120,97
Quinta	1078,44		141,48
Reversa	247,87		32,52

$$V_{vehículo} = \left( W_{rueda} \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1rev} * \frac{60 min}{1h} \right) * \left( R_{rueda} m * \frac{1 km}{1000 m} \right)$$

Nota. Todas las velocidades fueron en base del dinamómetro.

### Calculo de velocidad con caja de transferencia

Tabla 29

Tabulación de velocidad angular con caja de transferencia activada

Datos obtenidos						
Marchas	Condición	Constantes		Variables		$W_{rueda}$ rpm
		$W_{motor}$ rpm	$r_{dif}$	$i_{cm}$	$i_{trans}$	
Primera	Low			3,785	1,870	130,27
	High				1,000	243,61
Segunda	Low	4200	4,555	2,171	1,870	227,12
	High				1,000	424,72
Reversa	Low			3,720	1,870	132,55
	High				1,000	247,87

$$W_{rueda} = \frac{W_{motor}}{r_{dif} * i_{cm} * i_{trans}}$$

Nota. Todos los datos obtenidos en la tabla fueron en base a los datos del dinamómetro.

**Tabla 30**

*Tabulación de velocidades en salida a las ruedas con caja de transferencia*

<b>Datos obtenidos</b>				
		Variables	Constantes	$V_{vehículo}$ Km/h
Marchas	Condición	$W_{rueda}$ rpm	$R_{rueda}$ m	
Primera	Low	130,27		17,09
	High	243,61		31,96
Segunda	Low	227,12	0,348	29,80
	High	424,72		55,72
Reversa	Low	132,55		17,39
	High	247,87		32,52
<b>Ecuación</b>		$V_{vehículo} = \left( W_{rueda} \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1rev} * \frac{60 min}{1h} \right) * \left( R_{rueda} m * \frac{1 km}{1000 m} \right)$		

*Nota.* Todos los datos obtenidos en la tabla fueron en base a las pruebas del dinamómetro.

### **Cálculos de torque del vehículo en cada marcha (Dinamómetro)**

Torque máximo => 148.06 Nm a 3000 rpm

### **Cálculo del torque de cada marcha**

**Tabla 31**

*Torque que se genera en cada marcha*

<b>Datos obtenidos</b>				
		Variables	Constantes	$T_m$ N.m
Marchas		$i_{cm}$	$r_{dif}$	$T_{max}$ N.m
Primera		3,785		2552,65
Segunda		2,171		1464,15
Tercera		1,413	4,555	952,95
Cuarta		1,000		148,06
Quinta		0,855		576,62
Reversa		3,720		2508,82
<b>Ecuación</b>		$T_m = i_{cm} * r_{dif} * T_{max}$		

*Nota.* El torque obtenido es en base a las pruebas del dinamómetro.

**Tabla 32**

Torque generado en la caja de transferencia datos del dinamómetro

<b>Datos obtenidos</b>										
Marchas	Condición	Variables		Constantes		<b>T<sub>m</sub></b> <b>N.m</b>				
		<i>i<sub>trans</sub></i>	<i>i<sub>cm</sub></i>	<i>r<sub>dif</sub></i>	<i>T<sub>max</sub></i> N.m					
Primera	Low	1,870	3,785	4,555	148,06	4773,46				
	High	1,000				2552,65				
Segunda	Low	1,870	2,171			4,555	148,06	2737,96		
	High	1,000						1464,15		
Reversa	Low	1,870	3,720					4,555	148,06	4691,49
	High	1,000								2508,82
<b>Ecuación</b>		$T_m = i_{trans} * i_{cm} * r_{dif} * T_{max}$								

*Nota.* El torque obtenido de la caja de transferencia es en base a las pruebas del dinamómetro.

### ¿Cumple velocidad estimada?

. La ficha técnica del coche indica que será capaz de conseguir una velocidad máxima entre 0 y 141 km/h. Según la ficha técnica del vehículo y realizando las pruebas de conducción se determinó que el coche, **Anexo (E)**, puede alcanzar una velocidad de 0 a 100 km/h (27,78 m/s) en un intervalo de tiempo de 34 segundos, utilizando esta información presentada se puede obtener la aceleración y distancia dándonos los siguientes resultados, la aceleración del coche a partir de la ecuación 9, es de 0,82 m/s<sup>2</sup>, y la distancia recorrida, teniendo en cuenta que el coche siempre comienza en reposo.

**Tabla 33***Distancia que recorrerá para alcanzar cada velocidad*

<b>Datos obtenidos</b>		<b>V<sub>f</sub></b>	<b>d</b>
Constante	Variable		
a (m/s <sup>2</sup> )	t (s)	(km/h)	(m)
0,82	6	17,71	14,76
0,82	12	35,42	59,04
0,82	18	53,14	132,84
0,82	24	70,85	236,16
0,82	30	88,56	369,00
0,82	36	106,27	531,36
0,82	42	123,90	723,24
0,82	48	141,70	944,64

**Ecuación**

$$a = \frac{V_f - V_o}{t}$$

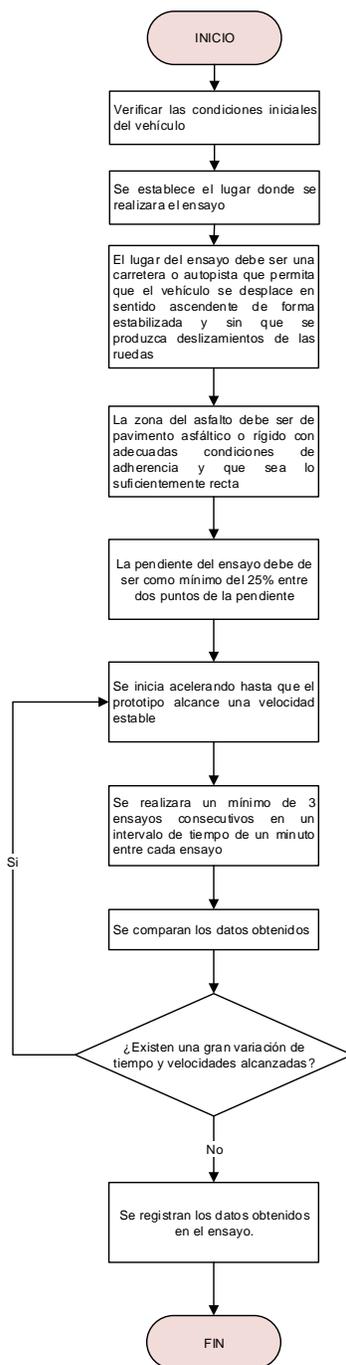
$$d = V_o * t + 0.5at^2$$

*Nota.* Datos obtenidos en velocidad y distancia que puede alcanzar el vehículo militar táctico.

## Pruebas en base a la INEN 2477

### Figura 32

#### Arrancabilidad en pendiente



*Nota.* Diagrama de flujo para el ensayo de arrancabilidad en pendiente.

### ***Arrancabilidad en pendiente con el vehículo***

Para el arranque en pendiente se realizó en el Sector Colatoa de la Ciudad de Latacunga, para este ensayo se tomó en cuenta factores como la pendiente máxima de 29.3% y una distancia de 310 m, con el fin de determinar el tiempo con el que puede realizar el recorrido y su velocidad máxima que puede alcanzar, para este caso se realizaron tres pruebas con el vehículo.

### **Figura 33**

*Pendiente de 29,3%*



*Nota.* Información obtenida de Google Earth.

También se consideró una segunda pendiente en el mismo sector para la realización de otra toma de datos, para este caso la pendiente máxima es de 35,6% con una distancia a recorrer de 186 m

**Figura 34***Pendiente de 35,6%*

*Nota.* Información obtenida de Google Earth.

### Cálculo de la capacidad de arranque

La capacidad de arranque del tren motriz seleccionado para el cálculo siempre se expresa en porcentaje, se recomienda un 25% como mínimo en aplicaciones con peso vehicular bruto.

**Tabla 34***Capacidad de arranque*

<b>Datos obtenidos</b>					<b>S</b>
Variables		Constante			
PBV (Ton)	$T_{max}$ (N.m)	$P_d$	$P_{t1}$	R (m)	%
1,2	148,06	4,555	3,785	0.348	48,90

<b>Datos obtenidos</b>		<b>S</b>
Variables	Constante	
1,415		41,47
1,675		35,03
2,150		27,29
Ecuación	$S = \frac{T_{max} * P_d * P_{t1}}{125 * PBV * R}$	

*Nota.* Porcentaje de capacidad de arranque en pendiente.

### Potencia de reserva

Se refiere a la cantidad de energía adicional disponible en un sistema o dispositivo, más allá de la cantidad necesaria para su funcionamiento normal.

### Capacidad de ascenso

La capacidad de ascenso del coche está expuesta a diversos factores, como la potencia del M.C.I, la relación de transmisión, el peso vehicular y la fricción del neumático con la superficie de la carretera.

### Tabla 35

*Capacidad de ascenso*

<b>Datos obtenidos</b>			<b>Valores calculados</b>	
Constante		Variable	Valor nominal	Valor porcentual
Va (m/s)	Pr (Hp)	PBV (Kg)	G	G%
	39		0,20	20,24
	41		0,21	21,28
33,6	43	2150	0,22	22,32
	45		0,23	23,35
	48		0,25	24,92

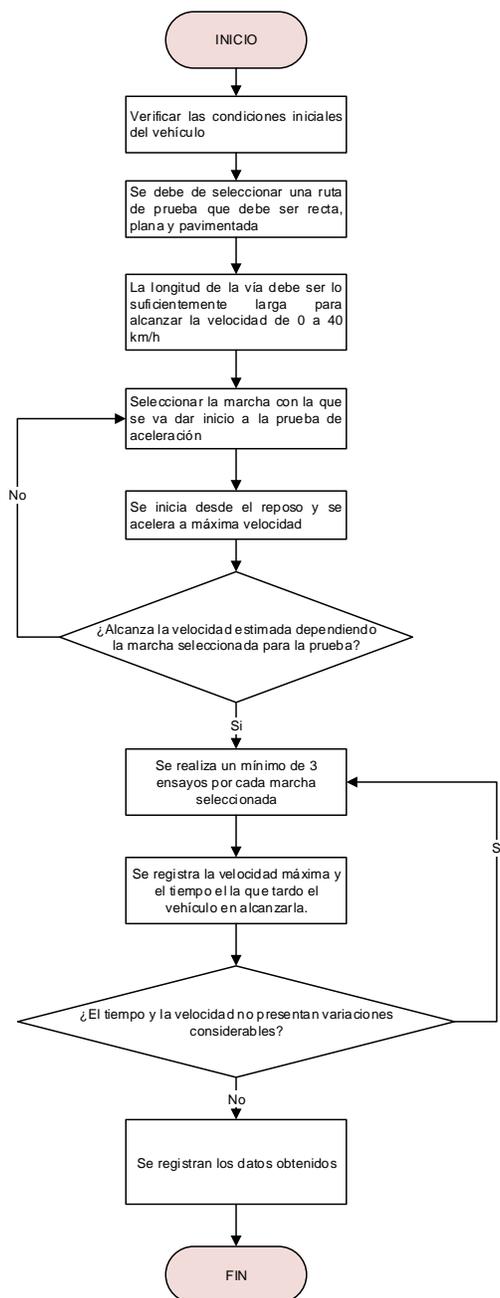
<b>Datos obtenidos</b>			<b>Valores calculados</b>	
Constante	Variable	Valor nominal	Valor porcentual	
51		0,26	26,47	
53		0,28	27,51	
<b>Ecuación</b>	$G = \frac{(37,5 * Pr)}{(PBV * 10^{-3} * Va)}$			

*Nota.* Tabla de cálculo de la capacidad de ascenso en porcentaje.

## Ensayo de aceleración en plano

**Figura 35**

*Aceleración en plano*



*Nota.* Diagrama de flujo del ensayo de aceleración en plano.

### Figura 36

*Carretera para ensayo de aceleración en plano*



*Nota.* Información obtenida de Google Earth.

### Calculo relación Peso-Potencia

En la siguiente tabla se hace el uso de la diferencia de peso que se a conseguido disminuir, teniendo en cuenta que su peso en orden de marcha era de 1415 kg de acuerdo con el **Anexo (E)** del Chevrolet Trooper, pero después con la nueva estructura se ha reducido a 1200 kg, es decir, 215 kg menos que el peso original.

### Tabla 36

*Relación Peso-Potencia*

Datos obtenidos		Relación
VARIABLES	CONSTANTES	
Masa (kg)	Potencia (HP)	Kg/HP
1200	72,60	16,53
1425		19,63
1675		23,07
2150		29,61
Ecuación	$Relación\ peso/potencia = \frac{Masa\ (Kg)}{Potencia\ (HP)}$	

*Nota.* Datos obtenidos entre la relación de las diferentes masas del vehículo con respecto a la potencia máxima a 4200rpm.

## **Pruebas del tren motriz**

### ***Consumo de combustible***

El consumo de combustible es un agente fundamental en la selección del tren de propulsión ya que esto nos ayuda a verificar que cantidad de combustible que necesita el vehículo para circular por ciertas rutas, se determina en kilómetros por litros recorridos.

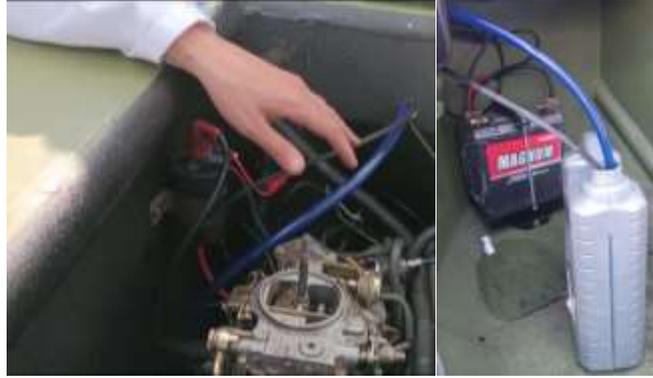
Para la realización de las pruebas de consumo se tomó en cuenta las rutas por las que se va a transitar las cuales fueron:

- La primera ruta dentro de la ciudad de Latacunga.
- La segunda ruta vendría a ser lo que es un tramo de la ciudad (Zona urbana) y otro tramo que vendría a ser la del campo (Zona rural).
- Una última ruta que vendría ser solo zonas rurales con caminos irregulares.

Para determinar el consumo de combustible de cada ruta se tomó una medida la cual es un galón o 3,785 lt de gasolina (nafta) y la instalación directa a la bomba de gasolina para que sea enviada al carburador y una manguera de retorno para que el combustible que no se llegue a ocupar regrese al galón de combustible, siempre suspendiendo lo que son las cañerías de combustible que vienen directamente del depósito del vehículo para que no exista perdidas de combustible.

### **Figura 37**

*Instalación sistema de alimentación*



*Nota.* Conexión del depósito con el fin de realizar las pruebas de consumo del vehículo.

### ***Pruebas de consumo en Ciudad***

Para realizar la prueba de consumo de gasolina dentro de ciudad se comenzó desde el sector de la Estación ubicada en Latacunga y se recorrió por cerca de una hora y treinta minutos lo que duro la ruta hasta que el galón de combustible se agotar, terminando el recorrido con una distancia de 22Km (22000 m) dentro de la ciudad.

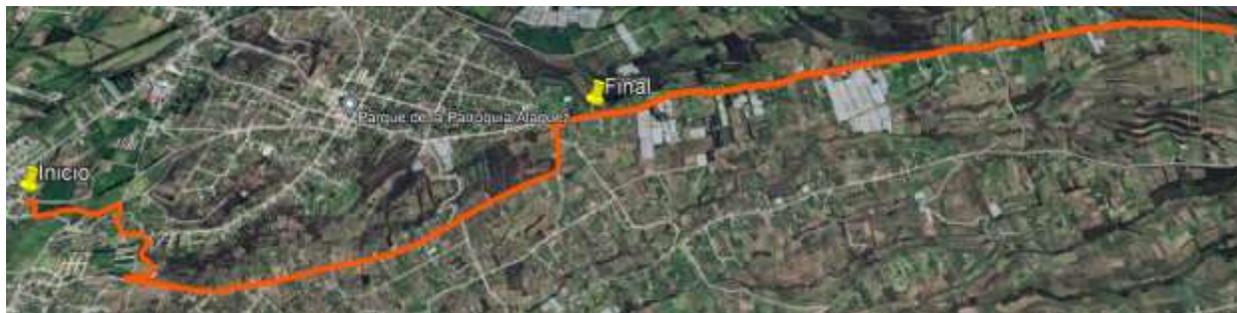
### **Figura 38**

#### *Ruta en ciudad*



*Nota.* Información obtenida de Google Earth.



**Figura 40***Ruta campo*

*Nota.* Información obtenida de Google Earth.

**Tabla 37***Consumo de nafta en diferentes rutas*

<b>Datos obtenidos</b>			
	Constante	VARIABLES	<b>Consumo (km/lt)</b>
Ruta	Litros (lt)	Kilómetros (km)	
Ciudad		22	5,81
Campo	3,785	16	4,23
Mixto		18	4,76
Ecuación		$Consumo = \frac{Km}{lt}$	

*Nota.* los datos obtenidos del consumo se basaron de acuerdo con las pruebas de rutas realizadas.

## Capítulo IV

### Dimensionamiento y Análisis de Resultados del Tren Motriz

#### Dimensionamiento del tren motriz

##### *Dimensionamiento del motor*

En el dimensionamiento del motor se tomaron las medidas tanto del largo, ancho y altura ya que estos datos son muy importantes para lo que es el diseño de la nueva estructura del vehículo por lo cual el motor posee un largo de 730 mm, un ancho de 670 mm y una altura desde el suelo hasta el chasis de 530 mm.

#### Figura 41

##### *Dimensionamiento del motor*



*Nota.* Se realizó las medidas para determinar el área que va ocupar el motor.

##### ***Dimensionamiento de la transmisión (Caja de velocidades)***

Para el dimensionamiento de la transmisión se consideró el largo y el ancho de la caja, esta toma de medidas se lo va a realizar de extremo a extremo de las corzas y todas las medidas obtenidas nos van ayudar en la ubicación de las palancas de cambio tanto en el diseño y como para su proceso de construcción, teniendo un largo total de la caja de velocidades de 880 mm y un ancho de 460 mm.

## Figura 42

### *Dimensionamiento de caja de transmisión*



*Nota.* Dimensionamiento para la colocación de las palancas de cambio dentro del habitáculo.

### ***Dimensionamiento del cardán posterior y frontal***

Para el dimensionamiento del cardán se tomará como dato importante lo que es la distancia que existe desde la salida de la transmisión hasta la entrada del diferencial posterior dándonos un largo total de 900mm y para el cardan frontal te tomara en desde la salida de la transmisión hasta la entrada del diferencial frontal dándonos una distancia de 580mm.

## Figura 43

### *Dimensionamiento de los ejes Cardán*



*Nota.* Medición del largo de los Cardán con el fin que el vehículo reutilice los mismos.

### ***Dimensionamiento del diferencial***

Para lo que es el dimensionamiento del diferencial se toma en cuenta la distancia que existe desde las caras exteriores de las llantas dándonos una distancia de 1750 mm dato importante para el diseño y construcción de la nueva estructura del vehículo, esta distancia es la misma para el diferencial frontal.

### **Figura 44**

#### *Dimensionamiento del diferencial posterior*



*Nota.* Verificando el ancho del diferencial para poder montar encima la estructura.

### ***Dimensionamiento del chasis***

Para el dimensionamiento del chasis se tomó en cuenta en ancho frontal, posterior y el largo total para el diseño en computadora y la construcción del nuevo vehículo, dándonos un ancho frontal de 1390 mm, un ancho posterior de 1400 mm y un largo de 3800 mm, todas estas medidas son respecto al chasis del Chevrolet Trooper.

## Figura 45

### *Dimensionamiento del chasis*



*Nota.* Dimensionamiento del ancho y largo del chasis para información del diseño.

### **Análisis fuerzas de resistencia para la selección del tren motriz.**

El diseño del tren motriz, es importante realizar un análisis de las fuerzas de resistencia que se desprenden del vehículo. Esto permite seleccionar los componentes del sistema de propulsión, para que puedan vencer estas fuerzas y proporcionar el rendimiento necesario.

Se tienen en cuenta para determinar las fuerzas que debe superar el vehículo militar táctico. A continuación, se selecciona un motor cuya potencia sea superior o igual a la determinada tras tener en cuenta las fuerzas enumeradas a continuación.

### **Análisis de resultados**

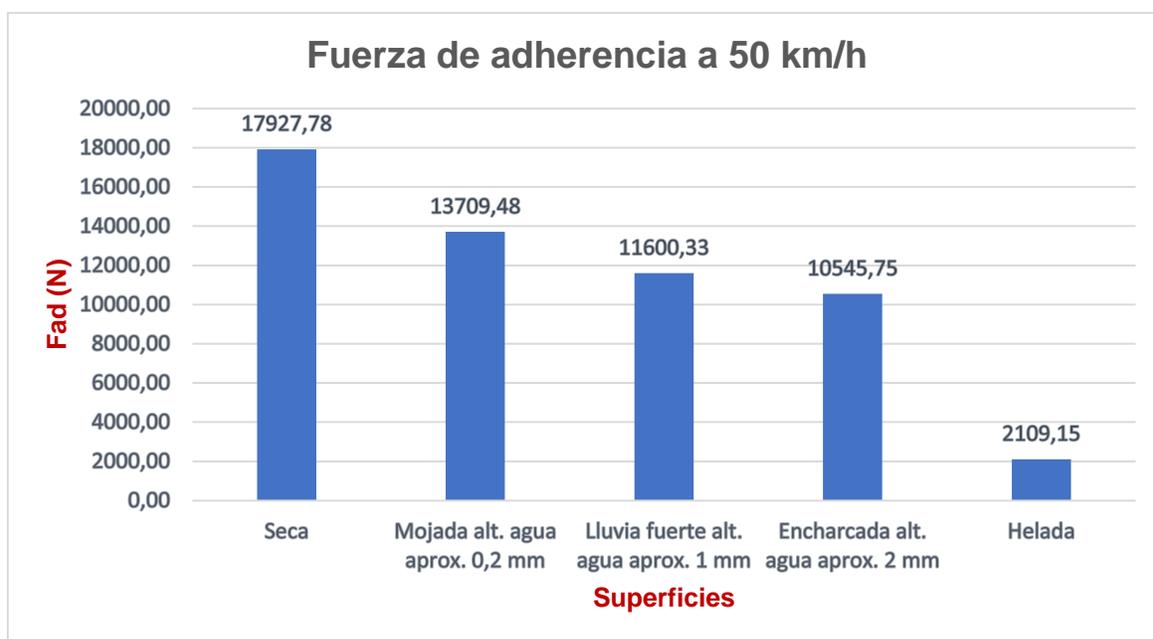
#### ***Fuerza de adherencia***

Esta fuerza depende de factores, como la característica de los materiales en contacto, el área de contacto entre ellos, la rugosidad de las superficies y la fuerza aplicada. La adherencia, además, puede afectarse por la presencia de humedad, grasa u otros contaminantes en la superficie de contacto.

La cual varía dependiendo la superficie ya que al encontrarse en una calzada seca tiene un coeficiente de adherencia de 0,85 el cual nos otorga una fuerza de 17927,78 N con respecto al suelo, mientras que para una calzada helada el coeficiente de adherencia es de 0,1, obtenido una fuerza de 2109,15 N al contacto de la superficie, es decir, entre mayor sea el coeficiente de adherencia mayor seguridad tendrá el vehículo para mantenerse firme en la carretera.

**Figura 46**

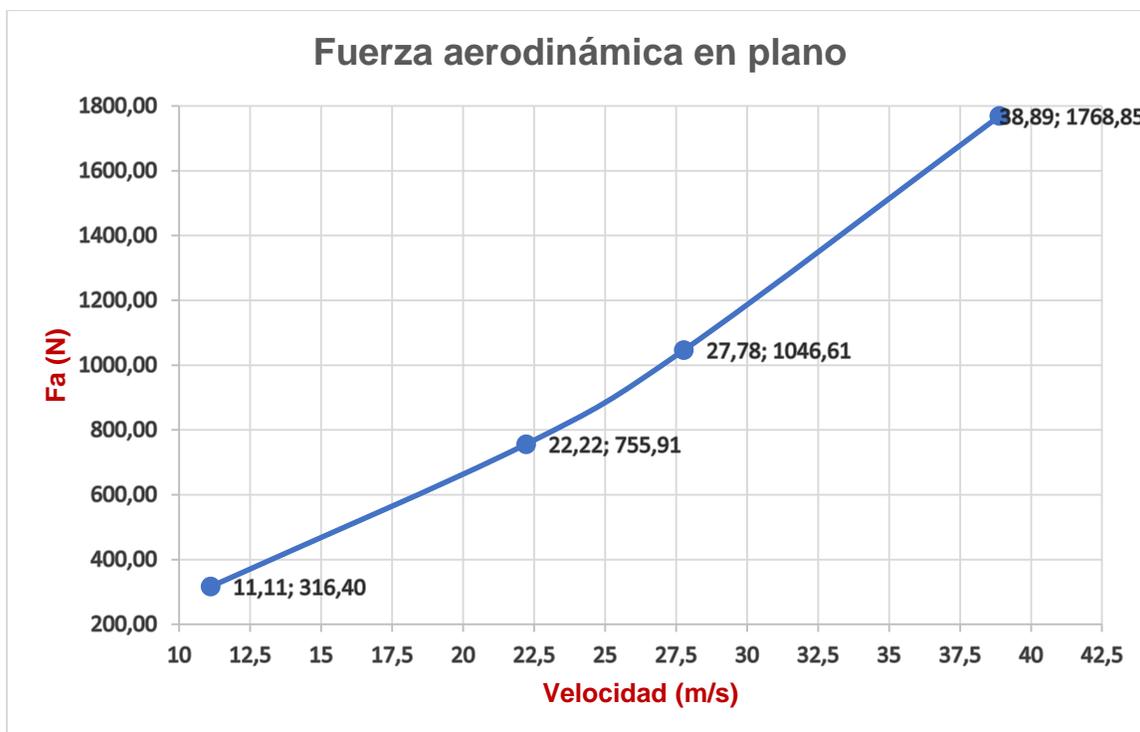
*Fuerza de adherencia*



*Notas.* Representación de barras de la fuerza de adherencia en distintas superficies.

### **Fuerza aerodinámica**

Es la resistencia del aire al avance de un cuerpo, como punto mínimo a velocidad de 40 km/h o 11,11 m/s se adquiere una fuerza de 316,40 N y como punto máximo al tener velocidad de 140 km/h o 38,89 m/s se obtiene una fuerza aerodinámica de 1768,85 N hacia el vehículo, aumentando considerablemente 1452,45 N de resistencia al aire.

**Figura 47***Fuerza aerodinámica en plano*

*Nota.* Datos obtenidos de fuerza aerodinámica a diferentes velocidades, con velocidad del viento a 9,25 m/s.

Con respecto a una fuerza aerodinámica en pendiente, la velocidad del aire será de 10,8 km/h o 3 m/s, de igual manera tenemos un punto mínimo de 40 km/h o 11,11 m/s se adquiere una fuerza de 151,96 N y como punto máximo al tener velocidad de 70 km/h o 19,44 m/s se obtiene una fuerza aerodinámica de 384,35 N, obteniendo un crecimiento en la resistencia al aire de 232,39 N.

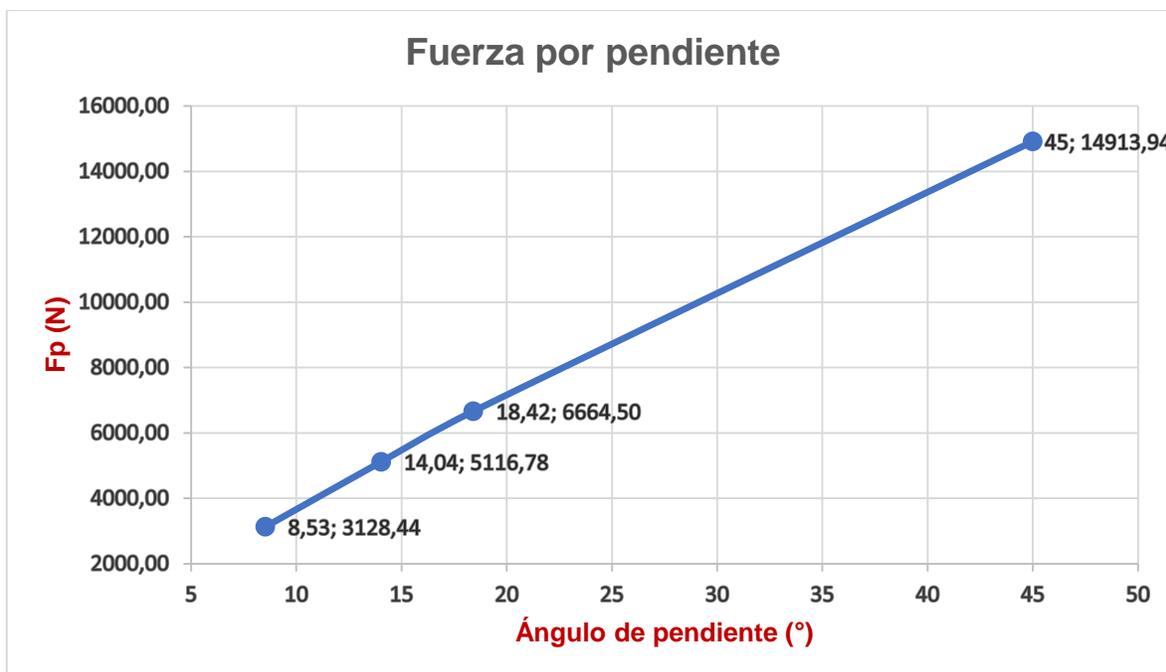
**Figura 48***Fuerza aerodinámica en pendiente*

*Nota.* Datos obtenidos de fuerza aerodinámica a diferentes velocidades, con velocidad del viento a 3 m/s.

En las dos condiciones, en plano como en pendiente y cuando la velocidad del vehículo vaya en aumento la fuerza aerodinámica será proporcional.

### ***Fuerza por pendiente***

Las pendientes se utilizan como referencia porque la fuerza que producen se opone al movimiento que produce el vehículo, por lo tanto, se toma como referencias pendientes con ángulos desde 15° hasta los 45° de elevación, siendo los 45° el 100 % que puede tener una carretera como máximo grado de inclinación, a la vez se consideró los cálculos con respecto al peso bruto que el automotor puede transportar 2150 kg, obteniendo un punto máximo de 14913,94 N con pendiente de 45° y como punto mínimo 3128,44 N a pendiente de 15°.

**Figura 49***Fuerza por pendiente*

*Nota.* Datos obtenidos de fuerza por pendiente a diferentes grados de elevación, con peso bruto de 2150 kg.

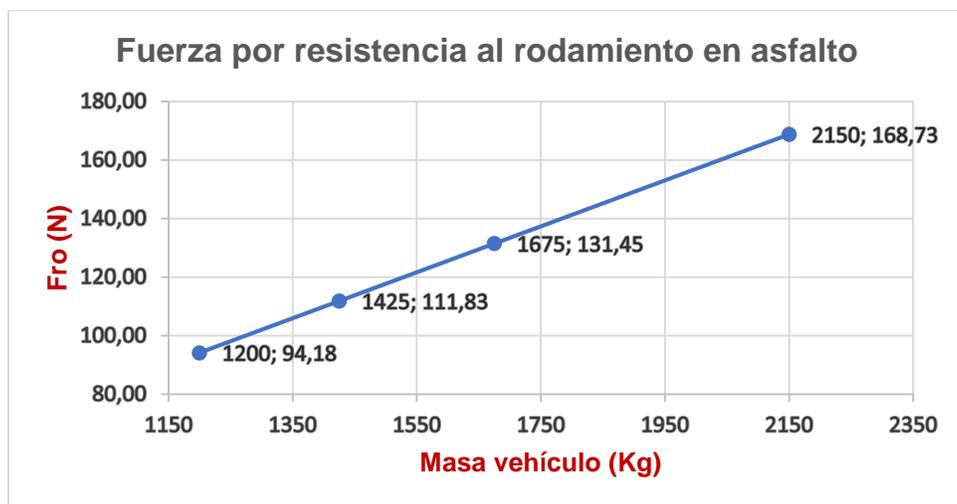
Como resultado, al tener mayor grado de elevación, mayor será la fuerza de resistencia por pendiente que deberá soportar el automotor para por desplazarse.

### ***Fuerza por resistencia al rodamiento***

Fuerza que impide que un vehículo se mueva debido a la fricción entre las ruedas y el suelo. Por lo que se realizó fuerzas de rodamiento en asfalto figura 50, y sobre tierra figura 51, en los 2 casos a medida que la masa del vehículo táctico militar va aumentando mayor será la fuerza por resistencia al rodamiento que debe soportar, a modo de comparación tenemos un vehículo con su peso bruto de 2150 kg, una fuerza de rodamiento en asfalto de 168,73 N y una fuerza de rodamiento sobre tierra de 1054,58 N debido a su coeficiente de rodamiento.

**Figura 50**

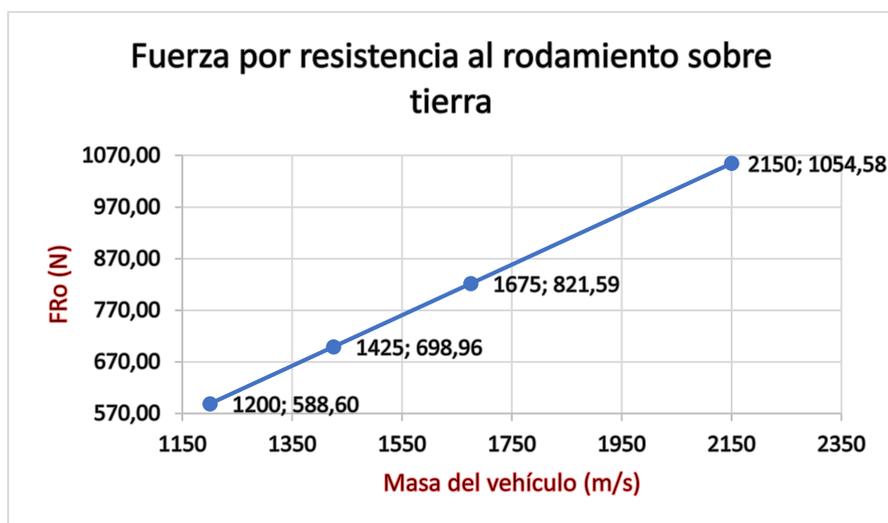
*Fuerza por resistencia al rodamiento en asfalto*



*Nota.* Datos obtenidos de fuerza por resistencia al rodamiento a diferentes masas del vehículo militar, con un coeficiente de rodadura de 0,008 en asfalto.

**Figura 51**

*Fuerza por resistencia al rodamiento sobre tierra*



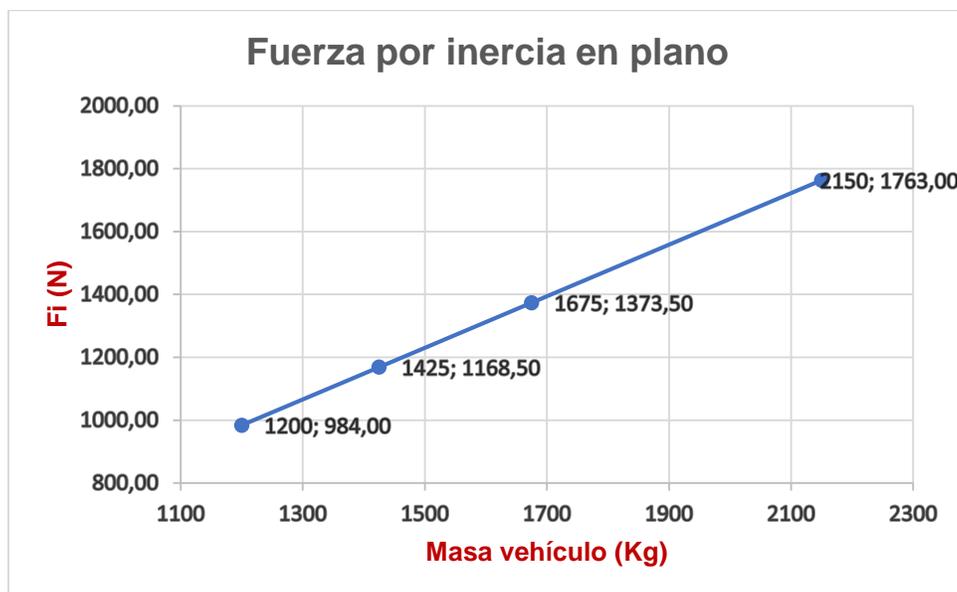
*Nota.* Datos obtenidos de fuerza por resistencia al rodamiento a diferentes masas del vehículo militar, con un coeficiente de rodadura de 0,05 sobre tierra.

### **Fuerza por inercia**

El vehículo táctico militar se somete a diferentes aceleraciones dependiendo de las características del terreno, como se observa en la figura 52 respecto al asfalto en plano, figura 53 y 54 en asfalto en pendiente y en pendiente sobre tierra respectivamente, donde a medida que la masa del automotor va en aumento la fuerza de inercia también incrementará

#### **Figura 52**

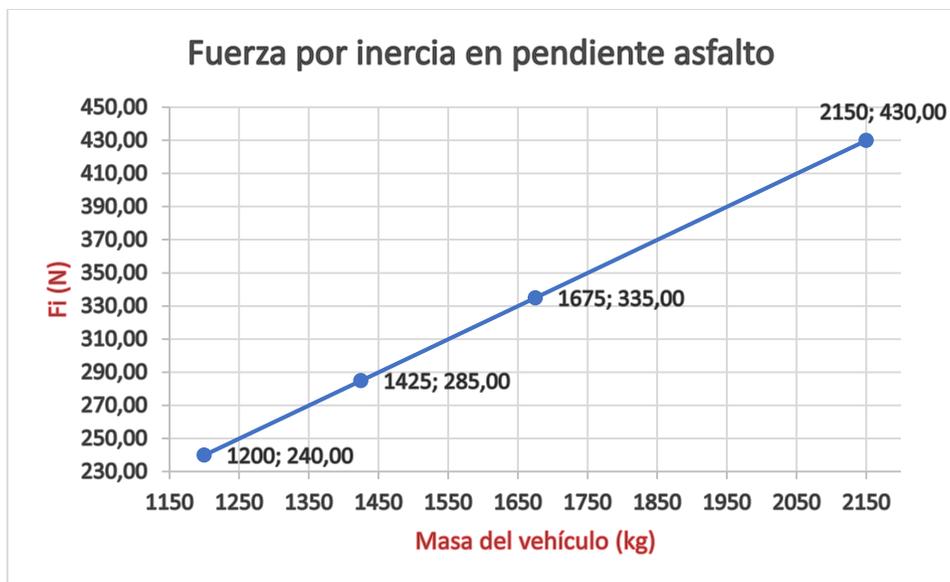
*Fuerza por inercia en plano*



*Nota.* Datos obtenidos de fuerza por inercia a diferentes masas del vehículo militar, con aceleración de  $0,82 \text{ m/s}^2$  sobre asfalto en plano.

#### **Figura 53**

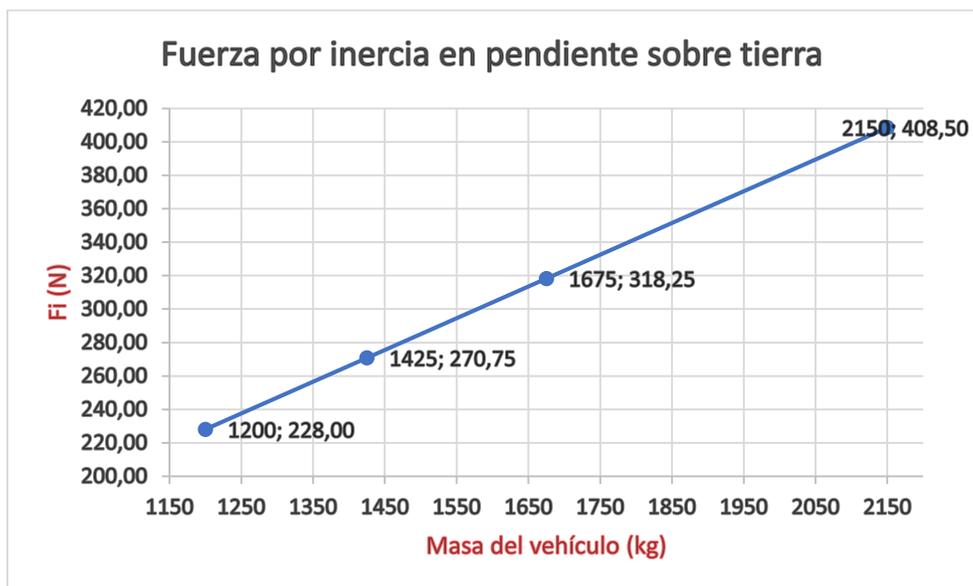
*Fuerza de inercia en pendiente asfalto*



*Nota.* Datos obtenidos de fuerza por inercia a diferentes masas del vehículo militar, con aceleración de  $0,20 \text{ m/s}^2$  sobre asfalto en pendiente.

#### Figura 54

*Fuerza por inercia en pendiente sobre tierra*



*Nota.* Datos obtenidos de fuerza por inercia a diferentes masas del vehículo militar, con aceleración de  $0,19 \text{ m/s}^2$  sobre tierra en pendiente.

### **Potencia requerida**

Una vez obtenido todos los datos de fuerza que actúan en el desplazamiento del vehículo militar táctico se realiza una suma de ellas y se las multiplica por una velocidad media la cual es de 19,44 m/s en asfalto plano figura 55, 5,84 m/s tanto en pendiente asfaltada como de tierra figura 56 y figura 57 respectivamente.

A continuación, se representará en las tablas 38, 39 y 40 la potencia del M.C.I. que necesita para movilizarse respecto a las características de cada carretera.

**Tabla 38**

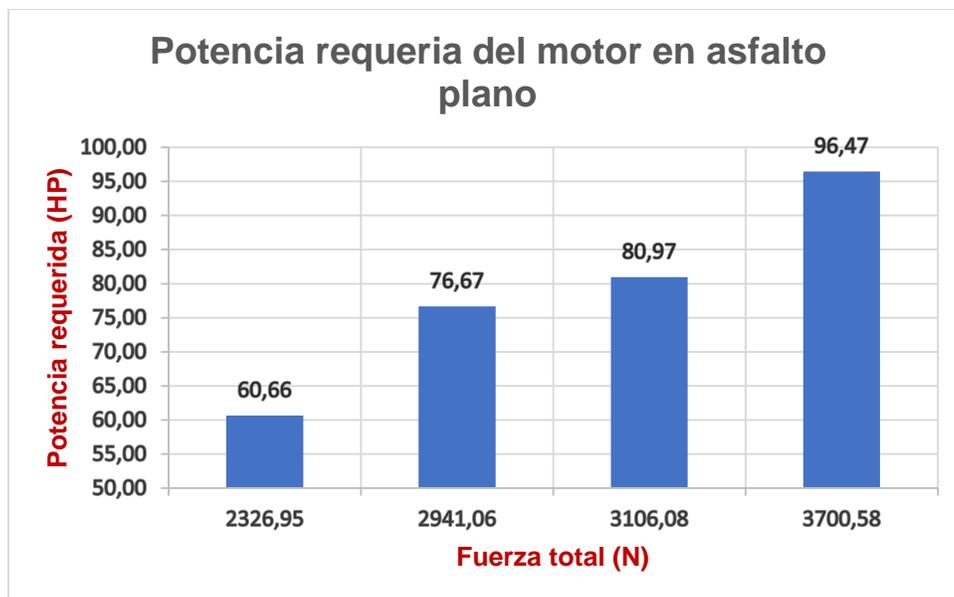
*Potencia requerida del motor en asfalto plano*

<b>Datos del vehículo</b>		<b>Potencia</b>
Masa	Velocidad	
(kg)	(m/s)	(Hp)
1425	100	60,66
	140	76,67
2150	100	80,97
	140	96,47

*Nota.* Datos obtenidos para una velocidad media de 19,44 m/s y con diferencia de peso para 3 ocupante y para el máximo peso bruto del vehículo militar táctico.

**Figura 55**

*Potencia requerida del motor en asfalto plano*



*Nota.* Representación de barras que relaciona las fuerzas resultantes en asfalto plano del vehículo con la potencia requerida.

**Tabla 39**

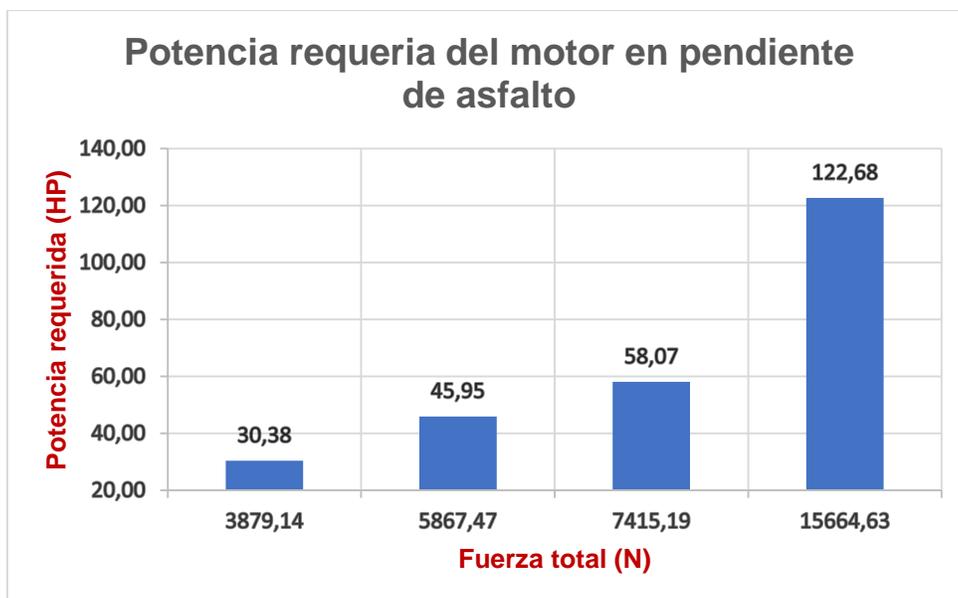
*Potencia requerida del motor en pendiente de asfalto*

Datos del vehículo		Potencia
Masa	Pendiente	
(kg)	(%)	(Hp)
2150	15	30,38
	25	45,95
	33,3	58,07
	45	122,68

*Nota.* Datos obtenidos para una velocidad media de 5,84 m/s y con diferentes grados de pendiente con respecto al peso bruto del vehículo militar táctico.

**Figura 56**

*Potencia requerida del motor en pendiente de asfalto*



*Nota.* Representación de barras que relaciona las fuerzas resultantes en pendiente de asfalto del vehículo con la potencia requerida.

**Tabla 40**

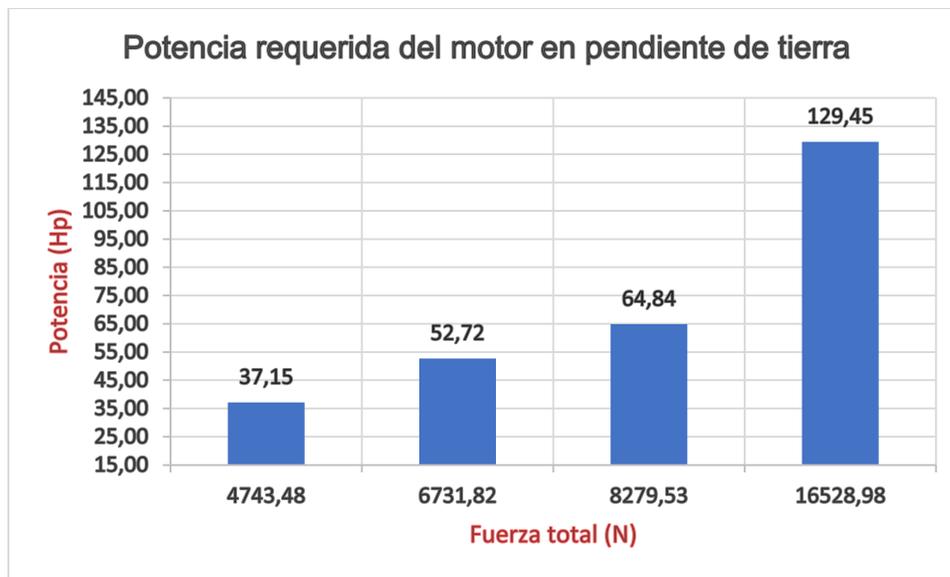
*Potencia requerida del motor en pendiente sobre tierra*

Datos del vehículo		Potencia
Masa	Pendiente	
(kg)	(%)	(Hp)
2150	15	37,15
	25	52,72
	33,3	64,84
	45	129,45

*Nota.* Datos obtenidos para una velocidad media de 5,84 m/s y con diferentes grados de pendiente con respecto al peso bruto del vehículo militar táctico.

**Figura 57**

*Potencia requerida del motor en pendiente de tierra*



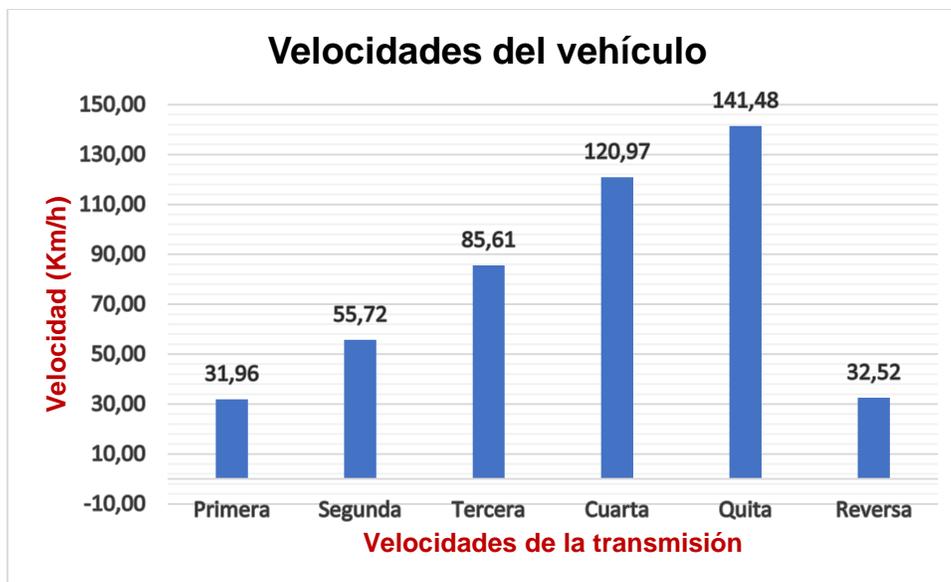
*Nota.* Representación de barras que relaciona las fuerzas resultantes en pendiente sobre tierra del vehículo con la potencia requerida.

### **Velocidades que alcanza el vehículo**

Para establecer las velocidades máximas que alcanza el vehículo en las distintas marchas se toma en cuenta la relación que tiene cada cambio desde primera velocidad hasta reversa, revisando el aumento progresivo que existe en cada cambio con respecto a su velocidad con relación a la potencia, donde la velocidad máxima que alcanza es de 141.48 km/h en quinta marcha.

**Figura 58**

*Velocidades del vehículo en distintas marchas*



*Nota.* Representación de barras relacionando las diferentes velocidades del vehículo.

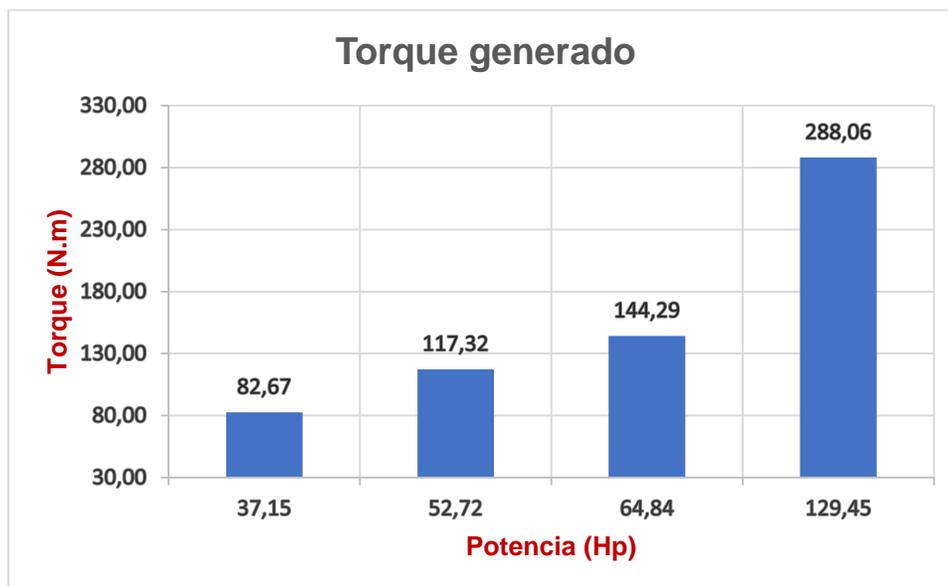
### **Torque**

Para establecer el torque necesario que debe tener el vehículo militar táctico se hizo de acuerdo con los datos obtenidos de potencia (Hp) cuando el vehículo se encuentra subiendo una pendiente sobre tierra, revisar tabla 40, ya que en ese momento se puede apreciar el máximo esfuerzo que la unidad de potencia que puede llegar a mostrar en su trabajo por esta razón se obtuvo los siguientes valores representada en la tabla 41 y figura 59.

**Tabla 41***Torque en base a las rpm*

Datos del motor		Torque
Potencia	RPM	
(Hp)		(Nm)
37,15	3200	82,67
52,72		117,32
64,84		144,29
129,45		288,06

*Nota.* Datos obtenidos para establecer el torque necesario dependiendo de su aplicación.

**Figura 59***Torque generado*

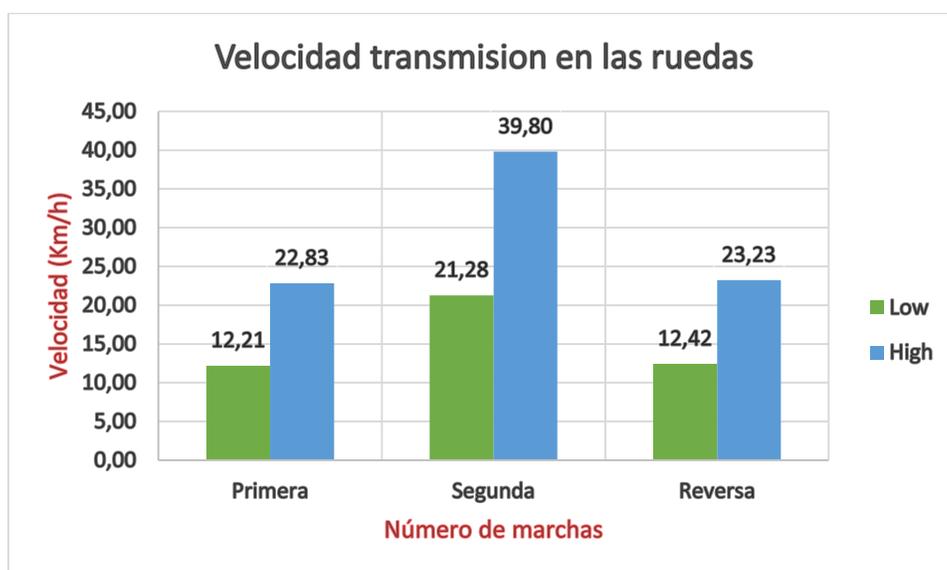
*Nota.* Representación de barras que relacionan la potencia y el torque que debe tener en vehículo militar táctico.

## Velocidad 4x4

Para establecer las velocidades máximas que puede alcanzar mencionado automotor al activar su caja de transferencia, ofrece una relación de transmisión en LOW de 1,870 y HIGH de 1. A continuación mediante la figura 60 se establece las velocidades de la caja de cambios de primera, segunda y reversa.

### Figura 60

*Velocidad transmisión en las ruedas*



*Nota.* Representación de barras que relacionan el número de marchas con la velocidad a la que llega a cada una de ellas.

## Torque 4x4

Para establecer los torques máximos que puede alcanzar el tren motriz al activar su caja de transferencia, ofrece una relación de transmisión en LOW de 1,870 y HIGH de 1. A continuación mediante la figura 61, se establece el torque que proporcionara el motor hacia las ruedas para la caja de cambios de primera, segunda y reversa.

**Figura 61**

*Torque transmisión en las ruedas*



*Nota.* Representación de barras que relacionan el número de marchas con el torque que proporciona en cada una de ellas.

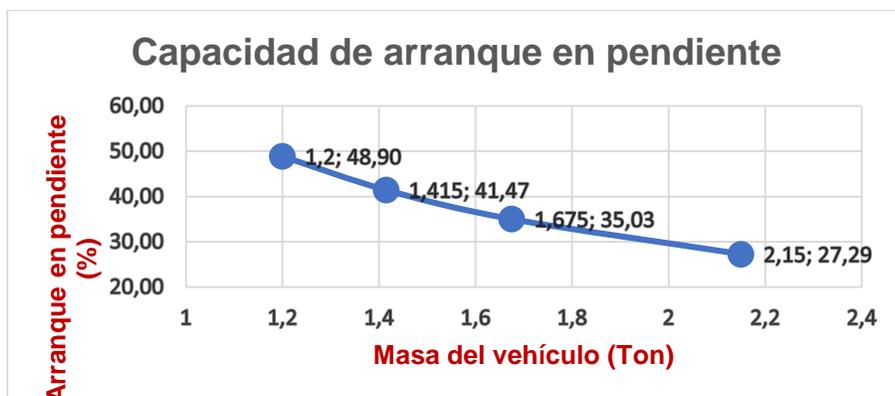
### **Capacidad de arranque en pendiente**

Se tomó en cuenta varios factores entre los más importantes son las diferentes masas del vehículo al inicio de su movimiento tanto como su masa inicial, la masa con tres tripulantes, una masa adicional y su masa totalmente completa.

Analizando la figura 62, se puede determinar que la masa que transporta el vehículo afecta la capacidad de arranque en pendiente por lo cual puede establecer que a mayor masa transportada, menor es la capacidad de arranque del automotor en una pendiente, como se puede observar a una masa de 1200 kg (1.2 Ton) su capacidad de arranque es el 48,9% pero mientras se va aumentando la masa su capacidad de arranque cae hasta los 27,29%, estableciendo que en el criterio de arranque dice que hasta un 25% para aplicaciones severas.

**Figura 62**

*Capacidad de arranque en pendiente*

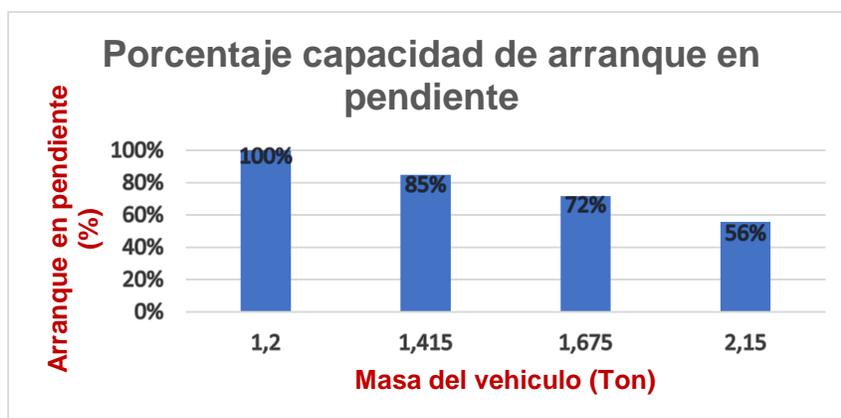


*Nota.* Representación de la capacidad de arranque en pendiente con respecto a masa del vehículo.

Determinado esto se puede ver que su capacidad de arranque en pendiente es del 100% cuando posee una masa de 1200 Kg, pero a medida que aumenta su masa hasta 2150 kg su capacidad de arranque disminuye hasta un 56% existiendo una disminución de un 44% de reducción en su capacidad de arranque.

**Figura 63**

*Porcentaje de la capacidad de arranque en pendiente*



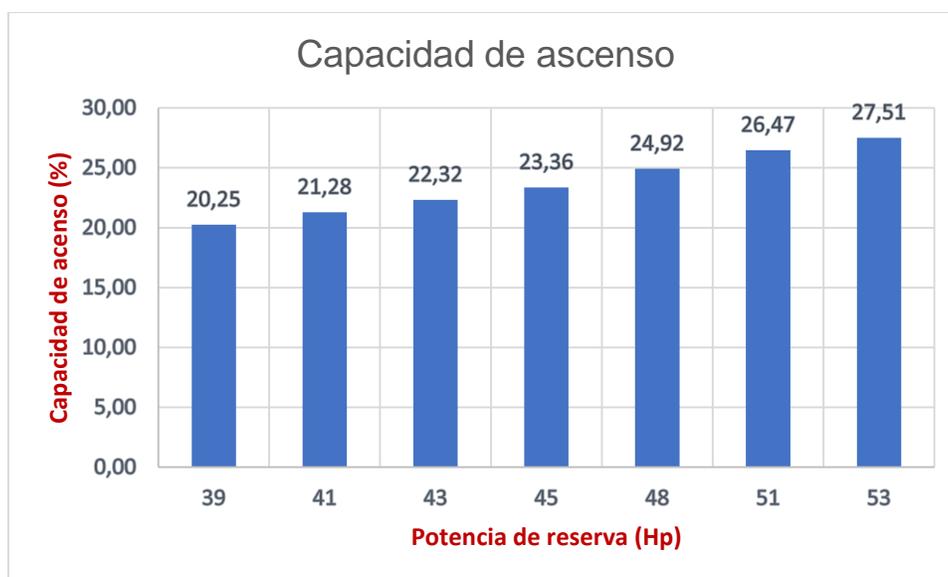
*Nota.* Representación de barras en relación al peso y el porcentaje de arranque en pendiente.

## Capacidad de ascenso en pendiente

Se refiere a la capacidad de un objeto o sistema para subir a una altura determinada en un período de tiempo determinado. Donde se establece una velocidad aparente de 33,6 m/s y un peso bruto del vehículo militar táctico de 2150 kg, que define la capacidad de ascenso e indica que a mayor aumento de potencia de reserva mayor será la capacidad de ascenso cabe destacar que para cumplir el criterio de capacidad de ascenso en pendiente debe ser igual o mayor al porcentaje de 20.

### Figura 64

*Capacidad de ascenso*



*Nota.* Representación de barras en función del porcentaje de la capacidad de ascenso y la potencia de reserva.

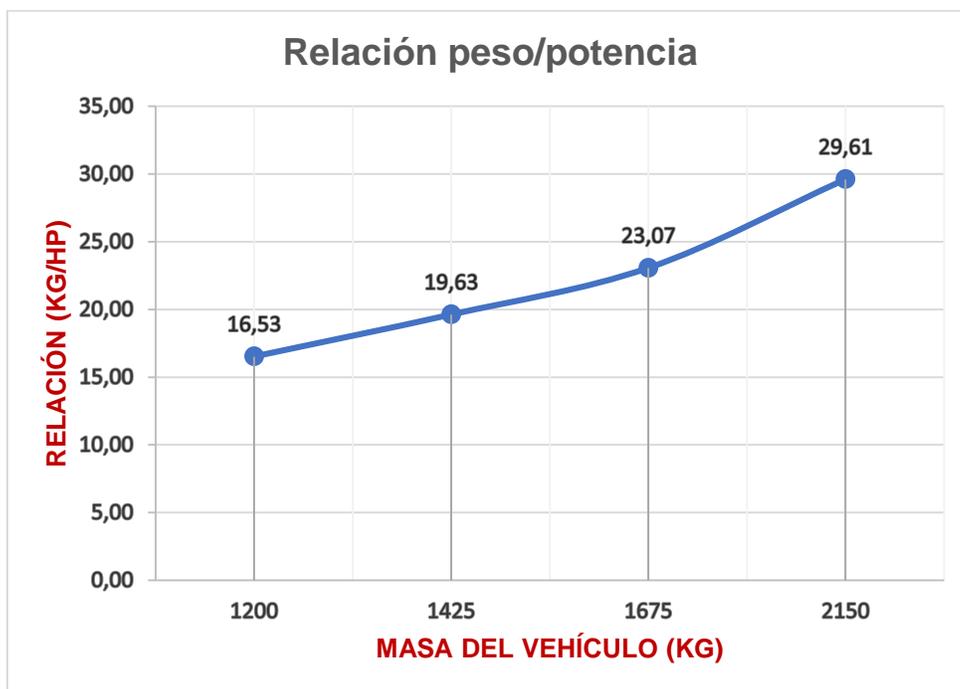
### Análisis relación Peso-Potencia

Para saber cuál es la relación peso-potencia del vehículo se hizo una relación entre diferentes pesos del vehículo y su potencia máxima, la cual se determinó que para el peso

bruto vehicular tiene una relación de 29,61 Kg por cada Hp de potencia, lo cual se asemeja que un Hp de potencia de los 72,6 HP del vehículo va transportar 29,61 Kg de masa.

### Figura 65

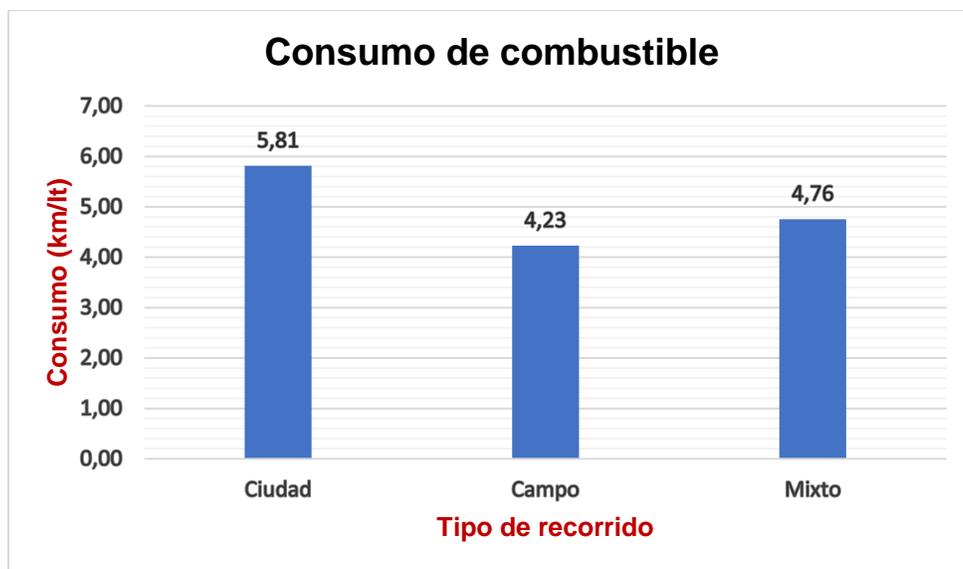
*Relación Peso-Potencia*



*Nota.* Representación de la relación en función la masa y la potencia.

### Consumo de combustible

Una vez establecida las rutas en ciudad, sobre tierra y mixta, con depósito de un galón de gasolina para cada una de estas pruebas de ruta, se da los siguientes resultados representados en la figura 66, donde al recorrer un total de 22 km en la ciudad por cada litro de combustible recorrerá 5,81 km, en tierra su distancia fue de 16 km y por cada litro de combustible recorre 4,23 km y en la ruta mixta recorrió 18 km, es decir, por cada litro de combustible avanzo una distancia recorrida de 4,76 km.

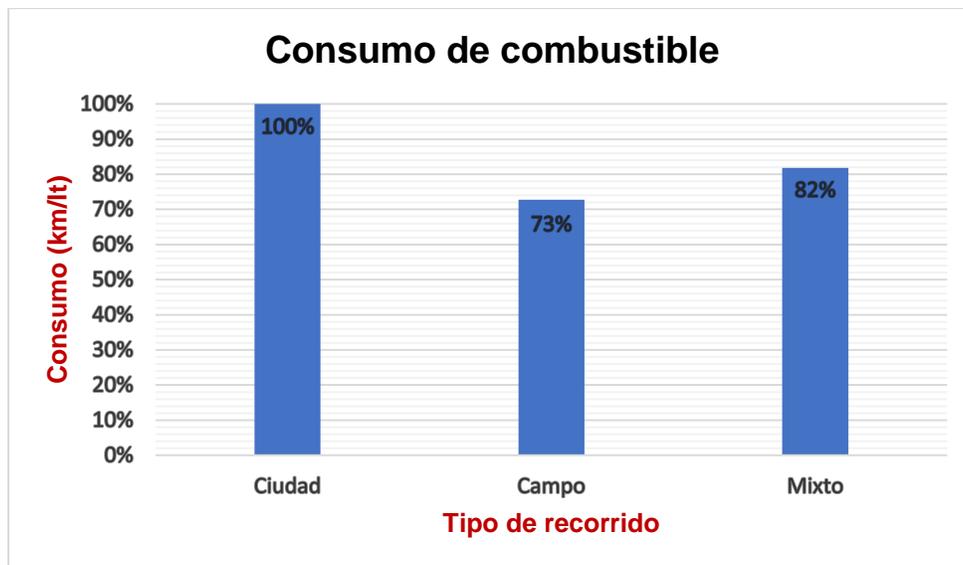
**Figura 66***Consumo de Combustible*

*Nota.* Representación de barras que relaciona el consumo de combustible en rutas.

A modo de comparación de cada una de estas pruebas de ruta teniendo en cuenta que el recorrido en ciudad es el 100 % respecto al consumo de combustible, en el campo (sobre tierra) se obtuvo un 73 % de su consumo, es decir, 27% menos del recorrido al que puede alcanzar y en la ruta mixta con un 82% se puede establecer que su consumo es un 18% menor del total al que puede movilizarse de un punto A a un punto B en un galón de gasolina para el vehículo militar táctico.

**Figura 67**

*Porcentaje del consumo de combustible en los diferentes recorridos*



*Nota.* Representación de barras que relacionan el porcentaje de consumo de un galón de combustible en las diferentes rutas.

### **Pruebas de campo**

De acuerdo a la normativa NTE INEN 2477 establece características que debe tener el lugar donde se realiza las pruebas y que el automotor se encuentre en buen funcionamiento para poder realizar cada uno de estos ensayos que nos permite analizar la capacidad del tren motriz tanto en aceleración en plano como la arrancabilidad en pendiente, de tal manera se ven reflejado los datos obtenidos en cada una de las siguientes tablas.

**Tabla 42***Prueba de aceleración a 40 km/h en plano*

<b>Datos obtenidos a 40 km/h</b>					<b>Promedio</b>
	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
Velocidad promedio	Km/h	22	23	24	23
Tiempo	s	7	6	6	6,33
Distancia	m	37	39	39	38,33

*Nota.* Datos obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas en asfalto plano con una velocidad de viento de 33,3 km/h o 9,25 m/s.

**Tabla 43***Prueba de aceleración a 80 km/h en plano*

<b>Datos obtenidos a 80 km/h</b>					<b>Promedio</b>
	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
Velocidad promedio	Km/h	55	55	56	55,33
Tiempo	s	21	24	21	22
Distancia	m	345	351	326	340,67

*Nota.* Datos obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas en asfalto plano con una velocidad de viento de 33,3 km/h o 9,25 m/s.

**Tabla 44***Prueba de aceleración a 100 km/h en plano*

<b>Datos obtenidos a 100 km/h</b>					<b>Promedio</b>
	Unidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
Velocidad promedio	Km/h	72	72	71	71,67
Tiempo	s	35	34	33	34
Distancia	m	667	678	647	664

*Nota.* Datos obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas en asfalto plano con una velocidad de viento de 33,3 km/h o 9,25 m/s.

**Tabla 45**

*Prueba de arrancabilidad en pendiente del 25%*

<b>Datos obtenidos a pendiente del 25%</b>					<b>Promedio</b>
	<b>Unidad</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>	
Velocidad promedio	Km/h	40	46	40	42
Tiempo	s	29	28	29	28,67
Distancia	m	310	310	310	310

*Nota.* Datos obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas en pendiente de asfalto con un grado de inclinación del 25% ( $14,04^\circ$ ) con una velocidad de viento de 10,8 km/h o 3 m/s.

**Tabla 46**

*Prueba de arrancabilidad en pendiente del 33,3%*

<b>Datos obtenidos a pendiente del</b>					<b>Promedio</b>
<b>33,3 %</b>					
	<b>Unidad</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>	
Velocidad promedio	Km/h	11	12	11	11,33
Tiempo	s	61	56	60	59
Distancia	m	186	186	186	186

*Nota.* Datos obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas en pendiente de asfalto con un grado de inclinación del 33,3 %, es decir, ( $18,42^\circ$ ) con una velocidad de viento de 10,8 km/h o 3 m/s.

## Instalación eléctrica del nuevo vehículo

Para la instalación eléctrica se hizo uso de diferentes herramientas como multímetro, lámparas de prueba, puntas lógicas, taladros entre otros y también de diferentes componentes como el tablero de instrumentos, motor de arranque, cable eléctrico flexible, faros. Entre otros.

Para la protección de los circuitos eléctricos se instaló una fusilera de 10 puertos las cuales van a estar protegiendo los diferentes circuitos del vehículo como luces de carretera, encendido, entre otros.

### Figura 68

*Fusilera de diez puertos*



*Nota.* Fusilera que protege los distintos circuitos eléctricos.

El cableado eléctrico de las diferentes conexiones ya estar protegido por una manguera corrugada la cual va estar distribuido por todo el vehículo con el fin que no ingrese humedad o el calor del motor sea trasferido hacia el cableado.

### Figura 69

*Cableado eléctrico*

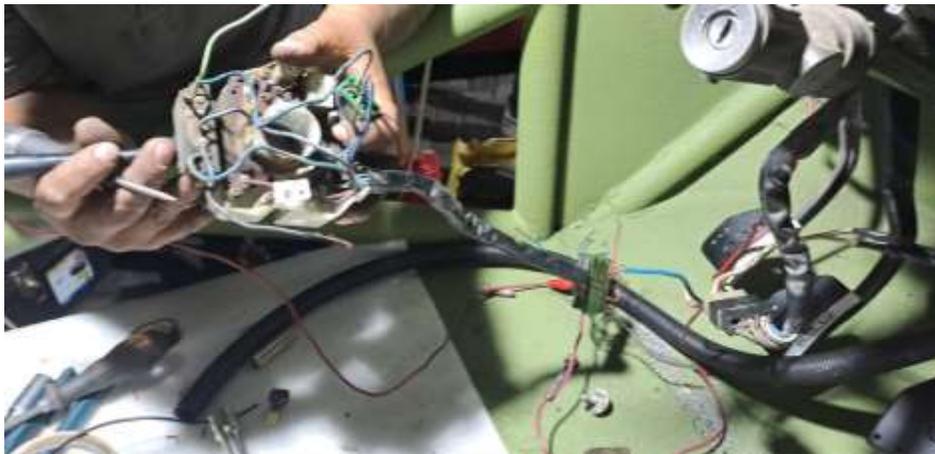


*Nota.* Instalación de diferentes circuitos.

Para la instalación de los diferentes sistemas eléctricos se procedió con la toma de señales de las diferentes posiciones del cerebro de las direccionales, con el fin de desarrollar nuestra capacidad en la búsqueda de diferentes señales para cualquier tipo de conexión eléctrica que se pueda presentar.

### **Figura 70**

*Cerebro de direccionales*



*Nota.* Medición de diferentes señales mediante multímetro.

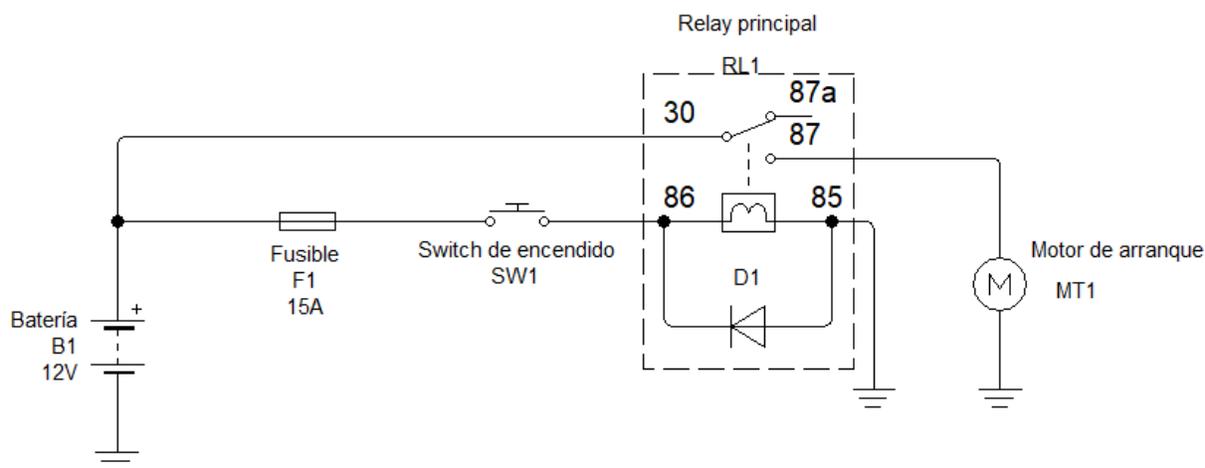
## Circuitos eléctricos empleados en el automotor

### *Circuito de motor de arranque*

El circuito de arranque del M.I.C. es un circuito alimentado directamente con 12V de la batería es controlado por un relé principal el cual es accionado mediante el Switch de encendido al momento de colocar en la posición de Start, haciendo que el interruptor del relé entre en funcionamiento permitiendo el paso de corriente eléctrica hacia el motor para iniciar su trabajo, todo este circuito está protegido por medio de un fusible de 15 A para no producir accidentes ni cortos circuitos.

### Figura 71

#### *Circuito de arranque*



*Nota.* Circuito realizado en el programa Livewire.

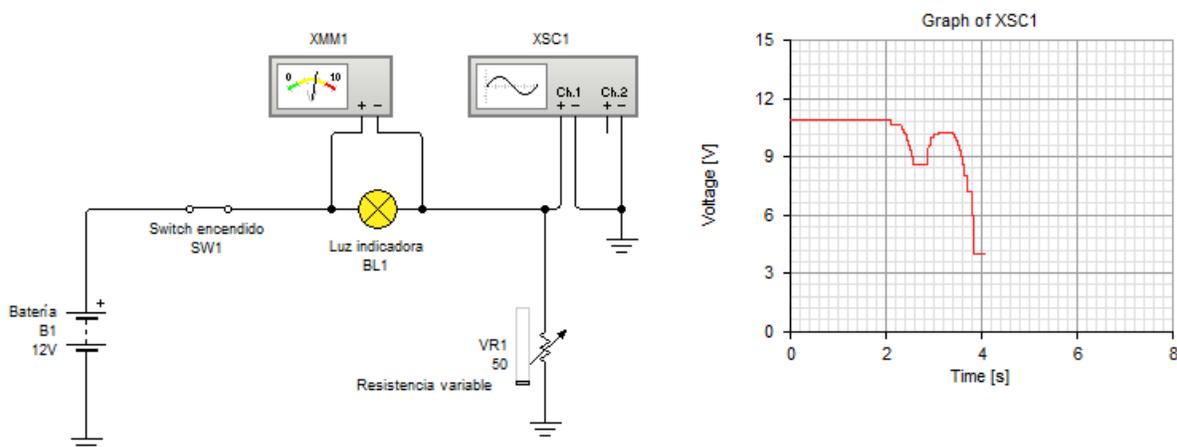
### *Circuito indicador de combustible*

El circuito medidor de combustible es una resistencia variable que se encuentre en la boya al interior del tanque de combustible, el circuito se interpreta que a menor resistencia la luz indicadora se enciende mostrando bajo nivel de combustible y teniendo un voltaje de 0 – 0,3

V mientras que a mayor resistencia el indicador se encuentra apagado y dando una señal de 12V.

## Figura 72

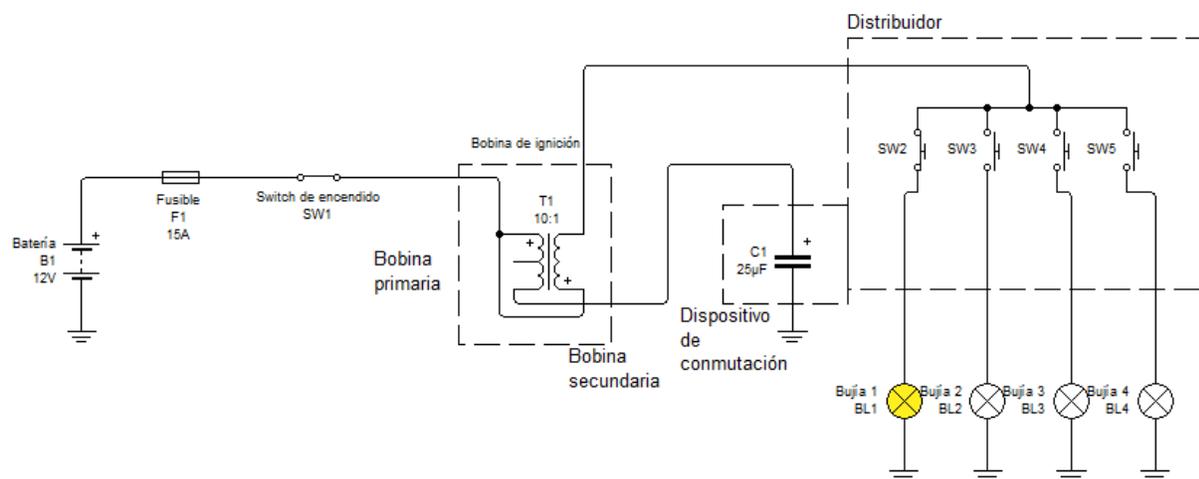
*Circuito indicador de combustible*



*Nota.* Circuito realizado en Livewire.

## **Circuito de encendido del motor**

Este circuito comienza desde el Switch permitiendo el paso de corriente y voltaje hacia la bobina de ignición la cual es un transformador con dos bobinas una primaria y una secundaria en su interior y es la encargada de elevar una baja tensión a una alta tensión, mientras que el distribuidor cumple la función de carga y descarga de la bobina de ignición en raras de tiempos muy cortos, también el distribuidor se encarga de distribuir la chispa de alta tensión que proviene de la bobina hacia las bujías para el encendido del motor.

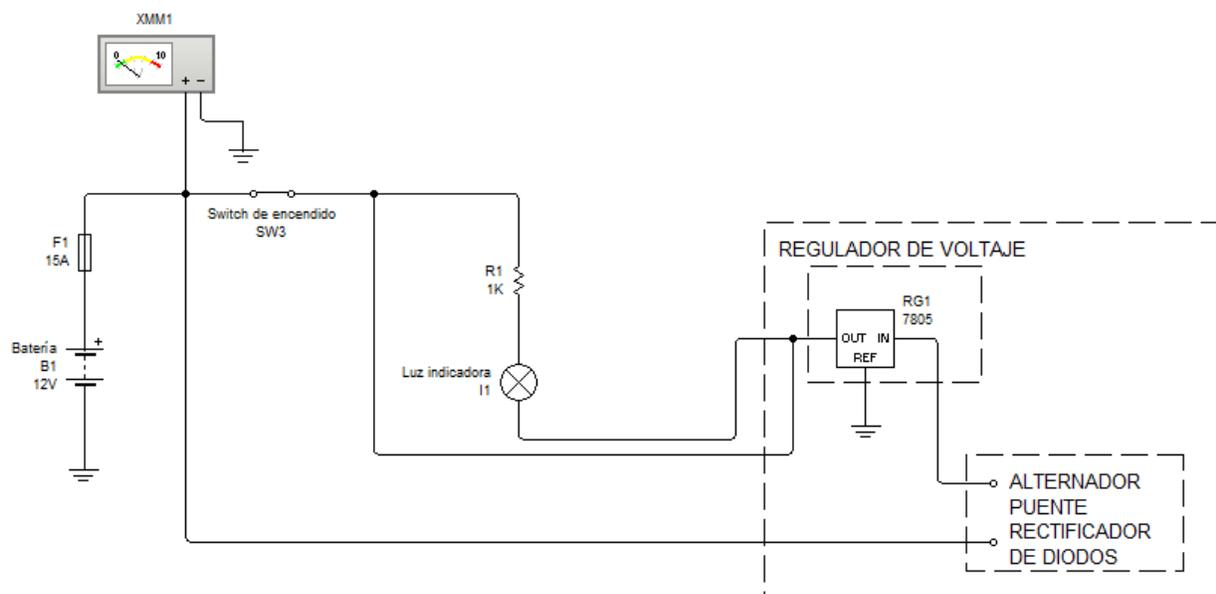
**Figura 73****Circuito de encendido**

*Nota.* Circuito realizado en Livewire.

**Circuito de carga del vehículo**

El circuito de carga suministra energía eléctrica a todos los componentes eléctricos y electrónicos, también permite la carga de la batería cuando el M.C.I. se encuentra encendido. El alternador es el encargado de generar corriente alterna y mediante un puente rectificador de diodos la convierte en corriente continua la misma que es enviada a un regulador de voltaje permitiendo que el voltaje este entre 13V a 15V.

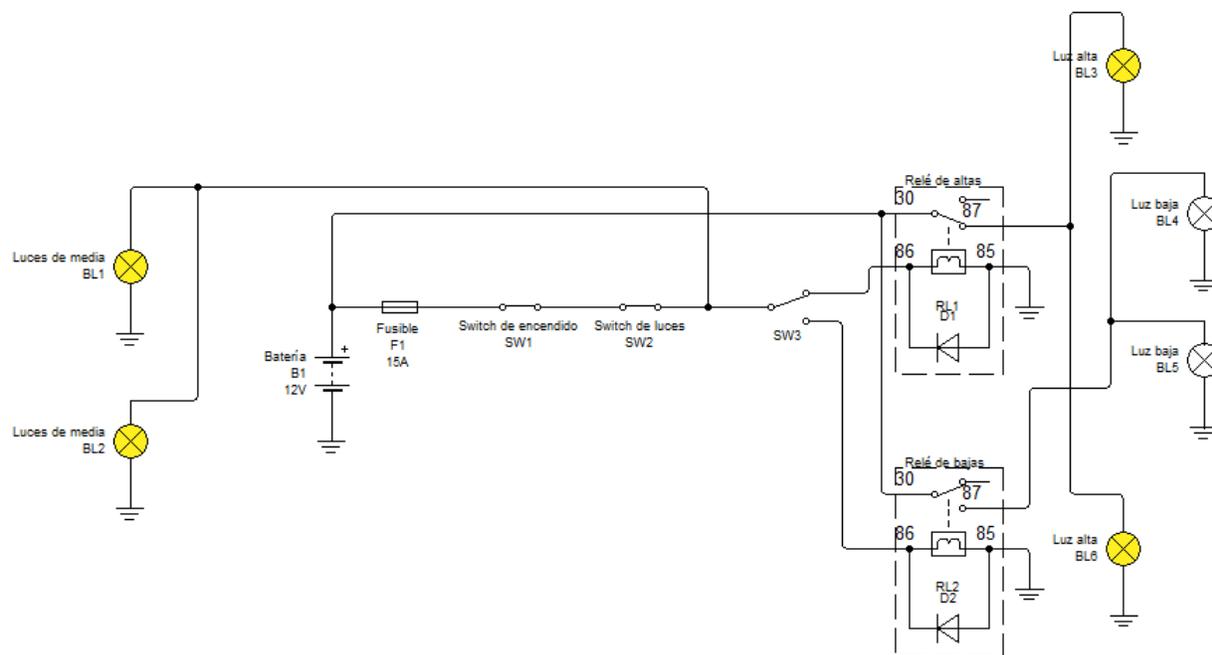
Del regulador de voltaje sale a lo que es la batería para su carga, a la luz indicadora del tablero y por ultimo entra al Switch de encendido permitiendo alimentar a todos los circuitos eléctricos y accesorios.

**Figura 74***Circuito de carga*

*Nota.* Circuito realizado en Livewire.

### ***Circuito de luces altas, bajas y medias***

Para este circuito se colocar el Switch en contacto y después se procede a manipular los interruptores de luces, para el accionamiento de bajas y altas conjunto con las luces de media, se hace uso de relés para cada condición con el fin de realizar el accionamiento desde el habitáculo usando una pequeña cantidad de corriente que excita a la bobina del relé produciendo que entre en funcionamiento sus interruptores y realice el paso de altas cantidades de corriente eléctrica a través de las líneas 30 y 87 del relé protegiendo el cableado.

**Figura 75***Circuito de luces altas, bajas y medias**Nota.* Circuito realizado en Livewire.**Figura 76***Luces de carretera**Nota.* Disposición de luces de carretera en vehículo.

### ***Circuito de luces de freno (Stop) y freno de mano***

Para todo lo que son luces del vehículo se debe de colocar el Switch en contacto, este circuito está protegido por un fusible de 15 A y dos conmutadores uno para el pedal del freno y el otro para el freno de mano y solo entran en funcionamiento cuando el conductor presiona el pedal del freno o jala el freno de mano, haciendo que los conmutadores de Stop cierren el circuito y permita el encendido de las luces.

### **Figura 77**

*Circuito luces de freno*



*Nota.* Circuito realizado en Livewire.

### **Figura 78**

*Luces de freno*



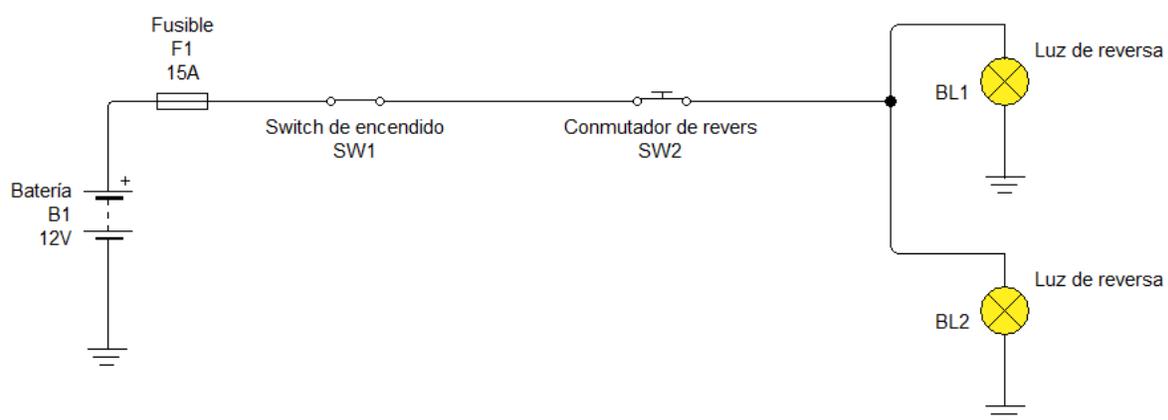
*Nota.* Instalación de las luces de freno.

### ***Luces de reversa***

Para las luces de reversa usa el mismo principio que las luce de freno la única diferencia es que el conmutador de reversa se encuentre ubicado en la caja de velocidades y solo entra en funcionamiento cuando se selecciona la marcha atrás.

### **Figura 79**

#### *Circuito marcha atrás*



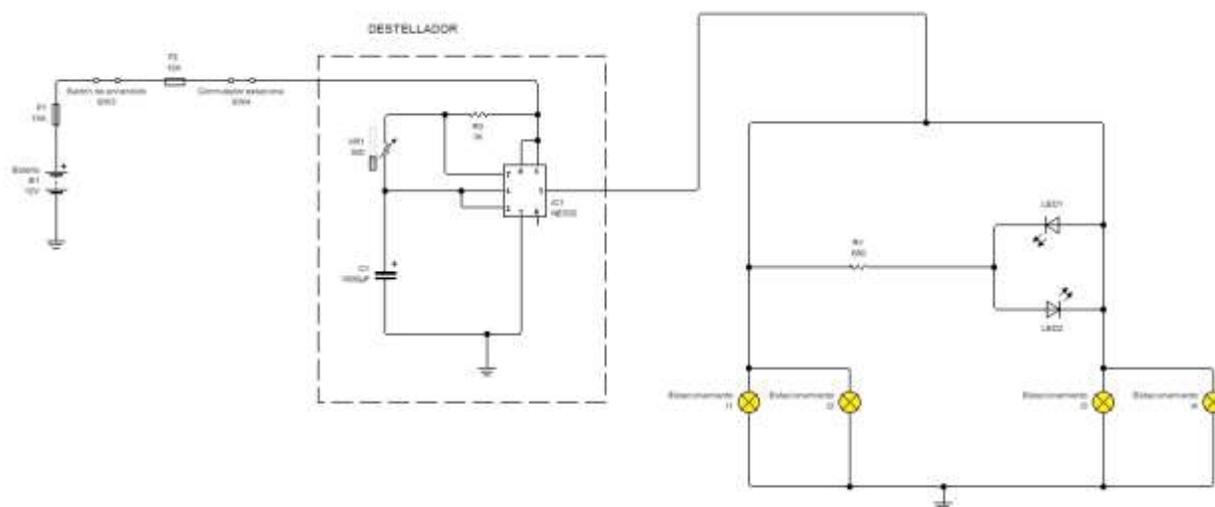
*Nota.* Circuito realizado en Livewire.

### **Circuito de estacionamiento**

El circuito de estacionamiento entra en funcionamiento cuando la llave de ignición se encuentra en contacto, está protegido por un fusible de 15 amperios en caso que exista algún corto circuito, al momento de accionar el interruptor de estacionamiento manda una señal de 12 voltios al destellador y de ahí realiza la acción de encender y apagar las luces en un intervalo mínimo de tiempo.

### **Figura 80**

*Circuito de estacionamiento con destellador*



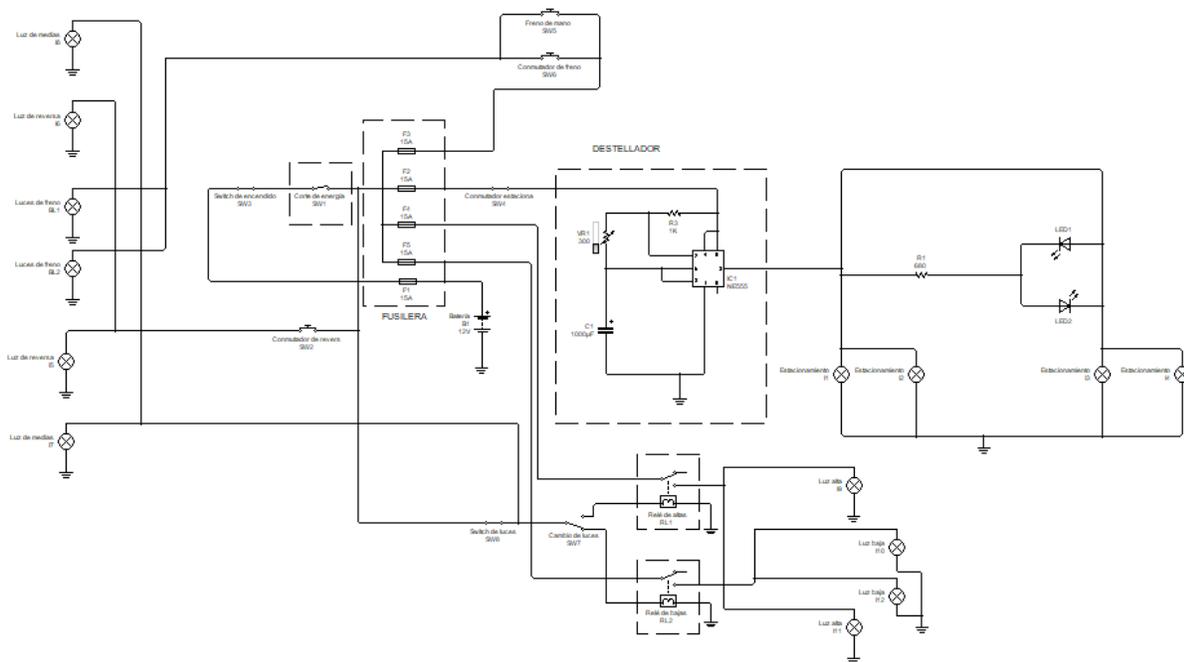
*Nota.* Circuito realizado en Livewire.

### **Diagrama eléctrico con interruptor de corte de luces**

El diagrama presenta un interruptor de corte de corriente de luces la cual controla todos los fusibles de los circuitos de iluminación que están en la fusilera, su operación normal siempre va ser cerrado el conmutador, pero cuando el conmutador se abra va dejar de alimentar a todos los fusibles de los circuitos de luces haciendo que ningún faro o luz led de encendida, pero nunca haciendo apagar el motor.

Figura 81

Diagrama eléctrico con interruptor de corte de energía



Nota. Circuito realizado en Livewire.

## Capítulo V

### Marco Administrativo

#### Recursos

La utilización de los recursos para el proyecto de investigación se estableció en base a las necesidades que vinculan con respecto a las necesidades tanto de factibilidad y fiabilidad que se obtuvieron a lo largo del proyecto de investigación.

#### Recursos humanos

Los recursos humanos que estaban a cargo de la supervisión del proyecto de investigación fueron docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” de la Carrera de Ingeniería Automotriz los cuales son personas con conocimientos tanto en las áreas mecánicas como en tecnológicas las cuales eran necesarios para la obtención de resultados, ayudando a realizar de una manera mejor el proyecto de investigación.

#### Tabla 47

*Recurso humanos*

Ord	Descripción	Función
1	Aguaiza Quimbita Jonathan Fabricio	Investigador
2	Torres Vargas Anthony Paul	Investigador
3	Ing. Cevallos Alex	Tutor - Investigador
4	Ing. Leónidas Quiroz	Colaborador científico

*Nota.* Grupo investigativo de la Universidad de las Fuerzas Armas “ESPE-L”.

## Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos fueron de vital importancia tanto como para la elección del tren motriz, realización de pruebas en campo y obtención de resultado, en la cual los datos obtenidos a través de los distintos recursos tecnológicos ayudan a tabular datos y llegar a una conclusión con respecto tanto para la selección del tren motriz y sus pruebas.

**Tabla 48**

*Recursos tecnológicos*

Recurso tecnológico	Descripción
<b>Microsoft Office</b>	Elaboración del escrito, tablas y gráficas
<b>App viento</b>	Para la obtención de la ráfaga del viento en distintas ubicaciones
<b>Google Earth Pro</b>	Para el trazo de rutas y la búsqueda de pendientes para pruebas
<b>App velocímetro GPS</b>	Para la obtención de velocidades, tiempos y distancias recorridas

*Nota.* Herramientas utilizadas para realizar la investigación.

## Costos de pruebas

En la realización de las pruebas se necesitaron varios componentes como para la medición de torque – potencia, la obtención de consumo de combustible y las diferentes pruebas que aplica en la normativa INEN 2477.

**Tabla 49**

*Costos de pruebas*

Núm.	Detalle	Cantidad	Precio unitario	Total de cada prueba
1	Dinamómetro	2	50.00	100.00
2	Combustible	3	2.40	7.20

Núm.	Detalle	Cantidad	Precio unitario	Total de cada prueba
3	Pruebas INEN 2477	1	72.00	72.00
<b>TOTAL</b>				179.20

*Nota.* Presupuesto ocupado para la realización de las diversas pruebas.

### Recursos financieros

Para desarrollar del proyecto de investigación se necesitó de un presupuesto en la cual ya estar incluido lo que son diferentes sistemas como los materiales, pruebas, accesorios, parte automotrices, entre otros con el fin de ejecutar y finalizar con éxito lo que vendría se el proyecto.

### Tabla 50

#### *Recursos financieros*

Sistemas	Descripción	Cantidad	Precio Unidad	Subtotal
	Motor 4ZD1	1	\$700,00	\$700,00
	Caja de velocidades MSG5E	1	\$300,00	\$300,00
	Diferenciales armados	2	\$350,00	\$700,00
	Chasis para soportar la estructura	1	\$200,00	\$200,00
	Neumáticos	4	\$100,00	\$400,00
<b>Tren motriz</b>	Tubo de Escape	1	\$250,00	\$250,00
	Aceite para motor	2	\$22,00	\$44,00
	Aceite para caja de velocidades	2	\$22,00	\$44,00
	Aceite para caja diferenciales	2	\$22,00	\$44,00
	Filtro de aceite	1	\$8,00	\$8,00
	Filtro de aire	1	\$8,00	\$8,00
<b>Sistema eléctrico</b>	Sistema eléctrico	1	\$480,00	\$480,00

<b>Sistemas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Subtotal</b>
	Sistema electrónico	1	\$200,00	\$200,00
	Luces delanteras	2	\$50,00	\$100,00
	Luces posteriores	2	\$80,00	\$160,00
	Baliza	2	\$18,00	\$36,00
	Tablero corta fuegos	1	\$200,00	\$200,00
	Cable de batería y alternador	4	\$6,00	\$24,00
	Bornes de batería	2	\$4,00	\$8,00
	Taípe	5	\$1,00	\$5,00
	Estaño	10	\$0,50	\$5,00
	Termo incogible	10	\$0,60	\$6,00
	Manguera Corrugada	20	\$0,70	\$14,00
<b>Pruebas</b>	Dinamómetro	1	\$100,00	\$100,00
	Modificación de asientos delanteros	2	\$165,00	\$330,00
	Modificación de asientos frontales	1	\$165,00	\$165,00
<b>Accesorios</b>	Aplicación de batepiedra en el chasis	1	\$500,00	\$500,00
	Harnees de seguridad	3	\$90,00	\$270,00
	Batería de 12 V	1	\$85,00	\$85,00
<b>Varios</b>	Combustible para transporte del vehículo y pruebas a realizar	30	\$2,40	\$72,00
<b>Total</b>				\$5.458,00

*Nota.* Presupuesto ocupado para la adquisición de materiales mecánicos, eléctricos y electrónicos.

## Capítulo VI

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

El dimensionamiento del vehículo táctico militar fue uno de las primeras acciones para determinar las medidas necesarias en el rediseño de una nueva estructura tubular su altura cambio de 1,8 m a 1,64 m y su ancho de 1,65 m a 1,55 m. Manteniendo la distancia entre ejes de 2,30 m, la trocha frontal de 1,39 m y la trocha trasera de 1,40 m.

Con la disminución del peso de 1415 kg original del Chevrolet Trooper a los 1200 kg con su nueva estructura, se obtuvo una reducción notable de 215 kg menos de su peso antes mencionado, ofreciendo mayor capacidad de carga que cambio de 735 kg a soportar 950 kg.

Para poder transportar máxima capacidad de carga en lugares planos asfaltados en el vehículo táctico militar, con un peso bruto de 2150 kg, y estableciendo una velocidad media de 70 km/h o 19,44 m/s de acuerdo con los datos calculados se deberá adquirir un motor con 76,67 Hp de potencia.

Teniendo en cuenta la evidencia, y los cálculos realizados de potencia requerida se concluye para que el vehículo táctico de reconocimiento pueda arrancar en una pendiente asfaltada del 25 % con un su peso bruto vehicular de 2150 kg, requiere un motor con potencia de 45.95 Hp la cual avanzara a una velocidad media de 21,02 km/h o 5,84m/s.

El análisis efectuado con respecto a la prueba en pendiente de 33,3% en tierra se determinó que, para este tipo de inclinación y terreno, el vehículo táctico con su peso bruto necesita un motor con 64,84 Hp para cumplir con el trabajo a velocidad media de 5,84 m/s.

Mediante la prueba dinamométrica de torque – potencia y obtenciones de velocidades se determinó el tren motriz adecuado para el proyecto de investigación cuenta con un torque

máximo de 148,06 N.m a 3000 rpm, una potencia de 72,6 Hp a 4200 rpm y velocidad máxima de 141,48 Km/h.

De acuerdo con las pruebas dinamométrica se obtuvo 72,6 Hp de potencia a 4200 rpm, sin embargo, por cada 1000 m de altura se pierde el 10 % de su capacidad real que puede ofrecer si estuviese a una altura al nivel del mar, es así que al estar a una altitud de 2850 m sobre el nivel del mar el motor que antes daba 108,5 hp pierde el 25% de su potencia , es decir, su potencia real, a mencionada altitud es de 81,32 Hp y a comparación de lo obtenido en el dinamómetro tenemos una reducción de 10,72% (8,72 Hp) perdidos por el tiempo de funcionamiento del motor.

Según la normativa SAE J2469 al tener una capacidad de arranque en pendiente igual o superior al 25% puede realizar aplicaciones severas sobre y fuera de carreteras, fue el caso al tener una masa de 2150 kg se obtuvo una capacidad de arranque del 27,29%, indicando que el criterio cumple con la selección del tren motriz.

Mediante las pruebas de ruta se determinó que el vehículo consume mayor cantidad de combustible en zonas rurales, acabando 1 litro de gasolina por cada 4230 m de recorrido en diferencia a la ruta de ciudad que se acabó 1 litro por cada 5810 m, consumiendo cerca de un 27 % de combustible cerca de 6 Km de diferencia.

A partir de los análisis precedentes de la relación peso-potencia se determinó que, a partir del peso bruto del vehículo de los 2150 Kg y la potencia máxima de 72,6 Hp, existe una relación de 29,61 Kg de masa del vehículo, es decir, que un Hp es capaz de transportar la masa antes mencionada.

## **Recomendaciones**

Conocer los requisitos del vehículo, antes de seleccionar un tren motriz, es importante tener una comprensión clara de los requisitos del vehículo, como la carga útil máxima, la velocidad máxima, la capacidad de ascenso y la eficiencia en el consumo de combustible.

Considerar las opciones del tren motriz, hay varias opciones de tren motriz disponibles, como motores de gasolina, motores diésel, motores eléctricos y sistemas híbridos. Cada opción tiene sus propias ventajas y desventajas, y es importante investigar y evaluar cada opción antes de tomar una decisión.

Analizar los costos es un factor importante en la selección de un tren motriz. Además, considerar no solo el costo inicial de compra, sino también el costo de operación y mantenimiento a largo plazo.

Considerar el consumo de combustible, especialmente para los vehículos que se utilizan con frecuencia o que van a largas distancias de recorrido.

## Bibliografía

- ÁGUEDA CASADO, E. G. (2014). *Mecánica del vehículo*. (S. Ediciones Paraninfo, Ed.)  
Obtenido de  
<https://books.google.com.ec/books?id=rdz7CAAQBAJ&pg=PA131&dq=diferencial+del+vehiculo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjo2pz6tLn8AhUzSzABHU4BDR8Q6AF6BAgFEAl#v=onepage&q=diferencial%20del%20vehiculo&f=false>
- Anglas Mateo, W. F., Anglas Paucar, P. D., Contreras, J. J., Gálvez Huamán, Y. C., Marcos Benito, J. K., Moore Blanco, F. N., . . . Rojas Ricse, L. A. (2013). *Sistema de transmisión de fuerza en los automóviles*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Ciencias aplicada, Lima. Obtenido de <https://es.slideshare.net/franknestormooreblanco/libro-del-sistema-de-trasmisin>
- Antonio, A. R., & Domínguez, M. M. (2015). *Motores de Combustión Interna*. Madrid. Obtenido de <https://lopezva.files.wordpress.com/2019/11/343564272-motores-de-combustion-interna.pdf>
- Blázquez, L. (26 de Marzo de 2019). *noticias coches*. Obtenido de Motor de arranque: qué es y cómo funciona: <https://noticias coches.com/consejos/motor-de-arranque-que-es-y-como-funciona/332703>
- Cedeño Marín, R. A., & Vargas Romero, S. A. (2019). *Análisis, selección e implementación del sistema motriz y eléctrico para el vehículo Jeep modelo Willys del año 1952*. CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/21181>
- CityLife. (18 de Marzo de 2018). *Revista City Life*. Obtenido de <https://revistacitylife.com/tiempo-libre/codigo-de-llantas/>
- Delgado, J. E., Pérez, P. G., Larrea, A. M., Chiluisa, N. N., & Olivares, I. M. (10 de Abril de 2018). EL TRANSPORTE TERRESTRE Y LA MOVILIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS. CASO: SITUACIÓN ACTUAL Y REQUERIMIENTOS DE TRANSPORTE TERRESTRE Y MOVILIDAD PARA LAS LABORES DE LOS MILITARES DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE SOLDADOS DEL EJÉRCITO. *III*.  
doi:<https://doi.org/10.24133/rcsd.V3N2.2018.05>
- Dominguez, E. J., & Ferrer, J. (2012). *Embragues y convertidores de par*. Madrid: Editex S.A. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/11809651/>
- Dominguez, E. J., & Ferrer, J. (2012). *Sistemas de Transmisión y Frenado*. Madrid: Editex S.A. Obtenido de  
<https://books.google.com.ec/books?id=IOLEAwAAQBAJ&pg=PA36&dq=misi%C3%B3n+del+embrague+es+transmitir+la+potencia+del+motor+al+cambio+de+forma+progresiva.+El+acoplamiento+suave+y+progresivo+del+embrague+permite+el+desplazamiento+del+veh%C3%ADculo+a+bajas+re>

- EcuRed. (s.f.). *EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Generaci%C3%B3n\\_\(Autom%C3%B3vil\)](https://www.ecured.cu/Generaci%C3%B3n_(Autom%C3%B3vil))
- HERRERA RUEDA, C. A., & TOPÓN SIMBAÑA, A. F. (2017). *INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO TÁCTICO MILITAR SCORPIÓN DEL BATALLÓN DE INFANTERÍA No 19 CARCHI*. Tesis pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA, Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13433/1/T-ESPEL-MAI-0606.pdf>
- Lucas, A. H. (2015). *DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DE UN AUTOMOVIL*. Tesis de grado, ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE BILBAO, MECÁNICA, Bilbao. Obtenido de [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/15715/TFG\\_Hormaetxe\\_DeLucas.pdf?sequence=1](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/15715/TFG_Hormaetxe_DeLucas.pdf?sequence=1)
- Monserrate Freire, J. P., & Morocho Guamán, C. M. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCOS DIDACTICOS FUNCIONALES DEL GRUPO DIFERENCIAL CONO Y CORONA*. Tesis de grado, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA, INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ, CUENCA. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7459/1/UPS-CT004408.pdf>
- Morales, M. Y., & Ponce, A. Z. (1999). SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ DE VEHÍCULOS PESADOS (CARGA Y PASAJEROS) DESTINADOS AL SERVICIO PUBLICO FEDERAL. En *SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE* (pág. 101). Sanfandila. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt128.pdf>
- Multiservicio Automotriz 3H C.A. (09 de Junio de 2021). *Multiservicio Automotriz 3H*. Obtenido de EL SISTEMA ELECTRICO DEL AUTOMOVIL: <http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011/06/el-sistema-electrico-del-automovil.html>
- Naranjo, S., Álvaro, P., Sarate, N., & Luis, R. (2012). *Estudio del comportamiento de par, potencia y emisión de gases aplicando mezclas de combustibles gasolina/etanol en un vehículo Nissan 1500cc*. Tesis Grado, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de ingenierías, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1592>
- NTE INEN 1155. (2015). *VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DISPOSITIVOS PARA MANTENER O MEJORAR LA VISIBILIDAD.REQUISITOS*. Obtenido de normalizacion.gob.ec: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1155.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1155.pdf)
- Ocaña, A. O. (2003). *Tratado del automovil la técnica en los siglos XX-XXI*. DOSSAT 2000. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books/about/Tratado\\_del\\_autom%C3%B3vil.html?id=dxUKtAEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Tratado_del_autom%C3%B3vil.html?id=dxUKtAEACAAJ&redir_esc=y)
- ORTIZ, J. A. (2015). *Mecanico automotriz.org*. Obtenido de MANUAL DE EMBRAGUE: DISEÑO, TIPOS, PARTES, MONTAJE, CLASES Y MECANISMO: [https://drive.google.com/file/d/0B\\_vOBUOWJUUGRjIBQ1JWa1NycGM/view?resourcekey=0-CgCnvMGMMy7zcwxLOVAms-w](https://drive.google.com/file/d/0B_vOBUOWJUUGRjIBQ1JWa1NycGM/view?resourcekey=0-CgCnvMGMMy7zcwxLOVAms-w)

- Rafael-Morales, M., & Gortari, J. C. (Marzo de 2004). *La selección del tren motriz basada en la eficiencia energética para vehículos de servicio pesado*. Artículo arbitrado , Instituto Mexicano del Transporte, Termoenergía, México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/404/40450104.pdf>
- Schuch, F. E. (1996). *Manual de la técnica del automóvil* (Tercera ed.). Barcelona-Bogotá-Caracas-Buenos Aires-México: Reverté, S.A. Obtenido de <https://julioestrepo.files.wordpress.com/2013/08/bosch-manual-de-la-tecnica-del-automovil-tercera-edicion.pdf>
- Soriano, M. C. (2005). *INGENIERÍA DE VEHÍCULOS* (Segunda ed.). México: Alfaomega grupo editor S.A.
- UFFMM. (19 de Septiembre de 2012). *Sistemas Antitanque del Ejército Nacional de Colombia*. Obtenido de americamilitar: <https://americamilitar.com/ejercito-nacional/91-sistemas-antitanque-del-ejercito-nacional-de-colombia-p2.html>
- Veautos. (25 de Octubre de 2018). Recuperado el 15 de Enero de 2023, de Veautos.CL: <https://www.veautos.cl/wp-content/uploads/2018/10/Chevrolet-Trooper-1997-1992-Corto-1024x610.jpg>
- Vinicio, G. V., & Eduardo, R. G. (2015). *Sistema De Transmisión Independiente, A Las Cuatro Ruedas Del Toyota Land Cruiser*. Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, Ibarra. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4435/1/05%20FECYT%202228%20TESIS.pdf>

## Anexos