

Helgen

Ingeniería que produce, mantenimiento que protege

Guía de Conexión en Protoboard

HBOX Watchdog v3 — tarjeta DEV / protoboard · bloques 1–11

Helgen Drogheda — HBOX RTK

Fleet RTK GPS — Hutchison Ports (ICAVE · TIMSA · EIT · LCT)

Documento	DRG-PROTO-001 — Guía de Conexión en Protoboard
Versión	3.1 (pines obligatorios del XBee + USB config; Bloque 5b Q10+Zener; disipadores y plano 10×10)
Fecha	8 de julio de 2026
Firmware	v2.3 · MCU STM32F411 «Blackpill»
Dirigido a	Técnico de armado — sigue el orden de la sección 9
Fuente de datos	Drogheda_Conexiones-por-Bloque_Proto_v1.xlsx (autoritativa)
Autor	Dr. Leopoldo Rodríguez Salazar — Helgen Technologies
Clasificación	Confidencial — uso interno de Helgen
Asistencia IA	Elaborado con asistencia de Claude (Anthropic), revisado por el autor

1 Cómo usar esta guía

Esta guía lleva al técnico de armado por el cableado completo del prototipo del **watchdog HBOX v3** sobre tarjeta DEV / protoboard (MCU STM32F411 «Blackpill», firmware v2.3), organizado en **11 bloques** que se arman y prueban uno por uno. No armes los bloques en el orden en que aparecen: sigue el **orden de armado** de la sección 9, que va de lo más simple (solo USB) a lo más delicado (stack RTK).

¿Primera vez con electrónica, o alguna pieza no se parece a lo que esperabas? Empieza por la sección 4 (*Identifica cada pieza*): ahí está dibujado cada módulo y componente como se ve físicamente, con el nombre de cada patita y a dónde va. Cada bloque incluye una línea «**Piezas de este bloque**» que te regresa a esos dibujos.

Documentos compañeros — dónde está cada cosa

- **Lista de conexiones autoritativa:** Drogheda_Conexiones-por-Bloque_Proto_v1.xlsx (hojas *Conexiones*, *Mapa de pines*, *Fuentes y convertidores*, *Estado y cambios*). Si esta guía y el XLSX difieren, **manda el XLSX**.
- **Diagramas por bloque (CircuitikZ):** incrustados en esta guía al final de cada bloque. Los mismos dibujos, por separado: carpeta circuitikz-wiring/ — Drogheda_Diagrama_CircuitikZ.pdf (lámina completa) y Drogheda_Diagrama_Beamer.pdf (una diapositiva por bloque).
- **Catálogo visual de piezas (nuevo en v3.0):** sección 4 de esta misma guía — vista física de cada módulo (LM2596, MT3608, TP4056, AHT10, DFR1015, Blackpill, simpleRTK2B Pro, 4G) y patitas de cada componente (transistores, diodos, LEDs, capacitores, resistencias por color).
- **Estado eléctrico canónico del diseño:** watchdog-electrical-design-state.md (léelo antes de cambiar cualquier cosa).
- **Listas de compra:** watchdog-LISTA-DE-COMPRAS-ES.xlsx y watchdog-protoboard-BOM-3boards.xlsx.

2 Estado y cambios recientes

Resumen de las decisiones y correcciones vigentes (hoja *Estado y cambios* del XLSX). Léelo antes de armar: aquí está lo que cambió respecto a versiones anteriores de la guía.

Área	Cambio / estado	Detalle
Batería	Pack = ~12 Ah (2026-06-30)	«40 Ah» era un error; dimensiona R_{PROG} + timer del LTC4040 (2.5 A máx $\approx$ C/5).
Ventilador	2 hilos (sin tacómetro)	PB10 DNP; el fallo del ventilador se infiere por temperatura (firmware pendiente).
Ventilador	5 V del ventilador = LM2596	24→5 V separado (ajustar a 5.0 V) para no hundir el 5 V principal (inrush).
Ignición	DFR1015 de 4 terminales	IN+/IN-/OUT+/OUT-; ambos GND al GND del sistema.
Ignición	Clamp BAT54 en PA5	Ánodo = PA5, cátodo = 3V3 → $PA5 \leq 3.3V$; digital, sin divisor (Finding 2).
Batería	NTC → pin TEMP del cargador	TP4056 (proto) / LTC4040 (PCB); no va al MCU. El MCU lee temperatura por el TMP102 (I ² C).
Temperatura	NTC analógico → PB1 (si no hay SHT40)	Divisor 3V3 – 10 k (1%) – NTC 10 k – GND a PB1 (ADC1_IN9). Firmware: Beta/Steinhart + posible corte CHRG_EN. En el punto caliente (batería/módem). Bloque 11.
NTRIP	Modo B (relé / inyección \$PHLG)	F9P TX2 → PA10 → PA9 → 4G DIN (inyecta \$PHLG); RTCM3 DOUT → RX2 directo ; breakout BOB-08276; switch → UART1; IOREF 3.3 V.
Batería	Respaldo proto = TP4056 + MT3608	2× 1N5819 en «O» (OR) hacia MAIN5V; el PCB usa el LTC4040.
Firmware — pendiente	Gauge PB12–15 · CHRG_EN · fan-fault por temperatura	Bench-test antes de flashear (el sandbox no compila STM32).
PCB — pendiente	Bloque B (LTC4040) + bypass fail-safe UART2	El bypass normalmente cerrado evita que un MCU ausente/colgado corte las correcciones (Modo B). Ver Bloque 9.
Cobertura de partes	Sección 1 + 3 = suficiente para el core	La sección 2 (TP4056/MT3608) solo hace falta para el respaldo de batería.
Temp/RH	Suite proto = AHT10 + LM35 + NTC→PB1 (2026-07-03)	El AHT10 (0x38, I ² C1, solo en el bus) sustituye al SHT40 (sin stock; SHT40/TMP102 quedan para el PCB). LM35 → PA7 (único ADC libre, alimentado a 5 V). Triple temperatura por 3 rutas; humedad = solo AHT10. Firmware: driver AHT10 (0x44→0x38) + canal PA7.
Batería / carga	TP4056 sin pin TEMP → corte por PA8 (2026-07-03)	El módulo del kit no expone TEMP: su NTC queda sin usar en proto. Nuevo corte de carga: PA8 (CHRG_RUN) → 2N3904 → IRF9540 en el IN+ del TP4056. PA8 ALTO = carga; MCU ausente = sin carga . Inversión vs PCB (CHRG_EN alto = corta) → flag en firmware. Bloque 10.
Corte general	Apagador SPST tras el nodo OR (2026-07-03)	Nodo SYS (unión de los 2× 1N5819) → apagador → riel MAIN5V: mata vehículo y batería (= Bloque E del PCB, P11). Bloque 10.
Capacitores	En mano: 100 nF cer. + 10 μ F y 100 μ F elec. (2026-07-03)	Cubren toda la guía. Los 10 μ F = desacople local opcional en salidas de módulos. Electrolíticos CON polaridad .
Vent. / botones	Ventilador 2 hilos + apagador + botones en mano (2026-07-03)	Reset y gauge dejan de ser opcionales: todo va en el protoboard .

3 Leyenda de colores de cable

Los mismos colores de los diagramas CircuiTikZ; úsalos también en el cableado físico.

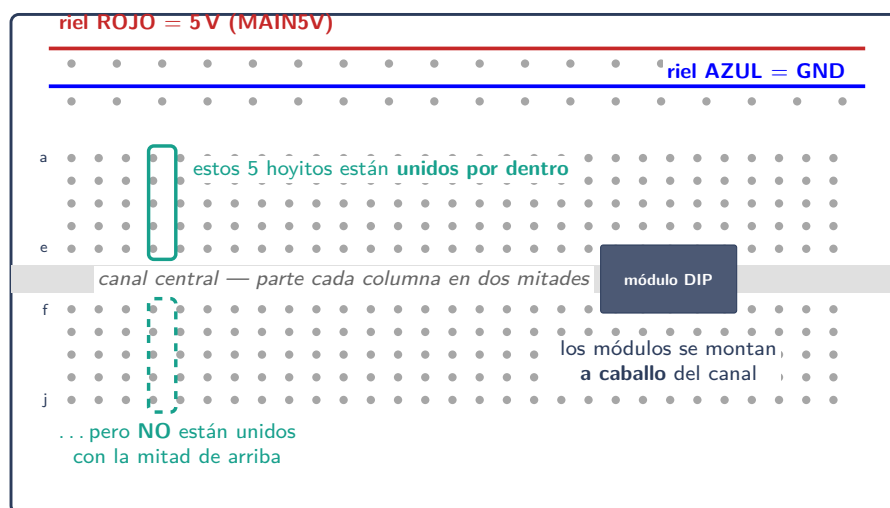
Cable	Red	Qué lleva
ROJO	■ 5V	5 V — alimentación principal (MAIN5V) y 5 V separado del ventilador
NARANJA	■ 3V3	3.3 V — sale del Blackpill (sensores, pull-ups, ignición, temperatura)
NEGRO	■ GND	GND — tierra común (todo se une aquí)
AZUL	■ Señal	Señal lógica / digital / UART
VERDE	■ Analóg.	Sensado analógico ($\div 2$, ADC): PA0, PA4, PB1
GUINDA	■ 12–24 V	Ignición cruda 12–24 V (a la entrada del DFR1015)

4 Identifica cada pieza ANTES de conectar

Esta sección es el **catálogo visual** del kit: cada módulo y componente dibujado **como se ve de verdad**, con el nombre de cada patita y a dónde va. Las tablas de los bloques (sección 7) te dicen *qué* conectar; esta sección te enseña *dónde está* cada patita. Tres reglas de oro:

- **Confía en lo impreso, no en la posición.** Los módulos chinos cambian de un lote a otro; los nombres serigrafiados (IN+, OUT–, B+, SDA...) son los que valen. Si el rótulo está por debajo, voltea el módulo y anótalo con marcador por arriba.
- **En caso de duda, multímetro.** Continuidad (la escala que pita) para saber qué está unido con qué; voltaje DC para verificar una fuente ANTES de conectarla a lo demás.
- **Nada se conecta con la fuente energizada.** Cablea, revisa contra el dibujo, revisa la polaridad, y hasta entonces enciende.

4.1 Cómo leer la protoboard



La protoboard por dentro: rieles laterales corridos (alimentación) y columnas de 5 puntos unidos. Dos cables en la misma columna de 5 quedan conectados entre sí.

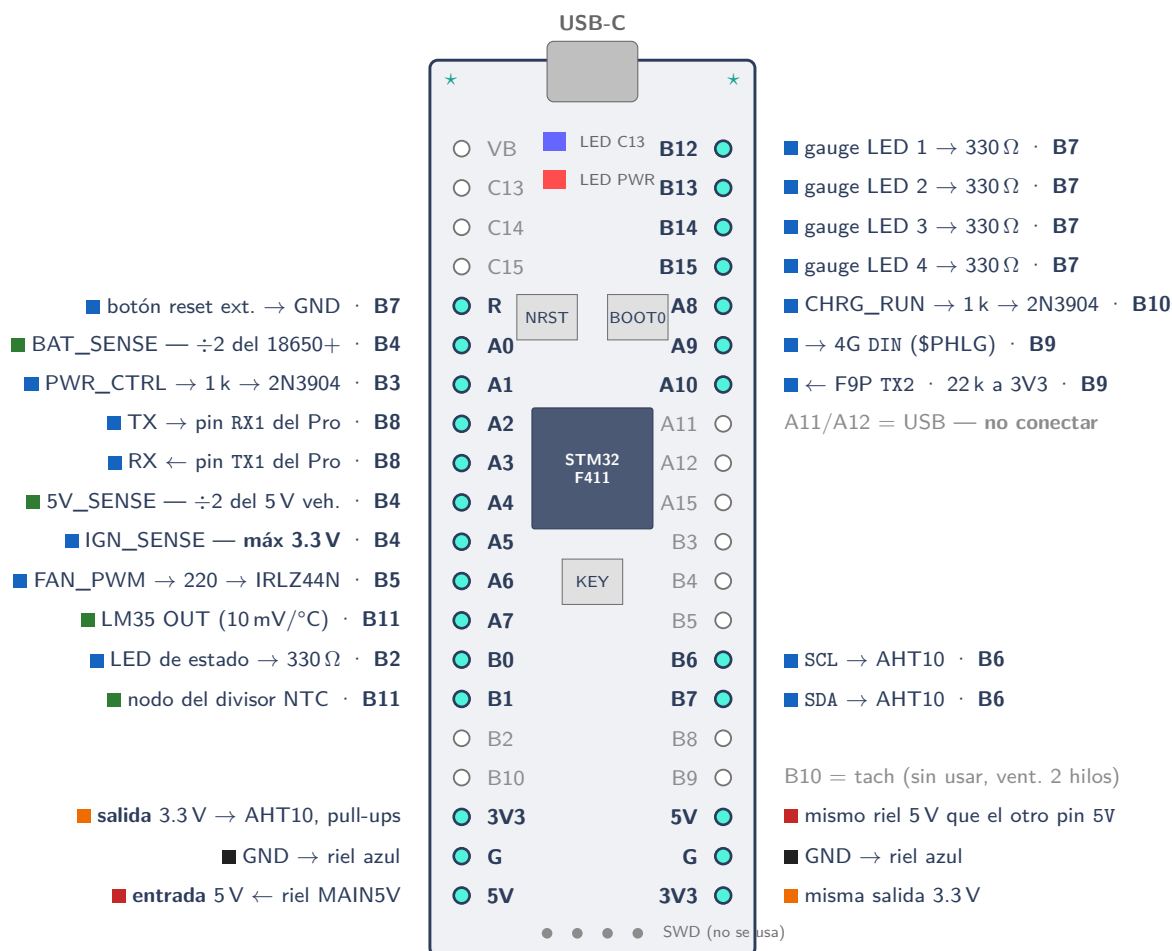
Checklist antes de energizar CUALQUIER bloque

- Rieles: rojo = 5 V, azul = GND, en **toda** la guía. Nada de excepciones.
- Electrolíticos: franja al GND. Diodos: banda como diga la tabla. Transistores: cara plana como en el dibujo (sección 4.5).

- Multímetro en continuidad: pita GND↔GND, **no** debe pitar 5V↔GND.
- Fuentes ajustables (LM2596 / MT3608): voltaje medido y ajustado **en vacío** antes de conectar su salida.
- **USB del Blackpill y riel 5V: nunca al mismo tiempo.** El pin 5V de la tarjeta está unido *directo* al USB (sin protección). Para flashear: desconecta el riel MAIN5V del pin 5V, flashea por USB, desconecta el USB y reconecta el riel.

4.2 El Blackpill de frente (los 40 pines)

Pon la tarjeta **con el USB-C hacia arriba y los componentes hacia ti**. Para confirmar que no la tienes volteada: la esquina superior **izquierda** dice VB y la superior **derecha** dice B12 (los nombres están serigrafiados junto a cada pin — gira la tarjeta hasta que coincida con el dibujo). Los pines rellenos de color **cian** son los que usa esta guía; los grises no se tocan.

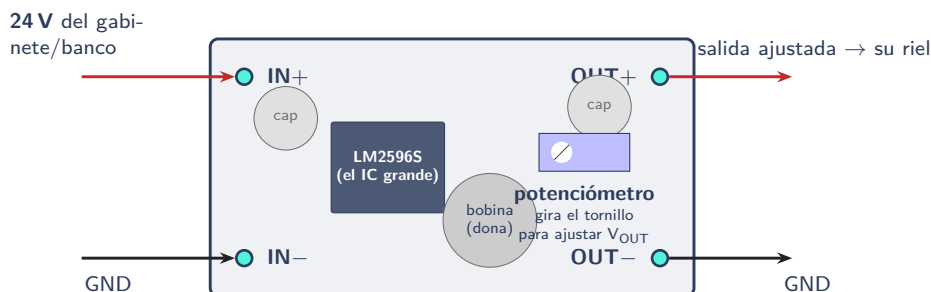


*Blackpill STM32F411 (WeAct), vista superior, USB arriba. Cian = pin usado; la nota dice a dónde va y en qué bloque («B4» = Bloque 4). **Los dos pines 5V son el mismo riel** (igual los dos G y los dos 3V3): usa el que te quede más cerca.*

4.3 Módulos con circuito integrado (vista superior)

Todos van montados en la protoboard o al lado de ella, con pines soldados (tira de pines macho 2.54 mm) o cables Dupont macho-hembra. **Antes de usar cualquier fuente ajustable: conéctala sola, mide su salida y ajústala** (tornillito azul del potenciómetro).

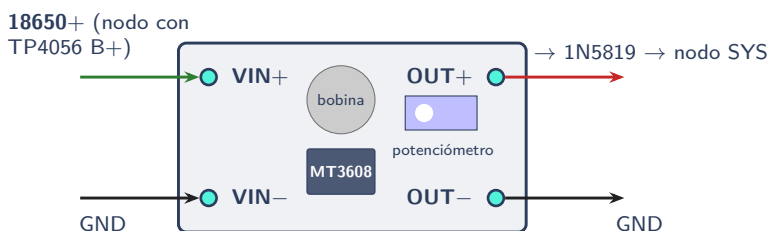
LM2596 — reductor (buck) ajustable



LM2596: entra voltaje alto por $IN_{\pm}$, sale voltaje ajustado por $OUT_{\pm}$. Ambos GND ($IN-$ y $OUT-$) van al GND común del sistema.

- En esta guía se usan hasta dos unidades: una a **5.0 V** para el ventilador (Bloque 5) y —solo si armas el Modo B— otra a **3.3 V** para el módem 4G (Bloque 9). Márcalas con masking tape: «FAN 5.0 V» y «MODEM 3.3 V».
- Ajuste: conecta **solo** $IN_{\pm}$, pon el multímetro en $OUT_{\pm}$ y gira el potenciómetro hasta leer el voltaje objetivo. Vienen de fábrica en un voltaje aleatorio (a veces $>20\text{ V}$): **nunca** conectes la salida sin medirla antes.
- El MP1584 (módulo más chico) es equivalente: mismos 4 rótulos $IN_{\pm}/OUT_{\pm}$, mismo procedimiento.

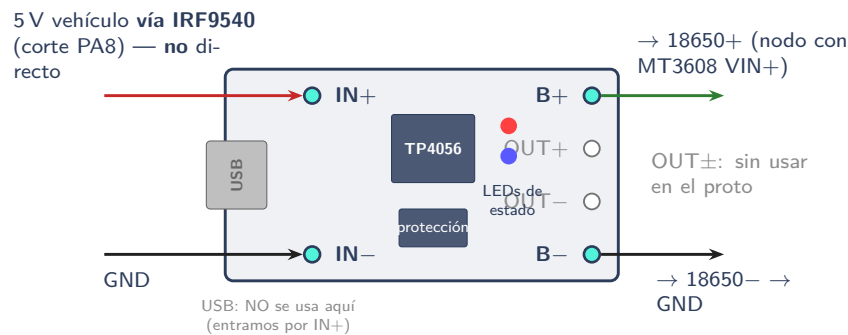
MT3608 — elevador (boost) ajustable



*MT3608: **sube** el voltaje (pila 3.6 V $\rightarrow$ $\approx 5\text{ V}$). La entrada es la pila; la salida va al diodo de respaldo del Bloque 10.*

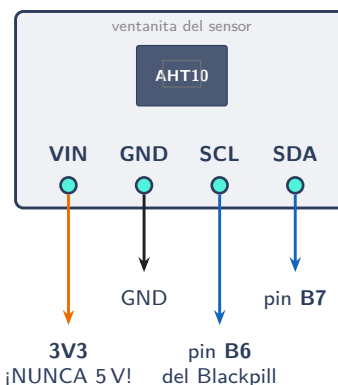
- Ajústalo **apenas por debajo** del 5 V del vehículo (p. ej. 4.8–4.9 V), para que el vehículo tenga prioridad y la pila solo entre cuando el vehículo se va.
- Truco del potenciómetro: si al girar no cambia nada, dale **muchas vueltas** en sentido antihorario (hasta ~ 20) mientras mides — así son estos trimmers multivuelta.
- Nunca lo alimentes al revés ($VIN_{\pm}$ invertido lo quema al instante).

TP4056 — cargador de la pila 18650 (módulo con protección)



TP4056: el 5 V de carga entra por **IN±** (nunca por el USB en este proyecto) y la pila se conecta en **B±**. LED rojo = cargando; azul/verde = carga completa. Este módulo **no tiene pin TEMP**: el corte de carga por temperatura lo hace el Blackpill (PA8) cortando IN+ — Bloque 10.

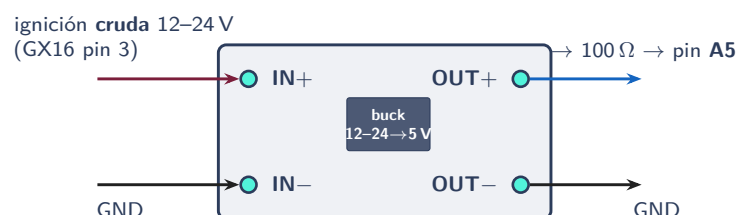
AHT10 — sensor de temperatura y humedad (I²C)



AHT10 (breakout GY-AHT10). **El orden de los 4 pines cambia según el fabricante**: guíate por los nombres impresos, no por la posición del dibujo.

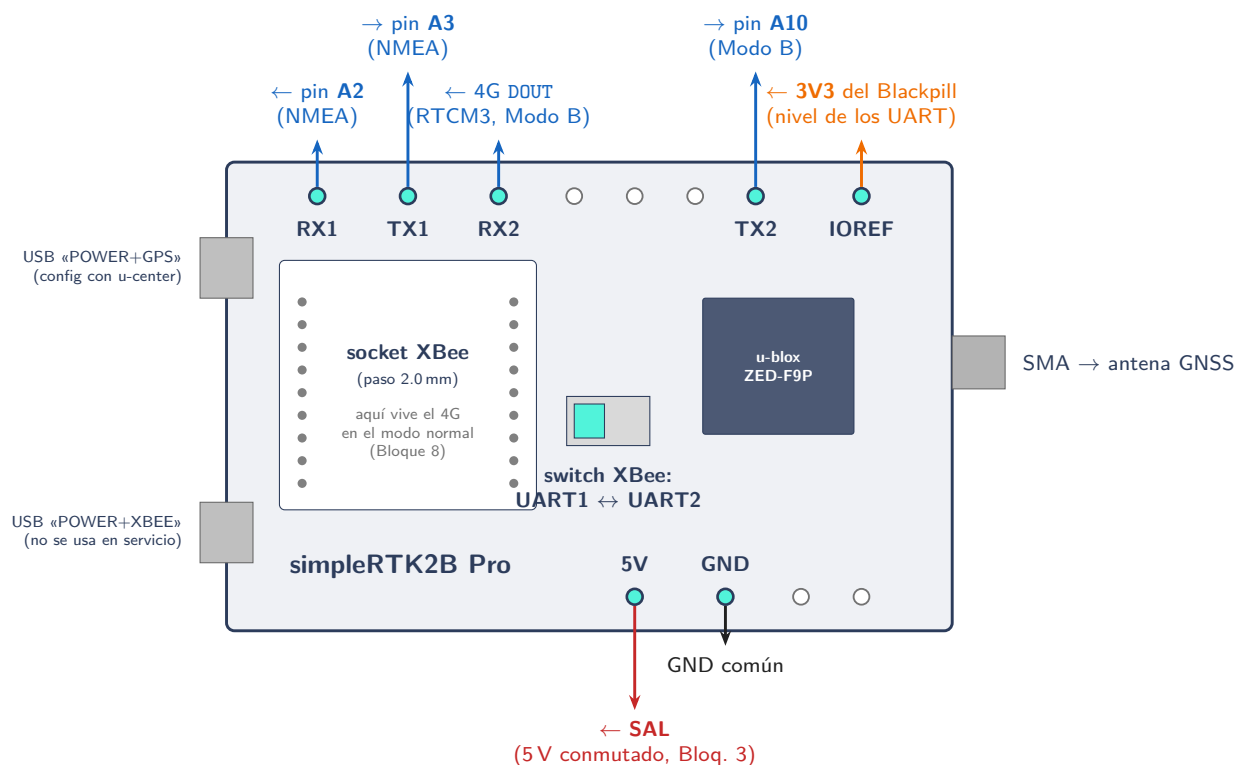
- **Solo 3.3 V** (el chip es de 1.8–3.6 V y el breakout no trae regulador): a 5 V se quema.
- **Solo él en el bus I²C** (restricción del fabricante Aosong). No agregues otro sensor a B6/B7.
- Dirección fija 0x38. Pull-ups de 4.7 k a 3V3 (muchos breakouts ya los traen soldados; ponerlos de todos modos no estorba).

DFR1015 — acondicionador de la señal de ignición

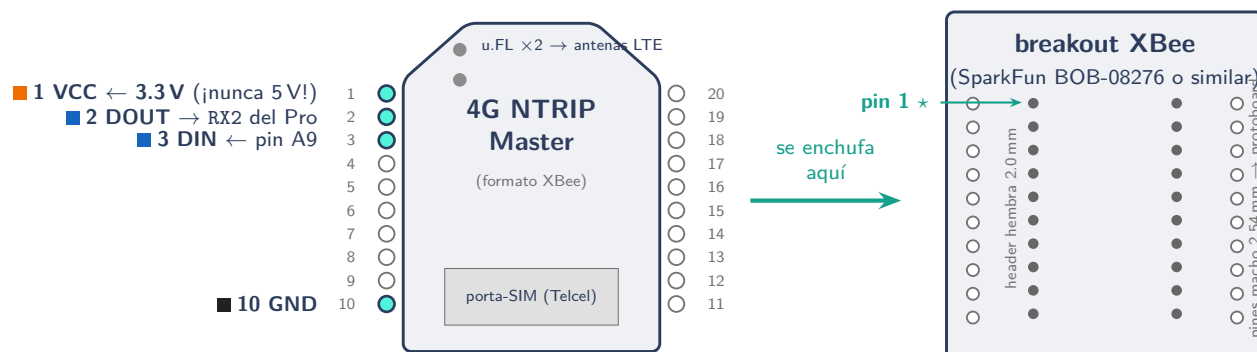


DFR1015 (DFRobot): convierte la ignición de la máquina (12 o 24 V) en 5 V limpios. **Sus dos negativos (IN- y OUT-) van al GND común**. En banco puedes sustituirlo por un apagador de 3V3 → A5 (Bloque 4).

4.4 El stack RTK: simpleRTK2B Pro y 4G NTRIP Master



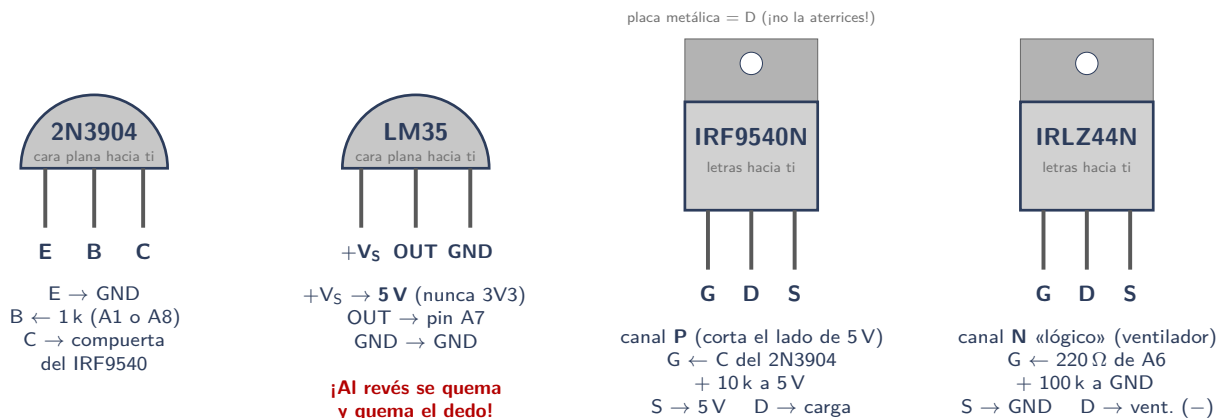
*simpleRTK2B Pro, vista superior. Los nombres RX1/TX1/RX2/TX2/IOREF están serigrafiados junto a los pines de los headers tipo Arduino — búscalos en tu tarjeta (la posición exacta puede variar; el nombre no). El **switch** junto al socket elige a quién conecta el XBee: modo normal = UART2; Modo B = UART1 (libera UART2 para el relevo del MCU).*



*El 4G NTRIP Master y el breakout que lo adapta a la protoboard. Solo se usan **4 patitas**: 1 (VCC a 3.3V), 2 (DOUT), 3 (DIN) y 10 (GND). El pin 1 queda en la esquina marcada en la serigrafía del breakout — el módulo solo entra en una orientación si respetas esa marca. Cómo armar el puente 2.0 mm → 2.54 mm: Bloque 9.*

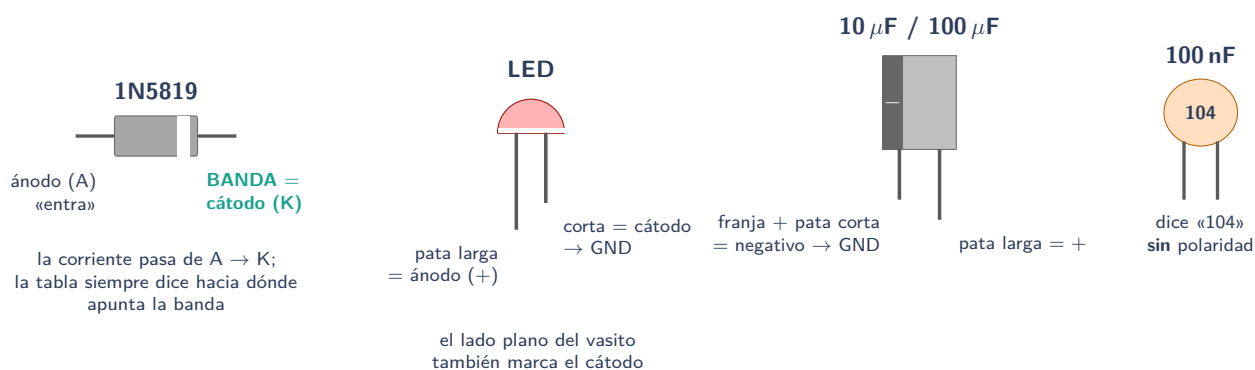
4.5 Transistores y MOSFETs

Los cuatro «bichos de tres patas» del kit. **Regla:** cuerpo de plástico chico redondeado = TO-92 (se mira con la *cara plana* hacia ti); cuerpo grande con placa metálica y orificio = TO-220 (se mira *de frente*, con las letras hacia ti y la placa metálica atrás). Patitas siempre hacia abajo.



Los dos TO-92 se distinguen solo por el texto grabado en la cara plana — léelo con buena luz. Los dos TO-220 también: **IRF9540N** (canal P, interruptores de 5V) e **IRLZ44N** (canal N lógico, ventilador). Si los cruzas, el bloque no enciende o el FET se calienta: verifica el texto antes de insertar.

4.6 Diodos, LEDs y capacitores



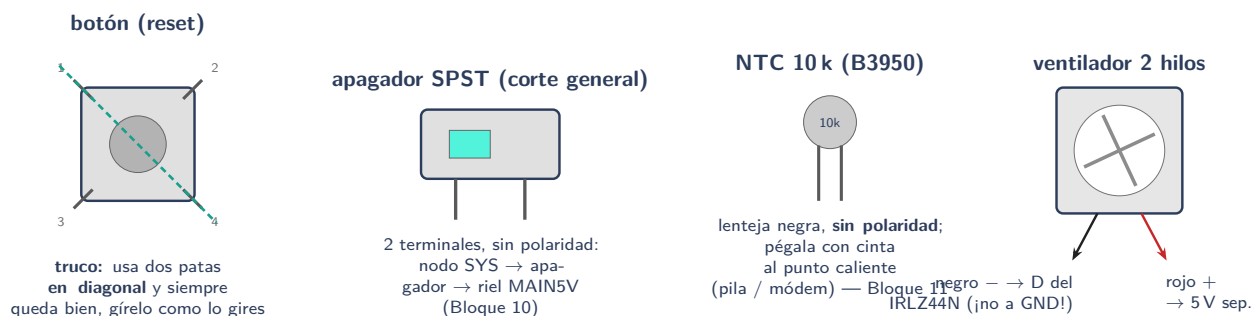
Diodos del kit: **1N5819** (Schottky — OR de respaldo, flyback del ventilador y clamp de PA5; el BAT54 del plano es SMD, en protoboard usa el 1N5819). Electrolíticos **siempre** con la franja a GND: al revés revientan.

4.7 Resistencias: código de colores

Solo se usan **8 valores**. Antes de insertar una, confírmala aquí — y si tiene 5 bandas o el color no se distingue, **mídela con el multímetro** (escala Ω).

Valor	Bandas	Colores	Dónde se usa
100 Ω		café · negro · café	serie de la ignición al pin A5 (Bloque 4)
220 Ω		rojo · rojo · café	compuerta del IRLZ44N desde A6 (Bloque 5)
330 Ω		naranja · naranja · café	todos los LEDs (Bloques 2, 3 y 7)
1 k Ω		café · negro · rojo	base de los 2N3904 (Bloques 3 y 10)
4.7 k Ω		amarillo · violeta · rojo	pull-ups I ² C del AHT10 (Bloque 6)
10 k Ω		café · negro · naranja	divisores $\div 2$, pull-ups de compuerta, divisor NTC (Bloques 3, 4, 10, 11)
22 k Ω		rojo · rojo · naranja	pull-up de A10 a 3V3 (Bloque 9)
100 k Ω		café · negro · amarillo	compuerta del IRLZ44N a GND (Bloque 5)
10 k 1% (NTC)		café · negro · negro · rojo · café	pierna fija del divisor NTC (Bloque 11) — versión de 5 bandas

4.8 Botones, apagador, NTC y ventilador



El cable negro del ventilador **no** va directo a GND: pasa por el IRLZ44N (drain), que es quien lo prende y apaga (Bloque 5).

5 Mapa de pines del Blackpill (tabla)

La misma información del dibujo de la sección 4.2, ahora en tabla. Busca cada etiqueta impresa en la tarjeta. (Hoja *Mapa de pines* del XLSX.)

Pin	Función	Tipo	Bloque(s)
5V / GND / 3V3	Rieles (3V3 = LDO del Blackpill)	Power	1
PA0	BAT_SENSE — batería ÷2	ADC	4, 10
PA1	PWR_CTRL — interruptor de carga del «stack»	Salida	3
PA2	USART2 TX → F9P UART1 RX (NMEA)	UART	8, 9
PA3	USART2 RX ← F9P UART1 TX (NMEA)	UART	8, 9
PA4	5V_SENSE — vehículo ÷2	ADC	4
PA5	IGN_SENSE — digital, INPUT_PULLDOWN, sin divisor (máx 3.3 V)	Entrada dig.	4
PA6	FAN_PWM — 25 kHz (TIM3_CH1)	PWM	5
PA7	LM35_TEMP — 10 mV/°C (ADC1_IN7)	ADC	11
PA8	CHRG_RUN (proto) — ALTO = carga permitida ; corta el IN+ del TP4056 si la celda está caliente. Inversión vs PCB (CHRG_EN alto = corta)	Salida	10
PA9	Modo B: USART1 TX → 4G DIN (relé \$PHLG)	UART	9
PA10	Modo B: USART1 RX ← F9P TX2 (relé); 22 kΩ → 3V3	UART	9
PB0	EXT_LED — LED de estado	Salida	2
PB1	Temperatura analógica (divisor NTC) — ADC1_IN9 (libre)	ADC	11
PB6	I ² C1 SCL — AHT10 (0x38, solo en el bus; SHT40/TMP102 = PCB)	I ² C	6
PB7	I ² C1 SDA — AHT10 (0x38)	I ² C	6
PB10	FAN_TACH — DNP (ventilador de 2 hilos)	—	5
PB12–PB15	Gauge de batería (4 LEDs) — firmware pendiente	Salida	7
PC13	LED onboard (activo-bajo)	Salida	—
NRST	Reset (botón a GND)	Reset	7

6 Fuentes y convertidores — ajústalos ANTES de conectar

Componente	Qué es / ajuste	Entrada → salida	Bloque
Mean Well SD-15B-05	Fuente principal 24→5V (o un banco de 5V). Es el riel MAIN5V (módulo industrial).	18–36 V → 5 V · 3 A	1
LM2596 (o MP1584)	5 V separado para el ventilador. ¡ Ajústalo a 5.0 V con el multímetro ANTES de conectar! Vienen en voltaje aleatorio. En el PCB este papel lo hace el MP1584 (U2).	24 V → 5.0 V ajustable	5
DFR1015	Acondiciona la ignición. Acepta 12 y 24 V; 4 terminales (IN±/OUT±) y ambos GND al GND del sistema . On-board en la v3 (GX16 pin 3 = ignición cruda).	12–24 V → 5 V	4
TP4056	Cargador del 18650 (proto ; stand-in de banco). El módulo no expone el pin TEMP → corte de carga por PA8 (CHRG_RUN) en el IN+. El PCB usa el LTC4040.	5 V vehículo → carga 1S	10
MT3608	Elevador de respaldo. Ajústalo apenas por debajo del 5 V del vehículo para que el vehículo tenga prioridad.	3.6 V → 5 V	10
LTC4040 (PCB)	Battery-backup manager: carga + power-path + boost + NTC. Carga temp-cualificada por NTC; $R_{PROG} \approx C/5 \leq 2.5 A$ para 12 Ah.	5 V vehículo / batería → 5 V	B (por diseñar)
18650 1S4P	Pack de respaldo ~ 12 Ah («40 Ah» era un error, corregido 2026-06-30). Respetar la polaridad.	— → 3.6 V · ~12 Ah	4, 10

7 Conexiones por bloque (1–11)

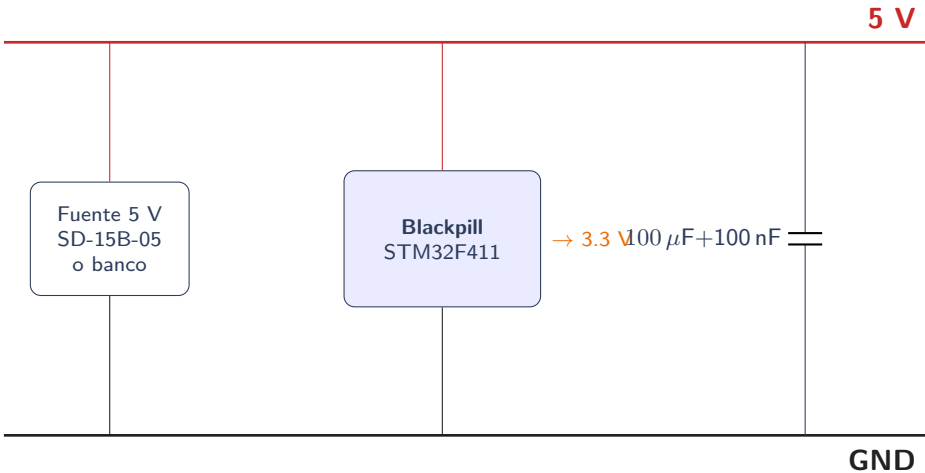
Cada tabla lista las conexiones como **desde** → **vía** → **hacia**, con la red (color de cable) a la izquierda. Arma y prueba **un bloque a la vez**, en el orden de la sección 9. La línea «Piezas de este bloque» te lleva al dibujo físico de cada componente; antes de energizar, corre el checklist de la sección 4.1.

Bloque 1 · Rieles de alimentación

Qué prueba: arma los rieles 5 V / GND / 3.3 V que alimentan todo.

Piezas de este bloque: Blackpill (§4.2) · fuente 5 V · apagador (§4.8) · capacitores 100 μ F+100 nF (§4.6) · protoboard (§4.1)

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ 5V	Fuente 5 V (SD-15B-05 o banco) (+) → apagador de corte (SPST) → riel MAIN5V	Fuente principal — corte general en mano . Con el Bloque 1 armado, el apagador se recoloca: nodo SYS → riel (ver Bloque 10)
■ GND	Fuente 5 V (−) → riel GND	Tierra común
■ 5V	Riel MAIN5V → pin 5V del Blackpill	El Blackpill genera el 3.3 V (LDO interno)
■ GND	Riel GND → pin GND del Blackpill	
■ 3V3	Blackpill 3V3 (salida) → sensores I ² C · pull-ups · ignición	Cargas pequeñas (μ A–mA)
■ 5V	Riel MAIN5V → C 100 μ F + 100 nF → riel GND	Desacople / reserva, cerca de la tarjeta



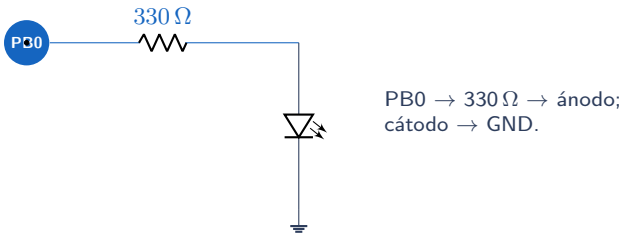
Bloque 1 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (*circuitikz-wiring*/).

Bloque 2 · LED de estado (PB0)

Qué prueba: los códigos de parpadeo cambian con el estado.

Piezas de este bloque: LED y R 330 Ω (§4.6, §4.7)

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ Señal	PB0 → R 330 Ω → ánodo del LED	LED 3/5 mm
■ GND	cátodo del LED → GND	códigos de parpadeo



Bloque 2 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (*circuitikz-wiring/*).

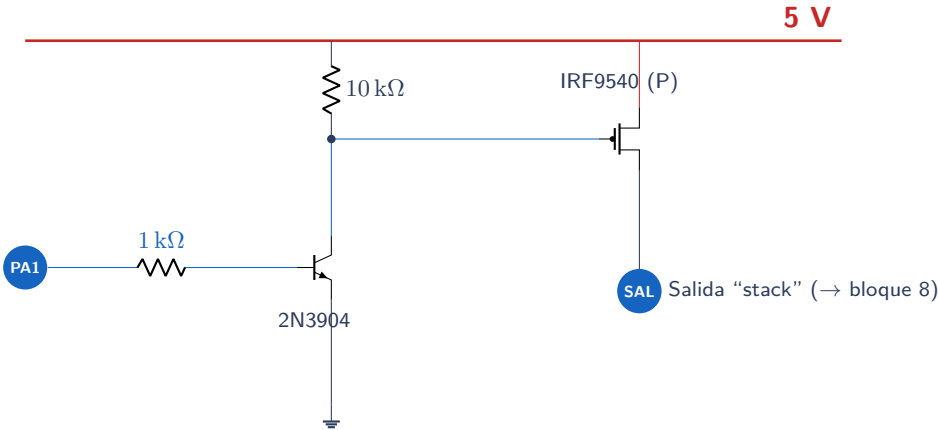
Bloque 3 · Interruptor de carga del «stack» (PA1) — EL CORAZÓN

Qué prueba: APAGADO al reset (estado seguro), ON cuando PA1 activa.

Piezas de este bloque: 2N3904 e IRF9540N (§4.5) · R 1 k y 10 k (§4.7)

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ Señal	PA1 → R 1 kΩ → base 2N3904 (B)	Driver
■ GND	2N3904 emisor (E) → GND	
■ Señal	2N3904 colector (C) → compuerta IRF9540 (G)	Nodo de compuerta
■ 5V	compuerta IRF9540 (G) → R 10 kΩ → MAIN5V	Pull-up → OFF por defecto (estado seguro)
■ 5V	IRF9540 source (S) → MAIN5V	P-MOSFET (canal P)
■ Señal	IRF9540 drain (D) → SAL (salida conmutada «stack»)	→ Bloques 8/9 (stack RTK)
■ Señal	prueba: SAL → LED + R 330 Ω → GND	Para ver el encendido/apagado

El pull-up de 10 kΩ garantiza el invariante «apagado = estado seguro»: sin MCU (o durante el reset) el stack queda apagado.



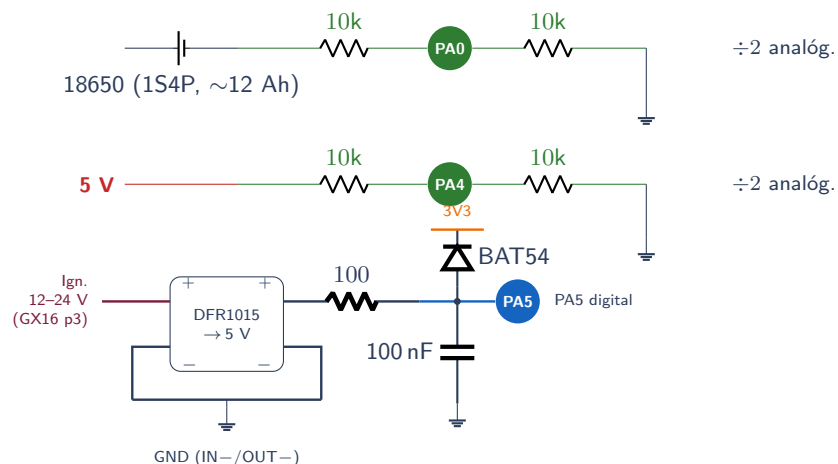
Bloque 3 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (*circuitikz-wiring/*).

Bloque 4 · Sensado: batería / 5 V / ignición

Qué prueba: veh/ign/vbat cambian en el log (TLM).

Piezas de este bloque: DFR1015 (§4.3) · diodo clamp 1N5819/BAT54 (§4.6) · R 10 k y 100 Ω (§4.7)

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ Analóg.	18650+ (o potenciómetro) → R 10 kΩ → PA0	Divisor ÷2 · BAT_SENSE
■ Analóg.	PA0 → R 10 kΩ → GND	Pierna inferior del divisor
■ Analóg.	MAIN5V (lado vehículo) → R 10 kΩ → PA4	Divisor ÷2 · 5 V/vehículo presente
■ Analóg.	PA4 → R 10 kΩ → GND	
■ 12–24 V	GX16 pin 3 (ignición 12–24 V) → DFR1015 IN+	Ignición cruda del gabinete
■ GND	DFR1015 IN– → GND	Retorno de ignición = GND del sistema
■ Señal	DFR1015 OUT+ (5 V) → R 100 Ω → PA5	Acondiciona a nivel lógico
■ GND	DFR1015 OUT– → GND	
■ 3V3	PA5 (ánodo) → BAT54 → 3V3 (cátodo)	Clamp: PA5 ≤ 3.3 V
■ GND	PA5 → C 100 nF → GND	Anti-rebote (con debounce en firmware)
■ Señal	Banco (proto): 3V3 → apagador / push-button → PA5	Simula la ignición sin DFR1015. PA5 = digital, INPUT_PULLDOWN, sin divisor



! Banco (proto): sin DFR1015 — un apagador 3V3 → PA5 simula la ignición. Sin divisor; el DFR1015 acepta 12 y 24 V y su GND (IN–/OUT–) va al GND del sistema; PA5 ≤ 3.3 V.

Bloque 4 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (*circuitikz-wiring*).

Bloque 5 · Ventilador (2 hilos)

Qué prueba: el ventilador arranca/sube con la temperatura.

Piezas de este bloque: LM2596 «FAN 5.0 V» (§4.3) · IRLZ44N (§4.5) · 1N5819 (§4.6) · R 220 y 100 k (§4.7) · ventilador (§4.8)

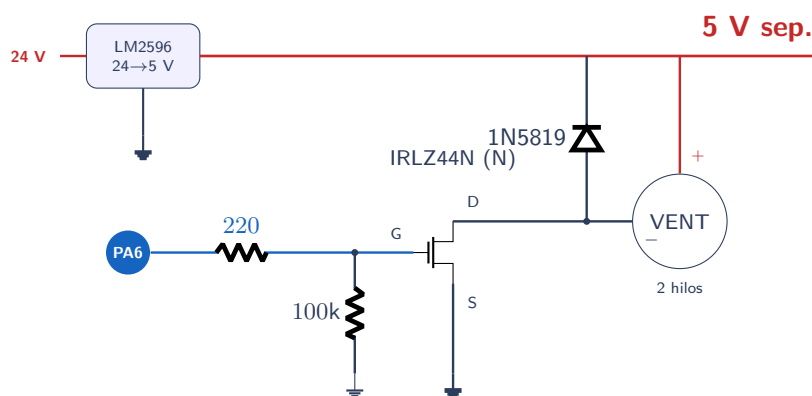
Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ 5V	24 V (gabinete) → LM2596 (buck, ajustar a 5.0 V) → riel 5 V sep.	Riel SEPARADO para el ventilador (PCB = MP1584)
■ GND	LM2596 GND (in/out) → GND	
■ Señal	PA6 → R 220 Ω → compuerta IRLZ44N (G)	PWM 25 kHz
■ GND	IRLZ44N source (S) → GND	Low-side switch
■ Señal	compuerta IRLZ44N (G) → R 100 kΩ → GND	Mantiene el FET apagado
■ GND	IRLZ44N drain (D) → ventilador (–)	Cable negro
■ 5V	ventilador (+) → riel 5 V sep.	Ventilador de 2 hilos
■ 5V	1N5819 en paralelo al ventilador (banda → +5 V sep.)	Flyback / anti-retorno inductivo
—	PB10 (tach) → sin usar (DNP)	2 hilos → sin tacómetro; el fallo se infiere por temperatura (firmware)

5b · Protección de polaridad de la fuente 24 V (Q10 + Zener) — ármalo ANTES que el buck

Entre la fuente de 24 V y **todo** lo que cuelga de ella (LM2596 «FAN» y, en banco, el DFR1015) va un MOSFET-P que **corta si la fuente se conecta al revés**. En la tarjeta es Q10; en el protoboard úsalo en TO-220 (IRF9540N). Aquí es donde vive el **Zener 15 V (DzG, 1N4744A)**: protege la compuerta del FET (V_{GS} máx = 20 V) porque la fuente es de 24 V.

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ 12–24 V	Fuente 24 V (+) → drain (D) de Q10 (IRF9540N)	La tab metálica = D
■ 12–24 V	source (S) de Q10 → nodo «24 V protegido» → LM2596 «FAN» IN+ (y DFR1015 IN+ si usas la misma fuente para ignición)	Aguas abajo ya nadie ve polaridad inversa
■ Señal	gate (G) de Q10 → R 100 kΩ → GND	Enciende el FET con la polaridad correcta
■ Señal	Zener 15 V 1N4744A entre G y S (banda/cátodo → S)	DzG : limita V_{GS} a 15 V
■ GND	Fuente 24 V (–) → GND común	

Prueba: con la fuente al derecho, mide 24 V en «24 V protegido»; inviértela a propósito (sin nada más conectado) y debe medir ≈ 0 . Ponle **disipador** a Q10 (TO-220, clip chico) — barato y va atornillado de todos modos.



! Ventilador de 2 hilos: + → 5 V sep. y – → **DRAIN (D)**. **G** = control (PA6); **S** = GND. El 5 V sep. lo hace un LM2596 (24→5 V, ajústalo a 5.0 V) para que el arranque del ventilador no hunda el 5 V principal. Sin tach: PB10 sin usar (DNP).

Bloque 5 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (*circuitikz-wiring/*).

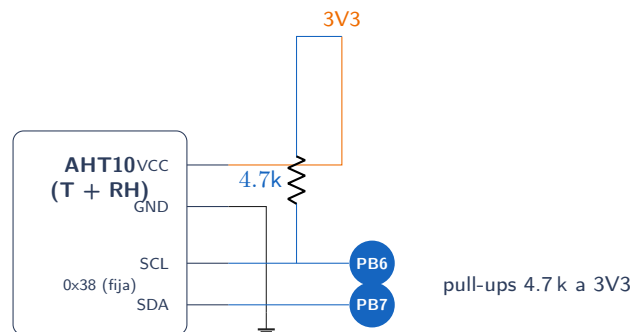
Bloque 6 · Sensor de temperatura y humedad I²C — AHT10

Qué prueba: el log reporta temperatura + humedad del aire; al calentar el sensor, el ventilador sube.

Piezas de este bloque: AHT10 (§4.3) · R 4.7 k ×2 (§4.7)

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ 3V3	AHT10 VCC → 3V3	1.8–3.6 V — NUNCA a 5 V (el breakout no trae regulador)
■ GND	AHT10 GND → GND	
■ Señal	AHT10 SCL → PB6	I ² C1 SCL
■ 3V3	SCL → R 4.7 kΩ → 3V3	Pull-up I ² C (muchos breakouts ya lo traen)
■ Señal	AHT10 SDA → PB7	I ² C1 SDA
■ 3V3	SDA → R 4.7 kΩ → 3V3	Pull-up I ² C
—	Dirección: AHT10 = 0x38 (fija)	Firmware: 0x44 → 0x38
—	SOLO el AHT10 en el bus (restricción Aosong)	SHT40/TMP102 quedan para el PCB; no agregues otro dispositivo I ² C

El AHT10 sustituye al SHT40 en el proto (sin stock, entrega larga) y mide **temperatura + humedad del aire** del gabinete. Con el LM35 → PA7 y el NTC → PB1 (Bloque 11) forman la **triple ruta de temperatura**; la humedad la da solo el AHT10.



! AHT10 sustituye al SHT40 en el proto (sin stock; SHT40/TMP102 quedan para el PCB). VCC = **3V3, NUNCA 5 V** (1.8–3.6 V, el breakout no trae regulador). **SOLO el AHT10 en el bus I²C** (restricción Aosong); dirección **0x38** fija → firmware 0x44→0x38. Mide **temperatura + humedad** del aire del gabinete.

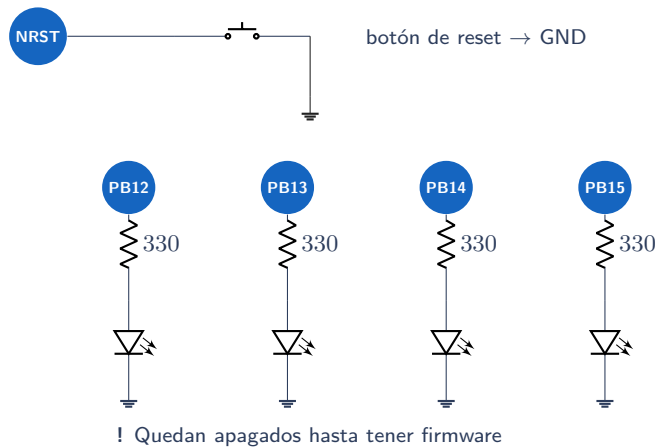
Bloque 6 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (*circuitikz-wiring*).

Bloque 7 · Reset y gauge de batería

Qué prueba: el botón reinicia; los 4 LEDs quedan listos para el firmware. Botones y LEDs **en mano** — van todos en el protoboard.

Piezas de este bloque: botón de 4 patitas — truco de la diagonal (§4.8) · LEDs ×4 y R 330 Ω (§4.6, §4.7)

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ Señal	NRST → push-button → GND	Reset por hardware
■ Señal	PB12 / PB13 / PB14 / PB15 → R 330 Ω c/u → LED → GND (×4)	Gauge de batería; APAGADOS hasta firmware



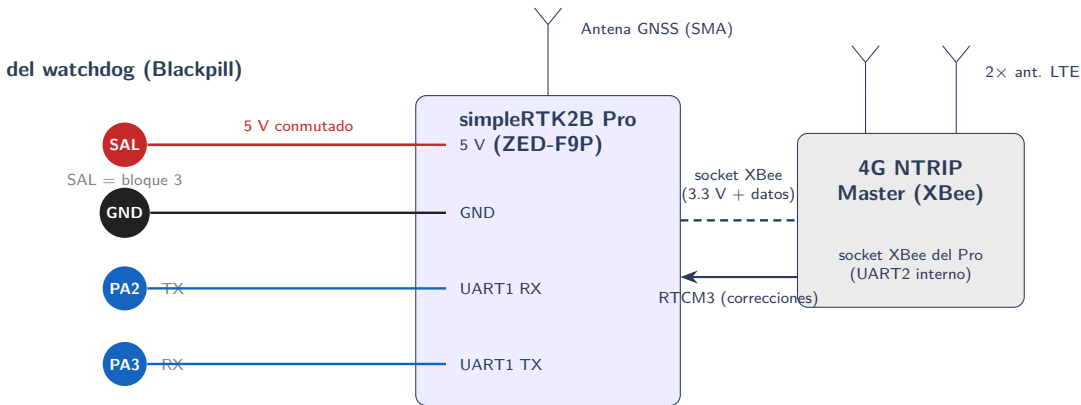
Bloque 7 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (*circuitikz-wiring/*).

Bloque 8 · Conexión del stack RTK (modo por defecto)

Qué prueba: el watchdog observa; solo 5 cables al stack.

Piezas de este bloque: simpleRTK2B Pro y 4G NTRIP Master (§4.4) — en este modo el 4G va **dentro del socket XBee del Pro**: aquí NO se necesita el breakout ni ningún adaptador

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ 5V	SAL (5 V conmutado, Bloque 3) → Pro · pin 5V	Alimenta el stack RTK
■ GND	GND del sistema → Pro · pin GND	
■ 3V3	Blackpill 3V3 → Pro · pin IOREF	Fija el nivel (3.3 V) de los pines TX1/RX1/TX2/RX2 — sin este cable los UART del Pro no responden (fila faltante en v2.2)
■ Señal	PA2 (USART2 TX) → Pro · pin RX1 (F9P UART1 RX)	NMEA · cruce TX→RX
■ Señal	PA3 (USART2 RX) → Pro · pin TX1 (F9P UART1 TX)	NMEA · cruce RX←TX
—	4G NTRIP Master (XBee) → socket XBee del Pro · switch en UART2	3.3 V + datos se los da el socket (no al Blackpill)
—	Antena GNSS (SMA) → F9P	
—	2× antenas LTE → 4G NTRIP Master	Conéctalas antes de energizar
—	Relé \$PHLG (PA9/PA10) = DNP / apagado	Config por defecto (solo monitor)



! El 4G va en el **socket XBee del simpleRTK2B Pro**, no al Blackpill; ahí recibe **3.3 V** y datos (el socket del Pro es de 3.3 V, no de 5 V). Las **correcciones (RTCM3)** llegan por **4G**, no por el GNSS.
! Cruce **TX↔RX**: PA2 (TX) → UART1 RX y PA3 (RX) ← UART1 TX. GND común.
Relé \$PHLG opcional (PA9/PA10) = DNP, apagado por defecto.

Bloque 8 — mismo dibujo que la lámina CircuitikZ (*circuitikz-wiring/*).

Bloque 9 · Modo B — Diagnóstico por NTRIP (relevé, opcional)

Qué prueba: inyecta \$PHLG al servidor por 4G. Requiere el puente XBee de abajo.

Piezas de este bloque: 4G NTRIP Master en breakout XBee (§4.4) · segunda LM2596 o MP1584 «MODEM 3.3 V» (§4.3) · R 22 k y 1 k (§4.7) · C 100 µF+100 nF (§4.6) · breakout USB-C (config) · botón + LED del módem

9a · El problema del paso (pitch): el 4G NO entra en la protoboard

Las patitas del 4G NTRIP Master son formato **XBee: paso de 2.0 mm** (de centro a centro de patita), y la protoboard es de **2.54 mm**. Por eso el módulo no encaja: a la cuarta patita ya perdió medio hoyo. Comprobación rápida con regla: 10 patitas del XBee ocupan **18 mm**; 10 hoyos de la protoboard ocupan **22.9 mm**. (Si mides otra cosa, vuelve a medir de *centro a centro* — el estándar XBee es 2.0 mm, no 1.27 mm.) **Nunca fuerces el módulo ni sueldes cables directo a sus patitas**: es la pieza más cara del banco.

Op.	Solución	Notas	Costo / entrega
A *	Breakout XBee (SparkFun BOB-08276 o genérico) + 2 headers hembra de 2.0 mm (10 pos.) + pines macho 2.54 mm	La recomendada. Requiere soldar los dos headers y los pines (ver 9b). SANDOROBOTICS (CDMX): BOB-08276 ≈MX\$30 + 2× PRT-08272 ≈MX\$35 c/u	≈MX\$100 · 1–2 días
B	«Adaptador XBee» genérico ya armado (Amazon MX / MercadoLibre)	Busca «adaptador XBee 2.54»; verifica en las fotos que traiga las dos filas de pines DIP hacia abajo. Algunos traen regulador y LEDs (no estorban, pero alimenta VCC igual con 3.3 V)	≈MX\$80–250 · 1–3 días
C	Shield XBee formato Arduino (p. ej. HR0440) + cables Dupont H-H	No entra a la protoboard, pero expone las señales en headers 2.54. Funciona como base fija junto a la protoboard	≈MX\$50–150 · 1–2 días
D	Jumpers hembra-hembra de 2.0 mm (AliExpress) directo a las patitas	Solo como último recurso: sin soldar, pero frágil y fácil de conectar corrido. Entrega lenta	≈MX\$60–120 · 2–4 semanas

9b · Armado del puente (opción A) — se suelda UNA vez

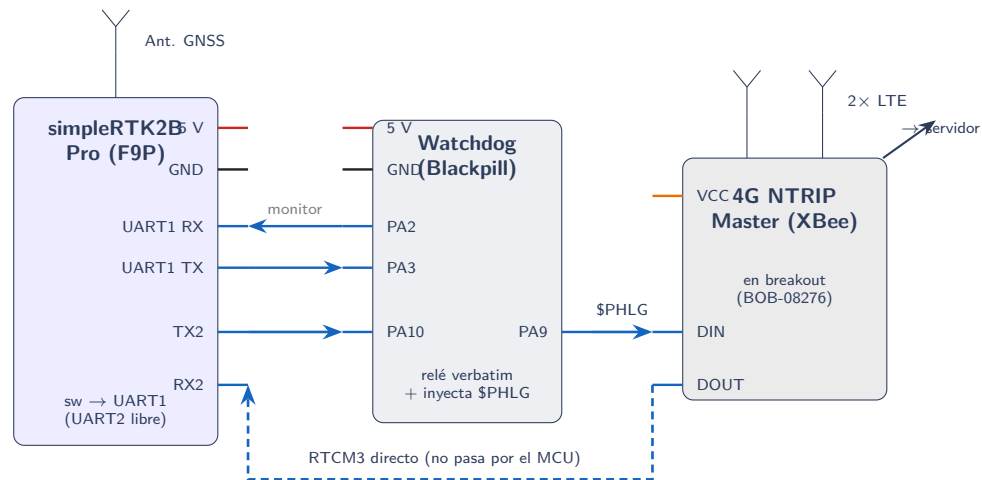
1. Suelda los **2 headers hembra de 2.0 mm** (10 posiciones c/u) en las dos filas *interiores* del breakout, por el lado de arriba (donde está la serigrafía del contorno XBee). Fíjate en la marca de **pin 1** (ver dibujo en §4.4).
2. Suelda **pinos macho de 2.54 mm** en las dos filas *exteriores*, apuntando hacia abajo — así el breakout se enchufa a la protoboard como cualquier módulo.
3. Revisa cada punto de soldadura con lupa/luz: brillante y cónico, sin puentes entre pads vecinos. Con el multímetro en continuidad: cada socket 2.0 mm debe pitar con su pin 2.54 de al lado, y **no** con el vecino.
4. Enchufa el 4G NTRIP Master en los sockets respetando la orientación del contorno (solo entra bien de una forma si sigues la marca de pin 1).
5. **Alimentación — la regla dura: el pin 1 (VCC) del XBee es de 3.3 V. NUNCA le conectes 5 V.** Prepara la segunda LM2596/MP1584, ajústala **en vacío** a **3.3 V** (§4.3), márcala «MODEM 3.3 V», y ponle a la salida un capacitor de 100 μ F + 100 nF lo más cerca posible del pin VCC (el módem pide picos de $\sim$ 1–1.5 A al transmitir; sin ese capacitor se reinicia solo).
6. La entrada de esa buck viene de **SAL** (el 5 V conmutado del Bloque 3), no del riel fijo: así, cuando el watchdog reinicia el stack, **también reinicia el módem** — igual que en el PCB de producción (riel 3V3_MODEM).

9c · Conexiones del Modo B

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ 5V	SAL (Bloque 3) → Pro · pin 5V (y GND común)	El F9P sí es de 5 V
■ 5V	SAL → LM2596 «MODEM» IN+ (ajustada a 3.3 V)	IN–/OUT– al GND común
■ 3V3	LM2596 «MODEM» OUT+ → XBee pin 1 (VCC)	3.3 V — nunca 5 V · C 100 μF+100 nF junto al pin
■ GND	XBee pin 10 (GND) → GND	GND común con todo
■ 3V3	Blackpill 3V3 → Pro · pin IOREF	Nivel 3.3 V de los UART del Pro
—	switch XBee del Pro → UART1	Libera UART2 para el relevo (el socket queda vacío)
■ Señal	PA2 → Pro · RX1 / PA3 → Pro · TX1	Monitor de fix (NMEA)
■ Señal	Pro · TX2 (F9P UART2) → PA10 (USART1 RX)	Relevo: la subida entra al MCU
■ Señal	PA9 (USART1 TX) → XBee pin 3 (DIN)	El MCU releva + inyecta \$PHLG
■ Señal	XBee pin 2 (DOUT) → Pro · RX2	RTCM3 DIRECTO (no pasa por el MCU) → correcciones intactas
■ 3V3	PA10 → R 22 kΩ → 3V3	DFU-safe (idle high)
■ 3V3	XBee pin 14 (VREF) → VCC del módem (3.3 V)	OBLIGATORIO — referencia lógica; sin él los datos no valen
■ GND	XBee pin 20 (ON/OFF) → GND	OBLIGATORIO — a GND = siempre encendido; al aire puede NO encender
■ GND	XBee pines 4, 11 y 15 (GND) → GND	Con el pin 10 quedan los 4 GND conectados
■ Señal	XBee pin 5 (RESET) → botón → GND	Opcional (config); al aire = encendido
■ Señal	XBee pin 13 (LED) → R 1 k → LED → GND	Opcional; tenue — el pin entrega 1.8 V
■ 5V	Breakout USB-C VBUS → XBee pin 6 (V_USB)	El 5 V del cable USB habilita el puerto USB del módem
■ Señal	Breakout USB-C D+ / D– → XBee pines 7 / 8	Configurar el módem desde la PC; par corto y parejo
■ GND	Breakout USB-C GND → GND común	
—	2× antenas LTE (u.FL) → 4G	Antes de energizar — sin antena el transmisor sufre
—	4G NTRIP Master → servidor (4G/NTRIP)	\$PHLG llega <i>en banda</i> al backend

Fail-safe en el PCB v3: bypass UART2 normalmente cerrado

En la tarjeta de producción, la bajada RTCM3 (4G DOUT → F9P RX2) pasa por un **bypass normalmente cerrado**: si el MCU está **muerto, ausente o colgado**, el bypass mantiene la ruta conectada y las correcciones **nunca se cortan** — el MCU solo se interpone cuando está sano. En el protoboard este fail-safe **no existe**: si retiras o cuelgas el Blackpill en Modo B, regresa el 4G al socket XBee (modo por defecto, Bloque 8) para no perder RTCM3. (Invariante: las correcciones viajan por el módem 4G; ningún estado del MCU debe interrumpirlas.)



! 5 V/GND de F9P y watchdog = SAL/GND (bloque 3); VCC del 4G = 3.3 V (buck «MODEM 3.3 V» desde SAL — nunca 5 V). IOREF = 3.3 V. El 4G va en **breakout** (fuera del socket) y el switch del Pro en **UART1**, dejando UART2 libre.

! El MCU queda **en línea** en la subida (F9P TX2 → PA10 → PA9 → 4G DIN) e inyecta \$PHLG. La bajada **RTCM3** (4G DOUT → F9P RX2) es **directa** (punteada). PCB: bypass normalmente-cerrado en UART2 ⇒ un MCU ausente/colgado nunca corta las correcciones.

Bloque 9 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (circuitikz-wiring/).

Bloque 10 · Respaldo de batería (proto): TP4056 + MT3608 + corte de carga (PA8) + apagador

Qué prueba: reproduce carga / respaldo; PA8 corta la carga; el apagador mata todo. El PCB usa el LTC4040.

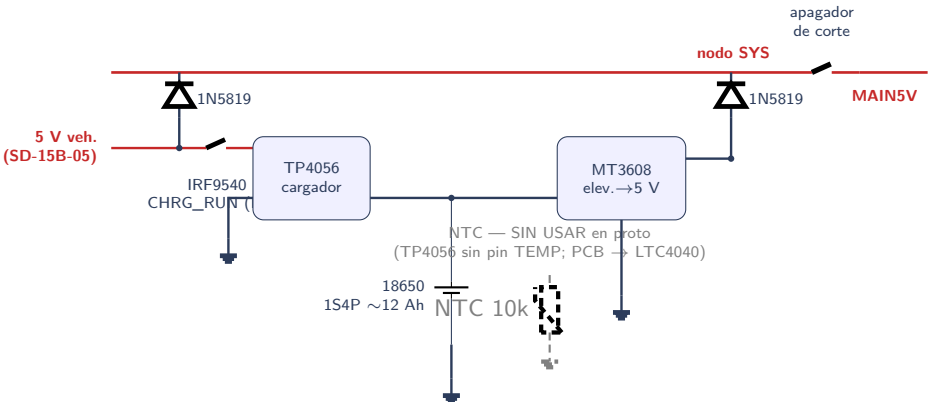
Piezas de este bloque: TP4056 (§4.3) · MT3608 (§4.3) · 2N3904 e IRF9540N (§4.5) · 1N5819 ×2 (§4.6) · apagador (§4.8) · R 1k y 10k (§4.7)

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
■ 5V	5 V vehículo (SD-15B-05) → IRF9540 (CHRG_RUN) → TP4056 IN+	Camino de carga — conmutado por PA8 (el módulo no expone TEMP)
■ GND	TP4056 IN- → GND	
—	TP4056 BAT+ → 18650+ (nodo compartido)	
—	18650+ → MT3608 IN+	Nodo compartido (carga + boost)
■ GND	18650- → GND	
■ GND	MT3608 IN- / OUT- → GND	
■ 5V	MT3608 OUT+ (eleva 3.6→5 V) → 1N5819 → nodo SYS	Respaldo (OR)
■ 5V	5 V vehículo → 1N5819 → nodo SYS	Primario (OR) — el vehículo tiene prioridad
■ 5V	nodo SYS → apagador de corte (SPST) → riel MAIN5V	Corte general: mata vehículo y batería (= Bloque E del PCB, P11)
■ Señal	PA8 (CHRG_RUN) → R 1 kΩ → base 2N3904 (B)	Corte de carga por temperatura
■ GND	2N3904 emisor (E) → GND	
■ Señal	2N3904 colector (C) → compuerta IRF9540 (G)	Mismo patrón que el Bloque 3
■ 5V	compuerta IRF9540 (G) → R 10 kΩ → 5 V vehículo	Pull-up → sin carga con MCU ausente
■ 5V	IRF9540 source (S) → 5 V vehículo · drain (D) → TP4056 IN+	PA8 ALTO = carga permitida
—	NTC 10 k del kit: SIN USAR en proto	El módulo TP4056 no expone TEMP; en el PCB va al pin NTC del LTC4040
■ Analóg.	18650+ → (Bloque 4) → PA0 (BAT_SENSE)	Sensado de voltaje de batería
—	MT3608: ajustar apenas < 5 V del vehículo	Prioridad al vehículo; el PCB usa el LTC4040

Corte de carga en el proto: lo hace el MCU (PA8), porque el TP4056 del kit no tiene NTC

En el PCB, el termistor de la celda va al pin NTC del **LTC4040** y el cargador califica la carga por temperatura en hardware. El módulo TP4056 del kit **no expone el pin TEMP**, así que en el proto esa protección la hace el **firmware**: lee la **triple ruta de temperatura** (AHT10 · LM35 → PA7 · NTC → PB1) y con **PA8 (CHRG_RUN)** corta el 5 V de entrada del TP4056 vía el IRF9540. Con el MCU ausente o en reset, el pull-up deja el FET **apagado = sin carga** (estado seguro: el proto no tiene guardia térmica de hardware). **Ojo firmware**: la polaridad es **inversa** a la del PCB — proto CHRG_RUN ALTO = carga; PCB CHRG_EN ALTO = corta (LTC4040 con pull-down, carga habilitada sin MCU porque su NTC sí vigila). Usa un flag de compilación.

Pack: 1S4P ~12 Ah — *nunca* 40 Ah (ese dato fue un error, corregido el 2026-06-30). Con 12 Ah, la corriente de carga del LTC4040 se dimensiona con $R_{\text{PROG}} \approx C/5 \leq 2.5 \text{ A}$.



! Stand-in de banco (ya lo tienes): el vehículo carga el 18650 por el TP4056; el MT3608 eleva 3.6 V → 5 V; los 2x 1N5819 hacen OR de veh + respaldo hacia el nodo SYS, y el apagador de corte (SPST) une SYS → MAIN5V: mata vehículo Y batería (= Bloque E del PCB, P11). Ajusta el MT3608 apenas < 5 V del vehículo (prioridad al vehículo). BAT_SENSE = 18650+ → PA0 (Bloque 4). El módulo TP4056 no expone el pin TEMP → el NTC del kit queda SIN USAR en proto (en el PCB va al LTC4040); la protección térmica de carga la hace el MCU con PA8 (CHRG_RUN): 1 k → 2N3904 → IRF9540 (pull-up 10 k) en el IN+ del TP4056. PA8 ALTO = carga; MCU ausente = SIN carga (inversión vs PCB CHRG_EN → flag en firmware). El MCU lee temperatura por AHT10 (Bloque 6) + LM35 → PA7 y NTC → PB1 (Bloque 11). El PCB usa el LTC4040 (Bloque B).

Bloque 10 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (circuitikz-wiring/).

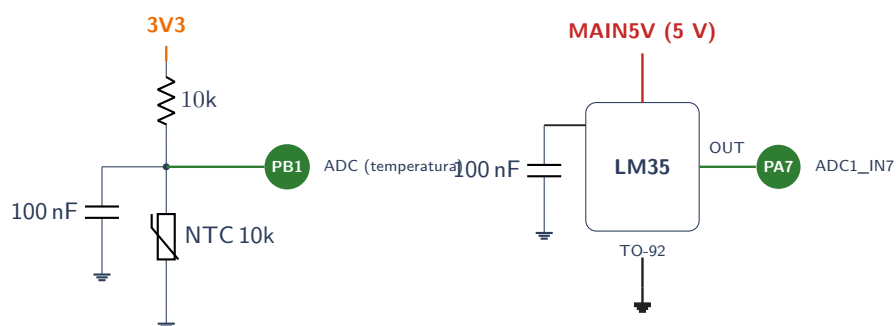
Bloque 11 · Temperatura analógica: NTC 10 k → PB1 + LM35 → PA7

Qué prueba: dos canales analógicos independientes; con el AHT10 (Bloque 6) completan la triple ruta.

Piezas de este bloque: NTC 10 k (§4.8) · LM35 — ¡jojo con la orientación! (§4.5) · R 10 k 1 % (§4.7) · C 100 nF (§4.6)

Red	Conexión (desde → vía → hacia)	Valor / Nota
3V3	3V3 → R 10 kΩ (1 %) → nodo	Divisor fijo (superior)
Analóg.	nodo → PB1 (ADC1_IN9)	≈1.65 V @ 25 °C; baja al calentar
—	nodo → NTC 10 kΩ → GND	Termistor · Beta ≈3950
GND	nodo → C 100 nF → GND	Filtro
5V	LM35 VCC → MAIN5V	Necesita ≥4 V → al 5 V, NO al 3V3
Analóg.	LM35 OUT → PA7 (ADC1_IN7)	10 mV/°C; ≤1.5 V a 150 °C → seguro para el ADC de 3.3 V
GND	LM35 GND → GND	
GND	LM35 VCC → C 100 nF → GND	Desacople junto al sensor
—	Colocación: NTC = contacto en el punto caliente (celda/módem) · LM35 = aire/tarjeta (junto a TP4056/MT3608) · AHT10 = aire + RH	Firmware: Beta/Steinhart (PB1), 10 mV/°C (PA7); cualquiera puede disparar CHRG_RUN

Este NTC es **distinto** del NTC del kit para el cargador (Bloque 10, sin usar en proto): este sí va al MCU (PB1) y mide el punto caliente por contacto. **Triple temperatura** = AHT10 (I²C) + LM35 (ADC) + NTC (ADC) — tres tecnologías y tres rutas eléctricas independientes; la **humedad** la da solo el AHT10.



! Ruta analógica — dos canales. NTC → PB1 (ADC1_IN9): divisor 3V3 — 10k(1%) — NTC 10k — GND; ≈ 1.65 V a 25 °C, baja al calentar; ≈ 165 μ A (sin auto-calentamiento); Beta (≈ 3950)/Steinhart; **de contacto, al punto caliente** (celda/módem). LM35 → PA7 (ADC1_IN7): 10 mV/°C, alimentado a 5 V (nunca 3V3, necesita ≥ 4 V); salida ≤ 1.5 V → segura para el ADC; **aire/tarjeta** (junto a TP4056/MT3608). Con el AHT10 (Bloque 6, aire + RH) son **TRIPLE temperatura por 3 rutas independientes**; la humedad la da solo el AHT10. Cualquiera puede disparar **CHRG_RUN** (corte de carga, PA8 — Bloque 10).

Bloque 11 — mismo dibujo que la lámina CircuiTikZ (*circuitikz-wiring/*).

8 Patitas de los componentes (resumen rápido)

Tabla-resumen para consulta veloz; **los dibujos** de cada uno están en la sección 4. Míralos de frente, patitas hacia abajo.

Componente	Orientación / pines
2N3904 (TO-92)	Cara plana hacia ti, izq → der: E – B – C
IRF9540 (TO-220, canal P)	Metal atrás, izq → der: G – D – S . Metal = Drain
IRLZ44N (TO-220, lógico)	Metal atrás, izq → der: G – D – S . Debe ser «lógico» (NO IRF540/IRFZ44)
BAT54 · 1N5819 (diodos)	La banda impresa = cátodo (K)
NTC 10 k (termistor)	Sin polaridad. Divisor con R 10 k (1 %) a 3V3
LM35 (TO-92)	Cara plana hacia ti, izq → der: +V_S – OUT – GND . Al revés se quema
AHT10 (tarjetita I ² C)	4 pines rotulados: VCC (a 3V3) · GND · SCL · SDA
Capacitor electrolítico	CON polaridad: la franja/pata corta = negativo (–) → GND

9 Orden de armado (sigue este orden)

#	Paso	Acción
1	Solo USB	Compila y flashea el firmware v2.3 (Arduino/STM32duino, F411CE, DFU con BOOT0). Serial 115200: confirma BOOT/COLS/TLM y un \$PHLG cada 30 s. Si falla, arregla el firmware antes de seguir.
2	LED de estado	Bloque 2. Verás parpadeos.
3	Interruptor de carga	Bloque 3. Confirma: APAGADO al reset , ON cuando PA1 activa.
4	Sensado	Bloque 4. Divisores PA0/PA4; ignición por DFR1015 (12/24 V) o el apagador a 3V3.
5	Ventilador	Bloque 5. Primero arma 5b (Q10 + Zener 15 V en la línea de 24 V), ajusta el LM2596 a 5.0 V, y al final conecta el ventilador.
6	Temperatura / humedad	Bloques 6 y 11: AHT10 (0x38, solo en el bus) + LM35 → PA7 + NTC → PB1. Verifica las tres lecturas en el log.
7	Respaldo de batería	Bloque 10. TP4056 + MT3608 (ajusta el MT3608 apenas < 5 V del vehículo) + corte de carga PA8 (CHRG_RUN) + apagador SYS → MAIN5V. Prueba: PA8 en bajo = el LED CHRG del TP4056 se apaga; el apagador mata todo.
8	Stack RTK	Bloque 8. Solo 4 cables (SAL, GND, PA2, PA3); el 4G va en el socket XBee del Pro.
9	(Opcional) Modo B	Bloque 9. Relevo por breakout XBee — solo si vas a probar el diagnóstico por NTRIP. Prepara antes el puente 2.0→2.54 mm (compra y soldadura de la sección 9a/9b), la buck «MODEM 3.3 V», y no olvides los pines obligatorios VREF(14)→VCC · ON/OFF(20)→GND · GND×4 + el USB de config (9c).

10 Avisos importantes

- El IRLZ44N debe ser «lógico» (**no** IRF540/IRFZ44). Si usaron TIP120, avísale a Leo.
- **Nunca 5 V directo a PA0/PA4/PA5.** PA0/PA4 por divisor ÷2; PA5 lógico ≤ 3.3 V (INPUT_PULLDOWN, clamp Schottky **1N5819** del kit — en el PCB es BAT54 —, **sin divisor**).
- LM2596: ajústalo a **5.0 V con el multímetro ANTES de conectar** (vienen aleatorios).
- El ventilador va en el 5 V del LM2596 (**separado**), no en la salida «stack» ni en el 5 V principal.
- MT3608: ajústalo **apenas** < 5 V del vehículo (para que el vehículo tenga prioridad).
- Ventilador de 2 hilos → sin tacómetro (PB10 sin usar).
- El DFR1015 acepta 12 y 24 V; su GND (IN–/OUT–) va al GND del sistema.
- El 4G va en el **socket XBee del Pro** (no al Blackpill), salvo el Modo B. En el PCB v3, el bypass UART2 **normalmente cerrado** garantiza que un MCU muerto/ausente nunca corte el RTCM3 (ver Bloque 9).
- **Fuera del socket, el 4G se alimenta con 3.3 V — NUNCA 5 V** (pin 1 del XBee), desde la buck «MODEM 3.3 V» con su capacitor de 100 μF al lado, y sus patitas son de paso **2.0 mm**: usa el puente de la sección 9a/9b, no lo fuerces en la protoboard. Antenas LTE conectadas **antes** de energizar.
- **USB del Blackpill y riel 5 V nunca al mismo tiempo**: el pin 5V está unido directo al USB. Para flashear, desconecta el riel; para operar, desconecta el USB.
- El pin IOREF del Pro debe ir al 3V3 del Blackpill en los Bloques 8 y 9 — sin él, los pines TX1/RX1/TX2/RX2 del Pro no responden.
- **AHT10 solo a 3V3** (1.8–3.6 V, se quema a 5 V) y **solo él** en el bus I²C (restricción Aosong); dirección 0x38 fija. **LM35 al revés**: necesita ≥4 V → va al **5 V**, nunca al 3V3.

- El TP4056 del kit **no expone el pin TEMP** → el corte de carga lo hace **PA8 (CHRG_RUN)** sobre el IN+ (Bloque 10). **Polaridad inversa al PCB**: proto ALTO = carga; PCB (CHRG_EN) ALTO = corta — flag en firmware. El NTC del kit queda sin usar en proto (en el PCB va al LTC4040).
- **Disipadores TO-220**: obligatorio en **Q10** y recomendado en el **IRF9540N del interruptor de carga**; opcional en el IRLZ44N y el IRF9540N de CHRG_RUN. **La tab metálica = DRAIN**: dos transistores **nunca** comparten disipador sin mica/aislante.
- **Placa perforada 10×10 cm — plano sugerido** (igual que el Diagrama Único): **potencia a la izquierda** (Q10, bucks, TP4056/MT3608, pila), **Blackpill al centro** sobre headers hembra, **stack RTK a la derecha** (Pro, XBee/breakout, USB-C al borde). Módulos SIEMPRE sobre headers hembra — nunca soldados directo. Deja pasillo de GND alrededor y cablea con 22 AWG sólido.
- Capacitores electrolíticos (10 μ F / 100 μ F) **con polaridad**: negativo a GND. Los 100 nF cerámicos no tienen polaridad.
- 18650: respeta la polaridad; pack 1S4P ~**12 Ah** (nunca 40 Ah). **Bench-test** el firmware antes de flashear en campo.
- Cobertura de partes: **Sección 1 + 3** de la lista de compras = suficiente para el core; la Sección 2 (TP4056/MT3608) solo para el respaldo de batería.

11 Historial del documento

Versión	Fecha	Cambios
v2	2026-07-02	Guía original (bloques 1–11), publicada solo como PDF (fuente perdida).
v2.1	2026-07-02	Fuente LaTeX reconstruida y mantenida en el repo (03-Architecture-Hardware/Guia-Conexion-Protoboard/). Contenido realineado al XLSX autoritativo: mapa de pines completado (PA8 , PC13), Bloque 9 con las filas faltantes (alimentación, monitor PA2/PA3, ruta al servidor), fila LTC4040 en «Fuentes y convertidores». Nuevo: tabla «Estado y cambios», aviso del bypass UART2 normalmente cerrado del PCB (Bloque 9), aclaración NTC del cargador vs TMP102 vs NTC → PB1 , pack 1S4P ~12 Ah (nunca 40 Ah), leyenda con colores de los diagramas CircuiTikZ, figura del Bloque 3 y referencias cruzadas.
v3.1	2026-07-20	Bloque 5b : protección de polaridad 24 V (Q10 + DzG 15 V 1N4744A) — por fin dibujada y explicada. Bloque 9c : pines obligatorios del XBee según datasheet — VREF(14)→VCC, ON/OFF(20)→GND, GND 4 · 10 · 11 · 15 — + USB de configuración (V_USB/D± → breakout USB-C), botón RESET y LED. Clamp de PA5 = 1N5819 del kit (PCB: BAT54). Avisos: disipadores TO-220 (tab = drain) y plano sugerido para placa perforada 10×10. Lista de compras reconstruida desde cero (1 tarjeta, con disipadores y consumibles).
v3.0	2026-07-08	Catálogo visual de piezas (sección 4): vista física con patitas rotuladas de los módulos con CI (LM2596, MT3608, TP4056, AHT10, DFR1015), pinout completo del Blackpill de frente (40 pines, usados en color), simpleRTK2B Pro con sus rótulos RX1/TX1/RX2/TX2/IOREF, 4G NTRIP Master + breakout, transistores TO-92/TO-220, diodos, LEDs, capacitores, código de colores de resistencias, protoboard por dentro y checklist antes de energizar. Línea «Piezas de este bloque» en los 11 bloques. Bloque 9 rehecho : el 4G es paso 2.0 mm (no cabe en protoboard 2.54 mm) → opciones de puente (breakout + sockets ≈MX\$100), armado 9b, y alimentación del módem 3.3 V desde SAL vía buck dedicada (espejo del riel 3V3_MODEM del PCB) con capacitor de ráfaga. Nuevo en tablas 8/9: fila IOREF → 3V3 (faltaba) y números de pin XBee (1 VCC · 2 DOUT · 3 DIN · 10 GND). Aviso USB+riel 5 V simultáneos.
v2.2	2026-07-03	Suite de sensores realineada a las partes en mano : AHT10 (0×38, solo en el bus, a 3V3) sustituye al SHT40 en el Bloque 6 (SHT40/TMP102 quedan para el PCB); LM35 → PA7 nuevo en el Bloque 11 → triple temperatura (AHT10 + LM35 + NTC→PB1), humedad = solo AHT10. Corte de carga por PA8 (CHRG_RUN) sobre el IN+ del TP4056 (el módulo no expone TEMP; inversión de polaridad vs PCB) y apagador de corte general nodo SYS → MAIN5V (= Bloque E del PCB) en el Bloque 10. Reset/gauge dejan de ser opcionales; patitas del LM35, AHT10 y electrolíticos; capacitores en mano (100 nF / 10 μF / 100 μF). Diagramas CircuiTikZ incrustados al final de cada uno de los 11 bloques.

Helgen Technologies · Proyecto Drogheda · Guía de conexión en protoboard v3.1 (bloques 1–11) · Firmware v2.3
 · Documento para el técnico de armado. Datos de conexión: Drogheda_Conexiones-por-Bloque_Proto_v1.xlsx ·
 Diagramas: circuitikz-wiring/.