

Diseño y construcción del Sistema de Propulsión de un triciclo monoplaza eléctrico para personas con discapacidad en sus extremidades inferiores

Design and construction of the propulsion system of an electric tricycle car for people with disabilities in their lower limbs

Wilson Vargas¹, William Bonilla¹, Freddy Salazar¹, Hernán Lara^{2,3}, Javier Ortiz¹, Stalin Mena¹, Mauricio Cruz¹

¹Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

²Centro de Innovación en Diseño y Tecnología,
Tecnológico de Monterrey, Monterrey, México,

³Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

vwilithedu81989@hotmail.com, wmbonilla@espe.edu.ec, fwsalazar@espe.edu.ec, echvlara@espe.edu.ec, jsmena@espe.edu.ec
gmcruz@espe.edu.ec

Recibido: Octubre 2015, **Publicado:** Diciembre 2015

Resumen— Con la finalidad de brindar apoyo a personas con discapacidad en sus extremidades inferiores se propuso diseñar y construir un sistema de propulsión para un triciclo monoplaza con un motor eléctrico tipo Brushless. Este sistema incluye un dispositivo de alimentación-almacenamiento de energía, un controlador que usa un algoritmo para manipular las variables que intervienen en el movimiento del vehículo y un grupo de sensores para indicar las señales al controlador. Se espera que el prototipo sea incluido en el mercado nacional como una nueva alternativa de movilidad eficiente para personas con capacidades motrices limitadas.

Palabras Clave — Sistema de propulsión, Triciclo monoplaza, Motor Brushless, Alternativa de movilidad, Personas con problemas en sus extremidades inferiores.

Abstract— In order to provide support to people with disabilities in their lower limbs set out to design and build a propulsion system for a tricycle car with a brushless electric motor. This system includes a power-energy storage, a controller which uses an algorithm to manipulate the variables involved in the movement of the vehicle and a group of sensors to manage the signals. The prototype is expected to be included in the national market as a new efficient alternative for people with limited mobility.

Keywords— Propulsion system, Tricycle car, Brushless Motor, Alternative of mobility, People with disabilities in their lower limbs.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al Diseño y Construcción del Sistema de Propulsión de un Triciclo Monoplaza Eléctrico, para personas con Discapacidad en sus Extremidades Inferiores que se puede definir como una alternativa de futuro a la movilidad y el transporte urbano.

La característica principal del sistema de propulsión es 100% ecológico gracias a la utilización de una energía limpia y eficiente como es la energía eléctrica.

Analizando las cifras del INEC en el Ecuador, en el año 2010 existían 1'608.334 personas con algún tipo de discapacidad, que representan el 12,14% de la población total [1], en la provincia de Cotopaxi de acuerdo a cifras del CONADIS en el 2014 (Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades del Ecuador) el número de personas con discapacidad es de 10,347 entre hombres y mujeres, con diferentes tipos de discapacidad, auditivas, físicas, intelectuales, de lenguaje, psicológicas y visuales [2].

La investigación de esta problemática se realizó por que Durante los últimos años, la toma de conciencia hacia las personas con distintas discapacidades ha hecho que muchas fundaciones, entidades y organizaciones; en éste caso la Asociación de Discapacitados de Cotopaxi (ADICO), luchan por dar igualdad, confort y facilidad al desplazamiento de

dichas personas por los diferentes senderos de la ciudad de Latacunga.

Sabemos que el medio común de transporte para personas con discapacidad en sus extremidades inferiores siempre ha sido la silla de ruedas, razón por la cual una de las innovaciones introducidas en medios de transportes unipersonales es el acceso a los mismos por personas con dicha discapacidad, valiéndose de sus propios medios y facultades físicas, es decir sobre su silla de ruedas y sin ayuda de terceras personas.

De allí la utilidad de estudio del sistema de propulsión eléctrica, previo a cálculos necesarios para la implementación del sistema e investigar las características del motor, el controlador y las baterías que necesitará el triciclo para que cumpla con la autonomía necesaria a la que está proyectada, y así seleccionar los componentes que se utilizarán para la construcción y montaje de las mismas.

Este sistema es una alternativa al futuro en la industria automotriz ya que se puede implementar en cualquier tipo de vehículo.



Fig. 1. Triciclo monoplaza eléctrico

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En este proyecto de investigación se realizó una entrevista a los miembros de la Asociación de Discapitados de Cotopaxi “ADICO” en la ciudad de Latacunga (ver figura 2), sus ideas fueron tomadas en cuenta para que el triciclo eléctrico cumpla con la autonomía requerida para la movilización de las mismas en zonas urbanas.



Fig. 2. Beneficiarios de ADICO

A. Cálculos y Selección de Componentes

Para un buen desempeño del triciclo, en pendiente tendrá que cumplir con la segunda ley de Newton que plantea que la sumatoria de fuerzas en el eje x es igual a la masa del cuerpo en movimiento por la aceleración que este tenga [4].

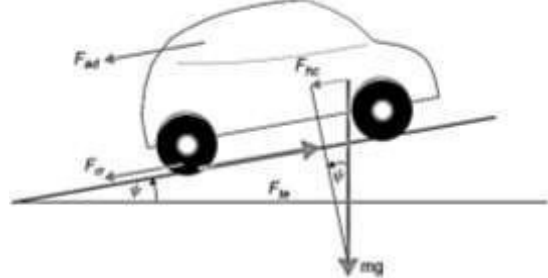


Fig. 3. Fuerzas que actúan en una pendiente

$$F_{te} - F_{rr} - F_{ad} - F_{hc} = m \cdot a \quad (1)$$

Dónde:

F_{rr} = Fuerza de fricción entre la superficie a rodar y los neumáticos. (N) [4].

F_{ad} = Fuerza de fricción con el viento. (N) [4].

F_{hc} = Componente del peso del vehículo a lo largo de la pendiente. (N) [4].

La potencia que va a impulsar el triciclo, se necesita plantear en base a las condiciones más exigentes (pendientes, figura 3) [5], esto significa que tendrá que impulsar a una persona con discapacidad en sus extremidades inferiores con su respectiva silla de ruedas si esta condición se cumple, entonces el triciclo podrá cumplir con las demás condiciones de recorrido.

TABLA I
PESO TOTAL DEL PROTOTIPO

Componentes	Peso en kg
Carrocería	40
Chasis	130
Motor eléctrico	20
Baterías	120
Silla de ruedas	20
Pasajero	70
TOTAL	400 kg

Con estos datos se utilizan las siguientes ecuaciones para el cálculo de la fuerza de tracción que es la que impulsa al vehículo eléctrico.

$$F_{rr} = U_{rr} * m * g * \cos(\psi) \quad (2)$$

Dónde:

U_{rr} = Coeficiente de rozamiento dinámico entre caucho y asfalto (0.015) [6]

m = Masa del vehículo eléctrico. (Tabla I)

ψ = Ángulo de la pendiente en grados 15% = 8.53°. [5]

g = Gravedad $(9,8 \frac{m}{s^2})$

$$F_{rr} = (0.015)(400kg) \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right) * \cos(8,53^\circ)$$

$$F_{rr} = 58.15 N$$

La fuerza de fricción con el viento se aplica sobre la sección transversal del triciclo (ver figura 4) debido a que estará en movimiento y será ejercida por la acción del viento en contra el avance del triciclo.

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d v^2 \quad (3)$$

Dónde:

ρ = Densidad del aire (0.833 Kg/m³ a 2750 m.s.n.m altitud a la cual se encuentra ubicada la ciudad de Latacunga. [7]. (Kg/m³)

A = Sección transversal del triciclo en.(m²)

C_d = Coeficiente aerodinámico 0.3 a 0.8 en vehículos de turismo [6].

v^2 = Velocidad estimada para subir pendientes del 15% [5] $(15 \frac{km}{h} = 4.167 \frac{m}{s})$

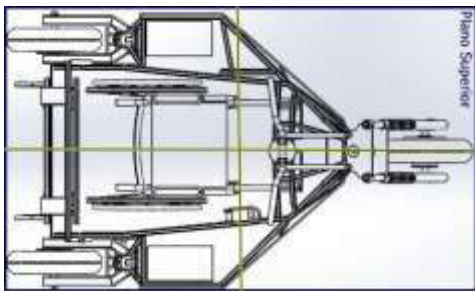


Fig. 4. Sección transversal del triciclo

A = Ancho * Alto

$A = 1.40 m * 1.20 m$

$A = 1.68 m^2$

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * \left(0.833 \frac{kg}{m^3}\right) (1.68 m^2)(0.5)(4.167 \frac{m}{s})^2$$

$$F_{ad} = 6.075 N$$

Componente del peso del vehículo a lo largo de la pendiente [4] constituye la sumatoria de fuerzas que más exige al motor eléctrico, el peso aplicado para este cálculo, es el peso total (Tabla I)

$$F_{hc} = m * g * \sin(\psi) \quad (4)$$

Dónde:

m = Masa total del vehículo eléctrico. (Tabla I)

ψ = Ángulo de la pendiente en grados 15% = 8.53° [5].

g = Gravedad $(9,8 \frac{m}{s^2})$

$$F_{hc} = (400 Kg) \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right) * \sin(8.53^\circ)$$

$$F_{hc} = 581.44 N$$

Fuerza de tracción que es la que impulsa al vehículo eléctrico es la fuerza que necesita proveer el motor eléctrico, despejando la fuerza de tracción eléctrica de la ecuación (1) tenemos.

$$F_{te} = m.a + F_{rr} + F_{ad} + F_{hc} \quad (5)$$

$$F_{te} = (400Kg) \left(0,04 \frac{m}{s^2}\right) + 58.15N + 6.075 N + 581.44 N$$

$$F_{te} = 661.66 N$$

El torque necesario, depende del radio de la rueda que se implementara y de la fuerza de tracción de empuje [8]

$$T_n = R.F \quad (6)$$

Dónde:

T_n =Torque necesario. (Nm)

R = Radio del neumático. (m)

F = Fuerza de empuje. (N)

R = Radio del neumático utilizado 10 pulg. = 0,127 (m)

$$T_n = (0.127 m)(661.66 N)$$

$$T_n = 84.03 Nm$$

La potencia es igual al producto de la fuerza de tracción necesaria para mover al triciclo y la velocidad máxima que llevará. (La velocidad máxima en pendiente 15 km/h = 4.167 m/s) para este cálculo utilizaremos la siguiente ecuación.

$$P_{calculada} = F_{te} \cdot v_{max} \quad (7)$$

Dónde:

$P_{calculada}$ = Potencia calculada (W)

F_{te} =Fuerza de tracción eléctrica (N)

v_{max} = Velocidad máxima para pendientes del 15% [5] $(\frac{km}{h})$

$$P_{calculada} = (661.66 N)(4.167 m/s)$$

$$P_{calculada} = 2757.14 W$$

Suponiendo que existan pérdidas de energía de un 20%, es decir una eficiencia del motor de un 80% tenemos que utilizar la siguiente ecuación.

$$P_{Motor} = \frac{P_{calculada}}{eficiencia} \quad (8)$$

Dónde:

P_{Motor} =Potencia del motor (W)

$P_{calculada}$ =Potencia calculada (W)

$$P_{motor} = \frac{2757.14 \text{ W}}{0.80}$$

$$P_{motor} = 3446.42 \text{ W}$$

Para la selección de la potencia y torque del motor a utilizar en el prototipo deberá tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

TABLA II
VALORES REQUERIDOS PARA LA SELECCIÓN DEL MOTOR

CRITERIOS	VALORES
Fuerza de tracción eléctrica total en pendientes (F_{te}).	661.66 N
Torque necesario (T_n).	84.03 Nm
Potencia calculada (P_{motor})	3446.42 W

1. Motor Eléctrico

Para la selección del motor se tomaron en cuenta los parámetros calculados (Tabla II), donde se optó por un motor de las siguientes características.

TABLA III
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOTOR SELECCIONADO

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
Tipo de motor	Motor brushless CC de alta potencia
Voltaje nominal	48V
Potencia nominal	4000W
Corriente máxima	60 A
Velocidad máxima	50 km/h
Eficiencia	85%
Torque	100 N*m
Tipo de freno	Tambor
Capacidad de ascenso	28° sin carga
Tamaño de la rueda	10 pulg.
Peso	20 kg

A este tipo de motores también se los conoce como Motor de magnetismo permanente [9], figura 5, estos son conmutados electrónicamente, es un tipo de motor sin escobillas que tiene control del par y velocidad.



Fig. 5. Motor brushless 48V/4000W MOD-0704509598

2. Controlador Electrónico

El controlador, es el componente más importante para el funcionamiento del motor eléctrico Brushless, ver figura 6, y en la actualidad la mayoría son muy eficientes [8].

Las funciones principales del controlador en el motor eléctrico, son:

- Regulación de velocidad.
- Regulación de par



Fig. 6. Controlador KEB 48601F

El controlador para cumplir con las funciones antes expuestas hace uso de microprocesador que hace un control PWM (modulación por ancho de pulsos), que controla a un conjunto de transistores MOSFET de alta potencia dispuestos en forma de H, para lograr eficiencias de hasta el 97%. El microprocesador permite un control preciso del motor en base a las señales de entrada como: posición del acelerador, sensor de freno y selección del sentido de giro (avance y retroceso) [12].

3. Baterías

El objetivo principal de las baterías es suministrar el voltaje necesario para mover el motor eléctrico y la capacidad para alcanzar la autonomía deseada, [13] a continuación se detalla las especificaciones técnicas de la batería seleccionada.

TABLA IV
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL LA BATERÍA SELECCIONADO

Especificaciones técnicas	
Modelo	RA12-100D
Tipo de batería	Ciclo profundo AGM

Temperatura de operación	Descarga: -20°C ~ 60°C Carga: 0°C ~ 50°C Almacenamiento: -20°C ~ 60°C
Rango de operación	25°C ± 5°C
Capacidades nominales	100Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Voltaje nominal	12 VD
Máxima corriente de descarga	1000 A (5 seg.)
Límite de máxima carga recomendado	30.0 A
Peso aproximado	30.0 kg

En pendientes con un consumo promedio de 80 A y una velocidad promedio de 35 km/h y conociendo que la capacidad de las baterías seleccionadas es 100 Ah entonces la autonomía queda determinada por la siguiente ecuación.

El cálculo para su autonomía se lo hace:

$$Autonomía = \frac{C_{Batería} \times V_{Promedio}}{C_{Promedio}} \quad (9)$$

Dónde:

- $C_{Batería}$ = Carga de la bacteria seleccionada (Ah)
- $V_{Promedio}$ = Velocidad promedio (km/h)
- $C_{Promedio}$ = Carga promedio (A)

$$Autonomía = \frac{100 \text{ Ah} \times 35 \text{ km/h}}{80 \text{ A}}$$

$$Autonomía = 43,75 \text{ km}$$

B. Diseño e implementación del sistema de propulsión

1. Distribución de Peso

La distribución de peso sobre cada eje determina la correcta ubicación longitudinal del centro de gravedad, factor importante para el correcto comportamiento dinámico del vehículo, ya sea acelerando, frenando o al cambiar de dirección, como se detalla en la figura 7.

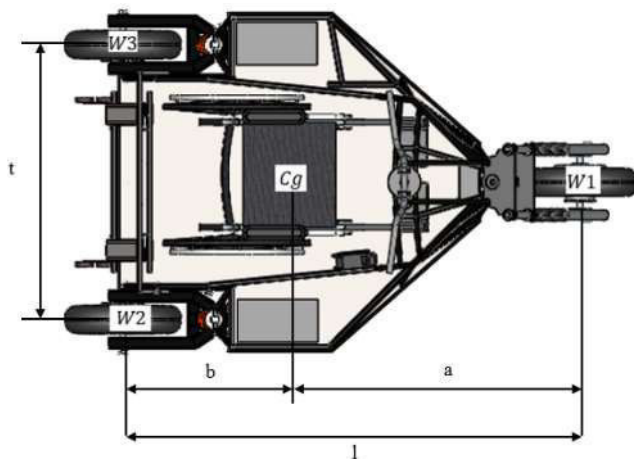


Fig. 7. Dimensiones principales del triciclo

Dónde:

- cg : Centro de gravedad.
- l : Distancia entre ejes.
- t : Ancho de vía.

- a : Distancia del centro de gravedad al eje delantero.
- b : Distancia del centro de gravedad al eje posterior.
- w_1 : Peso sobre la rueda w_1 .
- w_2 : Peso sobre la rueda w_2 .
- w_3 : Peso sobre la rueda w_3 .

TABLA V
CARGAS ESTÁTICAS DEL TRICICLO

Carga estática en cada rueda	
Rueda delantera w_1	180 kg
Rueda posterior derecha w_2	110 kg
Rueda posterior izquierda w_3	110 kg

TABLA VI
DISTRIBUCIÓN DE PESOS

Peso eje delantero	Peso eje posterior
45%	55%
180 kg	200 kg

Los datos de la distribución de pesos (Tabla VI) se obtuvo a través de un software de diseño asistido por computadora Solidworks, estos datos nos servirán para realizar el análisis del soporte motor en ANSYS.

C. Análisis del Soporte del Motor

Los criterios de diseño empleados fueron los siguientes:

- Elegir el material de acero ASTM A36 con un límite de fluencia de $S_Y = 250 \text{ MPa}$ [14].
- Con los datos de la (Tabla VI) se aplicara el peso del eje delantero porque allí es donde se encuentra ubicado el motor.
- Soportar el torque del motor (Tabla III)
- Deberá contar con un factor de diseño $N= 4.0$ a 8.0 diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente [14].

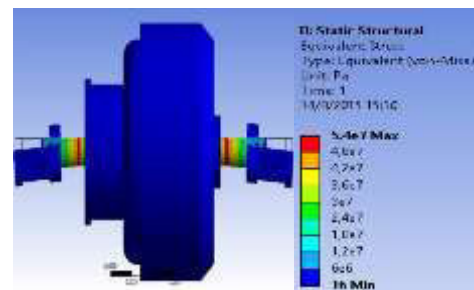


Fig. 8. Tensión equivalente de Von Mises

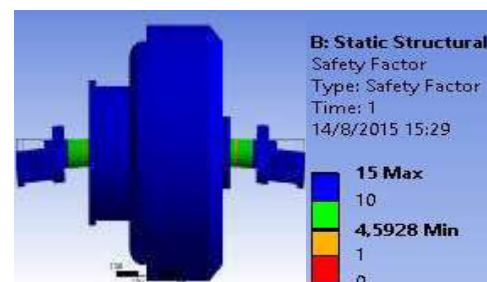


Fig. 9. Factor de seguridad

**TABLA VII
RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL SOPORTE DEL MOTOR EN ANSYS**

Tensión equivalente máxima obtenida (Von Mises)	54 MPa
Límite de fluencia acero ASTM A36	2 530 kg/cm ² , 250 Mpa, 36 ksi
Factor de seguridad	4,6

Según el análisis aplicado, se obtuvo una tensión equivalente de Von Mises de $\sigma_{V,M} = 54 \text{ MPa}$, ver figura 8, obteniendo como resultado un factor de seguridad de 4,6, ver figura 9, el cual nos da paso a su construcción ya que nos indica su alta seguridad ante el fallo de la base del motor.

1. Implementación

Con los datos obtenidos del análisis se procedió a construir una base que servirá como sujeción del motor Brushless, una vez implementado el motor se procederá a la instalación del neumático 135/90R10 en el respectivo aro del motor (ver figura 10).



Fig. 10. Instalación del motor

Se construirá un circuito de control, como se muestra en la figura 11, con relés que active el sistema de potencia (controlador, motor) y el sistema de carga (baterías, cargadores) este circuito será controlado mediante un interruptor de codillo (ojo de cangrejo) de tres posiciones, su funcionamiento será activar el circuito de potencia y circuito de carga independientemente, a su vez desactivar a todo el circuito.

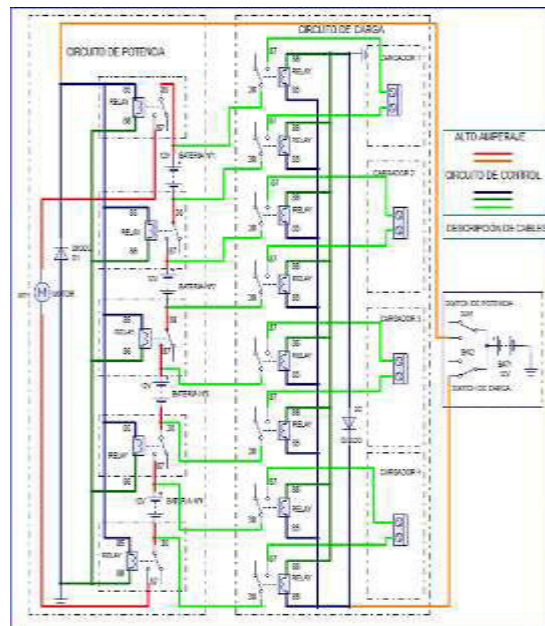


Fig. 11. Circuito de control

Los relés utilizados en la construcción de este circuito funcionarán como contactores o interruptores automáticos que son comandados por una tensión de corriente minimizando riesgos de corto circuito.

El sistema de alimentación consta de 4 baterías conectadas en serie, para la implementación del sistema de accesorios se utilizaron luces led, de acuerdo a figura 12, el consumo de corriente de este sistema es mínimo esto ayudara a la autonomía del triciclo.



Fig. 12. Implementación de luces led

D. Aplicaciones del sistema de propulsión eléctrica

Una de las oportunidades que brinda el triciclo eléctrico, como se muestra en la figura 13, es la de eliminar por completo el esquema de propulsión convencional con una única unidad propulsora, donde, el motor Brushless es el verdadero protagonista al enviar el torque necesario para mover el triciclo, es decir, instalar el motor directamente en la rueda sin transmisiones intermedias, en las cuales los beneficiados serán personas con discapacidad en sus extremidades inferiores.



Fig. 13. Triciclo eléctrico para discapacitados

El sistema de propulsión eléctrica se puede aplicar en vehículos, motos o bicicletas (figura 14), su utilización presenta ventajas desde el punto de vista medioambiental, ya que permite disminuir el nivel de emisiones de CO₂ a la atmósfera.



Fig. 14. Aplicación del sistema de propulsión

III. RESULTADOS

A. Pruebas de aceleración

La prueba de aceleración se la realizo en una distancia de 50 m partiendo desde el reposo, el tiempo cronometrado fue de 10 s en una superficie plana dándonos los siguientes resultados:

$$V_f = \frac{d}{t}$$

Dónde:

V_f = Velocidad final ($\frac{m}{s}$)

d = Distancia (m)

t = Tiempo (s)

$$V_f = \frac{50 \text{ m}}{10 \text{ seg.}}$$

$$V_f = 0,5 \frac{m}{seg.} = 18 \frac{km}{h}$$

$$a = \frac{V_f - V_o}{t_f - t_o}$$

Dónde:

a = Aceleración ($\frac{m}{s^2}$)

t_o =Tiempo inicial (s)

t_f =Tiempo final (s)

V_o =Velocidad inicial ($\frac{m}{s}$)

V_f =Velocidad final ($\frac{m}{s}$)

$$a = \frac{0,5 \frac{m}{seg.} - 0}{10 \text{seg.} - 0} = 0,05 \frac{m}{seg^2}$$

La prueba de aceleración determinó que el triciclo eléctrico monoplaza tiene una buena respuesta a la aceleración y velocidad alcanzada.

B. Pruebas en recta

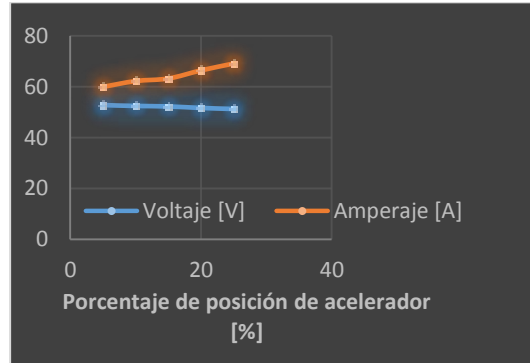


Fig. 15. Pruebas en recta al 25% del acelerador

En esta prueba la posición del acelerador se encuentra al 25% el voltaje disminuye de un 52,8 V al 51,3 V y el amperaje que necesita el motor aumenta de 60 A - 66 A, lo cual se detalla en la figura 15.

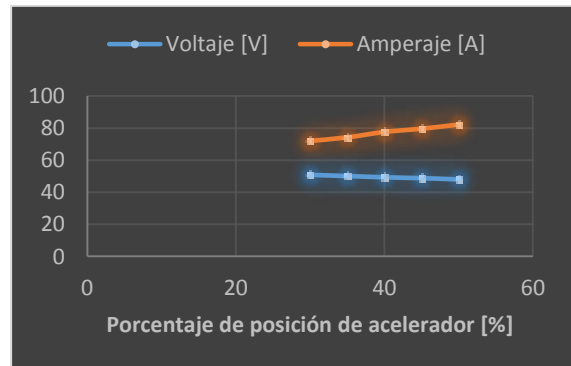


Fig. 16. Pruebas en recta al 50% del acelerador

Al aumentar la posición del acelerador a un 50 % el voltaje disminuye a 48,1 V y el amperaje que necesita el motor aumenta a 82,3 A, figura 16.

Al realizar estas tres pruebas se estableció que a medida que la posición del acelerador varía, el voltaje y la intensidad de corriente también varían directa e inversamente y la caída de voltaje máxima al acelerar al 100% es de 42,24 V, por lo tanto el consumo del amperaje desde el 25% hasta el 100% es de 30.8 A por lo que se recomienda no acelerar al 100% para mantener la autonomía, como se muestra en la figura 17.

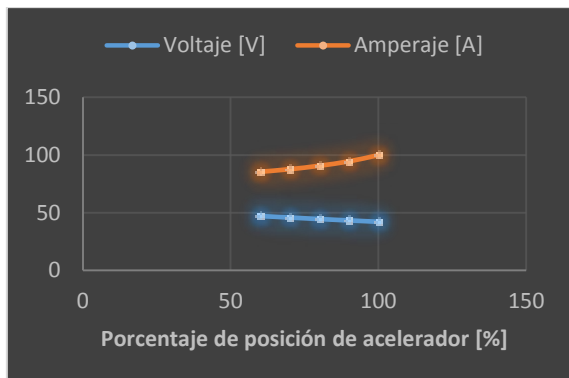


Fig. 17. Pruebas en recta al 100% del acelerador

En la tabla VIII se observan los resultados obtenidos en las pruebas en carretera en recta a media y plena carga.

TABLA VIII
RESUMEN DE PRUEBAS

Posición del acelerador %	Corriente consumida (A)	Caída de voltaje (V)
25	69,2	51,3
50	82,3	48,1
100	100	42,24

C. Pruebas de autonomía.

Esta prueba dependerá de las características de las baterías seleccionadas, conociendo que la capacidad de las baterías es de 100 Ah, la ruta establecida para esta prueba consta de 8 km con pendientes poco pronunciadas.



Fig. 18. Recorrido del triciclo

Con las baterías cargadas al 100% se procedió a realizar las pruebas de autonomía logrando dar 5 vueltas a una velocidad de 35 km/h durante 3 horas y media logrando recorrer 42 km, cumpliendo así con el cálculo teórico establecido, ver figura 18.

IV. CONCLUSIONES

El triciclo cumple con los parámetros de diseño dinámicos calculados, consiguiendo implementar el sistema de propulsión con un motor eléctrico Brushless modelo MOD-0704509598, capaz de producir 4000 W de potencia efectiva que alcanza una velocidad de 50km/h, con un voltaje de 48 V y 60 A para su funcionamiento.

Para el control de los componente eléctricos y electrónicos se implementó un módulo de control

electrónico de marca Kelly Controls KEB48601F, que cuenta con un puerto de programación RS232 y un conector J2 de 14 pines que controlan la aceleración, retro y freno regenerativo del motor Brushless.

Con los datos de la capacidad específica calculada se procedió a seleccionar las baterías de ciclo profundo de electrolito tipo AGM 12 V y 100 A, para alcanzar el voltaje de funcionamiento de 48 V se conectaron 4 baterías en serie.

Se ha diseñado un sistema de control con relés el cual activará al sistema de potencia del motor, y también activara al sistema de carga de las baterías, a su vez este circuito de control funcionará como un dispositivo de seguridad ya que funcionarán como un elemento de paro de emergencia o como un contactor.

Para el sistema de accesorios se implementó luces led de 12V/20mA ya que el consumo de corriente es mínima esto ayudara a que el triciclo posea una buena autonomía.

Para las conexiones de todo el sistema de propulsión se ha seleccionado adecuadamente elementos eléctricos y electrónicos como, las baterías, controlador electrónico, motor, acelerador, relés y conductores de corriente eléctrica de acuerdo al calibre para la conexión de alto y bajo amperaje.

Según el análisis aplicado, se obtuvo una tensión equivalente de Von Mises de $\sigma_{V.M} = 54 \text{ MPa}$, obteniendo como resultado un factor de seguridad de 4,6, el cual nos da paso a su construcción ya que nos indica su alta seguridad ente el fallo de la base del motor.

Después de realizar las pruebas en carreteras a baja, media y carga plena se determinó que el voltaje y la intensidad de corriente también varían directa e inversamente y la caída de voltaje máxima al acelerar al 100% es de 42,24 voltios, por lo tanto el consumo del amperaje desde el 25% hasta el 100% es de 30.8 A por lo que se recomienda no acelerar al 100% para mantener la autonomía

El triciclo monoplaza eléctrico cumple con las expectativas propuestas por los miembros de la Asociación de Discapitados de Cotopaxi "ADICO", alcanzando una distancia de recorrido de 42 km con una velocidad media de 35km/h y una velocidad máxima de 50km/h, suficiente para moverse en zonas urbanas ya que la velocidad máxima permitida en ciudades es de 50km/h.

La necesidad de transporte independiente, para las personas con discapacidades en sus extremidades inferiores residentes en la ciudad de Latacunga con este tipo de vehículo, ha sido de gran importancia; ya que es un triciclo monoplaza 100% eléctrico como alternativa de futuro gracias a la utilización de una energía limpia y eficiente como es la energía eléctrica.

REFERENCIAS

- [1] M. A. Acurio, «Obtenido de BIBLIOTECA UTPL,» 03 04 2013. [En línea]. Available: http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8020/1/Acurio_RecaIde_Monica_Anabelly.pdf. [Último acceso: 18 08 2015].
- [2] CONADIS, «Consejo Nacional Para la Igualdad de

Discapacidades.» Obtenido de Estadísticas de personas con discapacidad de Cotopaxi, 12 07 2014. [En línea]. Available: https://public.tableau.com/profile/javier.gaona#!/vizhome/DICAPA_CIDADESECUADOR/Discapacidades. [Último acceso: 07 08 2015].

- [3] IDAE, «Movilidad eléctrica.» Observatorio Tecnológico de la Energía, 12 01 2012. [En línea]. Available: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Movilidad_Electrica_ACC_c603f868.pdf. [Último acceso: 17 08 2015].
- [4] J. Larminie, Electric Vehicle Technology, USA: John Wiley & Sons Inc., 2003.
- [5] Regrabables, «Pasar pendientes en grados a porcentaje y al revés.» Regrabables, 24 06 2011. [En línea]. Available: <https://regrabables.wordpress.com/2011/06/24/pasar-pendientes-en-grados-a-porcentaje-y-al-reves/>. [Último acceso: 17 08 2015].
- [6] Kindler, Coeficiente dinámico entre caucho y asfalto, Bogotá: REBERTÉ S.A., 1986.
- [7] Wikipedia, «Altitud de Latacunga.» Wikipedia, 08 07 2015. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Latacunga>. [Último acceso: 18 08 2015].
- [8] Becerril, «Diseño de etapa de potencia y control para un motor brushless de CD con frenado regenerativo aplicado a una moto deportiva eléctrica.» 07 12 2014. [En línea]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3489/Tesis.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 18 08 2015].
- [9] L. Moya y L. Abatta, «Diseño, Adaptación Y Conversión De Una Motocicleta De 100 C.C. A Gasolina En Eléctrica.» 13 07 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6885/1/T-ESPE-047278.pdf>. [Último acceso: 18 08 2015].
- [10] D. Yumbo y P. Reyes, «Implementación de un motor eléctrico sobre el chasis de una motocicleta Yamaha TTR125.» 24 09 2012. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2915/1/UPS-CT002474.pdf>. [Último acceso: 18 08 2015].
- [11] Obtenido de Kelly Controls, «Obtenido de Kelly Controls.» 24 09 2008. [En línea]. Available: <http://kellycontroller.com/Electric-Scooter-Controller.php>. [Último acceso: 18 08 2015].
- [12] Roboteq, «Brushless DC motor controller.» 07 22 2015. [En línea]. Available: <http://www.roboteq.com/index.php/roboteq-products-and-services/brushless-dc-motor-controllers>. [Último acceso: 19 08 2015].
- [13] RENOAENERGÍA, S. A., «Baterías de ciclo profundo.» RENOAENERGÍA, S. A., 28 06 2015. [En línea]. Available: http://www.renova-energia.com/productos_baterias/index.html. [Último acceso: 18 08 2015].
- [14] R. Mott, Propiedades de los aceros estructurales, México D.F: Cámara Nacional De la Industria Mexicana., 2006.



Wilson Vargas, nació en Archidona Provincia de Napo en Ecuador. Es Ingeniero Automotriz en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE-Latacunga.



William Bonilla, nació en Salcedo Provincia de Cotopaxi en Ecuador. Es Ingeniero Mecánico en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Riobamba, dispone estudios de Posgrado en Gestión de Energías. Pertenece al Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" extensión Latacunga.



Freddy Salazar, nació en Latacunga provincia de Cotopaxi en Ecuador. Es Ingeniero Electromecánico en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Latacunga. Cuenta con un masterado en Gestión de la Energía de la Universidad Técnica de Cotopaxi Latacunga – Ecuador. Actualmente es docente del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" en la ciudad de Latacunga Ecuador.



Hernán Lara, nació en Guano Provincia de Chimborazo en Ecuador. Es Ingeniero Mecánico por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Riobamba, cuenta con una maestría en Diseño, Producción y Automatización Industrial en la Escuela Politécnica Nacional - Quito, actualmente cursa el segundo año del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en México en el área de Mecatrónica y Materiales Inteligentes. Pertenece al Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" campus Sangolquí.



Javier Ortiz, nació en la ciudad de Salcedo, Ecuador. Es Ingeniero Electromecánico de la ESPE Latacunga presta sus servicios profesionales como Fiscalizador Eléctrico en Petroamazonas Departamento de Facilidades Ingeniería y Construcción (FIC).



Mauricio Cruz, nació en Latacunga, Ecuador, Es ingeniero Automotriz, Diplomado en Autotrónica, Diplomado en Gestión del Aprendizaje Universitario, Docente Tiempo Parcial en la Escuela Politécnica del Ejército desde 2009. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica básica y manejo de software CAD.



Stalin Mena, nació en Ambato - Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, es docente Tiempo Parcial en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE desde 2008. Imparte servicios de asesoramiento, capacitación en el ámbito automotriz, compartiendo sus conocimientos teórico práctico a los estudiantes y promulgando la investigación científica y la vinculación con la colectividad.