



PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN

Ponentes: David Sánchez y Fernando Álvarez

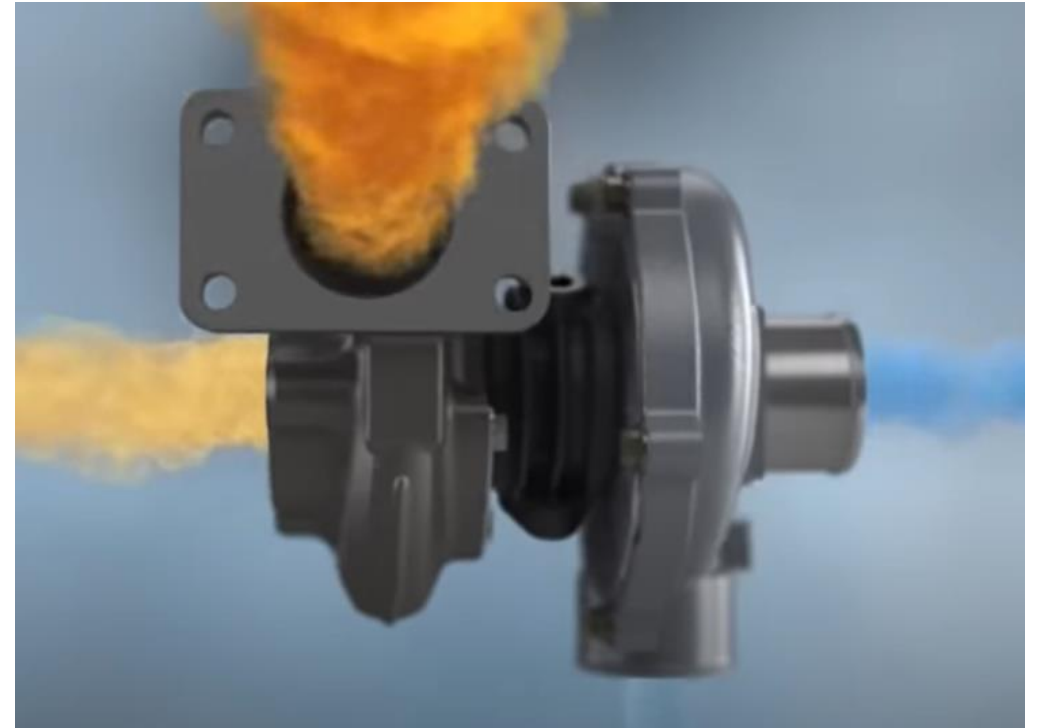
24.02.24





Índice

1. Sobrealimentación en motores
2. Importancia en competición
3. Regulación de la presión de sobrealimentación. Tipos
4. Dispositivos usados en competición
5. Verificación Waste-Gate con actuador neumático por presión
6. Verificación Waste-Gate con actuador neumático por depresión
7. Verificación Waste-Gate con actuador eléctrico
8. Verificación válvula Pop-Off
9. Verificación mediante adquisición de datos
10. Sistemas actuales de gestión de motor



1. Sobrealimentación en motores

Origen y justificación

Nace como una necesidad para solucionar los problemas de:

1. Los motores en aviones o los motores que funcionan en cotas altas por la baja densidad del aire al bajar la presión atmosférica.
2. Los motores que funciona en países muy calurosos por la disminución de moléculas de aire por la alta temperatura.



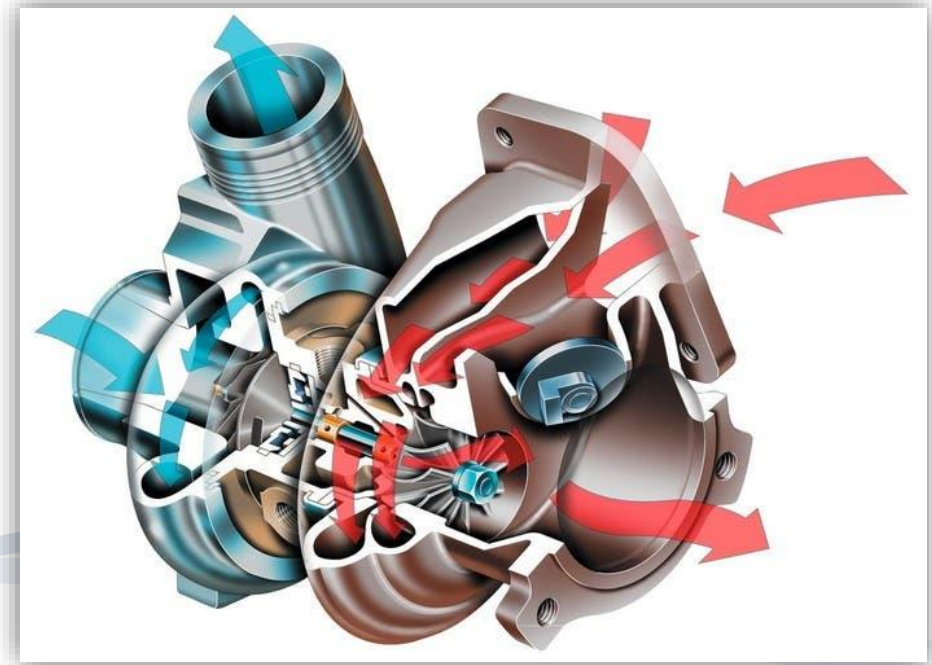
La mejor solución es suministrar aire a mayor densidad.



La solución más empleada es la sobrealimentación.

Permite aumentar la potencia del motor:

$$N_m = \mu_m \times \dot{m}_a \times AFR \times H_c$$



1. Sobrealimentación en motores

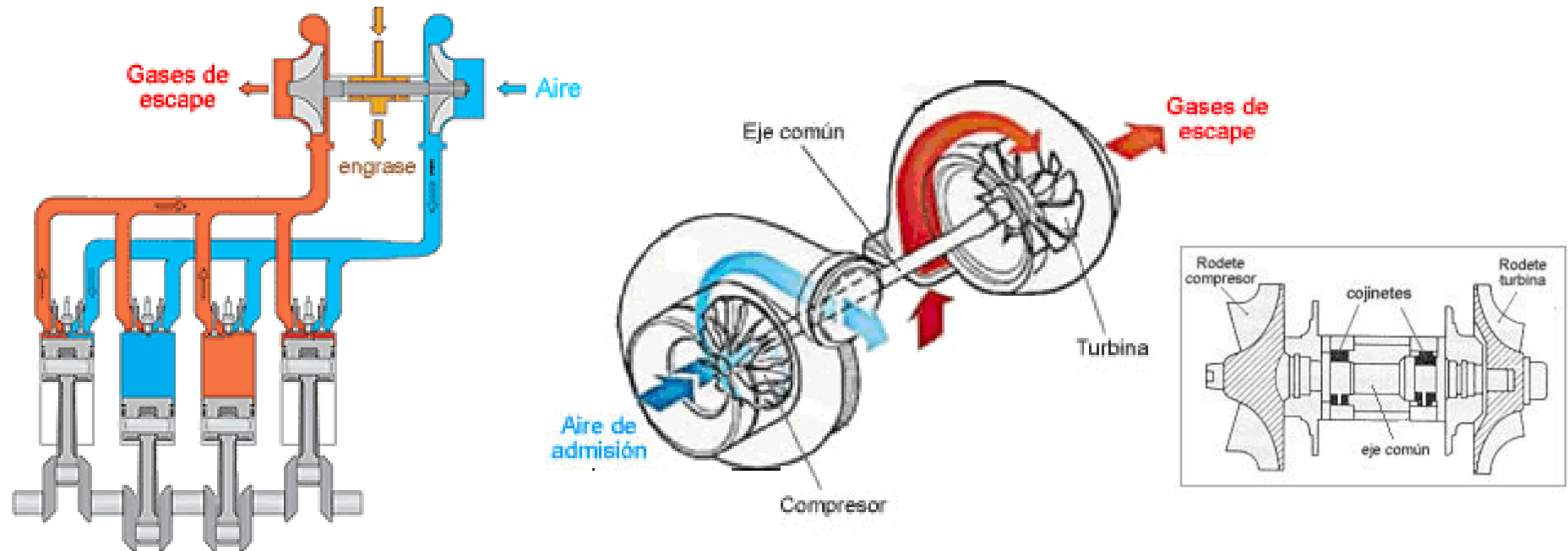
Funcionamiento básico

Sistema turboalimentado

Sistema que introduce aire al motor a una presión superior a la atmosférica con el objetivo de aumentar la densidad de aire y, por tanto, la del combustible aumentando el par motor y consecuentemente la potencia.

Funcionamiento turbo

Tecnología turbo





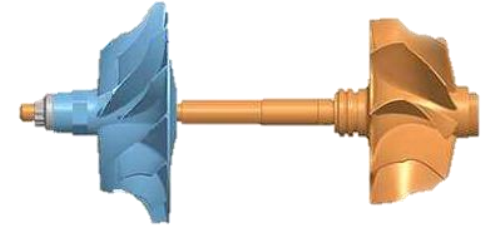
1. Sobrealimentación en motores

Funcionamiento básico

Sistema turboalimentado

Al inyectarse más combustible, por haber más densidad de aire, es decir, más cantidad de oxígeno en el mismo volumen de aire, la presión de inyección debe aumentar.

Su funcionamiento afecta a la presión y temperatura del aire de admisión (compresor) gracias al movimiento de los gases de escape (turbina).

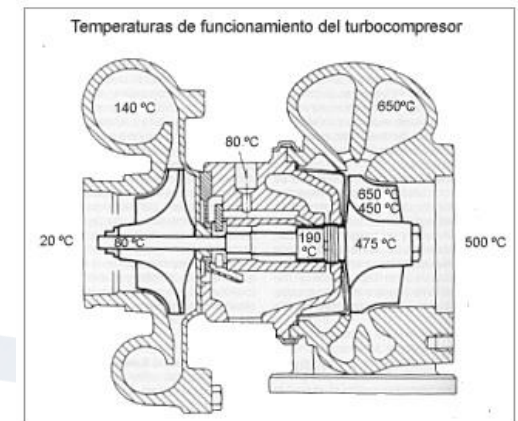


En el compresor, se produce un aumento de P y T. Se usan sistemas de enfriamiento del aire de admisión (intercoolers) para enfriar el aire comprimido aumentando la densidad de nuevo.

Parámetro crítico → presión del aire de admisión.



P. Admisión





1. Sobrealimentación en motores

Ventajas e inconvenientes

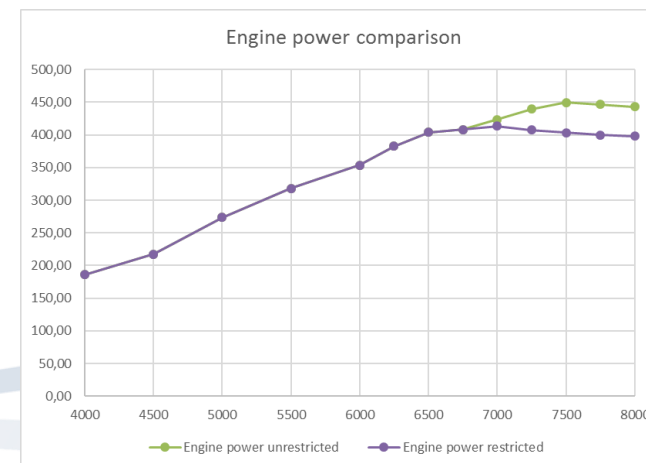
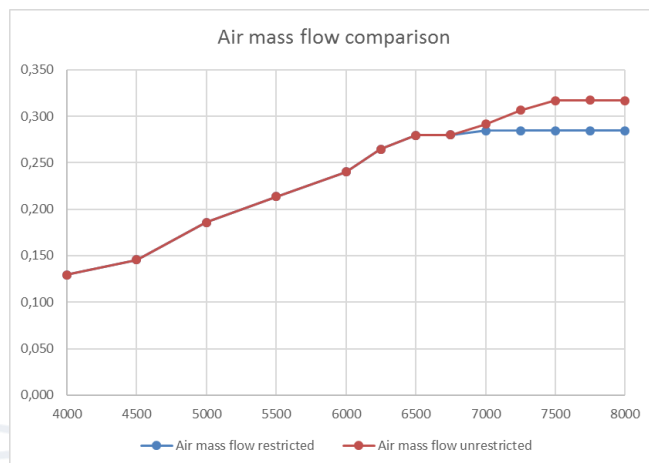
	Ventajas	Inconvenientes
▶	<ul style="list-style-type: none">▪ Aumento de potencia y presión media efectiva en el cilindro	<ul style="list-style-type: none">▪ Aumento de cargas mecánicas
▶	<ul style="list-style-type: none">▪ No exige cambios en la estructura del motor	<ul style="list-style-type: none">▪ Aumento de cargas térmicas
▶	<ul style="list-style-type: none">▪ Pérdidas mecánicas + elementos auxiliares == pérdidas en motores atmosféricos▪ Aumenta rendimiento	<ul style="list-style-type: none">▪ Condiciones críticas de refrigeración
▶	<ul style="list-style-type: none">▪ Aprovecha una energía residual (gases de escape)	<ul style="list-style-type: none">▪ Emisiones de dióxido de nitrógeno
▶	<ul style="list-style-type: none">▪ Peso y tamaño reducido	<ul style="list-style-type: none">▪ Detonación que obliga a aumentar índice de octano o reducir relación de compresión



2. Importancia en competición

Importancia en competición

- ⊕ Aumenta sensiblemente la potencia de los motores sin modificaciones mecánicas.
- ⊖ Pueden generar desigualdad competitiva si no se controla adecuadamente.
- ⚠ Parámetro crítico a controlar → presión de admisión mediante los sistemas que la regulan o la controlan.



3. Regulación de la presión de admisión. Tipos

Regulación de la presión de sobrealimentación. Tipos

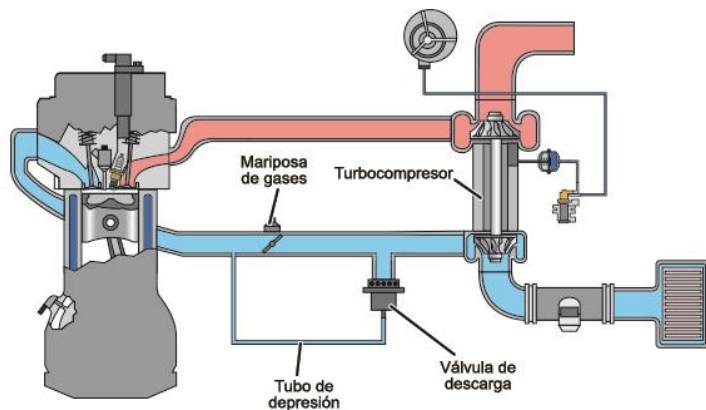
Regulación de sobrepresión

- Mediante válvula bypass / blow-off



Regulación del valor de presión límite

- Mediante válvula tipo waste-gate

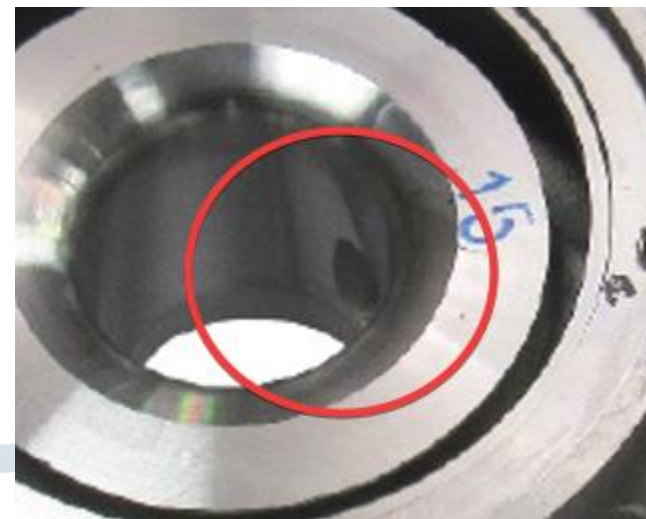


3. Regulación de la presión de admisión. Tipos

Regulación de la presión de sobrealimentación. Tipos

Regulación de sobrepresión

- Mediante válvula bypass / blow-off montada en carcasa compresor. Ayuda a mantener el compresor girando (antilag).





3. Regulación de la presión de admisión. Tipos

Regulación de la presión de sobrealimentación. Tipos

Regulación de sobrepresión

- Mediante válvula bypass / blow-off montada en carcasa compresor. Ayuda a mantener el compresor girando (antilag).

¿Son válidos estos sistemas en competición?

Depende del reglamento y, específicamente, de si llevan o no brida restrictora del aire de admisión.

Caso Rally5-Kit

Si el vehículo y turbo de origen lo lleva instalado, deben anularlo al no pasar todo el aire por la brida.

Caso Rally5

Puede llevarlo porque en este grupo no hay brida de admisión.

Caso Rally4, Rallye3, Rally2

Si el turbo homologado en la variante específica lo lleva, se debe anular.



3. Regulación de la presión de admisión. Tipos

Regulación de la presión de sobrealimentación. Tipos

Regulación de sobrepresión

- Mediante válvula bypass / blow-off montada en carcasa compresor. Ayuda a mantener el compresor girando (antilag).

Caso Rally5-Kit

Si el vehículo y turbo de origen lo lleva instalado, deben anularlo al no pasar todo el aire por la brida.





3. Regulación de la presión de admisión. Tipos

Regulación de la presión de sobrealimentación. Tipos

Regulación de sobrepresión

- Mediante válvula bypass / blow-off montada en carcasa compresor. Ayuda a mantener el compresor girando (antilag).

Caso Rally4

Si el turbo homologado en la variante específica lo lleva, se debe anular.



3. Regulación de la presión de admisión. Tipos

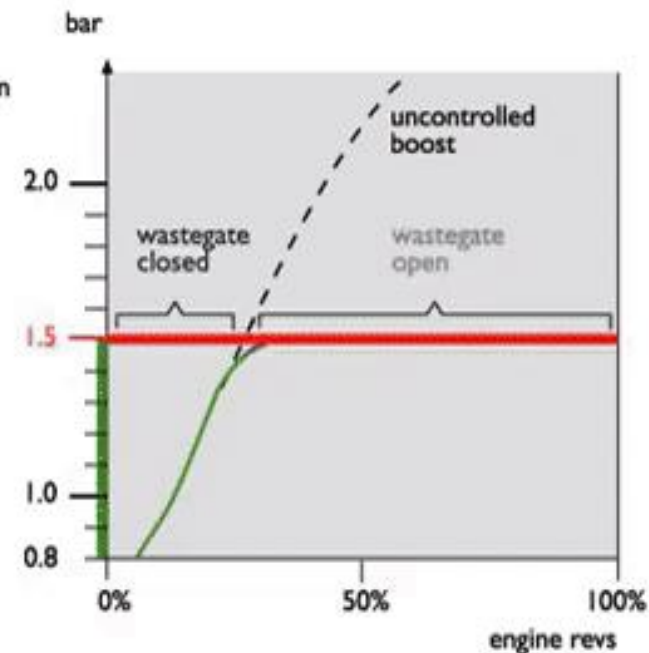
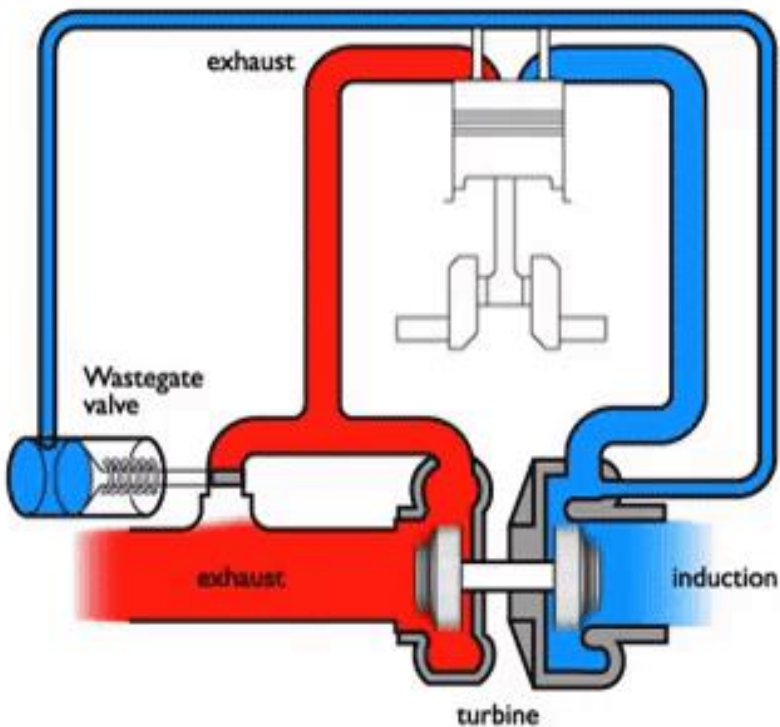
Regulación de la presión de sobrealimentación. Tipos

Regulación de sobrepresión

- Mediante válvula bypass / blow-off

Regulación del valor de presión límite

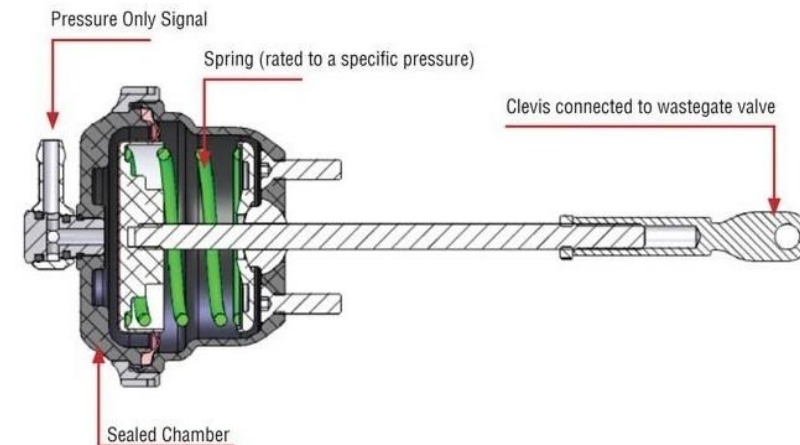
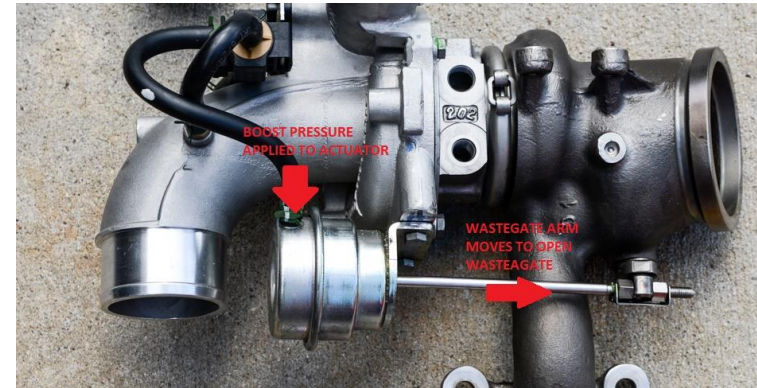
- Mediante válvula tipo waste-gate



3. Regulación de la presión de admisión. Tipos

Válvula Waste-Gate interna

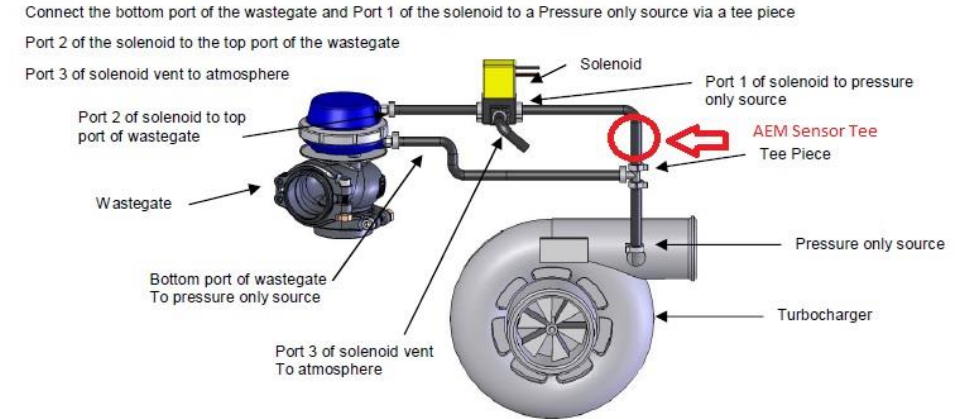
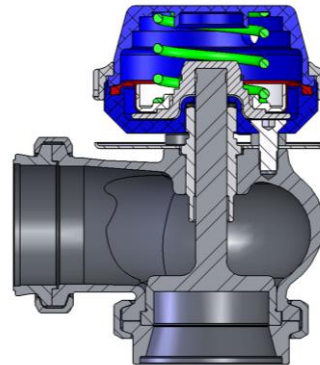
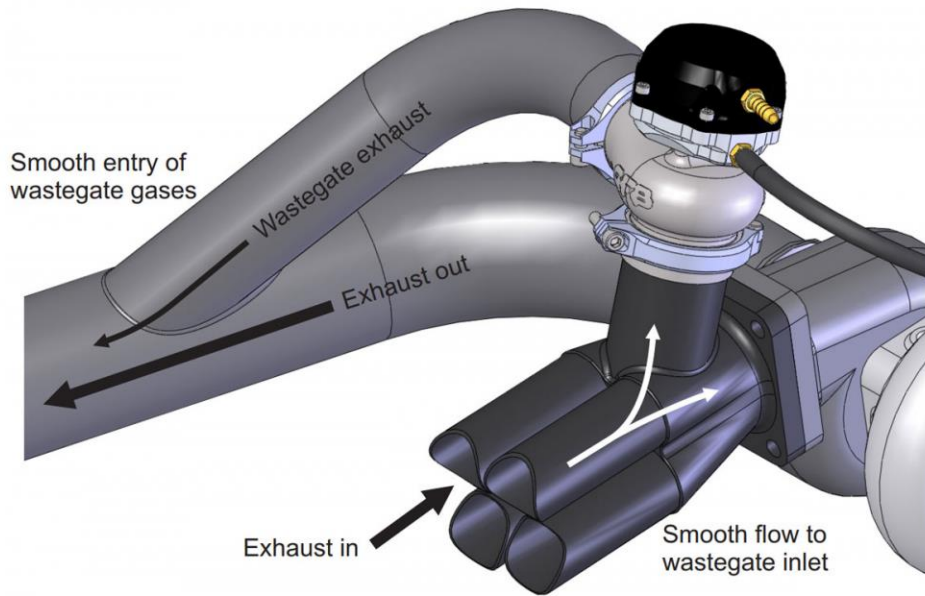
Dispositivo con actuador neumático o eléctrico que active mecanismo en el interior de la carcasa de la turbina para puentear los gases de escape y que no pasen por la turbina, evitando que el compresor siga aumentando la presión del aire de admisión.



3. Regulación de la presión de admisión. Tipos

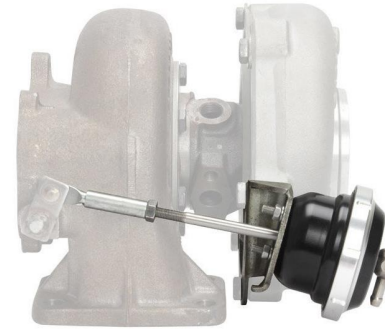
Válvula Waste-Gate externa

Idem al caso anterior pero puenteando la turbina de forma externa, sin ningún mecanismo en la carcasa de la turbina.

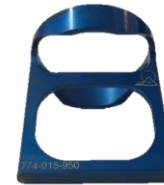


4. Dispositivos usados en competición

1. Mediante válvula tipo waste-gate (neumática o eléctrica)



2. Mediante válvula Pop-Off



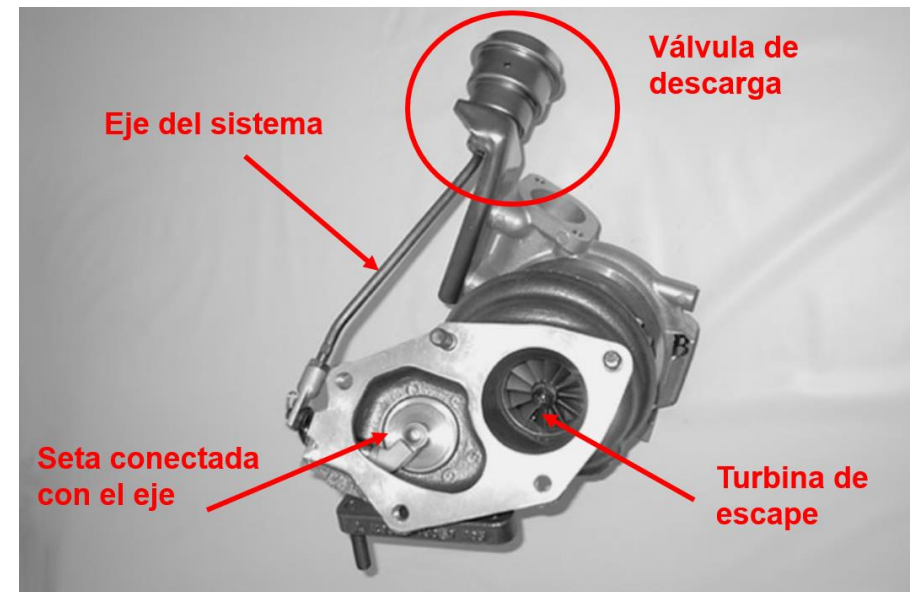
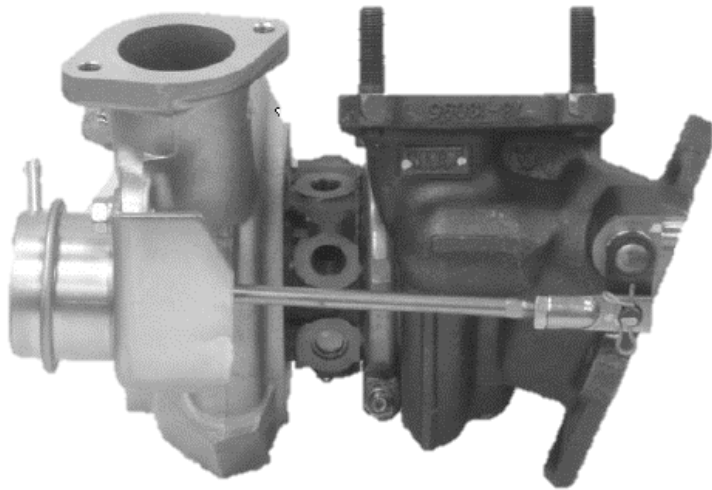
3. Mediante sistemas de adquisición de datos



5. Verificación Waste-Gate con actuador neumático por presión

Funcionamiento básico

Aire de admisión, tras compresor, se dirige a W/G. Debido a la presión, se vence membrana con muelle y se mueve varilla que abre una clapet en la carcasa de la turbina puenteando la misma para regular el soplado.



Desventaja: si el sistema se rompe, el motor no regula la presión de admisión, pudiendo romperse.

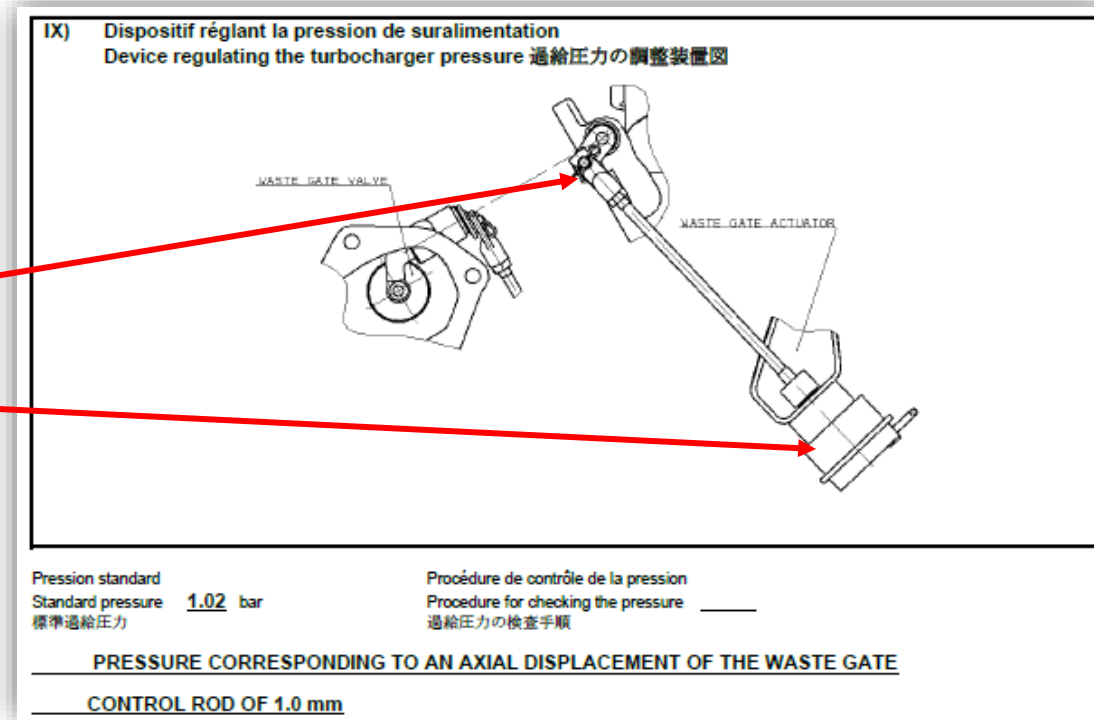
5. Verificación Waste-Gate con actuador neumático por presión

Calibración

La calibración de la valvula se refleja en ficha de homologación:

Combinación de tarado:

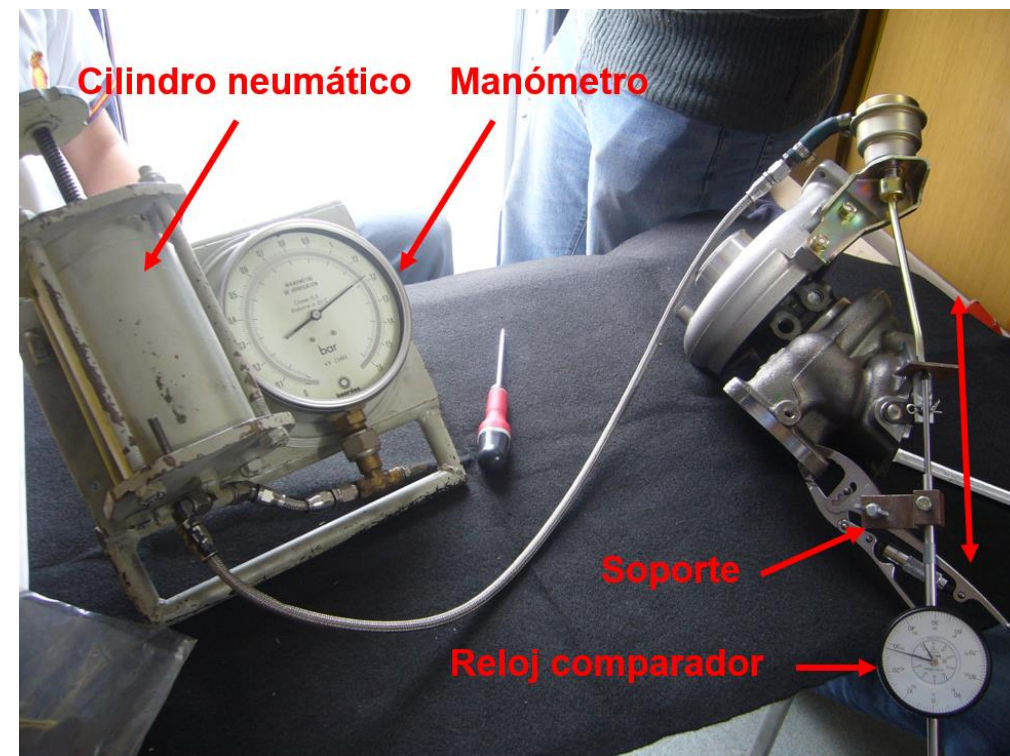
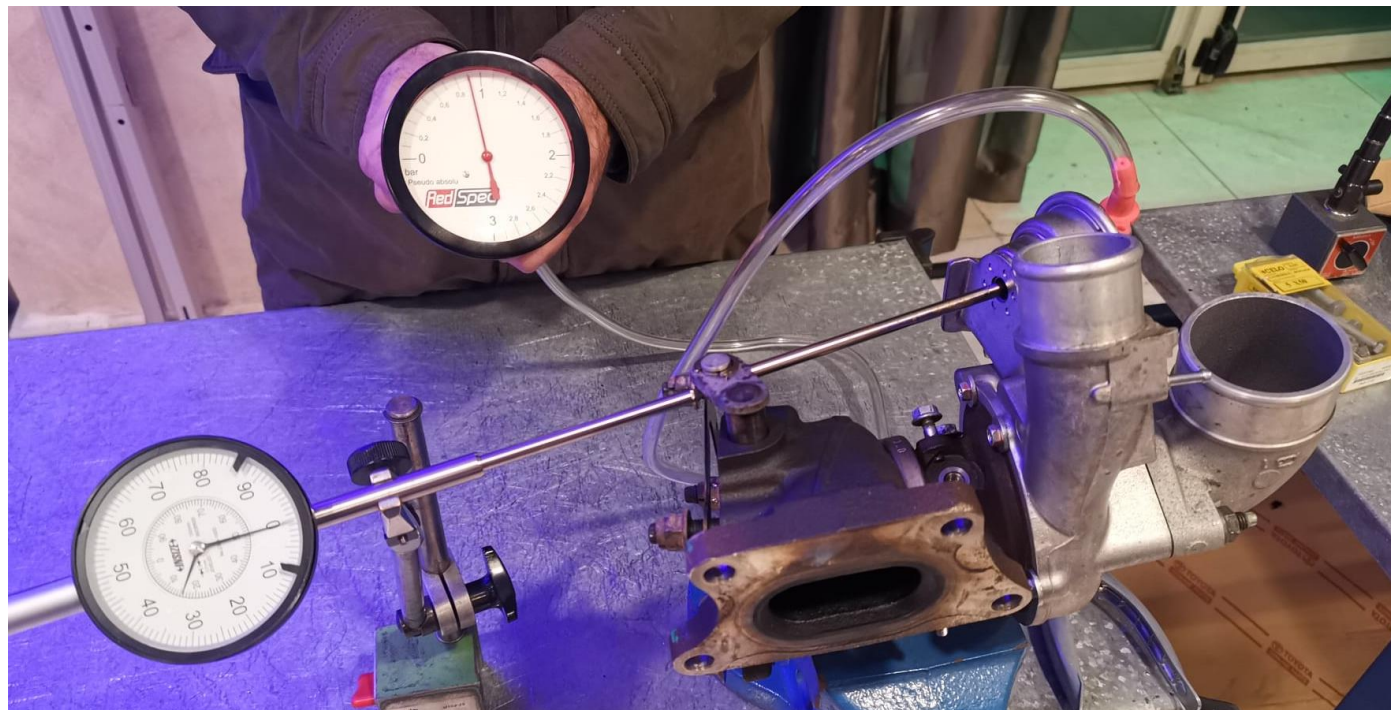
- Conexión con eje roscado
- Muelle



Para una presión de 1,02 bar, la varilla de control se debe desplazar 1,0 mm.

Verificación

Mediante manómetro y reloj comparador.



5. Verificación Waste-Gate con actuador neumático por presión

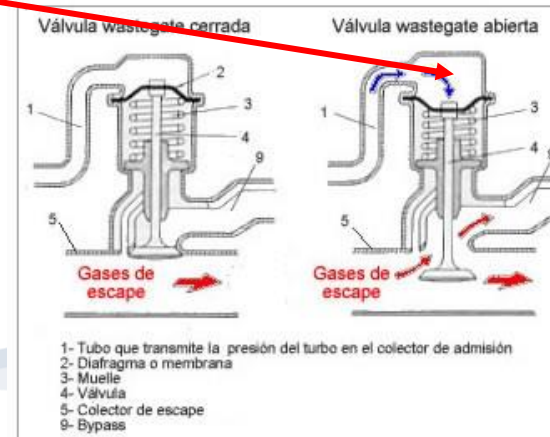
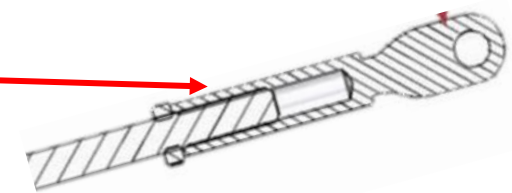
Posibles modificaciones no autorizadas

Dado que hay una correlación entre la presión de admisión y la presión de la válvula W/G, el sistema no puede ser modificado anteriormente a la válvula. No se puede restringir el paso de aire hacia la válvula.

- Chiclés en Mitsubishi.

Modificación del reglaje de la varilla al desmontar el turbo.

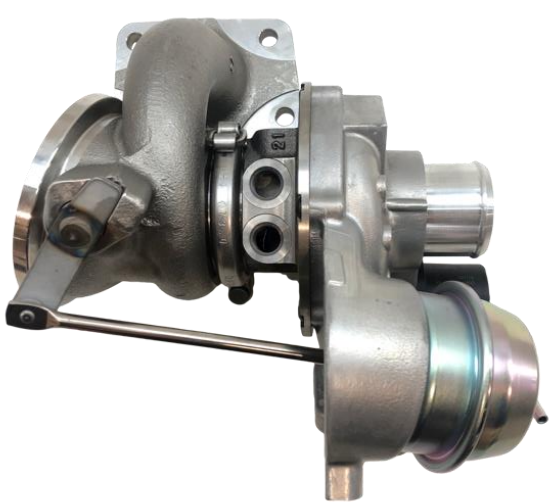
Modificación del tarado del muelle interno.



6. Verificación Waste-Gate con actuador neumático por depresión

Funcionamiento básico

Depresión es dirigida a W/G, que por efecto de la succión vence membrana con muelle y se mueve varilla que cierra una clapet en la carcasa de la turbina. Mediante una válvula solenoide se regula este vacío, produciendo la mayor o menor apertura de la válvula puenteando la turbina para regular el soplado.



Ventaja: si el sistema se rompe, el mecanismo mantiene la clapet abierta y, por tanto, puentea la turbina protegiendo el motor.

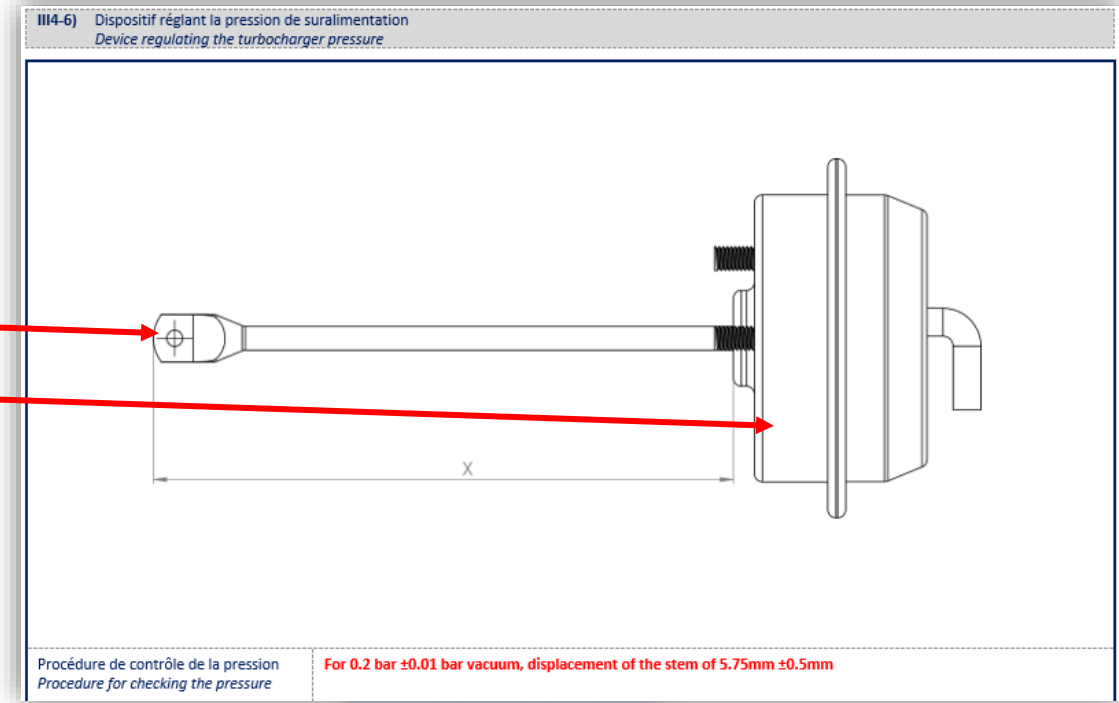
6. Verificación Waste-Gate con actuador neumático por depresión

Calibración

La calibración de la valvula se refleja en ficha de homologación.

Combinación de tarado:

- Conexión con eje roscado
- Membrana



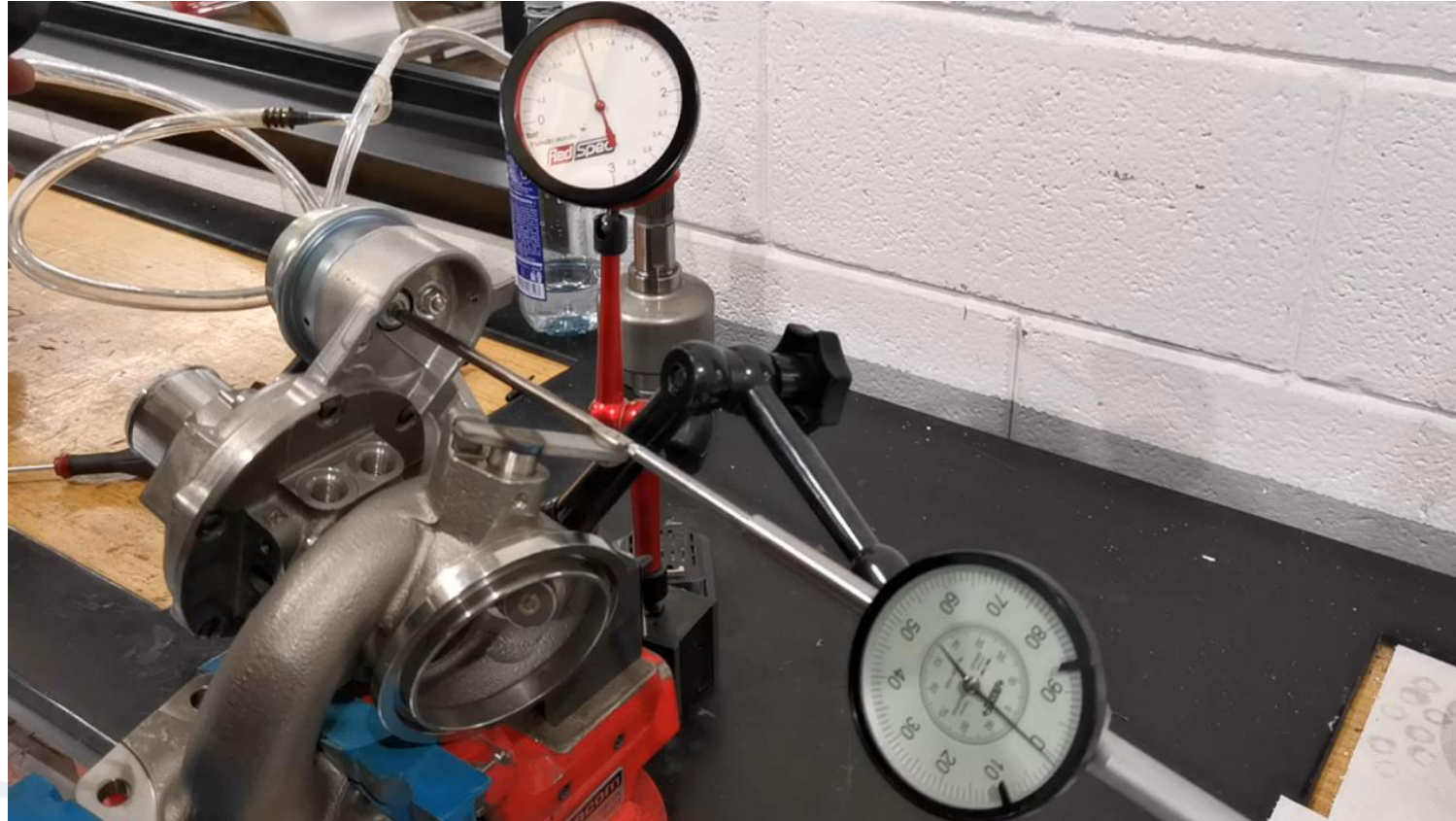
Para una depresión de 0,2 bar, la varilla de control se debe desplazar 5,75 mm.



6. Verificación Waste-Gate con actuador neumático por depresión

Verificación

Mediante manómetro y reloj comparador.



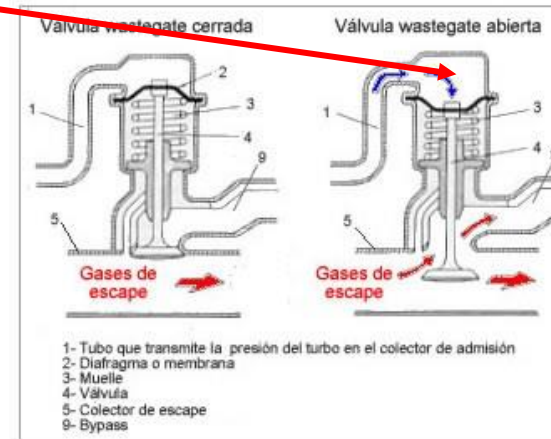
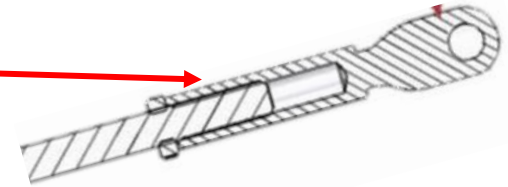


6. Verificación Waste-Gate con actuador neumático por depresión

Posibles modificaciones no autorizadas

Modificación del reglaje de la varilla al desmontar el turbo.

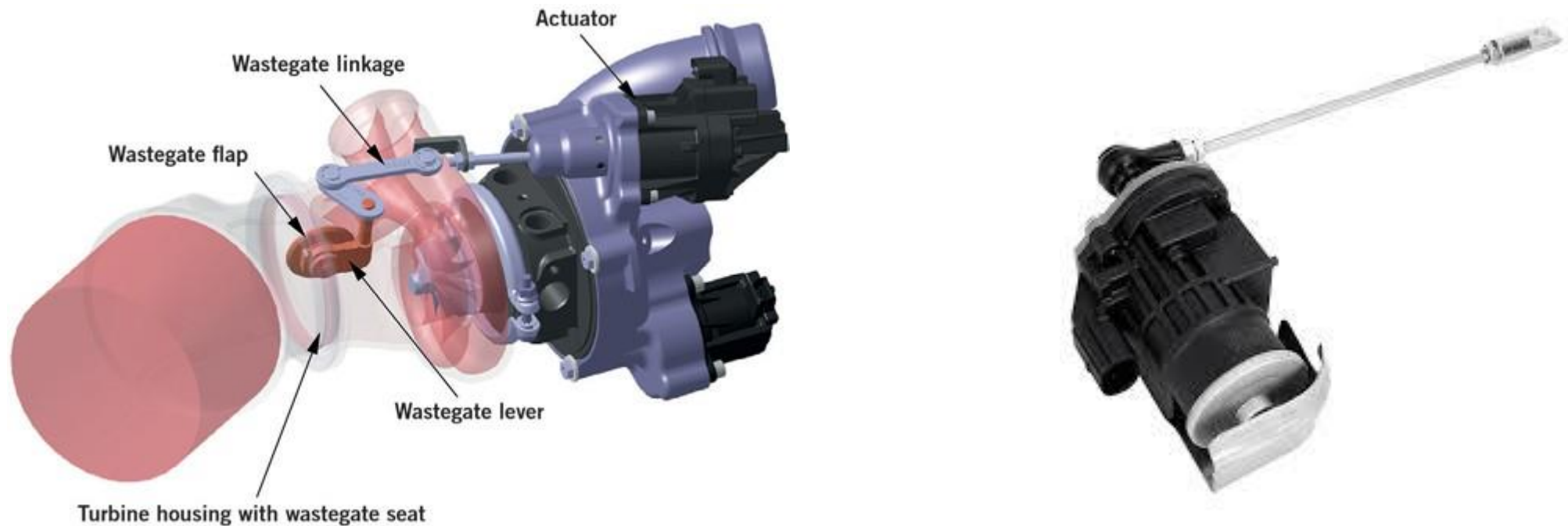
Modificación del tarado del muelle interno.



7. Verificación Waste-Gate con actuador eléctrico

Funcionamiento básico

Idéntico a los sistemas anteriores pero moviendo la varilla con un motor eléctrico.



Ventaja: este sistema ofrece un control más eficaz de la regulación de la presión de sobrealimentación.

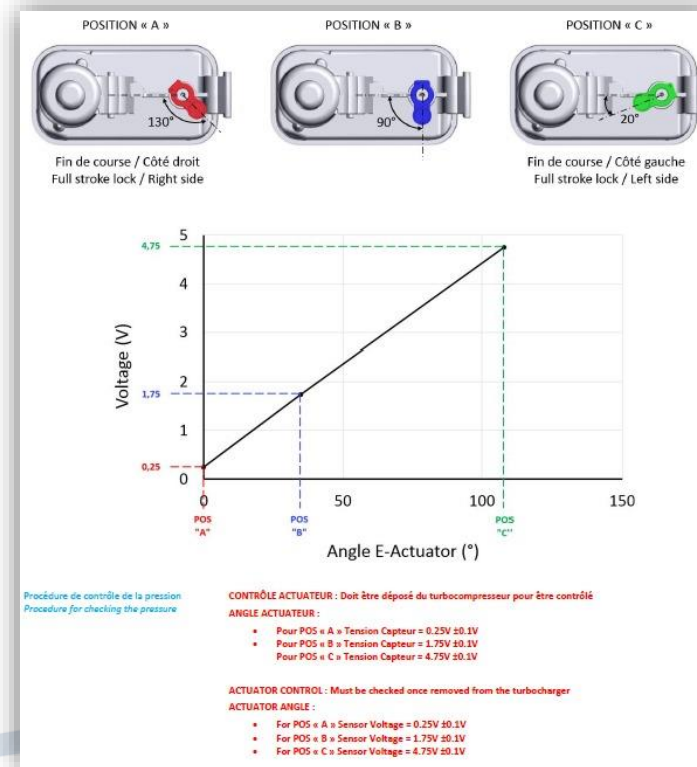
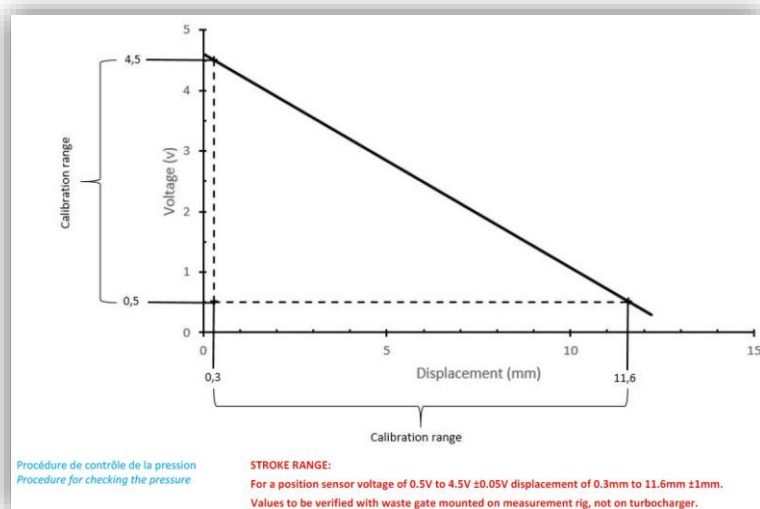
7. Verificación Waste-Gate con actuador eléctrico

Calibración

La calibración del motor eléctrico se refleja en ficha de homologación.

Dos parámetros a tener en cuenta:

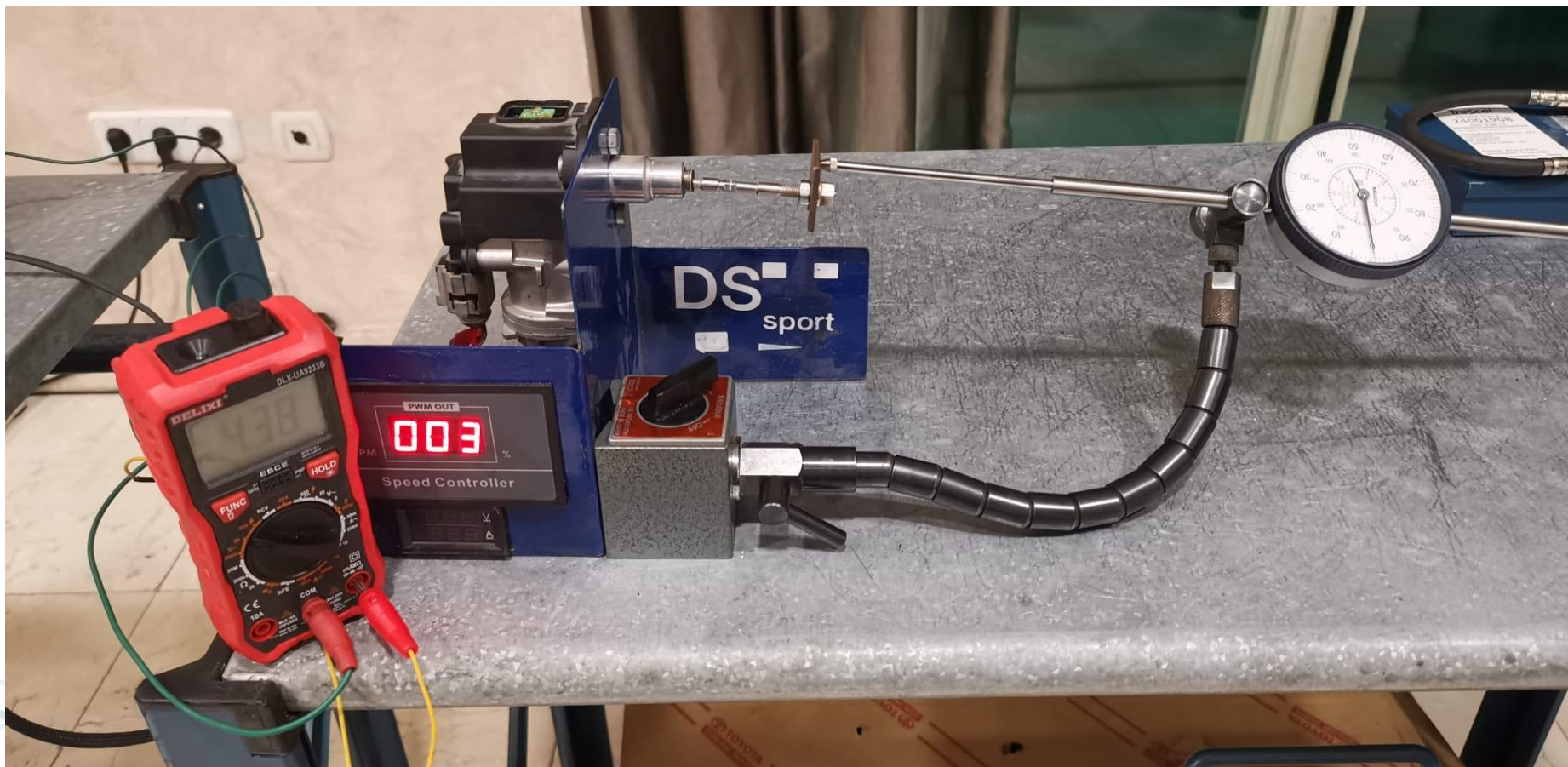
1. Sensor de posición (voltaje de 0,5 a 4,5 V).
2. Desplazamiento distancia varilla (variable según fabricante).
3. Desplazamiento angular mecanismo (variable según fabricante).



No se controla la correlación entre el valor del sensor de presión y el de posición del motor eléctrico.

Verificación

Mediante sistema específico destinado al efecto.



8. Verificación válvula Pop-Off

Funcionamiento básico

Sistema formado por piston y muelle tarado específicamente para fugar el aire de admisión a la atmósfera.

- Presión absoluta límite = 2,5 bar
- Tolerancia de medición = 0,150 bar
- Presión de apertura (relativa) = 1,65 bar



Ventaja: control de la presión de admisión de forma independiente al sistema original.

Desventaja: sistema muy caro en el tiempo por la alta histéresis de las válvulas.



8. Verificación válvula Pop-Off

Verificación

Mediante sistema específico destinado al efecto.

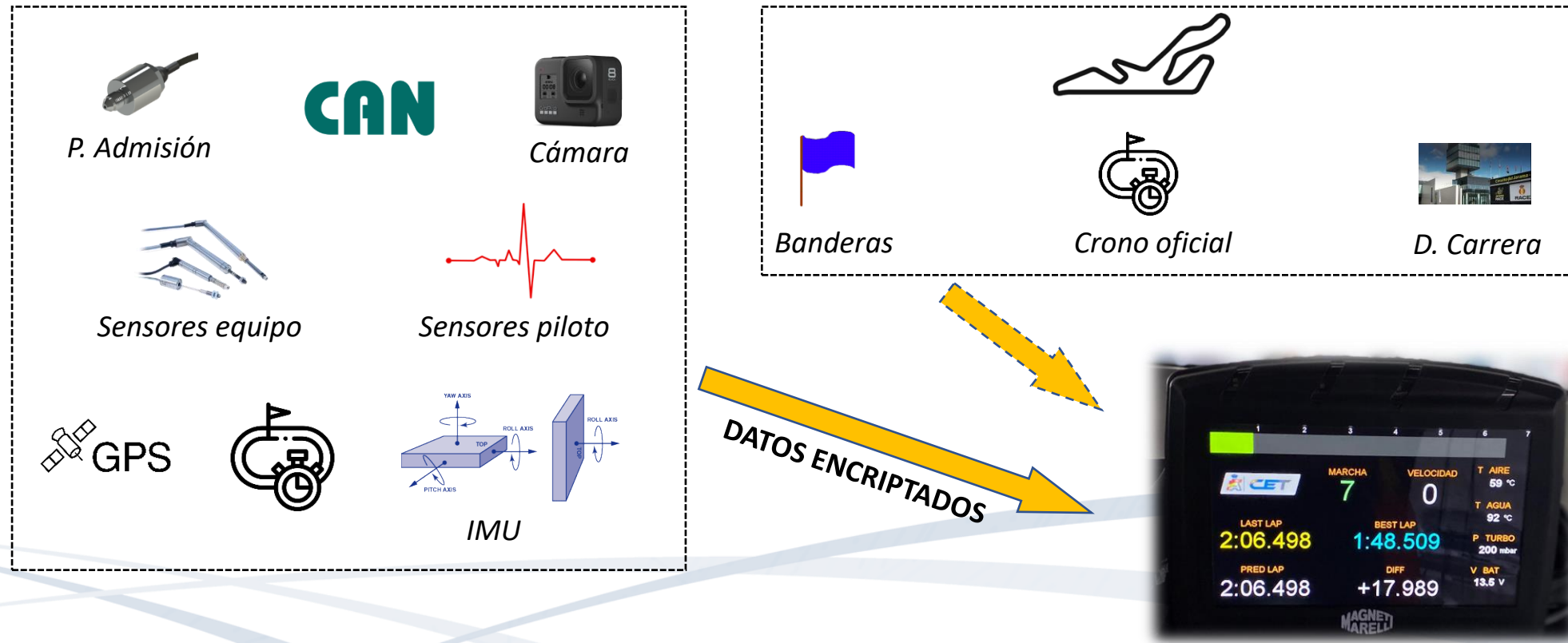


9. Verificación mediante sistema de adquisición de datos

Funcionamiento básico

Son los productos y/o procesos utilizados para recopilar información para documentar o analizar un fenómeno.

ORIGEN DE DATOS



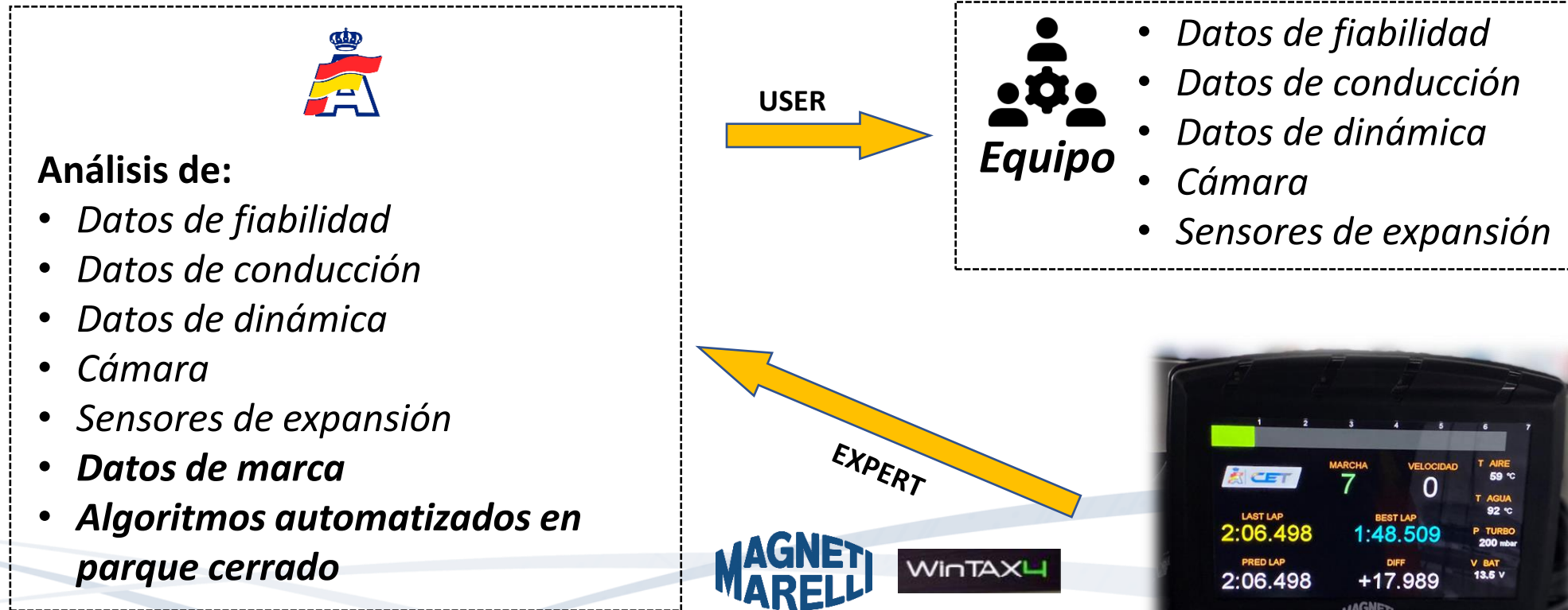


9. Verificación mediante sistema de adquisición de datos

Funcionamiento básico

Son los productos y/o procesos utilizados para recopilar información para documentar o analizar un fenómeno.

DESTINO DE DATOS



9. Verificación mediante sistema de adquisición de datos

Verificación

Tabla BoP y algoritmo de control en GT Open

Barcelona, 20th, 21st and 22nd October 2023

GT Open

							Max. Boost Pressure								
Model	Hom. Form	Weight	Class	Ballast	Total Weight	Restrictors	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000
Audi R8 LMS GT3	GT3 038	1225	GT3	80	1305	2 X 37 mm									
Lamborghini Huracan GT3 EVO	GT3 040	1230	GT3	55	1285	2 X 40 mm									
Lamborghini Huracan GT3 EVO2	GT3 054	1250	GT3	75	1325	1 x 52 mm									
Mercedes AMG GT3	GT3 042	1285	GT3	40	1325	2 x 34,5 mm									
Ferrari 488 GT3	GT3 044	1260	GT3	45	1305	---	1.48	1.53	1.60	1.63	1.63	1.61	1.58	1.49	----
Acura NSX GT3	GT3 047	1240	GT3	50	1290	---	1.91	1.99	2.00	2.02	2.04	2.02	1.99	1.95	----
Porsche 911 GT3 R (991-II)	GT3 050	1235	GT3	40	1275	2 x 43 mm									
Porsche 911 GT3 R (992)	GT3 055	1250	GT3	20	1270	2 x 40 mm									
Aston Martin Vantage AMR GT3	GT3 051	1285	GT3	-15	1270		1.66	1.75	1.83	1.87	1.86	1.84	1.75	----	
Mc Laren 720s GT3	GT3 052	1205	GT3	65	1270	---	1.79	1.80	1.78	1.69	1.64	1.58	1.47	1.43	1.40
BMW M4 GT3	GT3 053	1265	GT3	30	1295	---	2.38	2.47	2.53	2.62	2.70	2.62	2.37	----	----
Ferrari 296 GT3	GT3 056	1275	GT3	25	1300	---	1.98	2.25	2.35	2.38	2.40	2.39	2.33	2.23	2.10

Updated data from last BoP .

NOTES: -Boost Pressure values of the tables are absolute pressure (bar A) for an ambient pressure of 1010 mbar. **Please refer to “Pboost Control Procedure” of next page.**

-The restrictor (s) dimension (s) are always the maximum values. In any case, it is possible to fit any restrictor (s), of the same shape and design, with smaller diameter (s) than those that are specified in the above BoP table.

-All the above-mentioned dimensions for the restrictors are for those that have been previously approved and registered by FIA, or Int. GT Open Technical Commission.

-As an important issue, and highly related to performance, please remind that all the vehicles must be according article nº 5 (noise) of General Technical Regulations.

-For all those vehicles which engine does not reach the rpm limit of the corresponding column header of maximum boost pressure table, the value @ its rpm max will be interpolated.

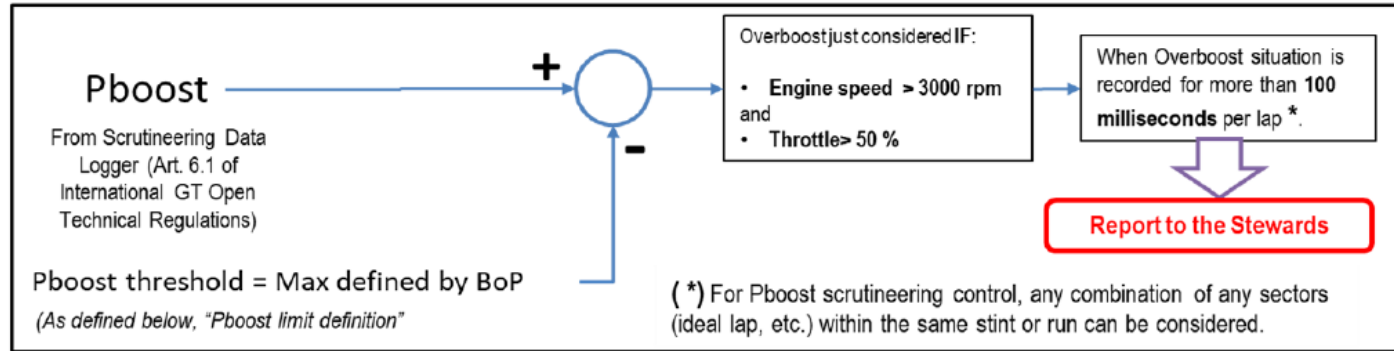
-For all those vehicles that either were not at the official Winter Series BoP test, or have not entered enough races last season, the BoP could be adjusted during the event if found necessary.

9. Verificación mediante sistema de adquisición de datos

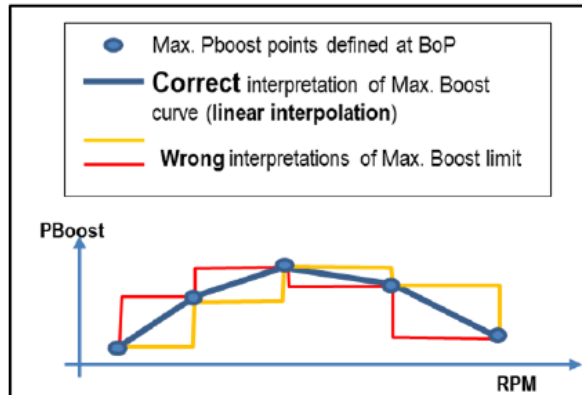
Verificación

Tabla BoP y algoritmo de control en GT Open

GT Open Pboost control procedure



Pboost limit definition



- BoP max. Pboost values are absolute ones (no tolerance applied) for an ambient pressure reference of **1010 mbar**.
- If real ambient pressure at the event is different from the reference value, the limit must be gained, up or down, consequently (rate, not offset). [Ej: if real ambient pressure at the event is 980 mbar, the limit must be multiplied by 980 and divided by 1010].

- For the **WHOLE EVENT**, it will be considered as reference ambient pressure the one declared and fixed by the Technical Commission of the Championship **BEFORE** the first Free Practice on Friday.



9. Verificación mediante sistema de adquisición de datos

Verificación

Tabla BoP y algoritmo de control en GT3 FIA

Number	Make	Model	Version - Valid from	Homologation Weight [Kg]	Committee [Kg]	Minimum Weight [Kg]	Restrictor Number [-]	Max. Restrictor Diameter [mm]	Min λ [-]	Engine Speed [RPM]									
										Maximum Pressure Boost Limit Ratio [-]									
GT3-038	Audi	R8 LMS	31/02 EVO - Jan. 2022	1260	60	1320	2	37	0.91										
GT3-047	Acura / Honda	NSX GT3	21/02 EVO – Avr. 2022	1265	35	1300	-	-	0.88	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	≥7600	
										1.86	1.92	1.95	1.98	2.00	2.02	1.99	1.97	1.55	
GT3-053	BMW	G82 M4 GT3	Base - Jan. 2022	1265	45	1310	-	-	1.10	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6250	6500	7000	≥7100
										2.20	2.30	2.39	2.50	2.65	2.74	2.75	2.67	2.42	2.10
GT3-054	Lamborghini	Huracan GT3 EVO 2	Base - Dec. 2022	1250	60	1310	1	46	0.91										
GT3-055	Porsche	911 GT3 R (992)	Base - Dec. 2022	1250	30	1280	2	37.5	0.89										
GT3-056	Ferrari	296 GT3	Base - Jan. 2023	1275	30	1305	-	-	0.90	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	≥8000	
										1.78	2.07	2.24	2.30	2.31	2.31	2.27	2.20	2.07	

1.1. Additional weight decided by the GT Committee on top of the homologated weight must be installed in accordance with articles 257A-202 and 257A-203.

1.2. Technical drawings of air restrictors must be registered with the FIA. Only restrictors in compliance with this registration are allowed.

1.3. Use of catalytic converter compulsory

2.1. Values are boost pressure ratio and need to be multiplied by the ambient pressure to get the Pboost limit.

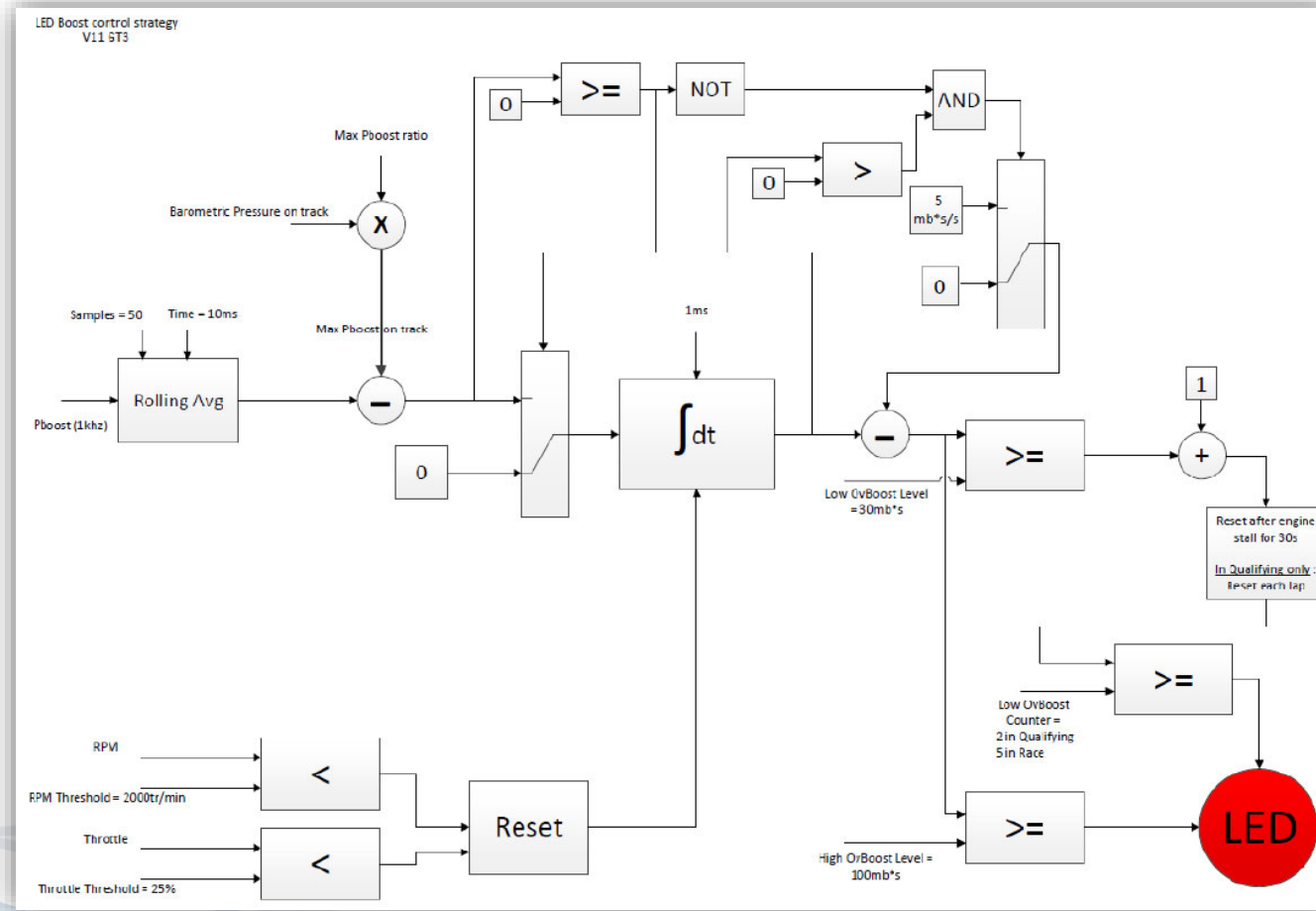
2.2. Competitors must adjust boost pressure relative to ambient pressure at each event

2.3. Control of Pboost strategy as per document attached



Verificación

Tabla BoP y algoritmo de control en GT3 FIA





9. Verificación mediante sistema de adquisición de datos

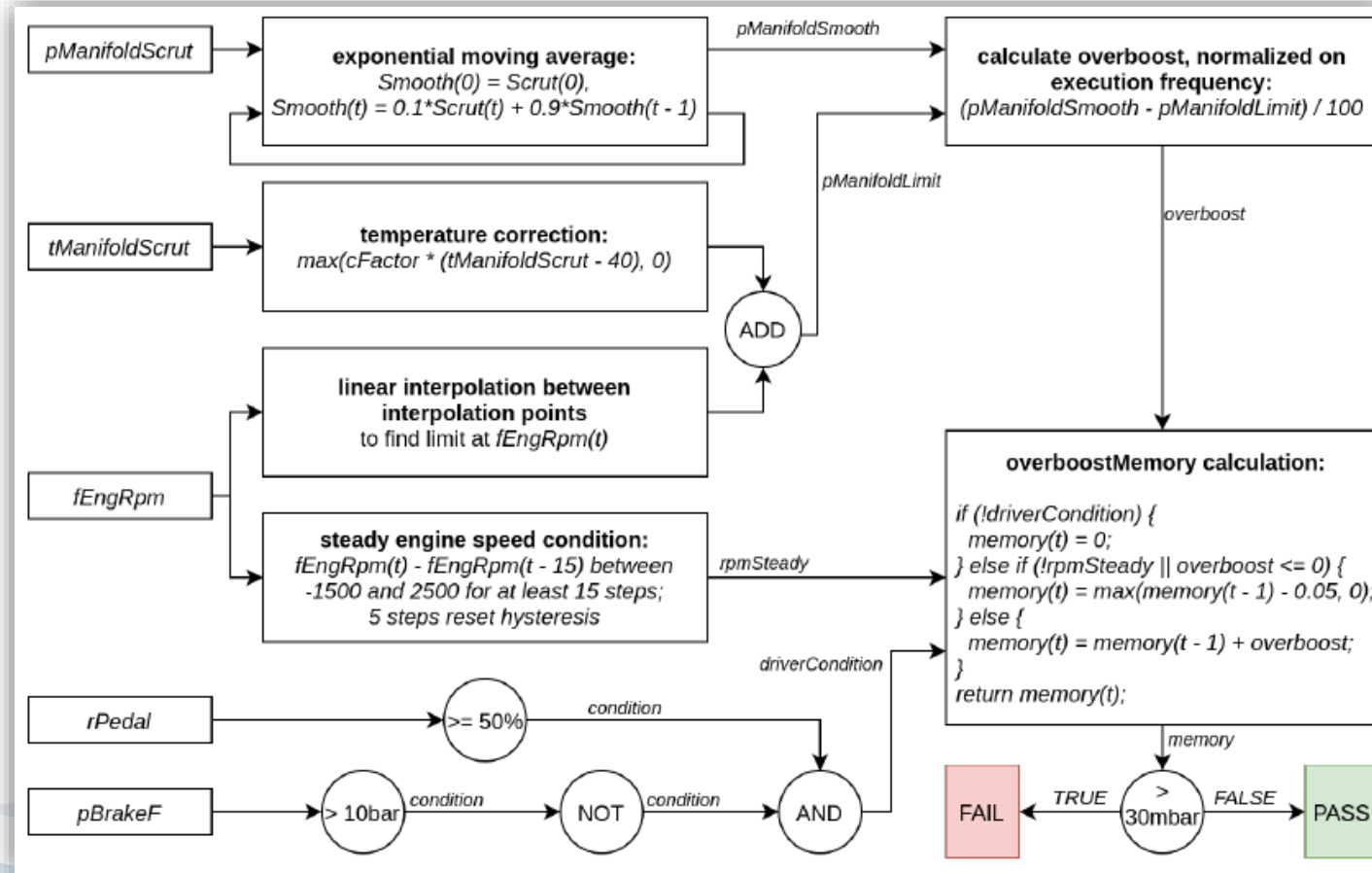
Verificación

Tabla BoP y algoritmo de control en TCR

Audi	RS3 LMS TCR		Limit Support Points		
Cupra	Leon Competición TCR		<i>fEngRpm</i>	<i>pManifold</i>	<i>rLambda</i>
			4000	2090	0.87
Engine		EA888Evo4	4250	2110	0.87
ECU Make (Type)		TCR ECU (Common)	4500	2100	0.87
Gearbox		Hewland	4750	2105	0.87
ECU Type & Power Level		C5	5000	2155	0.87
Calibration File		CU-EA888Evo4-C-H-S_1.4.0.clx	5250	2345	0.87
Correction [mbar/°C]		8	5500	2475	0.87
Checksum	crcAPP	0x93ED6C14 or 0x12346563	5750	2530	0.87
	crcPartSign	0xD7581A9B	6000	2485	0.87
	crcPartZero	0x9A5CA517	6250	2470	0.87
	crcPartOne	0x13CBEDB	6500	2415	0.87
			6750	2365	0.87
<i>units: [1/min] for fEngRpm, [mbar] for pManifold</i>			6900	2280	0.87
			7000	2240	-

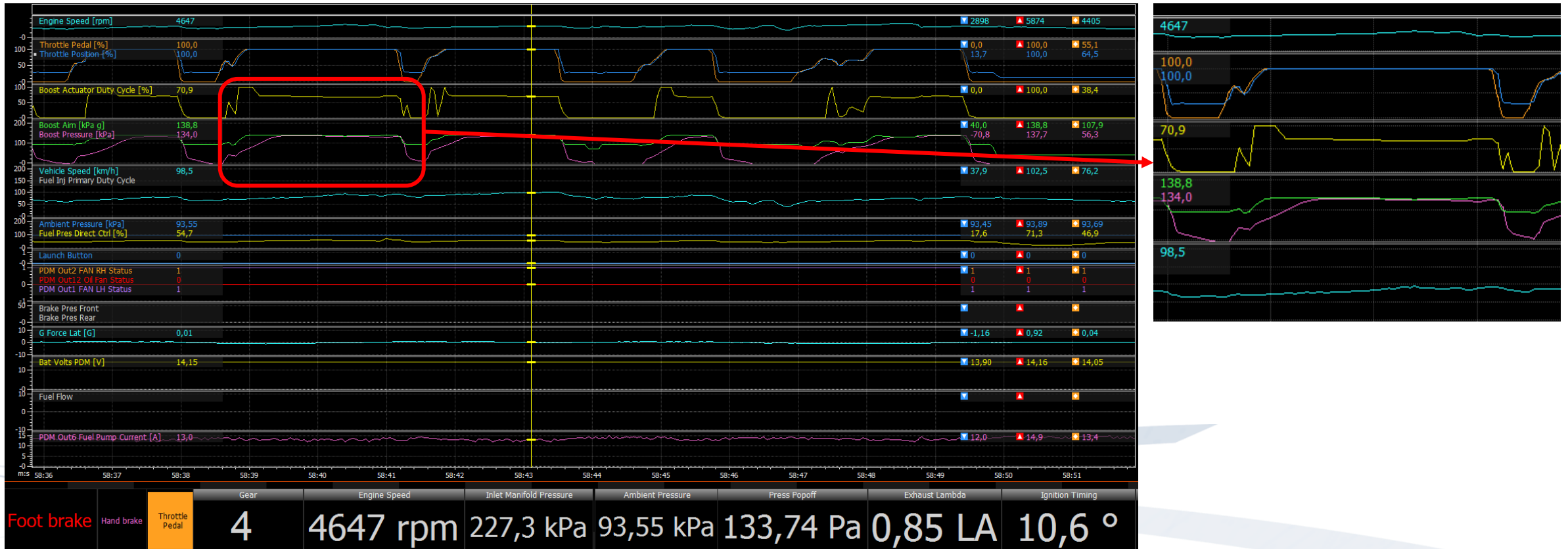
Verificación

Tabla BoP y algoritmo de control en TCR



Comparativa

Todas las metodologías aplican el principio de intentar copiar una presión de admisión máxima impuesta por la organización.





9. Verificación mediante sistema de adquisición de datos

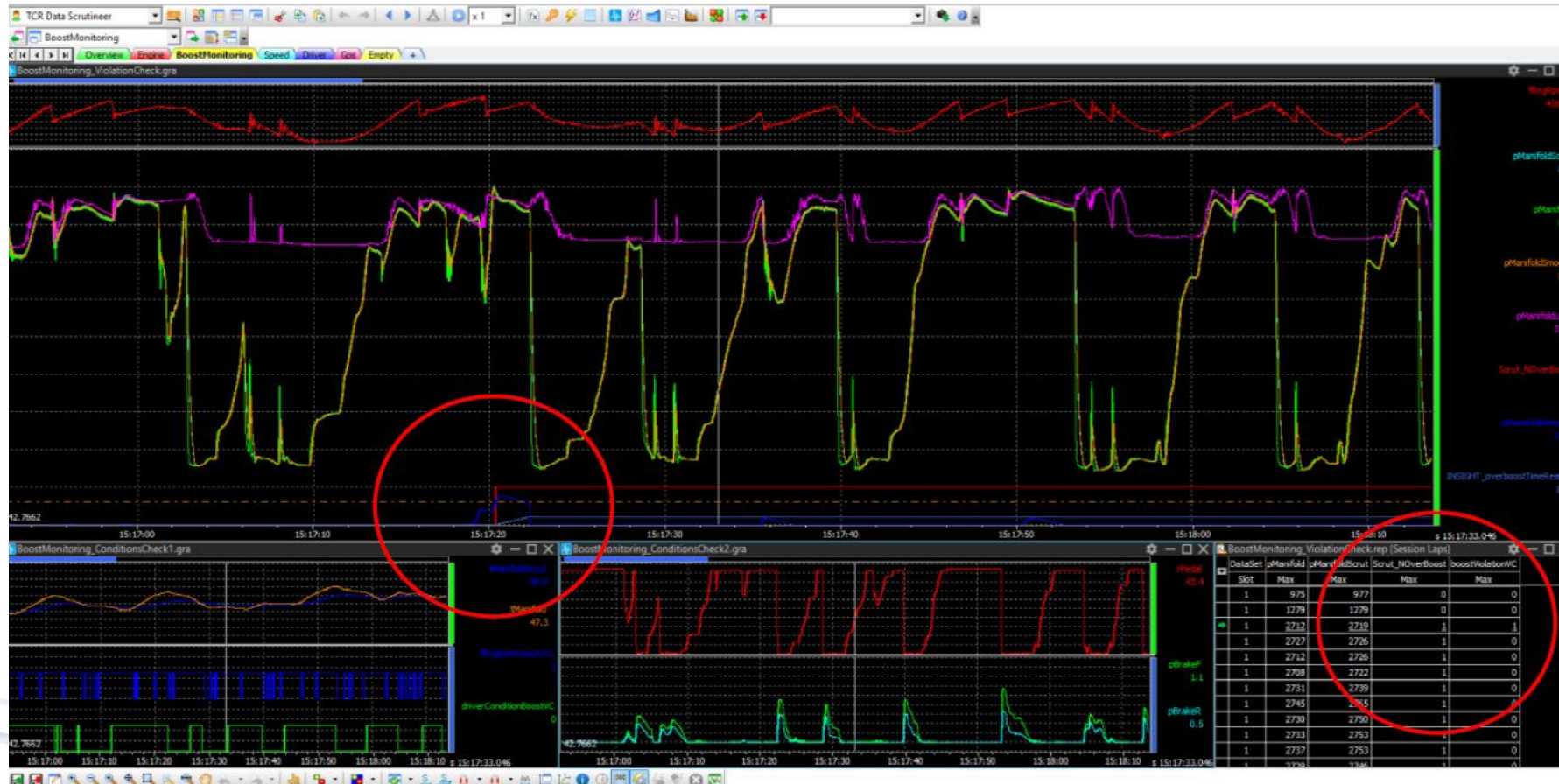
Comparativa

FIA	TCR
<ul style="list-style-type: none">• Vehículos con motores:<ul style="list-style-type: none">- Atmosféricos- Turboalimentados• Se debe reconfigurar la curva de presión de sobrealimentación límite cuando se detecta una presión atmosférica diferente a la de referencia	<ul style="list-style-type: none">• Vehículos con motores:<ul style="list-style-type: none">- Solo turboalimentados• No es necesario reconfigurar la curva de presión de sobrealimentación



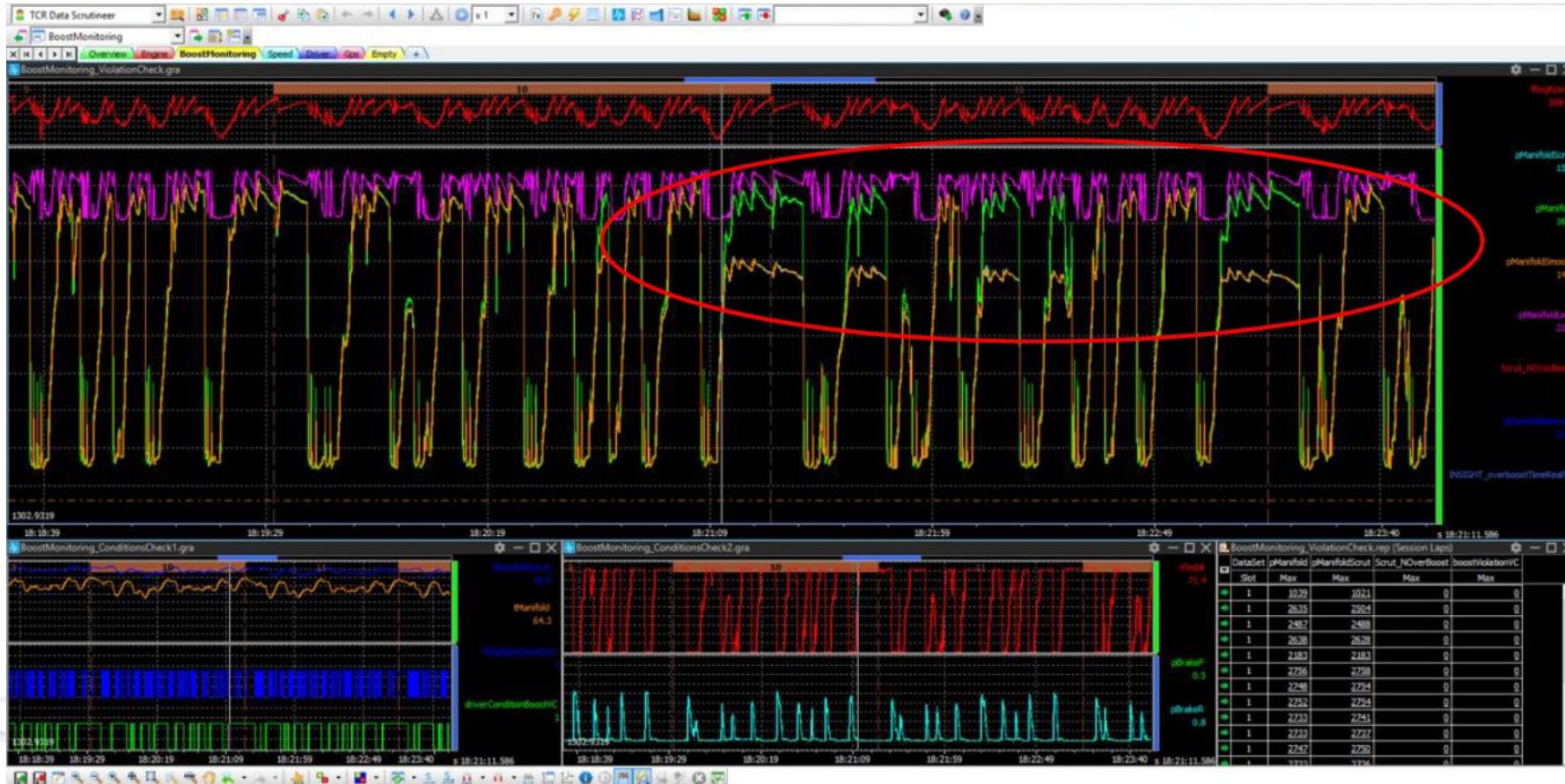
Ejemplos

Violación de la presión de admisión máxima.



Ejemplos

Sensor de presión para verificaciones tiene fugas por una mala instalación.



Ejemplos

Violación de la presión de admisión máxima.



Actualidad

En los vehículos de serie y cada vez más en competición, se empieza a ver que el parámetro fundamental que el motor considera en su gestión es la consigna de carga de motor (par motor en general) ya que esta forma de regulación es la más efectiva por considerar multitud de variables de funcionamiento que se adaptan a las necesidades.

Para ello, consideran una serie de parámetros sobre los que debe influir la ECU para conseguir llevar al motor a esa consigna denominada “Engine Load”.

Parámetros que intervienen:

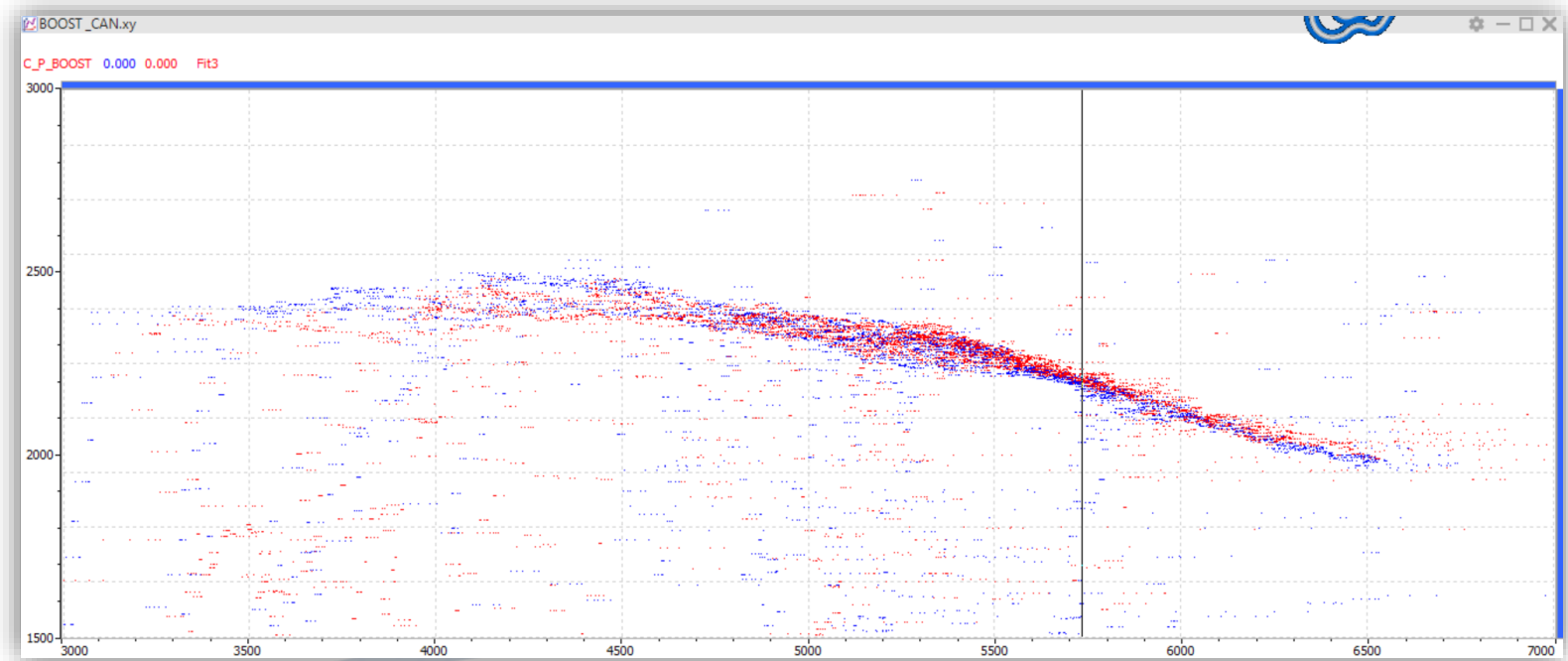
- Cantidad de aire (gasto másico): regulación de mariposa.
- Presión de admisión: regulación de turbo.
- Avance de encendido: regulación de salto de chispa.
- Cantidad de combustible: regulación de inyección.



¿Tiene sentido verificar la presión de sobrealimentación?

Actualidad

F4 Spain y Eurocup3 gestionan el motor como los fabricantes de vehículos de gran producción en serie.





Real Federación Española
de Automovilismo

Contacto Departamento Técnico:

DIRECTOR TÉCNICO

Fernando Álvarez Aragonés
fernando.alvarez@rfeda.es



INGENIERO HOMOLOGACIONES

Héctor Atienza Díaz
hector.atienza@rfeda.es



SECRETARIO TÉCNICO

Julio Castrejón Palao
julio.castrejon@rfeda.es



MUCHAS GRACIAS

