

MÓDULO 13 — SISTEMA DE CARGA Y ARRANQUE

Alternador RVC y LIN · Rizado · Compresión relativa por corriente · Consumo parásito

Índice

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO	3
Lo que ha cambiado y por qué importa	3
Las cuatro pruebas del módulo	3
Fórmulas maestras	4
13.1 · ALTERNADOR CON REGULACIÓN POR PCM (RVC) Y POR LIN	5
Las tres arquitecturas	5
El sensor de batería (IBS / EBS)	5
1 · Valores en ralentí	6
2 · Valor aproximado a 2000 RPM	6
3 · Rango de funcionamiento normal	7
4 · Síntomas de falla	7
5 · Posibles soluciones y reparaciones	8
6 · Estrategia de diagnóstico avanzado	8
7 · Valores comunes de resistencia	10
8 · Alimentaciones y tierras	10
9 · Aplicación de la Ley de Ohm	10
10 · Nomenclatura de cableado	11
11 · Simbología y diagrama de conexión	12
12 · Análisis de oscilogramas	12
13 · Señales PWM / ciclo de trabajo	12
14 · Análisis de corriente	12
15 · Preguntas de autoevaluación — Alternador	13
13.2 · PRUEBA DE RIZADO (RIPPLE) CON OSCILOSCOPIO	14
Por qué existe el rizado	14
1 · Valores de referencia	14
2 · Comportamiento con las RPM	15
3 · Procedimiento de la prueba	15
4 · Interpretación	16
5 · Confirmación con la prueba de salida	16
6 · Puntos 1 - 15 de la prueba de rizado	16
Preguntas de autoevaluación — Rizado	17
13.3 · ANÁLISIS DE CORRIENTE DE ARRANQUE Y COMPRESIÓN RELATIVA	18
Los tres tramos de la captura	18

1 · Valores de referencia	18
2 · La prueba de compresión relativa	19
3 · El límite de la prueba y cómo superarlo	21
4 · Prueba de voltaje durante el arranque	21
5 · Prueba de caída de voltaje del circuito de arranque	22
6 · Puntos 1 – 15 aplicados al sistema de arranque	22
Preguntas de autoevaluación — Arranque y compresión relativa	23
13.4 · CONSUMO PARÁSITO (<i>PARASITIC DRAW</i>)	24
El error metodológico que invalida la prueba	24
1 · Valores de referencia	24
2 · Los tres métodos de medición	25
3 · Procedimiento completo	26
4 · Causas más frecuentes, en orden	26
5 · Puntos 1 – 15 aplicados al consumo parásito	27
Preguntas de autoevaluación — Consumo parásito	28
CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 13	29
HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 13	30

PRESENTACIÓN DEL MÓDULO

SISTEMA DE CARGA MODERNO — PUNTOS DE MEDICIÓN

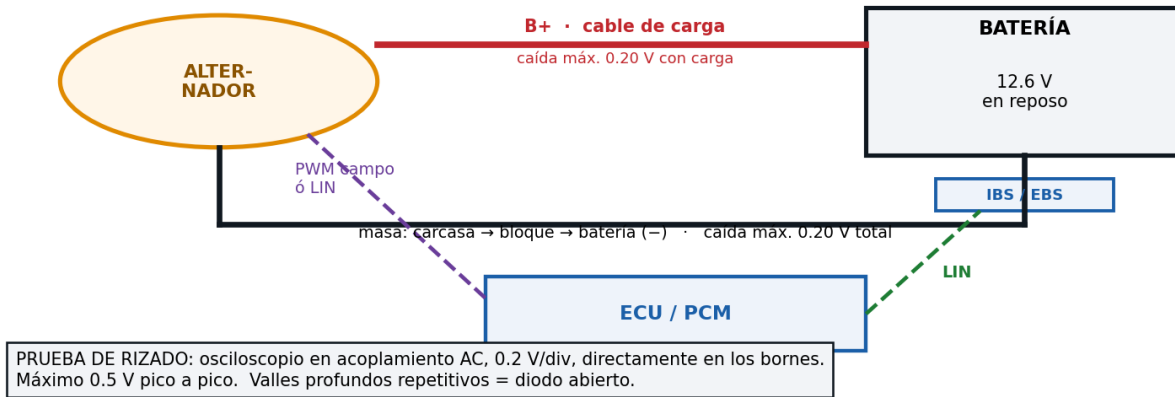


Figura 1: Sistema de carga moderno y puntos de medición

Este módulo cierra el bloque de actuadores con los circuitos de **mayor corriente del vehículo** — hasta 500 A durante el arranque— y con la herramienta que los domina: **la pinza amperimétrica**.

Lo que ha cambiado y por qué importa

Durante décadas, “probar el alternador” significaba medir 13.8 – 14.4 V en los bornes. Ese criterio **ya no es válido** en la mayoría de los vehículos fabricados desde 2005:

Un alternador moderno puede entregar 12.9 V de forma completamente correcta. La ECU reduce deliberadamente el voltaje cuando la batería está cargada para ahorrar combustible, y lo eleva a 15.4 V en desaceleración para recuperar energía. **Medir 13.1 V y condenar el alternador es el error más frecuente del diagnóstico moderno de carga.**

Las cuatro pruebas del módulo

§	Prueba	Instrumento	Qué revela
13.1	Estrategia de carga	Escáner + multímetro	Si el voltaje es el comandado
13.2	Rizado (ripple)	Osciloscopio en AC	Estado de los diodos y del estátor
13.3	Compresión relativa	Pinza de alta corriente	Estado mecánico del motor
13.4	Consumo parásito	Multímetro de μV o pinza mA	Qué módulo no se duerme

Fórmulas maestras

$$\text{Desviación (\%)} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max}} \times 100$$

$$I \text{ (mA)} = \frac{V_{drop} \text{ (mV)}}{k_{fus} \text{ (mV/A)}} \times 1000$$

$$P_{alternador} = V \times I \quad P_{mec} = \frac{P_{elec}}{\eta} \quad (\eta \approx 0.55 - 0.65)$$

13.1 · ALTERNADOR CON REGULACIÓN POR PCM (RVC) Y POR LIN

LAS TRES ARQUITECTURAS DE REGULACIÓN DEL ALTERNADOR

1 · REGULADOR INTERNO

El alternador se autorregula a 13.8 – 14.7 V.
La ECU solo observa. Sin control externo.

2 · RVC — CONTROL POR PWM (GM, Ford)

La ECU comanda el campo por PWM (100 – 200 Hz) en el terminal F o L.
El voltaje objetivo varía de 12.6 a 15.5 V según estado de carga y demanda.

3 · CONTROL POR LIN (Bosch, VAG, BMW)

La ECU envía la consigna de voltaje por LIN.
El alternador responde con su estado y su carga (%). NO hay PWM que medir.

EN LAS ARQUITECTURAS 2 Y 3, EL SENSOR DE BATERÍA (IBS/EBS) EN EL BORNE NEGATIVO mide corriente, voltaje y temperatura, y define la consigna. Si falla, el voltaje se descontrola.

Figura 2: Las tres arquitecturas de regulación

Las tres arquitecturas

Arquitectura	Control	Cómo se diagnostica
1 · Regulador interno	El alternador se autorregula	Voltaje fijo 13.8 – 14.7 V
2 · RVC (PWM)	La ECU comanda el campo por PWM (100 – 200 Hz) en el terminal F o L	Duty cycle + voltaje objetivo
3 · LIN	La ECU envía la consigna por bus; el alternador responde con su carga en %	PID del escáner — no hay PWM que medir

El sensor de batería (IBS / EBS)

En las arquitecturas 2 y 3 existe un **sensor inteligente en el borne negativo** que mide simultáneamente:

Magnitud	Uso
Corriente (bidireccional, ± 200 A)	Saber si la batería se carga o se descarga
Voltaje	Estado de carga (SOC)
Temperatura	Compensación térmica del voltaje objetivo

Comunica por **LIN** y su dato define la consigna de carga.

Si el sensor de batería falla o se desconecta, el voltaje de carga se descontrola (habitualmente sube a un valor fijo de seguridad). Además, **al reemplazar la batería hay que registrarla** en la ECU en muchos vehículos: sin ese paso, la estrategia sigue tratando a la batería nueva como si fuera vieja.

1 · Valores en ralentí

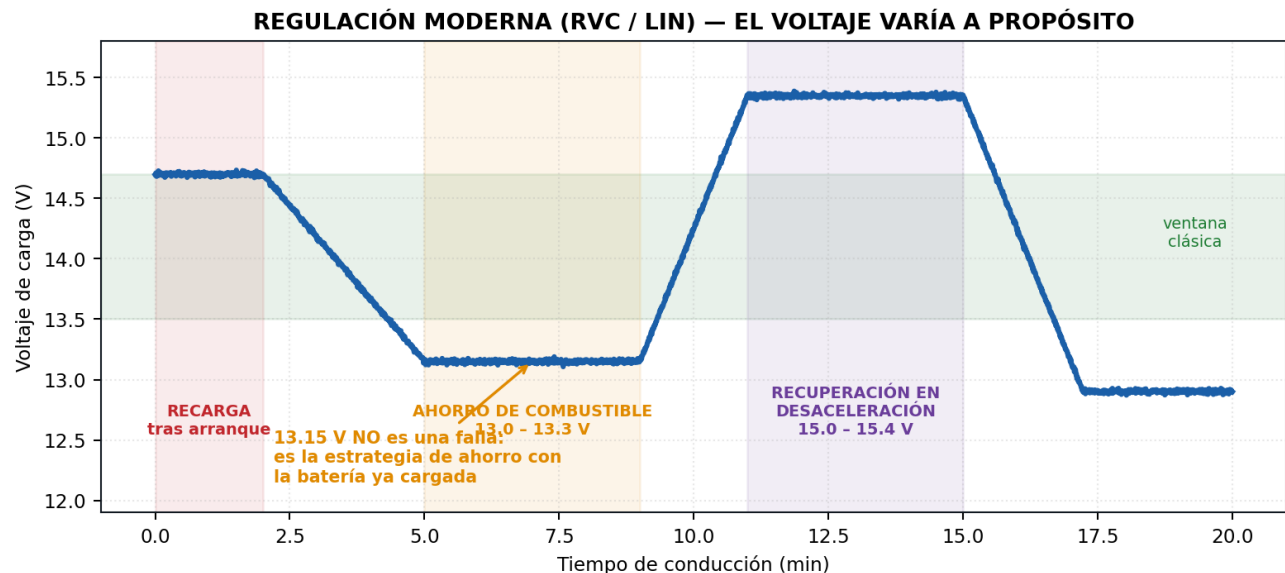


Figura 3: Estrategia de carga moderna

Situación	Voltaje esperado
Recarga tras el arranque	14.4 - 15.0 V
Batería cargada, modo ahorro	12.9 - 13.4 V ← no es falla
Conducción normal	13.5 - 14.5 V
Desaceleración (recuperación)	14.8 - 15.5 V
Con carga eléctrica alta	13.8 - 14.6 V
Motor muy caliente	13.4 - 14.0 V (compensación térmica)
Batería en reposo (motor apagado)	12.5 - 12.7 V

Parámetro eléctrico	Valor
Corriente de campo	3 - 7 A
Duty cycle del campo (RVC) en ralentí	20 - 60 %
Frecuencia PWM del campo	100 - 200 Hz
Salida nominal del alternador	70 - 180 A
Rizado máximo	0.5 V pico a pico
Eficiencia del alternador	55 - 65 %

2 · Valor aproximado a 2000 RPM

Condición	Voltaje	Duty del campo
2000 RPM, batería cargada, sin carga	12.9 - 13.4 V	10 - 30 %
2000 RPM con luces, ventilador y A/C	13.8 - 14.6 V	60 - 95 %
2000 RPM tras un arranque prolongado	14.5 - 15.0 V	80 - 100 %
Compensación térmica	-60 mV por cada 10 °C de aumento	—

La compensación térmica es real y cuantificable: una batería a 0 °C recibe aproximadamente 0.5 V más que la misma batería a 80 °C. Un vehículo que carga a 14.8 V en invierno y a 13.9 V en verano **está funcionando correctamente**.

3 · Rango de funcionamiento normal

Parámetro	Valor
Rango de regulación (RVC / LIN)	12.6 - 15.5 V
Rango de regulación (regulador interno)	13.5 - 14.7 V
Voltaje mínimo aceptable bajo carga máxima	13.5 V
Rizado máximo	0.5 V p-p
Caída máxima en el cable B+ bajo carga	0.20 V
Caída máxima en el circuito de masa	0.20 V total
Corriente entregada al 100 % de campo	70 - 100 % de la nominal a 2 000 RPM

4 · Síntomas de falla

Falla	Síntoma
Diodo abierto	Rizado alto , salida reducida a $\approx 1/3$, batería descargada progresivamente, ruido en la radio
Diodo en corto	Rizado muy alto, descarga de la batería con el motor apagado
Devanado del estátor abierto	Salida reducida, rizado con patrón irregular
Escobillas desgastadas	Carga intermitente, se corta al calentarse
Caída de voltaje en el cable B+	Carga aparentemente baja con alternador sano
Masa deficiente	Igual; el alternador no puede entregar su corriente
Sensor de batería (IBS) defectuoso	Voltaje descontrolado o fijo; falso diagnóstico de alternador
Batería no registrada tras el reemplazo	Estrategia de carga incorrecta, batería siempre a media carga
Polea de rueda libre (OAP) trabada	Ruido, correa que salta, carga irregular

Códigos: P0620 - P0625 (circuito de control del generador), P062F, P0562 (voltaje del sistema bajo), P0563 (voltaje alto), P164A/P164B, P0AC0 - P0AC5 (sensor de batería), U0140 (pérdida de comunicación con el módulo de carrocería).

5 · Posibles soluciones y reparaciones

1. **Antes de nada, verificar cuál es la arquitectura.** Si el vehículo tiene RVC o LIN, un voltaje de 13.1 V puede ser perfectamente correcto: consulte el PID de **voltaje objetivo** y compárelo con el real.
2. **Prueba de caída de voltaje en B+ y en la masa bajo carga máxima.** Es la causa más frecuente de “alternador que no carga” con alternador sano.
3. **Prueba de rizado** (§13.2) — condena los diodos en 30 segundos.
4. **Verificar el sensor de batería** y su conexión al borne negativo.
5. **Registrar la batería nueva** en la ECU cuando el fabricante lo requiera.
6. Verificar la **tensión y el estado de la correa**, y la **polea de rueda libre**.
7. Reemplazar el alternador solo tras descartar todo lo anterior.

6 · Estrategia de diagnóstico avanzado

Fase A — Comparación de voltaje objetivo vs real

Registre simultáneamente el PID de **voltaje objetivo** (o de **carga del generador en %**) y el voltaje medido en los bornes.

Hallazgo	Diagnóstico
Real coincide con el objetivo	Sistema de carga sano , aunque el valor sea 13.0 V
Real por debajo del objetivo con campo al 100 %	Alternador, correa, o caída de voltaje
Real por encima del objetivo	Regulador o sensor de batería
Objetivo fijo en un valor extremo	Sensor de batería defectuoso o modo de respaldo

Fase B — Prueba de carga bajo demanda real

PRUEBAS DEL SISTEMA DE CARGA BAJO DEMANDA REAL

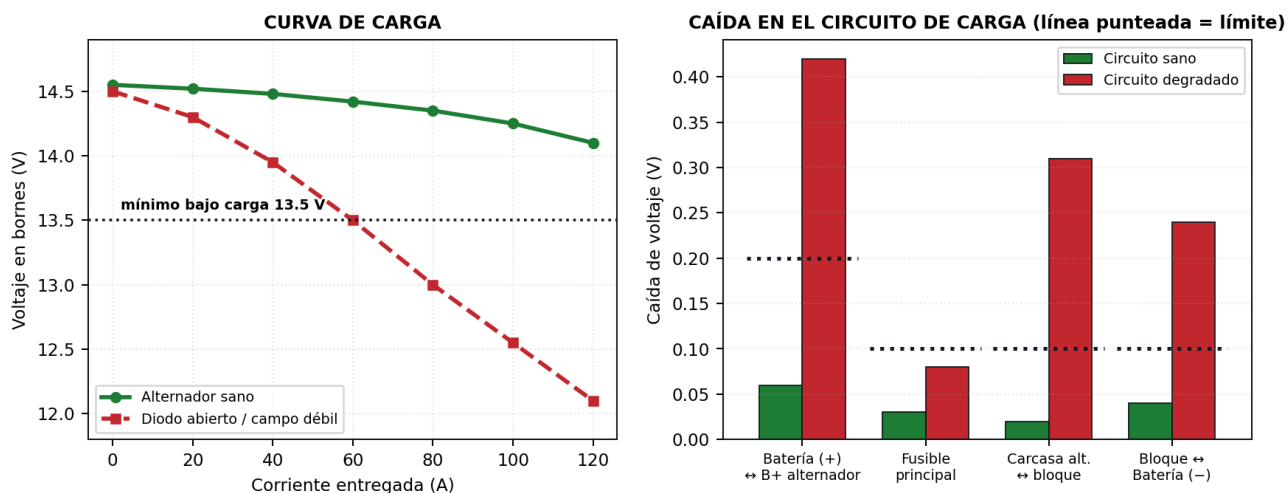


Figura 4: Curva de carga y caídas del circuito

1. Motor a 2 000 RPM.
2. Encienda progresivamente todas las cargas: luces, ventilador, desempañador, A/C, radio al máximo.
3. Registre el voltaje en los bornes y la corriente con pinza.

Resultado	Diagnóstico
El voltaje se mantiene $\geq 13.5 \text{ V}$	Alternador con capacidad suficiente
El voltaje cae por debajo de 13.0 V	Alternador insuficiente o degradado
La corriente no alcanza el 70 % de la nominal	Diodo abierto o estátor
El voltaje cae pero la corriente es correcta	Caída de voltaje en el cableado

Fase C — Prueba de caída de voltaje del circuito de carga

Con el alternador entregando al menos 30 A (todas las cargas encendidas):

Medición	Puntas	Límite
Cable B+ (positivo)	B+ del alternador ↔ positivo de batería	0.20 V
Fusible / eslabón principal	Ambos extremos	0.10 V
Carcasa del alternador ↔ bloque	—	0.10 V
Bloque ↔ negativo de batería	—	0.10 V
Masa total	Carcasa del alternador ↔ negativo de batería	0.20 V

Cálculo del impacto: con 60 A circulando y 0.45 V de caída en B+:

$$R_{par} = \frac{0.45}{60} = 0.0075 \, \Omega \quad P_{perdida} = 0.45 \times 60 = 27 \text{ W}$$

La batería recibe 0.45 V menos de lo que el alternador produce. **El regulador mide el voltaje en el punto de detección (S) y compensa subiendo la salida**, pero si la caída es grande, el alternador satura sin conseguir cargar la batería.

Fase D — Verificación del control del campo (RVC)

Ajuste	Valor
Canal	Terminal F o L del alternador
Acoplamiento	DC
V/div	5 V/div
Time/div	2 - 5 ms/div
Verificar	Frecuencia 100 - 200 Hz · duty coherente con la demanda

Hallazgo	Diagnóstico
Duty bajo con batería cargada	Normal — modo ahorro
Duty al 100 % con voltaje bajo	Alternador incapaz de responder
Sin señal	ECU, cableado, o el alternador es de tipo LIN

7 · Valores comunes de resistencia

Componente	Valor
Rotor (campo), entre anillos rozantes	2.5 - 6.0 Ω
Rotor a carcasa (aislamiento)	> 10 MΩ
Estátor, entre fases	0.1 - 0.5 Ω (usar función REL)
Estátor a carcasa	> 10 MΩ
Diodo (modo diodo)	0.4 - 0.7 V en directo · OL en inverso
Cable B+ completo	< 5 mΩ

Cálculo de la corriente de campo:

$$I_{campo} = \frac{13.8}{3.8} = 3.63 \text{ A}$$

8 · Alimentaciones y tierras

Terminal	Nombre	Función
B+	Salida	Cable grueso directo a la batería o a la caja de fusibles
S	<i>Sense</i>	Punto de detección del voltaje (a veces en la batería)
F	<i>Field</i>	Control del campo por PWM (arquitectura RVC)
L	<i>Lamp</i> / comunicación	Lámpara de aviso y, en algunos, comunicación
IG	Ignición	Excitación inicial
LIN	Bus	Consigna y diagnóstico (arquitectura 3)
Carcasa	Masa	A través de la fijación al bloque

La masa del alternador es su propia carcasa, atornillada al bloque. Óxido en esa unión produce exactamente los mismos síntomas que un alternador defectuoso, y es gratis de reparar.

9 · Aplicación de la Ley de Ohm

Cálculo 1 — Potencia eléctrica y carga mecánica

Un alternador entregando 80 A a 14.2 V:

$$P_{elec} = 14.2 \times 80 = 1136 \text{ W}$$

Con una eficiencia del 60 %:

$$P_{mec} = \frac{1136}{0.60} = 1893 \text{ W} = 2.54 \text{ CV}$$

El alternador le quita al motor 2.5 CV cuando trabaja a 80 A. Ésa es la razón económica de la estrategia de ahorro: reducir el voltaje de 14.4 a 13.1 V baja la corriente entregada y libera potencia.

Cálculo 2 — Efecto del rizado sobre la batería

Un rizado de 2.5 V p-p significa que, durante parte del ciclo, el voltaje cae por debajo del de la batería. En esos instantes **la batería alimenta al sistema en lugar de cargarse**. Por eso un diodo abierto descarga la batería aunque el voltímetro muestre un promedio aceptable.

Cálculo 3 — Deducción de la caída de voltaje admisible

Si el cable B+ tiene 8 mΩ y el alternador entrega 100 A:

$$V_{drop} = 100 \times 0.008 = 0.80 \text{ V}$$

Cuadruplica el límite de 0.20 V. El cable debe reemplazarse o el terminal limpiarse. Observe que el mismo cable con 20 A produciría 0.16 V y “pasaría” la prueba: **mida siempre con la carga máxima.**

Cálculo 4 — Compensación térmica

$$\Delta V = -0.006 \times \Delta T \text{ (}^\circ\text{C)} \text{ por celda} \times 6 \text{ celdas}$$

De 0 °C a 60 °C:

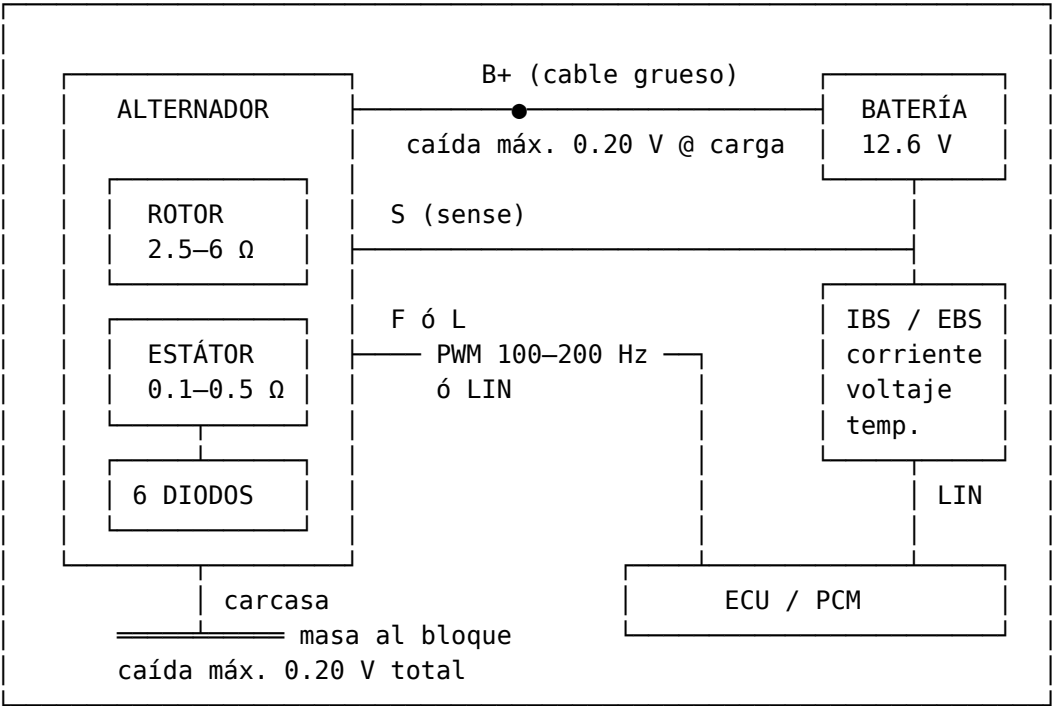
$$\Delta V = -0.006 \times 60 \times 6/6 \approx -0.36 \text{ V}$$

(las fuentes varían entre -3 y -6 mV/°C para la batería completa; use la especificación del fabricante).

10 · Nomenclatura de cableado

Marca	B+	Campo / control	Detección	LIN
GM	RED (cable grueso)	DK GRN (F)	RED/WHT (S)	—
Ford	BLK/ORN	LT BLU (A)	WHT/BLK	—
Bosch / VAG	rt	—	—	li (LIN)
Toyota / Denso	B	IG / L	S	—
Chrysler	RED	DK GRN (campo)	—	—

11 · Simbología y diagrama de conexión



△ 12.9 V CON LA BATERÍA CARGADA NO ES UNA FALLA:
es la estrategia de ahorro. Compare con el PID de VOLTAJE OBJETIVO.

12 · Análisis de oscilogramas

Ver §13.2, que desarrolla la prueba de rizado en detalle.

13 · Señales PWM / ciclo de trabajo

Arquitectura	Señal	Frecuencia	Duty
RVC	Control del campo (F o L)	100 - 200 Hz	10 - 100 % según demanda
RVC	Realimentación de carga	100 - 200 Hz	Proporcional a la carga entregada
LIN	Trama digital	19.2 kbaud	No aplica

Algunos alternadores envían por el mismo terminal L una señal PWM de realimentación que indica el porcentaje de carga que están entregando. No la confunda con la señal de control: verifique el sentido en el diagrama.

14 · Análisis de corriente

Medición	Valor	Método
Salida del alternador	0 - 180 A	Pinza estándar sobre el cable B+
Corriente de campo	3 - 7 A	Pinza de baja corriente en F
Corriente de la batería (carga/descarga)	± 200 A	Pinza sobre el cable negativo

Prueba de capacidad de salida: con todas las cargas encendidas y el motor a 2 000 RPM, el alternador debe entregar al menos el **70 % de su corriente nominal**. Un alternador de 120 A debe alcanzar 84 A. Si no lo hace con voltaje de campo correcto, tiene diodos o estátor defectuosos.

15 · Preguntas de autoevaluación — Alternador

P1. Un vehículo con RVC carga a 13.05 V con el motor caliente y la batería plenamente cargada. El cliente reclama que “el alternador está fallando”. Explique si la lectura es correcta, qué PID consultaría para confirmarlo y por qué el criterio clásico de 13.8 - 14.4 V ya no aplica.

P2. Un alternador entrega 90 A a 14.1 V. Calcule la potencia eléctrica, la potencia mecánica que consume del motor con 60 % de eficiencia, y expréselo en CV. Explique la relación con la estrategia de ahorro de combustible.

P3. El cable B+ presenta 0.62 V de caída con el alternador entregando 75 A. Calcule la resistencia del cable, la potencia disipada, y explique por qué la misma medición con solo 15 A de carga habría “pasado” la prueba.

13.2 · PRUEBA DE RIZADO (RIPPLE) CON OSCILOSCOPIO

PRUEBA DE RIZADO — ACOPLAMIENTO AC: LA HUELLA DE LOS DIODOS

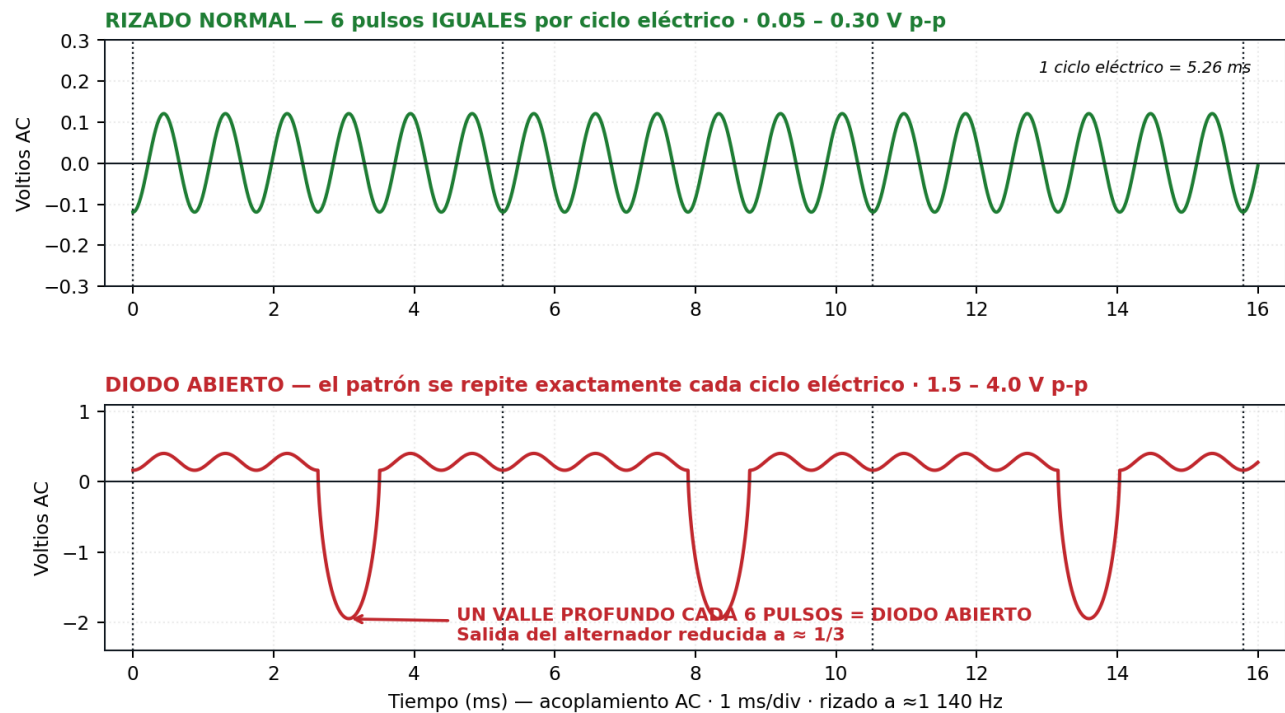


Figura 5: Rizado normal comparado con diodo abierto

Por qué existe el rizado

Un alternador genera corriente **alterna trifásica**. Un puente de **seis diodos** la rectifica en corriente continua. Pero la rectificación nunca es perfecta: queda una ondulación residual llamada **rizado**.

Pulsos por ciclo eléctrico = 6 (rectificación de onda completa trifásica)

Pulsos por vuelta mecánica = $6 \times \text{pares de polos} \approx 36 - 48$

La forma de ese rizado es la firma de los seis diodos y de los tres devanados. Un componente defectuoso deja un hueco periódico y perfectamente reconocible.

1 · Valores de referencia

Parámetro	Valor
Rizado máximo aceptable	0.5 V pico a pico (acoplamiento AC)
Rizado típico de un alternador sano	0.05 - 0.30 V p-p
Rizado en AC RMS (multímetro)	< 0.1 V AC

Parámetro	Valor
Rizado con un diodo abierto	1.5 - 4.0 V p-p
Rizado con un diodo en corto	3 - 8 V p-p, con descarga de batería
Número de pulsos por ciclo	6, todos iguales

2 · Comportamiento con las RPM

Régimen del motor	Frecuencia eléctrica	Frecuencia del rizado
Ralentí (750 RPM)	190 - 320 Hz	1 100 - 1 900 Hz
2 000 RPM	500 - 850 Hz	3 000 - 5 100 Hz
4 000 RPM	1 000 - 1 700 Hz	6 000 - 10 200 Hz

(Rangos calculados para relaciones de polea de 2.5:1 a 3.2:1 y de 6 a 8 pares de polos. La frecuencia del rizado es **seis veces** la eléctrica, porque el puente de 6 diodos rectifica ambas mitades de las tres fases.)

Cálculo:

$$f_{\text{rizado}} = \frac{RPM_{\text{motor}} \times \text{relación de polea}}{60} \times \text{pares de polos} \times 6$$

Con 750 RPM, relación 2.5:1 y 6 pares de polos:

$$f = \frac{750 \times 2.5}{60} \times 6 \times 6 = 31.25 \times 36 = 1125 \text{ Hz}$$

La frecuencia exacta depende del número de polos y de la relación de polea. Lo diagnóstico no es la frecuencia, sino **la uniformidad de los seis pulsos.**

3 · Procedimiento de la prueba

Ajuste	Valor
Acoplamiento	AC ← obligatorio
V/div	0.2 V/div (0.5 V/div si el rizado es alto)
Time/div	2 - 5 ms/div
Conexión	Directamente en los bornes de la batería
Condición	Motor a 2 000 RPM con carga eléctrica alta (luces, ventilador, desempañador)
Trigger	Automático

La carga eléctrica es imprescindible. Sin carga, el alternador entrega poca corriente y un diodo abierto puede pasar desapercibido. **Con 60 - 80 A de demanda, el defecto se hace evidente.**

4 · Interpretación

Patrón observado	Diagnóstico
Seis pulsos iguales, < 0.5 V p-p Un valle profundo cada seis pulsos Dos valles profundos Rizado muy alto y desordenado Rizado alto con patrón regular pero amplio Rizado de frecuencia distinta a la esperada	Rectificador y estátor sanos Diodo abierto — salida reducida a $\approx 1/3$ Dos diodos abiertos, o un devanado abierto Diodo en corto Estátor con espiras en corto Correa patinando o polea de rueda libre trabada
Picos de alta frecuencia superpuestos	Interferencia del sistema de encendido, no del alternador

5 · Confirmación con la prueba de salida

Un diodo abierto reduce la capacidad del alternador aproximadamente a **un tercio**. La confirmación cruzada:

Prueba	Alternador sano	Con un diodo abierto
Rizado	< 0.5 V p-p	1.5 - 4.0 V p-p
Salida máxima (pinza)	≥ 70 % de la nominal	30 - 45 % de la nominal
Voltaje bajo carga	≥ 13.5 V	Cae por debajo de 13.0 V
Ruido en la radio	Ausente	Zumbido que varía con las RPM

La combinación rizado alto + salida reducida a un tercio es concluyente. No hace falta desarmar el alternador para confirmarlo.

6 · Puntos 1 - 15 de la prueba de rizado

Punto	Contenido
1 · Ralentí	0.05 - 0.30 V p-p · 6 pulsos iguales
2 · 2000 RPM con carga	Igual amplitud, mayor frecuencia · es la condición de prueba
3 · Rango	Máximo 0.5 V p-p en cualquier régimen y carga
4 · Síntomas	Batería que se descarga, ruido en la radio, luces que pulsan, carga insuficiente
5 · Soluciones	Reemplazar el rectificador o el alternador; verificar antes la caída de voltaje
6 · Diagnóstico	Acoplamiento AC, 0.2 V/div, 2 ms/div, en bornes, con carga alta
7 · Resistencia	Diodos en modo diodo: 0.4 - 0.7 V directo, OL inverso
8 · Alimentaciones	Medir en los bornes de la batería, no en el alternador

Punto	Contenido
9 · Ley de Ohm	Un rizado de 2.5 V p-p hace que la batería alimente al sistema en parte del ciclo
10 · Cableado	No aplica
11 · Simbología	Puente de 6 diodos, 3 positivos y 3 negativos
12 · Oscilograma	Ver figura y tabla de interpretación
13 · PWM	No aplica
14 · Corriente	Confirmar con pinza: salida reducida a 1/3 con un diodo abierto
15 · Preguntas	Ver abajo

Preguntas de autoevaluación — Rizado

P1. Un alternador de 130 A presenta 2.8 V de rizado pico a pico y entrega un máximo de 46 A con todas las cargas encendidas. Calcule el porcentaje de la capacidad nominal que está entregando y emita un diagnóstico justificado.

P2. Un técnico mide el rizado en ralentí sin ninguna carga eléctrica y obtiene 0.32 V p-p. Concluye que el rectificador está bien. Explique por qué la prueba no es concluyente y describa la condición correcta.

P3. Explique por qué un rizado de 2.5 V pico a pico descarga la batería aunque el voltímetro muestre un promedio de 13.9 V.

13.3 · ANÁLISIS DE CORRIENTE DE ARRANQUE Y COMPRESIÓN RELATIVA

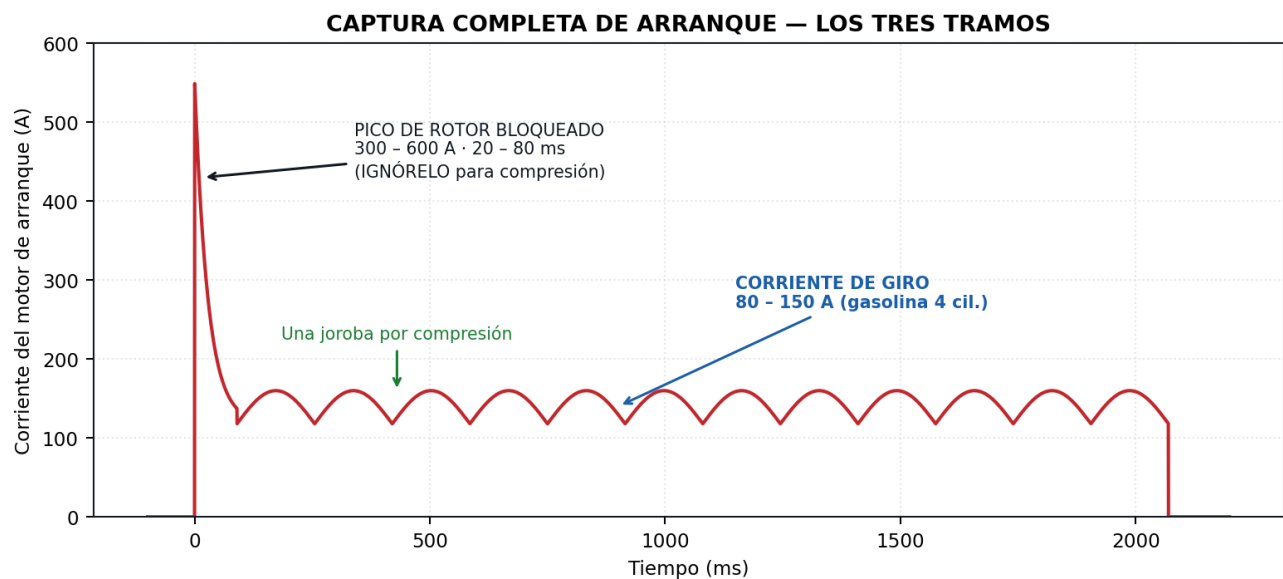


Figura 6: Captura completa de arranque

Los tres tramos de la captura

Tramo	Duración	Corriente	Qué revela
1 · Rotor bloqueado (inrush)	20 - 80 ms	300 - 600 A	Estado del motor de arranque y de la batería
2 · Aceleración	80 - 200 ms	Decreciente	Inercia del conjunto
3 · Giro estable	Resto	80 - 250 A	Compresión relativa de los cilindros

El pico inicial debe ignorarse para el análisis de compresión. Corresponde a la corriente de rotor bloqueado del motor de arranque, no a la resistencia de los cilindros.

1 · Valores de referencia

Motor	Corriente de giro	Pico inicial
Gasolina 4 cilindros	80 - 150 A	250 - 400 A
Gasolina 6 cilindros	120 - 180 A	300 - 450 A
Gasolina V8	150 - 250 A	350 - 550 A
Diésel 4 cilindros	250 - 350 A	450 - 700 A
Diésel 6 cilindros / pesado	350 - 500 A	600 - 900 A

Parámetro	Valor
Voltaje mínimo durante el arranque (20 °C)	9.6 V
Voltaje mínimo a -18 °C	9.0 V
Velocidad de giro	180 - 300 RPM (gasolina) · 150 - 250 RPM (diésel)
Desviación máxima de compresión relativa	< 10 - 15 %
Caída máxima en el circuito positivo del arranque	0.50 V
Caída máxima en el circuito de masa del arranque	0.20 V

2 · La prueba de compresión relativa

COMPRESIÓN RELATIVA POR CORRIENTE — Desviación % = $(I_{max} - I_{min}) / I_{max} \times 100$

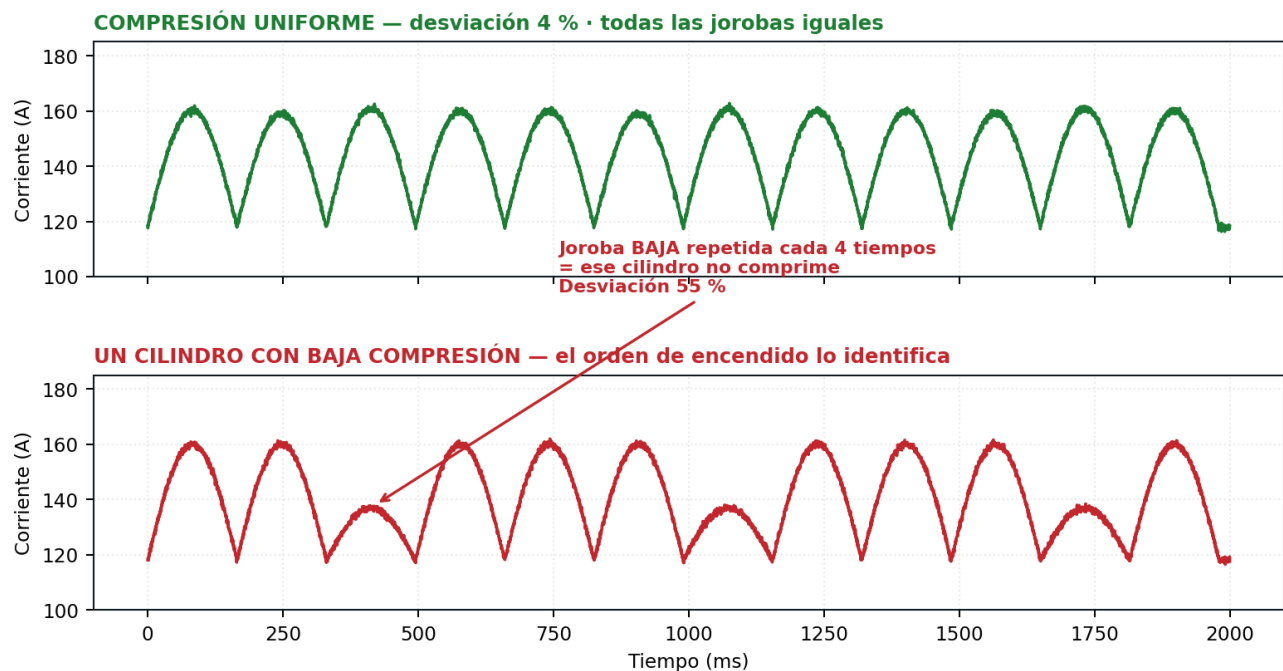


Figura 7: Compresión relativa por corriente

Preparación

1. **Deshabilite la inyección y el encendido** (retire el fusible o el relé correspondiente) para que el motor gire sin arrancar.
2. Batería **plenamente cargada** — una batería débil invalida la prueba.
3. Motor a temperatura de operación si es posible.
4. Pinza de **alta corriente** (500 - 1 000 A) sobre el cable positivo del motor de arranque.

Ajustes del osciloscopio

Ajuste	Valor
Pinza	Alta corriente, escala 1 mV/A o 10 mV/A
A/div	50 A/div
Time/div	100 - 200 ms/div
Acoplamiento	DC
Trigger	CH1, flanco de subida, nivel $\approx 50\%$ del pico inicial
Modo	<i>Single shot</i>
Canal 2 (<i>recomendado</i>)	CKP o inyector 1, para identificar el cilindro

Cómo se mide la desviación

Mida la amplitud de cada joroba desde su valle hasta su pico, no el valor absoluto. La línea base corresponde a la fricción del motor; lo que interesa es el esfuerzo adicional de comprimir.

$$\text{Desviación (\%)} = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max}} \times 100$$

donde A es la amplitud de cada joroba (pico – valle).

Ejemplo: línea base 118 A. Jorobas que llegan a 160 A salvo una que llega a 137 A.

$$A_{max} = 160 - 118 = 42 \text{ A} \quad A_{min} = 137 - 118 = 19 \text{ A}$$

$$\text{Desviación} = \frac{42 - 19}{42} \times 100 = 54.8 \%$$

Interpretación

Desviación	Diagnóstico
< 10 %	Compresión uniforme
10 - 15 %	Diferencia aceptable; vigilar
15 - 25 %	Cilindro con compresión reducida; investigar
> 25 %	Falla de compresión confirmada en ese cilindro

Identificación del cilindro

Con el canal 2 conectado al CKP o al inyector del cilindro 1, cuente las jorobas según el **orden de encendido**:

Cilindros	Intervalo	Órdenes habituales
4	180°	1-3-4-2 · 1-2-4-3
5	144°	1-2-4-5-3
6 en línea	120°	1-5-3-6-2-4

Cilindros	Intervalo	Órdenes habituales
V6	120°	1-2-3-4-5-6 · 1-6-5-4-3-2
V8	90°	1-8-4-3-6-5-7-2 · 1-5-4-8-6-3-7-2

3 · El límite de la prueba y cómo superarlo

Si TODOS los cilindros tienen baja compresión por igual, la desviación será pequeña y la prueba parecerá aprobar. Por eso hay que mirar también el **valor absoluto** de la corriente.

Hallazgo	Diagnóstico
Desviación baja, corriente dentro de la tabla	Compresión uniforme y correcta
Desviación baja, corriente muy por debajo de la tabla	Compresión baja en todos los cilindros — anillos, o distribución desfasada (Módulo 1)
Desviación baja, corriente muy por encima	Motor forzado, aceite muy viscoso, o arranque defectuoso
Desviación alta	Cilindro individual

Ejemplo: un motor de 4 cilindros de gasolina que gira con picos de 95 A uniformes cuando la especificación es 130 - 160 A, con batería sana y masas verificadas, sugiere **compresión baja generalizada** o una **distribución saltada** (Módulo 1, §1.7).

4 · Prueba de voltaje durante el arranque

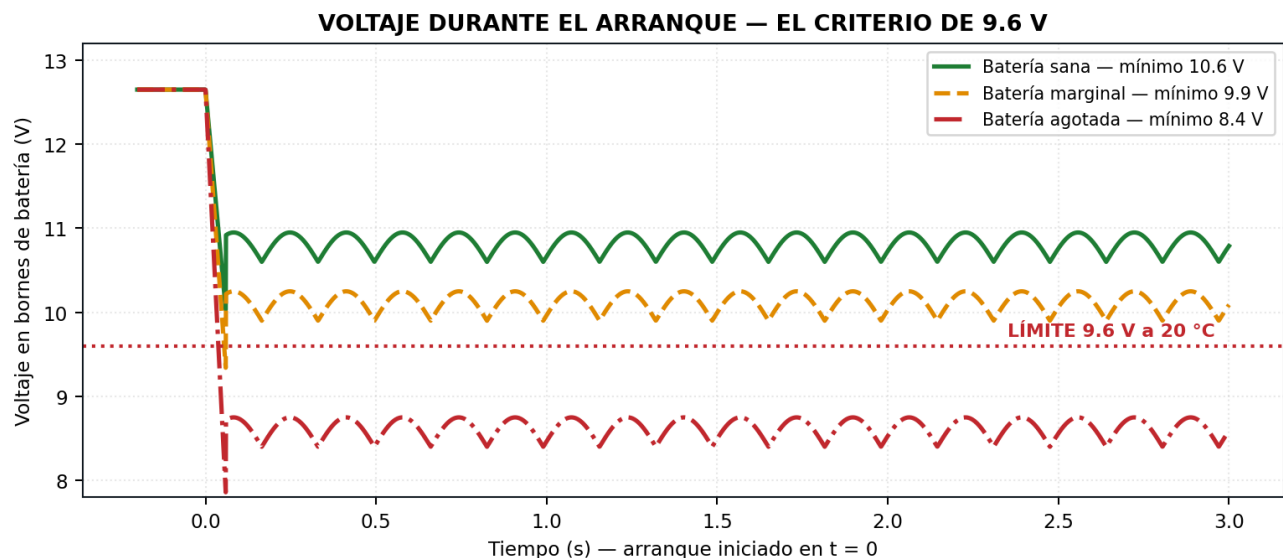


Figura 8: Voltaje durante el arranque

Voltaje mínimo	Interpretación
$\geq 10.5 \text{ V}$	Batería y circuito en excelente estado
9.6 - 10.5 V	Aceptable
$< 9.6 \text{ V a } 20^\circ \text{C}$	Batería agotada, circuito con caída, o motor de arranque forzado
$< 9.0 \text{ V}$	Falla confirmada

Cómo separar batería de motor de arranque:

Voltaje	Corriente	Diagnóstico
Baja	Alta	Motor de arranque forzado o motor mecánicamente duro
Baja	Baja	Batería agotada o caída de voltaje en el circuito
Normal	Baja	Motor de arranque con escobillas o inducido degradado
Normal	Normal, no gira	Solenoide o piñón

5 · Prueba de caída de voltaje del circuito de arranque

Con el motor girando:

Medición	Límite
Positivo: batería (+) ↔ terminal del motor de arranque	0.50 V
Terminal del solenoide ↔ terminal del motor	0.20 V
Masa: carcasa del motor de arranque ↔ batería (-)	0.20 V
Bloque ↔ batería (-)	0.10 V

Cálculo del impacto con 200 A circulando y 0.8 V de caída en el positivo:

$$R_{par} = \frac{0.8}{200} = 0.004 \Omega \quad P_{perdida} = 0.8 \times 200 = 160 \text{ W}$$

160 W disipados en el cable. Además, el motor de arranque recibe 0.8 V menos, por lo que su par cae aproximadamente un **12 %** y el arranque se vuelve lento.

6 · Puntos 1 - 15 aplicados al sistema de arranque

Punto	Contenido
1 · Arranque	Pico 250 - 700 A · giro 80 - 500 A según motor · voltaje $\geq 9.6 \text{ V}$
2 · Tras el arranque	El circuito queda inactivo

Punto	Contenido
3 · Rango	Ver tabla del punto 1 · desviación < 10 – 15 %
4 · Síntomas	Arranque lento, chasquido único, no gira, humo del cable
5 · Soluciones	Limpiar bornes y masas · reemplazar cables · reparar solenoide
6 · Diagnóstico	Corriente + voltaje + caída, las tres simultáneas
7 · Resistencia	Devanado del solenoide (S): 0.3 – 1.0 Ω · devanado de retención: 0.6 – 2.0 Ω
8 · Alimentaciones	Cable directo de batería · masa por la carcasa al bloque
9 · Ley de Ohm	Par del motor $\propto$ corriente; corriente $\propto$ voltaje disponible
10 · Cableado	Cable positivo RED o BLK/ORN de gran sección · sin fusible en la mayoría
11 · Simbología	Motor serie con solenoide de dos devanados
12 · Oscilograma	Los tres tramos y las jorobas de compresión
13 · PWM	No aplica
14 · Corriente	Es la medición central de esta sección
15 · Preguntas	Ver abajo

Preguntas de autoevaluación — Arranque y compresión relativa

P1. En una captura de compresión relativa, la línea base es de 125 A y las jorobas alcanzan 172 A en tres cilindros y 148 A en uno. Calcule las amplitudes, la desviación porcentual y emita un diagnóstico.

P2. Un motor de 4 cilindros de gasolina gira con jorobas uniformes de solo 92 A cuando la especificación es de 130 – 160 A. La batería está cargada, el voltaje se mantiene en 10.8 V y las masas están verificadas. La desviación es del 5 %. Interprete el resultado y enumere las dos causas posibles, relacionando la respuesta con el Módulo 1.

P3. Durante el arranque, el voltaje cae a 8.9 V y la corriente alcanza 320 A en un motor de gasolina de 4 cilindros. Determine qué está ocurriendo, qué prueba adicional realizaría y cómo separa una batería agotada de un motor de arranque forzado.

13.4 · CONSUMO PARÁSITO (PARASITIC DRAW)

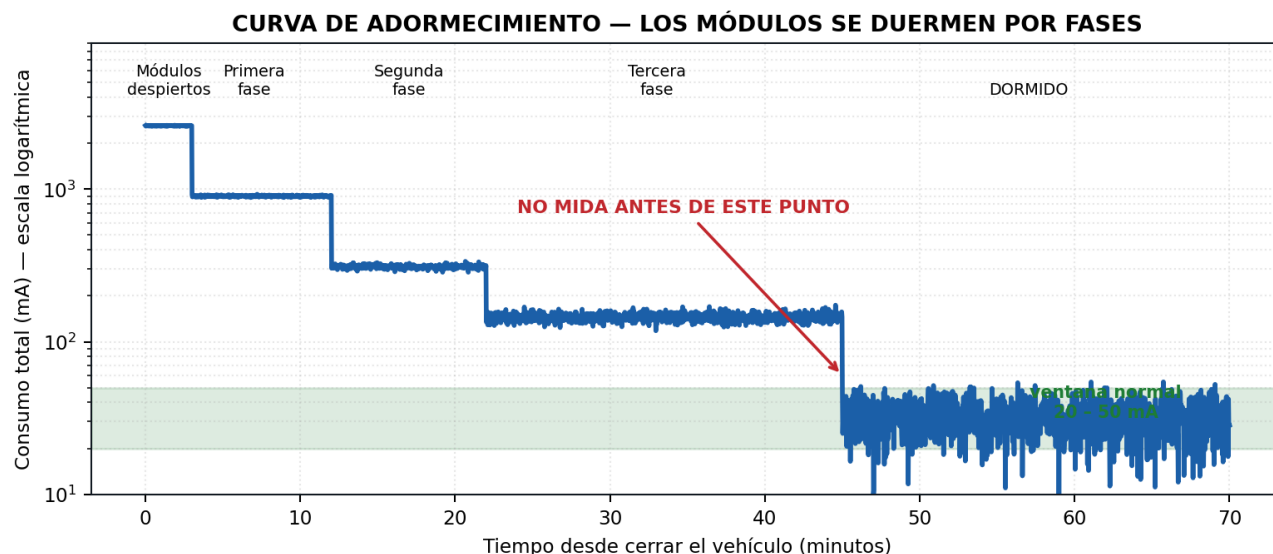


Figura 9: Curva de adormecimiento de los módulos

El error metodológico que invalida la prueba

Un vehículo moderno tiene entre 15 y 40 módulos. **No se duermen todos a la vez**: lo hacen en fases, a lo largo de 20 a 60 minutos.

Fase	Tiempo tras cerrar	Consumo típico
Módulos despiertos	0 - 3 min	1 - 5 A
Primera fase de reposo	3 - 12 min	500 mA - 1.5 A
Segunda fase	12 - 22 min	200 - 500 mA
Tercera fase	22 - 45 min	80 - 250 mA
Dormido completo	> 45 min	20 - 50 mA

Medir antes de que todos los módulos se duerman produce un valor alto que no significa nada. Es la causa número uno de diagnósticos erróneos de consumo parásito. **Espere el tiempo completo, sin abrir puertas ni tocar el vehículo.**

1 · Valores de referencia

Tipo de vehículo	Consumo en reposo
Vehículo simple, sin alarma ni telemática	15 - 30 mA
Vehículo moderno con alarma y llave inteligente	25 - 50 mA
Vehículo premium con telemática permanente	40 - 80 mA
Límite general aceptable	50 mA
Consumo que descarga una batería de 60 Ah en 2 semanas	≈ 180 mA

Cálculo del tiempo de descarga:

$$t \text{ (horas)} = \frac{\text{Capacidad útil (Ah)}}{\text{Consumo (A)}}$$

Con una batería de 60 Ah de la que se puede usar el 50 % antes de no poder arrancar:

$$t = \frac{30}{0.050} = 600 \text{ horas} = 25 \text{ días}$$

Con un consumo de 250 mA:

$$t = \frac{30}{0.250} = 120 \text{ horas} = \mathbf{5 \text{ días}}$$

2 · Los tres métodos de medición**Método A — Amperímetro en serie (clásico)**

Ventaja	Desventaja
Medición directa y precisa	Al desconectar el borne, todos los módulos se despiertan y hay que esperar de nuevo
—	Riesgo de perder configuraciones y códigos de radio
—	Riesgo de fundir el fusible del multímetro si alguien abre una puerta

Mitigación: use un **cable de derivación (bypass)** que mantenga el circuito cerrado mientras conecta el amperímetro, y ábralo solo para medir.

Método B — Caída de voltaje en fusibles (el método moderno)

No se interrumpe ningún circuito, por lo que los módulos permanecen dormidos.

Fundamento: cada fusible tiene una resistencia interna conocida y estable. Al medir la caída en milivoltios sobre sus terminales expuestos, se deduce la corriente.

$$I \text{ (A)} = \frac{V_{drop} \text{ (mV)}}{k \text{ (mV/A)}}$$

Tabla de conversión orientativa (fusible mini de hoja):

Fusible	Factor k	Caída con 50 mA	Caída con 200 mA
5 A	9.0 mV/A	0.45 mV	1.80 mV
7.5 A	7.0 mV/A	0.35 mV	1.40 mV
10 A	5.5 mV/A	0.28 mV	1.10 mV
15 A	3.8 mV/A	0.19 mV	0.76 mV
20 A	3.0 mV/A	0.15 mV	0.60 mV

Fusible	Factor k	Caída con 50 mA	Caída con 200 mA
30 A	2.0 mV/A	0.10 mV	0.40 mV

REQUISITO IMPRESCINDIBLE: el multímetro debe tener **resolución de 0.01 mV (10 μ V)**. Un multímetro común, con resolución de 0.1 mV, **no puede usarse** para este método: no distinguiría 30 mA de 100 mA en un fusible de 20 A.

Los valores de la tabla son orientativos y varían por marca de fusible. Para trabajo preciso, **calibre:** haga circular una corriente conocida por un fusible del mismo tipo y mida su caída.

Método C — Pinza de baja corriente

Pinza de miliamperios sobre el cable negativo de la batería, o sobre ramales individuales. Ventaja: no invasiva. Desventaja: la resolución de la mayoría de las pinzas (10 mA) es marginal para distinguir 25 de 45 mA.

Técnica de mejora: pase el conductor **10 veces** por la mordaza y divida el resultado entre 10.

3 · Procedimiento completo

Paso	Acción
1	Cierre el vehículo normalmente, con la llave fuera y las puertas cerradas
2	Espere 45 - 60 minutos sin tocar el vehículo
3	Mida el consumo total (pinza en el cable negativo o amperímetro con bypass)
4	Si supera 50 mA, recorra los fusibles con el método B buscando caídas
5	Identifique los circuitos con caída significativa
6	Retire un fusible a la vez de los circuitos sospechosos y observe la caída del consumo total
7	Localice el componente dentro de ese circuito con el diagrama

Precaución del paso 6: retirar un fusible **puede despertar módulos**. Espere a que el consumo se estabilice antes de tomar la lectura.

4 · Causas más frecuentes, en orden

#	Causa	Cómo se identifica
1	Módulo que no se duerme (radio, telemática, módulo de puerta)	La caída aparece en su fusible; el consumo baja al retirarlo

#	Causa	Cómo se identifica
2	Luz de guantera, maletero o cortesía que no apaga	Verificación visual e interruptores de puerta
3	Relé pegado	El circuito de su carga tiene consumo; se oye o se comprueba por caída
4	Alternador con diodo en corto	Consumo directo en el cable B+; desconéctelo para confirmar
5	Accesorio instalado después (alarma, audio, GPS)	Cableado no original
6	Humedad en un conector	Consumo variable con la humedad ambiente
7	Interruptor de puerta o capó defectuoso	El vehículo cree que sigue abierto

Cómo confirmar el alternador: con el consumo elevado y estabilizado, **desconecte el cable B+ del alternador**. Si el consumo cae a valores normales, un diodo del rectificador está en corto.

5 · Puntos 1 - 15 aplicados al consumo parásito

Punto	Contenido
1 · Vehículo dormido	20 - 50 mA tras 45 - 60 min
2 · Módulos despertando	1 - 5 A los primeros minutos — no medir aún
3 · Rango	Límite general 50 mA; hasta 80 mA en vehículos con telemática
4 · Síntomas	Batería descargada tras días sin usar el vehículo
5 · Soluciones	Localizar el circuito, reparar el componente; nunca “desconectar y ver”
6 · Diagnóstico	Esperar → medir total → recorrer fusibles → aislar circuito
7 · Resistencia	Factores k de la tabla de fusibles
8 · Alimentaciones	Circuitos de 12 V permanentes
9 · Ley de Ohm	$I = V_{drop} / R_{fus}$ · tiempo de descarga = Ah útiles / A
10 · Cableado	Revisar especialmente cableado no original
11 · Simbología	Diagrama de distribución de fusibles
12 · Oscilograma	Captura larga en modo <i>roll</i> para detectar consumos intermitentes
13 · PWM	No aplica
14 · Corriente	Es la medición central de esta sección
15 · Preguntas	Ver abajo

La captura en modo *roll* durante 60 minutos con pinza de miliamperios revela algo que la medición puntual no puede: **consumos intermitentes** que aparecen cada pocos minutos cuando un módulo se despierta sin motivo.

CONSUMO PARÁSITO — MÉTODO DE CAÍDA DE VOLTAJE EN FUSIBLES**VENTAJA**

NO se interrumpe el circuito.
Los módulos NO se despiertan.
No hay riesgo de perder
la configuración de la ECU.

REQUISITO

Multímetro con resolución
de 0.01 mV (microvoltios).
Un multímetro común
NO SIRVE para este método.

TABLA DE CONVERSIÓN — CAÍDA POR AMPERIO SEGÚN EL FUSIBLE (tipo mini hoja)

FUSIBLE	CAÍDA POR AMPERIO	CAÍDA CON 50 mA
5 A	9.0 mV/A	0.45 mV
7.5 A	7.0 mV/A	0.35 mV
10 A	5.5 mV/A	0.28 mV
15 A	3.8 mV/A	0.19 mV
20 A	3.0 mV/A	0.15 mV
$I \text{ (mA)} = \text{caída medida (mV)} \div \text{factor del fusible (mV/A)} \times 1000$ Los valores son ORIENTATIVOS: varían por marca. Calibre con una carga conocida.		0.10 mV

Figura 10: Método de caída de voltaje en fusibles

Preguntas de autoevaluación — Consumo parásito

P1. Un vehículo con batería de 70 Ah presenta un consumo parásito de 210 mA. Calcule en cuántos días la batería quedará sin capacidad de arranque, suponiendo que se puede usar el 50 % de su capacidad.

P2. Con el método de caída en fusibles, un fusible de 15 A presenta 0.68 mV de caída. Calcule la corriente que circula por ese circuito usando la tabla del punto 2, y determine si es un consumo normal.

P3. Un técnico desconecta el borne negativo, conecta el amperímetro y mide 1.8 A. Concluye que hay un consumo parásito grave. Explique el error metodológico, describa el procedimiento correcto y calcule cuánto tiempo debería haber esperado.

CUESTIONARIO INTEGRADOR — MÓDULO 13

- 1.** Un vehículo con RVC carga a 12.95 V con el motor caliente. El PID de voltaje objetivo indica 13.0 V y el de carga del generador el 12 %. Determine si el sistema está sano, explique el fundamento de la estrategia y describa qué prueba realizaría si el cliente insiste en que la batería se descarga.
 - 2.** Un alternador entrega 110 A a 13.9 V. Calcule la potencia eléctrica, la potencia mecánica consumida al motor con 58 % de eficiencia, y el equivalente en CV. Explique por qué la estrategia de ahorro reduce el voltaje.
 - 3.** El cable B+ de un alternador presenta 0.55 V de caída con 85 A circulando. Calcule la resistencia del cable y la potencia disipada. Explique por qué la misma prueba con solo 20 A habría dado un resultado aceptable.
 - 4.** Un alternador de 150 A presenta 3.2 V de rizado pico a pico y entrega un máximo de 52 A con todas las cargas activas. Calcule el porcentaje de la capacidad nominal, emita el diagnóstico y describa la prueba de confirmación.
 - 5.** Calcule la frecuencia del rizado de un alternador con 6 pares de polos, relación de polea 2.8:1, con el motor a 900 RPM. Indique qué ajuste de time/div usaría para observar tres ciclos completos en 10 divisiones.
 - 6.** En una compresión relativa, la línea base es de 132 A y las jorobas alcanzan 181 A en cinco cilindros y 152 A en uno. Calcule las amplitudes, la desviación porcentual y emita un diagnóstico.
 - 7.** Un motor V8 de gasolina gira con jorobas uniformes de 118 A cuando la especificación es 150 - 250 A. La desviación es del 6 %, la batería está sana y el voltaje se mantiene en 11.1 V. Interprete el resultado, explique el límite de la prueba de compresión relativa y enumere dos causas posibles.
 - 8.** El circuito positivo del motor de arranque presenta 0.95 V de caída con 240 A circulando. Calcule la resistencia parásita, la potencia disipada y el porcentaje aproximado de pérdida de par del motor de arranque.
 - 9.** Un fusible de 20 A presenta 0.42 mV de caída con el vehículo dormido. Calcule la corriente de ese circuito y determine si por sí solo justifica un consumo parásito excesivo.
 - 10.** Una batería de 55 Ah se descarga en 4 días. Calcule el consumo parásito que explicaría esa descarga suponiendo que se aprovecha el 50 % de su capacidad, y compárelo con el límite de 50 mA para determinar cuántas veces lo excede.
-

HOJA DE REFERENCIA RÁPIDA — MÓDULO 13

△ EL CRITERIO CLÁSICO DE 13.8 – 14.4 V YA NO ES VÁLIDO

Con RVC o LIN, el voltaje varía A PROPÓSITO entre 12.6 y 15.5 V:

Recarga tras arranque 14.4 – 15.0 V

Batería cargada, modo ahorro 12.9 – 13.4 V ← NO ES FALLA

Desaceleración (recuperación) 14.8 – 15.5 V

COMPARE SIEMPRE con el PID de VOLTAJE OBJETIVO.

Compensación térmica: aprox. -60 mV por cada 10 °C de aumento

ALTERNADOR

Corriente de campo 3 – 7 A

PWM del campo (RVC) 100 – 200 Hz

Rotor (anillos rozantes) 2.5 – 6.0 Ω

Estátor entre fases 0.1 – 0.5 Ω (usar REL)

Diodos (modo diodo) 0.4–0.7 V directo · 0L inverso

Voltaje mínimo bajo carga máxima . 13.5 V

Salida mínima aceptable 70 % de la nominal

Caída B+ 0.20 V · masa total 0.20 V

$P_{mecánica} = P_{eléctrica} / 0.60$ → 80 A a 14.2 V = 2.5 CV

PRUEBA DE RIZADO

Acoplamiento AC · 0.2 V/div · 2–5 ms/div · EN LOS BORNES

CON CARGA ELÉCTRICA ALTA (60–80 A) ← imprescindible

Máximo 0.5 V pico a pico

Sano 6 pulsos IGUALES

DIODO ABIERTO valle profundo cada 6 pulsos

1.5 – 4.0 V p-p

salida reducida a $\approx 1/3$

$f_{rizado} = (RPM \times relación / 60) \times pares \ de \ polos \times 6$

ARRANQUE

Gasolina 4 cil. giro 80 – 150 A · pico 250 – 400 A

Gasolina V8 giro 150 – 250 A · pico 350 – 550 A

Diésel 4 cil. giro 250 – 350 A · pico 450 – 700 A

VOLTAJE MÍNIMO a 20 °C .. 9.6 V

Caída positivo 0.50 V · caída masa 0.20 V

Voltaje BAJO + corriente ALTA → motor de arranque forzado

Voltaje BAJO + corriente BAJA → batería o caída de voltaje

COMPRESIÓN RELATIVA

Desviación % = $(A_{max} - A_{min}) / A_{max} \times 100$

donde A = amplitud de cada joroba (PICO – VALLE), no el pico absoluto

< 10 % uniforme · 15–25 % investigar · > 25 % FALLA CONFIRMADA

Pinza alta corriente · 50 A/div · 100–200 ms/div · single shot

DESHABILITAR inyección y encendido · batería CARGADA

△ LÍMITE: si TODOS los cilindros están bajos por igual, la desviación es pequeña. Compare también el VALOR ABSOLUTO con la tabla.

CONSUMO PARÁSITO

```
||  △ ESPERE 45 – 60 MINUTOS sin tocar el vehículo antes de medir ||
|| Vehículo simple ..... 15 – 30 mA ||
|| Vehículo moderno con alarma ..... 25 – 50 mA ||
|| LÍMITE GENERAL ..... 50 mA ||
|| Tiempo de descarga (h) = Ah útiles / A ||
||
|| MÉTODO DE CAÍDA EN FUSIBLES:  $I \text{ (A)} = V_{\text{drop}} \text{ (mV)} / k \text{ (mV/A)}$  ||
||   5 A → 9.0 mV/A    10 A → 5.5 mV/A    20 A → 3.0 mV/A ||
||   7.5 A → 7.0 mV/A   15 A → 3.8 mV/A    30 A → 2.0 mV/A ||
|| △ REQUIERE multímetro con resolución de 0.01 mV. Uno común NO SIRVE. ||
|| Confirmar alternador: desconectar B+ y ver si cae el consumo ||
```

CÓDIGOS CLAVE

P0620–P0625 control del generador · P062F

P0562 voltaje bajo · P0563 voltaje alto

P0AC0–P0AC5 sensor de batería · U0140 pérdida de comunicación

Fin del Módulo 13. El Módulo 14 (Sensores Inteligentes y Redes) desarrolla los protocolos SENT y PSI5, el diagnóstico de CAN-High/CAN-Low y LIN, y qué hacer cuando un sensor ya no entrega ninguna señal analógica que medir.