

MÓDULO 3 — SENSORES DE TEMPERATURA (NTC / PTC)

ECT · IAT · CHT · EOT · TFT · EGT · Diagnóstico del sensor sesgado

Índice

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	3
Por qué la temperatura es una entrada crítica	3
Los dos coeficientes térmicos	3
3.1 · SENSOR ECT (TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE)	4
Principio de funcionamiento	4
TABLA MAESTRA DE REFERENCIA — ECT / IAT	4
1 · Valores en ralentí (motor a temperatura de operación)	5
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	5
3 · Rango de funcionamiento normal	6
4 · Síntomas de falla	6
5 · Posibles soluciones y reparaciones	8
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso	8
7 · Valores comunes de resistencia	11
8 · Alimentaciones y tierras	11
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	12
10 · Nomenclatura de cableado	13
11 · Simbología y diagrama de conexión	14
12 · Análisis de oscilogramas	14
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	16
14 · Análisis de corriente	16
15 · Preguntas de autoevaluación — ECT	17
3.2 · SENSOR IAT (TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN)	18
Principio y particularidades	18
1 · Valores en ralentí	18
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	19
3 · Rango de funcionamiento normal	19
4 · Síntomas de falla	19
5 · Posibles soluciones y reparaciones	20
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	20
7 – 11 · Resistencia, alimentaciones, Ley de Ohm, cableado y simbología	21
12 · Análisis de oscilogramas	21
13 · Señales PWM	22
14 · Análisis de corriente	22

15 · Preguntas de autoevaluación — IAT	22
3.3 · SENSORES CHT, EOT Y TFT	23
3.3.1 · CHT — Temperatura de la culata (<i>Cylinder Head Temperature</i>)	23
3.3.2 · EOT — Temperatura del aceite del motor	23
3.3.3 · TFT — Temperatura del fluido de transmisión	24
Puntos 1 - 15 aplicados a CHT, EOT y TFT	24
Preguntas de autoevaluación — CHT, EOT y TFT	25
3.4 · SENSOR EGT (TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE)	26
Función y ubicaciones	26
Las tres tecnologías: identificarlas antes de medir	26
1 · Valores en ralentí (motor caliente)	27
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	27
3 · Rango de funcionamiento normal	27
4 · Síntomas de falla	27
5 · Posibles soluciones y reparaciones	28
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	28
7 · Valores comunes de resistencia	30
8 · Alimentaciones y tierras	30
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	30
10 · Nomenclatura de cableado	31
11 · Simbología y diagrama de conexión	32
12 · Análisis de oscilogramas	32
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	33
14 · Análisis de corriente	33
15 · Preguntas de autoevaluación — EGT	33
3.5 · DIAGNÓSTICO DEL SENSOR SESGADO (SKEWED SENSOR)	34
El problema en una frase	34
Por qué el autodiagnóstico no lo detecta	34
LA PRUEBA DE REMOJO EN FRÍO (<i>COLD SOAK</i>)	34
Método de comparación con termómetro infrarrojo	36
Tabla de decisión final del módulo	36
Preguntas de autoevaluación — Sensor sesgado	36
CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 3	38
HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 3	39

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO

Los sensores de temperatura son los más simples del vehículo y, paradójicamente, los que producen los diagnósticos más largos y costosos. La razón es una sola:

Un sensor de temperatura puede mentir sin generar ningún código.

Un CKP roto no arranca el motor. Un MAF sucio da P0171. Pero un ECT que reporta 72 °C cuando el motor está a 92 °C **no está fuera de rango, no está en corto y no está abierto**. El autodiagnóstico lo considera perfectamente sano, mientras la ECU enriquece la mezcla, retarda el ventilador, retrasa el lazo cerrado y deteriora el catalizador.

Este módulo entrega el método para detectar esa falla —el **sesgo** o *skew*— y las tablas de referencia necesarias para cuantificarla.

Por qué la temperatura es una entrada crítica

Función de la ECU	Qué sensor la controla	Consecuencia de un error
Enriquecimiento en arranque en frío	ECT	Arranque difícil o ahogado
Entrada en lazo cerrado	ECT	Consumo alto permanente, catalizador dañado
Avance de encendido	ECT, IAT	Detonación o pérdida de potencia
Cálculo de densidad del aire	IAT, BARO	Error directo en el cálculo de masa de aire
Activación del electroventilador	ECT, CHT	Sobrecalentamiento
Bloqueo del convertidor (TCC)	TFT	Cambios bruscos, sobrecalentamiento de la caja
Regeneración del DPF	EGT	Regeneración fallida, DPF saturado
Habilitación del A/C	ECT	A/C que no enfría

Los dos coeficientes térmicos

Tipo	Comportamiento	Uso automotriz
NTC (<i>Negative Temperature Coefficient</i>)	La resistencia BAJA al subir la temperatura	El 95 % de los sensores del vehículo: ECT, IAT, CHT, EOT, TFT, y muchos EGT
PTC (<i>Positive Temperature Coefficient</i>)	La resistencia SUBE al subir la temperatura	RTD de platino (Pt200) en EGT, algunos sensores de alta temperatura

Primer paso de todo diagnóstico de temperatura: determinar si el sensor es NTC o PTC. Aplicar la lógica invertida lleva a conclusiones exactamente contrarias a la realidad.

3.1 · SENSOR ECT (TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE)

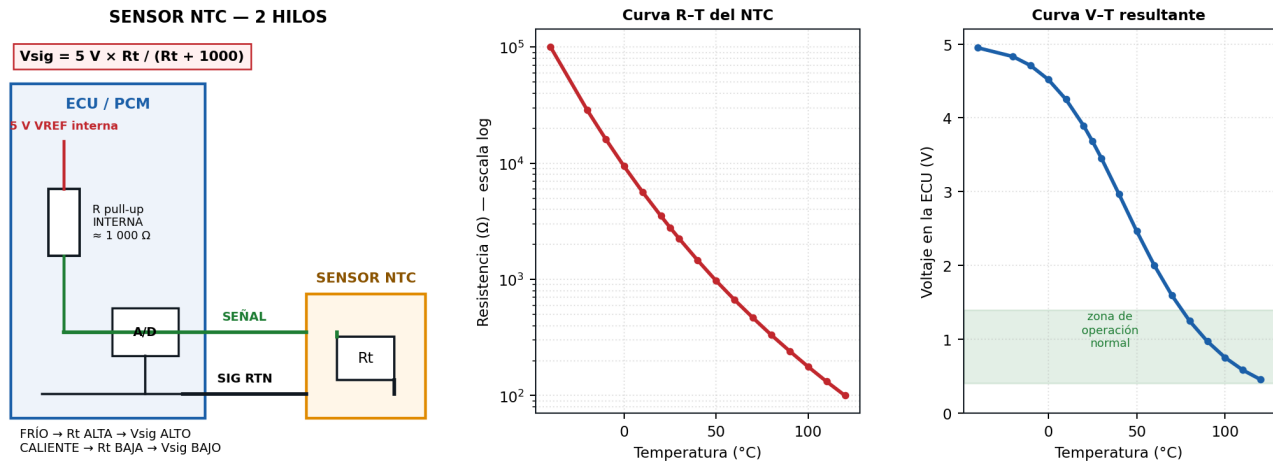


Figura 1: Circuito NTC y curvas características

Principio de funcionamiento

Un termistor de óxido metálico semiconductor cuya resistencia cae exponencialmente con la temperatura. La ECU lo coloca en serie con una **resistencia pull-up interna** formando un **divisor de tensión** (Módulo 0, §0.2.3):

$$V_{sig} = V_{REF} \times \frac{R_t}{R_t + R_{pull-up}}$$

La relación resistencia-temperatura sigue la **ecuación de Steinhart-Hart simplificada (ecuación beta)**:

$$R_t = R_{25} \times e^{\beta(\frac{1}{T} - \frac{1}{298.15})}$$

donde T está en kelvin, R_{25} es la resistencia a 25 °C y β vale típicamente **3 400 - 3 600 K**.

Consecuencia práctica de la exponencialidad: el sensor es muy sensible en frío y poco sensible en caliente. Entre -40 °C y 0 °C la resistencia cae de 100 000 Ω a 9 400 Ω; entre 80 °C y 100 °C cae solo de 332 Ω a 177 Ω. Por eso las ECUs **conmutan la pull-up** (ver punto 12).

TABLA MAESTRA DE REFERENCIA — ECT / IAT

(Valores típicos GM/Bosch, pull-up interna de 1 000 Ω, VREF 5.00 V)

Temperatura	Resistencia	Voltaje en la ECU	Corriente del circuito
-40 °C	100 700 Ω	4.95 V	0.049 mA
-20 °C	28 680 Ω	4.83 V	0.169 mA
-10 °C	16 180 Ω	4.71 V	0.291 mA
0 °C	9 420 Ω	4.52 V	0.480 mA
10 °C	5 670 Ω	4.25 V	0.750 mA

Temperatura	Resistencia	Voltaje en la ECU	Corriente del circuito
20 °C	3 520 Ω	3.89 V	1.106 mA
25 °C	2 796 Ω	3.68 V	1.317 mA
30 °C	2 238 Ω	3.46 V	1.544 mA
40 °C	1 459 Ω	2.97 V	2.033 mA
50 °C	973 Ω	2.47 V	2.534 mA
60 °C	667 Ω	2.00 V	2.999 mA
70 °C	467 Ω	1.59 V	3.408 mA
80 °C	332 Ω	1.25 V	3.754 mA
90 °C	241 Ω	0.97 V	4.029 mA
100 °C	177 Ω	0.76 V	4.248 mA
110 °C	132 Ω	0.58 V	4.417 mA
120 °C	100 Ω	0.45 V	4.545 mA

Estos valores son de referencia, no universales. Cada fabricante especifica los suyos y algunos usan pull-ups de 3 k Ω o 10 k Ω , lo que desplaza toda la columna de voltaje. **Lo que nunca cambia es la lógica: frío = alta resistencia = alto voltaje.** Memorice la lógica, consulte la tabla del fabricante para los números.

1 · Valores en ralentí (motor a temperatura de operación)

Parámetro	Valor esperado
Temperatura reportada	88 - 96 °C (algunos motores modernos hasta 105 °C)
Voltaje de señal	0.60 - 1.05 V
Resistencia del sensor	175 - 260 Ω
Corriente del circuito	3.9 - 4.3 mA
Estabilidad de la lectura	± 1 °C, sin saltos
Oscilación por ciclado del termostato	± 3 a ± 5 °C, lenta y suave

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

El ECT **no responde a las RPM**: responde a la temperatura del refrigerante.

Condición	Temperatura	Voltaje
2000 RPM sostenidas, motor caliente	88 - 96 °C	0.60 - 1.05 V
2000 RPM con carga en ascenso prolongado	95 - 105 °C	0.50 - 0.80 V
2000 RPM tras arranque en frío (2 min)	30 - 50 °C	2.47 - 3.46 V

Lo que sí debe observarse a 2000 RPM: que la temperatura **suba de forma continua y suave**. Saltos de 5 °C o más entre muestras consecutivas indican conexión intermitente, no un cambio térmico real (el refrigerante tiene inercia térmica: no puede cambiar 5 °C en 100 ms).

3 · Rango de funcionamiento normal

Fase	Temperatura	Voltaje	Comportamiento de la ECU
Arranque en frío	igual al ambiente	según tabla	Enriquecimiento máximo, lazo abierto
Calentamiento	sube 8 - 10 °C/min	baja continuamente	Enriquecimiento decreciente
Umbral de lazo cerrado	70 - 80 °C	1.25 - 1.59 V	Comienza a usar la sonda lambda
Regulación por termostato	88 - 96 °C	0.60 - 1.05 V	Operación normal
Activación ventilador 1.ª velocidad	95 - 102 °C	0.55 - 0.80 V	—
Activación ventilador 2.ª velocidad	102 - 108 °C	0.50 - 0.62 V	—
Umbral de sobrecalentamiento	115 - 125 °C	0.42 - 0.52 V	Corte de cilindros o de A/C

Criterio de calentamiento normal: un motor sano debe alcanzar la temperatura de regulación en **8 - 12 minutos** desde un arranque en frío a temperatura ambiente moderada.

4 · Síntomas de falla

LOS CUATRO MODOS DE FALLA DEL CIRCUITO NTC

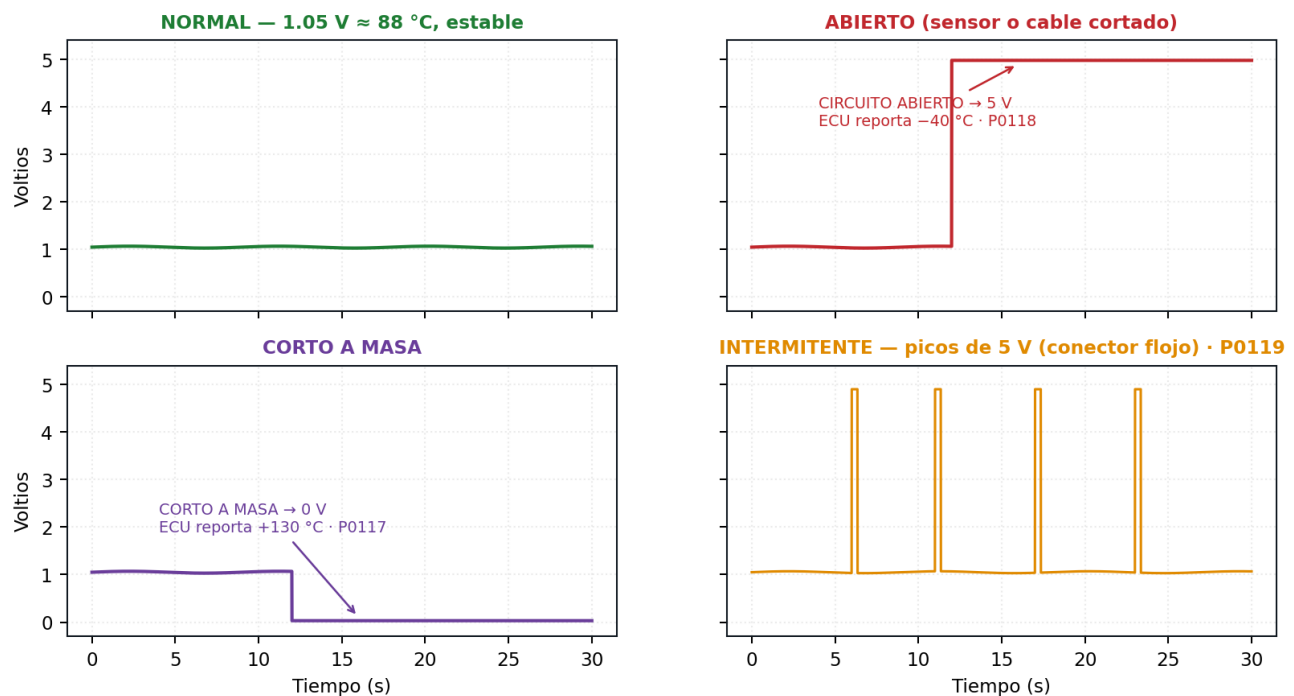


Figura 2: Los cuatro modos de falla del circuito NTC

Falla	Voltaje	Temp. reportada	Síntoma en el vehículo
Circuito abierto (sensor o cable)	$\approx 5.0 \text{ V}$	$-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Motor ahogado, humo negro, no arranca en caliente, ventilador siempre encendido, consumo altísimo
Corto a masa	$\approx 0.0 \text{ V}$	$+130 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Mezcla muy pobre, arranque en frío imposible, detonación, ventilador siempre encendido
Sesgado alto (lee más caliente de lo real)	menor al real	$+10 \text{ a } +25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ de error	Mezcla pobre en frío , tirones, calentamiento aparente rápido, detonación, ventilador tardío
Sesgado bajo (lee más frío de lo real)	mayor al real	$-10 \text{ a } -25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ de error	Mezcla rica permanente , consumo alto, LTFT negativo, catalizador saturado, olor a combustible
Intermitente	picos a 5 V	saltos a $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$	Tirones aleatorios, ventilador que arranca sin motivo, MIL intermitente
Respuesta lenta	correcto en régimen	correcto en régimen	Enriquecimiento mal calculado en transiciones; sin código

Códigos:

Código	Significado
P0115	Circuito del ECT
P0116	Rango / desempeño (el que a veces detecta el sesgo)
P0117	Entrada baja (= sensor reporta muy caliente)
P0118	Entrada alta (= sensor reporta muy frío / abierto)
P0119	Intermitente / errático
P0125	Temperatura insuficiente para entrar en lazo cerrado
P0128	El refrigerante no alcanza la temperatura de regulación (termostato)
P0217	Sobrecalentamiento del motor

Código	Significado
P1114 / P1115	Circuito del ECT fuera de rango (códigos de fabricante)

Distinción crítica entre P0125 y P0128: ambos indican “motor frío”, pero P0125 se activa cuando la ECU no puede entrar en lazo cerrado en el tiempo esperado, y P0128 cuando el refrigerante no alcanza la temperatura de regulación del termostato. **Ninguno de los dos acusa al sensor:** la causa habitual es un termostato abierto o un sensor sesgado bajo. Un P0128 con termostato nuevo es casi siempre un ECT sesgado.

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar el nivel y el estado del refrigerante.** Un sensor rodeado de aire en lugar de líquido reporta temperaturas erróneas y erráticas. Es la primera verificación, no la última.
2. **Inspeccionar el conector** — el clásico “conector verde” corroído. Limpiar terminales, aplicar grasa dieléctrica, verificar la retención del seguro.
3. **Verificar y limpiar los terminales del propio sensor** (el latón se sulfata por el contacto con vapores de refrigerante).
4. **Reparar la masa de sensores** si la caída supera 0.05 V (ver punto 9: el ECT es el sensor más sensible del vehículo a este defecto).
5. **Reemplazar el termostato** si la curva de calentamiento se estanca por debajo de la ventana de regulación.
6. **Reemplazar el sensor** cuando la prueba de agua caliente o de resistencia contra tabla lo confirme.
7. **Purgar el aire del sistema** tras cualquier intervención: una bolsa de aire alrededor del sensor produce lecturas erráticas indistinguibles de una falla eléctrica.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado paso a paso

Fase A — Prueba de sustitución de 20 segundos (aísla sensor de cableado y ECU)

Esta prueba resuelve el 70 % de los casos antes de sacar ninguna herramienta más:

1. **Desconecte el sensor.** El escáner debe saltar a **-40 °C** (o al valor mínimo de la tabla). Se debe registrar P0118.
2. **Puentee los dos pines del conector del arnés** con un cable. El escáner debe saltar a **+130 °C** (o al valor máximo). Se debe registrar P0117.

Resultado	Conclusión
Ambas responden	Cableado y ECU íntegros . El problema es el sensor o el refrigerante
Desconectado no da -40 °C	Circuito de señal en corto a masa
Puenteado no da +130 °C	Circuito de señal o de masa abierto
Ninguna responde	Circuito de señal abierto o ECU dañada

Fase B — Prueba de resistencia contra tabla

1. Retire el sensor (o mídalo con el motor a una temperatura conocida y estable).

2. Óhmetro entre los dos pines **del sensor**.
3. Compare contra la tabla maestra a la temperatura medida con un termómetro infrarrojo o de contacto.

Tolerancia de aprobación: $\pm 10\%$ de la resistencia especificada.

Fase C — Prueba de agua caliente (la prueba de banco definitiva)

1. Sumerja la punta del sensor en un recipiente con agua, junto con un termómetro de precisión.
2. Caliente progresivamente desde ambiente hasta ebullición.
3. Registre la resistencia (o el voltaje, si lo deja conectado) cada 10 °C.
4. Compare cada punto contra la tabla.

Hallazgo	Diagnóstico
Todos los puntos dentro de $\pm 10\%$	Sensor sano
Todos desplazados en la misma dirección	Sensor sesgado — reemplazar
Un tramo correcto y otro no	Termistor degradado — reemplazar
Salto o discontinuidades	Conexión interna intermitente — reemplazar
Respuesta muy lenta al cambio de temperatura	Encapsulado degradado — reemplazar

Fase D — Prueba de resistencia patrón (cuantifica el error del cableado)

Esta es la prueba que **mide numéricamente** la resistencia parásita del circuito, algo que la caída de voltaje apenas alcanza a insinuar.

1. Desconecte el sensor.
2. Conecte una **resistencia de precisión conocida** entre los dos pines del arnés.
3. Lea la temperatura que reporta el escáner y compárela con la tabla.

Resistencia insertada	Temperatura que debe reportar el escáner
3 520 Ω	20 °C
1 459 Ω	40 °C
973 Ω	50 °C
667 Ω	60 °C
332 Ω	80 °C
241 Ω	90 °C
177 Ω	100 °C

Interpretación: si inserta 332 Ω y el escáner reporta **74 °C** en lugar de 80 °C, busque en la tabla la resistencia correspondiente a 74 °C ($\approx 405 \Omega$):

$$R_{par} = 405 - 332 = 73 \Omega$$

El circuito tiene 73 Ω de resistencia parásita, medidos con precisión y sin desarmar nada. La reparación queda justificada con un número.

Fase E — Prueba de caída de voltaje

Situación particular del circuito NTC: a diferencia del MAP o del TPS, por este circuito circulan entre **0.05 y 4.5 mA** según la temperatura. La corriente es baja, pero **no despreciable**, y —lo que es decisivo— **la resistencia del sensor en caliente es de solo 240 Ω** . Por eso unas pocas decenas de ohmios parásitos producen un error enorme.

Procedimiento (motor a temperatura de operación, sensor conectado):

Circuito	Corriente	Límite de caída
SIG RTN del sensor (pin del sensor $\leftrightarrow$ pin de la ECU)	≈ 4 mA	0.02 V
SIG RTN contra el negativo de batería	≈ 4 mA + resto del grupo	0.05 V
Circuito de señal (pin del sensor $\leftrightarrow$ pin de la ECU)	≈ 4 mA	0.02 V

Por qué los límites son tan estrictos aquí: con 4 mA, una caída de 0.02 V equivale a 5 Ω . Y 5 Ω sobre 241 Ω son un **2 % de error**. Pero 0.20 V de caída equivalen a 50 Ω , es decir un **21 % de error** en la resistencia vista por la ECU $\rightarrow$ un error de temperatura de aproximadamente **12 $^{\circ}\text{C}$** .

Regla del módulo: en circuitos NTC, **cualquier caída superior a 0.05 V es una falla**, aunque en un circuito de potencia ese valor se consideraría excelente. **Los límites del Módulo 0 no se aplican tal cual aquí.**

Fase F — Curva de calentamiento (separa sensor de termostato)

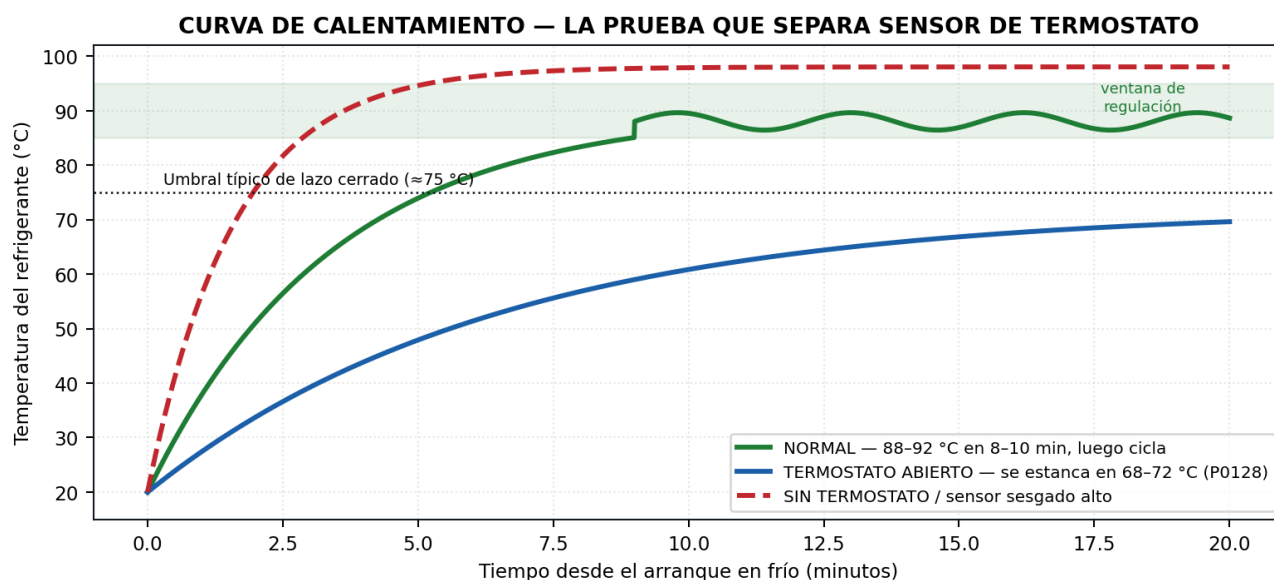


Figura 3: Curvas de calentamiento

1. Motor completamente frío.
2. Registre la temperatura del ECT cada 60 segundos durante 15 minutos, en ralentí.

3. Compare simultáneamente con un **termómetro infrarrojo apuntado a la manguera superior del radiador** y al cuerpo del termostato.

Curva observada	Diagnóstico
Sube a 88-92 °C en 8-12 min y cicla Se estanca en 65-75 °C Sube muy rápido y se dispara	Normal Termostato abierto (P0128) Falta de refrigerante, bomba dañada, o sensor sesgado alto
El escáner sube pero el infrarrojo no coincide Sube a saltos	Sensor sesgado — confirmar con Fase C Conexión intermitente o aire en el sistema

7 · Valores comunes de resistencia

El ECT es uno de los pocos sensores modernos donde el óhmetro es la herramienta principal, porque es un componente puramente resistivo.

Medición	Valor	Utilidad
Termistor a 20 °C	2 200 - 3 800 Ω	Sí — contra tabla
Termistor a 80 °C	300 - 400 Ω	Sí — contra tabla
Termistor a 90 °C	220 - 280 Ω	Sí — contra tabla
Aislamiento pin ↔ carcasa metálica	> 10 MΩ	Sí — detecta fuga a masa
Continuidad de cada conductor del arnés	< 1 Ω	Sí
Resistencia pull-up interna de la ECU	1 000 - 10 000 Ω	Informativa

Valores de R_{25} más frecuentes por fabricante:

Familia	R_{25} nominal
GM / Delphi	2 500 - 3 000 Ω
Bosch (VAG, BMW, Mercedes)	2 000 - 2 500 Ω
Ford	2 800 - 3 500 Ω
Toyota / Denso	2 000 - 3 000 Ω
Chrysler	2 500 - 3 200 Ω

8 · Alimentaciones y tierras

Pin	Nombre	Valor esperado	Medir contra
A	SIGNAL (con pull-up interna)	0.45 - 4.95 V según temperatura	SIG RTN del sensor
B	SIG RTN / Sensor Ground / E2	< 0.05 V	Negativo de batería

El ECT no tiene alimentación propia. Los 5 V están dentro de la ECU, a través de la pull-up. Por eso **medir 5 V en el pin de señal con el sensor desconectado es normal y esperado**, no indica falla.

Sensores de 3 y 4 pines: algunos ECT integran un segundo termistor independiente para el tablero de instrumentos o para el módulo de control de ventiladores. **Los dos circuitos son eléctricamente independientes:** uno puede fallar y el otro funcionar. Es un error frecuente descartar un ECT porque “el tablero marca bien”.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Verificación del divisor

Motor a 90 °C, sensor de 241 Ω, pull-up de 1 000 Ω:

$$V_{sig} = 5 \times \frac{241}{241 + 1000} = 0.971 \text{ V}$$

$$I = \frac{5}{1241} = 4.03 \text{ mA}$$

Si el osciloscopio mide 0.97 V, **el circuito completo está sano.**

Cálculo 2 — Efecto devastador de la resistencia parásita

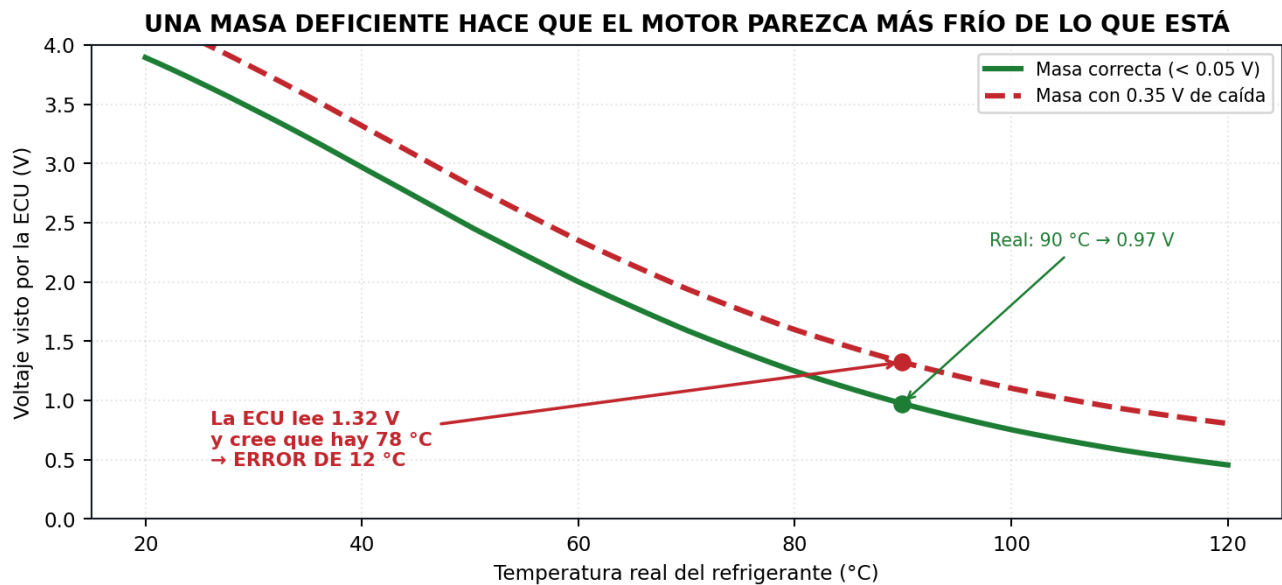


Figura 4: Efecto de una masa deficiente

La resistencia parásita se **suma en serie** con el termistor. Con solo **50 Ω** de corrosión en el conector, a 90 °C reales:

$$R_{vista} = 241 + 50 = 291 \Omega$$

$$V_{sig} = 5 \times \frac{291}{1291} = 1.127 \text{ V}$$

Buscando 1.127 V en la tabla: corresponde a **≈ 84 °C. Error de 6 °C con apenas 50 Ω.**

Con 150 Ω de resistencia parásita:

$$R_{vista} = 241 + 150 = 391 \Omega \Rightarrow V_{sig} = 5 \times \frac{391}{1391} = 1.406 \text{ V} \Rightarrow \approx 75^\circ \text{C}$$

Error de 15 °C. El motor está a 90 °C y la ECU cree que está a 75 °C: sigue enriqueciendo, retrasa el ventilador y puede no salir de lazo abierto.

Compare esta sensibilidad con la de un TPS: en un TPS con pista de 3 000 Ω , 150 Ω parásitos representan un 5 % de error. En un ECT a temperatura de operación, esos mismos 150 Ω representan un **62 %** de error sobre los 241 Ω del sensor. **El ECT es, con diferencia, el sensor más vulnerable del vehículo a la resistencia parásita.**

Cálculo 3 — Por qué el error crece con la temperatura

Temperatura real	R_t	+50 Ω parásitos	Error resultante
20 °C	3 520 Ω	+1.4 %	$\approx$ 0.3 °C (despreciable)
50 °C	973 Ω	+5.1 %	$\approx$ 1.2 °C
80 °C	332 Ω	+15.1 %	$\approx$ 4 °C
100 °C	177 Ω	+28.2 %	$\approx$ 8 °C

Este es el hallazgo diagnóstico clave: un circuito con resistencia parásita **lee correctamente en frío y mal en caliente**. Si un vehículo arranca bien en frío pero tiene mezcla rica y consumo alto en caliente, y el sensor “mide bien” con el óhmetro a temperatura ambiente, **el problema es el cableado**, no el sensor.

Cálculo 4 — Autocalentamiento del termistor

$$P = V \times I = 0.971 \times 0.00403 = 3.9 \text{ mW}$$

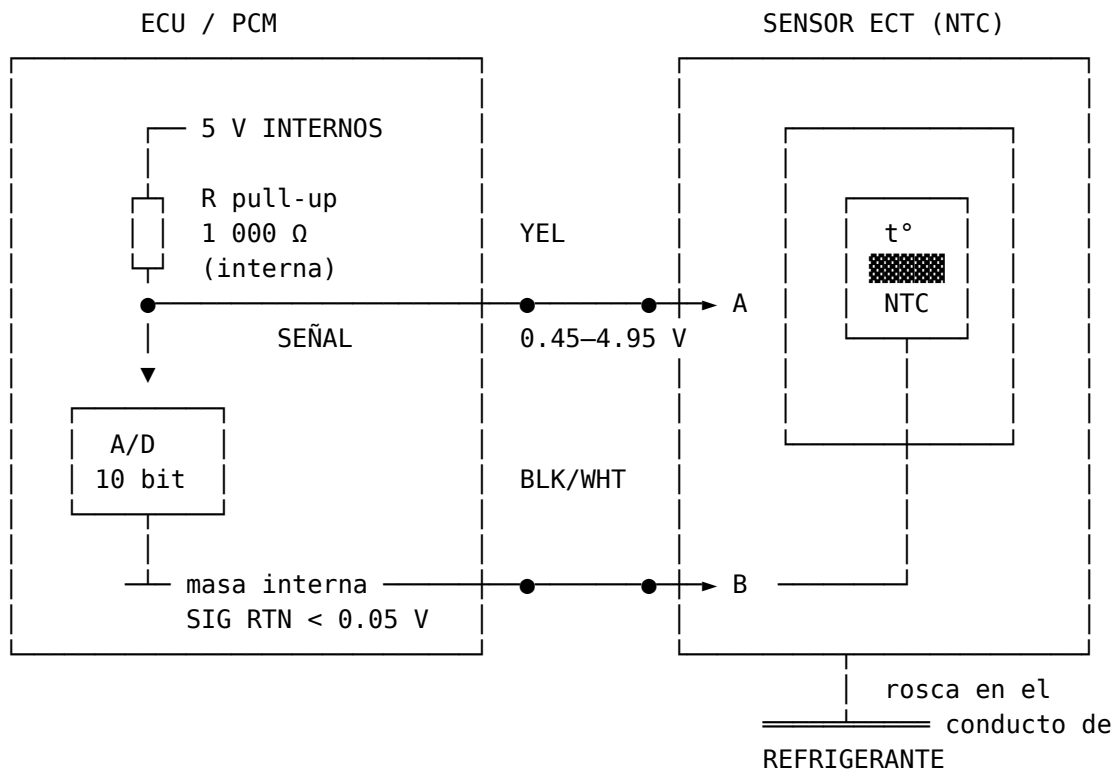
Potencia despreciable: el sensor **no se calienta a sí mismo** de forma apreciable. Esto valida el uso de tablas estáticas. (En sensores de aire con pull-ups muy bajas, el autocalentamiento sí puede introducir 1-2 °C de error, y por eso los fabricantes limitan la corriente.)

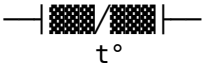
10 · Nomenclatura de cableado

Marca	Señal ECT	SIG RTN
GM	YEL, DK GRN	BLK, BLK/WHT
Ford	GRN/YEL, LT GRN/PNK	GRY/RED, BLK/WHT
Chrysler	TAN/BLK, DK GRN/RED	BLK/LT BLU
Toyota	THW (G/W, LG)	E2 (BR, B/W)
Honda	RED/WHT, YEL/GRN	GRN/WHT
VW / Audi	ge/bl, br/ws	br
Nissan	Y/G, B/W	B

Abreviaturas Toyota de temperatura: THW = ECT (*Thermo Water*); THA = IAT (*Thermo Air*); THO = EOT (*Thermo Oil*); E2 = masa de sensores.

11 · Simbología y diagrama de conexión



SÍMBOLO DEL TERMISTOR:  (resistencia con línea diagonal y el signo t°)

NO HAY ALIMENTACIÓN EXTERNA. Los 5 V están dentro de la ECU.

Sensor desconectado → el pin de señal mide 5 V. ES NORMAL.

12 · Análisis de oscilogramas

Qué se busca en una captura de ECT

Criterio	Correcto	Falla que indica
Nivel absoluto	Coincide con la tabla a la temperatura real	Sesgo del sensor o resistencia parásita
Estabilidad	Deriva lenta y suave (segundos)	Saltos rápidos = conexión intermitente
Ruido	Ausente	Presente = masa deficiente o inducción
Picos a 5 V	Ninguno	Uno solo confirma conexión intermitente
Picos a 0 V	Ninguno	Corto intermitente a masa
Respuesta al calentamiento	Descenso continuo	Escalones = termistor degradado

Configuración del osciloscopio:

Ajuste	Valor
Acoplamiento	DC
V/div	1 V/div (general) · 0.2 V/div (para analizar ruido en caliente)
Time/div	1 - 5 s/div en modo <i>roll</i> (captura larga)
Duración de captura	10 - 20 minutos para el calentamiento completo
Trigger	Automático; o <i>single shot</i> con nivel en 4.5 V para cazar picos
Referencia	Pin de SIG RTN del sensor

La captura larga en modo *roll* es imprescindible. Una conexión intermitente puede producir un solo pico de 40 ms en 10 minutos. El escáner nunca lo verá; el osciloscopio en modo *roll* con memoria profunda, sí. Combine la captura con movimiento manual del arnés y del conector.

La conmutación de rango: lo que parece falla y no lo es

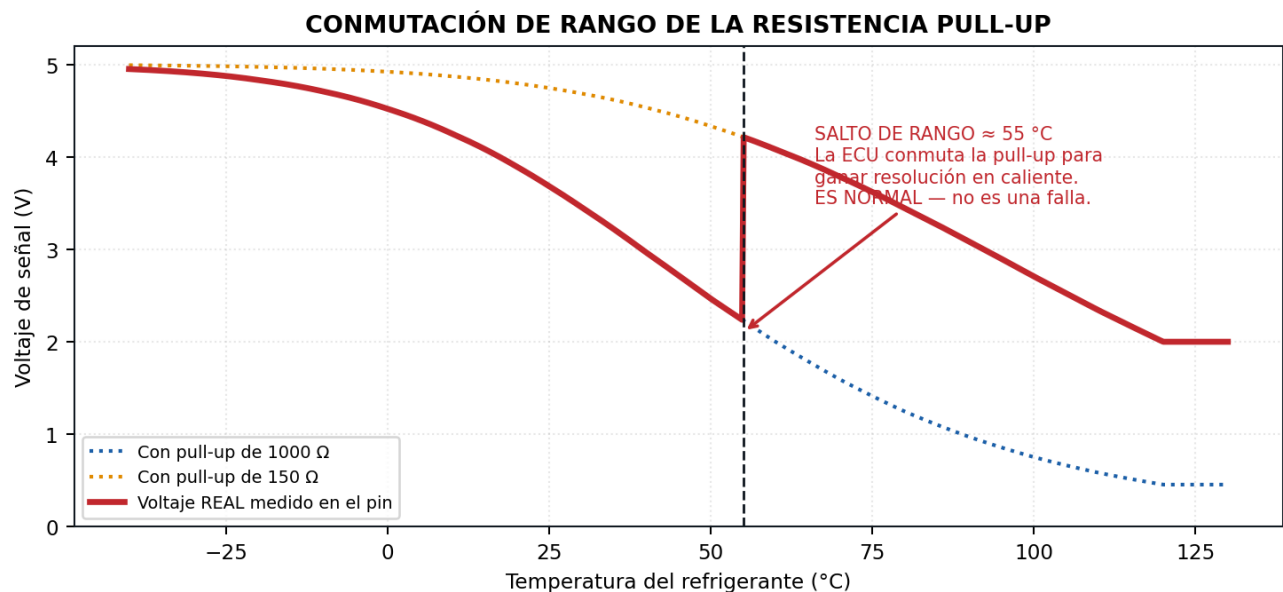


Figura 5: Conmutación de la resistencia pull-up

Muchas ECUs **conmutan la resistencia pull-up** (por ejemplo de 1 000 Ω a 150 Ω) alrededor de los 50 - 60 $^{\circ}\text{C}$. El objetivo es recuperar resolución: sin la conmutación, todo el rango de 80 a 120 $^{\circ}\text{C}$ quedaría comprimido en menos de 0.8 V.

En el oscilograma esto aparece como un salto vertical del voltaje en mitad del calentamiento. **Es normal y esperado.** El PID de temperatura del escáner no muestra ningún salto, porque la ECU aplica la tabla correspondiente a cada rango.

Cómo distinguir la conmutación normal de una falla:

Característica	Conmutación de rango (normal)	Falla
Momento	Siempre a la misma temperatura	Aleatorio
Dirección del salto	Siempre hacia arriba al calentar	Variable
Efecto en el PID del escáner	Ninguno	El PID también salta
Repetibilidad	100 %	Intermitente

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

No aplica al ECT analógico. La señal es un voltaje continuo determinado por el divisor resistivo.

Excepciones a conocer:

Variante	Salida
ECT con salida digital LIN (algunos vehículos premium)	Trama LIN; requiere escáner o decodificador
ECT integrado en un módulo de refrigeración inteligente	El valor viaja por CAN, no hay señal analógica que medir
Sensor de temperatura con salida SENT	Trama digital SAE J2716

En esos casos, el diagnóstico eléctrico se limita a verificar alimentación, masa y presencia de actividad en la línea de datos; el valor se lee por escáner.

14 · Análisis de corriente

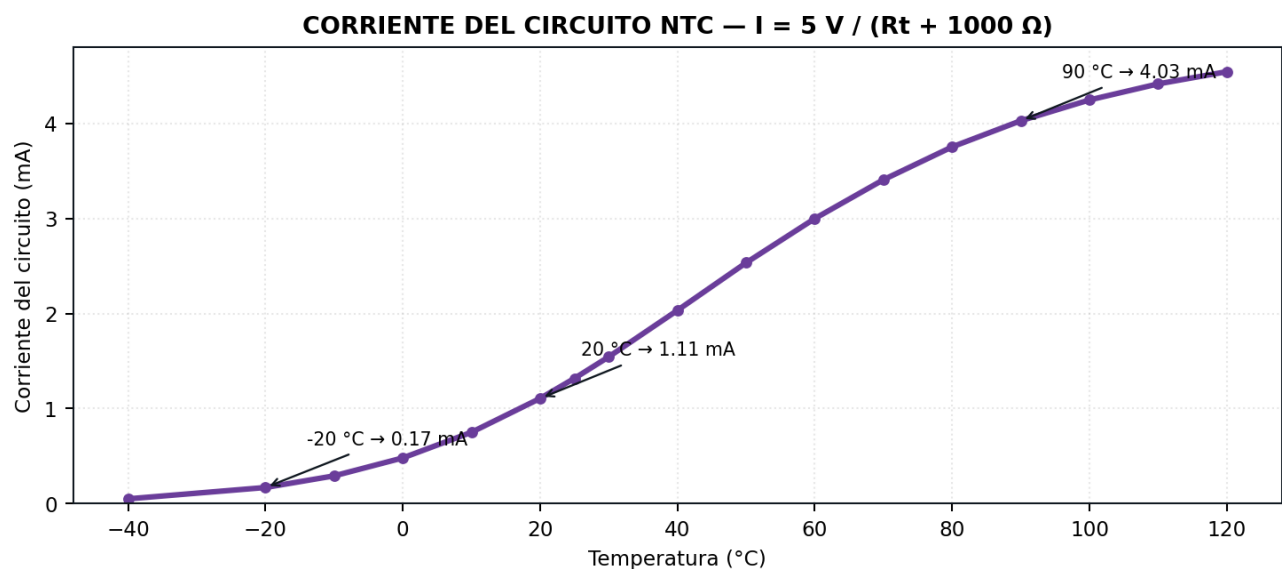


Figura 6: Corriente del circuito NTC en función de la temperatura

Temperatura	Corriente del circuito
-40 °C	0.05 mA
0 °C	0.48 mA

Temperatura	Corriente del circuito
20 °C	1.11 mA
60 °C	3.00 mA
90 °C	4.03 mA
120 °C	4.55 mA

Método de medición: la corriente máxima (4.5 mA) está por debajo de la resolución de una pinza amperimétrica automotriz estándar. Para medirla:

- **Multímetro en serie** (mA DC) intercalado en el circuito de señal, o
- **Pinza de baja corriente con 20 vueltas** del conductor por la mordaza, dividiendo la lectura entre 20, o
- **Cálculo indirecto**, que es lo habitual en taller:

$$I = \frac{V_{REF} - V_{sig}}{R_{pull-up}}$$

Con 5.00 V de referencia, 0.97 V de señal y pull-up de 1 000 Ω:

$$I = \frac{5.00 - 0.97}{1000} = 4.03 \text{ mA}$$

Utilidad diagnóstica: la corriente no es una medición de rutina en este sensor. Su valor es principalmente **conceptual**: explica por qué la prueba de caída de voltaje tiene límites tan estrictos y por qué el sensor no se autocalienta.

15 · Preguntas de autoevaluación — ECT

P1. Un vehículo presenta consumo elevado y LTFT de -14 % con el motor caliente, pero funciona normalmente en frío. El ECT mide 3 480 Ω a 20 °C (especificación 3 520 Ω ±10 %), por lo que se descarta el sensor. Explique el mecanismo físico de la falla, calcule cuánta resistencia parásita produciría un error de 15 °C a 90 °C y describa la prueba que lo cuantifica.

P2. Al insertar una resistencia patrón de 667 Ω en el conector del arnés, el escáner reporta 54 °C en lugar de 60 °C. Usando la tabla maestra, determine la resistencia parásita del circuito y decida si está dentro de un límite aceptable.

P3. Durante el calentamiento, el oscilograma del ECT muestra un salto vertical de 1.85 V a 1.20 V en un instante, mientras el PID del escáner sigue subiendo suavemente sin ninguna discontinuidad. ¿Qué está ocurriendo y por qué no debe reemplazarse el sensor?

3.2 · SENSOR IAT (TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN)

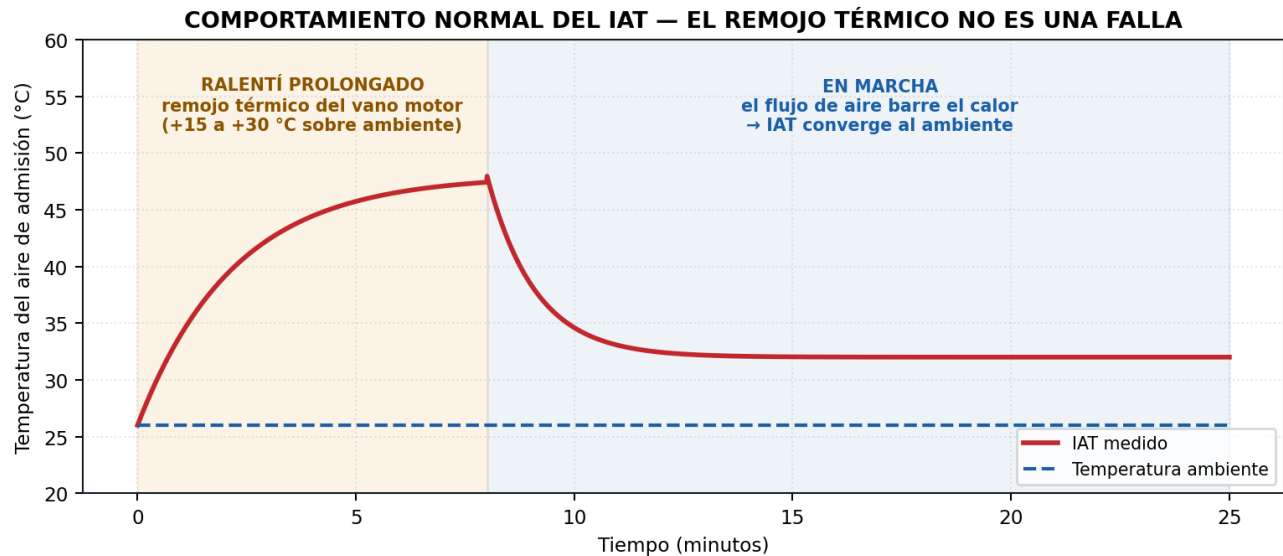


Figura 7: Comportamiento normal del IAT

Principio y particularidades

Eléctricamente **idéntico al ECT**: mismo termistor NTC, mismo divisor de tensión, misma tabla de referencia (en la mayoría de aplicaciones ambos sensores usan la misma curva). Las diferencias son físicas, no eléctricas:

Característica	ECT	IAT
Masa térmica del encapsulado	Grande (rosca metálica)	Muy pequeña (elemento expuesto)
Tiempo de respuesta	10 - 30 s	1 - 3 s
Rango habitual de trabajo	20 - 120 °C	-30 a +80 °C
Ubicación	Conducto de refrigerante	Conducto de admisión, o integrado en el MAF

Función: corregir la densidad del aire. Aire frío es aire denso; la ECU debe inyectar más combustible para la misma masa aparente.

$$\rho = \frac{P}{R_{aire} \times T}$$

Un error de 20 °C en el IAT introduce aproximadamente un **6 - 7 % de error** en el cálculo de densidad — suficiente para desviar los *fuel trims* de forma permanente.

1 · Valores en ralentí

Situación	Temperatura reportada	Voltaje
Motor recién arrancado en frío	= temperatura ambiente ± 3 °C	según tabla
Ralentí prolongado, vano motor caliente	ambiente + 15 a +30 °C	2.0 - 2.9 V
Ralentí en verano con A/C encendido	45 - 65 °C	1.6 - 2.3 V
IAT2 (después del intercooler, turbo)	ambiente + 5 a +20 °C	2.4 - 3.2 V

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Situación	Temperatura
2000 RPM en marcha, aire barriendo el vano	converge al ambiente + 3 a +10 °C
2000 RPM en punto muerto (sin flujo externo)	sigue subiendo por remojo térmico
Turbo a 2000 RPM con carga	IAT2 sube 20 - 50 °C sobre ambiente

El “remojo térmico” (*heat soak*) NO es una falla. En ralentí prolongado el calor del motor irradia hacia el conducto de admisión y el IAT sube muy por encima del ambiente. Al circular, el flujo de aire barre ese calor y la lectura converge al ambiente. **Muchos IAT se reemplazan innecesariamente por desconocer este comportamiento.**

3 · Rango de funcionamiento normal

Condición	Temperatura	Voltaje
Invierno severo	-30 a -10 °C	4.71 - 4.90 V
Clima templado	10 - 25 °C	3.68 - 4.25 V
Verano, en marcha	30 - 45 °C	2.72 - 3.46 V
Verano, ralentí con remojo térmico	50 - 70 °C	1.59 - 2.47 V
Post-intercooler bajo carga (IAT2)	40 - 90 °C	0.97 - 2.97 V
Máximo antes de reducir potencia (turbo)	90 - 110 °C	0.58 - 0.97 V

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Sesgado alto (lee más caliente)	ECU calcula aire menos denso → mezcla pobre , LTFT positivo, tirones, detonación
Sesgado bajo (lee más frío)	ECU calcula aire más denso → mezcla rica , consumo alto, LTFT negativo

Falla	Síntoma
Circuito abierto	5 V → -40 °C → enriquecimiento extremo, humo negro
Corto a masa	0 V → +130 °C → mezcla pobre, arranque difícil en frío
Respuesta lenta	Errores en transiciones térmicas; sin código
IAT2 sesgado (turbo)	Reducción de presión de sobrealimentación por protección, sin causa aparente

Códigos: P0110 (circuito), **P0111 (rango/desempeño — el que detecta el sesgo por correlación)**, P0112 (entrada baja), P0113 (entrada alta), P0114 (intermitente), P0097/P0098 (IAT2), P007C - P007E (IAT2 en turbo).

P0111 merece atención especial. La ECU lo activa comparando IAT con ECT y con el tiempo de marcha. Si tras un arranque en frío el IAT no coincide con el ECT dentro de una ventana, se registra el código. **Es el único mecanismo de autodiagnóstico que detecta un sensor sesgado**, y solo funciona tras un remojo en frío prolongado.

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Limpiar el elemento sensor**, especialmente si está integrado en el MAF: una capa de aceite o polvo actúa como aislante térmico y **retarda la respuesta** sin alterar el valor en régimen. Use limpiador de MAF, nunca solventes agresivos.
2. Verificar que el sensor esté **correctamente insertado en el flujo de aire** y no rozando la pared del conducto.
3. Verificar la **ausencia de fugas de aire caliente** hacia la admisión (colector de escape agrietado cerca del conducto, defensa térmica ausente).
4. Reparar conector y masa de sensores.
5. En sistemas turbo, verificar la **eficiencia del intercooler**: un IAT2 alto puede ser una lectura correcta de un intercooler obstruido o con fugas.
6. Reemplazar el sensor cuando la prueba de correlación en frío lo confirme.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Prueba de correlación en frío (la prueba principal del IAT). Ver §3.5, es el método central de este módulo.

Paso 2 — Prueba de sustitución de 20 segundos. Idéntica a la del ECT (§3.1 Fase A): desconectar → -40 °C; puentear → +130 °C.

Paso 3 — Prueba de resistencia contra tabla, midiendo simultáneamente la temperatura real del conducto con termómetro infrarrojo.

Paso 4 — Prueba de respuesta dinámica (exclusiva del IAT). Con el motor en ralentí y el escáner mostrando el PID de IAT:

- Rocíe **aire comprimido frío** (o el aerosol invertido de un limpiador) cerca del sensor. El IAT debe caer **varios grados en 2 - 3 segundos**.
- Acerque una pistola de calor a baja potencia. Debe subir con la misma rapidez.

Resultado	Diagnóstico
Responde en 1 – 3 s	Sensor sano
Responde en más de 15 s	Elemento contaminado o encapsulado degradado
No responde	Sensor abierto o señal congelada por la ECU

Paso 5 — Prueba de caída de voltaje. Mismos límites estrictos del ECT: señal y SIG RTN, **máximo 0.02 V cada uno** medidos de pin a pin, y 0.05 V de SIG RTN contra el negativo de batería.

7 - 11 · Resistencia, alimentaciones, Ley de Ohm, cableado y simbología

Idénticos al ECT (§3.1, puntos 7 a 11), con estas particularidades:

Punto	Diferencia respecto al ECT
7 · Resistencia	Misma tabla. Al medirlo en banco, tenga en cuenta que su baja masa térmica hace que se equilibre con el ambiente en segundos
8 · Alimentaciones	Cuando está integrado en el MAF, comparte el conector; el IAT usa SIG RTN y no la masa de potencia del MAF
9 · Ley de Ohm	Mismo análisis. La sensibilidad a la resistencia parásita es menor que en el ECT, porque el IAT trabaja en un rango de temperatura más bajo, donde R_t es mayor
10 · Cableado	Toyota THA; GM YEL/BLK o TAN; Ford GRY/WHT
11 · Simbología	Idéntica

Cálculo comparativo de sensibilidad (punto 9): con 50 Ω parásitos, a 30 °C ($R_t = 2\,238\,\Omega$) el error es del 2.2 % → menos de 1 °C. **A temperatura ambiente, el IAT es prácticamente inmune a la resistencia parásita;** el ECT en caliente no lo es. Esta asimetría es la base de la prueba de correlación en frío de §3.5.

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Nivel absoluto en frío	Coincide con ambiente	Sesgo
Velocidad de respuesta	1 – 3 s ante cambio brusco	Lento = elemento sucio
Ruido	Ausente	Presente = masa o inducción del MAF cercano
Picos a 5 V	Ninguno	Conexión intermitente

Configuración: DC · 1 V/div · 1 s/div en modo *roll* · referencia en SIG RTN.

13 · Señales PWM

No aplica en la variante analógica. En sensores compuestos modernos (MAF + IAT + humedad + presión) el dato puede viajar por **SENT o LIN**; ver Módulo 2, §2.7.

14 · Análisis de corriente

Idéntico al ECT, pero desplazado hacia valores más bajos por trabajar a menor temperatura:

Temperatura	Corriente
-20 °C	0.17 mA
20 °C	1.11 mA
40 °C	2.03 mA
60 °C	3.00 mA

Cálculo indirecto: $I = (V_{REF} - V_{sig}) / R_{pull-up}$.

15 · Preguntas de autoevaluación — IAT

P1. En pleno verano, con 32 °C ambiente, el IAT reporta 63 °C tras 15 minutos de ralentí. El cliente reclama que “el sensor está malo”. Explique si la lectura es correcta, qué prueba realizaría para confirmarlo y cuál sería el comportamiento esperado al circular.

P2. Un motor turbo reduce la presión de sobrealimentación de forma inexplicable en trayectos largos. El IAT2 reporta 96 °C. Enumere las dos posibilidades y describa cómo determina cuál es.

P3. Explique, con los valores de la tabla maestra, por qué 50 Ω de resistencia parásita producen menos de 1 °C de error en un IAT a 30 °C y más de 4 °C de error en un ECT a 80 °C.

3.3 · SENSORES CHT, EOT Y TFT

3.3.1 · CHT — Temperatura de la culata (*Cylinder Head Temperature*)

Por qué existe: el ECT mide la temperatura del **refrigerante**. Si el motor pierde refrigerante, el sensor queda rodeado de aire o vapor y **reporta una temperatura falsamente baja** mientras el motor se destruye. El CHT se rosca directamente en el metal de la culata y mide la temperatura del **material**, por lo que sigue siendo válido aunque no haya líquido.

Usado principalmente por **Ford** (donde a menudo sustituye completamente al ECT) y por algunos motores de alto rendimiento.

Parámetro	Valor
Tipo	NTC (mismo principio)
Temperatura normal de operación	95 - 115 °C (más alta que el ECT: mide metal)
Voltaje típico en operación	0.5 - 0.9 V
Umbral de protección por sobrecalentamiento	125 - 135 °C
Estrategia de protección Ford (FLSD)	Desactivación alternada de cilindros para bombear aire frío y permitir llegar al taller

Códigos: P1289 (CHT alto, Ford), P1290, P0128, P0217, P1299 (protección por sobrecalentamiento activada).

Punto de diagnóstico específico: si un vehículo Ford entra en modo de protección con desactivación de cilindros pero el termómetro infrarrojo indica temperatura normal, **verifique primero el circuito del CHT** — resistencia parásita en su circuito produce lecturas altas falsas y activa la protección sin motivo. Los límites de caída de voltaje son los mismos del ECT (0.02 V pin a pin).

3.3.2 · EOT — Temperatura del aceite del motor

Parámetro	Valor
Tipo	NTC
Temperatura normal en operación	95 - 125 °C (superior al refrigerante)
Voltaje típico	0.42 - 0.85 V
Tiempo hasta temperatura de operación	20 - 30 min (mucho más lento que el refrigerante)

Funciones que dependen del EOT:

- Cálculo del **intervalo de cambio de aceite** (*Oil Life Monitor*).
- Habilitación del **VVT** — el sistema no actúa con aceite frío por su alta viscosidad.
- Estrategias de protección por sobrecalentamiento del aceite en motores turbo.
- Corrección del avance de encendido en algunos motores.

Códigos: P0195 (circuito), P0196 (rango/desempeño), P0197 (entrada baja), P0198 (entrada alta), P0199 (intermitente).

Relación diagnóstica con el Módulo 1: un EOT sesgado bajo puede **retrasar la habilitación del VVT** y producir códigos P0011/P0016 que parecen problemas de distribución. Antes de perseguir la cadena, verifique que el EOT reporte una temperatura coherente.

3.3.3 · TFT — Temperatura del fluido de transmisión

Parámetro	Valor
Tipo	NTC, frecuentemente con conmutación de rango
Temperatura normal en operación	80 - 100 °C
Voltaje típico	0.75 - 1.25 V
Umbral de inhibición del TCC (frío)	< 20 - 40 °C
Umbral de protección por sobrettemperatura	130 - 150 °C
Ubicación	Dentro del cárter, integrado en el cuerpo de válvulas o en el arnés interno

Funciones que dependen del TFT:

- Programación de los puntos de cambio.
- Habilitación del **bloqueo del convertidor (TCC)**: con fluido frío el TCC queda inhibido.
- Presión de línea comandada por el solenoide EPC.
- Estrategia de protección: si el fluido supera el umbral, la transmisión **fuerza el bloqueo del TCC** para reducir la generación de calor.

Códigos: P0710 (circuito), P0711 (rango/desempeño), P0712 (entrada baja), P0713 (entrada alta), P0714 (intermitente), P0218 (sobrettemperatura de la transmisión).

Síntoma característico de un TFT sesgado bajo: la transmisión **nunca bloquea el convertidor** porque cree que el fluido sigue frío. Resultado: consumo alto en carretera, RPM elevadas a velocidad de cruce y sobrecalentamiento real de la transmisión. **No genera ningún código.** Es un caso clásico donde el diagnóstico por síntoma es el único camino.

Puntos 1 - 15 aplicados a CHT, EOT y TFT

Estos tres sensores son **eléctricamente idénticos al ECT** (§3.1). Todos los puntos del 1 al 15 se aplican con las mismas técnicas, tablas y límites. Las diferencias operativas están resumidas aquí:

Punto	CHT	EOT	TFT
1 · Ralentí	95 - 115 °C · 0.5 - 0.9 V	95 - 125 °C · 0.42 - 0.85 V	80 - 100 °C · 0.75 - 1.25 V
2 · 2000 RPM	Sin cambio inmediato	Sube lentamente	Sube con la carga de la transmisión
3 · Rango	hasta 135 °C	hasta 150 °C	hasta 150 °C
4 · Síntomas	Protección por sobrecalentamiento falsa	VVT inhibido, P0011	TCC nunca bloquea

Punto	CHT	EOT	TFT
6 · Diagnóstico	Fases A-E del ECT	Fases A-E del ECT	Fases A-E; ojo con la conmutación de rango
7 · Resistencia	Tabla del ECT	Tabla del ECT	Tabla del ECT + rango conmutado
9 · Ley de Ohm	Muy sensible (trabaja caliente)	Muy sensible	Sensible
12 · Oscilograma	Captura larga en <i>roll</i>	Captura de 30 min	Captura durante ciclo de conducción
14 · Corriente	4 - 4.5 mA	4 - 4.6 mA	3.8 - 4.5 mA

Acceso al TFT: en muchas transmisiones el TFT está **dentro del cárter** y no es accesible sin desmontarlo. El diagnóstico se hace desde el conector externo de la transmisión, aplicando las Fases A y D del §3.1 en ese conector. Si la resistencia patrón inserta correctamente y el módulo responde, **el problema está dentro de la transmisión** (sensor o arnés interno).

Preguntas de autoevaluación — CHT, EOT y TFT

P1. Un vehículo con transmisión automática presenta consumo alto en carretera y 2 400 RPM a 100 km/h cuando debería girar a 1 900. No hay códigos. El escáner muestra TFT de 34 °C tras una hora de conducción. ¿Cuál es el diagnóstico, qué prueba lo confirma y por qué no hay código?

P2. Un motor con VVT presenta P0011 solo en los primeros 10 minutos de marcha, después funciona correctamente. Explique cómo el sensor EOT puede estar involucrado y qué verificaría antes de desmontar la distribución.

P3. Un Ford activa la desactivación alternada de cilindros por sobrecalentamiento, pero el termómetro infrarrojo sobre la culata indica 96 °C. Describa el procedimiento completo para determinar si el motor realmente está sobrecalentando o si el circuito del CHT está mintiendo.

3.4 · SENSOR EGT (TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE)

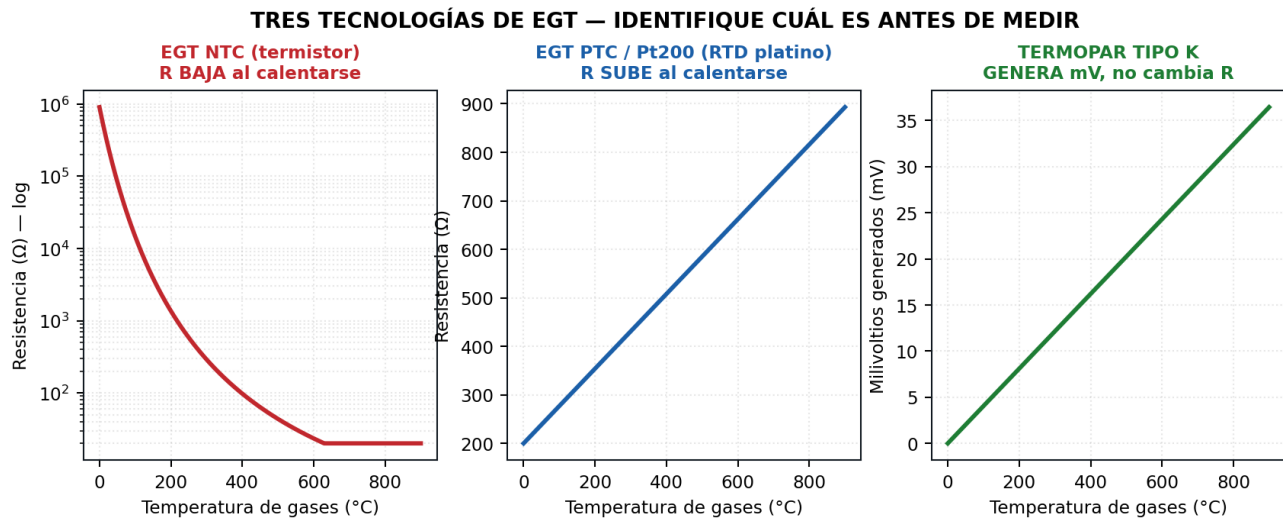


Figura 8: Las tres tecnologías de EGT

Función y ubicaciones

El EGT protege componentes críticos y gobierna la regeneración del filtro de partículas. En un sistema diésel moderno pueden existir **tres o cuatro sensores EGT** en serie a lo largo del escape:

Posición	Nombre habitual	Función
Antes del turbo	EGT1 / T3	Proteger la turbina del sobrecalentamiento
Antes del DOC/catalizador	EGT2	Verificar la actividad del catalizador de oxidación
Antes del DPF	EGT3	Controlar la regeneración: objetivo 550 - 650 °C
Después del DPF	EGT4	Confirmar la combustión del hollín y proteger el DPF

En gasolina turbo el EGT protege el turbo y el catalizador limitando el enriquecimiento a plena carga.

Las tres tecnologías: identificarlas antes de medir

Tecnología	Comportamiento	Cómo identificarla
NTC de alta temperatura	R baja al calentarse	A 20 °C mide entre 100 kΩ y 1 MΩ
PTC / RTD de platino (Pt200)	R sube al calentarse	A 20 °C mide $\approx$ 200 Ω y sube de forma casi lineal
Termopar tipo K	Genera milivoltios ; la resistencia no cambia	A 20 °C mide unos pocos ohmios entre conductores

Este es el punto crítico del sensor EGT. Un PTC medido con lógica de NTC parecerá invertido y llevará a condenar un sensor sano. Determine primero la tecnología midiendo la resistencia a temperatura ambiente: $\approx 200 \Omega \rightarrow \text{PTC} \cdot \text{cientos de } k\Omega \rightarrow \text{NTC} \cdot \text{unos pocos ohmios} \rightarrow \text{termopar}$.

1 · Valores en ralentí (motor caliente)

Posición	Temperatura	PTC Pt200	NTC	Termopar K
EGT antes del turbo (diésel)	200 - 350 °C	354 - 469 Ω	2 - 8 k Ω	8 - 14 mV
EGT antes del DPF	150 - 280 °C	315 - 415 Ω	4 - 15 k Ω	6 - 11 mV
EGT después del DPF	130 - 250 °C	300 - 393 Ω	6 - 20 k Ω	5 - 10 mV
Gasolina turbo, ralentí	300 - 450 °C	431 - 546 Ω	1 - 4 k Ω	12 - 18 mV

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición	Temperatura
2000 RPM sin carga (diésel)	250 - 400 °C
2000 RPM con carga media	400 - 550 °C
2000 RPM plena carga (diésel)	550 - 700 °C
2000 RPM plena carga (gasolina turbo)	850 - 950 °C

3 · Rango de funcionamiento normal

Condición	Temperatura	Nota
Motor frío	ambiente	Debe coincidir con IAT/ECT en remojo en frío
Ralentí caliente	150 - 350 °C	Según posición
Crucero	300 - 500 °C	—
Regeneración activa del DPF	550 - 650 °C	Objetivo controlado por la ECU
Plena carga diésel	650 - 780 °C	—
Plena carga gasolina turbo	900 - 980 °C	Umbral de protección $\approx 950 - 1\,000$ °C
Umbral de daño del DPF	> 800 °C	La ECU aborta la regeneración

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
EGT sesgado bajo	La ECU inyecta combustible extra buscando temperatura → regeneraciones interminables , dilución del aceite por combustible, humo blanco
EGT sesgado alto	Regeneración abortada prematuramente → DPF se satura → pérdida de potencia progresiva → modo de emergencia
Circuito abierto	Regeneración inhibida, MIL, modo de emergencia
Corto a masa	La ECU cree que hay temperatura extrema → corta la regeneración y limita potencia
Sensor lento (por hollín acumulado)	Regeneraciones ineficaces sin código
Cable dañado por calor	Falla intermitente que aparece solo en caliente

Códigos: P0544 / P0545 / P0546 / P0547 / P0548 (circuito EGT banco 1 sensor 1), P0549, P2080 / P2084 (rango-desempeño), P2031 / P2032 / P2033 (sensor 2), P242A - P242D (sensor de la sección del DPF), P2002 (eficiencia del DPF), P2463 (acumulación excesiva de hollín).

Regla de oro del EGT: un código de **eficiencia del DPF** (P2002) o de **acumulación de hollín** (P2463) **no debe atenderse sin antes verificar los sensores EGT**. Un solo EGT sesgado invalida toda la estrategia de regeneración y produce esos códigos con un DPF y un sistema perfectamente sanos.

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Verificar todos los EGT en remojo en frío** (§3.5). Todos deben coincidir con el ambiente. Es la prueba más rápida y detecta el sesgo.
2. **Inspeccionar el cableado:** los arneses de EGT trabajan a temperaturas extremas y sufren fatiga del aislante. Verifique especialmente los tramos próximos al colector.
3. **Limpiar el vástago del sensor** si tiene depósitos de hollín que retarden la respuesta (no siempre es posible; muchos requieren reemplazo).
4. **Aplicar antiagarrotante en la rosca** al instalar. Un EGT que se rompe al desmontarse puede obligar a reemplazar todo el tubo de escape.
5. **Verificar el par de apriete** — el contacto térmico con el conducto influye directamente en la lectura.
6. Reemplazar el sensor cuando la prueba de correlación en frío o la de horno lo confirmen.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Paso 1 — Identificar la tecnología midiendo la resistencia a temperatura ambiente (ver tabla del punto anterior). **Sin este paso el resto no tiene sentido.**

Paso 2 — Prueba de correlación en frío. Con el vehículo frío tras varias horas, **todos** los EGT deben reportar la temperatura ambiente ± 5 °C, y coincidir con IAT y ECT. Cualquier EGT que se aparte está sesgado.

Paso 3 — Prueba de resistencia contra tabla a temperatura conocida.

Para un **PTC Pt200**, la relación es prácticamente lineal:

$$R_T = 200 \times (1 + 0.00385 \times T)$$

Temperatura	Resistencia Pt200
0 °C	200 Ω
20 °C	215 Ω
100 °C	277 Ω
300 °C	431 Ω
500 °C	585 Ω
600 °C	662 Ω
800 °C	816 Ω

Para un **termopar tipo K**, la relación también es casi lineal:

$$V_{mV} \approx 0.0405 \times T_{°C}$$

Temperatura	Milivoltios generados
100 °C	4.1 mV
300 °C	12.2 mV
600 °C	24.3 mV
900 °C	36.5 mV

Paso 4 — Prueba dinámica en caliente. Con el motor a temperatura de operación, acelere y observe:

- El EGT debe **subir de inmediato** al acelerar (respuesta en 2 - 5 s).
- Debe bajar al soltar el acelerador.
- Los EGT en serie deben mantener un **orden lógico**: el sensor más cercano al motor siempre lee más caliente que el siguiente.

Verificación de coherencia entre sensores: si el EGT anterior al DPF lee 380 °C y el posterior lee 460 °C **sin regeneración activa**, uno de los dos está sesgado — los gases no pueden calentarse al recorrer el escape salvo durante una regeneración o una combustión exotérmica en el DOC.

Paso 5 — Prueba con fuente de calor controlada. Con el sensor desmontado y el multímetro conectado, aplique calor progresivo con una pistola de calor industrial o un soplete suave, midiendo con un termómetro de contacto o pirómetro. Compare cada punto contra la tabla.

Paso 6 — Prueba de caída de voltaje.

Tipo	Corriente	Límite de caída
PTC / NTC (circuito resistivo)	1 - 10 mA	0.02 V pin a pin
Termopar tipo K	prácticamente nula	Crítico: cualquier caída falsea directamente los mV

Advertencia sobre el termopar: su señal completa es de apenas 24 mV a 600 °C. **Una caída de solo 2 mV equivale a un error de 50 °C.** En estos circuitos, la limpieza de los terminales y la integridad del cableado son más críticas que en cualquier otro sensor del vehículo. Además, la unión de dos metales distintos en un empalme reparado **crea un termopar parásito** que introduce error: los circuitos de termopar **nunca deben repararse con empalmes de cobre.**

7 · Valores comunes de resistencia

Tipo	20 °C	300 °C	600 °C
PTC Pt200	215 Ω	431 Ω	662 Ω
NTC de alta temperatura	100 kΩ - 1 MΩ	1 - 5 kΩ	100 - 500 Ω
Termopar tipo K	2 - 20 Ω (resistencia del hilo, no varía con T)	igual	igual
Aislamiento a la carcasa	> 10 MΩ (todos los tipos)	—	—

8 · Alimentaciones y tierras

Tipo	Pines	Notas
PTC / NTC de 2 hilos	Señal + retorno	Sin alimentación externa; pull-up o fuente de corriente en el módulo
Sensores de 4 hilos (Pt de 4 hilos)	2 de excitación + 2 de medición	Configuración <i>Kelvin</i> : elimina el error del cableado
Termopar	2 conductores de aleación específica	No usar cable de cobre; requiere cable de extensión compensado

La configuración de 4 hilos (Kelvin) existe precisamente porque en un sensor de 200 - 800 Ω la resistencia del cableado introduce error. Dos hilos inyectan una corriente conocida y los otros dos miden el voltaje sin transportar corriente, eliminando la caída del cableado. Si el sensor tiene 4 hilos, **no puentee ni combine pares.**

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Sensor PTC Pt200 alimentado por fuente de corriente

El módulo inyecta una corriente constante de 1 mA. A 600 °C ($R = 662 \Omega$):

$$V = 0.001 \times 662 = 0.662 \text{ V}$$

Con 15 Ω de resistencia parásita en el cableado:

$$V_{medido} = 0.001 \times (662 + 15) = 0.677 \text{ V}$$

Buscando 677 Ω en la fórmula del Pt200:

$$T = \frac{677/200 - 1}{0.00385} = 620 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Error de 20 °C con solo 15 Ω . Suficiente para abortar una regeneración cerca del umbral de 650 °C.

Cálculo 2 — Termopar tipo K y la falacia del “empalme reparado”

A 600 °C el termopar genera 24.3 mV. Si el técnico repara el arnés con un empalme de cobre, en cada unión cobre-cromel y cobre-alumel se crea una **unión termoelectrónica parásita**. Si ese empalme está a 80 °C:

$$V_{par} \approx 0.0405 \times 80 = 3.2 \text{ mV}$$

Ese error de 3.2 mV se traduce en:

$$\Delta T = \frac{3.2}{0.0405} = 79 \text{ }^{\circ}\text{C de error}$$

Conclusión operativa: los circuitos de termopar se reparan únicamente con cable de extensión compensado del mismo tipo, o se reemplaza el arnés completo.

Cálculo 3 — Por qué el sensor de 4 hilos elimina el problema

En la configuración Kelvin, los conductores de medición van a una entrada de alta impedancia (> 1 M Ω). La corriente que circula por ellos es:

$$I = \frac{0.662}{1000000} = 0.66 \text{ } \mu\text{A}$$

Con 15 Ω de cableado:

$$V_{drop} = 0.00000066 \times 15 = 0.00001 \text{ V}$$

Prácticamente cero. Por eso los sensores de alta precisión usan 4 hilos.

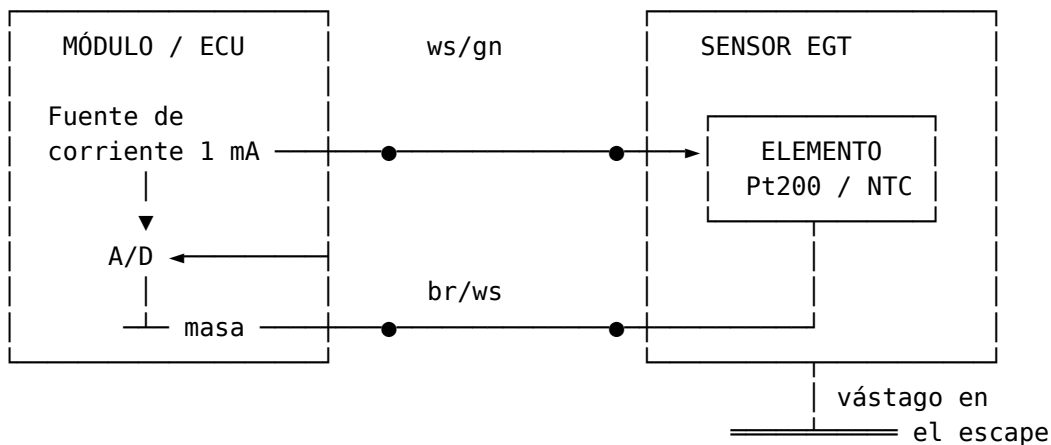
10 · Nomenclatura de cableado

Marca	Señal	Retorno
VW / Audi (Bosch)	ws/gn, ws/br	br/ws
Ford diésel	GRY/BLU, BRN/WHT	BLK/WHT
PSA / Renault	blanco, azul	negro
Toyota / Denso	THG	EG
Termopar tipo K (norma ANSI)	AMARILLO (+) cromel	ROJO (-) alumel

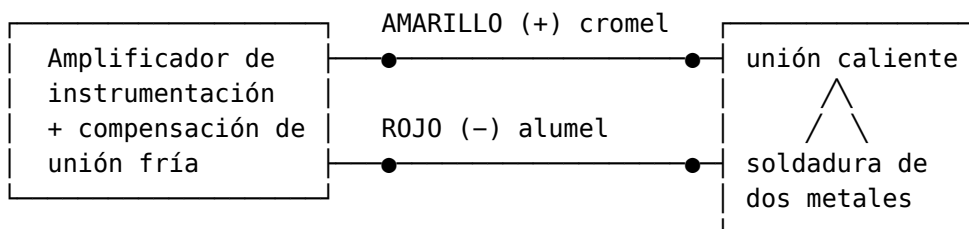
Código de color de termopares (ANSI): en un termopar tipo K, el conductor **rojo es siempre el negativo**, al contrario de la convención eléctrica habitual. Invertir la polaridad hace que el sensor reporte temperaturas descendentes al calentarse.

11 · Simbología y diagrama de conexión

SENSOR EGT RESISTIVO (PTC o NTC, 2 hilos)



TERMOPAR TIPO K (genera su propia fem)



NO ALIMENTAR. NO REPARAR CON COBRE.

Señal completa $\approx 24 \text{ mV}$ a $600^\circ\text{C} \rightarrow 2 \text{ mV de error} = 50^\circ\text{C de error}$.

12 · Análisis de oscilogramas

Criterio	Correcto	Falla
Nivel en frío	Coincide con el ambiente	Sesgo
Respuesta al acelerar	Sube en 2 - 5 s	Lenta = hollín en el vástago
Coherencia entre sensores en serie	Orden lógico decreciente	Invertido = un sensor sesgado
Ruido	Ausente	Presente = masa o blindaje
Elevación durante la regeneración	Alcanza $550 - 650^\circ\text{C}$	No alcanza = post-inyección o EGT sesgado

Configuración: DC · 0.2 V/div (resistivos) o 10 mV/div (termopar) · 2 - 5 s/div en modo *roll* · captura durante un ciclo completo de regeneración (20 - 30 min).

La captura más valiosa del EGT es la de una regeneración completa, con los cuatro sensores simultáneamente si el osciloscopio lo permite. Revela de inmediato cuál sensor no sigue la curva de los demás.

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

No aplica en la variante analógica. Algunos vehículos modernos integran el EGT en un **módulo de sensores que transmite por CAN o LIN**; en esos casos:

- No existe una señal analógica que medir en el conector del sensor.
- El diagnóstico se limita a alimentación, masa y actividad en el bus.
- El valor se lee exclusivamente por escáner.

14 · Análisis de corriente

Tipo	Corriente	Método
PTC / NTC con fuente de corriente	1 - 2 mA constantes	Cálculo indirecto: $I = V/R$
PTC / NTC con pull-up	1 - 10 mA según temperatura	Cálculo indirecto
Termopar	≈ 0 (fuente de fem, no de corriente)	No medible

Interpretación: en sensores con fuente de corriente constante, verificar que la corriente sea la especificada permite confirmar que el módulo está excitando correctamente el sensor. Se calcula midiendo el voltaje sobre una resistencia patrón conocida insertada en lugar del sensor.

Ejemplo: inserte 500 Ω en el conector del arnés. Si el módulo inyecta 1 mA, el voltaje debe ser 0.500 V y el escáner debe reportar $\approx 390^\circ\text{C}$ ($T = (500/200 - 1)/0.00385$). Si el escáner reporta otro valor, la resistencia parásita o el módulo son el problema.

15 · Preguntas de autoevaluación — EGT

P1. Un diésel presenta regeneraciones que nunca terminan y dilución de aceite por combustible. El EGT anterior al DPF reporta 480°C durante la regeneración. ¿En qué dirección está sesgado el sensor, cuál es el mecanismo que produce la dilución de aceite y qué prueba lo confirma sin desmontar nada?

P2. Un sensor EGT mide 215 Ω a temperatura ambiente. Determine su tecnología, calcule qué resistencia debería medir a 600°C y explique qué concluiría si a esa temperatura midiera 4 k Ω .

P3. Un técnico repara el arnés de un EGT de termopar tipo K empalmado con cable de cobre y aislando correctamente. El sistema comienza a reportar temperaturas erróneas. Explique el fenómeno físico, calcule el error si el empalme está a 70°C y describa la reparación correcta.

3.5 · DIAGNÓSTICO DEL SENSOR SESGADO (SKEWED SENSOR)

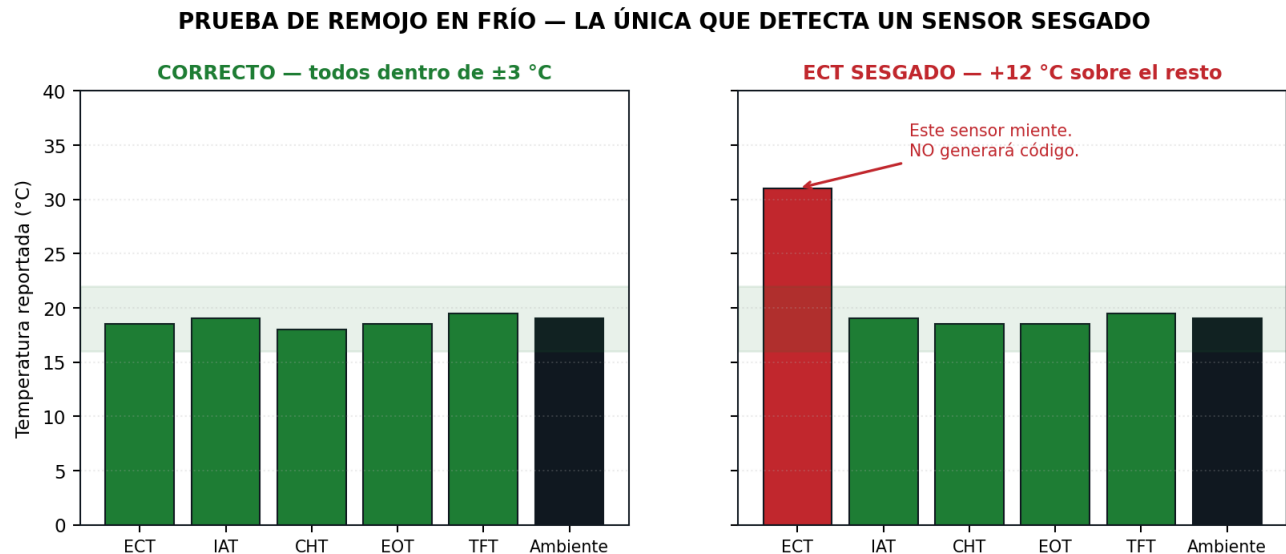


Figura 9: Prueba de remojo en frío

El problema en una frase

Un sensor sesgado entrega un valor plausible pero incorrecto. Está dentro del rango eléctrico válido, por lo que el autodiagnóstico lo aprueba, mientras la ECU toma decisiones equivocadas de forma permanente.

Por qué el autodiagnóstico no lo detecta

La ECU solo puede evaluar tres cosas sobre un sensor de temperatura:

1. ¿El voltaje está dentro del rango eléctrico? (0.2 – 4.8 V) → **P0117 / P0118**
2. ¿Cambia con el tiempo de forma coherente? → **P0116 / P0111**
3. ¿Concuerda con otros sensores tras un remojo en frío? → **P0116 / P0111**

Un sensor que reporta 74°C cuando el motor está a 90°C **pasa las tres verificaciones**: el voltaje es válido, cambia coherentemente durante el calentamiento y, si el sesgo es pequeño en frío (recuerde el Cálculo 3 del §3.1: el error crece con la temperatura), también pasa la correlación en frío.

LA PRUEBA DE REMOJO EN FRÍO (COLD SOAK)

Es la prueba central de este módulo y la única que detecta el sesgo de forma directa y barata.

Fundamento físico

Tras varias horas apagado, **todos los componentes del vehículo alcanzan el equilibrio térmico con el ambiente**. Refrigerante, aire de admisión, aceite, fluido de transmisión, culata

y gases de escape están todos a la misma temperatura. Por lo tanto:

Todos los sensores de temperatura del vehículo DEBEN reportar el mismo valor, dentro de ± 3 °C, y ese valor debe coincidir con la temperatura ambiente medida con un termómetro independiente.

Cualquier sensor que se aparte de ese consenso está sesgado.

Procedimiento

Paso	Acción
1	El vehículo debe permanecer apagado al menos 8 horas (idealmente toda la noche), a la sombra y sin exposición solar
2	Mida la temperatura ambiente real con un termómetro independiente, en el vano motor, sin arrancar
3	Ponga la llave en contacto sin arrancar el motor
4	Registre simultáneamente los PIDs de: ECT, IAT, IAT2, CHT, EOT, TFT y todos los EGT
5	Compare todos entre sí y contra el termómetro

Criterios de interpretación

Resultado	Diagnóstico
Todos dentro de ± 3 °C entre sí y del ambiente	Todos los sensores están sanos
Uno se aparta más de 5 °C	Ese sensor (o su circuito) está sesgado
Varios se apartan en la misma dirección	Masa de sensores compartida deficiente — no son los sensores
Todos coinciden entre sí pero no con el ambiente	El vehículo no estaba realmente frío, o el termómetro está mal
Uno lee exactamente -40 °C o +130 °C	Circuito abierto o en corto, no es sesgo

La segunda fila de la tabla es la más importante del módulo. Cuando varios sensores se desplazan juntos, la causa casi nunca son los sensores: es la **masa de sensores (SIG RTN) compartida**. Verifíquela con caída de voltaje (límite 0.05 V) antes de comprar nada.

Qué hacer cuando el sesgo aparece solo en caliente

Un circuito con resistencia parásita **lee bien en frío y mal en caliente** (§3.1, Cálculo 3). Por eso el remojo en frío puede resultar aprobatorio y aun así haber una falla. Complemente con:

- Prueba de resistencia patrón (§3.1 Fase D)** — cuantifica los ohmios parásitos independientemente de la temperatura.
- Comparación con termómetro infrarrojo** apuntado al alojamiento del sensor, con el motor a temperatura de operación.
- Caída de voltaje pin a pin** con el motor caliente (límite 0.02 V).

Método de comparación con termómetro infrarrojo

Paso	Acción
1	Motor a temperatura de operación estable, tras varios ciclos del termostato
2	Apunte el termómetro infrarrojo directamente al cuerpo metálico del sensor o al alojamiento inmediato
3	Aplique cinta adhesiva mate oscura sobre la superficie si es brillante (el metal pulido falsea la lectura infrarroja)
4	Compare con el PID del escáner

Tolerancia: ± 5 °C. Diferencias mayores confirman sesgo del sensor o del circuito.

Precaución con el infrarrojo: las superficies metálicas brillantes tienen baja emisividad y el termómetro leerá bajo. El truco de la cinta mate no es opcional: es la diferencia entre un diagnóstico válido y uno inventado.

Tabla de decisión final del módulo

Observación	Causa más probable	Verificación
Un sensor desviado en remojo en frío	Sensor sesgado	Prueba de agua caliente (§3.1 Fase C)
Varios sensores desviados juntos	SIG RTN compartida	Caída de voltaje, límite 0.05 V
Correcto en frío, incorrecto en caliente	Resistencia parásita en el circuito	Resistencia patrón (§3.1 Fase D)
Lectura correcta pero respuesta lenta	Elemento contaminado o encapsulado	Prueba de respuesta dinámica
Saltos aleatorios	Conexión intermitente	Captura larga en <i>roll</i> + movimiento del arnés
-40 °C o +130 °C fijos	Abierto o en corto	Prueba de sustitución de 20 s (§3.1 Fase A)
Calentamiento estancado bajo la ventana	Termostato	Curva de calentamiento (§3.1 Fase F)

Preguntas de autoevaluación — Sensor sesgado

P1. Tras un remojo en frío de 10 horas con 17 °C ambiente, los PIDs son: ECT 29 °C, IAT 28 °C, CHT 29 °C, EOT 28 °C, TFT 29 °C. ¿Cuál es el diagnóstico, por qué **no** es un problema de sensores y qué prueba realiza a continuación con qué límite?

P2. Un vehículo pasa la prueba de remojo en frío sin observaciones, pero presenta LTFT de -11 % con el motor caliente y consumo elevado. Explique por qué el remojo en frío no detectó el problema y describa la prueba que sí lo hará.

P3. Explique por qué un ECT sesgado 15 °C hacia abajo puede deteriorar el catalizador, aunque el motor funcione aparentemente bien y no encienda la luz de avería.

CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 3

- 1.** Usando la tabla maestra, calcule el voltaje de señal esperado con un sensor de $973\ \Omega$ y una pull-up de $1\ 000\ \Omega$. Después recalcule suponiendo que la ECU usa una pull-up de $3\ 000\ \Omega$ y explique por qué las tablas de voltaje no son transferibles entre fabricantes.
 - 2.** Un ECT presenta $90\ \Omega$ de resistencia parásita en su circuito. Calcule el error de temperatura resultante a $20\ ^\circ\text{C}$ y a $100\ ^\circ\text{C}$ usando la tabla maestra, y explique por qué la falla se manifiesta como mezcla rica solo en caliente.
 - 3.** Un motor no arranca en caliente, expulsa humo negro y el escáner reporta $-40\ ^\circ\text{C}$ con el motor evidentemente caliente. Describa la prueba de 20 segundos que determina si el problema es el sensor, el cableado o la ECU, e indique qué debe observar en cada paso.
 - 4.** Diferencie P0125 de P0128 y explique por qué un P0128 con termostato nuevo suele significar que el problema es otro. Indique cuál.
 - 5.** Un TFT reporta $36\ ^\circ\text{C}$ tras una hora de conducción en autopista. La transmisión nunca bloquea el convertidor. No hay códigos. Explique el mecanismo completo, calcule qué resistencia estaría midiendo el módulo si la temperatura real es de $88\ ^\circ\text{C}$, y describa cómo verifica el circuito sin desmontar el cárter.
 - 6.** Explique por qué un IAT a $30\ ^\circ\text{C}$ es prácticamente inmune a $50\ \Omega$ de resistencia parásita mientras que un ECT a $100\ ^\circ\text{C}$ sufre $8\ ^\circ\text{C}$ de error con la misma resistencia. Sustente la respuesta con los valores de la tabla maestra.
 - 7.** Un sensor EGT mide $640\ \text{k}\Omega$ a $20\ ^\circ\text{C}$. Determine su tecnología, prediga el comportamiento de su resistencia al calentarse y explique qué error cometería un técnico que aplicara la fórmula del Pt200 a este sensor.
 - 8.** Durante el calentamiento, el oscilograma del ECT muestra un salto abrupto del voltaje mientras el PID del escáner permanece continuo. Explique el fenómeno, indique a qué temperatura suele ocurrir y describa cómo distinguirlo de una falla real.
 - 9.** Un vehículo diésel presenta P2002 (eficiencia del DPF) y P2463 (acumulación de hollín) con un DPF que fue reemplazado hace $3\ 000\ \text{km}$. Describa la verificación que debe realizar antes de considerar cualquier reparación del sistema de escape, y justifique por qué.
 - 10.** Calcule la corriente que circula por un circuito NTC a $-20\ ^\circ\text{C}$ y a $110\ ^\circ\text{C}$ usando la tabla maestra, y explique por qué esa diferencia de casi 26 veces justifica que los límites de caída de voltaje del Módulo 0 no se apliquen directamente a estos circuitos.
-

HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 3

TABLA MAESTRA NTC (pull-up 1000 Ω · VREF 5.00 V)

TEMP	RESISTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE
-40 °C ...	100 700 Ω	4.95 V	0.05 mA
-20 °C ...	28 680 Ω	4.83 V	0.17 mA
0 °C ...	9 420 Ω	4.52 V	0.48 mA
20 °C ...	3 520 Ω	3.89 V	1.11 mA
40 °C ...	1 459 Ω	2.97 V	2.03 mA
60 °C ...	667 Ω	2.00 V	3.00 mA
80 °C ...	332 Ω	1.25 V	3.75 mA
90 °C ...	241 Ω	0.97 V	4.03 mA
100 °C ...	177 Ω	0.76 V	4.25 mA
120 °C ...	100 Ω	0.45 V	4.55 mA

FÓRMULAS

$$V_{sig} = 5 \times R_t / (R_t + R_{pull-up})$$

$$I = (V_{REF} - V_{sig}) / R_{pull-up}$$

$$R_t = R_{25} \times e^{\left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298.15} \right) \right]} \quad \text{con } T \text{ en kelvin, } \beta \approx 3450$$

$$Pt200 \text{ (PTC): } R = 200 \times (1 + 0.00385 \times T)$$

$$\text{Termopar K: } mV \approx 0.0405 \times T(^{\circ}C)$$

LÍMITES DE CAÍDA DE VOLTAJE – MÁS ESTRUCTOS QUE EL MÓDULO 0

Señal, pin del sensor ↔ pin ECU 0.02 V

SIG RTN, pin del sensor ↔ pin ECU 0.02 V

SIG RTN contra negativo de batería 0.05 V

Termopar tipo K 2 mV de error = 50 °C de error

RAZÓN: a 90 °C el sensor mide solo 241 Ω . 50 Ω parásitos = 6 °C.

PRUEBA DE SUSTITUCIÓN DE 20 SEGUNDOS

Desconectar el sensor debe reportar -40 °C (P0118)

Puentear los dos pines debe reportar +130 °C (P0117)

Ambas responden → cableado y ECU SANOS; el problema es el sensor

RESISTENCIA PATRÓN – CUANTIFICA LA RESISTENCIA PARÁSITA

Inserte 332 Ω → debe reportar 80 °C

Inserte 241 Ω → debe reportar 90 °C

Si reporta menos, busque en la tabla la R de ese valor y reste.

PRUEBA DE REMOJO EN FRÍO (≥ 8 h apagado, llave en contacto)

ECT = IAT = CHT = EOT = TFT = EGT = ambiente, todos dentro de ± 3 °C

Uno desviado ese sensor está sesgado

Varios desviados juntos MASA DE SENSORES compartida

Bien en frío / mal en caliente → resistencia parásita en el circuito

VALORES DE OPERACIÓN

ECT 88 – 96 °C · 0.60 – 1.05 V

IAT ambiente +15 a +30 °C en ralentí (remojo térmico: NORMAL)

CHT 95 – 115 °C · protección 125 – 135 °C

EOT 95 – 125 °C · habilita el VVT

TFT 80 – 100 °C · bajo 20–40 °C el TCC no bloquea
EGT DPF ... regeneración objetivo 550 – 650 °C

CÓDIGOS CLAVE

P0116 ECT rango · P0117 bajo (=caliente) · P0118 alto (=frío)
P0125 sin lazo cerrado · P0128 termostato · P0111 IAT rango
P0195–P0199 EOT · P0710–P0714 TFT · P1289 CHT (Ford)
P0544/P2080 EGT · P2002 eficiencia DPF · P2463 hollín

Fin del Módulo 3. El Módulo 4 (Sensores de Oxígeno y Control de Mezcla) desarrolla la sonda de circonio, el sensor A/F de banda ancha con su corriente de bombeo, y el cálculo real de los fuel trims.