COMISARIOS TÉCNICOS

SEMINARIO DE VOLUNTARIOS Y OFICIALES 2022

30 años de formación continua

FUNCIONAMIENTO Y CONTROL TÉCNICO DE LA PROPULSIÓN ELÉCTRICA

Ponentes: Guillaume Meura y Gonzalo Parra

MEMBER OF FIA

VOLUNTARIOS Y OFICIALES

Consejo Superior de Deportes

ESPAÑA

VIDEO CAMPEONATO

NORMATIVA DE REFERENCIA FIA:

ANEXO J – Art 251: CLASIFICACIONES Y DEFINICIONES

ARTICULO 3. Definiciones específicas a los vehículos a propulsión eléctrica

ANEXO J – Art 253: ELEMENTOS DE SEGURIDAD PARA VEHÍCULOS GRUPOS N, A, R-GT

ARTICULO 18. Exigencias específicas a los vehículos a propulsión eléctrica

REGLAMENTO TÉCNICO PARA KARTS ELÉCTRICOS

ARTICULO 3. Seguridad del Kart y del equipamiento
ARTICULO 4. Reglamento específico para el equipamiento eléctrico (referencias al Anexo J - A 253)

VOLTAJE CLASE B (según A-J-251):

Estamos en Voltaje Clase B, si el Voltaje Máximo de Trabajo está entre:

Corriente alterna:	entre 30 y 1.000 Vac
Corriente Continua:	entre 60 y 1.500 Vdc

Por lo tanto cualquier componente que use esa tensión formará parte del SISTEMA DE ALTA TENSIÓN (HV SYSTEM):

Todo aquel componente (cable, conector, etc) que no esté en el interior de una envolvente, debe estar marcado de color NARANJA

EXPLICACIÓN SISTEMA HV EN KART Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

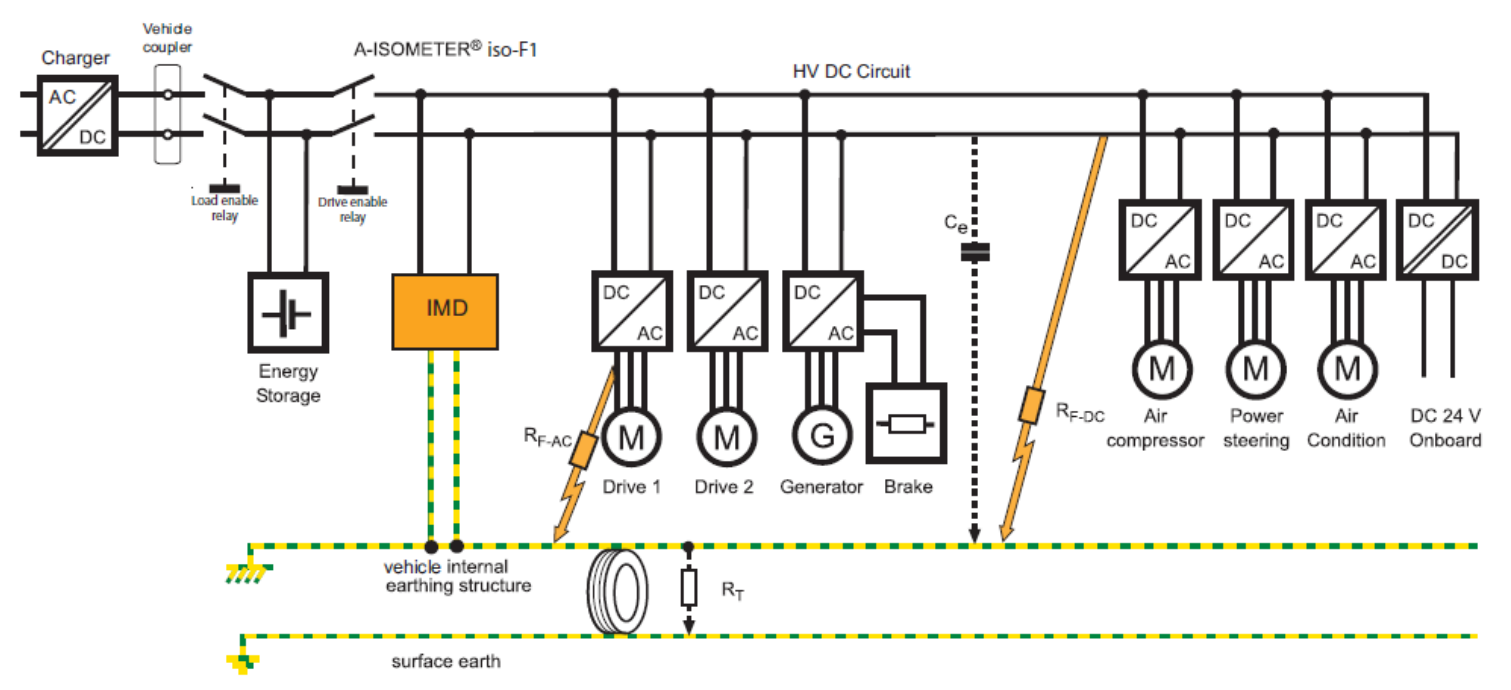
SISTEMA HV y LV

ALTO VOLTAJE (HV)

- Conductores HV
- Motor
- Inverter o Controlador
- Convertidor DC/DC
- Batería

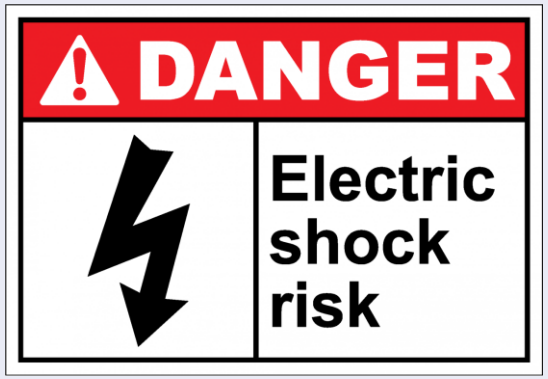
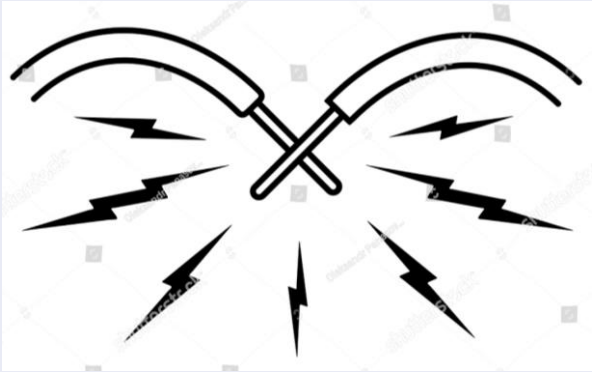
BAJO VOLTAJE (LV)

- Conductores LV
- Batería 12V
- Sistemas eléctricos auxiliares
- Chasis vehículo (incluidas las carcasas de los componentes de HV que están conectadas a chasis)



RIESGOS

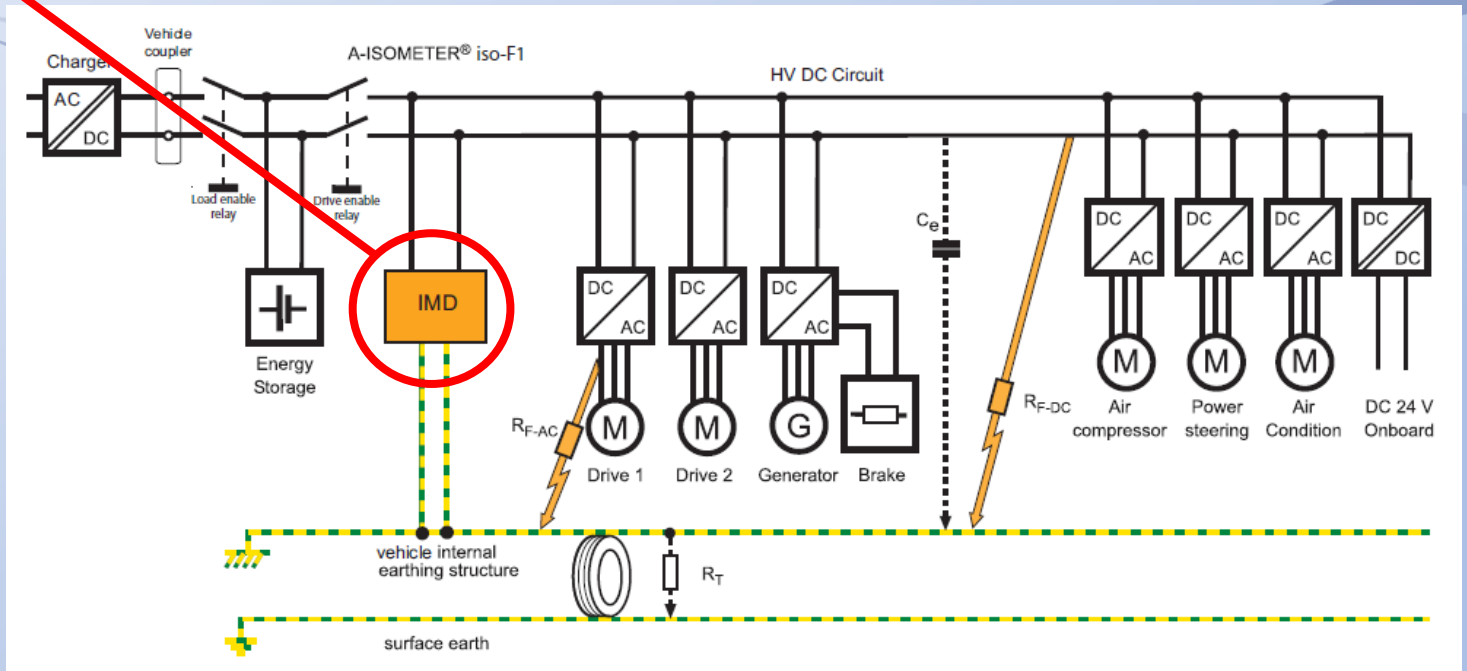
La reglamentación tiene la principal función de protegernos contra los nuevos riesgos, que son

	CHOQUE ELÉCTRICO	CORTOCIRCUITO SISTEMA HV
		
RIESGOS	Riesgo contacto directo o indirecto de pilotos, mecánicos, comisarios. El riesgo de contacto indirecto está provocado por un **FALLO DE AISLAMIENTO**	Riesgo de destrucción de componentes En último extremo: riesgo de incendio
MEDIDAS	Colocación de un **VIGILANTE DE AISLAMIENTO**	**Fusibles** de ALTO VOLTAJE

EL VIGILANTE DE AISLAMIENTO (IMD)

FUNCIONES

- Mide constantemente el aislamiento entre el sistema HV y el chasis (LV)
- Reporta el valor de aislamiento vía CAN BUS a un datalogger
- Actúa directa o indirectamente sobre los contactores de línea y/o de baterías o bien cortando totalmente la potencia y por lo tanto deteniendo el vehículo.
- Avisa del error encendiendo un LED rojo



CAUSAS DEL FALLO DE AISLAMIENTO (EJEMPLOS):

- Inverter: sobrecalentamiento electrónica de potencia
- Placas electrónicas BMS
- Infraestructura de recarga
- Fallo de estanqueidad
- Cableado HV en mal estado
- Contacto directo por avería o accidente

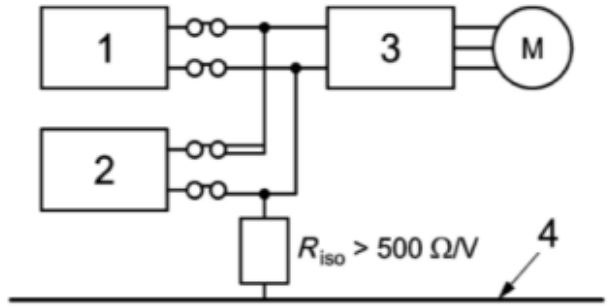
EL TEST DE AISLAMIENTO

CUMPLIMIENTO DEL ART 18.9 DEL ANEXO J-253

TEST 1:
Comprobar que el aislamiento entre chasis y sistema HV es mayor que 500 ohm/Voltio.
EJEMPLO KART (115V): 500x115 = 57 Kohm
(La medida directa de resistencia debe ser > 57 Kohm)

TEST 2:
Provocando una falla de aislamiento, comprobar que el VIGILANTE DE AISLAMIENTO realiza su función:

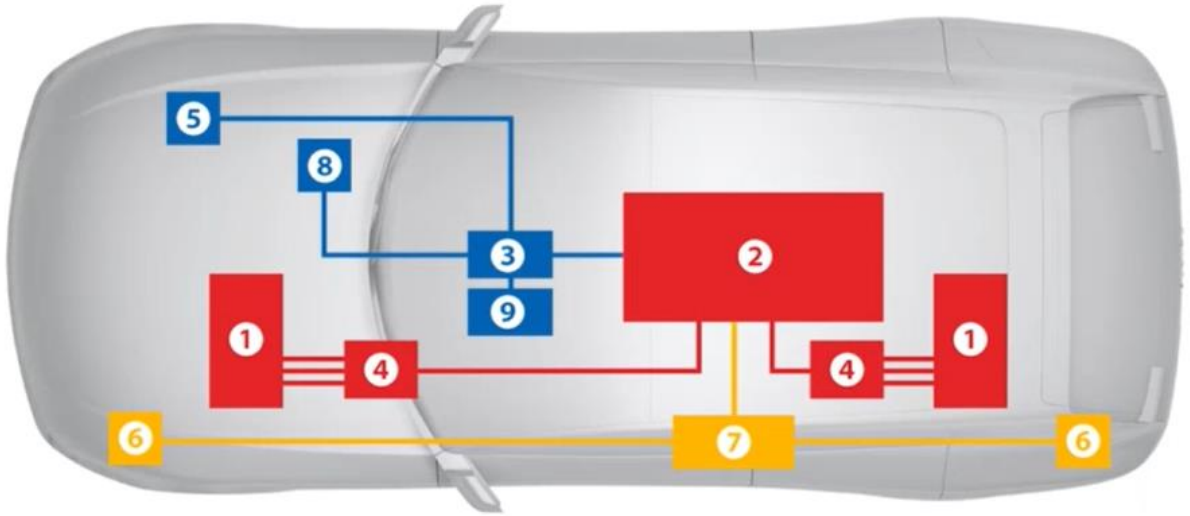
- **Detecta el error encendiendo el LED rojo y limita la potencia**



1 Système de pile à combustible
2 Batterie de traction
3 Inverseur
4 Châssis Véhicule Electrique
A Circuit AC

PRUEBA PRÁCTICA:
TEST DE AISLAMIENTO EN KART

COMPONENTES PRINCIPALES DE UN VE



Powertrain

1. Electric motor
2. HV battery
4. Power electronics

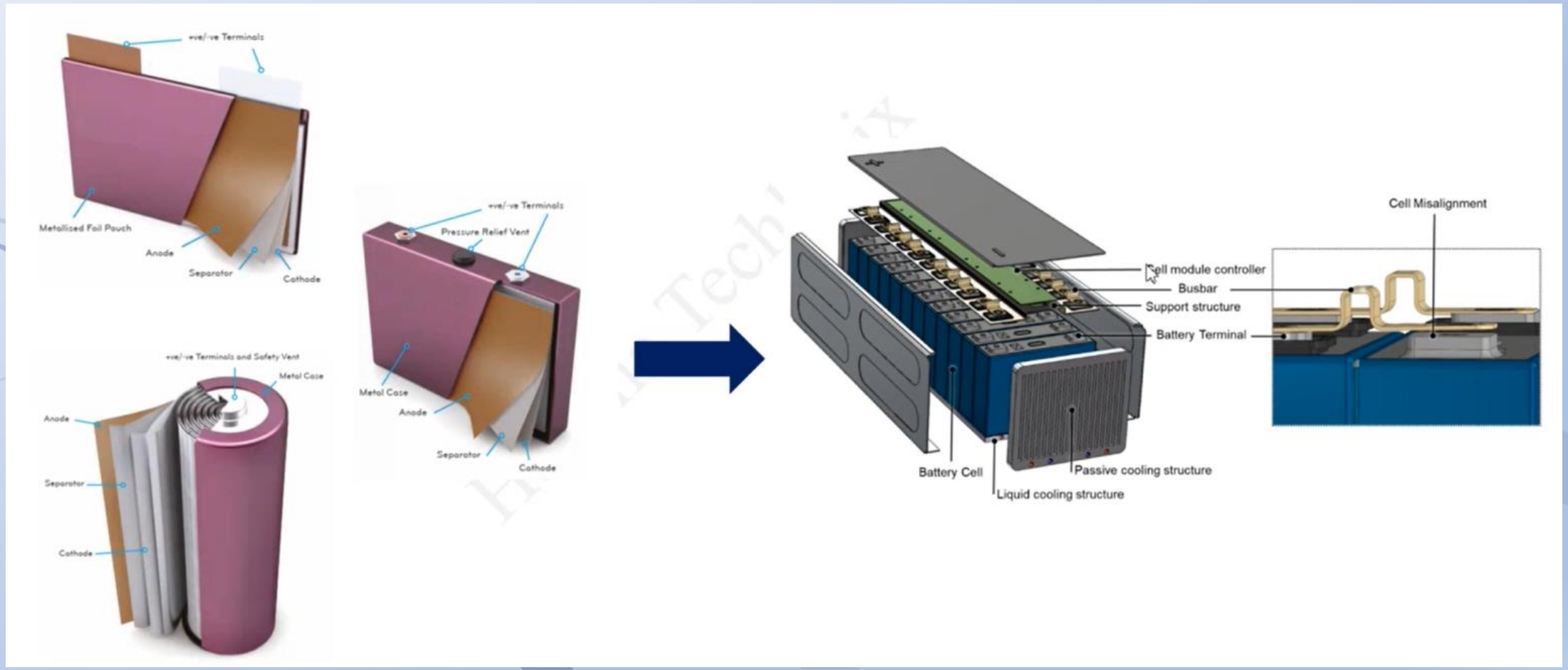
Aggregate & On-Board Network

3. HV distributor
5. Compressor
8. PTC heater
9. DC/DC converter

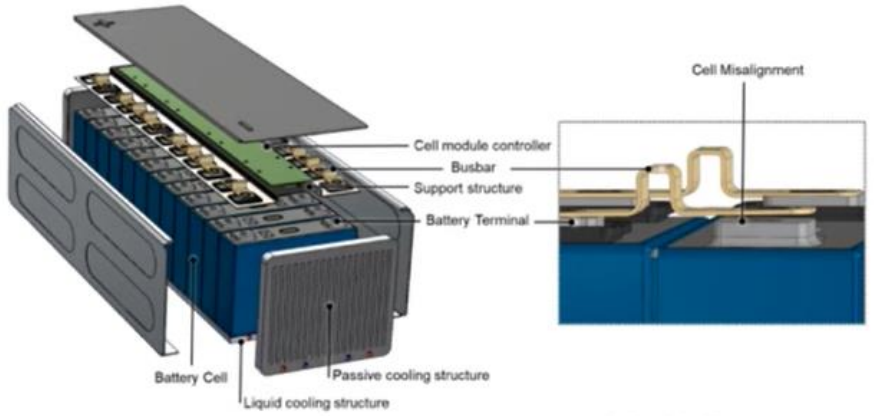
Charging Infrastructure

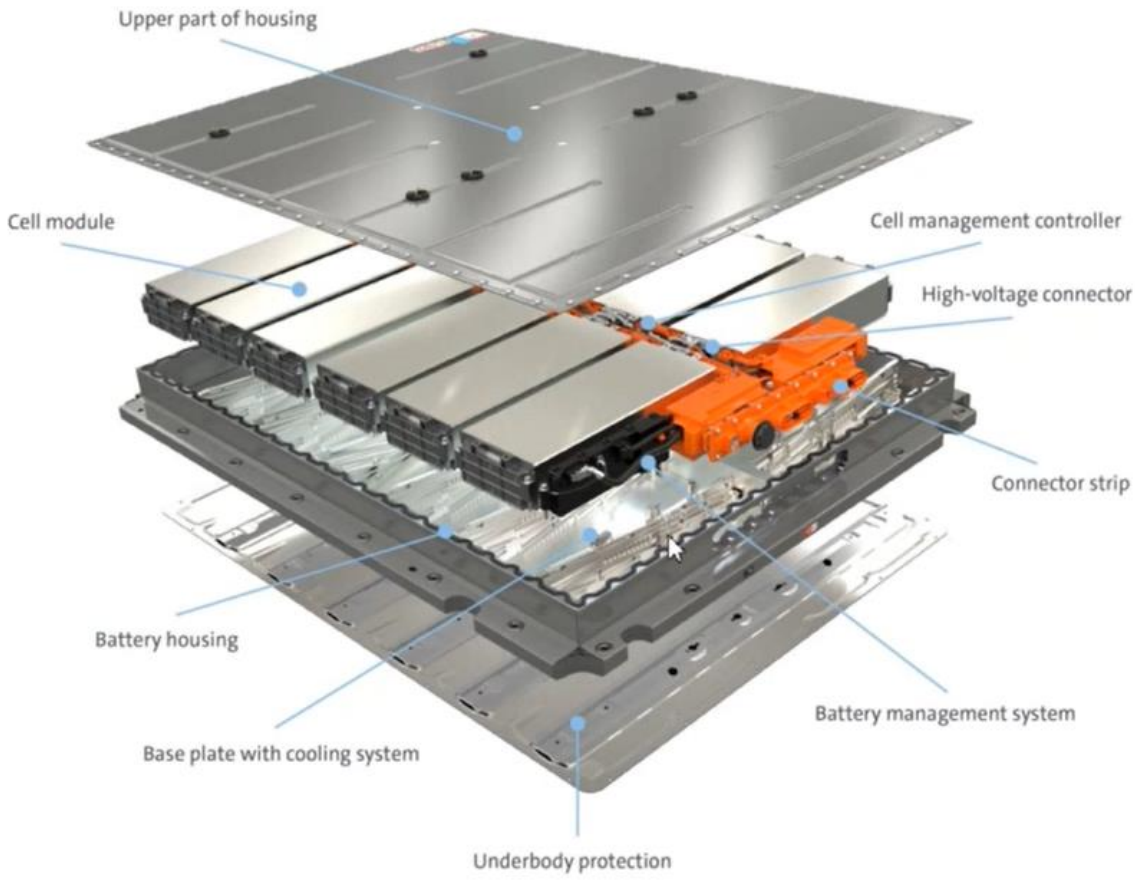
6. Quickcharge unit
7. On-board charger

TIPOS DE CELDAS – PACK DE BATERÍAS



DEL MÓDULO AL PACK





FUNCIONAMIENTO Y CONTROL TÉCNICO DE LA PROPULSIÓN ELÉCTRICA
BATERIAS

PRISMÁTICAS

LiFePO4

Litio – Ion

POUCH

Litio
Polímero

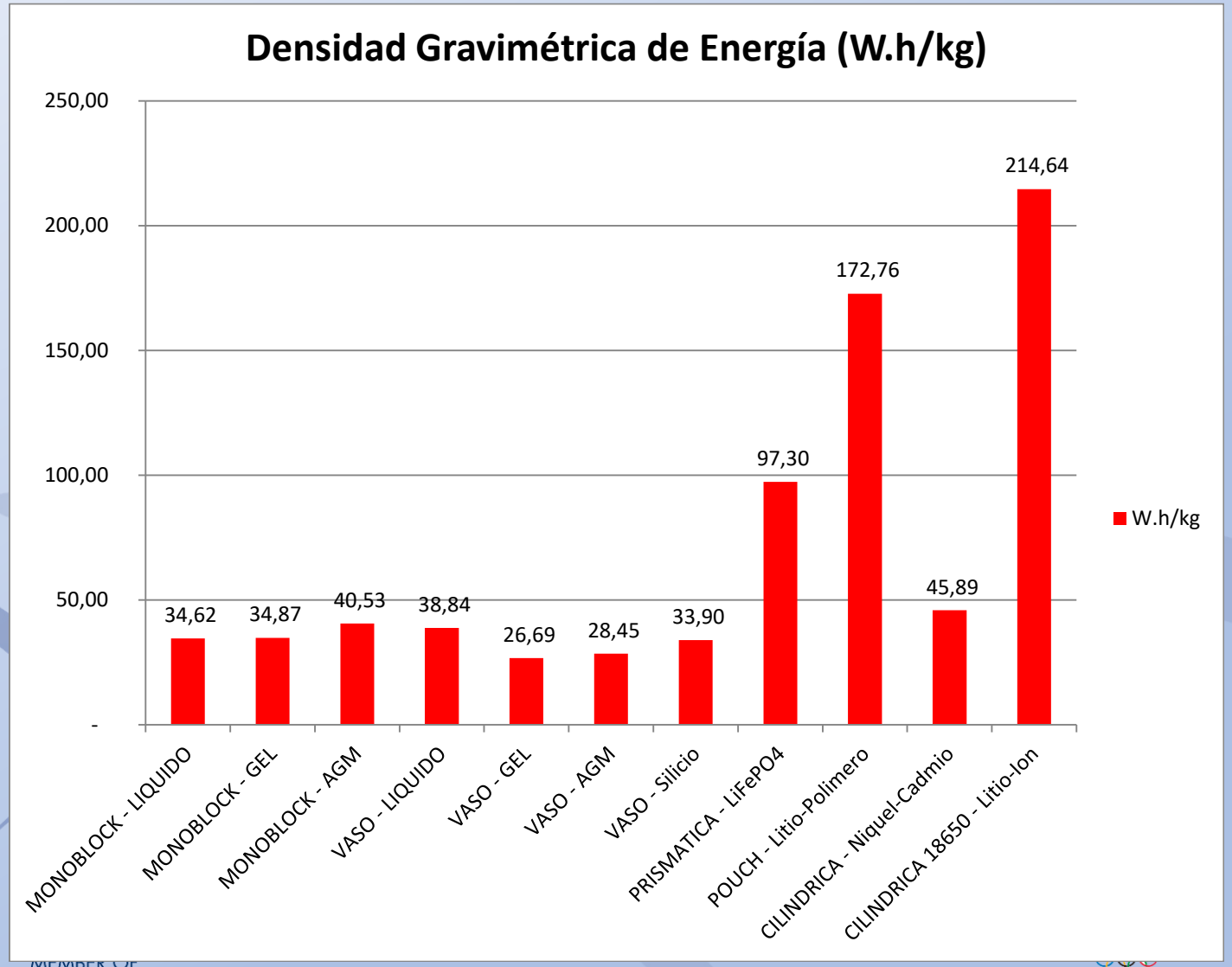
CILÍNDRICAS
18650
21700

IMR – LiMn2O4

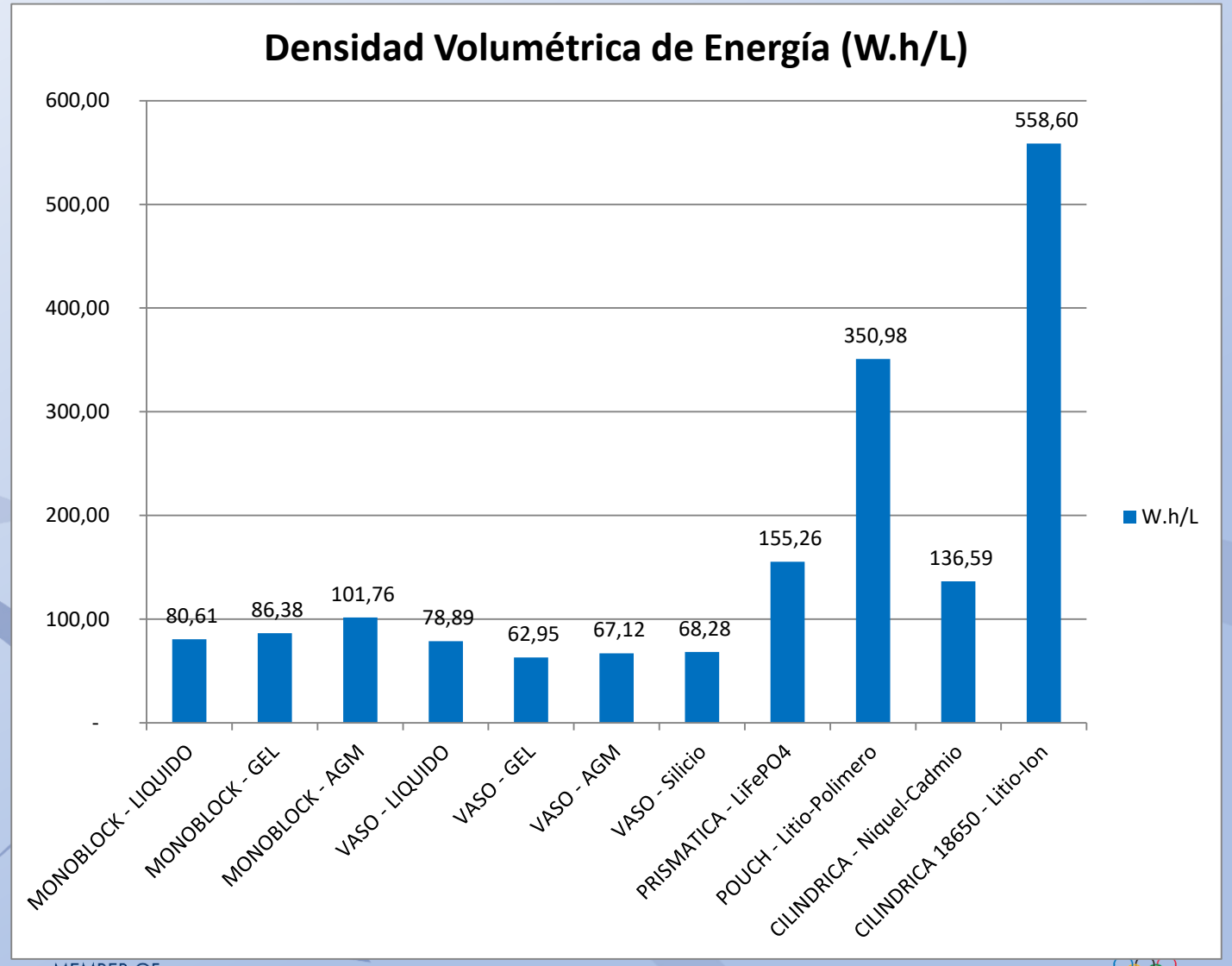
INR – LiMnNiCoO2

ICR – LiCoO2

FUNCIONAMIENTO Y CONTROL TÉCNICO DE LA PROPULSIÓN ELÉCTRICA
BATERIAS



FUNCIONAMIENTO Y CONTROL TÉCNICO DE LA PROPULSIÓN ELÉCTRICA
BATERIAS



SÓLO DOS FÓRMULAS!!!!!

POTENCIA ELÉCTRICA:

P = I x V

Potencia (W) = VOLTAJE (Voltios) x INTENSIDAD (Amperios)

LEY DE OHM:

V = I x R

Voltaje, Tensión, Caída de Tensión (V) = INTENSIDAD (Amperios) x RESISTENCIA (Ohmios)

Con estas dos simples fórmulas se resuelve el 90% de las decisiones de diseño, problemas técnicos, estimaciones, …

UNIDADES

VOLTIOS, WATIOS, AMPERIOS… Y LO NUEVO: KILOWATIOS.HORA

El Kilowatio.Hora, kW.h (no ~~kilowatio/hora~~, ni ~~kW/h~~) es la unidad ENERGÉTICA, es decir expresa:

- **Energía almacenada en un pack de baterías.**
- **Energía entregada por un pack de baterías.**
- **Energía cargada desde la red hacia un vehículo.**

NO CONFUNDIR CON POTENCIA, WATIOS, KILOWATIOS, CABALLOS

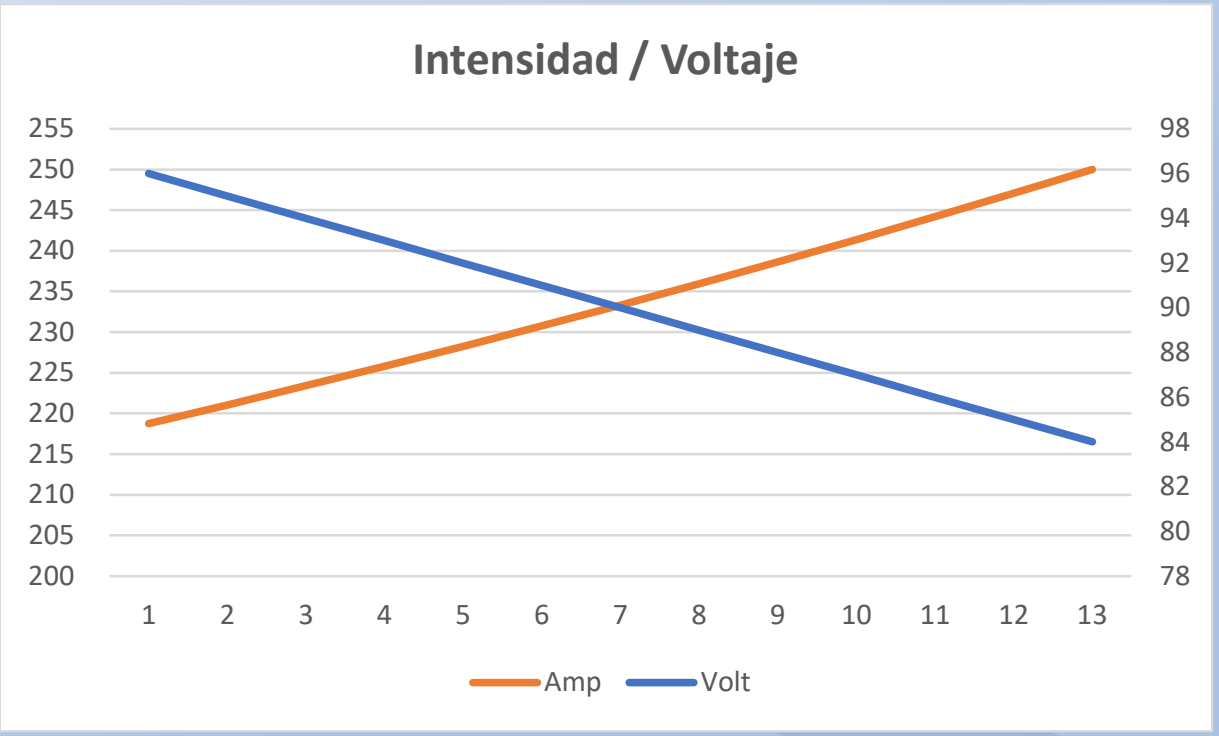
EJEMPLOS CALCULO INTENSIDAD

KART DE COMPETICIÓN (Modo "Race")-Inicio Carrera
Objetivo: 21 kW
Voltaje al inicio: 96 Voltios
Intensidad = P/V=21.000W/96V= 218 Amp

KART DE COMPETICIÓN (Modo "Race")-Final Carrera
Objetivo: 21 kW
Voltaje al final: 84 Voltios
Intensidad = P/V=21.000W/84V= 250 Amp

KART DE COMPETICIÓN (Modo "Qualy")-Inicio Carrera
Objetivo: 30 kW
Voltaje al inicio: 96 Voltios
Intensidad = P/V=30.000W/96V= 312 Amp

KART DE COMPETICIÓN (Modo "Qualy")-Final Carrera
Objetivo: 30 kW
Voltaje al inicio: 84 Voltios
Intensidad = P/V=30.000W/84V= 357 Amp



EJEMPLOS CÁLCULO CAÍDA DE TENSIÓN

KART DE COMPETICIÓN (Modo "Race")-Inicio Carrera

Capacidad energética:	5 kW.h
Voltaje al inicio:	96 Voltios
Intensidad:	218 Amp
Resistencia total del pack:	58 mohm

Caída de tensión: I.R=218Ax0,058=12,6V

KART DE COMPETICIÓN (Modo "Race")-Final Carrera

Capacidad energética:	5 kW.h
Voltaje al final:	84 Voltios
Intensidad:	250 Amp
Resistencia total del pack:	58 mohm

Caída de tensión: I.R=250Ax0,058=14,5V

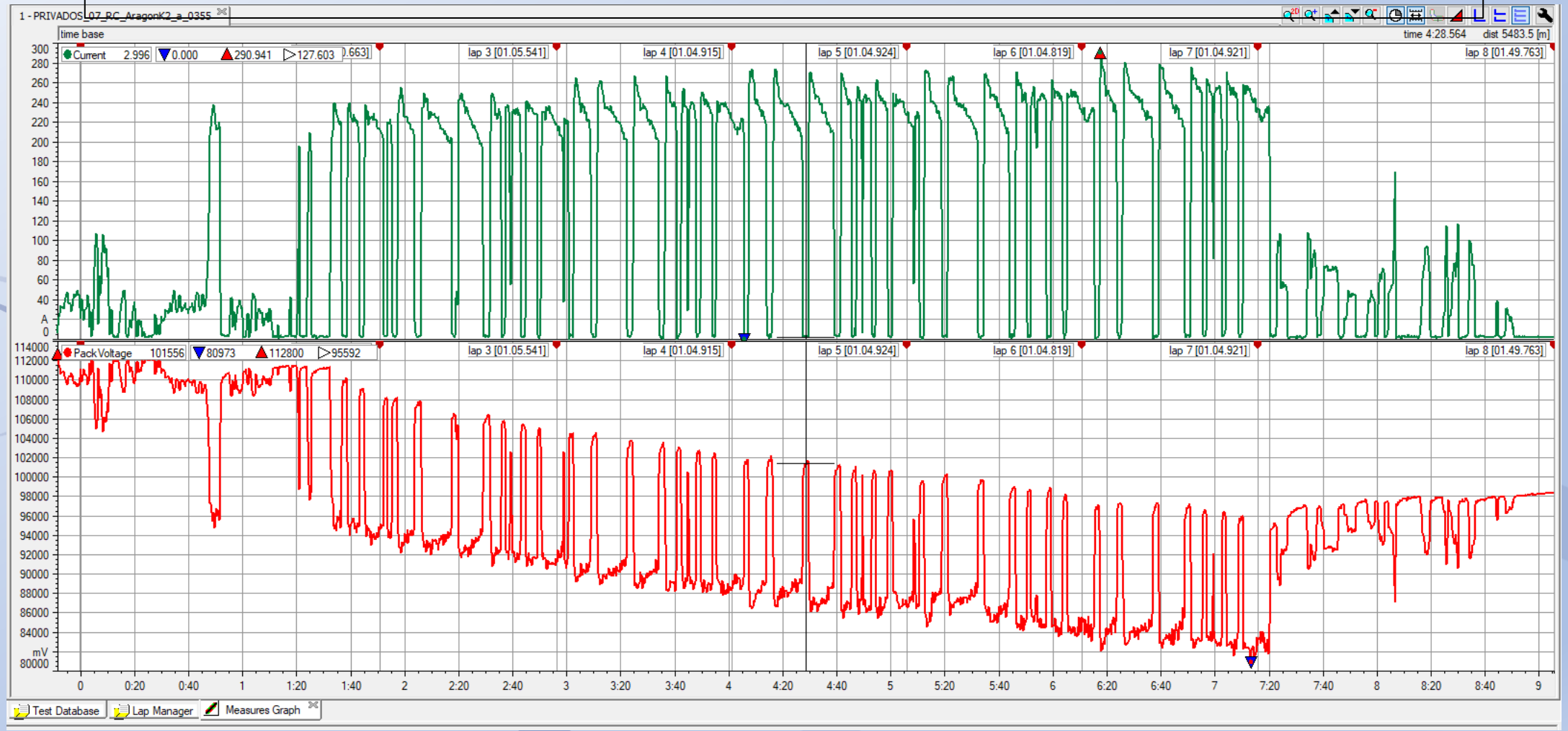
CAUSAS DE LA CAÍDA DE TENSIÓN:

La causa principal es la RESISTENCIA INTERNA DE LAS CELDAS.

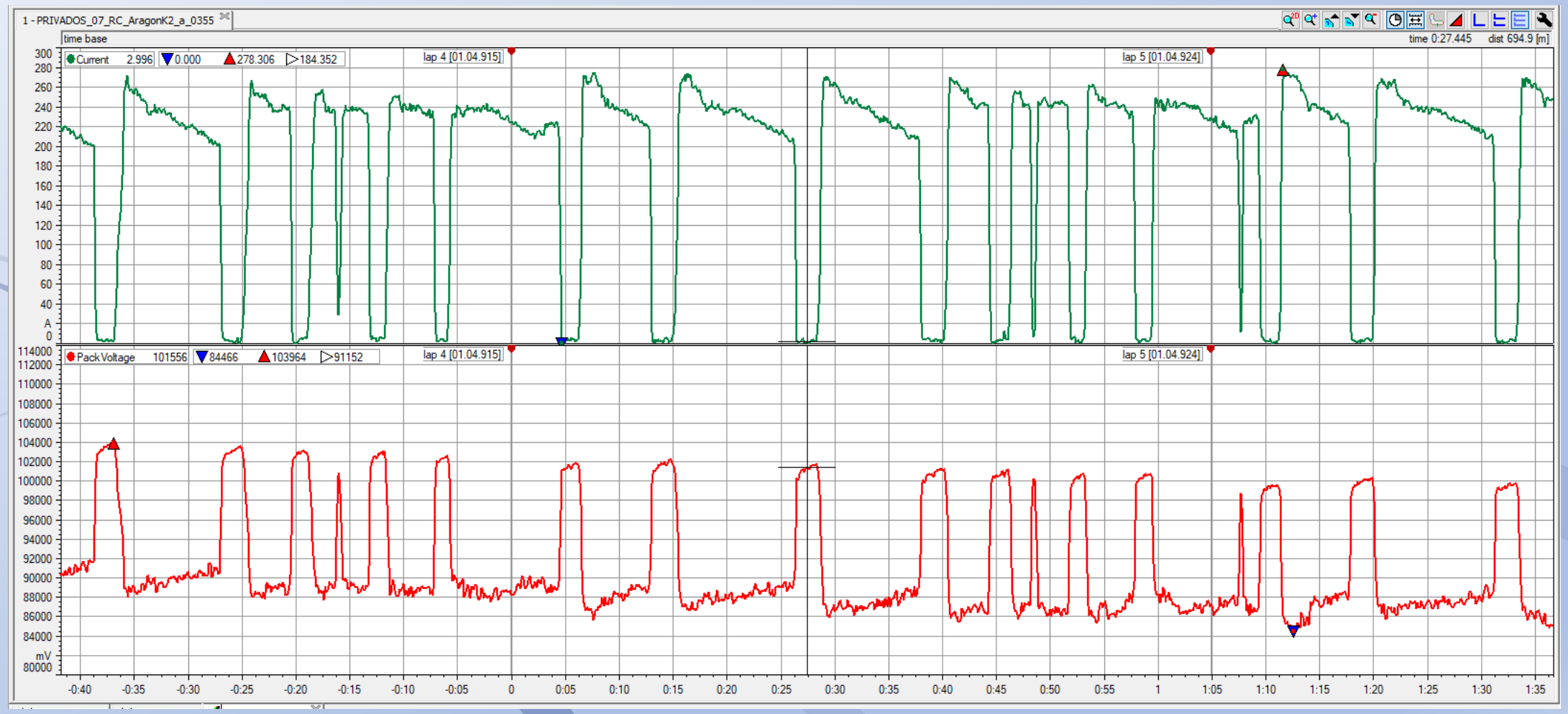
Por lo general, las celdas con más capacidad (A.h) tienen más resistencia interna y viceversa.

Para competición trabajaremos con celdas de baja resistencia interna.

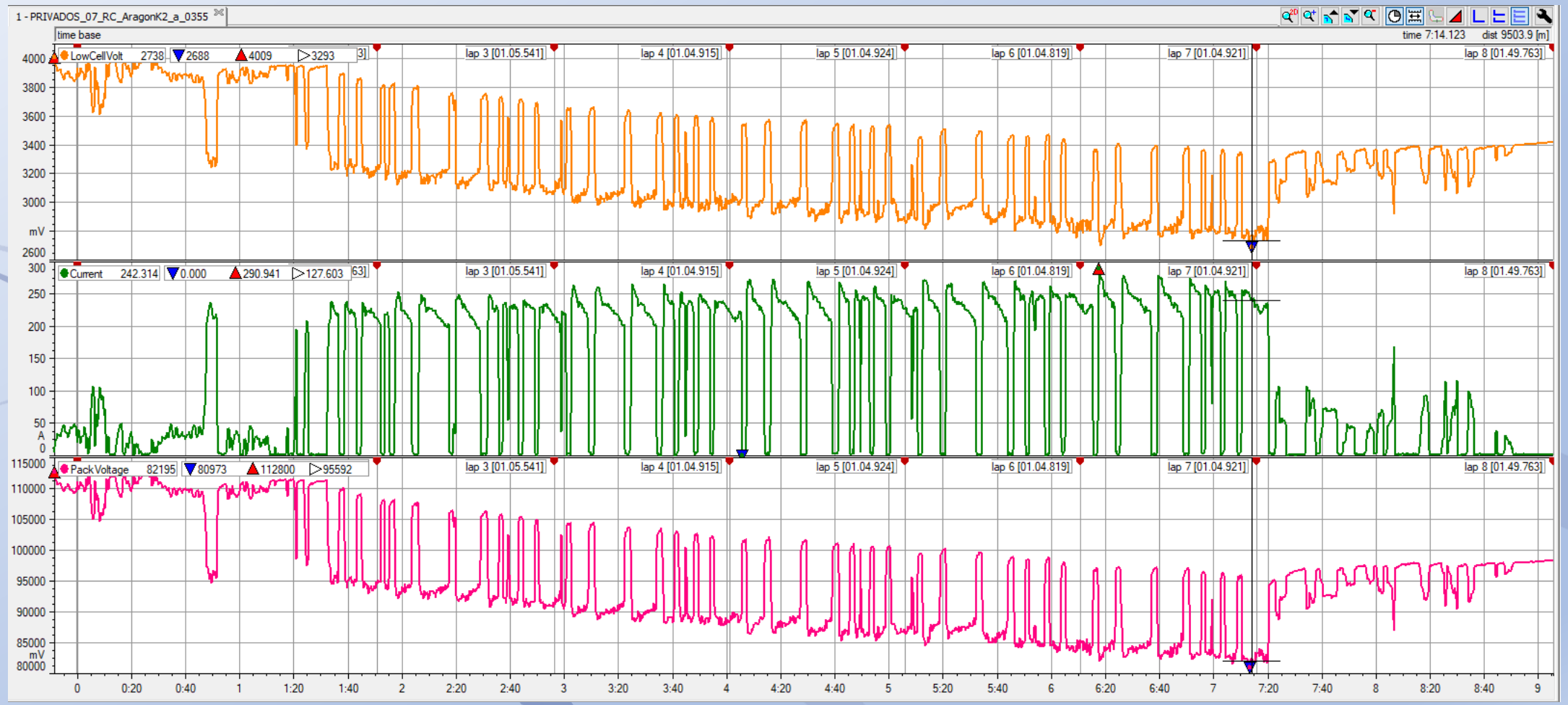
INTENSIDAD vs VOLTAJE PACK – sesión 7 vueltas en MOTORLAND



INTENSIDAD vs VOLTAJE PACK – sesión 7 vueltas en MOTORLAND



INTENSIDAD vs VOLTAJE CELDA – sesión 7 vueltas en MOTORLAND



PRUEBA PRÁCTICA:
TEST CAÍDA DE TENSIÓN EN KART

RATIO DE DESCARGA

$$\text{RATIO DE DESCARGA MEDIO (C)} = \frac{\text{POTENCIA MEDIA (KW)}}{\text{CAPACIDAD ENERGÉTICA (KW.H)}}$$

Relación entre la POTENCIA y la CAPACIDAD ENERGÉTICA de la batería

$$\text{RATIO DE DESCARGA INSTANTANEO (C)} = \frac{\text{INTENSIDAD (A)}}{\text{CAPACIDAD (A.H)}}$$

Relación entre la INTENSIDAD y la CAPACIDAD de la batería

EJEMPLOS RATIO DE DESCARGA

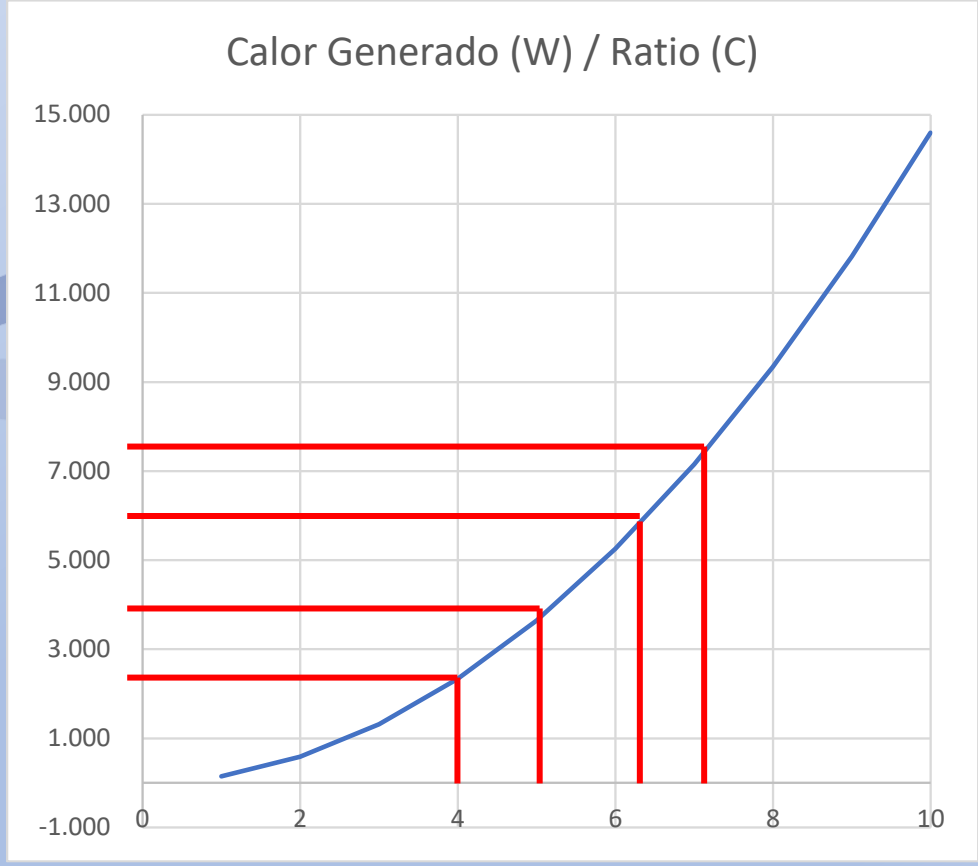
KART DE COMPETICIÓN (Modo "Race")-Inicio Carrera
Intensidad: 218 A
Capacidad: 50,16 A.h
Ratio = 218/50,16: 4,16 C

KART DE COMPETICIÓN (Modo "Race")-Final Carrera
Intensidad: 250 A
Capacidad: 50,16 A.h
Ratio = 250/50,16: 5 C

KART DE COMPETICIÓN (Modo "Qualy")-Inicio Carrera
Intensidad: 312 A
Capacidad: 50,16 A.h
Ratio = 312/50,16: 6,22 C

KART DE COMPETICIÓN (Modo "Qualy")-Final Carrera
Intensidad: 357 A
Capacidad: 50,16 A.h
Ratio = 357/50,16: 7,11 C

CALOR GENERADO EN LA BATERÍA SEGÚN RATIO DE DESCARGA



IMPORTANCIA DEL RATIO DE DESCARGA

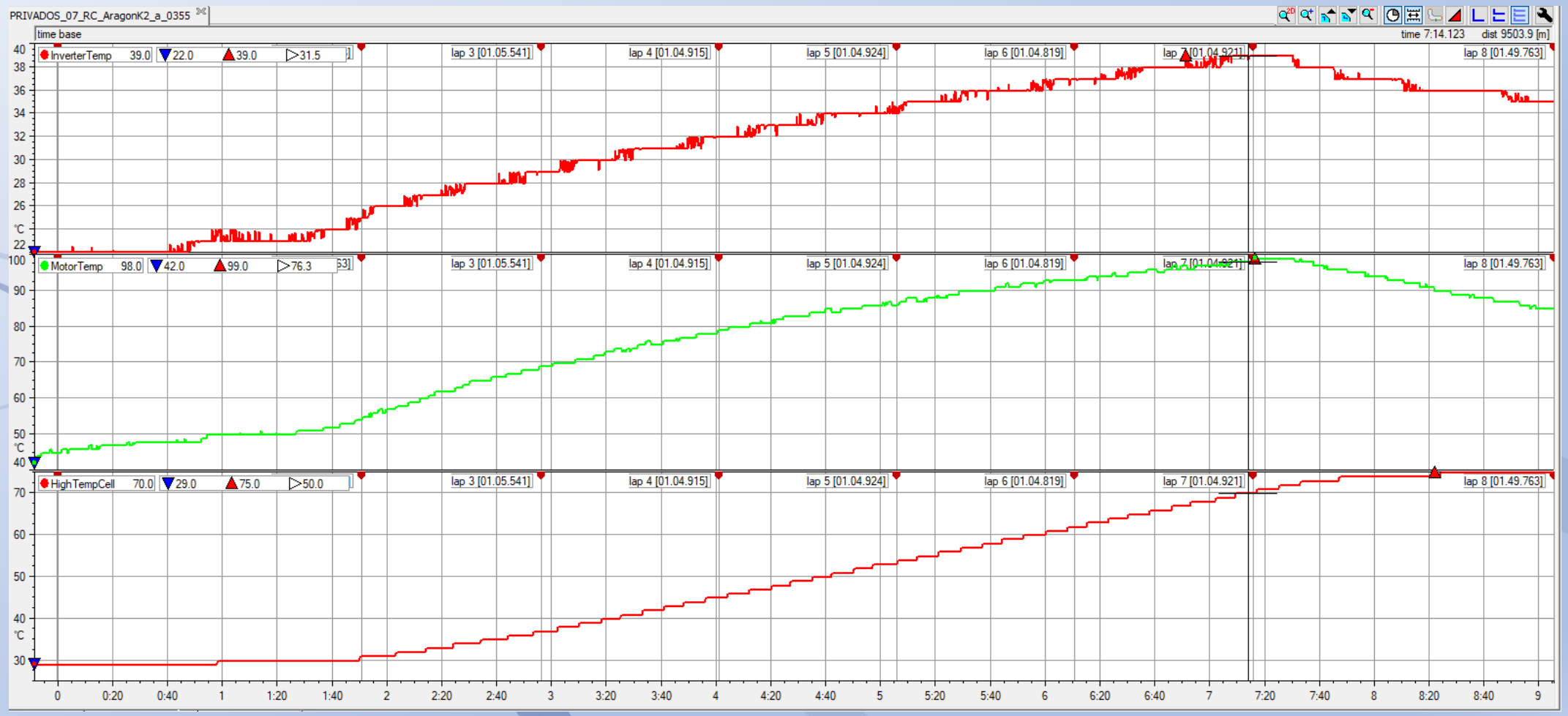
RATIO DE DESCARGA ALTO → ENERGÍA ÚTIL BAJA
RATIO 1: ~ 90 %
RATIO 5: ~ 70 %
RATIO 7: ~ 50 %

RATIO DE DESCARGA ALTO → SOBRECALENTAMIENTO BATERÍAS

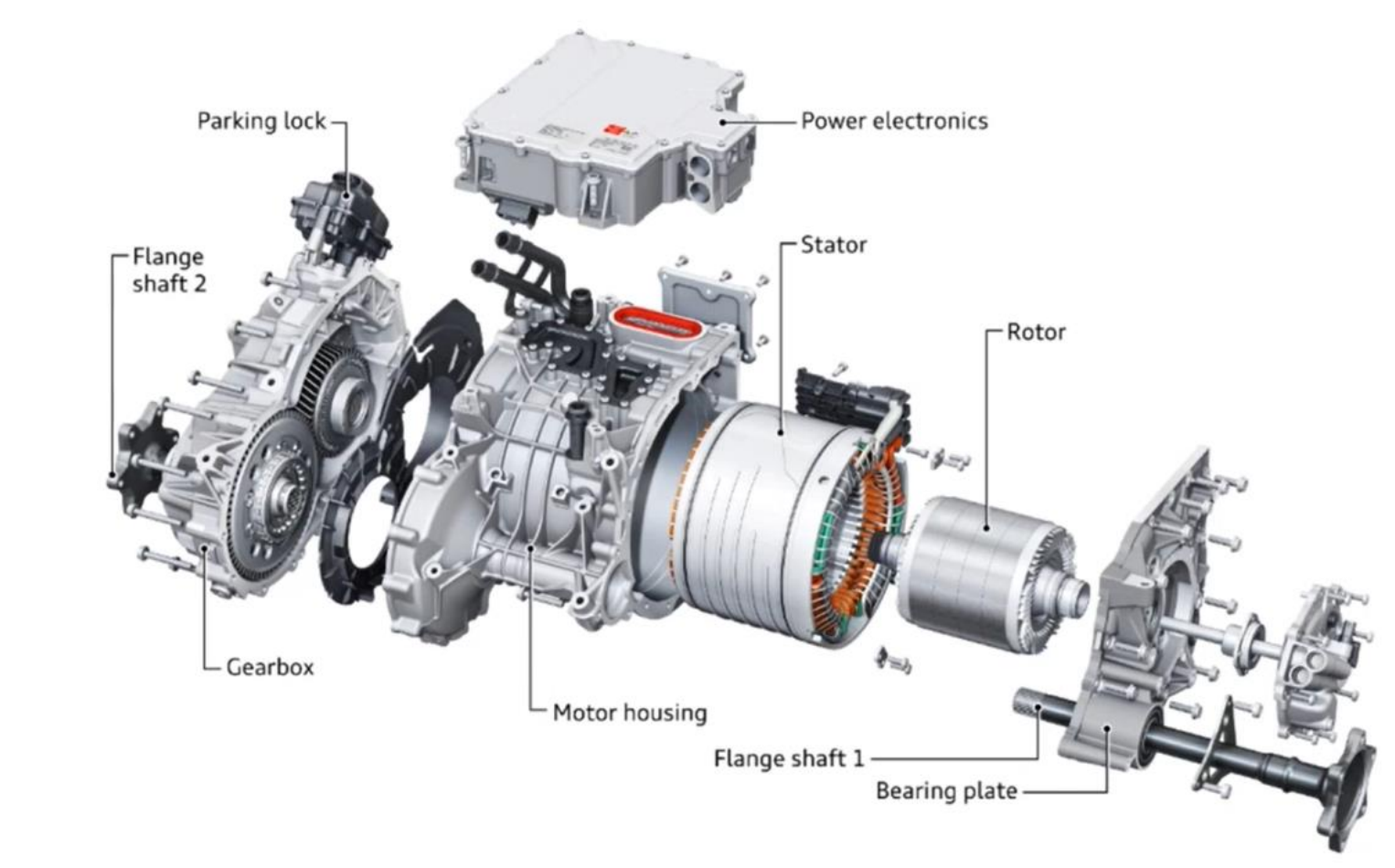
Además, la inversa del ratio de descarga nos indica el tiempo máximo teórico en pista:

RATIO 1 → 1/1 → 1 hora
RATIO 5 → 1/5 → 0,2 horas (12 minutos)
RATIO 7 → 1/7 → 0,14 horas (8 minutos)

TEMPERATURAS INVERTER/MOTOR/CELDAS – sesión 7 vueltas en MOTORLAND

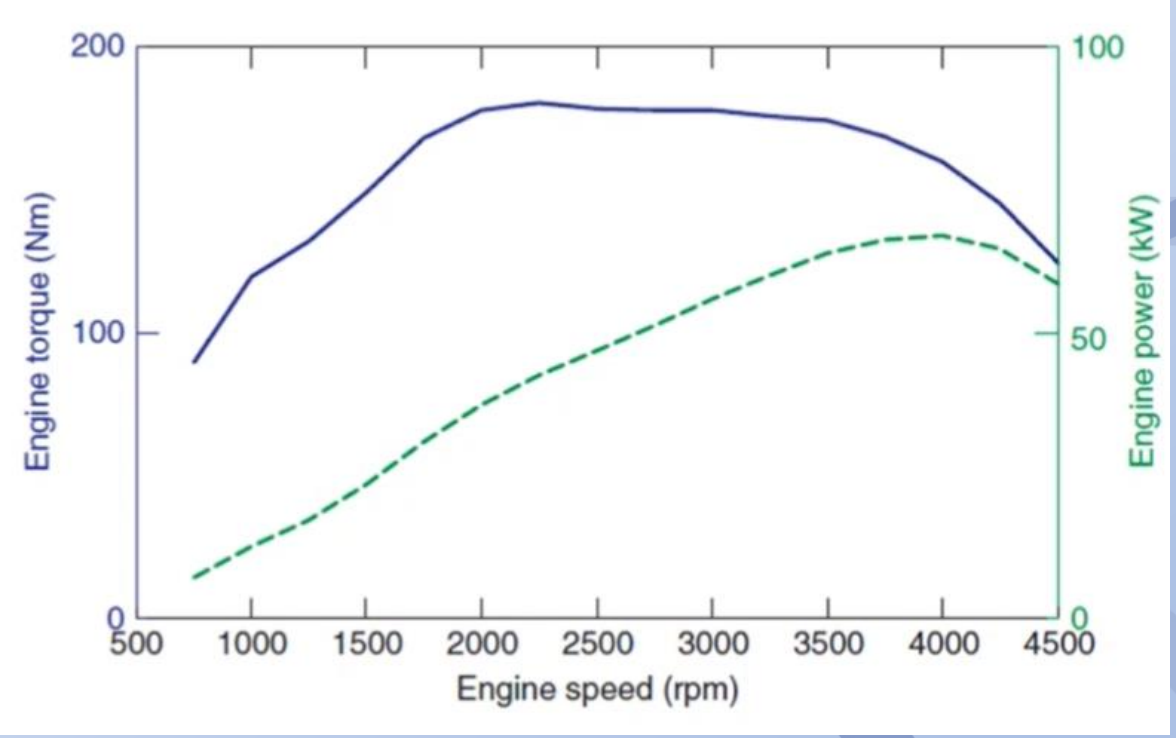


ARQUITECTURA SISTEMA DE PROPULSIÓN

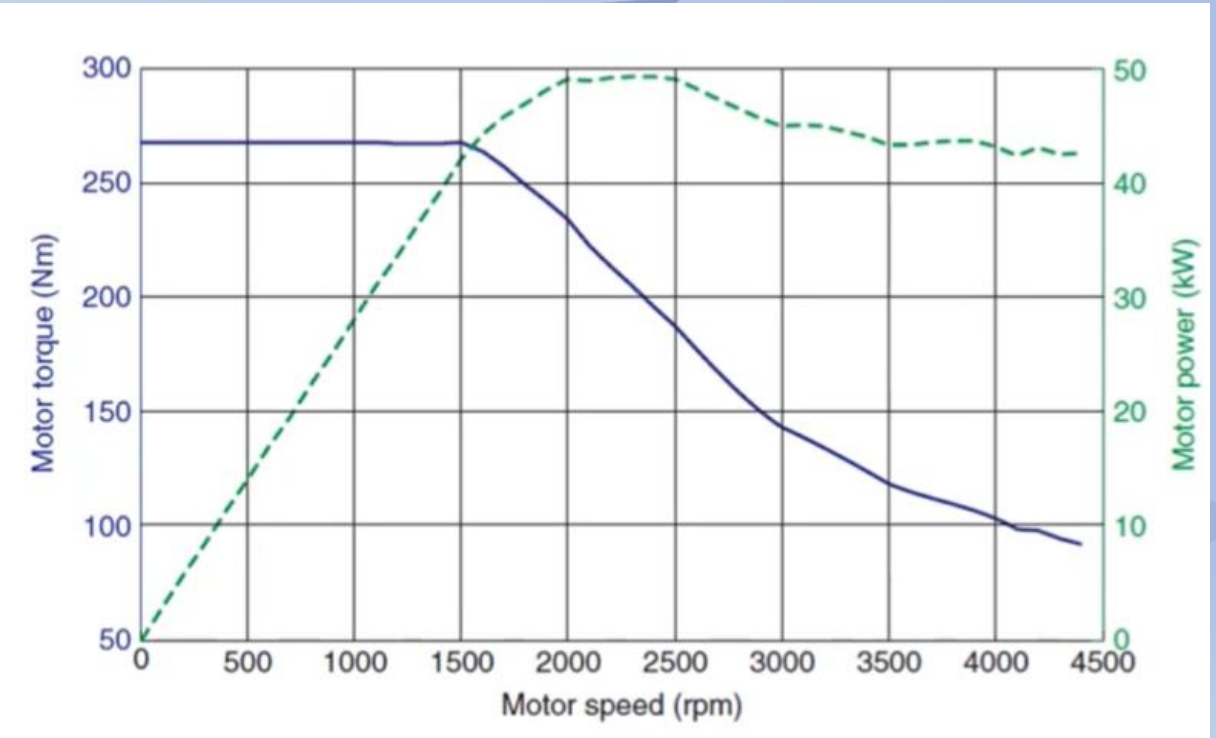


COMPARATIVA CURVAS MOTOR COMBUSTIÓN vs ELÉCTRICO

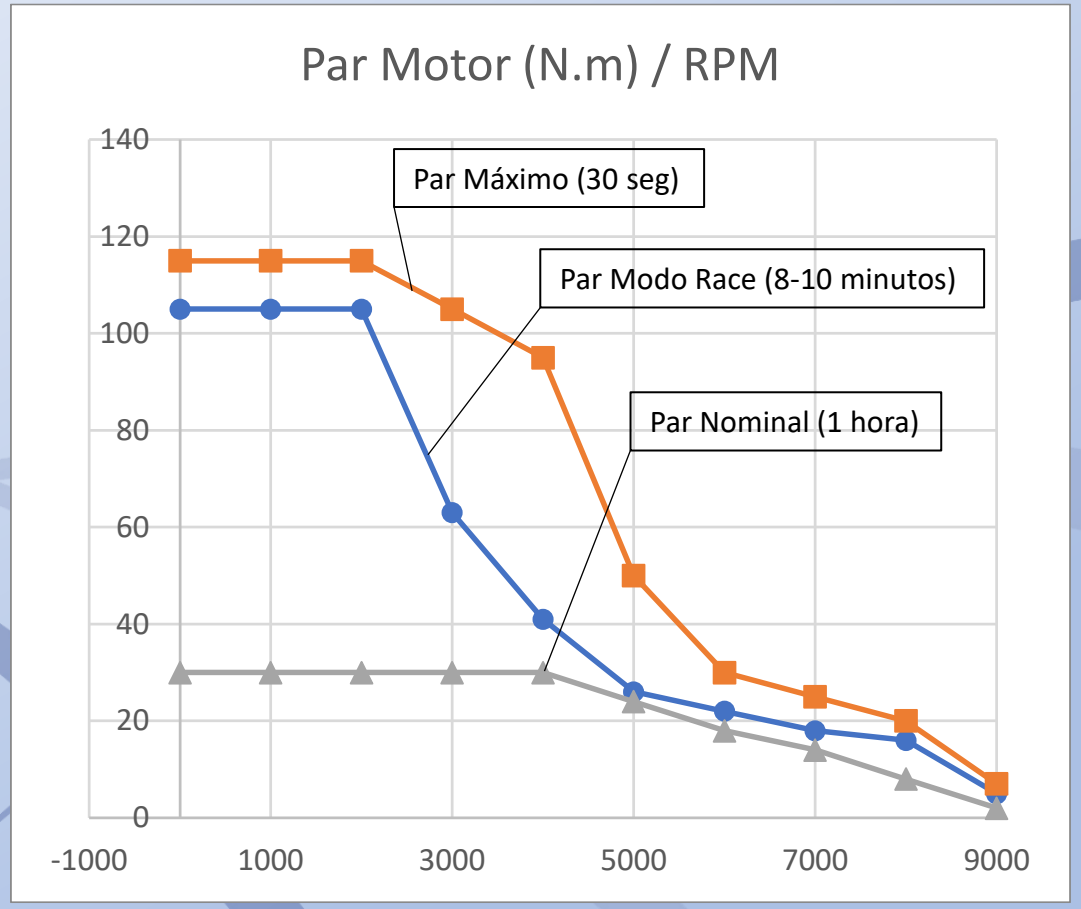
MOTOR DE COMBUSTIÓN



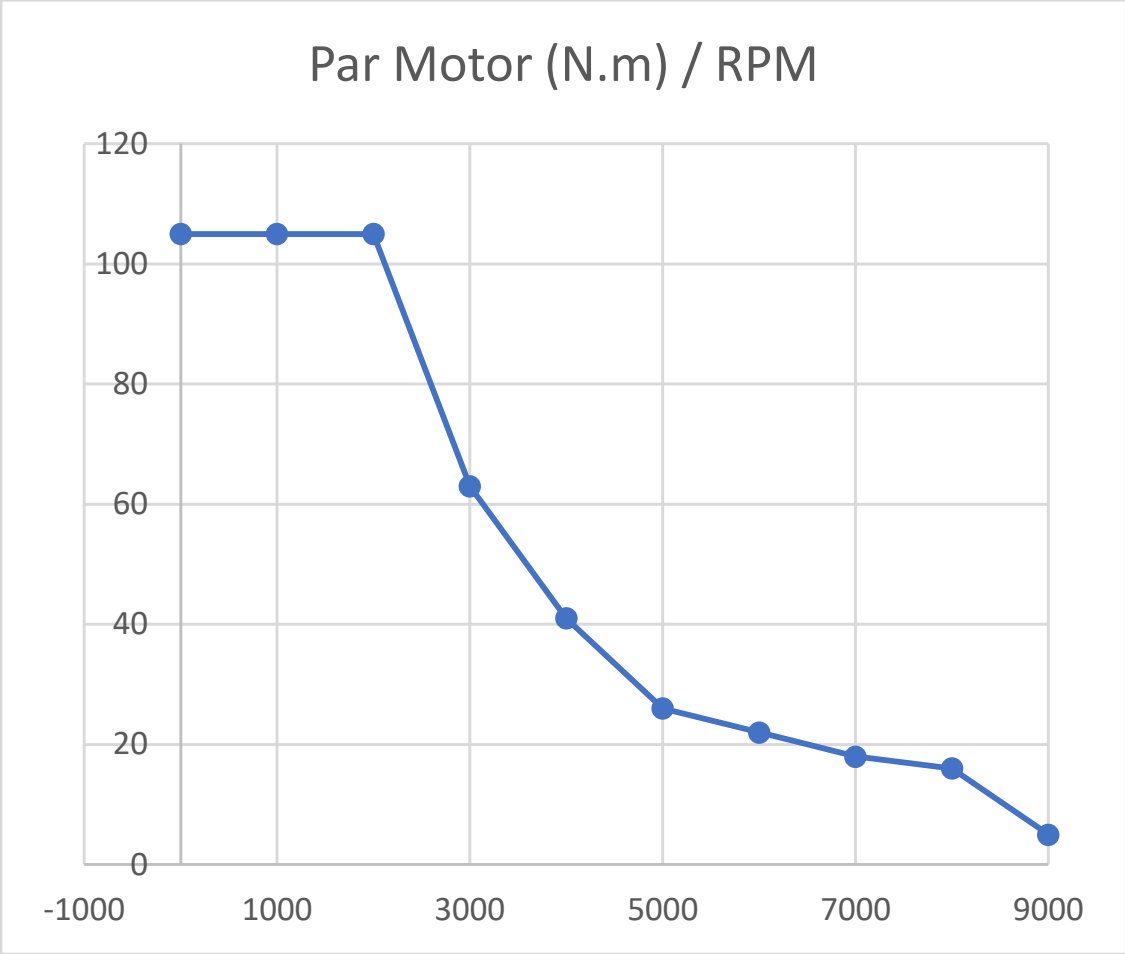
MOTOR ELÉCTRICO

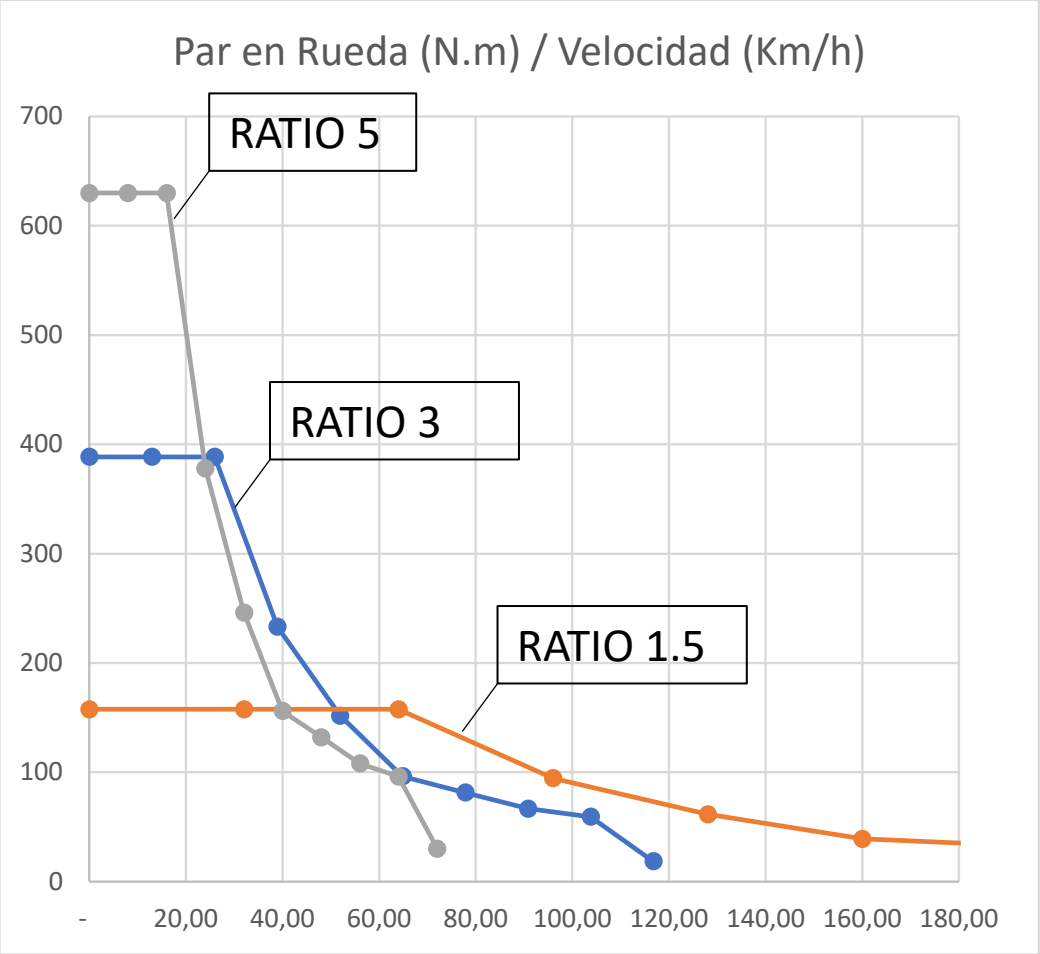


SET-UP DE LA CURVA DE PAR

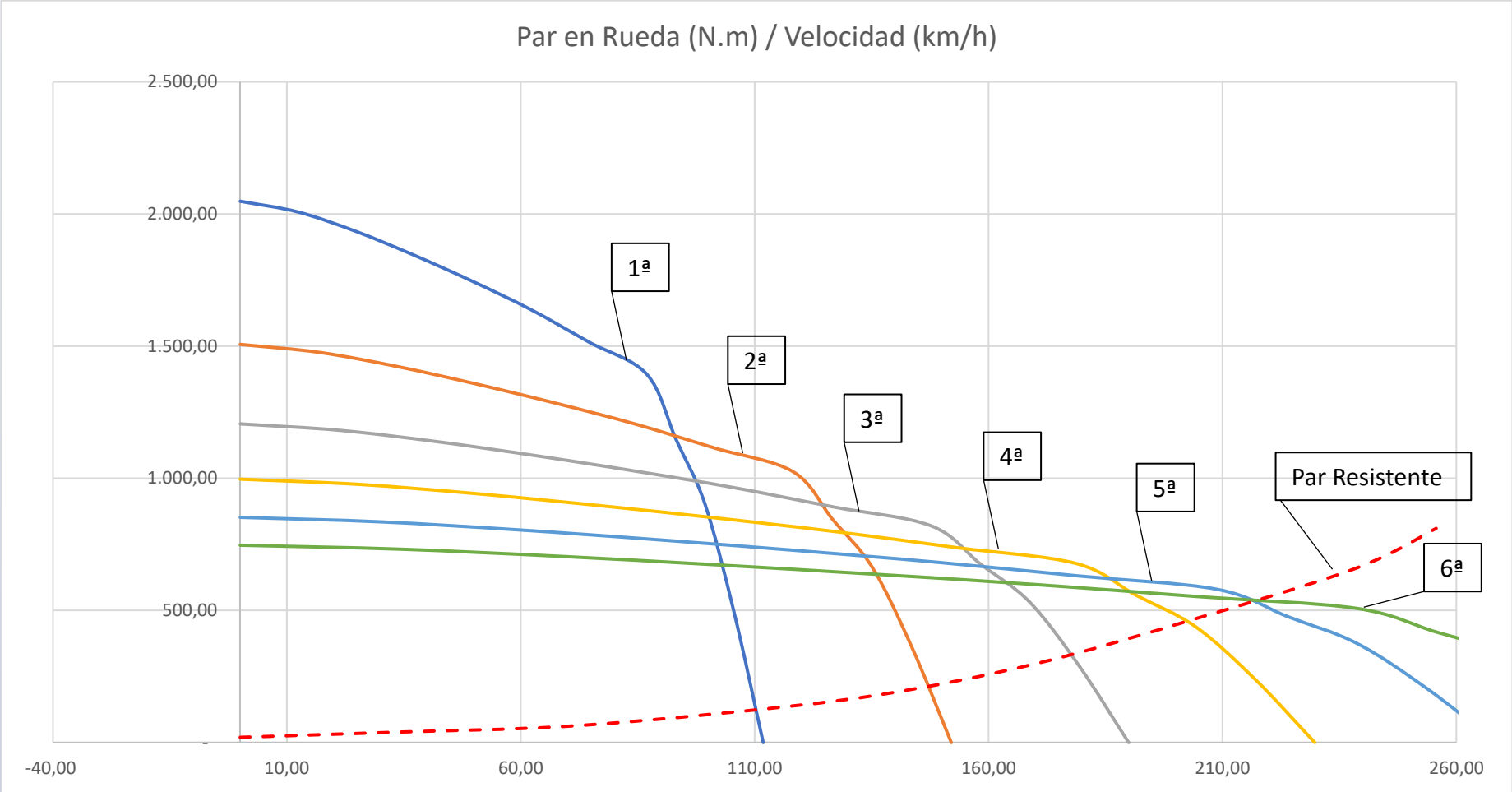


REDUCCIÓN APLICADA





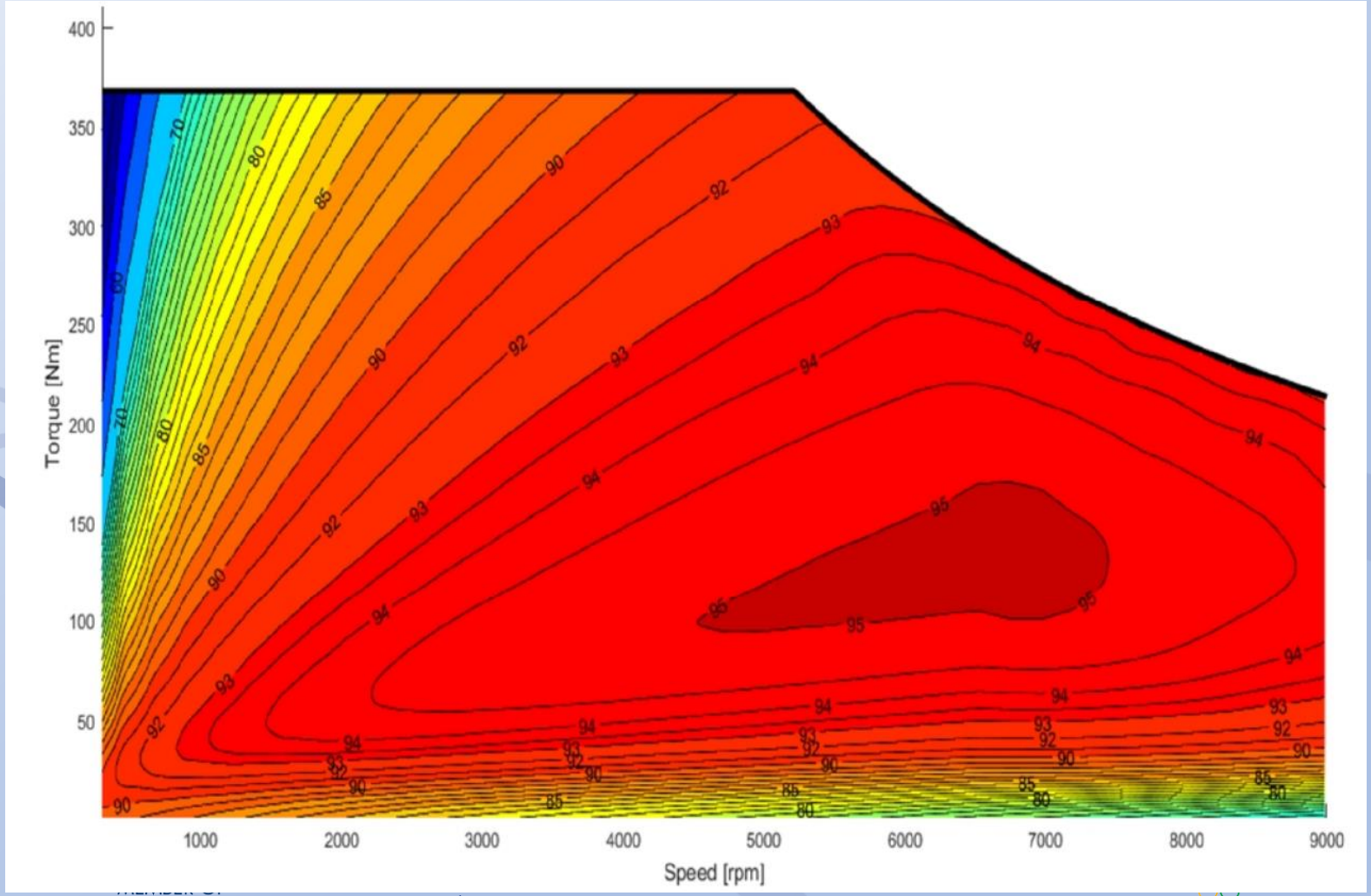
MOTOR ELÉCTRICO + CAMBIO DE MARCHAS (FORMULA 4 ELÉCTRICO)



VENTAJAS DEL CAMBIO DE MARCHAS:

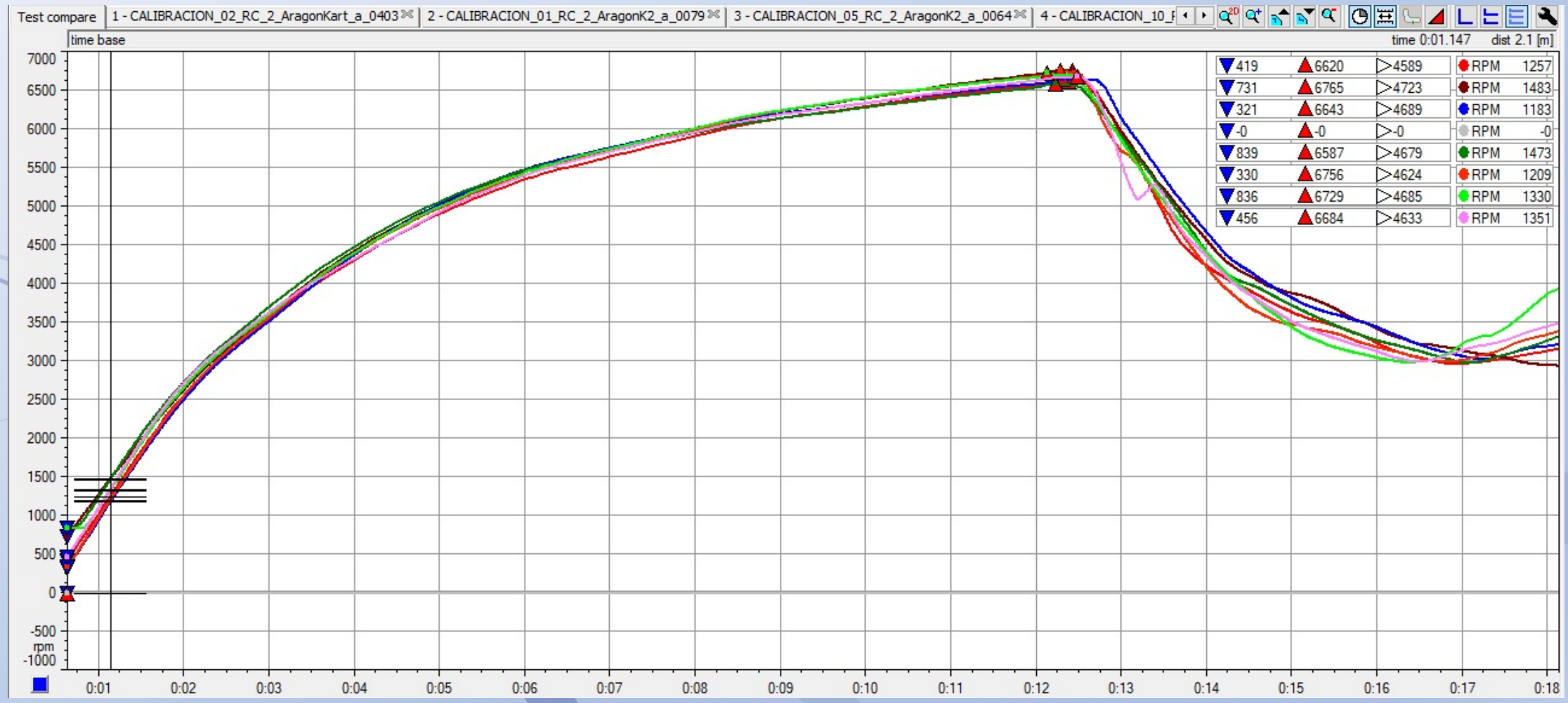
- Mayor aceleración
- Mayor velocidad punta
- Trabajo en el tramo de mayor eficiencia del motor
- Posibilidad de trabajar con un motor de potencia adecuada, sin necesitar de sobredimensionar

MOTOR ELÉCTRICO – MAPA EFICIENCIA



VIDEO FORMULA

LA IGUALDAD


Test compare
1 - CALIBRACION_02_RC_2_AragonKart_a_0403
2 - CALIBRACION_01_RC_2_AragonK2_a_0079
3 - CALIBRACION_05_RC_2_AragonK2_a_0064
4 - CALIBRACION_10_
time base
time 0:01.147
dist 2.1 [m]
419 6620 4589 RPM 1257
731 6765 4723 RPM 1483
321 6643 4689 RPM 1183
-0 -0 -0 RPM -0
839 6587 4679 RPM 1473
330 6756 4624 RPM 1209
836 6729 4685 RPM 1330
456 6684 4633 RPM 1351
7000
6500
6000
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
-500
rpm
-1000
0:01
0:02
0:03
0:04
0:05
0:06
0:07
0:08
0:09
0:10
0:11
0:12
0:13
0:14
0:15
0:16
0:17
0:18

POSIBILIDADES DE RECARGA EN CIRCUITOS

CIRCUITOS DE KARTING

- Carga rápida (~ 45 minutos): 9 kW
- Número de karts: 12
- Potencia de red necesaria: 100 kW

CIRCUITOS DE KARTING EN ESPAÑA

- 1 Circuito con > 400 kW
- La mayoría entre 50 y 100 KW potencia instalada
- Alguno sin potencia de red
- Infraestructura temporal fácil de realizar

CIRCUITOS DE VELOCIDAD

- Carga rápida (~ 50 minutos): 50 KW – Toma de 63 Amp
- Número de vehículos: 20
- Potencia de red necesaria: 1000 kW

CIRCUITOS DE VELOCIDAD EN ESPAÑA

- Algún circuito con toma de 63 Amperios en cada box y otros en proceso de instalación
- La mayoría al menos con toma de 32 Amperios
- La mayoría > 1000 kW de potencia disponible
- Infraestructura temporal costosa

FUNCIONAMIENTO Y CONTROL TÉCNICO DE LA PROPULSIÓN ELÉCTRICA
HORARIO TIPO CAMPEONATO

CLAVES PARA LA VIABILIDAD DEL CAMPEONATO

- Recarga rápida
- Programar márgenes en recarga
- Control de recarga: hay equipos que se olvidan de poner a cargar
- Control salida: hay pilotos que se confunden en la secuencia de encendido
- Colaboración estrecha entre:
  - Dirección de carrera
  - Comisarios técnicos
  - Comisarios deportivos

EJEMPLOS:

- Salidas en falso: no repetir salidas.
- Neutralización de carrera. Restar las vueltas ya realizadas o dar por finalizada la carrera

RACE DAY			
8:20	QL	RENTAL	All Drivers/Teams
8:40	QL	TECHNOLOGY	All Drivers/Teams
9:00	QL	SENIOR	All Drivers/Teams
9:20	Race 1	RENTAL	All Drivers/Teams
9:40	Race 1	TECHNOLOGY	All Drivers/Teams
10:00	Race 1	SENIOR	All Drivers/Teams
10:40	Race 2	RENTAL	All Drivers/Teams
11:00	Race 2	TECHNOLOGY	All Drivers/Teams
11:20	Race 2	SENIOR	All Drivers/Teams
12:00	Race 3	RENTAL	All Drivers/Teams
12:20	Race 3	TECHNOLOGY	All Drivers/Teams
12:40	Race 3	SENIOR	All Drivers/Teams
13:00	Lunch	Electric Vehicules Exhibition	
14:00	Race 4	RENTAL	All Drivers/Teams
14:20	Race 4	TECHNOLOGY	All Drivers/Teams
14:40	Race 4	SENIOR	All Drivers/Teams
15:20	Final	RENTAL	All Drivers/Teams
15:40	Final	TECHNOLOGY	All Drivers/Teams
16:00	Final	SENIOR	All Drivers/Teams
16:30	Podios	All Categories	
17:00		Electric Vehicules Exhibition	

ACUERDOS - CONCLUSIONES

- LOS PONENTES MUESTRAN SU PROYECTO DE UN KART DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA, ROMPIENDO ALGUNOS PREJUICIOS Y ESTEREOTIPOS ASOCIADOS A LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE COMPETICIÓN.

- CON DIVERSOS TEST EN PISTA, Y CON LA RECOPILACIÓN DE DATOS DE VARIOS PILOTOS INTERNACIONALES DE KARTING, SE REFUERZA LA IDEA DE ESTE PROYECTO, DEMOSTRANDO QUE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO ES COMPARABLE A OTRO VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA A NIVEL DE SEGURIDAD, PRESTACIONES E INVERSIÓN ECONÓMICA.

MUCHAS GRACIAS