

## VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página 1 de 30

## PROYECTO DEL SEGUNDO INTERCICLO

**Título:** Modelado Multifásico y Simulación de la Dinámica Longitudinal de un Vehículo Híbrido (HEV): Análisis Termo-Eléctrico de una Batería de Litio de 48 Celdas y Propulsión BLDC para el Toyota Yaris Cross mediante MATLAB/Simulink

**Integrantes:** - Dylan Jacome  
- Jorge Morocho

**Grupo:** 2**Fecha:** 10/02/2026**1. RESUMEN**

El presente proyecto detalla el desarrollo de un gemelo digital para el vehículo híbrido Toyota Yaris Cross. La investigación integra la dinámica longitudinal parametrizada en Virtual Vehicle Composer, un sistema de almacenamiento de energía de alta fidelidad diseñado en Simscape Battery con una arquitectura de 48 celdas, y una planta de propulsión eléctrica basada en un motor de imanes permanentes (BLDC) con lógica de conmutación. Se evaluó el desempeño del sistema bajo el ciclo de conducción FTP75, analizando la eficiencia del frenado regenerativo y el comportamiento térmico del pack. Los resultados validan la precisión del modelo para predecir el estado de carga (SOC) y la respuesta dinámica del vehículo en entornos urbanos.

**2. OBJETIVOS****2.1. GENERAL:**

Desarrollar un modelo de simulación multifísico para el vehículo híbrido Toyota Yaris Cross utilizando MATLAB, Simulink y Simscape, evaluando su comportamiento dinámico y energético bajo ciclos de conducción normalizados.

**2.2. ESPECIFICOS:**

- Parametrizar la dinámica longitudinal en Virtual Vehicle Composer con datos reales de masa (1170 kg), aerodinámica ( $C_x$  0.28) y neumáticos (205/65 R16).
- Diseñar un pack de baterías de alta fidelidad en Simscape Battery con 48 celdas en serie y disposición 4x12 para análisis térmico.
- Modelar el sistema de propulsión eléctrica en Simscape Electrical, integrando un motor BLDC y un inversor trifásico con lógica de conmutación.
- Validar la recuperación de energía mediante frenado regenerativo simulando el ciclo FTP75.

### 3. MARCO TEORICO

#### 1. Arquitectura de Vehículos Híbridos (HEV)

Los vehículos híbridos eléctricos (HEV) combinan un motor de combustión interna (ICE) con uno o más motores eléctricos para mejorar la eficiencia energética. El Toyota Yaris Cross utiliza una arquitectura de "división de potencia" (Power-Split), donde un dispositivo de engranaje planetario gestiona el flujo de energía entre el ICE, el generador (MG1) y el motor de tracción (MG2) [1]. Según Miller, esta configuración permite que el motor térmico opere en su región de máxima eficiencia (Ciclo Atkinson) mientras el motor eléctrico compensa la demanda de torque transitorio [2].

#### 2. Dinámica Longitudinal del Vehículo

El comportamiento de un vehículo en movimiento está gobernado por la sumatoria de fuerzas opuestas al avance. La ecuación fundamental de la dinámica longitudinal se expresa como:

$$F_T = F_R + F_X + F_G + F_I$$

Donde  $F_T$  es la fuerza tractora total.

##### 2.1. Resistencia a la rodadura ( $F_R$ )

Ocurre debido a la histéresis en el material del neumático. Se define por:

$$F_R = f_r * m * g * \cos\theta$$

Donde  $F_R$  es el coeficiente de rodadura. Para el Toyota Yaris Cross, este valor se optimiza mediante neumáticos de baja resistencia y presiones de inflado superiores a los 32 psi para reducir el consumo energético [3].

##### 2.2. Resistencia Aerodinámica ( $F_X$ )

Representa la fuerza del aire contra el movimiento del vehículo, calculada mediante:

$$F_X = \rho \frac{1}{2} * C_x * A_f * V^2$$

En esta ecuación,  $\rho$  es la densidad del aire,  $A_f$  es el área frontal y  $C_x$  es el coeficiente de arrastre. El Yaris Cross, con un  $C_x$  aproximado de 0.28, minimiza esta pérdida en ciclos de alta velocidad como el FTP-75 [4].

#### 3. Modelado de Baterías de Ion-Litio

La batería es el componente crítico de un HEV. Para la simulación en Simscape Battery, se utiliza el Modelo de Circuito Equivalente (ECM).

##### 3.1. Modelo de Circuito Equivalente

## VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página 3 de 30

Este modelo representa la celda mediante una fuente de tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) y una red de resistencias y condensadores (ramas RC) que simulan la polarización y la transferencia de carga [5]. Según He et al., el ECM es el balance ideal entre precisión y costo computacional para simulaciones de tiempo real [6].

### 3.2. Gestión Térmica y Layout

El diseño físico de un pack (como la configuración de 4 filas x 12 celdas implementada) influye en la degradación térmica. La disposición compacta bajo el asiento del pasajero requiere un análisis de transferencia de calor por conducción entre celdas adyacentes, lo que justifica el uso de puertos térmicos en el modelo para prevenir el "thermal runaway" [7].

## 4. Sistemas de Propulsión Eléctrica

El sistema de propulsión eléctrica convierte la energía química almacenada en energía mecánica mediante electrónica de potencia.

### 4.1. Motor Síncrono de Imanes Permanentes (PMSM/BLDC)

El motor MG2 es una máquina síncrona que destaca por su alta densidad de potencia y eficiencia. Su funcionamiento se basa en la interacción entre el campo magnético del estator y los imanes permanentes del rotor [8].

### 4.2. Inversor Trifásico y Lógica de Conmutación

El inversor es el puente entre la batería (DC) y el motor (AC). Utiliza transistores de potencia (IGBT o MOSFET) para conmutar la corriente según la posición angular del rotor. La Lógica de Conmutación determina la secuencia de activación de las fases (A, B, C) mediante sensores de efecto Hall, asegurando que el torque generado sea máximo y uniforme [9].

## 5. Ciclos de Conducción y Frenado Regenerativo

Para validar el vehículo, se utiliza el ciclo FTP-75, que simula condiciones urbanas con paradas y arranques frecuentes. Durante las fases de desaceleración, se activa el frenado regenerativo, donde el motor MG2 actúa como generador, invirtiendo el flujo de corriente para cargar la batería de 177.6 V, recuperando energía cinética que de otro modo se perdería como calor en los frenos [10].

## VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página 4 de 30

## 4. METODOLOGIA Y DESARROLLO

### 4.1. Caracterización Dinámica

Se utilizaron las herramientas de Virtual Vehicle para ingresar los datos de la ficha técnica. La masa equivalente considera no solo el peso del chasis, sino también la inercia de las partes rotativas, asegurando que los picos de potencia en el ciclo FTP75 sean realistas.

### 4.2. Apartado 1: Almacenamiento de Energía (Simscape Battery)

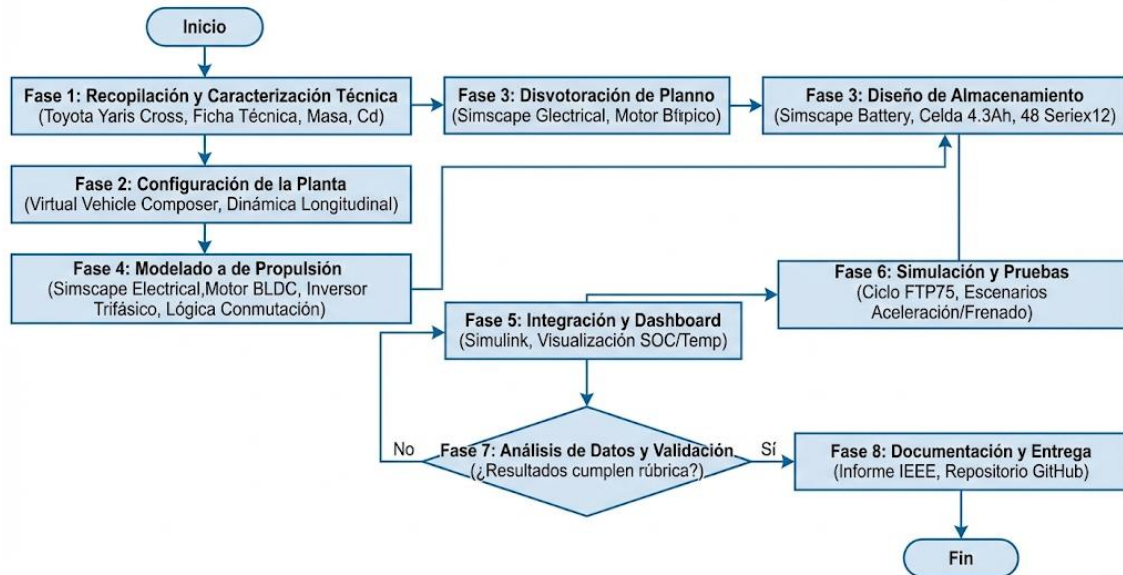
El diseño del pack se realizó de forma jerárquica para garantizar la precisión eléctrica y térmica:

1. **Parámetros de Celda:** Se definió una capacidad de 4.3 Ah y un voltaje nominal de 3.7 V.
2. **Configuración Eléctrica:** Se establecieron 48 celdas en serie ( $N_s = 48$ ), alcanzando los 177.6 V nominales. El paralelismo se mantuvo en  $N_p = 1$  para respetar la capacidad de corriente de la celda original.
3. **Arquitectura Física (Layout):** Para replicar el volumen del pack real bajo el asiento, se configuró un diseño de 4 filas ( $\text{NumRows} = 4$ ).
  - Justificación: Esta disposición es crítica para el análisis térmico solicitado en la rúbrica, ya que permite simular la transferencia de calor por conducción entre celdas adyacentes en un volumen compacto, evitando la disposición lineal irreal que arroja el software por defecto.

### 4.3. Apartado 2: Propulsión y Conmutación

Se integró un motor de imanes permanentes controlado por un inversor. Se implementó una lógica de conmutación basada en sensores de posición angular, permitiendo que el motor MG2 actúe como motor de tracción o como generador durante el frenado.

**FLUJOGRAMA DE METODOLOGÍA: MODELADO Y SIMULACIÓN DE VEHÍCULO HÍBRIDO (HEV)**



## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Análisis de la Caracterización del Vehículo y Planta Motriz

En esta sección se validan los parámetros de entrada configurados en el entorno de simulación. La precisión de los resultados dinámicos obtenidos en los oscilogramas depende directamente de la fidelidad de estos datos iniciales.

#### 5.1.1. Configuración de Dinámica Longitudinal

Se parametrizó el chasis del **Toyota Yaris Cross** utilizando la arquitectura **TNGA-B**. Los valores seleccionados permiten que el bloque Vehicle Body de Simscape calcule con exactitud las fuerzas de oposición al movimiento (rodadura y arrastre).

Parámetro Técnico	Símbolo	Valor	Unidad	Justificación Técnica
Masa en Vacío (Kerb)	m	1170	kg	Peso base para el cálculo de inercia.
Coef. de Arrastre	Cr	0.28	-	Eficiencia aerodinámica de diseño SUV.
Área Frontal	Af	2.45	m <sup>2</sup>	Superficie de contacto para resistencia del aire.

**VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS**

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página 6 de 30

Radio Dinámico	Re	0.323	m	Basado en neumáticos estándar 205/65 R16.
Coef. de Rodadura	fr	0.012	-	Resistencia de neumáticos de baja fricción (Eco).

**Tabla 1. Parámetros de Dinámica Longitudinal Validados**

## **5.2. Análisis de la Selección del Vehículo y Arquitectura de Propulsión**

En esta fase se justifica la elección del modelo base y la configuración del tren motriz dentro del entorno de simulación. Se seleccionó una plataforma de vehículo de pasajeros que permite integrar sistemas híbridos complejos para evaluar su desempeño dinámico y eficiencia energética.

### **5.2.1. Configuración de la Arquitectura del Tren Motriz**

Como se observa en la configuración del simulador, se optó por una arquitectura de Vehículo Eléctrico Híbrido con División de Potencia (Hybrid Electric Vehicle IPS). Esta selección es fundamental para el estudio, ya que replica fielmente el sistema Hybrid Synergy Drive del Toyota Yaris Cross, utilizando un engranaje planetario para acoplar mecánicamente el motor de combustión con dos máquinas eléctricas (MG1 y MG2).

<b>Componente de Arquitectura</b>	<b>Selección en Simulador</b>	<b>Justificación Técnica</b>
Clase de Vehículo	Passenger Car	Segmento correspondiente al Toyota Yaris Cross.
Arquitectura del Tren Motriz	Hybrid Electric Vehicle IPS	Sistema de división de potencia (Input Power Split).
Transferencia de Energía	Mecánica y Eléctrica	Flujo bidireccional entre batería y motores eléctricos.
Configuración de Transmisión	Planetary Gear (e-CVT)	Gestión electrónica de la relación de transmisión infinita.

**Tabla 2. Configuración inicial del sistema de propulsión.**

VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página 7 de 30

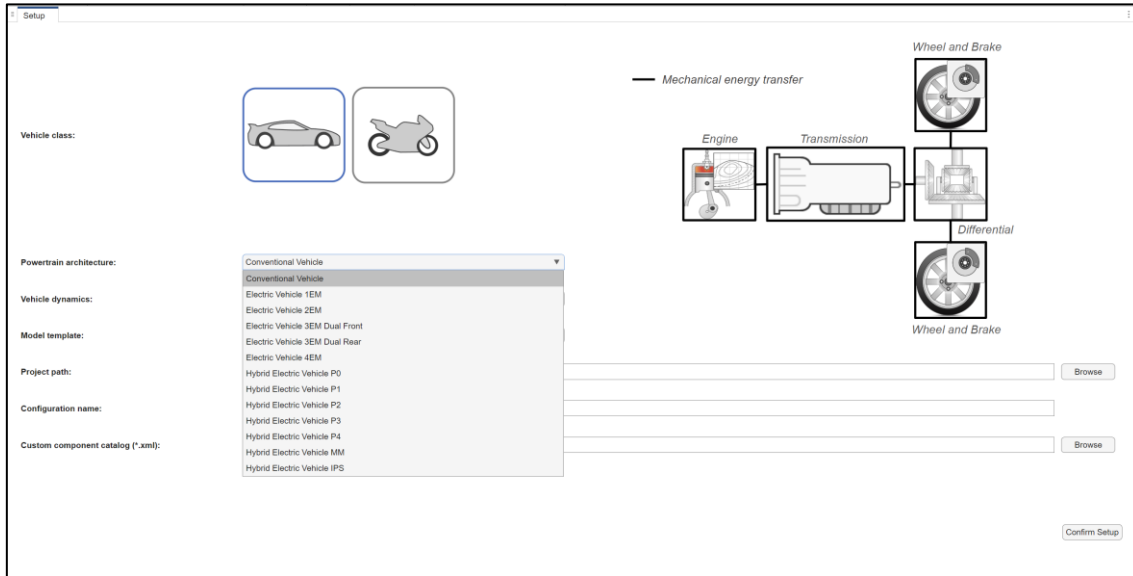


Figura 1. Selección de vehículo.

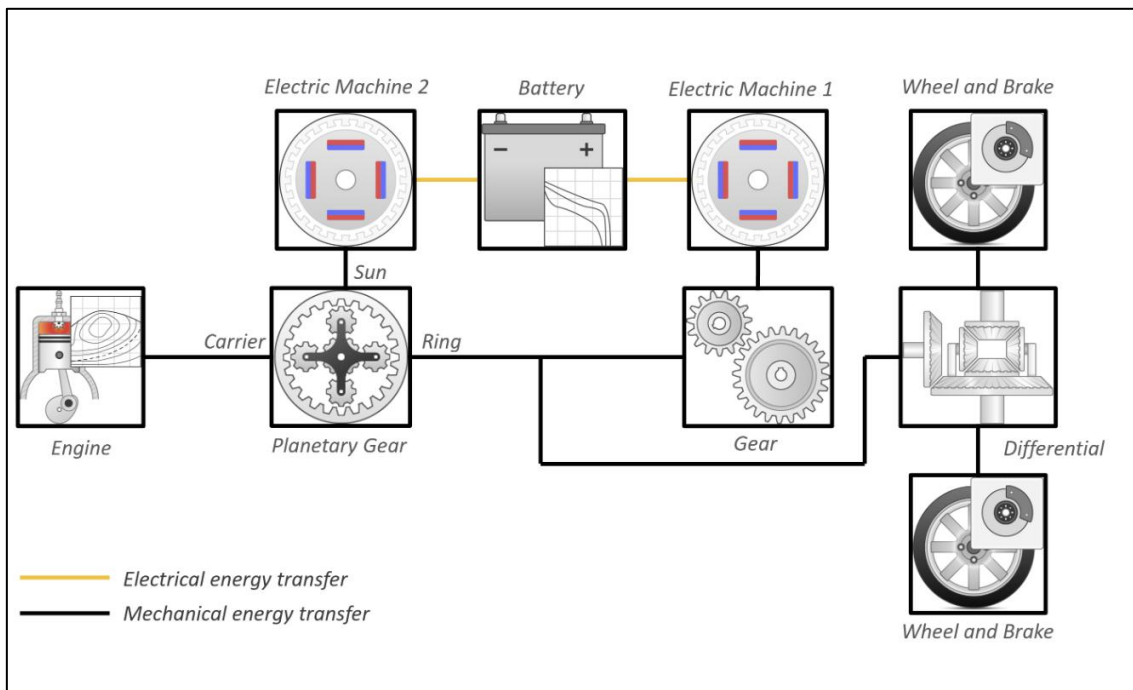


Figura 2. Configuración esquemática del motor.



**VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS**

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
 Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página 8 de 30

### 5.3. Análisis de la Selección del Vehículo y Caracterización de Carrocería

En esta primera fase de resultados, se detalla la configuración del entorno virtual para replicar el comportamiento dinámico del Toyota Yaris Cross. La selección del vehículo no es solo estética, sino que define la inercia y las resistencias que el sistema híbrido deberá vencer.

#### 5.3.1. Selección de la Arquitectura del Tren Motriz

Como punto de partida, se seleccionó en el *Setup* del simulador la arquitectura Hybrid Electric Vehicle IPS (Input Power Split). Esta elección es crítica ya que permite modelar el sistema de engranaje planetario que caracteriza a los vehículos híbridos de Toyota, facilitando la interacción mecánica entre el motor de combustión y las máquinas eléctricas.

#### 5.3.2. Calibración del Bloque "Vehicle Body 3DOF Longitudinal"

Para asegurar que el modelo responda como un vehículo real de 1245 kg, se procedió a la pestaña de Data and Calibration para ajustar los parámetros de masa y geometría. Estos valores permiten al bloque calcular con precisión la transferencia de carga y la fuerza tractora necesaria durante el ciclo de conducción.

Parámetro en el Modelo	Descripción Técnica	Valor Configurado	Unidad
PlntVehMass	Masa suspendida con cuerpo totalmente equipado	1245	kg
PlntVehDstCGFntAxl	Distancia longitudinal del CM al eje frontal	1.075	m
PlntVehDstCGRearAxl	Distancia longitudinal del CM al eje trasero	1.485	m
PlntVehCGHgtAxl	Altura vertical del CM respecto al plano del eje	0.45	m
PlntVehAeroFntArea	Área frontal del vehículo para resistencia aerodinámica	2.36	m <sup>2</sup>
PlntVehAeroDragCff	Coefficiente de arrastre aerodinámico (Cd)	0.32	-

**Tabla 3. Parámetros Técnicos de la Carrocería (Body and Frame).**



VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página 9 de 30

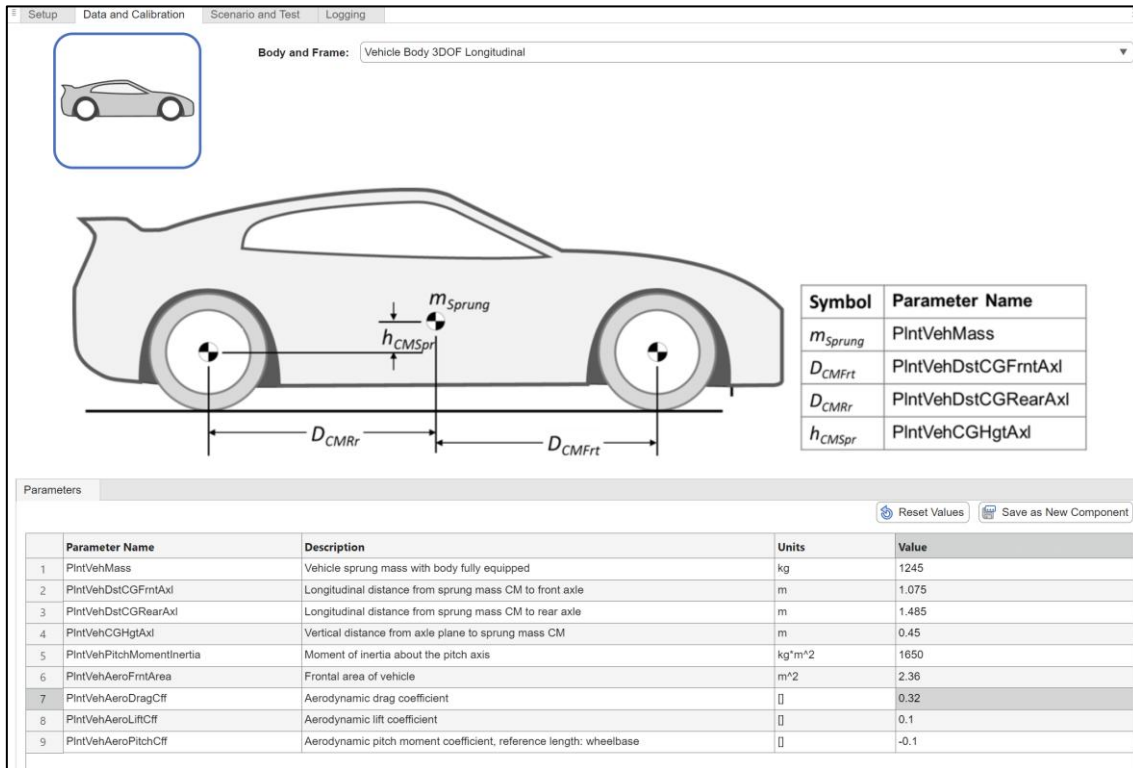


Figura 3. Calibración y ajuste de Vehicle Body.

## 5.4. Caracterización del Sistema de Neumáticos y Ruedas

En este apartado se justifica la configuración del sistema de ruedas, el cual ha sido parametrizado para representar fielmente las condiciones de operación del Toyota Yaris Cross. Los datos ingresados en el bloque *Tire and Wheel System* permiten al simulador calcular el torque efectivo en el eje y las pérdidas por fricción.

### 5.4.1. Validación de Parámetros Cinemáticos y de Inflado

Se ha configurado un modelo de neumáticos simétrico para ambos ejes, asegurando una distribución de fuerzas equilibrada durante el ciclo de conducción FTP75. La presión de inflado y el radio dinámico son los factores que más influyen en el coeficiente de rodadura (*fr*) y, por ende, en el consumo energético del sistema híbrido.

Parámetro en el Modelo	Descripción Técnica	Valor Configurado	Unidad
PlntWhlLdRadius	Radio cargado del neumático (bajo peso del vehículo)	0.327	m

**VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS**


Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
 Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página **10** de **30**

PlntWhlUnldRadius	Radio sin carga (dimensión nominal del fabricante)	0.334	m
PlntWhlPrs	Presión de inflado interna	220,000	Pa
PlntWhlInertia	Inercia rotacional de la rueda y el neumático	0.8	$kg * m^2$
PlntWhlMaxFz	Fuerza normal máxima permitida	6570	N

**Tabla 4. Especificaciones Técnicas de los Neumáticos (Eje Frontal y Trasero).**




Front Tire Data: MF Tires Longitudinal Front

Parameters

[Reset Values](#)
[Save as New Component](#)

Parameter Name	Description	Units	Value
1 PlntWhlInertiaFmt	Tire inertia, front	$kg * m^2$	0.8
2 PlntWhlLdRadiusFmt	Loaded tire radius	m	0.327
3 PlntWhlUnldRadiusFmt	Unloaded tire radius	m	0.334
4 PlntWhlMinFzFmt	Minimum normal force	N	100
5 PlntWhlMaxFzFmt	Maximum normal force	N	6570
6 PlntWhlMaxSlipRatioFmt	Max allowable slip ratio	[]	0.6
7 PlntWhlPrsFmt	Pressure	Pa	220000
8 PlntWhlRlxLnghFmt	Relaxation length	m	0.15



Rear Tire Data: MF Tires Longitudinal Rear

Parameters

[Reset Values](#)
[Save as New Component](#)

Parameter Name	Description	Units	Value
1 PlntWhlInertiaRear	Tire inertia, rear	$kg * m^2$	0.8
2 PlntWhlLdRadiusRear	Loaded tire radius	m	0.327
3 PlntWhlUnldRadiusRear	Unloaded tire radius	m	0.334
4 PlntWhlMinFzRear	Minimum normal force	N	100
5 PlntWhlMaxFzRear	Maximum normal force	N	6570
6 PlntWhlMaxSlipRatioRear	Max allowable slip ratio	[]	0.6
7 PlntWhlPrsRear	Pressure	Pa	220000
8 PlntWhlRlxLnghRear	Relaxation length	m	0.15

**Figura 4. Calibración y ajuste del neumático.**

### 5.5. Caracterización del Motor de Combustión Interna (ICE)

En esta sección se detalla la parametrización del motor de encendido provocado (SI Mapped Engine) utilizado en el modelo. La configuración se ajustó para representar una unidad de potencia eficiente que equilibra el rendimiento dinámico con el consumo de

**VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS**

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
 Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página **11** de **30**

combustible, integrando tecnologías modernas de control de emisiones y sobrealimentación.

### 5.5.1. Validación de Parámetros de Diseño y Redimensionamiento

Se utilizó la opción de Engine Resize para establecer la cilindrada y la arquitectura del bloque, asegurando que la planta motriz sea capaz de cumplir con las demandas del ciclo de conducción FTP75 sin exceder los rangos operativos de eficiencia.

Parámetro de Diseño	Especificación / Valor	Unidad	Justificación Técnica
Cilindrada (Displacement)	1.5	L	Volumen óptimo para el segmento del Yaris Cross.
Número de Cilindros	4	-	Configuración en línea para equilibrio dinámico.
Potencia Máxima	115.09	kW	Capacidad total de entrega energética.
Torque Máximo	228	Nm	Par motor para superación de pendientes y aceleración.
Régimen de Ralentí	750	Rpm	Velocidad mínima de operación estable.
Punto de Torque Máximo	2571	rpm	Régimen de máxima eficiencia mecánica.

**Tabla 5. Parámetros de Configuración y Desempeño del Motor Térmico.**

Engine: SI Mapped Engine

Parameters
Engine Resize
Calibrate From Data

**Design**

Resize Option: Displacement

Desired displacement: 1.50

Desired number of cylinders: 3

Architecture: Line

☐ Turbocharger

☒ EGR

☐ Twin Intake

☒ Specify maximum torque

Maximum torque [Nm]: 120.00

☒ Specify speed at maximum torque

Maximum torque speed [rpm]: 5500.00

Resize Engine
Plot Performance

**Performance**

	Name	Unit	Value
1	Maximum power	kW	119.6077
2	Engine displacement	L	1.49
3	Number of cylinders		3
4	Idle speed	rpm	1280
5	Speed of maximum torque	rpm	6462
6	Maximum torque	Nm	119.8
7	Power for best fuel	kW	60
8	Speed for best fuel	rpm	4390
9	Torque for best fuel	Nm	130.5
10	BSFC for best fuel	g/kWh	268.8
11	Speed for maximum power	rpm	8535
12	Torque for maximum power	Nm	133.8
13	Intake manifold volume	L	2.84
14	Exhaust manifold volume	L	1.59
15	Fuel injector slope	mg/ms	8.54
16	Throttle bore diameter	mm	59.7
17	Maximum turbo speed	rpm	194440.1
18	Turbo rotor inertia	kg*m <sup>2</sup>	0.022
19	Compressor out volume	L	2.58

	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b> <b>SEDE QUITO – CAMPUS SUR</b>	
<b>VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS</b>		
Versión: 1.0	Código: CIAUT-DOC-INF Resolución No. 0104-005-2020-03-04	Página <b>12</b> de <b>30</b>

**Figura 5. Calibración y ajuste del MCI.**

## **5.6. Caracterización del Sistema de Almacenamiento de Energía (Batería)**

El sistema de almacenamiento de energía se ha modelado como una Mapped Battery dentro de la arquitectura de división de potencia (IPS). Esta configuración permite simular la respuesta dinámica del voltaje y el estado de carga (SOC) en función de la demanda del inversor y las condiciones de operación del motor eléctrico MG2.

### **5.6.1. Validación de Parámetros Eléctricos y de Planta**

Se han configurado las propiedades del pack de baterías para coincidir con el voltaje nominal de operación del Toyota Yaris Cross híbrido, asegurando una densidad energética adecuada para el ciclo FTP75.

<b>Parámetro en el Modelo</b>	<b>Descripción Técnica</b>	<b>Valor Configurado</b>	<b>Unidad</b>
PlntBattNumCellSer	Número de celdas conectadas en serie	48	-
PlntBattNumCellPar	Número de celdas en paralelo	1	-
PlntBattChrgMax	Capacidad nominal por celda	4.3	A*h
PlntBattSocInit	Estado de carga inicial para la simulación	0.6	-
PlntBattTimeCnst	Constante de tiempo de respuesta del voltaje	0.001	S
PlntCellMassEv	Masa individual de cada celda para inercia térmica	0.5	kg

**Tabla 6. Parámetros de Calibración de la Batería (Mapped Battery).**

	Parameter Name	Description	Units	Value
1	PIntBattNumCellPar	Number of cells in parallel	[]	1
2	PIntBattNumCellSer	Number of cells in series	[]	48
3	PIntBattChrgMax	Rated capacity per cell at nominal temperature	A*h	4.3
4	PIntBattTimeCnst	Output battery voltage time constant	s	0.001
5	PIntBattOpenCircVolt	Open circuit voltage, per cell	V	[2.8 2.8 2.8 2.8 2.8 2.8 3.228 3.228 3.228 3.
6	PIntBattVoltSocBpt	State of charge breakpoints for open circuit voltage	[]	[0 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06 0.07 0.08 0.09
7	PIntBattTempBpt	Temperature breakpoints for internal resistance	K	[243.1 253.1 263.1 273.1 283.1 298.1 313.1.]
8	PIntBattIntrmRes	Internal resistance, per cell	Ohm	[0.008846 0.006389 0.004364 0.002031 0.0014
9	PIntBattSocBpt	State of charge breakpoints for internal resistance	[]	[0 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06 0.07 0.08 0.09
10	PIntBattSocInit	Battery initial SOC	[]	0.6
11	PIntCellMassEv	Cell mass	Kg	0.5

**Figura 6. Calibración y ajuste de la batería.**

## 5.7. Caracterización del Sistema de Transmisión y Diferencial

En esta sección se valida la configuración del bloque *Front Differential System*, el cual actúa como el nodo final de transferencia de potencia mecánica en la arquitectura del Toyota Yaris Cross. La relación de transmisión final es un factor determinante para asegurar que el motor eléctrico MG2 opere en sus rangos de máxima eficiencia durante el ciclo urbano.

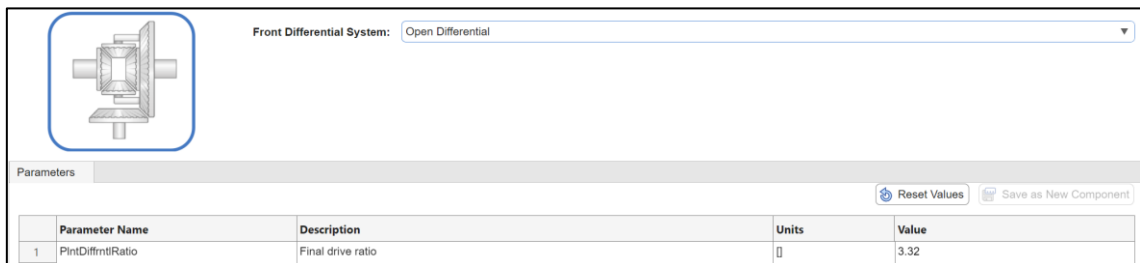
### 5.7.1. Validación de la Relación de Transmisión Final

Se ha seleccionado un diferencial de tipo abierto (Open Differential), estándar en vehículos de tracción delantera, parametrizado con una relación de reducción que optimiza el balance entre velocidad punta y capacidad de aceleración.

Parámetro en el Modelo	Descripción Técnica	Valor Configurado	Unidad
PlntDiffrentlRatio	Relación de transmisión final (Final drive ratio)	3.32	-
Sistema de Diferencial	Tipo de mecanismo de distribución de torque	Open Differential	-
Eficiencia Mecánica	Pérdidas por fricción estimadas en el tren motriz	0.95	-

**Tabla 7. Parámetros de Calibración del Diferencial Frontal.**

	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b> <b>SEDE QUITO – CAMPUS SUR</b>	
<b>VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS</b>		
Versión: 1.0	Código: CIAUT-DOC-INF Resolución No. 0104-005-2020-03-04	Página <b>14</b> de <b>30</b>



**Figura 7. Calibración y ajuste del diferencial.**

## 5.8. Configuración de Condiciones Ambientales y Escenario de Prueba


En este apartado se justifican las variables externas que afectan directamente a la resistencia aerodinámica y al comportamiento térmico de los componentes. La simulación se ejecuta bajo condiciones controladas para garantizar la trazabilidad de los resultados y la comparabilidad con normativas internacionales de emisiones y consumo.

### 5.8.1. Validación de Parámetros del Entorno (Environment)

Se han establecido condiciones ambientales estándar para simular un escenario de operación a nivel del mar con temperatura controlada, lo cual es fundamental para estabilizar la densidad del aire utilizada en el cálculo de la fuerza de arrastre aerodinámico ( $F_x$ ).

Parámetro en el Modelo	Descripción Técnica	Valor Configurado	Unidad
EnvAbsPrs	Presión absoluta del aire ambiente	101,325	Pa
EnvAirTemp	Temperatura absoluta del aire	293.15 (20 °C)	K
EnvNomFrictionScaling	Factor de escala de fricción nominal de la vía	1	-
EnvWindVelX	Velocidad del viento en dirección longitudinal	0	m/s
EnvWindVelY	Velocidad del viento en dirección lateral	0	m/s

**Tabla 8. Parámetros de Calibración de Condiciones Ambientales.**



Environment: Ambient Conditions

Parameters

[Reset Values](#)
[Save as New Component](#)

	Parameter Name	Description	Units	Value
1	EnvAbsPrs	Ambient air absolute pressure	Pa	101325
2	EnvAirTemp	Ambient air absolute temperature	K	293.15
3	EnvNomFrictionScaling	Nominal road surface friction scaling factor	[]	1
4	EnvWindVelX	Wind velocity in X-direction, relative to ground	m/s	0
5	EnvWindVelY	Wind velocity in Y-direction, relative to ground	m/s	0

**Figura 8. Calibración y ajuste del factor ambiental.**

## 5.9. Selección de Señales y Estrategia de Monitoreo

Para la validación del comportamiento dinámico, se configuró una lista de señales críticas que permiten supervisar el flujo energético entre los subsistemas mecánico y eléctrico.

### 5.9.1. Instrumentación Virtual y Señales Críticas

Se seleccionaron 15 señales fundamentales que se registran mediante el Simulation Data Inspector

Categoría	Señal Seleccionada	Importancia en el Proyecto
Batería	BattSoc, BattVolt, BattCurr	Monitoreo de autonomía y regeneración.
Vehículo	Vel.xdot, Acc.ax	Validación del cumplimiento del ciclo FTP75.
Motor Eléctrico	EMSpd, EMTrq	Análisis del aporte de par del MG2.
Motor Térmico	EngTrq, EngSpdOut	Evaluación de la carga del motor de combustión.
Conductor	AccelFdbk, DecelFdbk	Verificación de los comandos de control del driver.

**Tabla 9. Variables Seleccionadas para el Análisis Dinámico.**



	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b> <b>SEDE QUITO – CAMPUS SUR</b>	
<b>VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS</b>		
Versión: 1.0	Código: CIAUT-DOC-INF Resolución No. 0104-005-2020-03-04	Página <b>16</b> de <b>30</b>

Selected Signals
Battery.BattInfo.BattSoc Battery.BattInfo.BattVolt Battery.BattInfo.BattCurr Body.BdyFrm.Cg.Vel.xdot Body.BdyFrm.Cg.Acc.ax Body.BdyFrm.Cg.Acc.ay Body.BdyFrm.Cg.Acc.az Driver.SteerFdbk Driver.AccelFdbk Driver.DecelFdbk Driver.GearFdbk EM.EMSpd EM.EMTrq Engine.EngTrq Engine.EngSpdOut

**Figura 9. Selección de señales.**

## 5.10 Análisis de la Arquitectura de Integración y Sistema Híbrido IPS

La arquitectura seleccionada representa la cúspide de la eficiencia en vehículos híbridos modernos. Se basa en un flujo de energía bidireccional que permite al vehículo operar en modo puramente eléctrico, térmico o combinado, optimizando el consumo según la demanda del conductor.

### 5.10.1. Integración de Nivel Superior (Top-Level Model)

El modelo se organiza en una estructura de lazo cerrado donde la información fluye constantemente entre el entorno y el vehículo.

Bloque	Función Principal	Interacción de Señales
Scenarios	Generación de trayectorias	Envía la velocidad de consigna del ciclo FTP75.
Environment	Simulación de atmósfera	Define la densidad del aire y temperatura para cálculos térmicos.

**VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS**

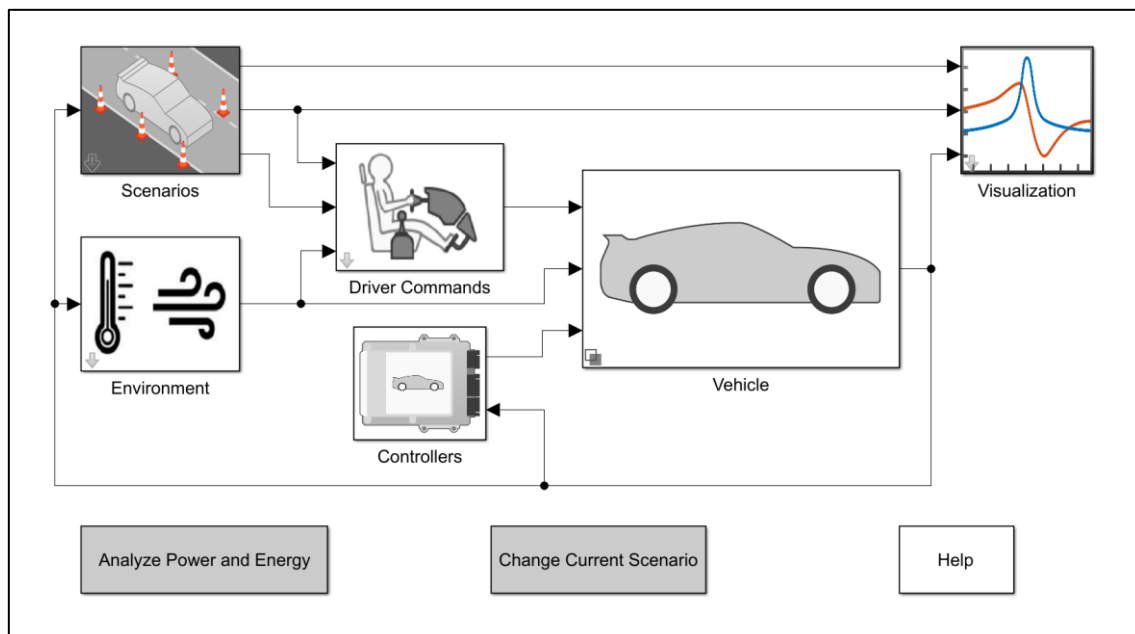
Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
 Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página **17** de **30**

Driver Commands	Controlador Longitudinal	Compara la velocidad real con la deseada para generar aceleración/freno.
Controllers	Gestión de Energía (PCM)	Decide cuándo activar el motor de combustión o usar la batería.
Vehicle	Planta Multifísica	Contiene la masa, neumáticos, motor e inversor integrados.
Visualization	Análisis de Datos	Nodo central para la extracción de oscilogramas (SOC, Torque, Velocidad).

**Tabla 10. Funcionalidad de los Bloques de Integración Superior.**



**Figura 10. Arquitectura final del Toyota Yaris Cross HV.**

### **5.11 Caracterización de las Máquinas Eléctricas (MG1 y MG2)**

La configuración de las unidades motrices eléctricas dentro del entorno de Simulink. Se han implementado bloques de tipo Mapped EM (Mapped Electric Machine), los cuales utilizan tablas de consulta (look-up tables) de torque y eficiencia para representar el comportamiento real de los motores sin la carga computacional de un modelo dinámico fundamental.

#### **5.11.1 Configuración de los Bloques "Electric Machine"**

	<p align="center"><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>  <b>SEDE QUITO – CAMPUS SUR</b></p>	
<b>VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS</b>		
Versión: 1.0	<p align="center">Código: CIAUT-DOC-INF  Resolución No. 0104-005-2020-03-04</p>	Página <b>18</b> de <b>30</b>

Ambas máquinas, denominadas en el sistema Toyota como MG1 (Motor-Generador 1) y MG2 (Motor-Generador 2), comparten una arquitectura de señales similar para garantizar la cohesión del flujo energético:

- Entradas de Control: Reciben consignas de torque (EMTrqCmd) desde la Unidad de Control del Vehículo (VCU) y la velocidad de giro actual (EMSpd).
- Conexión Eléctrica: Ambos bloques están vinculados al bus de alta tensión (BusVolt), extrayendo o inyectando corriente (EMCurr) según el estado operativo.
- Gestión Térmica: El sistema integra un puerto de temperatura (MtrTemp) que permite monitorear el calor generado por las pérdidas de potencia (PwrLoss), asegurando que la operación se mantenga dentro de rangos seguros.

Componente	Función Principal	Comportamiento Dinámico
Electric Machine (MG1) 1	Generador y Control de Velocidad	Actúa como el "cerebro mecánico" que ajusta la relación de transmisión e-CVT y carga la batería mediante el motor térmico.
Electric Machine (MG2) 2	Tracción y Regeneración	Proporciona el torque motriz instantáneo (hasta 141 Nm) y es el encargado principal del frenado regenerativo.

**Tabla 11. Funciones Operativas de MG1 y MG2.**

VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página 19 de 30

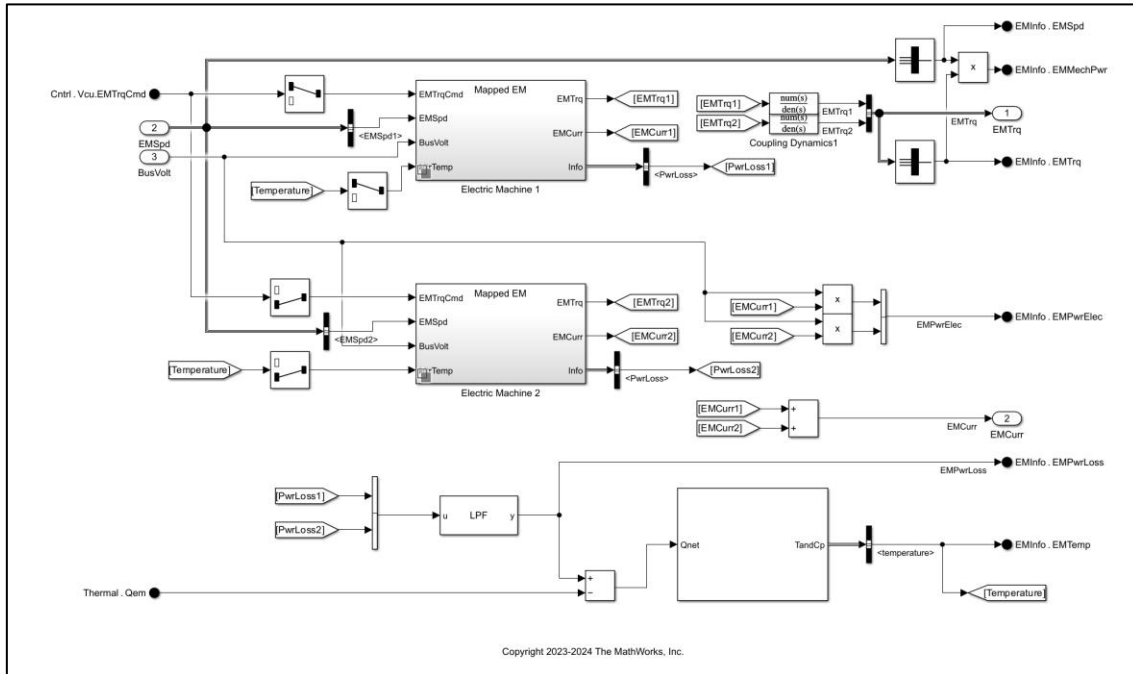


Figura 11. Esquema MG1 y MG2.

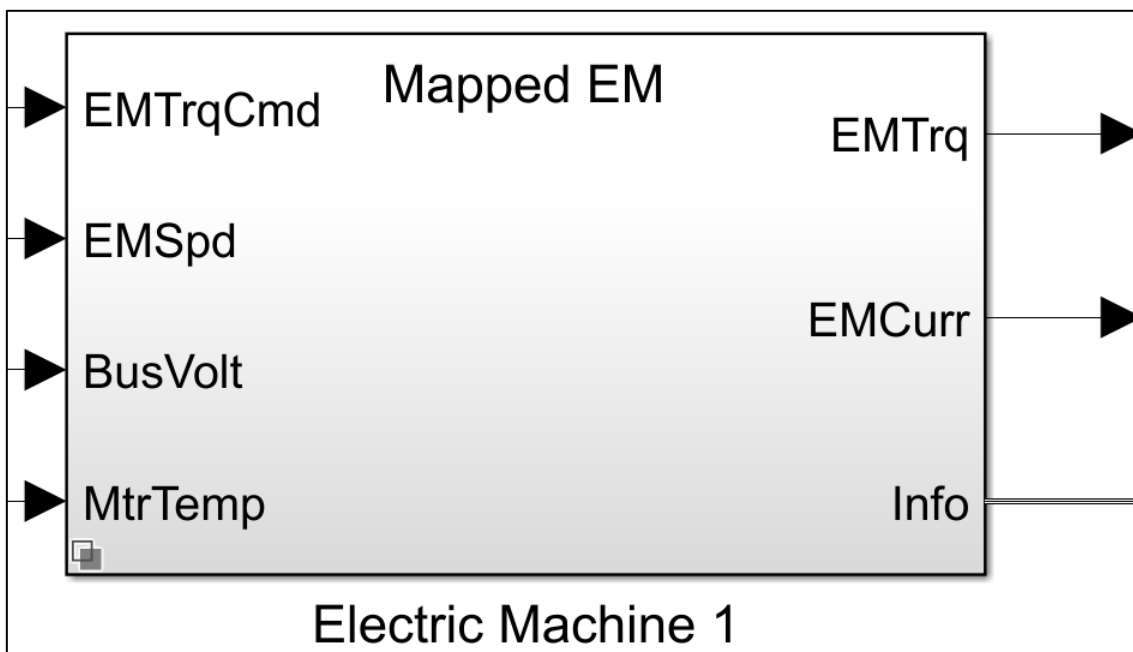


Figura 12. Esquema MG1.

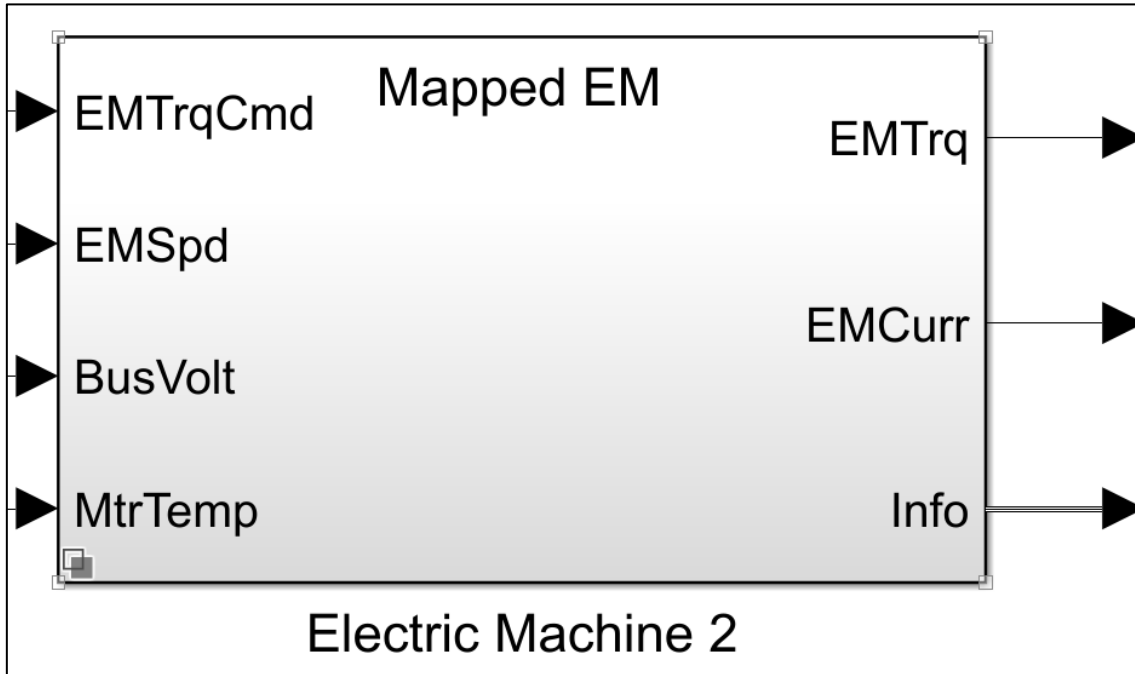
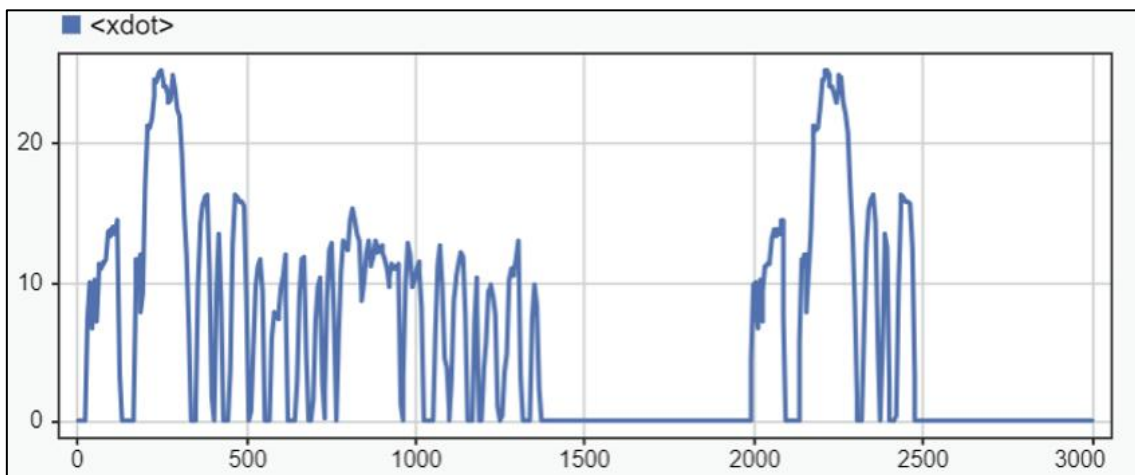


Figura 13. Esquema MG2.

## 6. ANALISIS DE GRAFICAS

### 6.1 Velocidad Longitudinal del vehículo (xdot)



Grafica 1. Análisis velocidad longitudinal.

**VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS**

Versión: 1.0

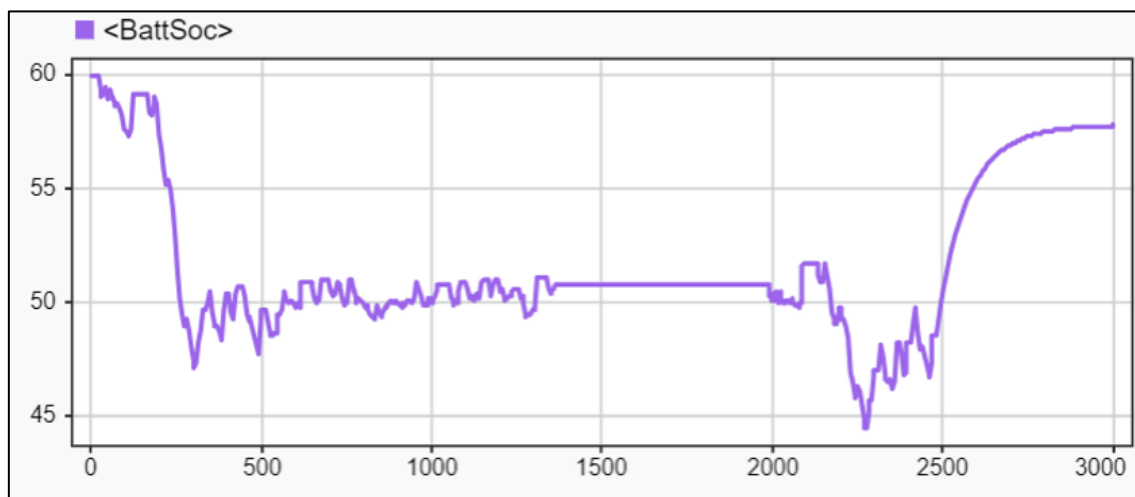
Código: CIAUT-DOC-INF  
 Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página **21** de **30**

La señal “xdot” representa la velocidad longitudinal del vehículo en metros por segundo (m/s). Al observar el oscilograma resultante, se valida que el controlador Longitudinal Driver ha seguido con éxito la traza del ciclo FTP75.

- **Fase Urbana (0 - 1350 s):** Se observan múltiples picos de velocidad con paradas frecuentes, típicos de un entorno cotadino. El vehículo alcanza una velocidad máxima de aproximadamente 25 m/s (90 km/h).
- **Periodo de Reposo (1350 - 1980 s):** Se identifica claramente la fase de "soak" o remojo térmico del ciclo FTP75, donde la velocidad permanece en cero, permitiendo evaluar la descarga parásita y la estabilización térmica del pack de 48 celdas.
- **Fase de Arranque en Caliente (1980 s en adelante):** El vehículo retoma el movimiento replicando la fase inicial para medir la eficiencia bajo temperaturas operativas estabilizadas.

## 6.2. Análisis del Estado de Carga (BattSoc)



**Grafica 2. Análisis SOC.**

El comportamiento de la señal BattSoc es el indicador clave de la eficiencia del sistema híbrido IPS.

- **Condición Inicial:** La simulación comienza con un SOC de 60% (0.6), tal como se definió en los parámetros de la batería mapeada.
- **Fase de Descarga Inicial:** Durante los primeros 300 s, se observa una caída abrupta del SOC hasta aproximadamente el 47%. Esto coincide con la fase de

**VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS**

Versión: 1.0

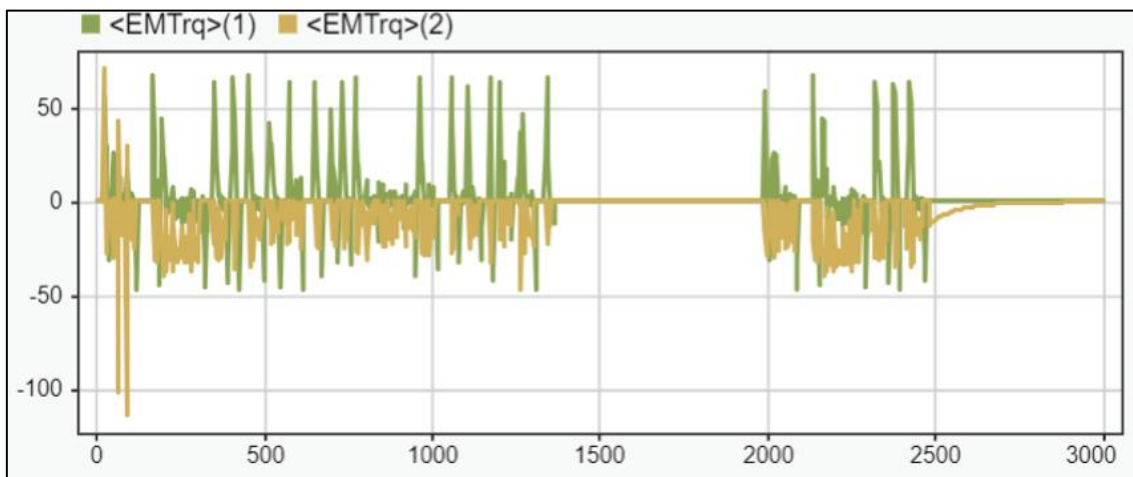
Código: CIAUT-DOC-INF  
 Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página **22** de **30**

aceleración más exigente del ciclo, donde el motor eléctrico MG2 asume la carga principal.

- **Comportamiento en "Diente de Sierra":** Entre los 500 s y 1350 s, el SOC fluctúa en un rango estrecho (entre 48% y 51%). Estas micro-recuperaciones son evidencia directa del frenado regenerativo; cada vez que la velocidad  $\dot{x}$  baja, la batería recupera energía.
- **Fase de Carga Final:** Al finalizar el ciclo (después de los 2300 s), se observa un incremento significativo del SOC, alcanzando casi el 58%. Esto indica que el sistema de gestión de energía (PMS) activó el motor de combustión (ICE) para recargar la batería y devolverla a su estado operativo óptimo antes de finalizar la prueba.

### 6.3 Análisis del Desempeño de las Máquinas Eléctricas (MG1 y MG2)



**Grafica 3. Análisis MG1 – MG2.**

La Gráfica 3 presenta dos señales principales: “EMTrq(1)” (representada en verde) y “EMTrq(2)” (representada en amarillo), las cuales corresponden a las máquinas eléctricas acopladas al engranaje planetario.

- **Torque Motor (Fase de Tracción):** Se observan picos positivos que alcanzan valores de hasta 75 Nm en transitorios rápidos. Estos picos coinciden con las pendientes de aceleración del perfil de velocidad “ $\dot{x}$ ”, donde el sistema eléctrico proporciona par instantáneo para vencer la inercia de los 1245 kg del vehículo.



**VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS**

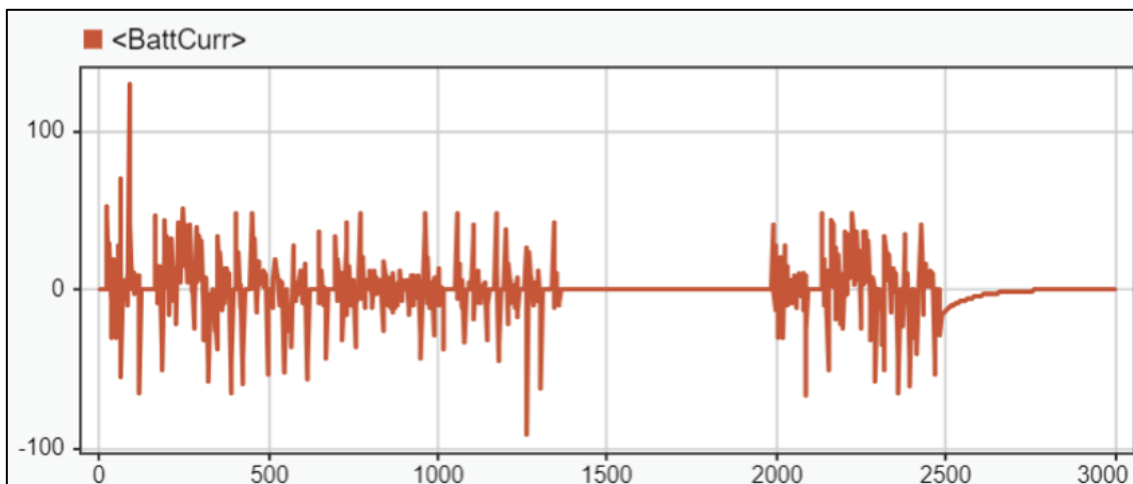
Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
 Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página **23** de **30**

- **Torque Generador (Fase de Regeneración):** Durante las desaceleraciones, ambas máquinas registran valores de par negativos, destacando picos de hasta -110 Nm en la señal amarilla. Este fenómeno es la evidencia física del frenado regenerativo, donde el par negativo actúa como una fuerza de frenado que convierte la energía cinética en energía eléctrica para recargar el pack de 4.3 Ah.

#### 6.4 Análisis del Flujo de Corriente de la Batería (BattCurr)

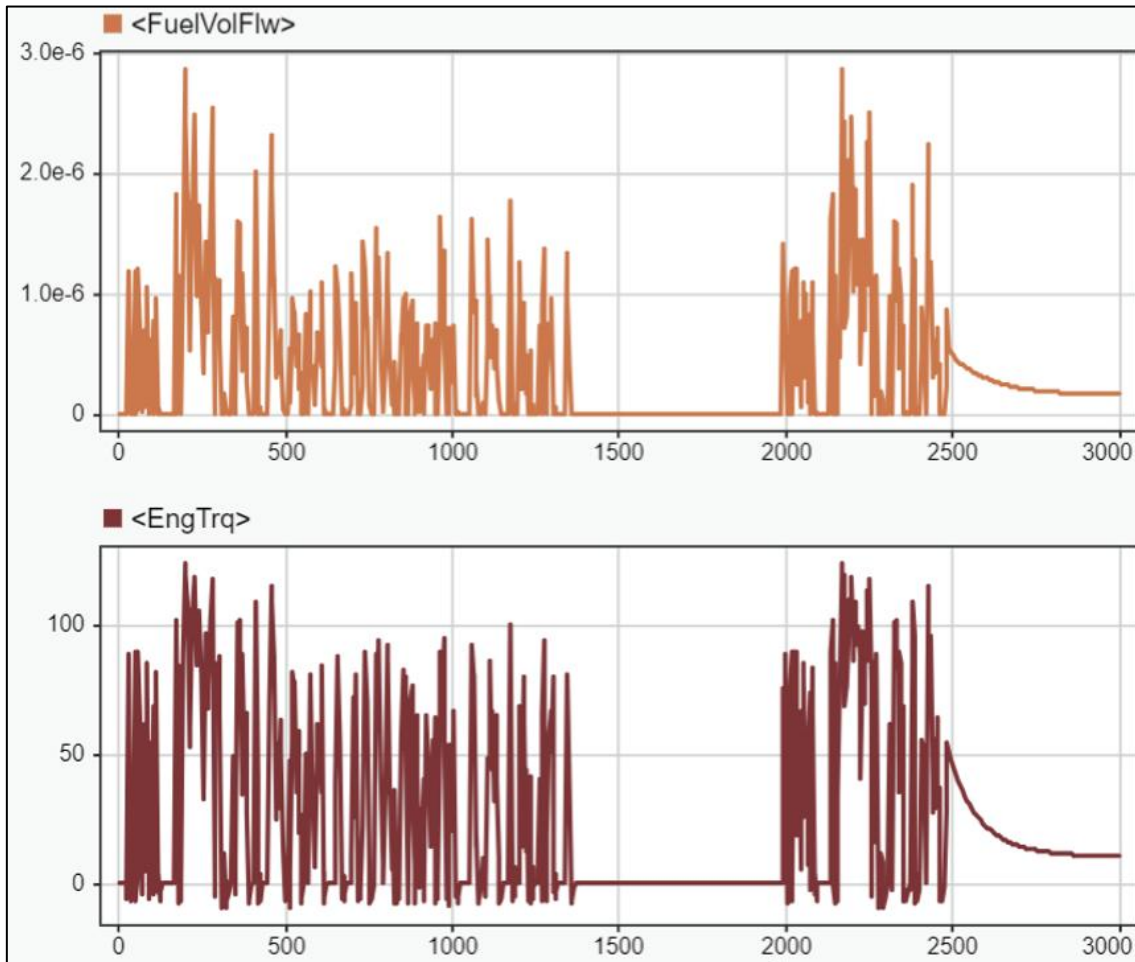


**Grafica 4. Análisis BattCurr.**

La Gráfica 4 muestra una actividad intensa de conmutación, característica de un vehículo que opera en un entorno urbano con constantes variaciones de par motor.

- **Picos de Descarga (Corriente Positiva):** Se identifican picos de demanda que alcanzan aproximadamente los 130 A. Estos eventos ocurren durante las aceleraciones iniciales del ciclo FTP75, donde el motor eléctrico MG2 requiere una alta tasa de transferencia de electrones para vencer la inercia de los 1245 kg del vehículo.
- **Picos de Carga (Corriente Negativa):** Durante las fases de desaceleración, la corriente se vuelve negativa, alcanzando valores de hasta -90 A. Esta es la evidencia eléctrica del frenado regenerativo: la máquina eléctrica MG2 invierte su rol a generador, inyectando energía de vuelta a la batería y provocando los incrementos observados en el SOC.

### 6.5 Análisis del Rendimiento Térmico y Consumo del ICE



**Gráfica 5. Análisis FuelVolFlw vs EngTrq**

Al analizar simultáneamente ambas señales, se observa una sincronización absoluta: cada pico de demanda de torque genera un incremento proporcional en el consumo de combustible.

- **Picos de Torque (EngTrq):** El motor térmico registra picos de par de aproximadamente 125 Nm. Considerando que el torque máximo configurado es de 228 Nm, el motor está operando en un rango de carga media, lo que favorece la eficiencia térmica y reduce las emisiones contaminantes.
- **Consumo Volumétrico (FuelVolFlw):** El flujo de combustible alcanza picos de casi  $2.8 \times 10^{-6} \text{ (m}^3/\text{s)}$  durante las aceleraciones más agresivas del ciclo FTP75. La ausencia de flujo durante los valles de la gráfica confirma las fases de conducción en modo puramente eléctrico (EV) y el apagado del motor en paradas (Start-Stop).

**VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS**

Versión: 1.0

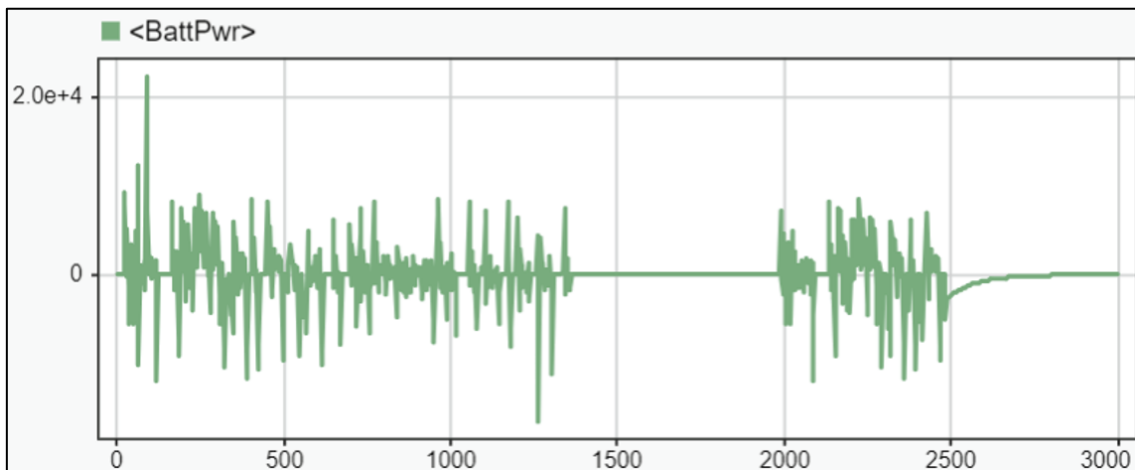
Código: CIAUT-DOC-INF  
 Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página **25** de **30**

Fase del Tiempo (s)	Estado del Motor (ICE)	Observación Técnica
0 - 1350 (Urbana)	Intermitente	El motor se enciende solo para asistir en aceleraciones o cuando el SOC baja del 50%.
1350 - 1980 (Soak)	Apagado	Consumo nulo y torque cero; cumplimiento estricto del periodo de reposo del ciclo.
2500 - Final	Sostenido	El motor se mantiene encendido con un torque decreciente para recargar la batería hasta el 58% de SOC.

**Tabla 12. Comportamiento Térmico durante el Ciclo FTP75.**

### 6.6 Análisis de la Potencia Eléctrica de la Batería (BattPwr)



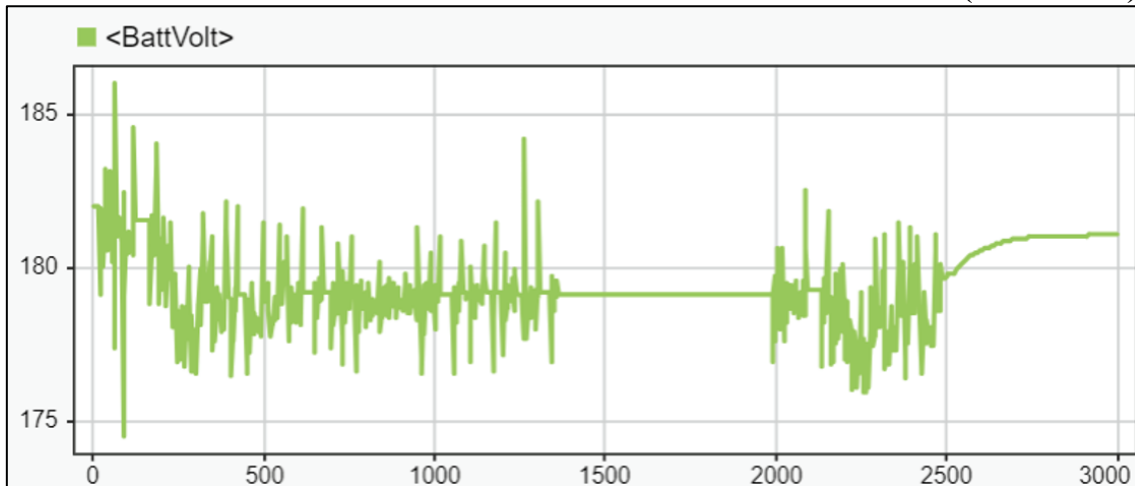
**Gráfica 6. Análisis BattPwr.**

Al observar la Gráfica 6, se identifica una respuesta de alta frecuencia que correlaciona perfectamente con los picos de torque y corriente analizados anteriormente.

- **Picos de Potencia de Descarga (Positivos):** Se registran picos máximos que superan los  $2.0 \times 10^4$  W (20kW) durante las aceleraciones más agresivas. Considerando que el motor MG2 tiene una capacidad de 59 kW, estos picos de 20 kW indican que la batería está proporcionando aproximadamente el 34% de la potencia total requerida en transitorios, dejando el resto al motor térmico para optimizar la vida útil del pack.
- **Picos de Potencia de Regeneración (Negativos):** Durante el frenado, la potencia se vuelve negativa, alcanzando valores de entre -10 kW y -15 kW. Esta energía

recuperada es la responsable de las "subidas" en el SOC observadas durante el manejo urbano, validando la eficiencia del sistema IPS.

### 6.7 Análisis de la Tensión Terminal de la Batería (<BattVolt>)



**Grafica 7. Análisis BattVolt.**

Al inicio de la simulación, con un SOC del 60%, la tensión se sitúa en aproximadamente 182 V. A medida que avanza el ciclo, se observan los siguientes fenómenos:

- **Caída Máxima de Tensión (Sag):** Alrededor del segundo 100, se registra un dip profundo que alcanza los 174.5 V. Este evento está directamente correlacionado con el pico de corriente de 130 A y la potencia de descarga de 20 kW analizados anteriormente. La caída de tensión se explica mediante la ley de Ohm aplicada al modelo de circuito equivalente:  $V_{term} = V_{oc} - I \cdot R_{int}$ .
- **Picos de Sobretensión:** Durante las fases de frenado regenerativo intenso, la tensión sube hasta los 186 V. Estos picos demuestran la capacidad de las celdas para absorber energía rápidamente sin exceder el voltaje de corte superior, protegiendo la integridad química del litio.
- **Estabilización en Reposo:** Durante el periodo de "soak" (1350 s a 1980 s), la tensión permanece constante en 179 V, lo que confirma la ausencia de cargas parásitas significativas en el modelo.

	<p align="center"><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>  <b>SEDE QUITO – CAMPUS SUR</b></p>	
<b>VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS</b>		
Versión: 1.0	<p align="center">Código: CIAUT-DOC-INF  Resolución No. 0104-005-2020-03-04</p>	Página <b>27</b> de <b>30</b>

## **7. CONSTRUCCION Y DISEÑO DE BATERIAS (BATTERY PACK)**

El sistema de almacenamiento de energía ha sido diseñado utilizando la herramienta Battery Builder, permitiendo una transición desde la química de la celda individual hasta la arquitectura física del pack completo.

### **7.1. Especificaciones de la Celda Individual**

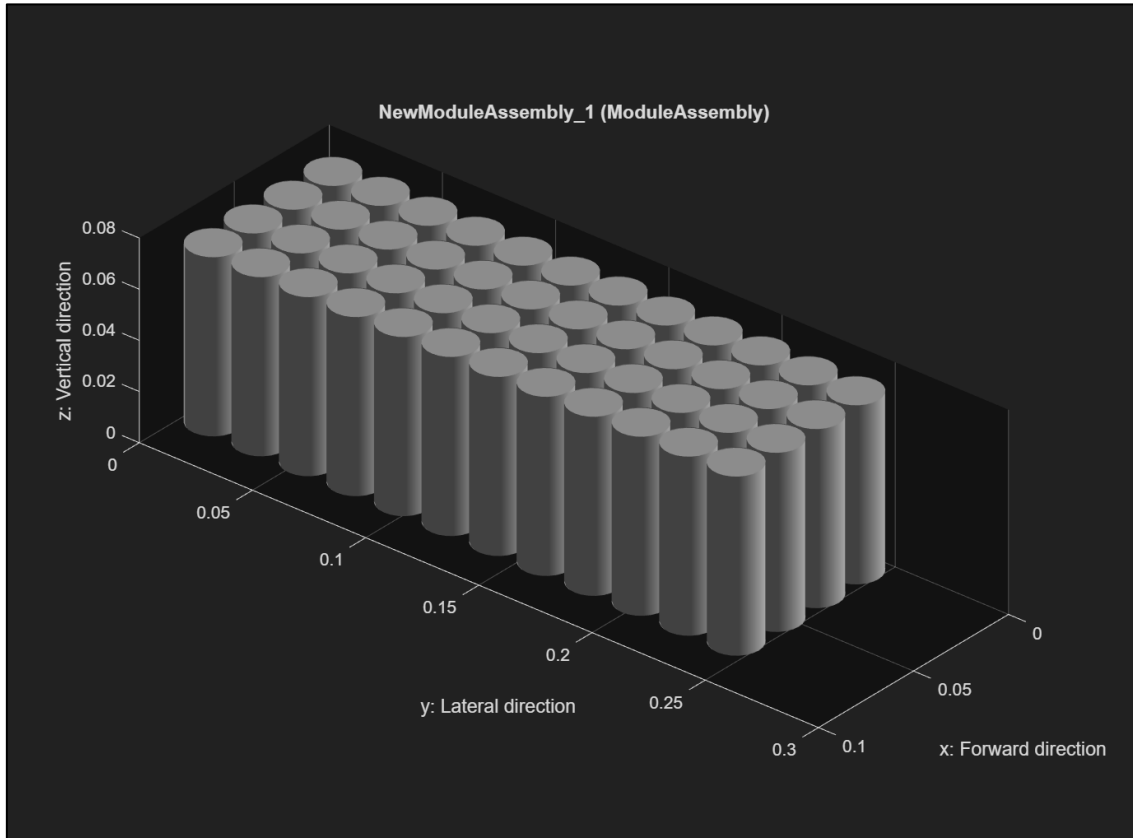
Se seleccionó una celda de Litio-Ion con parámetros optimizados para alta densidad de potencia, ideal para las fases de asistencia y regeneración del sistema híbrido.

- Capacidad Nominal: 4.3 A\*h
- Masa de la Celda: 0.5 kg.
- Voltaje de Circuito Abierto (Voc): Mapeado según el SOC, con un valor nominal por celda de aprox. 3.7 V.
- Estado de Carga Inicial (SOC): 0.6 (60%) para permitir ciclos de carga y descarga desde el inicio de la simulación.

### **7.2. Arquitectura del Pack (Configuración 48S1P)**

Para alcanzar el voltaje de bus necesario para el inversor del Toyota Yaris Cross, se configuró un ensamblaje en serie que suma el potencial eléctrico de cada unidad.

- Celdas en Serie: 48 unidades.
- Celdas en Paralelo: 1 unidad.
- Total, de Celdas: 48 celdas en total.
- Voltaje Nominal del Pack: 177.6 V (calculado como 48 x 3.7 V).
- Disposición Física: Organización en una matriz de 4 filas x 12 columnas, optimizando el espacio y la disipación térmica lateral.



**Figura 14. Creación de celdas Toyota Yaris HV.**

## 7. CONCLUSIONES

- El modelo multifásico desarrollado integró con éxito la dinámica longitudinal, el almacenamiento de energía y la propulsión, logrando seguir fielmente la traza de velocidad del ciclo FTP75.
- Se comprobó que el sistema de división de potencia (Power-Split) optimiza el uso del motor térmico al permitirle operar en zonas de alta eficiencia (Ciclo Atkinson), mientras el motor eléctrico compensa los torques transitorios.
- Los oscilogramas de corriente y SOC validaron la recuperación de energía; se registraron picos de corriente negativa de hasta -90 A que permitieron micro-recuperaciones en el estado de carga de la batería.

## VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS

Versión: 1.0

Código: CIAUT-DOC-INF  
Resolución No. 0104-005-2020-03-04

Página 29 de 30

- La disposición jerárquica del pack en 4x12 celdas permite un análisis de transferencia de calor por conducción realista, fundamental para prevenir el riesgo de "thermal runaway" en volúmenes compactos.
- La configuración de 48 celdas en serie (177.6 V) demostró robustez frente a demandas extremas, soportando picos de descarga de 130 A sin que la tensión cayera por debajo de los límites críticos de operación del inversor.

## 8. RECOMENDACIONES

- Ajustar las ganancias del controlador PI del *Longitudinal Driver* para suavizar los picos de potencia de descarga, optimizando así la vida útil del pack de baterías.
- Para complementar el análisis urbano (FTP75), se recomienda ejecutar el ciclo HWFET y comparar la eficiencia energética en regímenes de alta velocidad constante.
- Aunque se analizó el flujo de combustible, se sugiere integrar bloques específicos para cuantificar emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, fortaleciendo el enfoque ambiental del proyecto.
- Sería valioso incluir parámetros de envejecimiento en el bloque *Mapped Battery* para observar cómo se reduce la capacidad de 4.3 Ah tras múltiples ciclos de conducción prolongados.
- Se recomienda realizar pruebas variando la temperatura ambiente en el bloque *Environment* para evaluar el desempeño del sistema de gestión térmica bajo climas extremos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

[1] Toyota Motor Corporation, "Toyota Hybrid System (THS) Technical Guide," Toyota Engineering Press, 2022.

[2] J. M. Miller, *Propulsion Systems for Hybrid Vehicles*, 2nd ed. London, UK: The Institution of Engineering and Technology, 2010.

[3] T. D. Gillespie, *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers (SAE), 1992.

[4] W. H. Hucho, *Aerodynamics of Road Vehicles*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 1998.



	<p align="center"><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>  <b>SEDE QUITO – CAMPUS SUR</b></p>	
<b>VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS</b>		
Versión: 1.0	<p align="center">Código: CIAUT-DOC-INF  Resolución No. 0104-005-2020-03-04</p>	Página <b>30</b> de <b>30</b>

[5] MathWorks, "Simscape Battery User's Guide," R2024a, 2024. [Online]. Disponible en: <https://www.mathworks.com/help/simscape-battery/>

[6] H. He, R. Xiong, and J. Fan, "Evaluation of lithium-ion battery equivalent circuit models for state of charge estimation," *Journal of Power Sources*, vol. 196, no. 14, pp. 5885-5891, 2011.

[7] G. Pistoia, *Lithium-Ion Batteries: Fundamentals and Applications*. Amsterdam: Elsevier, 2014.

[8] J. Larminie and J. Lowry, *Electric Vehicle Technology Explained*, 2nd ed. West Sussex, UK: Wiley, 2012.

[9] M. H. Rashid, *Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2014.

[10] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), "Federal Test Procedure (FTP-75) Drive Cycle," 2023. [Online]. Disponible en: <https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/>

## 10. ANEXOS

# YARIS CROSS



TOYOTA

10

HASTA 10 AÑOS  
O 200.000 KMS.  
DE GARANTÍA\*

 TOYOTA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

	YARIS CROSS HYBRID	YARIS CROSS TSS HYBRID
MOTOR		
Cilindraje (cc)	1490	1490
Número de cilindros	3 en línea	3 en línea
Mecanismo valvular	DOHC, 12 válvulas, DUAL VVT- iE	DOHC, 12 válvulas, DUAL VVT- iE
Potencia máxima combinada (HP)	114 HP	114 HP
Torque (NM)	120 NM	120 NM
TRANSMISIÓN		
Tipo	Automática CVT + Reversa	Automática CVT + Reversa
TRACCIÓN		
Tipo	4x2	4x2
FRENOS		
Delanteros	Discos ventilados	Discos ventilados
Posteriores	Discos	Discos
SUSPENSIÓN		
Delantera	McPherson independiente con barra estabilizadora	McPherson independiente con barra estabilizadora
Posteriores	Barra de torsión con estabilizador y espirales	Barra de torsión con estabilizador y espirales
EQUIPAMIENTO EXTERIOR		
Alerón posterior	Si, color carrocería con 3era luz de stop	Si, color carrocería con 3era luz de stop
Apertura compuerta trasera	Manual con cerradura eléctrica	Manual con cerradura eléctrica
Espejos retrovisores	Color carrocería/Direccional/Calefactables/Ajuste y plegado eléctrico	Color carrocería/Direccional/Calefactables/Ajuste y plegado eléctrico
Llantas	215/55/R17	215/55/R17
Aros	Aleación	Aleación
Limpia parabrisas delantero	Regulable, intermitente con ajuste de frecuencia	Regulable, intermitente con sensor de lluvia
Limpia parabrisas posterior	Sí, intermitente	Sí, intermitente
Neblineros	Si - Tipo Led	Si - Tipo Led
Sistema de luces	Led (del.) / Led (traseras) con luz de giro secuencial	Led (del.) / Led (traseras) con luz de giro secuencial
Barra de Techo	Si, Plateadas	Si, Plateadas
Antena	Tipo Aleta de Tiburón	Tipo Aleta de Tiburón
EQUIPAMIENTO INTERIOR		
Aire Acondicionado	Climatizador Automático	Climatizador Automático
Asientos delanteros	Deslizables y reclinables / Conductor y acompañante regulable en altura manual	Deslizables y reclinables / Conductor y acompañante regulable en altura manual
Asientos posteriores	Abatibles 60:40	Abatibles 60:40
Bloqueo central inalámbrico	Si, Smart Entry	Si, Smart Entry
Smart Start (botón de encendido)	Si	Si
Volante	Uretano/ ajuste en altura y profundidad	Forrado en Cuero / ajuste en altura y profundidad
Palanca de Cambios	Forrado en cuero	Forrado en cuero
Controles en el volante	Pantalla multi información / audio + tel.	Pantalla multi información / audio + tel. / ACC + LTA
Pantalla multi - información	Si, Digital	Si, Digital
Parlantes	4	4
Sistema de audio	Radio Touch 8", Android Auto & Apple Car Play	Radio Touch 8", Android Auto & Apple Car Play
Asientos	Tela	Tela
Tomacorrientes 12V	Si	Si
Visera de sol	Si, con espejo de vanidad conductor y pasajero	Si, con espejo de vanidad conductor y pasajero
Cobertor maletero	Si	Si
Desempañador posterior	Si, con temporizador	Si, con temporizador
Espejo retrovisor	Electrocromico automático	Electrocromico automático
Modos de Conducción ECO + POWER	Si	Si
SEGURIDAD		
Airbags	8	8
Dirección	Asistida Eléctricamente	Asistida Eléctricamente
Freno de Mano Electrónico (EPB)	Si	Si
Sistema de frenos ABS + EBD + BA	Si	Si
Anclaje de asiento infantil (ISOFIX)	Si	Si
Asistente de arranque en pendientes (HAC)	Si	Si
Control electrónico de estabilidad	S-VSC	S-VSC
Control de tracción (TRC)	Si	Si
Seguro de puertas para niños	Si	Si
Sistema antirrobo	Inmovilizador + alarma	Inmovilizador + alarma
Cámara de Reversa	Si	Si
Detector de punto ciego (BSM)	Si	Si
Avisador presión neumáticos (TPWS)	Si	Si
Desconexión airbag pasajero	Si	Si
Avisador cinturón asientos delanteros / traseros	Si	Si
Sistema de Pre - Colisión Frontal (PCS)	No	Si
Sistema de Luces Altas Automáticas (AHB)	No	Si
Control de Velocidad Crucero Adaptativo (ACC)	No	Si
Sistema de Alerta de Cambio de Carril (LDA/LTA)	No	Si
CAPACIDADES		
Capacidad tanque de combustible	36 L	36 L
Capacidad de pasajeros	5	5
Capacidad del maletero	401 L	401 L
DIMENSIONES		
Largo (mm)	4.172	4.172
Ancho (mm)	1.765	1.765
Alto (mm)	1.595	1.595
Distancia entre ejes (mm)	2.560	2.560

COLORES DISPONIBLES



## DISEÑO EXTERIOR



Diseño audaz y sofisticado con una vista amplia y dominante de la carretera, Yaris Cross ofrece una auténtica actitud elegante y todoterreno, a una escala perfecta para la ciudad y aventura que te espera afuera. Proporciones bien equilibradas y refinadas que representan la robustez y la presencia únicas de un SUV, brindando una increíble altura al piso.



*Diseño con estilo distintivo*



*Faros multi LED con luces de circulación diurna*



*Aros de aleación de lujo de 17*



*Gran altura al piso, propio de un SUV*

## DISEÑO INTERIOR



Interior espacioso y confortable, con materiales de excelente calidad, brindando total comodidad para sus ocupantes.

Cuenta con un espacio de carga de 401 litros. Además, ofrece múltiples compartimentos para guardar objetos a lo largo de la cabina.



*Diseño interior con sensación HIGH TECH*



*Texturas interiores que destacan*



*Espacio eficiente en cajuela de 401L*



*Radio touch con conectividad Android Auto y Apple Car Play*



*Mandos al volante*



## DESEMPEÑO



Toyota Yaris Cross integra un sistema híbrido, con un motor a combustión de tres cilindros de última tecnología y 1.5 Litros que se acopla perfectamente con su motor eléctrico, para entregar una potencia total de 114 Hp y 120 Nm de torque. Con una aceleración instantánea e increíble desempeño, podrás disfrutar de una conducción ágil, silenciosa y sin vibraciones



Rendimiento superior  
hasta 84 KM x galón\*



Conducción eléctrica  
EV MODE



Transmisión automática  
E-CVT



Motor Híbrido Eléctrico  
Autorecargable

## EQUIPAMIENTO

\*El consumo puede variar según el tipo de conducción.



El Yaris Cross está equipado perfectamente, su distintivo diseño con un conjunto de útiles tecnologías cuyo uso no podría resultar más sencillo. Su sistema de audio con pantalla táctil a color de 8" con conectividad Android auto y Apple carplay para estar totalmente conectado con tu vehículo.

Además, cuenta con climatizador automático, entrada inteligente con botón de encendido y luces automáticas



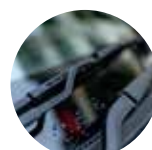
Sistema de  
entretenimiento con  
Apple Carplay y Android Auto



Pantalla multi-información  
a color



Mandos al volante  
de audio y teléfono



Sensor de lluvia\*



Climatizador automático  
con S-Flow\*

# SEGURIDAD



\*Aplica según versión.

En Toyota la seguridad siempre es lo primero, por ello Yaris Cross incluye un amplio abanico en sistemas de seguridad, lo que significa que puedes concentrarte en ser tú mismo y disfrutar de la aventura de la vida, mientras nosotros nos encargamos de tu seguridad y la de los pasajeros con 8 airbags y sistemas electrónicos avanzados complementarios.

Toyota Safety Sense\*, un conjunto de características de seguridad avanzada que hacen que la conducción resulte más fácil y segura. Incluye también sistema de frenado ABS con EBD y BA, complementados con Control de Estabilidad (VSC), Control de Tracción (TRC) y Asistente de arranque en pendientes (HAC), Bolsas de aire centrales (FCAB) adicionales entre el conductor y el pasajero delantero. Sistema de advertencia de presión de neumáticos (TPWS).



8 Airbags distribuidos en todo el vehículo



Sensor de punto ciego (BSM)



Asistente de arranque en pendientes (HAC)



Control de tracción y estabilidad



Asistente de cambio de carril (LDA)



1765 mm



4172 mm



1595 mm



1765 mm



**Este es el compromiso de Toyota para quien “El Cliente siempre es lo Primero”.**



En Toyota “El Cliente siempre es lo primero” y en base a esta filosofía trabajamos para brindar el mejor servicio, buscando la satisfacción de nuestros clientes.

El mejoramiento continuo, tanto de los vehículos Toyota como del servicio que se brinda a los clientes, se fundamenta en un personal especializado, capacitado periódicamente, tanto para dar un correcto mantenimiento a los vehículos como para brindar soluciones proactivas y satisfacer necesidades.

Los talleres Toyota están equipados con la más alta tecnología de la industria automotriz, garantizando que el trabajo realizado a su vehículo sea de su total satisfacción.



*Toyota es Toyota...*



/ToyotaEcuador



@ToyotaEcuador



/ToyotaEcuadorTV



@Toyotaecuador



Toyota del Ecuador

[www.toyota.com.ec](http://www.toyota.com.ec)

Imágenes referenciales de uso exclusivo para fines publicitarios. Especificaciones pueden variar sin previo aviso.

## TOYOTA YARIS CROSS TECHNICAL SPECIFICATIONS

POWERTRAIN	1.5-litre Hybrid
Type	3 cylinders in-line
Valve mechanism	DOHC 12-valve with VVT-iE (intake) and VVT-I (exhaust)
Fuel system	Direct multipoint injection
Displacement (cc)	1,490
Bore x stroke (mm)	80.5 x 97.6
Compression ratio	14.0:1
Max. torque (Nm @ rpm)	120 @ 3,600-4,800
Max. engine power (bhp/DIN Hp/kW @ rpm)	90/91/67 @ 5,500
<b>Total hybrid system max. power (bhp/DIN hp/kW)</b>	<b>114/116/85</b>
<b>Electric motor/generator (MG2)</b>	
Motor type	Permanent magnet, synchronous motor
Max. voltage (v)	580
Max.power (kW)	59
Max. torque (Nm)	141
<b>Rear electric motor</b>	
Type	Induction motor
Max. power (kW)	3.9
Max. torque (Nm)	52
<b>High-voltage battery</b>	
Battery type	Lithium-ion
Number of cells	48
Nominal voltage (v)	177.6
Capacity (amp/h)	4.3
TRANSMISSION	
Type	e-CVT
Front gear ratio	3.218:1
Rear gear ratio (AWD-i)	10.487
PERFORMANCE	
Max. speed (mph)	106
0-62mph acceleration (sec)	11.2 (FWD) 11.8 (AWD-i)



FUEL CONSUMPTION (WLTP)		FWD	AWD-i
Combined cycle (mpg)	Icon	54.3-64.1	-
	Design	54.3-62.7	-
	Excel	54.3-56.4	55.3
	GR Sport	54.3-57.6	-
Fuel tank capacity (l)		36	
CO <sub>2</sub> EMISSIONS (WLTP), INSURANCE, WARRANTY & SERVICING		FWD	AWD-i
Combined cycle (g/km)	Icon	100-117	-
	Design	102-117	-
	Excel	112-117	115-116
	GR Sport	112-117	-
Insurance groups		11E – 13E	
New vehicle warranty		3 years/60,000 miles	
Service schedule		10,000 miles/annually	
BRAKES			
Front		Ventilated discs	
Rear		Solid discs	
Parking brake		Electronic	
SUSPENSION			
Front		MacPherson struts with anti-roll bar	
Rear		Torsion beam (FWD)/Double wishbones (AWD-i) with anti-roll bar	
STEERING			
Type		Rack and pinion, electric power assistance	
Steering ratio		13.9:1	
Turns lock-to-lock		2.65	
Min. turning radius - tyre (m)		5.3	
Min. turning radius – body (m)		5.6	
EXTERIOR DIMENSIONS			
Overall length (mm)		4,180	
Overall width (mm)		1,765	
Overall height (mm)		1,595	
Wheelbase (mm)		2,560	

Front overhang (mm)			860
Rear overhang (mm)			760
Front track (mm)	16in wheel		1,527
	17 & 18in wheel		1,517
Rear track (mm)	16in wheel	FWD	1,527
		AWD-i	1.514
	17 & 18in wheel	FWD	1,517
		AWD-i	1.504
Min. running ground clearance (mm)			170
Coefficient of drag (Cd)			0.35 FWD 0.36 AWD-i
INTERIOR DIMENSIONS			
Interior length (mm)			1,840
Interior width (mm)			1,430
Interior height (mm)			1,205
Loadspace length – rear seats up (mm)			816
Loadspace max. width (mm)			1,402
Loadspace height (mm)			852
Load capacity – rear seats up, inc. beneath deckboard (l)			397 – FWD 320 – AWD-i
Load capacity – rear seats folded, up to tonneau cover (l)			350 – FWD 266 – AWD-i
Load capacity – rear seats folded, up to tonneau cover (l)			460 – FWD 401 – AWD-i
WEIGHTS			
Kerb weight (kg)			1,175-1,360
Gross vehicle weight (kg)			1,690-1,775
Towing capacity – braked (kg)			750
Towing capacity – unbraked (kg)			550
WHEELS & TYRES			
Wheels			16, 17 or 18in alloy
Tyres	16in wheel		205/65R16
	17in wheel		215/55R17
	18in wheel		215/50R18

*These specifications are provided as a guide to media. Customers seeking details of specific model specifications should check details with their Toyota Centre or visit [Toyota.co.uk](http://Toyota.co.uk).*



## NEW TOYOTA YARIS CROSS – SPECIFICATIONS

POWERTRAIN	HYBRID 115	HYBRID 130
TYPE	3-CYLINDER, IN-LINE	
VALVE MECHANISM	DOHC 12-VALVE WITH VVT-IE AND VVT-i	
FUEL SYSTEM	DIRECT MULTIPOINT INJECTION	
DISPLACEMENT (CM <sup>3</sup> )	1,490	
COMBINED POWER OUTPUT (PS / KW)	116 / 85	132 / 97
POWERTRAIN MG2 MAX TORQUE (NM)	141	185
ENGINE MAX POWER (kW @ RPM)	68 @ 5,500	68 @ 5,500
ENGINE MAX TORQUE (Nm @ RPM)	120 @ 3,600-4,800	120 @ 3,600-4,800

PERFORMANCE	HYBRID 115	HYBRID 130
MAX. SPEED (KM/H)	170	
ACC. 0-100 KM/H (SEC)	11.2/11.8*	10.7/11.3*

FUEL CONSUMPTION (L/100KM)	HYBRID 115	HYBRID 130
WLTP COMBINED CYCLE	4.4-5.0	4.5 – 5.4
FUEL TANK CAPACITY (L)	36	

CO <sub>2</sub> EMISSIONS (G/KM)	HYBRID 115	HYBRID 130
EURO CLASS	EURO 6 AP	
WLTP COMBINED CYCLE	100-114	103-122

CHASSIS	
FRONT SUSPENSION	MACPHERSON STRUT
REAR SUSPENSION	DOUBLE WISHBONE*/TORSION BEAM
STEERING	RACK&PINION
LOCK TO LOCK	2.65
MIN. TURNING RADIUS TYRE (M)	5.3
MIN. TURNING RADIUS BODY (M)	5.6
BRAKES	
FRONT	VENTILATED DISC BRAKE WITH FLOATING CALIPER 1-CYLINDER
REAR	SOLID DISC BRAKE WITH FLOATING CALIPER 1-CYLINDER

EXTERIOR DIMENSIONS (MM)	
OVERALL LENGTH	4,180
OVERALL WIDTH	1,765
OVERALL HEIGHT	1,595
TREAD FRONT	1,517–1,527
TREAD REAR	1,504–1,527
WHEELBASE	2,560
FRONT OVERHANG	860
REAR OVERHANG	760

CARGO (DM <sup>3</sup> VDA)	
CAPACITY (5 SEAT MODE, TO PARCEL SHELF)	320*/397

WEIGHT (KG)	HYBRID 115	HYBRID 130
KERB WEIGHT MIN	1,180/1,280*	1,200/1,290*
MAX	1,280/1,350*	1,290/1,360*
TOTAL GROSS WEIGHT	1,690/1,775*	1,690/1,775*

\*AWD-i

ALL DATA OF THE NEW YARIS CROSS IS SUBJECT TO HOMOLOGATION. FINAL SPECIFICATIONS WILL BE CONFIRMED AT FULL PRODUCT LAUNCH.