



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRACCIÓN Y CONTROL ELÉCTRICO PARA UN CROSS CAR BIPLAZA TURÍSTICO”

AUTORES: ÁLVARO S. CAMACHO C.
 EDUARDO X. GUEVARA B.

DIRECTOR: ING FABIÁN SALAZAR
CODIRECTOR: ING. JUAN ROCHA

CONTENIDO

- ❖ Planteamiento del proyecto
- ❖ Diseño de componentes eléctricos
- ❖ Diseño e implementación de la transmisión
- ❖ Operación del vehículo
- ❖ Pruebas de funcionamiento
- ❖ Conclusiones
- ❖ Recomendaciones

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO



- ✓ Contaminación ambiental en áreas turísticas ecológicas
- ✓ Incremento turístico en el Ecuador
- ✓ Aumento e introducción de nueva tecnología en la movilidad a nivel mundial
- ✓ Transporte turístico ecológico y eficiente en áreas turísticas de la Ciudad de Baños

OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL

DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO PARA UN CROSS CAR.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar los acumuladores y accesorios eléctricos factibles para ser usados .
- Diseñar el módulo de transmisión del Cross-car.
- Analizar el comportamiento dinámico y estático del Cross-car.
- Realizar pruebas del Cross en carretera para determinar su eficiencia y autonomía
- Elaborar un manual de conducción y mantenimiento del Cross

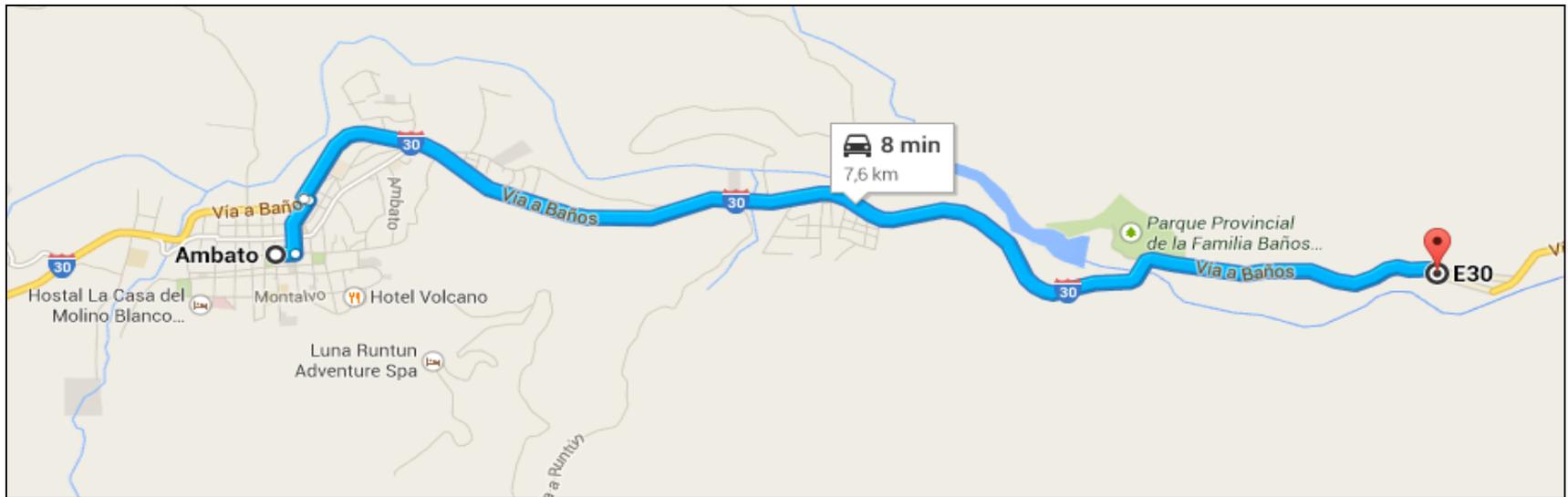
RESUMEN DEL PROYECTO

- Implementar un vehículo tipo Cross-car con propulsión completamente eléctrica en la Ciudad de Baños de Agua Santa en la Provincia de Tungurahua, por pedido y auspicio de la Alcaldía de ésta ciudad.
- El vehículo eléctrico brindará servicio de transporte turístico, con capacidad para dos personas en los recorridos establecidos por la Alcaldía para este tipo de vehículos.
- Utilizamos un motor eléctrico que utiliza la energía de un conjunto de baterías recargables, y a su vez el motor contará con la función de freno regenerativo para mayor eficiencia.
- La recarga de energía del conjunto de baterías se lo hará con un cargador de baterías portátil que se conecta a un toma corriente común de 110 V.
- El vehículo es de fácil manejo para turistas nacionales y extranjeros que tengan licencia para conducir vehículos pequeños en adelante.



DISEÑO DE COMPONENTES ELÉCTRICOS

RUTA DONDE CIRCULARÁ EL VEHÍCULO



DISTANCIA TOTAL DEL RECORRIDO = 15.2 Km

7.6 Km descenso 7.6 Km de pendiente

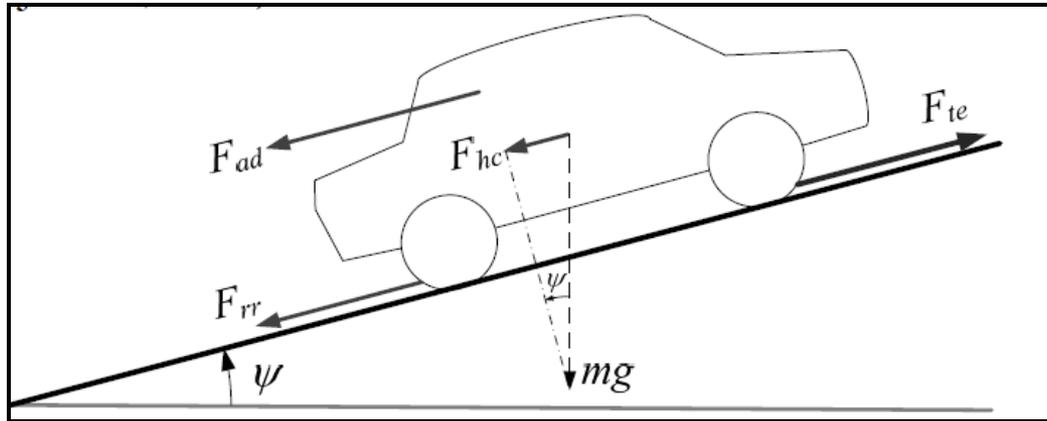
GRADO DE PENDIENTE MAXIMO = 10% (6°)

TEMPERATURA AMBIENTE = 18°C

ALTURA = 1860 msnm

CÁLCULO DEL POTENCIA DEL MOTOR

FUERZAS ACTUANTES SOBRE EL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN PENDIENTES



En donde:

F_{te} = fuerza de tracción que es la que impulsa al vehículo eléctrico.

F_{rr} = fuerza de fricción entre la superficie a rodar y los neumáticos

F_{ad} = fuerza de fricción con el viento

F_{hc} = Componente del peso del vehículo a lo largo de la pendiente

FUERZA DE FRICCIÓN ENTRE LA SUPERFICIE A RODAR Y LOS NEUMÁTICOS

$$F_{rr} = \mu_{rr} \cdot m \cdot g \cdot \cos(\psi)$$

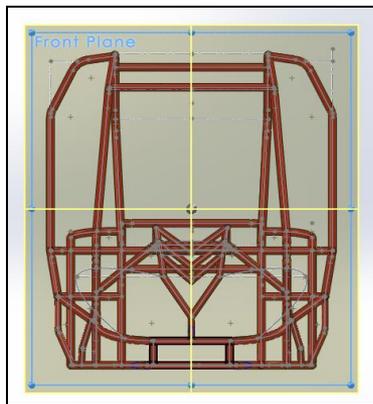
$$F_{rr} = 0.015 \cdot (420kg) \cdot \left(\frac{9.8m}{s^2}\right) \cdot \cos(5.71^\circ)$$

$$F_{rr} = 61.433N$$

FUERZA DE FRICCIÓN CON EL VIENTO

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot C_d \cdot v^2$$

$$F_{ad} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1.0236kg}{m^3}\right) \cdot (2.028m^2) \cdot (0.6) \cdot \left(\frac{6.95}{s}\right)^2$$



SECCIÓN TRANSVERSAL DEL VEHÍCULO

COMPONENTE DEL PESO DEL VEHÍCULO EN LA PENDIENTE

$$F_{hc} = m \cdot g \cdot \sin(\psi)$$

$$F_{hc} = 420Kg \cdot 9.8m/m^2 \cdot \sin(5.71^\circ)$$

$$F_{hc} = 409.515N$$

COMPONENTE	PESO EN KG
Carrocería	105
Baterías	148
Motor eléctrico	17
Pasajeros	150
TOTAL	420

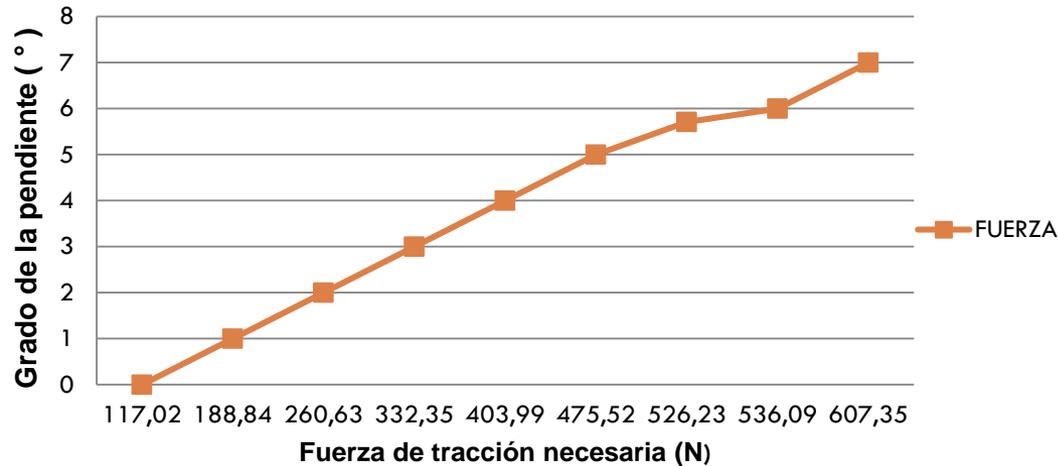
FUERZA DE TRACCIÓN ELÉCTRICA TOTAL

$$F_{te} = m \cdot a + F_{rr} + F_{ad} + F_{hc} \quad \text{Ec.5}$$

$$F_{te} = (420kg) \cdot \left(\frac{0.06m}{m^2}\right) + 61.433N + 30.08N + 409.515N$$

$$F_{te} = 526.23N$$

FUERZA DE TRACCIÓN ELÉCTRICA TOTAL DE ACUERDO AL GRADO DE PENDIENTE



CÁLCULO DE POTENCIA

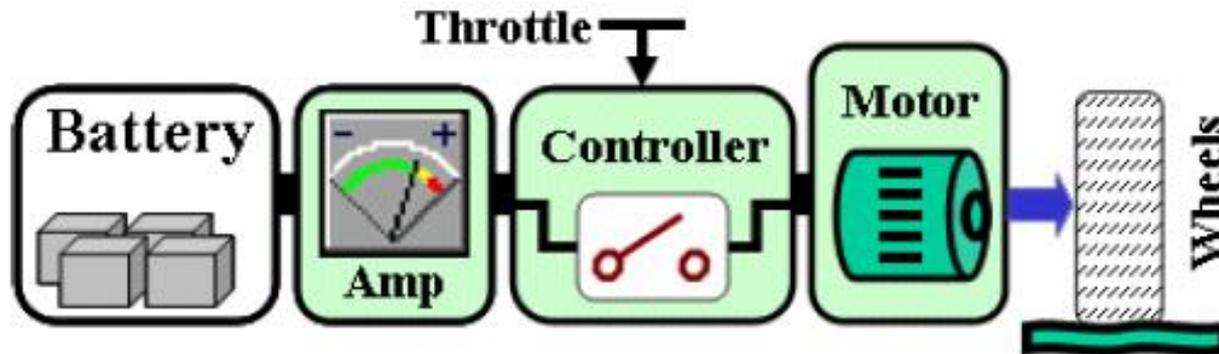
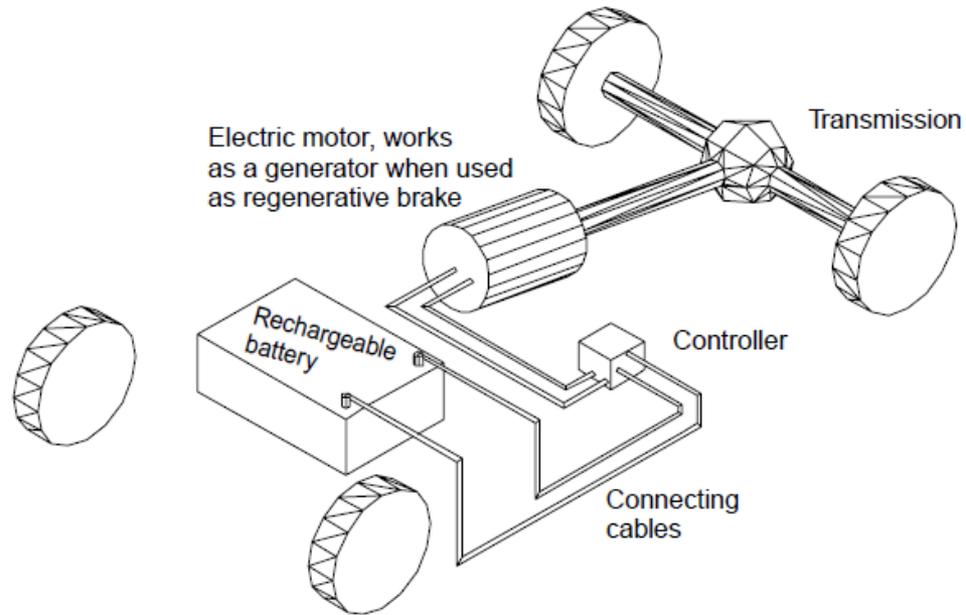
$$P_{calculada} = F_{te} \cdot V_{\max}$$
$$P_{calculada} = 526.23 \text{ N} (8.33 \text{ m/s}^2)$$
$$P_{calculada} = 4383.50 \text{ W}$$

$$P_{motor} = \frac{P_{calculada}}{\text{eficiencia}}$$
$$P_{motor} = \frac{4383.50 \text{ W}}{0.80}$$
$$P_{motor} = 5479.37 \text{ W} = 5.47937 \text{ kW}$$

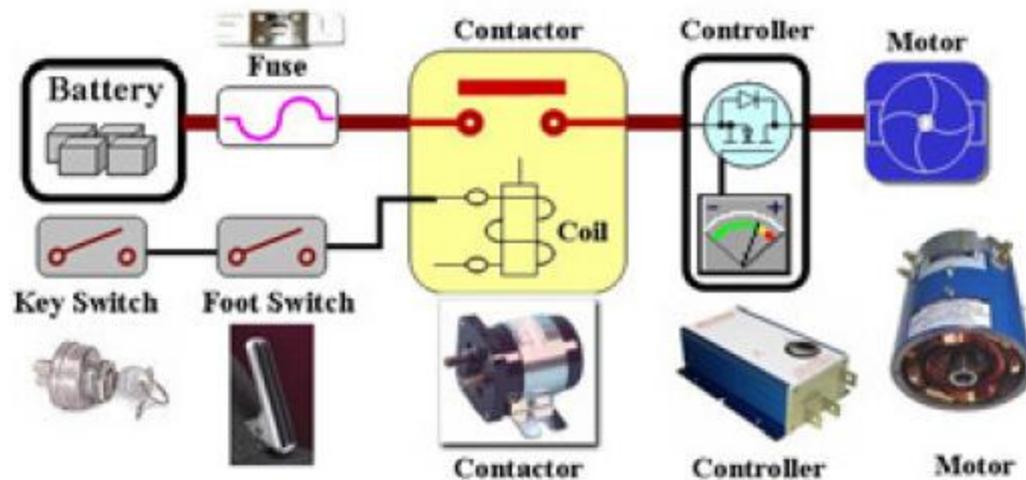
Suponiendo que existan pérdidas de energía de un 20%, es decir una eficiencia del motor de un 80% .

Potencia requerida para el motor es de 5.47 KW

ESQUEMA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO



ELEMENTOS ELÉCTRICOS NECESARIOS



- MOTOR ELÉCTRICO
- BATERÍAS
- CONTROLADOR DEL MOTOR ELÉCTRICO
- ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL CIRCUITO
- INDICADORES DE CONTROL DE FUNCIONAMIENTO

MOTOR ELÉCTRICO SELECCIONADO (ME1003)

- Rotación máxima 5000 RPM a 72 V y 2600 rpm a 48V.
- Motor Corriente máxima: 400 A/1 min.
- Potencia 6KW nominales y 9KW máximos @ 48V; 12KW nominales y 22KW máximos @ 72V.
- Torque máximo 240 lb-in o 27.15 Nm a 48V.
- Voltaje: 48 a 72 V.
- Eficiencia 90%.
- Diseñado con un ventilador interno para su enfriamiento.
- Capacidad del motor de funcionar como freno regenerativo.
- Peso: 17 Kg.
- Diámetro. 20 cm y 30 cm de profundidad permite impulsar vehículos de hasta 600 Kg



SELECCIÓN DE BATERÍAS

- Alta potencia específica
- Prolongado ciclo de vida
- Bajo costo
- Seguridad
- Mantenimiento simple
- Habilidad para proporcionar una correcta estimación de la energía remanente
- Baja auto descarga
- Habilidad para ser recargada rápidamente.
- Habilidad para ser reciclada

TIPOS DE BATERÍAS

Tipo de baterías	Energía (Wh/kg)	Energía/Volumen (Wh/litro)	Potencia/Peso (W/kg)	Número de ciclos	Eficiencia energética %
Zebra (NaNiCl)	125	300	➤ 3000	1000	92.5
Polímero de Litio	200	300	1800	1000	90.0
Iones de litio	125	270	250-1000	1000	90.0
Niquel-Hidruro metálico(NiMH)	70	140-300	150	1350	70.0
Niquel Cadmio (NiCd)	60	50-150	150	1350	72.5
Plomo-ácido	40	60-75	150	600	82.5

CÁLCULO DEL BANCO DE BATERÍAS

$$I_{baterías} = \frac{P_{Motor} \times \eta_{motor}}{V_{Banco} (\%descarga)}$$

$$I_{baterías} = \frac{6000W(0.9)}{48 V (0.8)}$$

$$I_{baterías} = 140.625 A$$

Donde:

P_{motor} = potencia del motor DC.

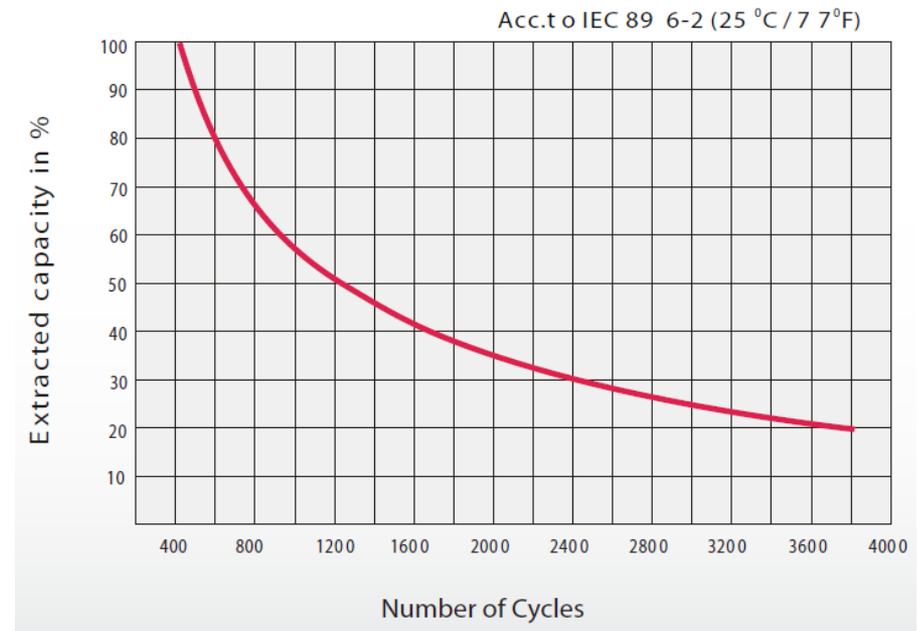
η_{motor} = eficiencia del motor DC.

V_{banco} = voltaje del banco de baterías

% descarga = es la capacidad de descarga de la batería que se va utilizar.

CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS SELECCIONADAS

BATERÍAS	EXCIDE	ULTRACELL	ULTRACELL
Capacidad (Ah)	140	120	100
Voltaje (V)	12	12	12
Peso (kg)	48	37	31
Medidas (mm)	513 x 223 x 223	240 x 177 x 225	330 x 173 x 212
Capacidad específica(Wh/ kg)	35	38.92	38.70



CÁLCULO DE AUTONOMÍA

Haciendo referencia que el cross car funcionará entre rectas, descensos y pendientes con un consumo promedio de 100 A y una velocidad promedio de 25 Km/h y conociendo que la capacidad de las baterías seleccionadas es 120 Ah entonces la autonomía queda determinada por :

$$\textit{Autonomía} = \frac{C_{BATERÍA} \times V_{promedio}}{C_{PROMEDIO}}$$

$$\textit{Autonomía} = \frac{120\text{Ah} \times 25\text{km}}{100 \text{ A } \quad \text{h}}$$

$$\textit{Autonomía} = 30 \text{ Km}$$

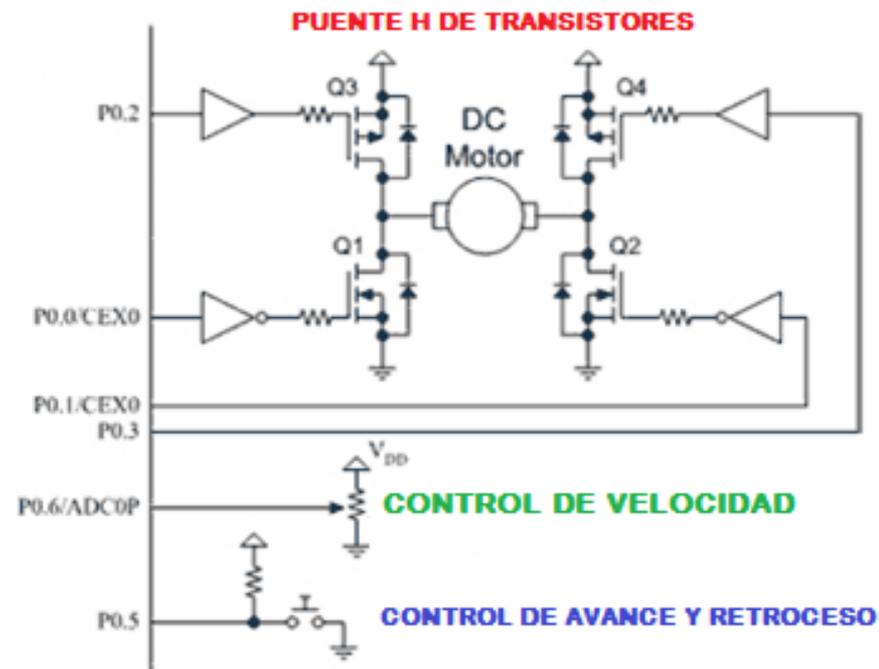
CONTROLADOR DEL MOTOR ELÉCTRICO

FUNCIONES



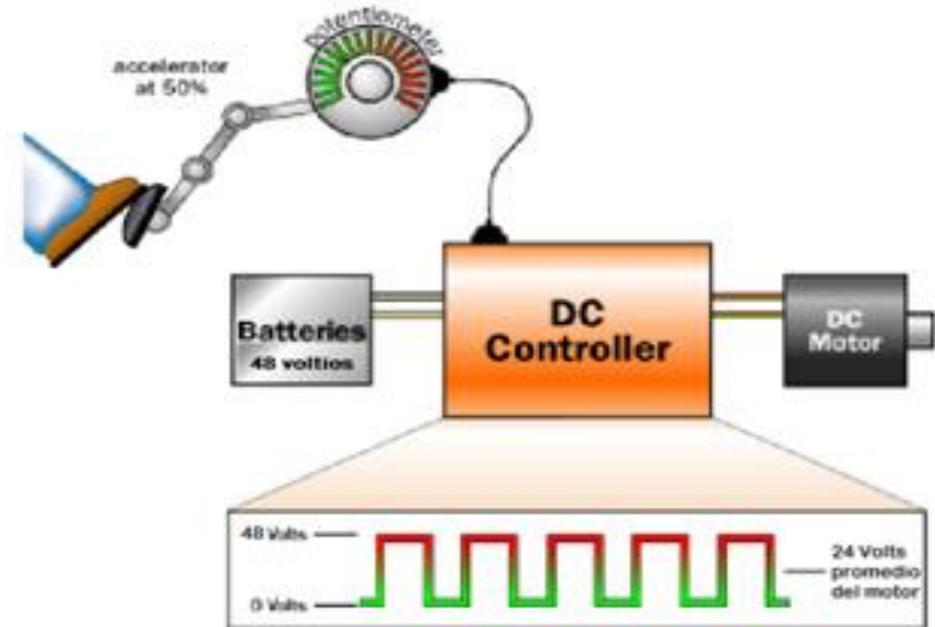
- Inversión de giro del motor (avance y retroceso de la marcha de vehículo)
- Capacidad de controlar la función de regeneración de energía del motor-generator cuando el motor no reciba carga.
- Funciona con 48VCC y será capaz de entregar una corriente de hasta 300 Amperios siendo esta corriente la que el motor consuma cuando se encuentre funcionando a su potencia máxima.
- Debe soportar altas temperaturas y tener su propio sistema de refrigeración.

El controlador para cumplir con las funciones expuestas hace uso de microprocesador que hace:
Control PWM (modulación por ancho de pulsos)
Controla a un conjunto de transistores MOSFET de alta potencia dispuestos en forma de H con un funcionamiento en cuatro cuadrantes para lograr eficiencias de hasta el 97%.



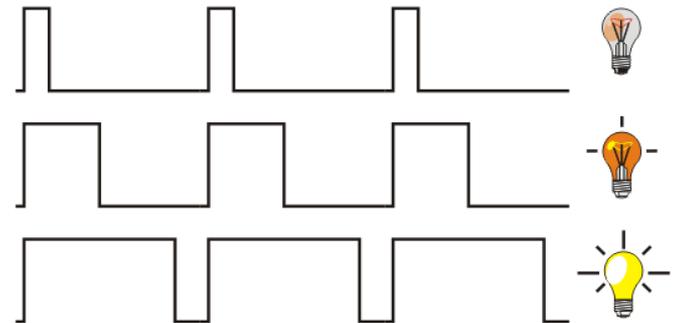
SEÑALES DE ENTRADA AL CONTROLADOR

- ❖ Interruptor de encendido principal
- ❖ Posición del pedal del acelerador con una resistencia variable de configuración ascendente y descendente.
- ❖ Interruptores de posición de la palanca de selección de avance y retroceso.



SEÑALES DE SALIDA DEL CONTROLADOR

- ❖ Corriente hacia las baterías
- ❖ Información sobre la medida del voltaje y amperaje del sistema
- ❖ Luces indicadoras en el controlador para conocer el estado de la carga de baterías y fallas en el sistema.



FASES DE CONTROL DEL MOTOR ELÉCTRICO

El motor impulsa al vehículo hacia adelante

El vehículo impulsa al motor-generador haciéndolo girar

El vehículo sube por una pendiente

El vehículo baja por una pendiente

(A) PRIMER CUADRANTE (B) SEGUNDO CUADRANTE

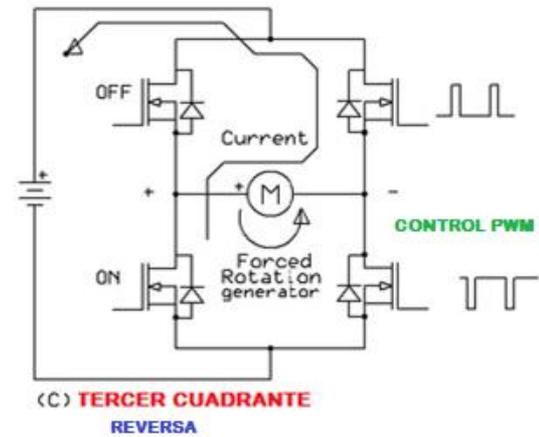
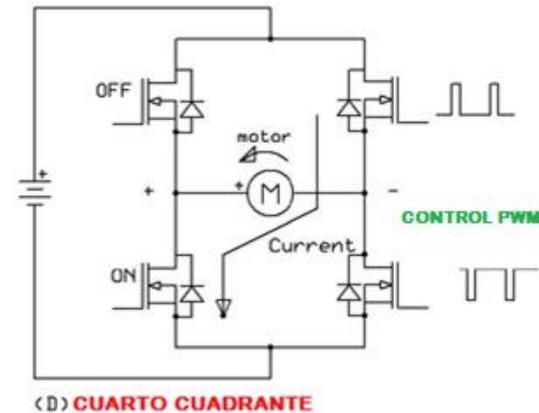
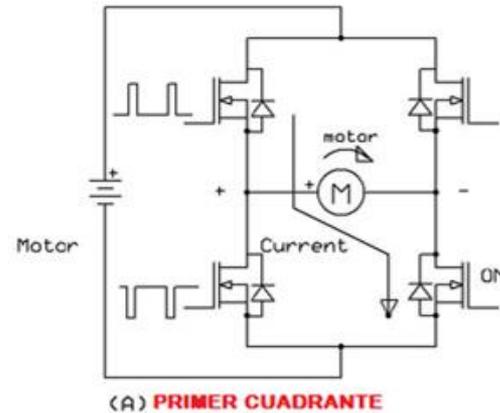
El vehículo impulsa al motor-generador en reversa

El motor impulsa al vehículo hacia atrás

El vehículo rueda hacia atrás siguiendo la pendiente

El vehículo conduce | Generator atrás siguiendo la pendiente

(C) TERCER CUADRANTE (D) CUARTO CUADRANTE

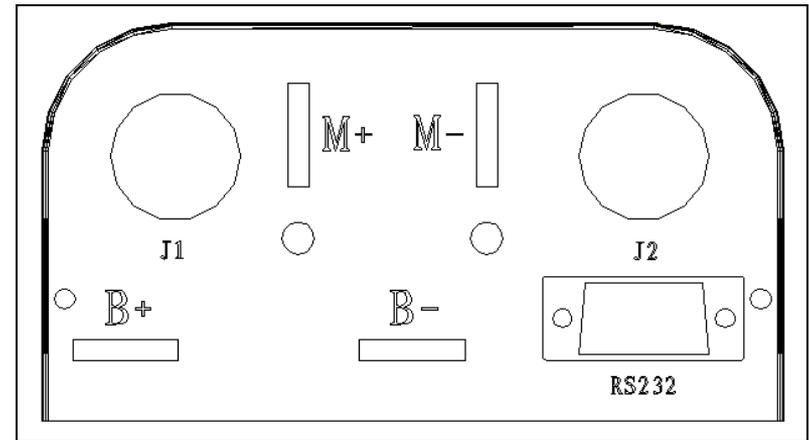


SELECCIÓN DEL CONTROLADOR

Kelly Full Bridge Permanent Magnet DC Motor Controller					
Model	1 minute Current	Continuous Current	Rated Voltage	Voltage Range	Regen
PM24101	100A	40A	24V	12V-24V	Yes
PM24201	200A	80A	24V	12V-24V	Yes
PM24301	300A	120A	24V	12V-24V	Yes
PM36101	100A	40A	36V	24V-36V	Yes
PM36201	200A	80A	36V	24V-36V	Yes
PM48101	100A	40A	48V	24V-48V	Yes
PM48201	200A	80A	48V	24V-48V	Yes
PM48301	300A	120A	48V	24V-48V	Yes
PM48401B	400A	160A	48V	24V-48V	Yes
PM48501B	500A	200A	48V	24V-48V	Yes
PM72101	100A	40A	72V	24V-72V	Yes
PM72201	200A	80A	72V	24V-72V	Yes
PM72301	300A	120A	72V	24V-72V	Yes
PM72401B	400A	160A	72V	24V-72V	Yes
PM72501B	500A	200A	72V	24V-72V	Yes
PM12101H	100A	40A	120V	24V-120V	Yes
PM12201H	200A	80A	120V	24V-120V	Yes

CONEXIONES DEL CONTROLADOR

- ❖ Los terminales M+ y M- del controlador van conectados a los polos del motor positivo y negativo del motor respectivamente.
- ❖ Los terminales B+ y B- corresponden su conexión a los terminales del banco de baterías con sus polaridades respectivas.
- ❖ Conector J1 es para la entrada y salidas de señales desde y hacia el controlador.
- ❖ RS232 conexión para el computador para configuración de la programación del controlador.



VISTA SUPERIOR DEL CONTROLADOR KELLY CONTROL

PROTECCIONES DEL CIRCUITO

CONTACTOR

Cuando el conductor gira la llave a la posición de partida, el contactor cierra el circuito permitiendo el flujo de corriente hacia el motor, funcionando como un relé evitando que se produzca un arco eléctrico entre los contactos en los que se busca conectar para transmitir corriente.



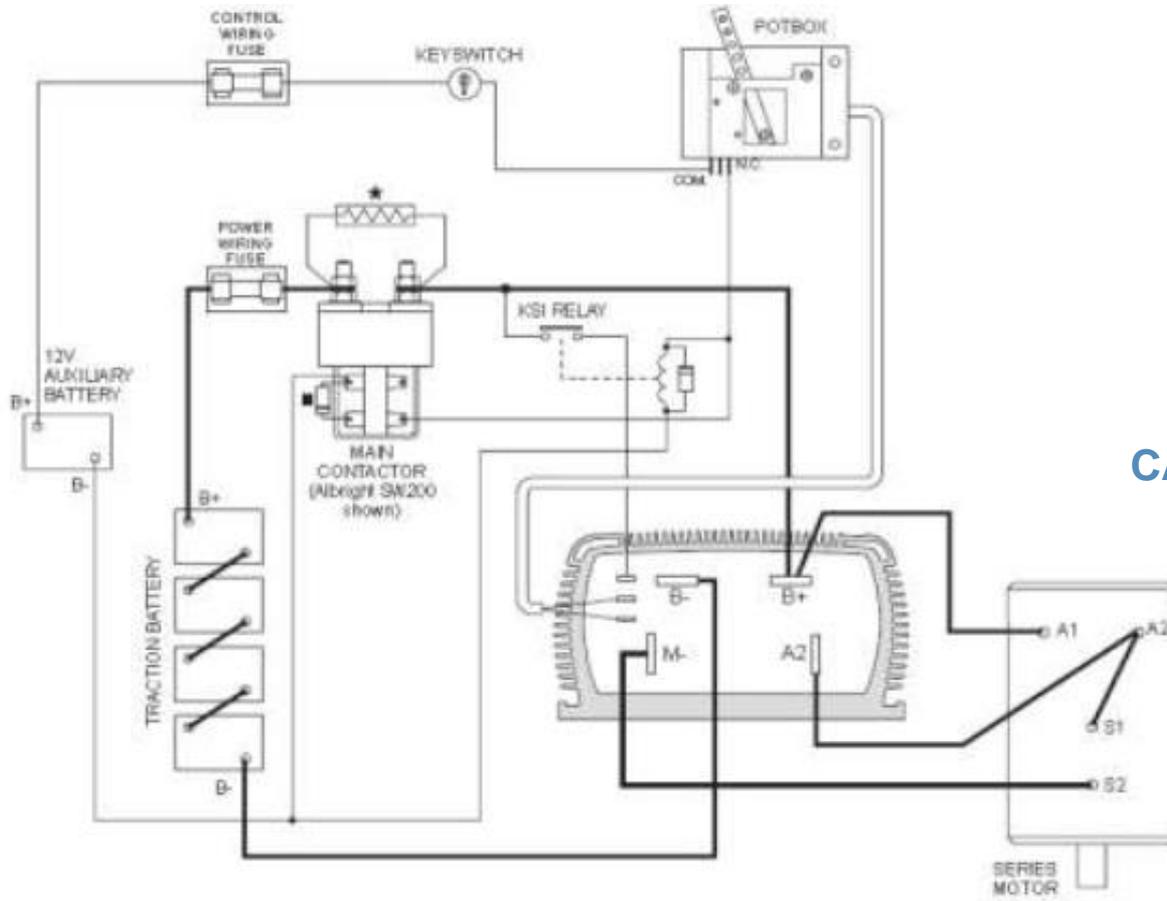
CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR

Voltaje 48 V

Corrientes de hasta a 300 A

FUSIBLES

Se los coloca entre el elemento que se quiere proteger y la fuente de corriente.



CÁLCULO DE LOS FUSIBLES

$$f = \frac{140 (A)}{0.9}$$

$$f = \frac{I \text{ totales}}{0.9}$$

$$f = 155.56 (A)$$

PARO DE EMERGENCIA

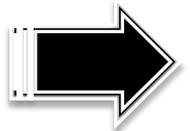
En caso que ocurra alguna anomalía durante el manejo del vehículo, se necesita un dispositivo que corte instantáneamente la corriente de las baterías hasta el controlador para que éste deje de funcionar, para esto se necesita un paro de emergencia que controle uno de los contactos del contactor.



CARACTERÍSTICAS DEL PARO DE EMERGENCIA

Voltaje 48 V

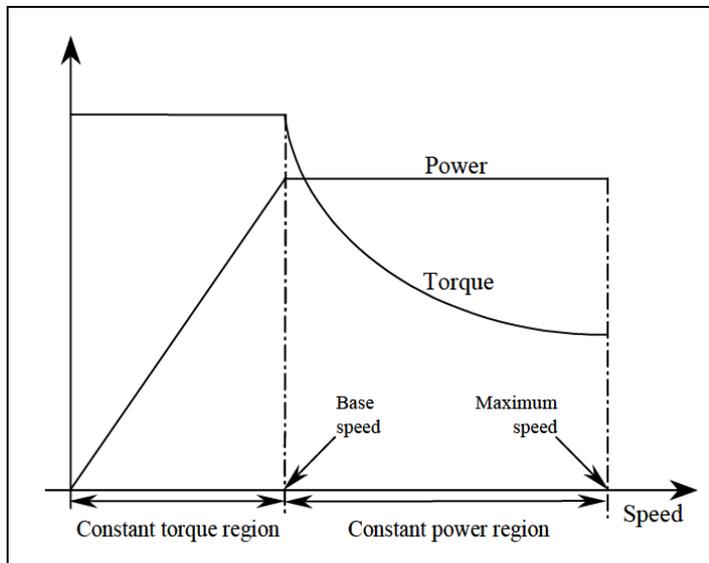
Corrientes de hasta 25A



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA TRANSMISIÓN

FUNCIONES DEL MOTOR ELÉCTRICO

- Controlar el giro del motor (sentido de giro del eje)
- Control de velocidad de rotación del giro del motor
- Freno dinámico utilizando la fuerza electromotriz (freno regenerativo)



Comportamiento del motor eléctrico

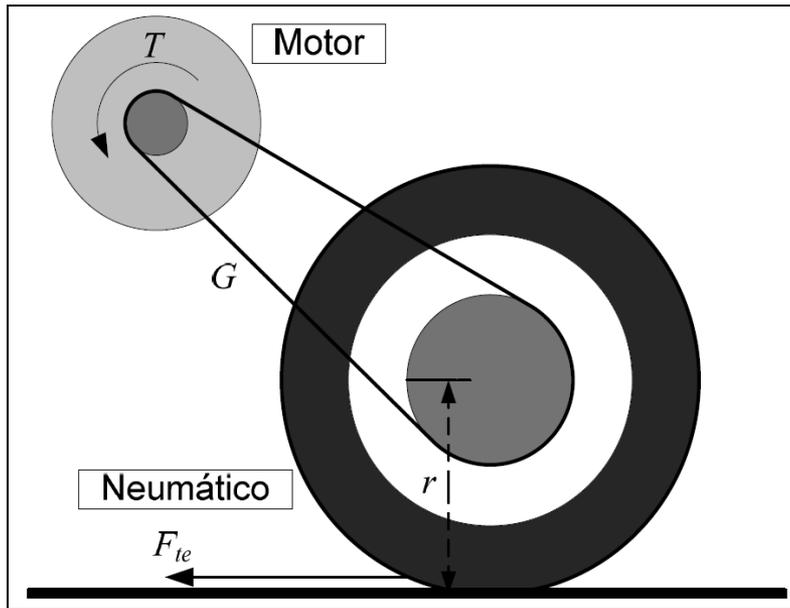
CARACTERÍSTICAS DE LA TRANSMISIÓN

- Transmisión de relación fija directa.
- No necesita reversa
- No tiene diferencial
- Transmisión posterior

CÁLCULO DEL TORQUE NECESARIO EN LAS RUEDAS

$$\begin{aligned}T_{rueda} &= F_{te} \cdot r_{rueda} \\T_{rueda} &= 526.23N (0.2 m) \\T_{rueda} &= 105.25Nm\end{aligned}$$

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN



$$T_{Motor} = \frac{r_{rueda}}{n_g \cdot G} \cdot F_{te}$$

$$T_{Motor} = 27.12 Nm$$

$$G = \frac{105.25Nm}{0.95 (27.12Nm)} \quad \mathbf{G = 4.08}$$

T_{Motor} = torque del motor necesario para impulsar el cross car

$T_{regeneración}$ = torque generado en el motor cuando está sin carga eléctrica y sirve para la etapa de regeneración de energía.

r_{rueda} = Radio de giro de la rueda impulsora (rueda posterior que estará conectada al motor eléctrico que mide 0.20m).

n_g = eficiencia de la transmisión elegida en el cross car. (0.95)

G = relación de transmisión entre el motor y las ruedas impulsoras

F_{te} = Fuerza de tracción eléctrica (fuerza del motor)

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD MÁXIMA

Velocidad angular del motor

$$W_{motor} = \frac{2600 \text{ rev}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 272.27 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Velocidad angular de la ruedas

$$W_{rueda} = \frac{W_{motor}}{G} (n_g)$$

$$W_{rueda} = \frac{\frac{272.27 \text{ rad}}{\text{s}}}{4.08} \cdot (0.95) = 63.4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$V_{rueda} = W_{rueda} (r_{rueda})(3.6)$$

$$V_{rueda} = 63.4 \frac{\text{rad}}{\text{s}} (0.2 \text{ m}) (3.6 \frac{\text{km} \cdot \text{s}}{\text{m} \cdot \text{h}})$$

$$V_{rueda} = 45.648 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

SELECCIÓN DE LA CADENA

Para seleccionar una cadena es preciso conocer las condiciones de funcionamiento a las que se va a enfrentar que principalmente son:

- La potencia a transmitir.
- La velocidad de giro del eje motor y del conducido.
- Las condiciones de trabajo, las cuales harán que la potencia a transmitir sea mayor con un factor de servicio.

Potencia máxima del motor = 9 KW

Velocidad de giro del eje motor= 2500 rpm

Velocidad del eje conducido= 650 rpm

Cálculo de la potencia de diseño

$$P_{diseño} = P_{motor} (n_g)(Ks)$$

$$P_{diseño} = 9KW(0.9)(1,3)$$

$$P_{diseño} = 10.53KW$$

P_{motor} = Potencia del motor

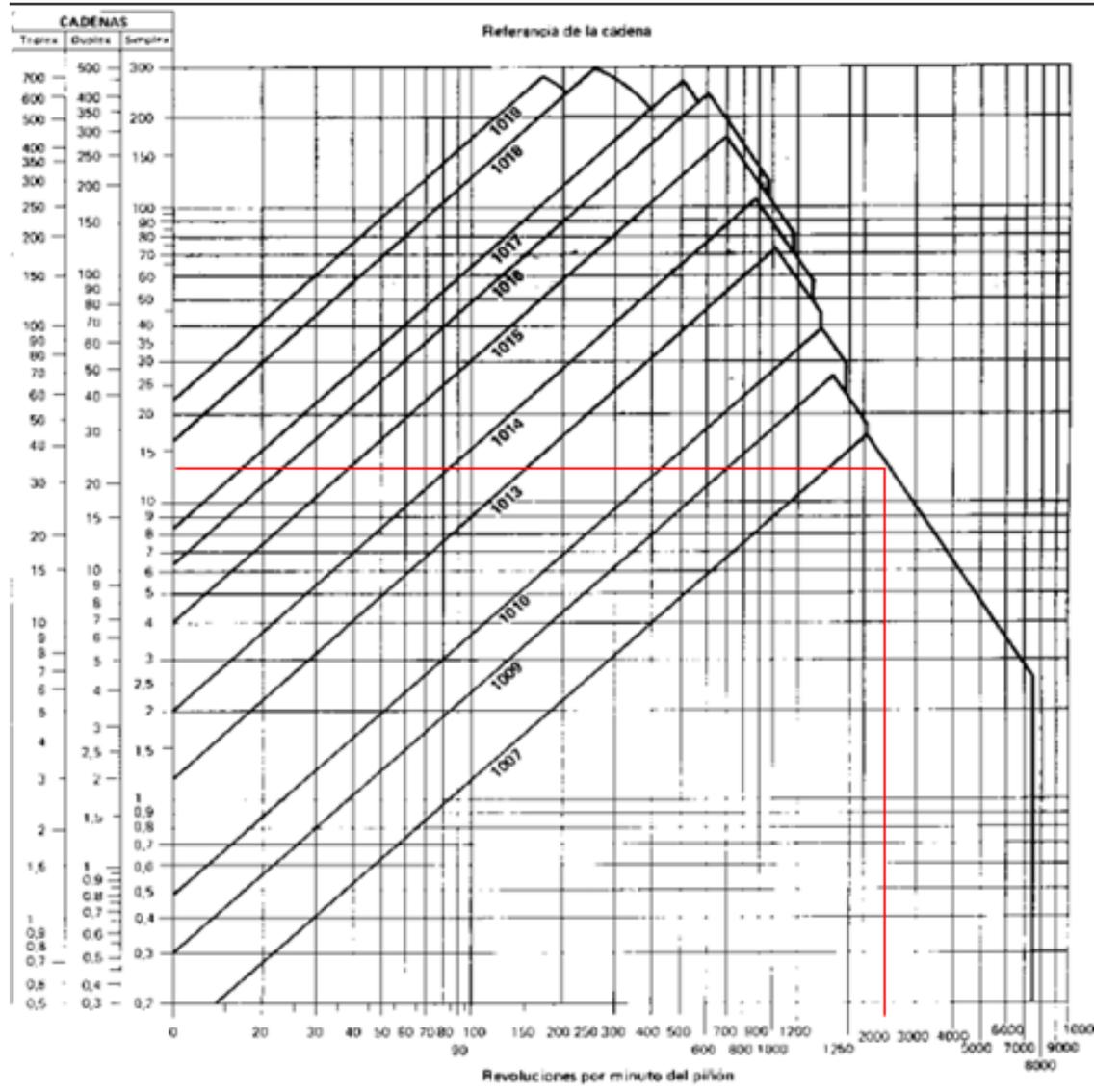
Ks = Factor de servicio seleccionado (1.3)

n_g = eficiencia del motor

FACTOR DE SERVICIO DE LA TRANSMISIÓN

Tipo de Carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramientas grúas, transportadores pesados, mezcladores de alimentos, molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillo, transportadores alternos, accionamiento de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

SELECCIÓN DE LA CADENA



DATOS DE ENTRADA PARA LA GRÁFICA

Potencia de diseño de 10,53 KW es igual a 14.32CV,

Ubicamos en cadena simple a 2500 revoluciones (revoluciones máximas del motor eléctrico.)

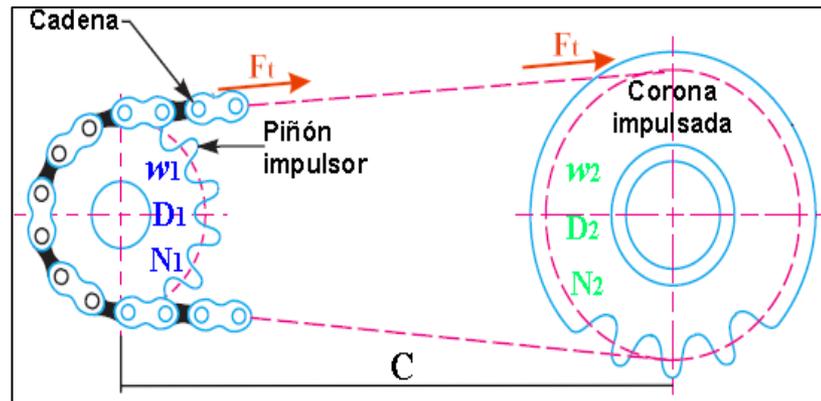
<i>Ref. N°</i>	<i>PASO P mm. Pulg.</i>	<i>ancho int. A. mm.</i>	<i>Ø rod. D. mm.</i>	<i>Carga rotura Kgs.</i>	<i>Peso Kgs. por m.</i>
1000-S.	9'52 - 3/8"	3'94	6'35	1.000	0'380
1001-S.	9'52 - 3/8"	5'72	6'35	1.000	0'400
1002-S.	12'70 - 1/2"	3'30	7'75	875	0'300
1003-S.	12'70 - 1/2"	4'88	7'75	1.400	0'460
1004-S.	12'70 - 1/2"	6'40	7'75	1.800	0'610
1005-S.	12'70 - 1/2"	5'21	8'51	2.000	0'650
1006-S.	12'70 - 1/2"	6'40	8'51	2.000	0'680
1007-S.	12'70 - 1/2"	7'75	8'51	2.000	0'730
1008-S.	15'88 - 5/8"	6'48	10'16	2.500	0'840
1009-S.	15'88 - 5/8"	9'65	10'16	2.500	0'960
1010-S.	19'05 - 3/4"	11'68	12'07	3.200	1'230
1011-S.	19'05 - 3/4"	12'70	11'90	3.900	1'600
1012-S.	25'40 - 1"	12'70	12'70	3.900	1'330
1013-S.	25'40 - 1"	17'02	15'88	6.500	2'670
1014-S.	31'75 - 1 1/4"	19'56	19'05	10.000	3'300
1015-S.	38'10 - 1 1/2"	25'40	25'40	22.000	7'680
1016-S.	44'45 - 1 3/4"	30'99	27'94	25.000	9'450
1017-S.	50'80 - 2"	30'99	29'21	26.000	8'950
1018-S.	63'50 - 2 1/2"	38'10	39'37	43.000	16'040
1019-S.	76'20 - 3"	45'72	48'26	65.000	25'310

Necesitamos una cadena de 12,7mm de paso que corresponde a una cadena de 1/2 pulgada con una resistencia a la carga de 2000kg. Esta cadena corresponde a una cadena número 40 en la norma ANSI.

SELECCIÓN DE LOS PIÑONES

Los piñones para la cadena 1007S se detallan en la siguiente tabla, debemos encontrar un par de piñones que satisfagan la relación de transmisión de 4:1 calculada.

Una norma de selección de los piñones es que uno debe ser impar y el otro debe ser un número par para que el desgaste de los piñones sea homogéneo. Por recomendación se debe utilizar el número impar en el piñón conductor.



PIÑÓN CONDUCTOR

Ref Nº	Z	D_p mm.	D_e mm.	D_g mm.	$\varnothing A$ mm.	B mm.
1001 13S	13	39'80	44	27	12	30
1001 15S	15	45'81	50	33	12	30
1001 17S	17	51'84	56	39	12	30
1001 19S	19	57'87	62	45	12	30
1001 21S	21	63'91	68	51	12	30
1001 23S	23	69'95	74	57	12	30
1001 25S	25	76	80	63	12	30
1001 27S	27	82'05	86	69	12	30
1001 30S	30	91'12	95	79	12	30
1001 38S	38	115'34	119	70	20	36
1001 57S	57	172'91	177	70	20	36
1001 76S	76	230'49	234	75	20	36
1001 95S	95	288'08	291	75	20	40
1001 114S	114	345'68	349	80	25	46

PIÑÓN CONDUcido

Seleccionamos entonces un par de piñones que nos dan entre sí, exactamente la relación necesaria con las siguientes características:

PIÑÓN CONDUCTOR: 19 dientes

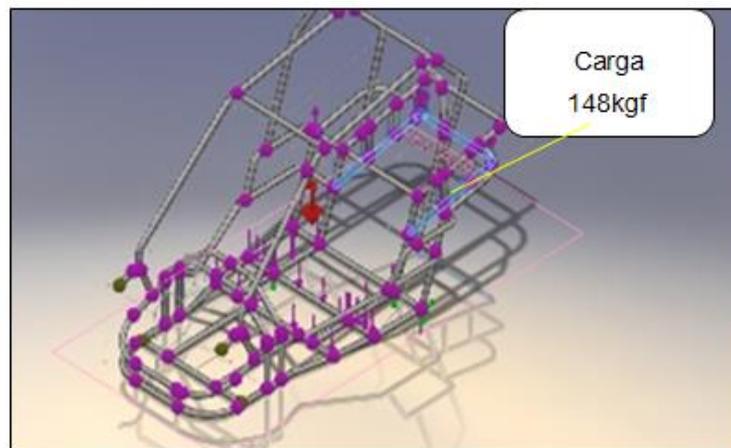
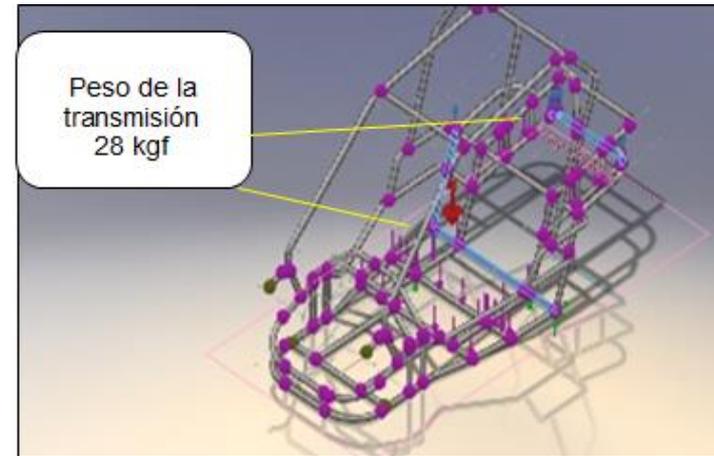
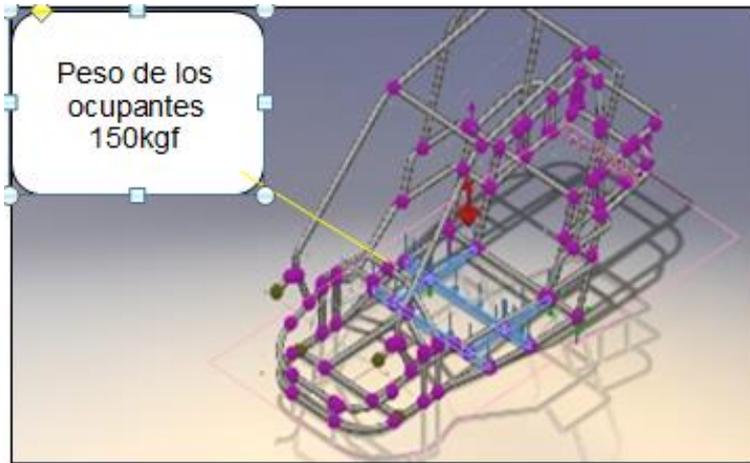
PIÑÓN CONDUcido: 76 dientes

DISTANCIA ENTRE CENTROS DE LOS EJES

PASO	Pulg (mm)	$\frac{3}{8}$ 9,525	$\frac{1}{2}$ 12,70	$\frac{5}{8}$ 15,875	$\frac{3}{4}$ 19,05
DISTANCIA ENTRE CENTROS	(mm)	450	600	750	900
PASO	Pulg (mm)	$1\frac{1}{2}$ 38,10	$1\frac{3}{4}$ 44,45	2 50,80	$2\frac{1}{2}$ 63,50
DISTANCIA ENTRE CENTROS	(mm)	1350	1500	1700	1800

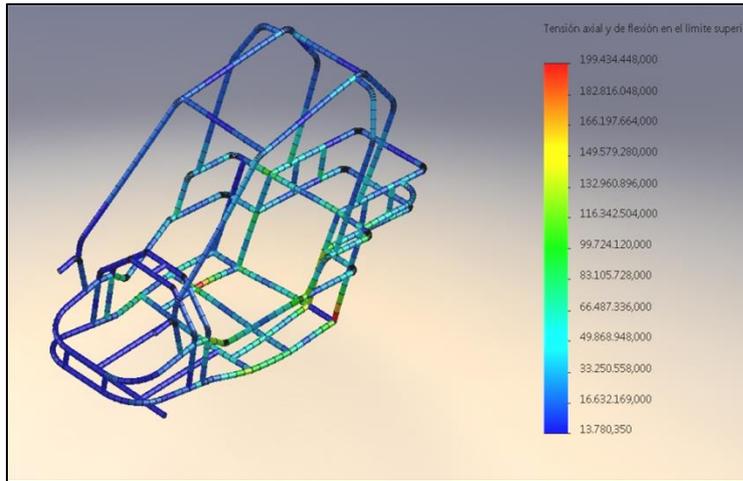
La distancia entre centros recomendada para una cadena de $\frac{1}{2}$ pulgada de paso, que nos da una distancia de 600 mm, que será tomada en cuenta para la ubicación del motor y la transmisión.

ANÁLISIS DE CARGAS EN EL CHASIS

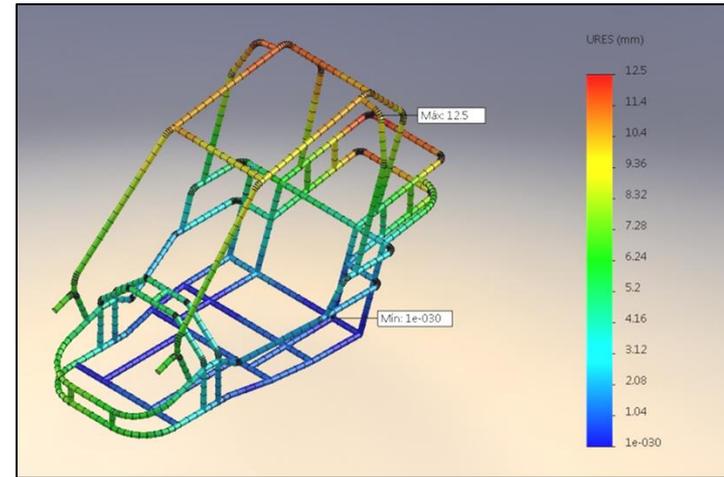


- Gravedad
- Peso de los ocupantes
- Carga de las baterías
- Peso de la transmisión

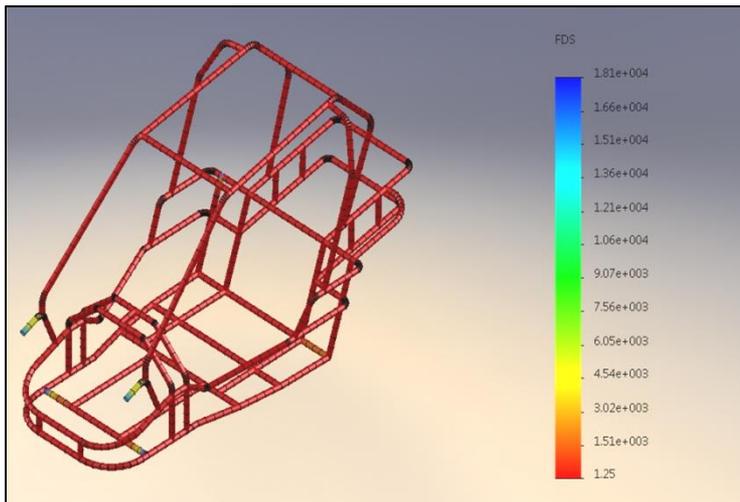
ANÁLISIS DE DISEÑO DEL CHASIS



Análisis de Von Mises



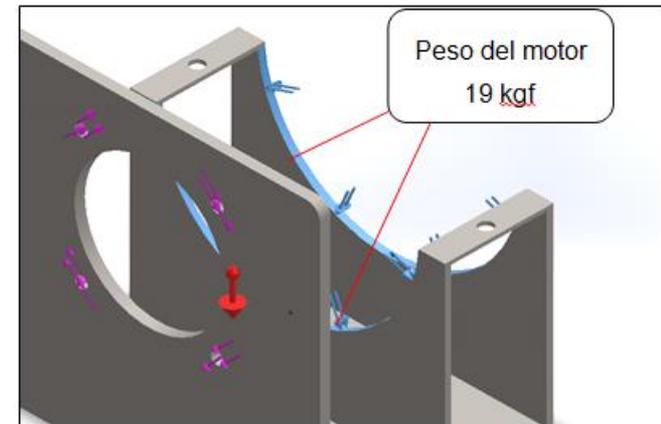
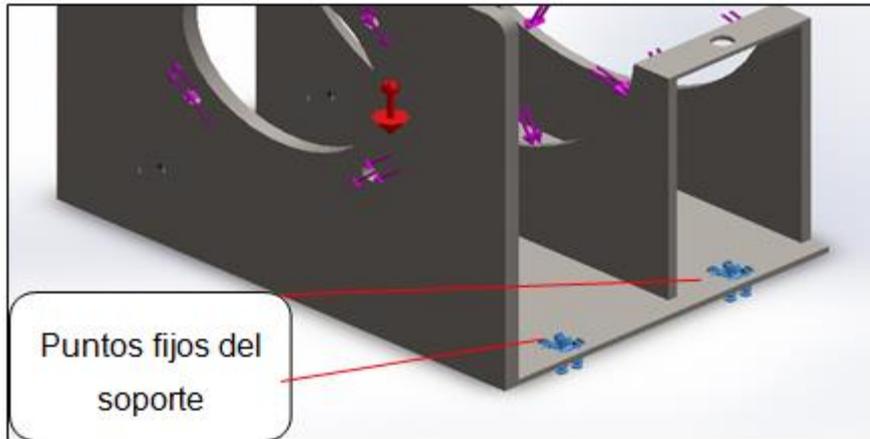
Deformación máxima



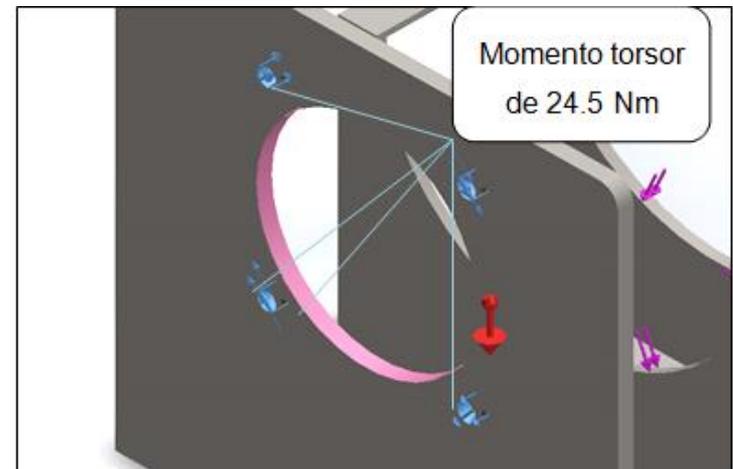
Factor de seguridad

Esfuerzo de Von Mises calculado	1.99434e+008 N/m²
Número total de elementos	935
Número total de nodos analizados	1535
Desplazamiento máximo	12.4753 mm
Factor de seguridad	1.25354

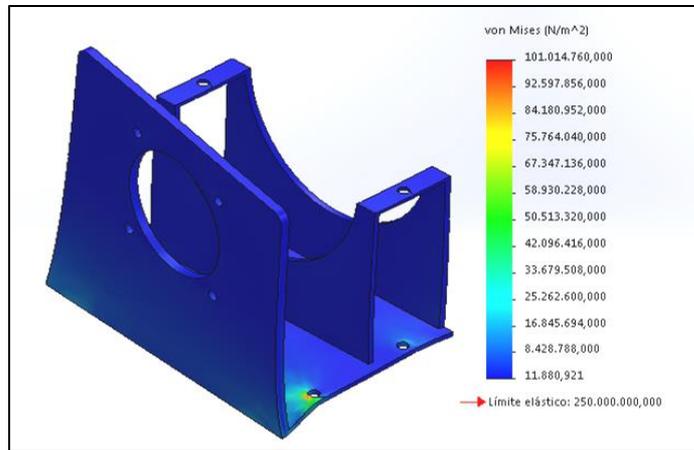
ANÁLISIS DE CARGAS DEL SOPORTE-TRANSMISIÓN



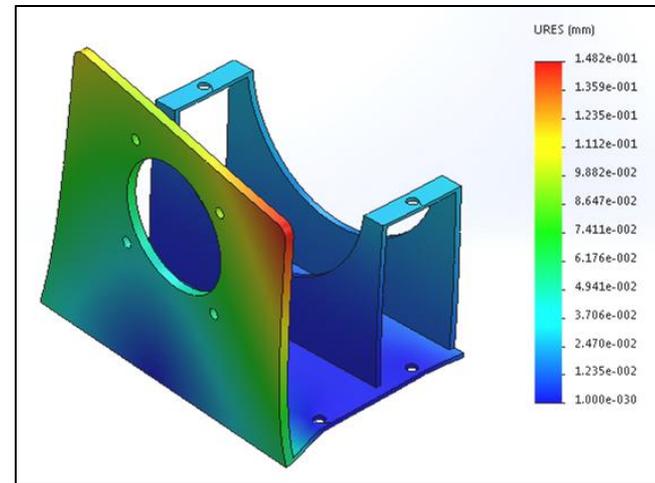
- Peso del motor eléctrico
- Momento de giro en las sujeciones del motor eléctrico



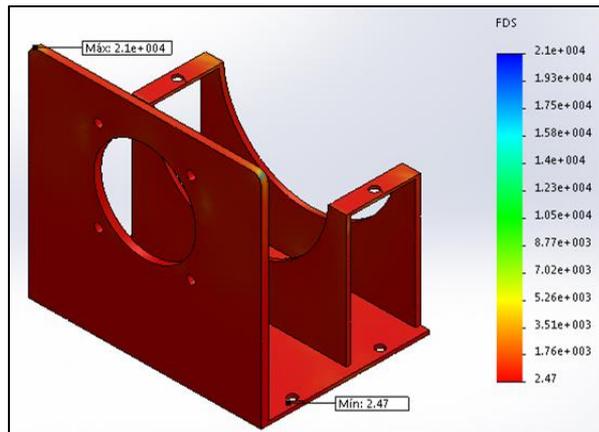
ANÁLISIS DE DISEÑO DEL SOPORTE MOTOR



Análisis de Von Mises



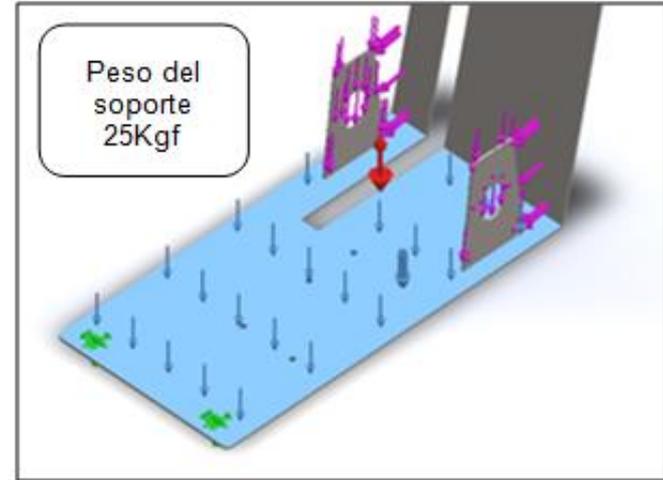
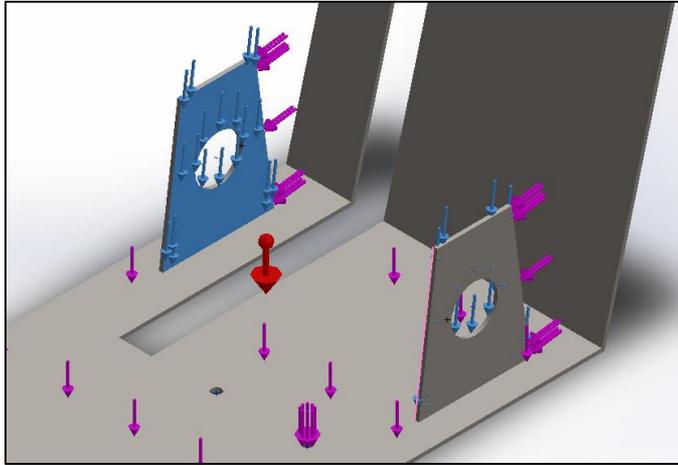
Deformación máxima



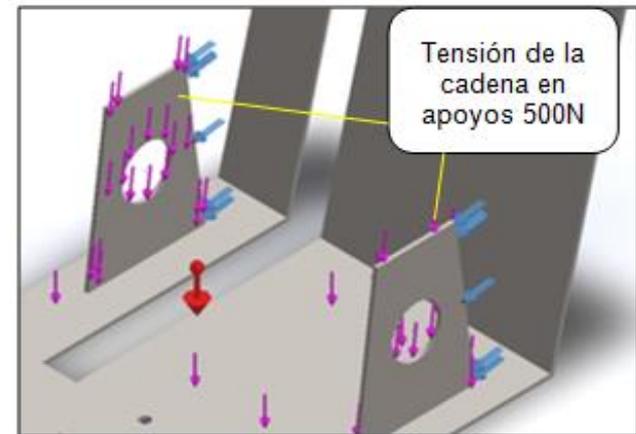
Factor de seguridad

Esfuerzo de Von Mises calculado	1.01015e+008 N/m ²
Número total de elementos	3376
Número total de nodos analizados	7197
Desplazamiento máximo	0.148226 mm
Factor de seguridad	2.47489

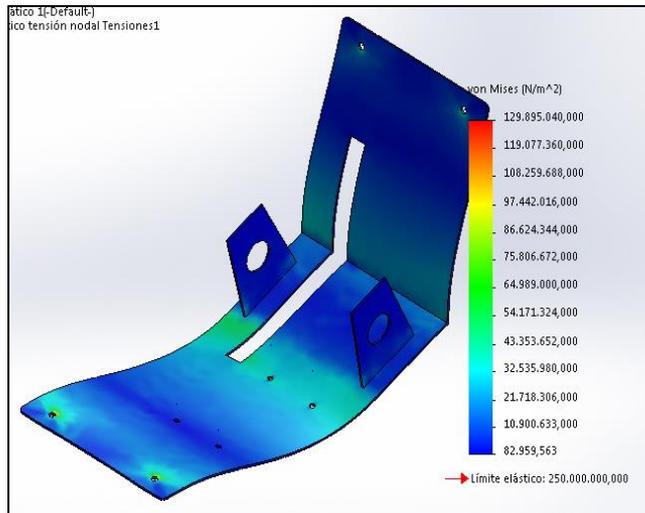
ANÁLISIS DE CARGAS DEL SOPORTE MOTOR



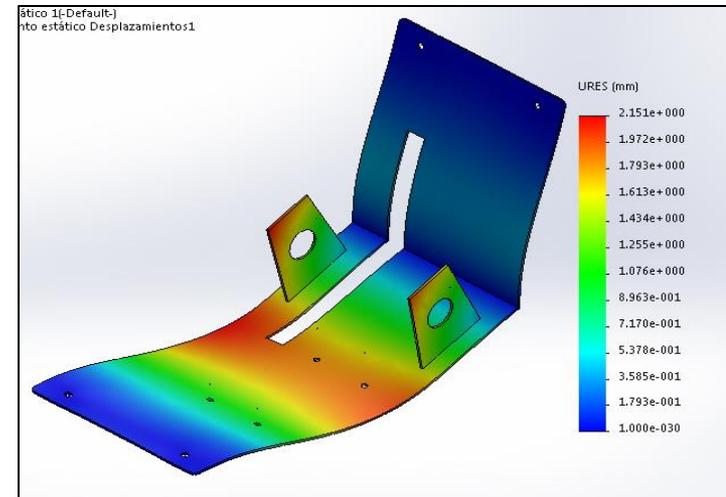
- Peso del soporte y motor eléctrico
- Peso de la transmisión.
- Tensión ejercida por la transmisión en movimiento



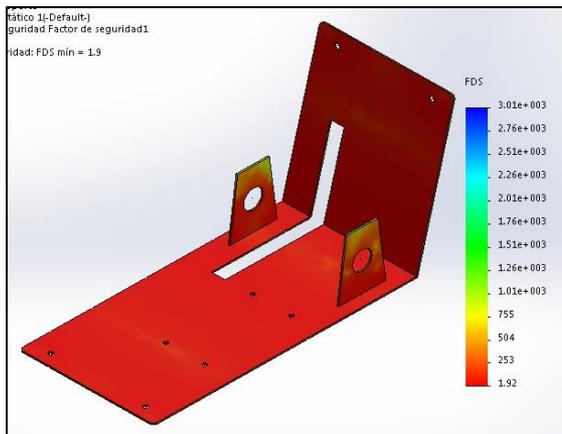
ANÁLISIS DE DISEÑO DEL SOPORTE-TRANSMISIÓN



Análisis de Von Mises



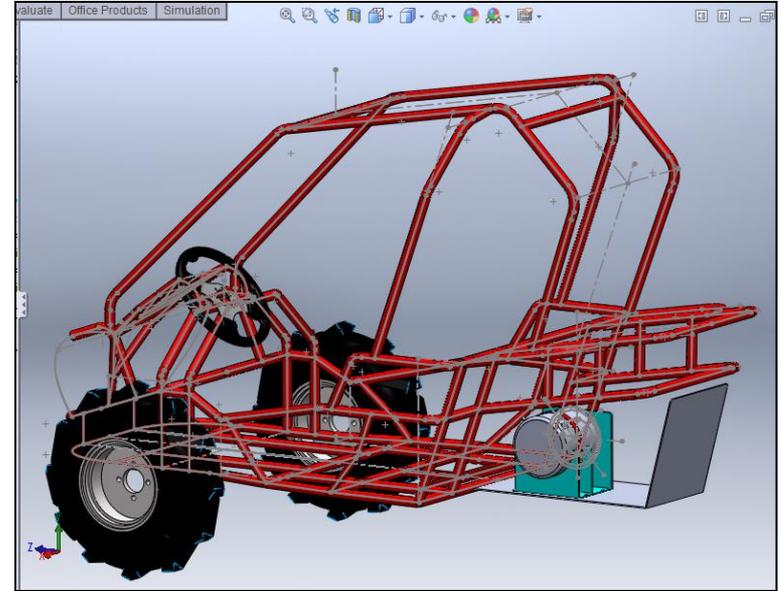
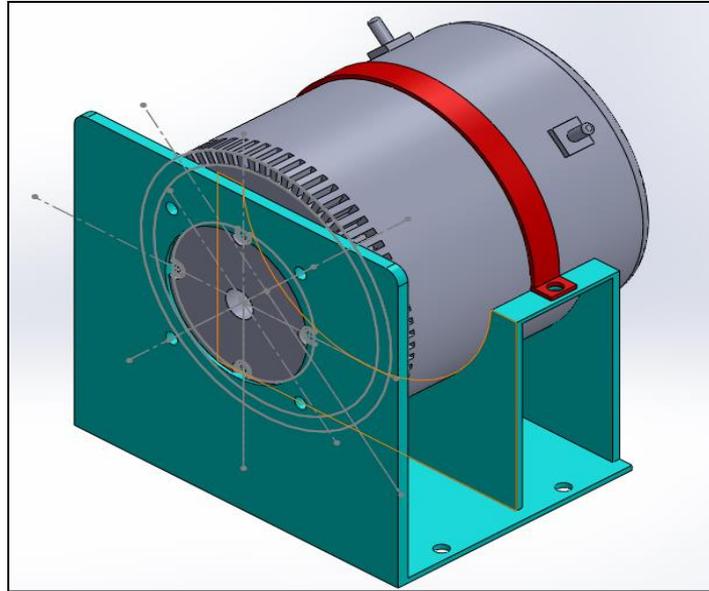
Deformación máxima



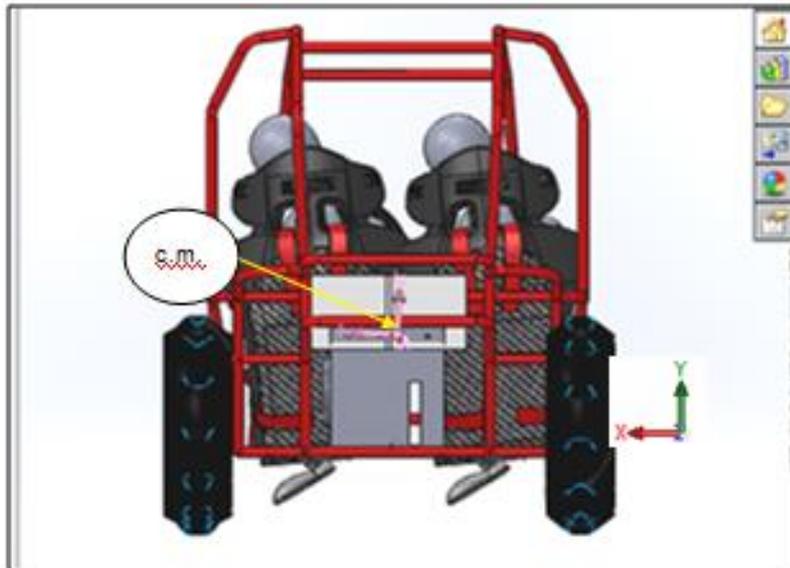
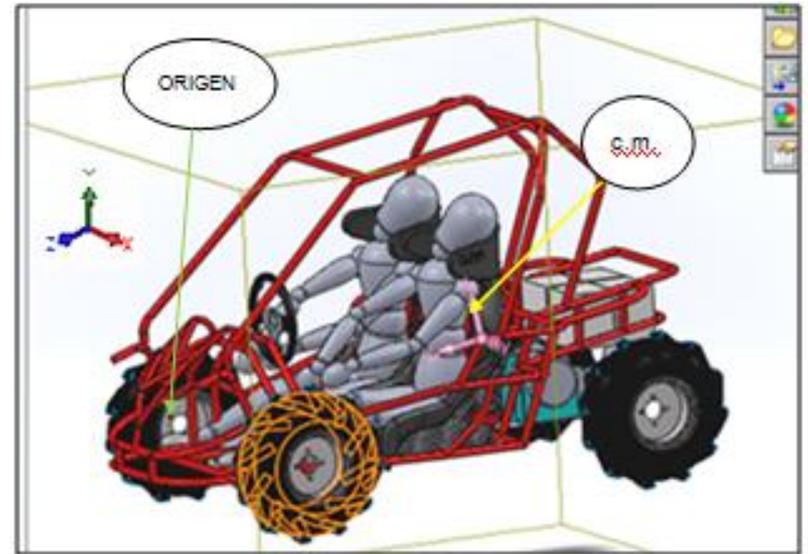
Factor de seguridad

Esfuerzo de Von Mises	1.29895e+008
calculado	N/m²
Número total de elementos	3612
Número total de nodos	7790
analizados	
Desplazamiento máximo	2.15108 mm
Factor de seguridad	1.92463

SOPORTE MOTOR ARMADO



DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE MASA



EJE	COORDENADAS
X	-24.68mm
Y	193.23 mm
Z	-1481.21 mm



OPERACIÓN DEL VEHÍCULO



SISTEMA	DESCRIPCIÓN	
CHASIS	Largo (mm)	2075
	Ancho (mm)	1235
	Distancia entre ejes (mm)	1400
	Peso Total (Kg)	165
TRANSMISIÓN	Relación de transmisión	4:1
	Cadena	½ pulgada de paso
MOTOR	Marca	DRIVE 5 ME1003
	Voltage	48V
	Potencia Nominal	6 KW
	Peso	19 Kg
BATERÍAS	Peso total	148 Kg
	Marca	ULTRACELL
	Amperaje	120 A/h

REGLAS GENERALES

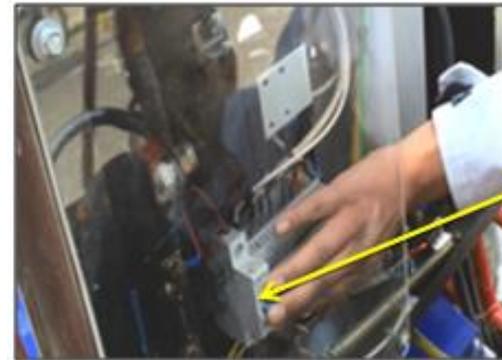
Este vehículo fue diseñado como un Cross eléctrico para el transporte de pasajeros en un lugar turístico, por consiguiente no es un vehículo para competencias, y un máximo de dos personas en el mismo.

Por lo tanto puede ser causa de peligros para las personas y bienes materiales en el caso que:

- Se lo use en carreas o pistas para competencias
- No se siga correctamente las normas de seguridad
- Sea modificado o alterado en su diseño de implementación
- Sea manejado por personal que no tengan la edad adecuada
- En general se debe tener presente las siguientes medidas de seguridad:
- Evitar el contacto con superficies metálicas en el suelo, tales como tuberías y cualquier tipo de metal
- Mantener alejada las manos de las partes móviles del vehículo
- Mantener alejado las manos de las partes eléctricas que generan alta tensión en el vehículo tales como baterías y motor eléctrico.
- Este vehículo se encuentran sellado contra salpicaduras de agua, sin embargo de ninguna manera se podrá echar corros de agua directamente o sumergir en agua al vehículo

PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO

Paso 1: Encender el Breaker principal en el panel de control, en el caso que el mismo no esté encendido.



Subir el
breaker
principal

Paso 2: Quitar el paro de emergencia

Paro de
Emergencia



Paso 3: Encender el modulo electrónico de medición

Switch de
encendido
módulo



Paso 4: Encender el switch de encendido del vehículo



Switch master

Paso 5: Quitar el freno de mano hacia arriba, es decir quitando el seguro y jalándolo.

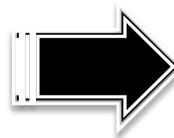


Freno de mano hacia arriba

Paso 6: Seleccionar marcha adelante o atrás y acelerar



Palanca de selección-marcha



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

PRUEBAS DE ACELERACIÓN

Esta prueba la realizamos en una superficie recta, y consistía en determinar el tiempo que el cross car demora en recorrer una distancia de 150m, partiendo desde el reposo. El tiempo cronometrado fue de 14.76 segundos.

Entonces la velocidad calculada está dada por:

$$Vf = \frac{d}{tf}$$

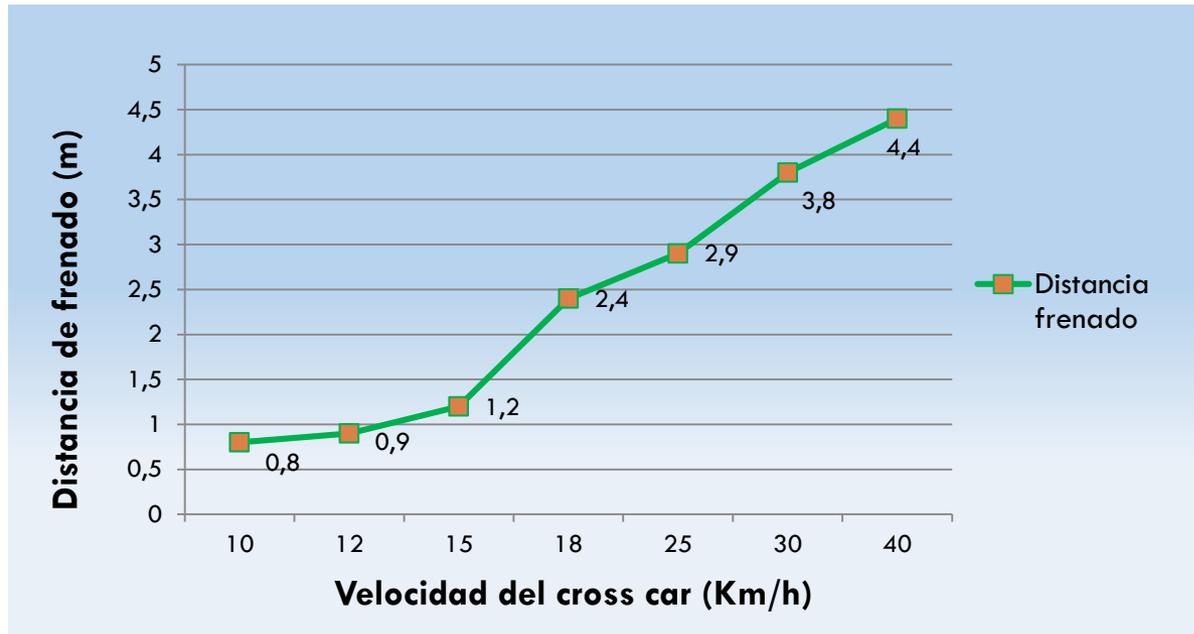
$$Vf = \frac{150m}{14.76s} = 10.16 \frac{m}{s} = 36.59 \frac{Km}{h}$$

Calculada la velocidad la aceleración está dada por

$$a = \frac{Vf - Vo}{tf - to}$$

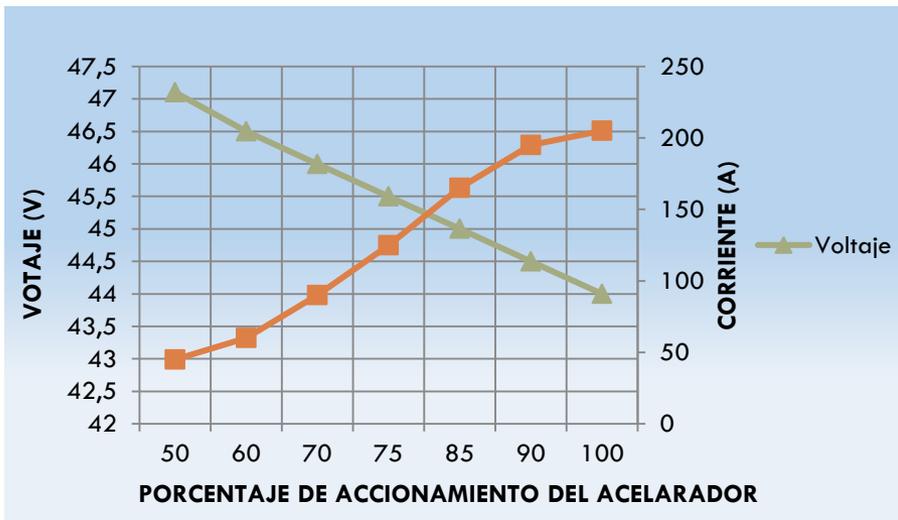
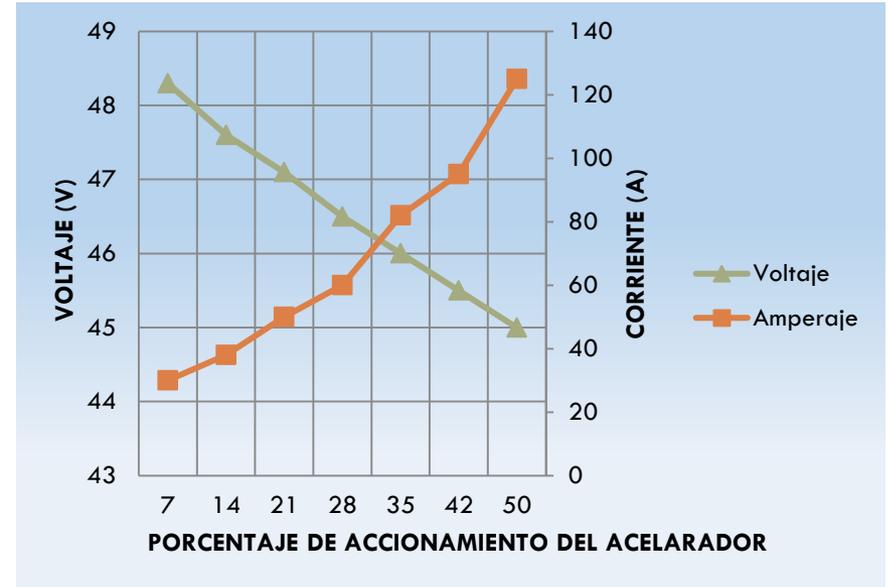
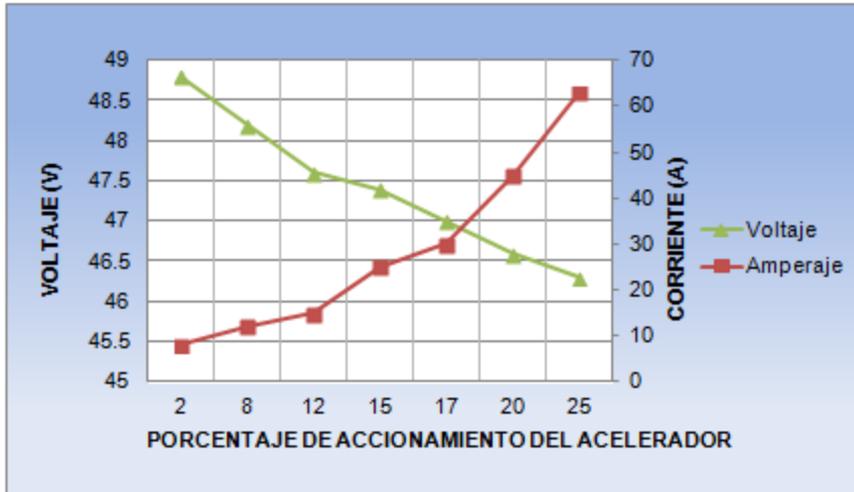
$$a = \frac{10.16 \text{ m/s} - 0}{14.76s - 0} = 0.688 \frac{m}{s^2}$$

PRUEBAS DE FRENADO



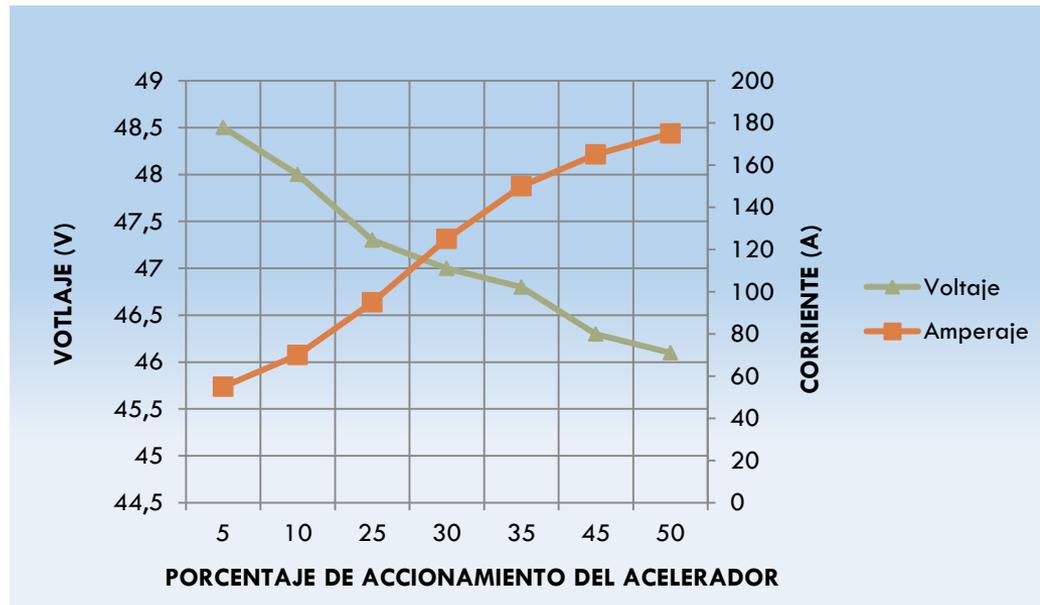
Se puede observar que a una velocidad de 40 km/h el auto necesita de una distancia de 4.4 m hasta detenerse totalmente, se recomienda usar la distancia prudente de 5 m atrás de cualquier vehículo u obstáculo para una conducción segura.

PRUEBAS EN PLANO

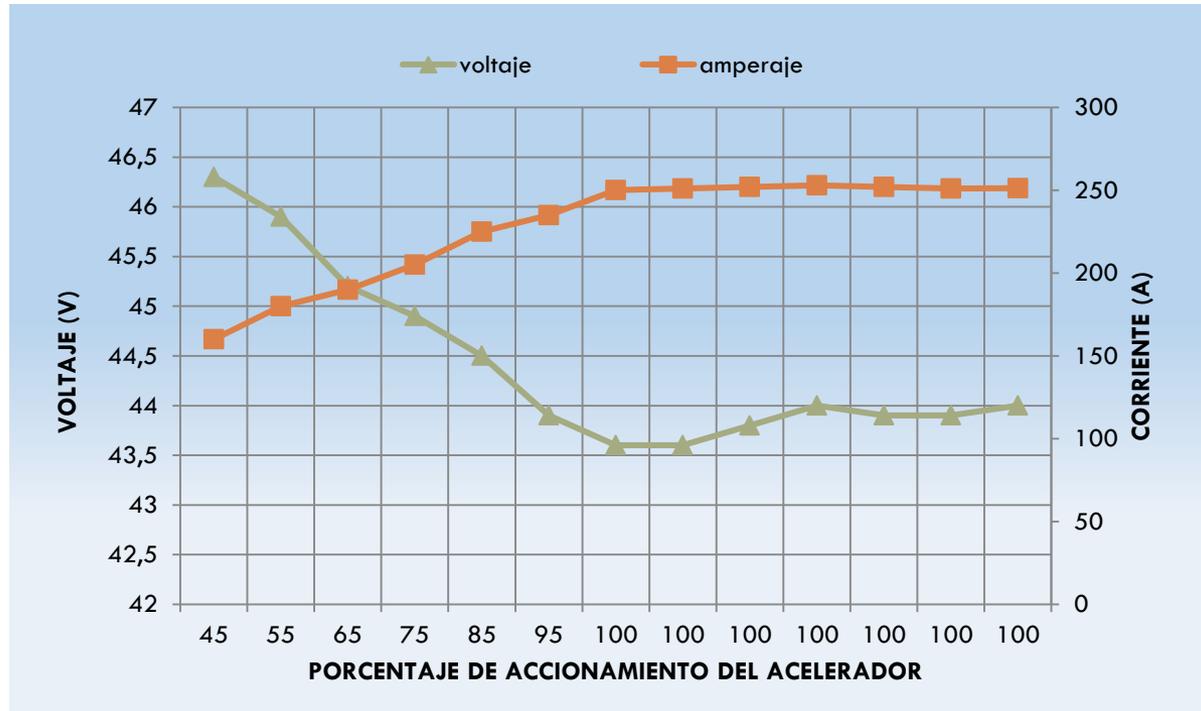


Posición del acelerador %	Corriente consumida (A)
25	63
50	125
100	205

PRUEBAS EN PENDIENTE

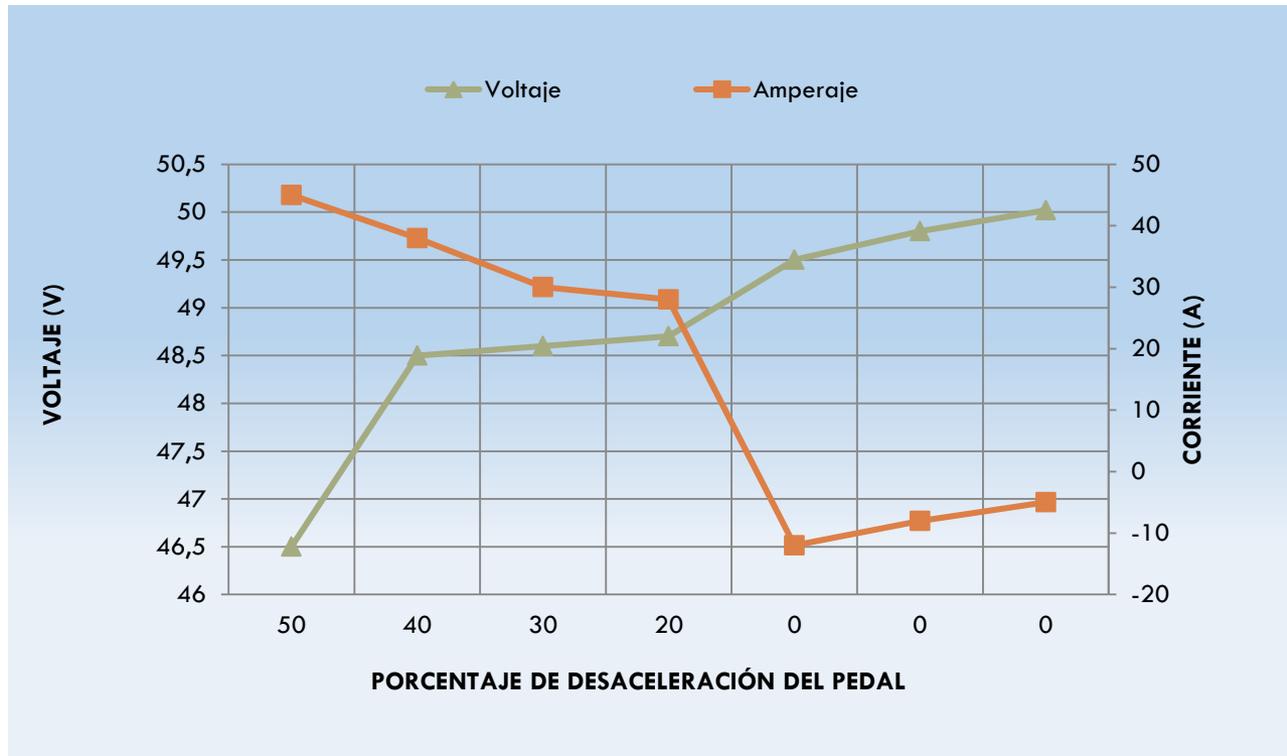


PRUEBAS EN PENDIENTE



Posición del acelerador %	Corriente consumida (A)
25	95
50	175
75	205
100	250

PRUEBAS DE REGENERACIÓN DE ENERGÍA



En este caso la potencia que entregó en la prueba la calculamos multiplicando el voltaje de carga de la batería por la corriente medida y tenemos una Potencia entregada = $(10A) (50.02) = 500.2 \text{ W}$, esto nos permite aumentar la autonomía de nuestro Cross, teniendo en cuenta que en el recorrido tenemos unos 6 Km aproximados de descenso.

PRUEBAS DE MANIOBRABILIDAD

En la prueba de maniobrabilidad viajamos por el recorrido señalado, que no tiene curvas cerradas que puedan ser peligrosas, sin embargo como se dijo en el capítulo dos en la selección de la transmisión, al seleccionar la transmisión por cadena (sin caja diferencial) vamos a tener una desventaja de arrastre de las ruedas posteriores que va a ser mayor cuando se necesite realizar un giro en U. Debido a un ángulo de giro de las ruedas directrices es pequeño y la distancia entre ruedas posteriores mayor que la distancia entre las ruedas delanteras.



PRUEBAS DE AUTONOMÍA



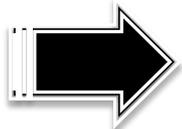
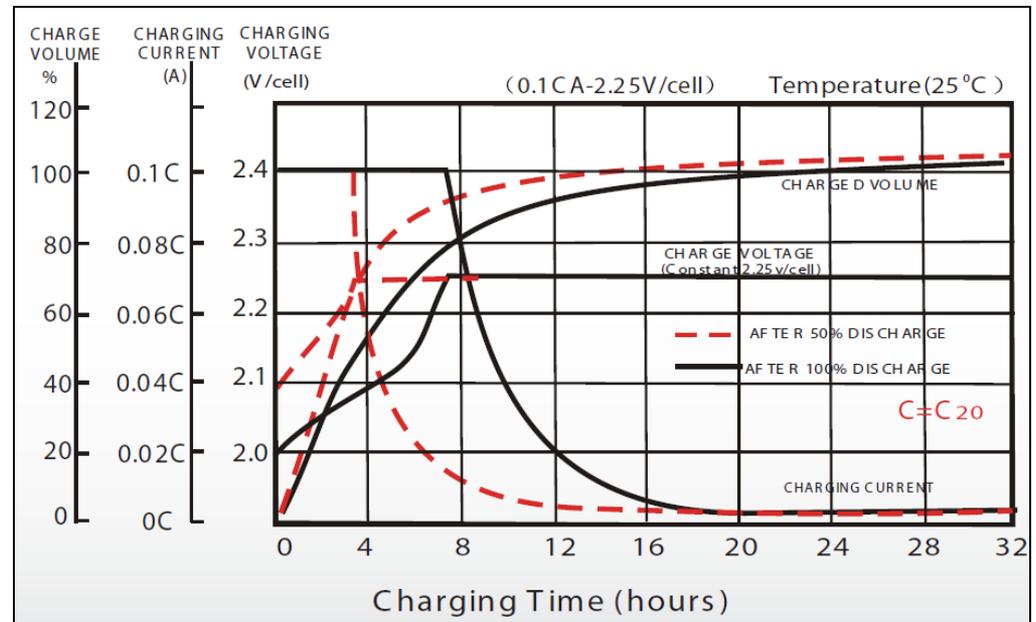
La prueba de autonomía se hizo por el recorrido planteado al comienzo del capítulo tres, que consiste en un tramo de 15.2Km comprendidos en 7.6 Km de descenso y 7.6 km de ascenso en ligeras pendientes.

Es así que con el banco de baterías cargado completamente, el cross car cumplió con dos viajes completos y un último con un voltaje mínimo y velocidad reducida, cumpliendo con un total de 38,4 km, cumpliendo con así con los cálculos estimados.

PRUEBAS DE CARGA

Cuando la lectura de voltaje del voltímetro panel de control marque 43V, las baterías se encuentran descargadas el 80% de su capacidad total, y necesitan ser recargadas. Entonces utilizamos el cargador de carga media que construimos que entrega una corriente de 12 A continuos y un voltaje regulado de 50V.

El tiempo de carga estimado por el fabricante es de 7,5 horas a 25°C, pero en base a las recargas que se han hecho las baterías se recargan en un tiempo que va entre 7horas y 45 minutos a 8 horas.



CONCLUSIONES

- Se escoge para la implementación del sistema eléctrico y transmisión un car Cross con motor de combustión biplaza marca SONYC, modelo YH150A, este modelo nos permite tener una buena adaptabilidad de todos los sistemas y componentes para el correcto funcionamiento después de su implementación en carretera, exclusivamente en zonas turísticas
- Para satisfacer con las necesidades de peso y potencia requerida para mover el Car Cross se escoge un motor eléctrico marca AUTODRIVE ME1003 capaz de producir hasta 9 KW de potencia efectiva, con un voltaje de 48 V y un consumo máximo de 400 Amp por un minuto y 250 Amp a su máxima aceleración e inclinación que fue de una pendiente de 12.7 grados.
- Para el manejo de todos los componentes eléctricos y electrónicos, se implemento un modulo de control electrónico marca Kelly Control PM72401B ya que la misma cuenta con dos puertos programables J1 y J2, que controlan todos los sistemas del vehículo como son: avance y reversa del motor eléctrico, aceleración, freno regenerativo, alarmas, para un correcto manejo del mismo. Este maneja un amperaje máximo de 300 Amp y un voltaje de 48 V, comandado por el grupo de baterías instaladas.

- ❑ El Cross cumple con todas las características de diseño dinámico y estático, ya que mediante cálculos realizados en SolidWorks, se obtuvo en todos los diseños del mismo, factores de seguridad superiores a 1.2, por lo cual nos permite concluir que el vehículo soportara todo tipo de carga y conducción, comprobándolo en el manejo eficiente en carretera en la ciudad de Baños.
- ❑ Después de las pruebas realizadas en carretera podemos determinar que el consumo en rectas promedio del Cross a media carga y carga completa va aproximadamente desde los 60 Amp hasta los 200 Amp respectivamente, mientras que en las mismas circunstancias en pendientes de hasta 10 % el consumo es de 150 Amp hasta 250 Amp respectivamente controlado por el controlador.
- ❑ Las baterías escogidas para nuestro vehículo , son baterías marca ULTRACELL de 12 V con características de ciclo profundo ,el banco se encuentra conformado por 4 baterías para conformar nuestro voltaje necesario de 48 V , las mismas nos ofrecen una capacidad de 120 Amp/h , cumpliendo con los requerimientos de autonomía de 32 Km en prueba.
- ❑ Mediante cálculos realizados se determino que la transmisión se la va a realizar por medio de dos catalinas enlazadas por una cadena , la relación de dientes de la una catalina a la otra para obtener el torque necesario y la potencia para cumplir con las exigencias del vehículo eléctrico están en una relación de 4.08 a 1, y concluyendo que la cadena debe tener un paso de 12.7 mm de paso correspondiente a una cadena de ½ pulgada, cumpliendo todos los requisitos de fuerzas y momentos aplicados.

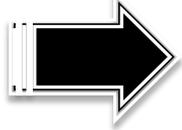
- Se comprueba la eficiencia del freno regenerativo, ya que en instancias de frenado el mismo modulo electrónico de medida nos muestra el incremento de voltaje hasta los 50.02 V, en donde empieza el ciclo de recarga aumentando la autonomía
- El vehículo eléctrico cumple con especificaciones y reglamentaciones de seguridad, ya que cuenta con dispositivos de seguridad como son paros de emergencia, fusibles de 250 Amp y protecciones internas para manos, las cuales no permiten tener un contacto directo de sus ocupantes con riesgos eléctricos.
- Se elabora un manual de conducción el mismo que nos demuestra como operar el vehículo, las posibles fallas a darse y su respectivo mantenimiento, por medio del él nos podemos guiar más fácilmente y acoplarnos más al nuevo mundo de la tecnología de vehículos eléctricos y su influencia en el medio ambiente.
- Fue elaborado un cargador de baterías por medio de un transformador de 120 VAC a 50 VDC que nos permite recarga las baterías después de su periodo de trabajo y cuenta con una carga aproximada de 10 Amp/h dándonos una carga completa en 8 Horas o toda la noche .
- La contaminación auditiva y ambiental se reduce de manera notable con este tipo de vehículos, el mismo que satisface con los requerimientos medio ambientalistas y de bienestar con la comunidad para su implementación efectiva.



RECOMENDACIONES

- Es muy importante para operar el Car Cross Eléctrico primero leer el manual de mantenimiento incluido en el capítulo 4, para un mejor manejo y vida útil de sus componentes como la seguridad de quien lo está operando.
- El Cross eléctrico funciona como un voltaje DC de 48 VDC, pero sus corrientes pueden llegar a superar los 250 AMP, aunque el mismo está provisto de protecciones tanto externas como internas, no se puede manipular ni tocar sus componentes de control mientras se encuentre encendido.
- Este tipo de vehículo deberá ser operado por personas mayores de edad por normativa de la ANT y las leyes del estado Ecuatoriano.
- El Cross es un vehículo eléctrico para transporte turístico, se recomienda no hacer uso del mismo en situaciones de competencias o en pistas donde las condiciones de manejo sean difíciles.
- Las baterías son de ciclo profundo esto quiere decirnos que pueden cumplir un ciclo de descarga completa y carga, pero es recomendable cargarlas cuando en el módulo electrónico de carga marque un voltaje de baterías de 46 VDC.

- Este vehículo está equipado con un módulo que puede soportar los 300 AMP, sin embargo posee elementos de protección y programación que no van a dejar superar los 250 AMP por lo cual en el panel de control se deberá supervisar no superar de este rango de seguridad.
- El Cross eléctrico ha sido probado en manejo y situaciones extremas para el mismo cumpliendo todas las expectativas de estabilidad, manejo y frenado, sin embargo es recomendable un manejo seguro y responsable durante su uso.
- Este vehículo es para dos personas, bajo ningún motivo deberán ir más pasajeros en el mismo o fuera de él, en vista a que se compromete la seguridad de sus ocupantes.
- Usar de manera correcta el cargador de baterías, el mismo que es fácil su manipulación pero no deberá ser desarmado o manipulado ya que en si interior contiene un transformado con alta corriente y voltaje.
- El Cross eléctrico es de uso exclusivo para transporte turístico, y para su manejo, límites de velocidad y áreas donde puede ser manejado será regido exclusivamente por la ANT y el municipio de la ciudad de Baños.
- La autonomía del cross car se puede incrementar con la implementación de modernas baterías de polímero de litio, que pueden tener una capacidad específica de 200 Wh/kg frente a las baterías de plomo-ácido de ciclo profundo que fueron seleccionadas para nuestro proyecto que tienen una capacidad específica de 38.92 Wh/kg. Sin embargo para nuestro proyecto éste tipo de baterías resultaban muy costosas.
- Las eficiencias en el sistema de transmisión de movimiento hasta las ruedas deben ser superiores a 0,8 en un vehículo eléctrico debido a que la autonomía también depende del aprovechamiento eficaz de la energía entregada por las baterías.
- El desgaste equilibrado de los componentes de la transmisión por cadena depende de la selección adecuada de los piñones conductor y conducido, uno debe ser impar para que la aplicación de la fuerza tensora sea alternada entre sus dientes.



FIN

GRACIAS POR SU ATENCIÓN