



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**TEMA:**

**MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA DE MOVIMIENTO EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES MEDIANTE EL USO DE SOFTWARE ESPECIALIZADO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.**

**Autores:**

**Cando Gutiérrez, Juan Carlos  
Cayo Chiguano, Marlon Fabricio**

**Director:**

**Ing. Erazo Laverde, Washington German**

**Latacunga  
2021**



**“LA VIDA TE PONDRÁ OBSTÁCULOS,  
PERO LOS LÍMITES LOS PONES TÚ”**

Anónimo



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# CONTENIDO

OBJETIVOS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

META

HIPÓTESIS

MARCO TEÓRICO

DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN Y MODELACIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES



# OBJETIVO GENERAL

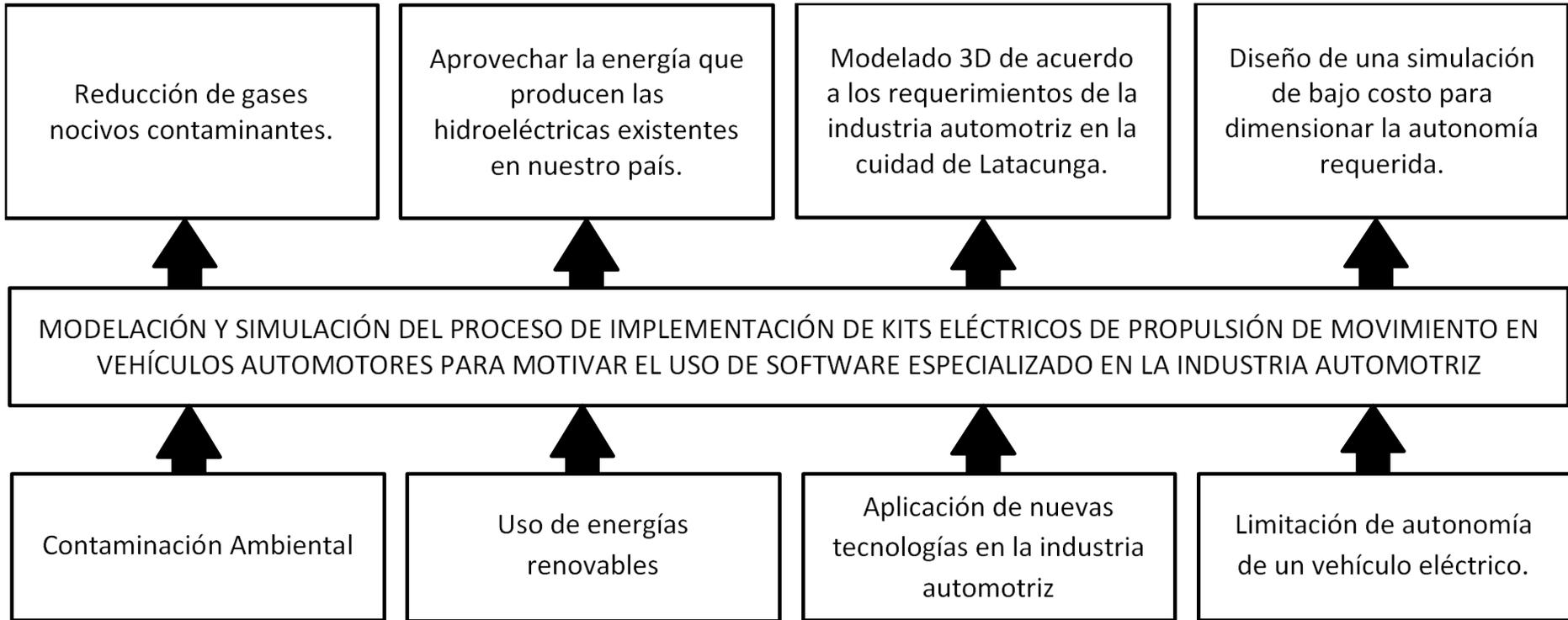
Realizar la modelación y simulación del proceso de implementación del sistema de propulsión eléctrica de movimiento en vehículos automotores mediante el uso de software especializado en la industria automotriz.

# OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Obtener y calcular los parámetros necesarios requeridos para la ciudad de Latacunga y geografía del Ecuador tanto para la modelación 3D y para la modelación en Matlab.
- Realizar un cuadro comparativo de los componentes del kit de conversión.
- Modelar el vehículo seleccionado, los componentes del kit de conversión e implementar en el vehículo mediante el software SolidWorks.
- Analizar las gráficas obtenidas de acuerdo al diseño de la simulación en el software Matlab Simulink.
- Determinar la factibilidad de implementación del sistema de propulsión eléctrica.



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



# META

- Obtener un modelo simulado de propulsión de un vehículo eléctrico a través de un software especializado para ser implementados en vehículos automotores con un 90% de fiabilidad.



# HIPÓTESIS

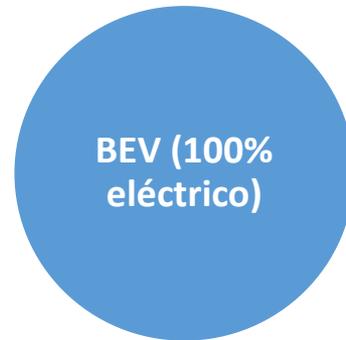
La conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos proporciona mejores prestaciones considerando la geografía ecuatoriana, así como ahorro en costos de mantenimiento y combustible.



# MARCO TEÓRICO



# VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



*Uno o varios motores eléctricos – No tiene M.C.I*



*Energía obtenida de pila de hidrogeno.*



*M.C.I como generador, ser enchufables y no enchufables*



*M.C.I. + 1 o varios motores eléctricos de apoyo o de modo 100% eléctrico*



*M.C.I. + motor eléctrico, baterías de mayor capacidad*



# VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

## Kit de componentes



*Motor Eléctrico*



*Controlador de Motor*



*Acelerador Eléctrico*



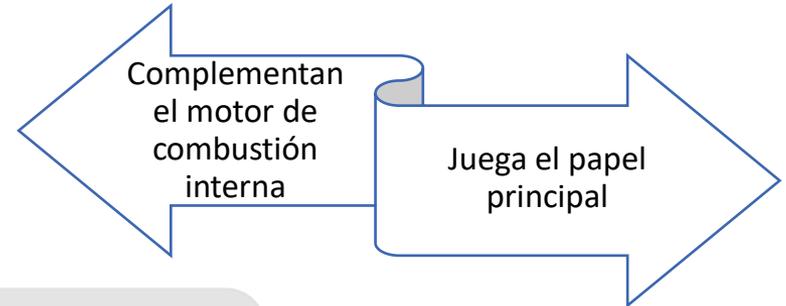
*Indicador de carga*



*Cargador a Bordo*



# BATERÍAS DE ALTA TENSION



## Plomo – Ácido

- *Bajo costo*
- *Buena potencia especifica*
- *Fácil de reciclar*
- *No se suelen utilizar en vehículos eléctricos*

## Ciclo de vida largo

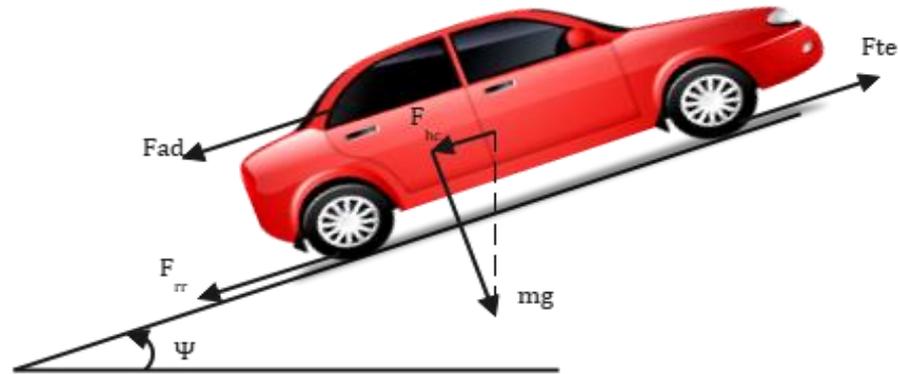
- *Costo de producción elevado*
- *Índice de descarga alto*

## Ion - Litio

- *Elevada eficiencia*
- *Auto descarga del 5%*
- *Alta durabilidad*



# DINAMICA DEL VEHICULO



*Fuerza de Arrastre*

- *Ángulo de pendiente*
- $\mu_{rr}$
- *Masa*

*Fuerza en Pendiente*

- *Ángulo de pendiente*
- *Masa*
- *Gravedad*

*Fuerza Aerodinámica*

- *Área frontal*
- $C_d$
- *Densidad*

*Fuerza neta*

- *Factor de masa*
- *Masa*
- *Aceleración*

**Fuerzas  
actuantes**



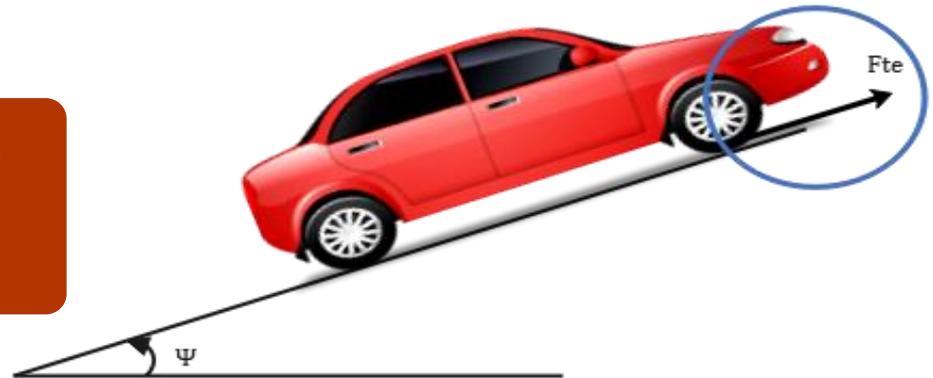
# Dinámica del vehículo

## *Fuerza Tracción*

Sumatoria  
de fuerzas

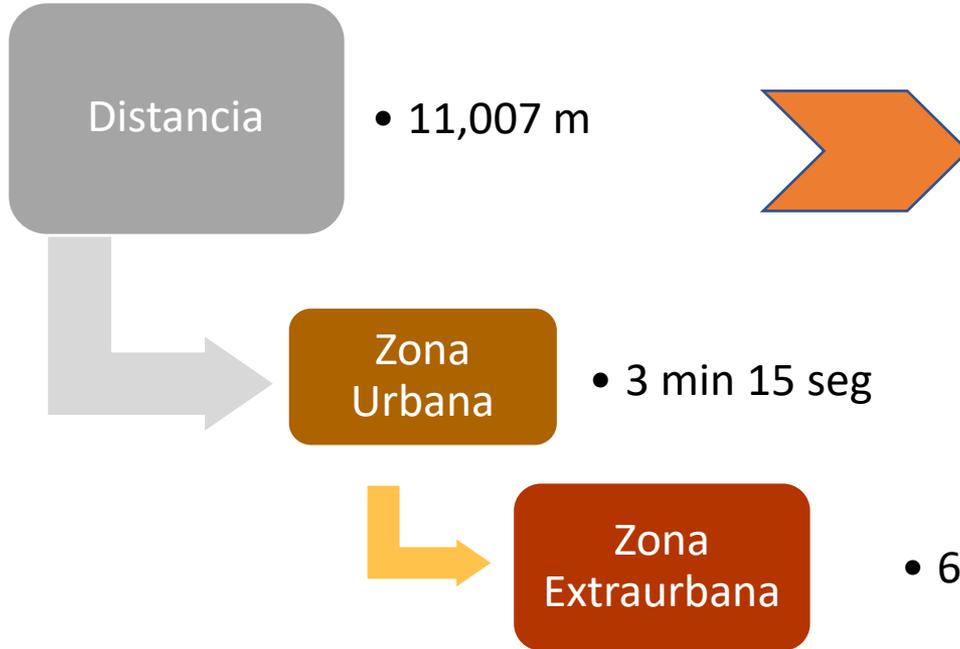


Romper  
inercia

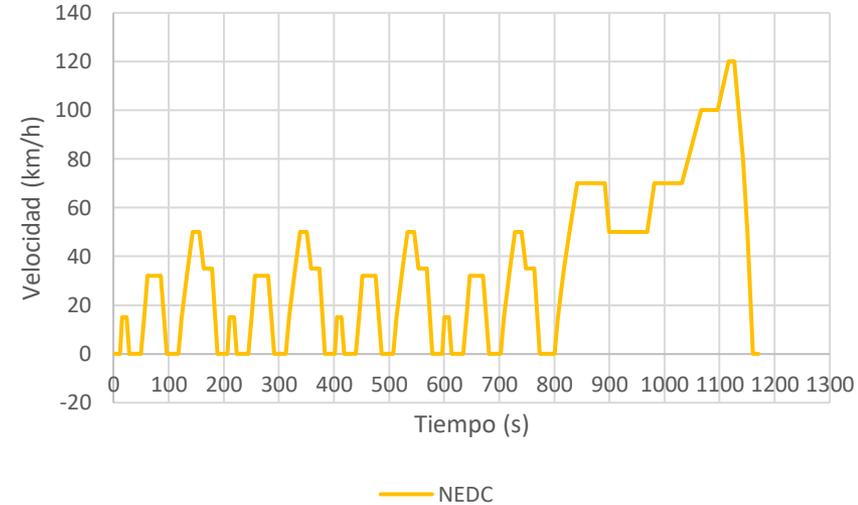


# CICLOS DE CONDUCCIÓN

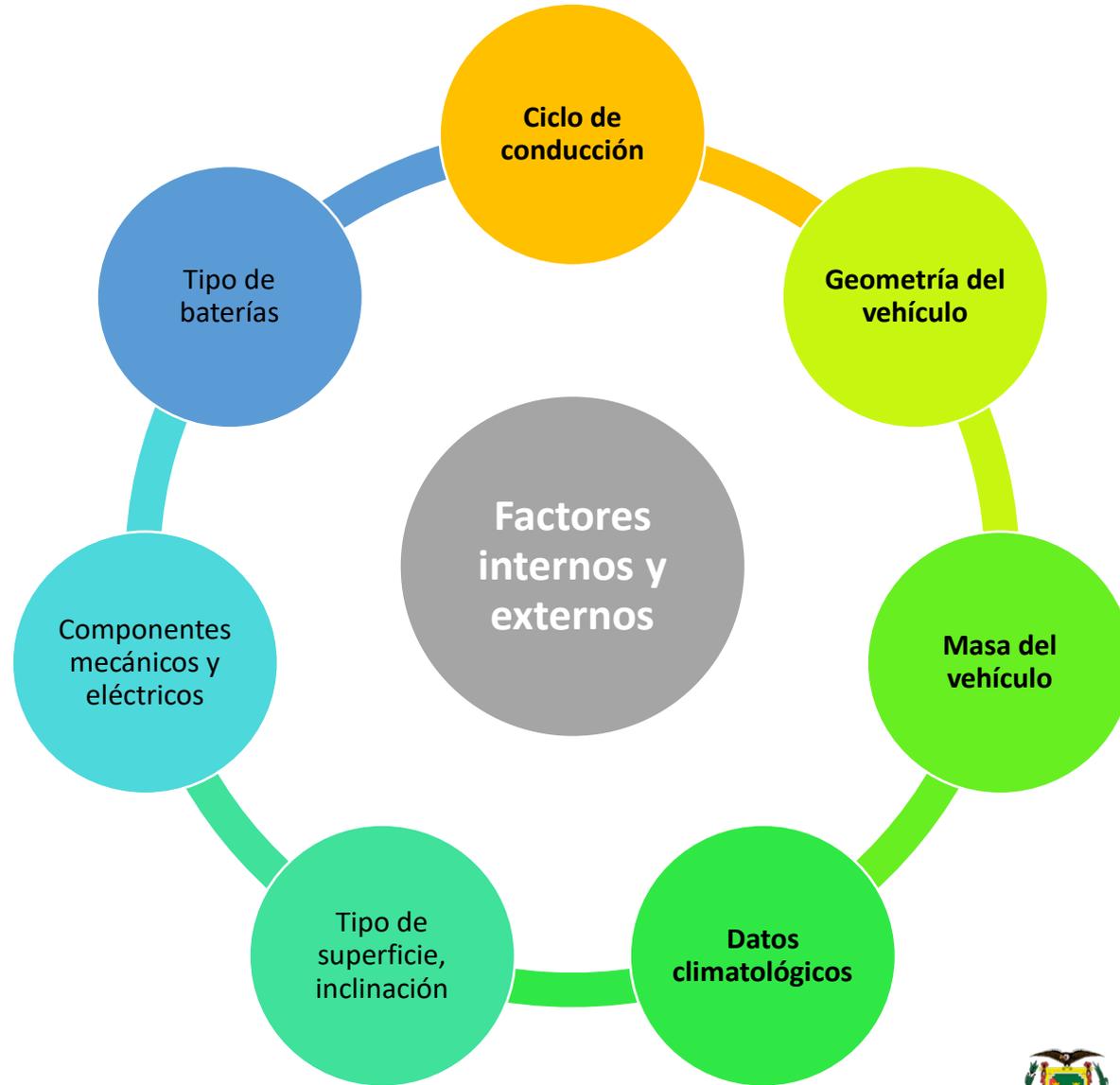
## Ciclo NEDC (New European Driving Cycle)



Ciclo de manejo NEDC



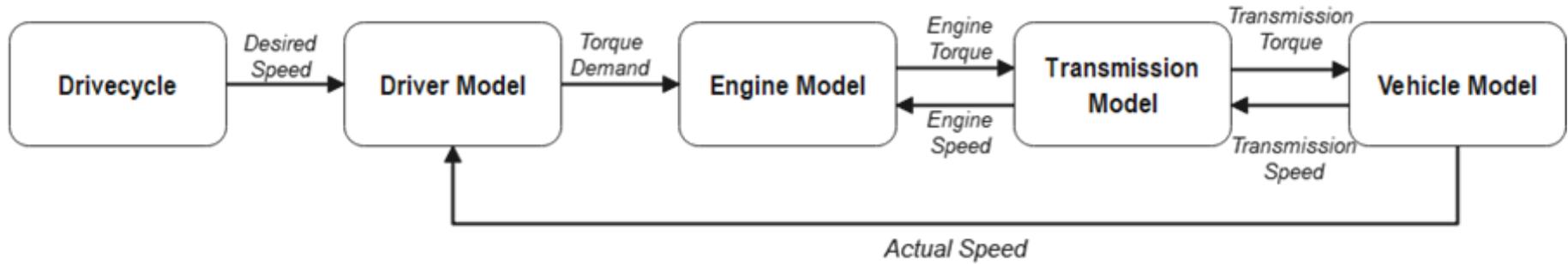
# SIMULACIÓN



# Simulación

## Tipos de Modelado en MATLAB

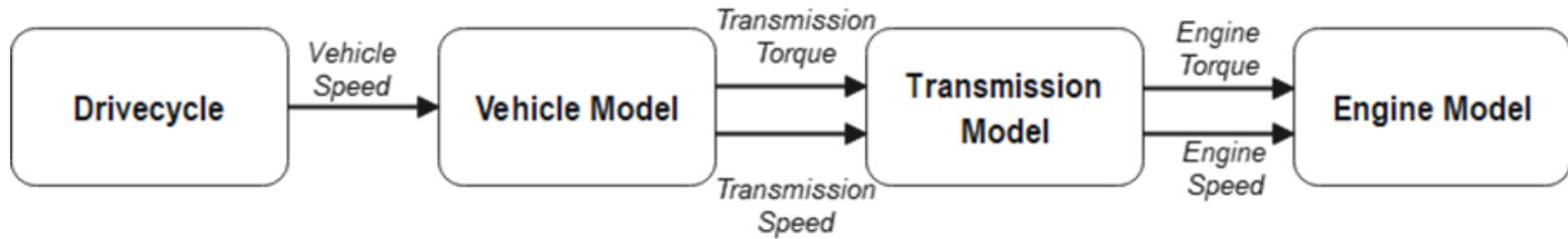
### Forward-facing vehicle model



# Simulación

## Tipos de Modelado en MATLAB

### Backward-facing vehicle model

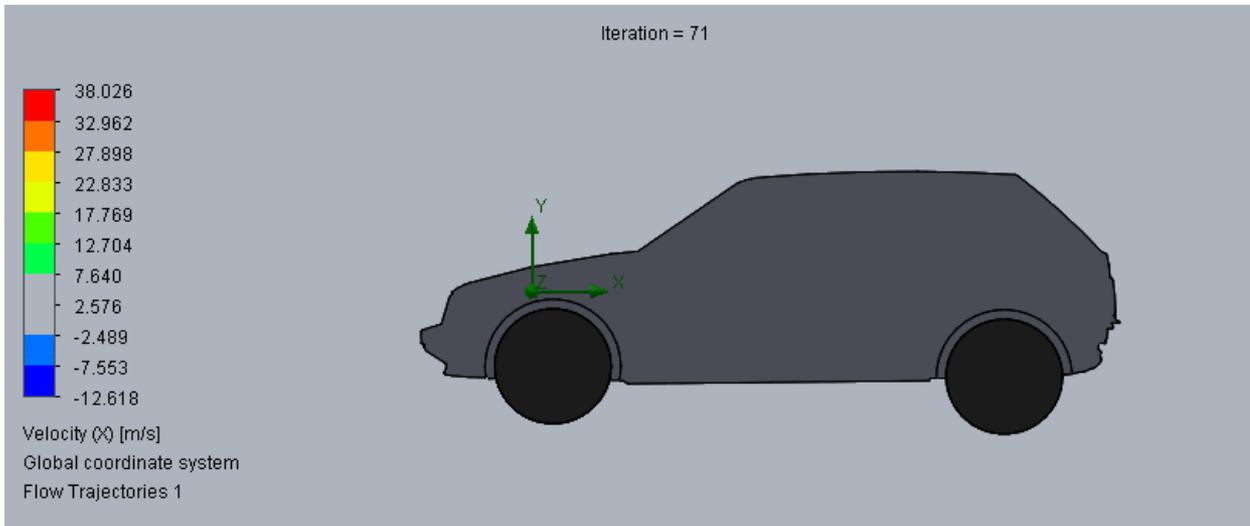
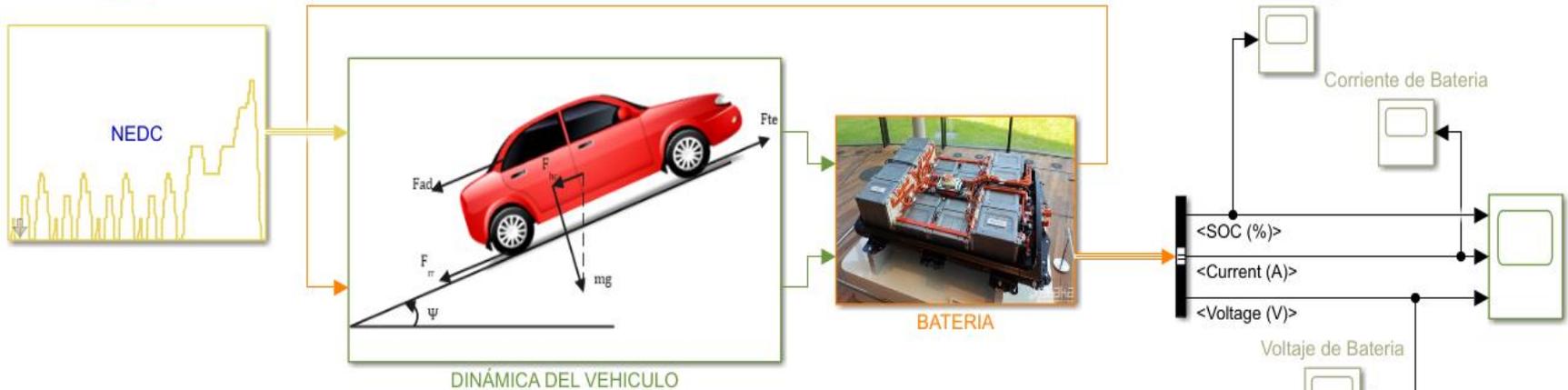


# DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN Y MODELACIÓN





# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZA ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA



# Simulación dinámica de vehículo

$F_{rr}$

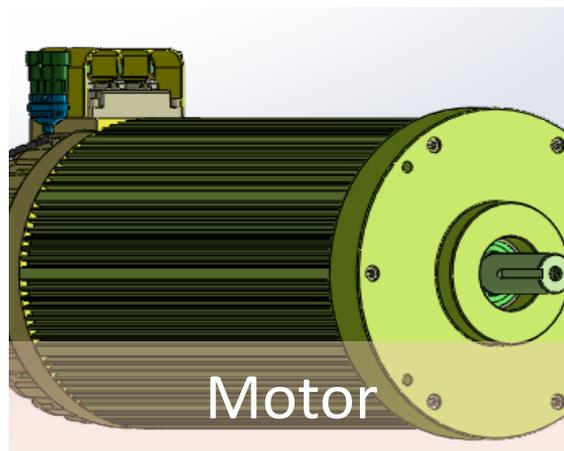


$$F_{rr} = \mu_{rr} * m * g$$

DATOS	TIEMPO NORTE-SUR [s]	TIEMPO SUR-NORTE [s]
1	6,46	6,60
2	6,26	5,60
3	5,63	5,99
4	6,11	6,06
5	5,20	5,53
6	5,44	5,66
7	6,00	5,00
8	6,00	4,81
9	4,88	4,94
10	5,93	5,20
Promedio	5,79	5,54
Promedio general	5,67 [s]	



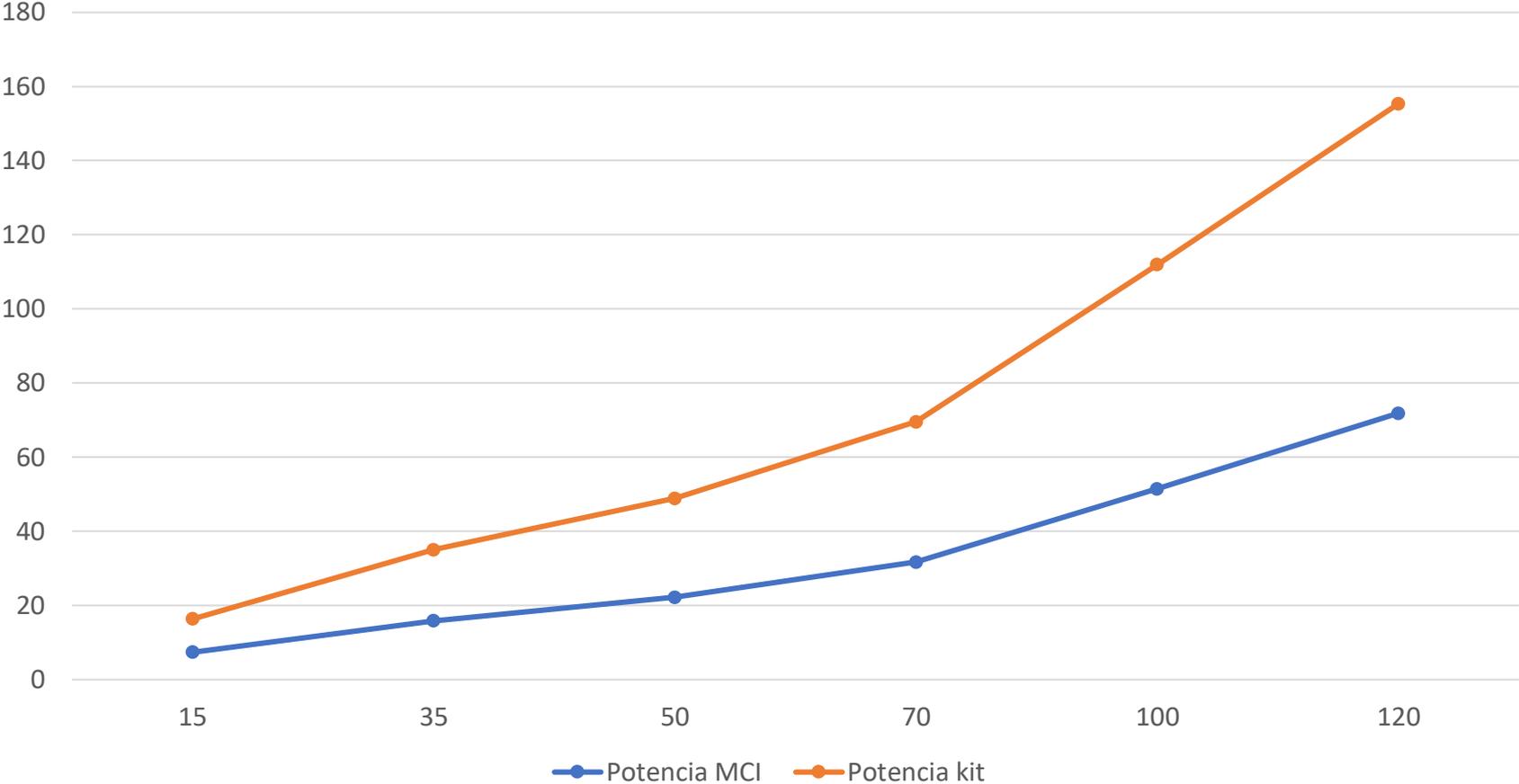
## Modelado 3D



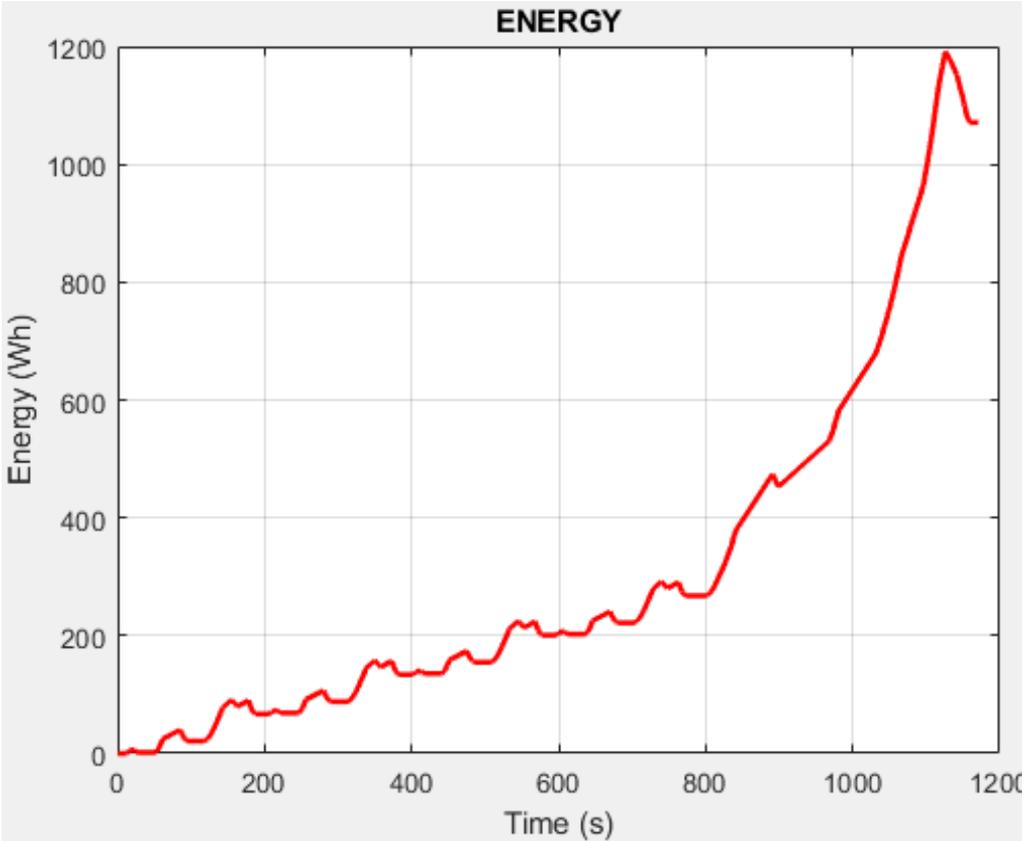
# PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



# Potencia Eléctrica



# Curva de energía requerida

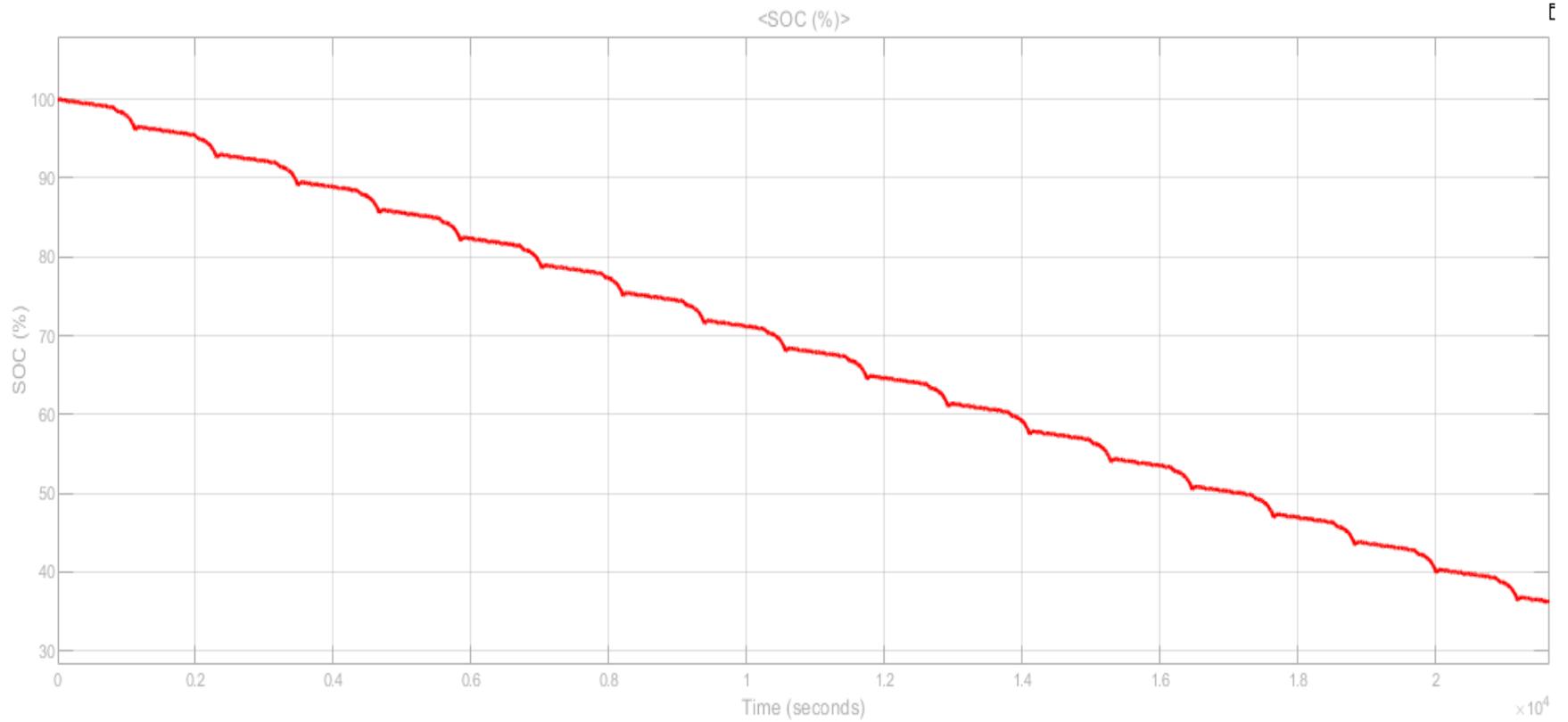


*Energía requerida*

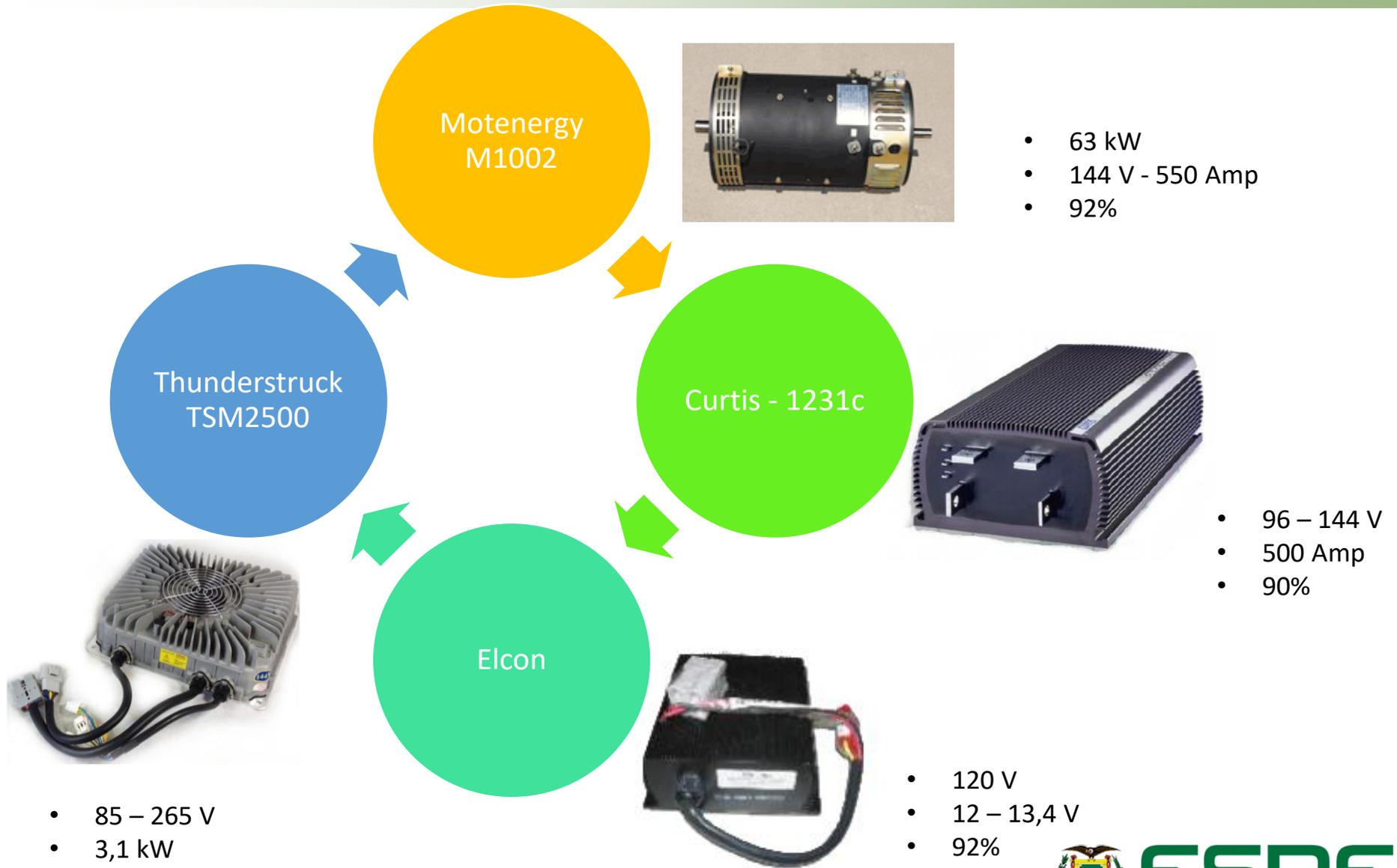
**19,44 kWh**



# Curva de estado de carga eléctrica



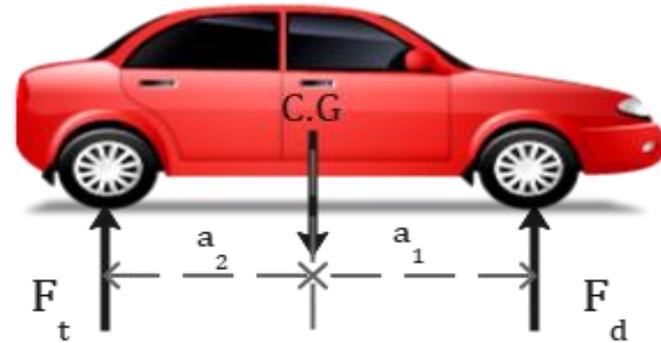
# Selección del kit de conversión



## Cálculo de centro de gravedad

# Altura Cg

$$H = 0.27 + \frac{a_1 F_{z1} - a_2 F_{z2}}{mg} \cot \phi$$



VCI

a1=1,10 [m]  
a2= 1,15 [m]

H=0,70 [m]

EV

a1=1,14 [m]  
a2=1,11 [m]

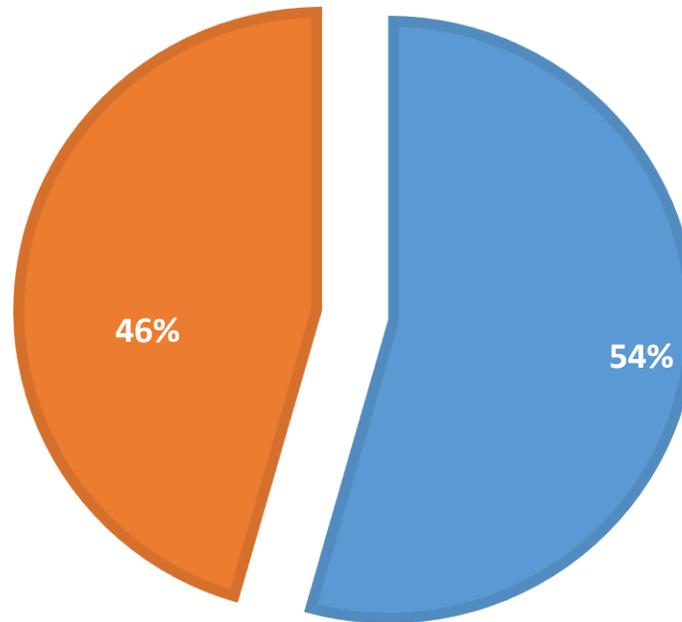
H=0,68 [m]



## Costos de mantenimiento

Tipo de Vehículo	Distancia (Km)	Costo total
Vehículo de combustión interna	50000	\$ 871,00
Vehículo eléctrico	100000	\$ 730,00

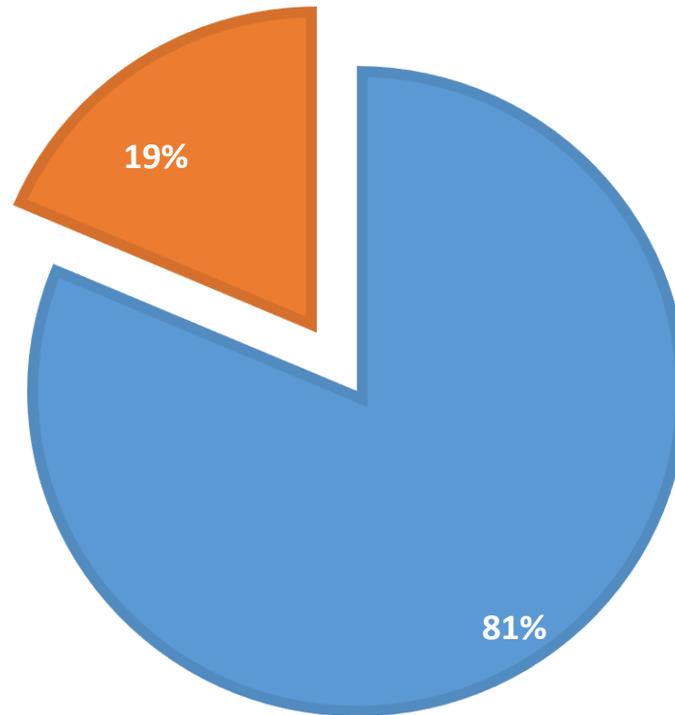
■ Vehículo de combustión interna ■ Vehículo eléctrico



# Consumo de Combustible

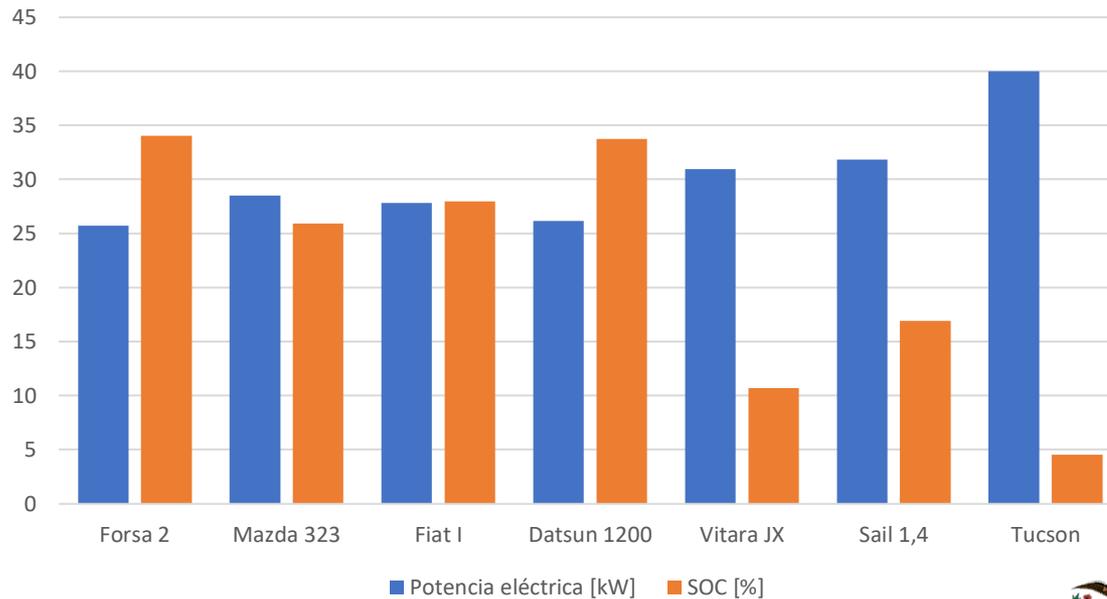
Tipo de motor	Distancia (Km)	Consumo por distancia (km/gl) / (km/kW)	Costo de combustible	Costo total
Vehículo de combustión interna	50000	50 km / gl	\$ 2,50	\$ 2.500,00
Vehículo eléctrico	50000	7 km /kW	\$ 0,08	\$ 571,43

■ Vehículo de combustión interna ■ Vehículo eléctrico



# Simulación de Kit en varios vehículos

Descripción	Potencia eléctrica [kW]	SOC [%]
Forsa 2	25,73	34,04
Mazda 323	28,50	25,93
Fiat I	27,83	27,94
Datsun 1200	26,17	33,75
Vitara JX	30,93	10,69
Sail 1,4	31,83	16,89
Tucson	40	4,55



# CONCLUSIONES

- Se realizó la comparación de componentes del kit de conversión existentes en el mercado en donde se tomó en cuenta costo y características de los componentes. El costo estimado del kit de conversión es de \$ 10.273,00.
- Según el análisis de las gráficas de Matlab Simulink permitió observar el comportamiento de la potencia eléctrica necesaria para poder mover el vehículo en una pendiente de 15,73%, dando como resultado una potencia mayor o igual a 37,80 kW con una velocidad de 70 km/h, mientras que la potencia requerida en un terreno plano (pendiente 0) es de 23,65 kW con una velocidad de 120 km/h.
- De acuerdo a la batería seleccionada se obtiene una energía de 32,13 kWh, la que nos permite cumplir la autonomía de 200 km, este valor tiende a disminuir si se eleva el peso del vehículo mientras que se obtendrá mayor autonomía al tener menor peso.
- Análisis comparativos de factores económicos han demostrado que la conversión de vehículos es una opción viable, por motivo que la adquisición de un vehículo eléctrico nuevo está alrededor de \$ 35,000.00, mientras que la compra del kit eléctrico es un 37,14% de ese valor, teniendo como resultado un vehículo 100% eléctrico con las mismas prestaciones que uno nuevo.



# RECOMENDACIONES

- Utilizar baterías de alto voltaje con química de ion - litio para obtener mayor tiempo de recorrido en kilómetros, por motivo que estas tienen un menor índice de auto descarga.
- Se recomienda utilizar un motor con mayor voltaje para que el consumo de corriente de la batería sea menor y así obtener mayor autonomía.
- Para futuros proyectos se recomienda diseñar un ciclo de conducción para obtener valores más reales a la geografía del Ecuador.
- Se sugiere que las baterías de alta tensión sean incorporadas en el piso del vehículo por su gran tamaño y peso, para compensar las masas de los dos ejes y evitar obtener un centro de gravedad elevado.



Gracias por su atención



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA