

HBOX RTK — Análisis de Causa Raíz y Plan de Robustez

Fallas de campo en ICAVE (Veracruz) ▪ Camino a HBOX v3.0

Helgen Technologies — Ingeniería de Producto

22 de junio de 2026

Agenda

1. Contexto y hallazgo principal
2. Metodología de diagnóstico
3. Evidencia: los datos
4. Causas raíz
5. Acciones ya tomadas
6. Camino a HBOX v3.0
7. Estado honesto y plan a una semana

Contexto y hallazgo principal

¿Qué pasó?

- 5 HBOX RTK instalados en equipo pesado de ICAVE (RTG, reach stackers, montacargas, tractoplana).
- Operación intermitente desde el arranque y, después, una **falla casi simultánea** en toda la flota.
- En paralelo, durante semanas: **desconexiones recurrentes** en Wialon.
- Escalamiento del cliente (17 jun). Unidades retiradas: 4 en mano (3 fuera de servicio, 1 funcional) en Veracruz; equipo en Querétaro.

Lo primero: transparencia

Nuestra primera hipótesis fue el calor. El análisis con datos revela un cuadro más complejo, y este informe **corrige el diagnóstico con evidencia**.

Hallazgo principal

- **No hay una causa única.** La evidencia apunta a **al menos dos causas independientes**, amplificadas por una tercera.
- **(1) Backend** — **confirmado en el código**: puede retirar de Wialon a unidades que en realidad están *sanas*.
- **(2) Hardware / térmico** — causa física probable de las unidades genuinamente dañadas (a confirmar con desmontaje + termopar).
- **(3) Firmware** — convierte interrupciones breves en cortes prolongados (ya corregido en v2).

Una consecuencia favorable

Varias unidades reportadas como «caídas» pueden tener el **radio sano** y ser **víctimas del servidor**: esa parte es de corrección inmediata y de bajo costo.

Síntesis

Los radios **funcionan**: entregamos posición GPS estándar (SPS) de forma confiable, **todavía no RTK**. Los frentes por cerrar son la **fuentes de correcciones**, la **observabilidad**, el **térmico** y la **vibración** — los cuatro, en corrección.

Metodología de diagnóstico

Cómo diagnosticamos

- **Principio:** validar primero las causas **más probables y de comprobación inmediata** —sin desmontar unidades— antes que las hipótesis exóticas.
- **3 vistas de log independientes por unidad:** receptor u-blox (.ubx), consola del 4G-NTRIP-Master (.log) y captura del retranslator en el servidor (tcpdump).
- + archivos de configuración (caster NTRIP y ZED-F9P) + un **baseline sano** de referencia (RTK14_440).
- **Herramientas propias** (hbox-log-tools): Log Explorer en navegador, analizador por lotes y dashboard.

Diagnóstico diferencial (H1–H8)

#	Hipótesis	A: simult.	B: descon.	Estado / Prior
H1	Térmico (batería / booster / módem en gabinete sellado + Mean Well)	Sí	Sí	Alto
H2	Backend HOL (retranslator bloqueante)	Sí	Sí	Confirmado (código)
H2b	Filtro anti-salto (bloqueo permanente)	No	Sí	Confirmado (código)
H3	Vibración (Dupont / SMA / soldadura)	No	Sí	Alto
H4	Módulo 4G NTRIP (cuelgue / falla)	Parc.	Sí	Alto
H5	Fusible sub-dimensionado	Sí*	Parc.	Medio
H6	Lógica de watchdog (reset / loop)	No	Sí	Alto (para B)
H7	Brownout de batería (caída de tensión por calor)	Sí	Sí	Medio-alto
H8	Riel de potencia / EMI de la máquina	Parc.	Sí	Medio

Las dos comprobaciones **más rápidas** (backend H2, fusible H5) se confirman en una hora, **sin desmontar una sola unidad.**

Evidencia: los datos

Dos fallas, probablemente *dos* causas

(A) Falla casi simultánea

- Apunta a un estresor de **modo común**.
- Candidatos: calor, backend / caster / SIM, servidor.

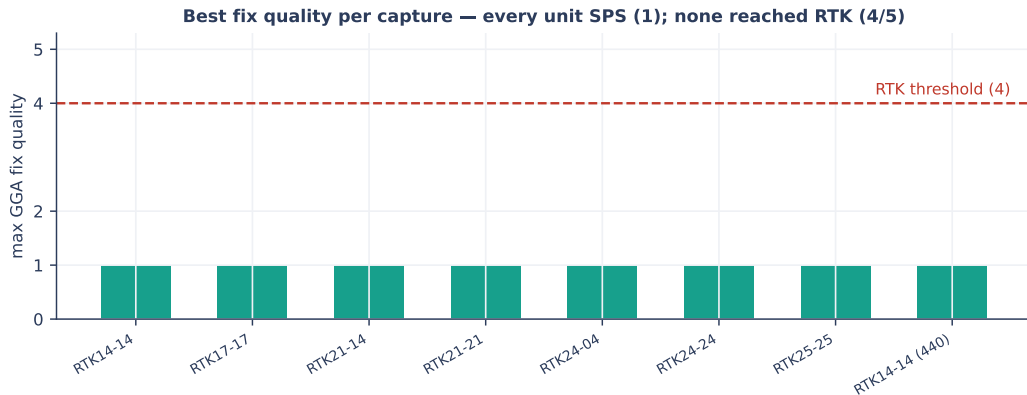
(B) Desconexión crónica

- Apunta a **intermitencias**.
- Candidatos: vibración, cuelgue del 4G, watchdog lento.

Por qué no reducirlo todo a «calor»

Atribuir todo al calor pierde una corrección barata de **backend**, y un rediseño térmico **no** detendría las intermitencias por **vibración**. Se atienden ambas.

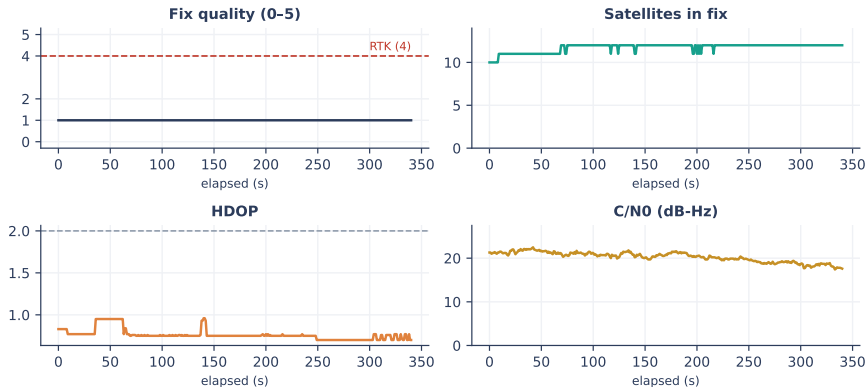
Ninguna unidad alcanzó RTK



Todas las capturas en **SPS (calidad 1)**; **cero en RTK (4/5)**. El posicionamiento centimétrico nunca se entregó.

El receptor está sano — el problema no es el ZED-F9P

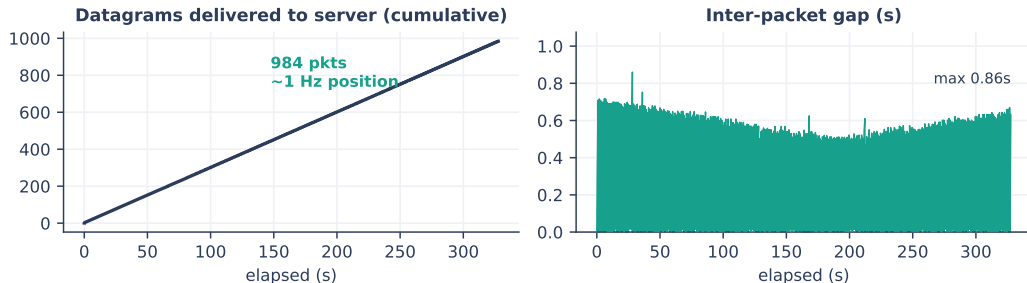
Healthy baseline RTK14_440 — receiver is fine (12 sats, HDOP 0.75) but stuck at SPS, never RTK



Baseline RTK14_440: **12 satélites**, **HDOP 0.75**, C/N0 sano — pero atrapado en SPS. El receptor funciona.

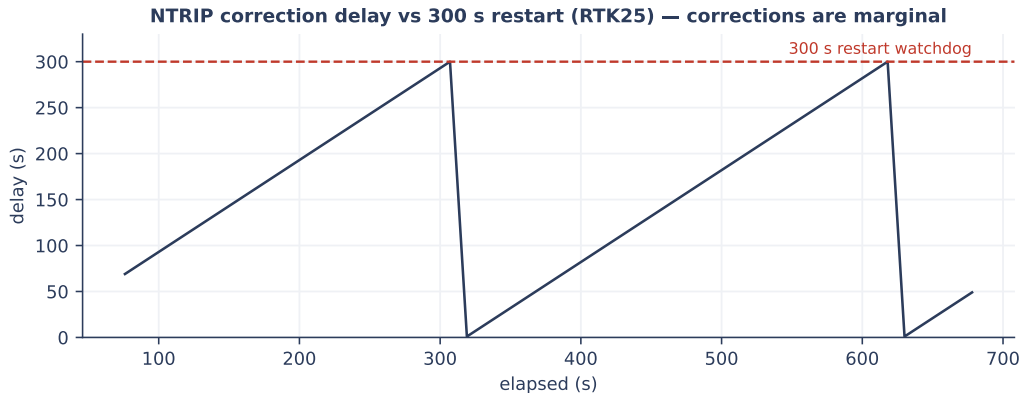
La entrega extremo-a-extremo es sana

Retranslator capture — steady, zero dropouts (healthy end-to-end delivery)



RTK14_440: **984 paquetes, 1 Hz estable, cero caídas** al servidor. Lección clave: «entrega sana» ≠ «RTK».

Las correcciones son marginales



Causa: caster público gratuito rtk2go (sin SLA) + configuración del F9P solo en RAM + cielo interior (banco). El cliente NTRIP rara vez alcanza el estado «conectado».

La trampa diagnóstica (y una rectificación)

- La **consola del 4G-NTRIP-Master no es un indicador de salud confiable**: el baseline *sano* registra la misma consola escasa que las unidades que «parecían» falladas.
- **Rectificación**: la supuesta «falla de ingest en master-14» queda **retirada** — master-14 es el baseline y demuestra reenvío.
- **Solo master-21** es una falla confirmada (el módem nunca registra: 0xFFFF + 511 errores del parser AT).

Lección

La salud por unidad debe provenir de un componente que **interpreta el fix** —el Blackpill— registrado en un formato confiable.

Causas raíz

Térmico (H1 / H7) — qué es real y qué falta probar

- **Trampa térmica anidada:** el HBOX va sellado dentro de un gabinete ABS IP67 que *además* aloja la fuente Mean Well, a pleno sol en Veracruz (interior estimado 60–80 °C).
- **La carcasa ASA fue una elección correcta:** UV-estable y reblandece a $\sim 95\text{--}100\text{ °C}$, con margen frente a esa temperatura. El gabinete no es el eslabón débil.
- **El eslabón débil son los componentes de potencia de grado prototipo** en ese espacio caliente: batería 18650 (carga $\leq 45\text{ °C}$ $\rightarrow$ caída de tensión / hinchamiento), PowerBoost 1000C (booster *hobby*) y el módem 4G (throttling térmico).
- El **ZED-F9P** ($-40 \dots + 85\text{ °C}$) **no** es la víctima.

Honesto

En banco las fallas se reproducen **en frío** $\rightarrow$ el calor *no* explica lo observado en estos logs. La hipótesis térmica de **campo** sigue **abierta** (falta soak con termopar).

Backend (H2 / H2b) — confirmado en el código

- **H2:** el envío a Wialon (con `connect` de 20s y espera de ACK) ocurre **dentro** del único bucle UDP → un upstream lento detiene el bucle y **toda la flota cae a la vez**.
- **H2b:** el filtro anti-salto no actualiza su referencia tras un «salto» rechazado → una unidad sana queda **fuera de Wialon de forma permanente**.

```
# retranslator.py (defecto): envio sincrono en el bucle de recepcion
for pkt in udp_recv_loop():          # un solo hilo, toda la flota
    wialon.connect(timeout=20)        # bloquea a TODOS si el upstream tarda
    wialon.send(pkt); wialon.wait_ack() # head-of-line stall
```

Triage **sin costo**: ONLINE en htracker pero OFFLINE en Wialon ⇒ víctima del backend, no hardware dañado.

Firmware (H6) — convierte una interrupción breve en un corte largo

- v1 reacciona a la pérdida de correcciones con un hot-reset del **GNSS** (UBX-CFG-RST) → reinicia el ZED-F9P, **no** el módem 4G colgado (la falla #1 reportada). 5 min en una acción sin efecto.
- v1: reset duro cada ~10 min **sin backoff** → **ciclo de reinicios**; cada ciclo equivale a varios minutos de desconexión. Una flota así produce «desconexiones recurrentes».

v2 (ya disponible)

Recupera **ciclando el stack 4G**, detecta silencio de NMEA en ~60 s, aplica **backoff exponencial** y cae a **modo LIMP** (sigue reportando GPS estándar) en lugar de desaparecer.

La revisión de ICAVE es correcta (H3 / H4)

Punto del cliente	Mecanismo	Corrección permanente
Conectores Dupont	la vibración los afloja → apertura intermitente	conectores con seguro (JST / Molex)
Esfuerzo en soldaduras	flexión + ciclos térmicos los agrietan	PCB con alivio de esfuerzos
Sin diseño anti-vibración	la resonancia afloja todo	PCB + standoffs + grommets + coat
SMA / terminales flojos	se aflojan con la vibración	SMA con torque, conectores retenidos
Fallas de la tarjeta 4G	térmico + mecánico + sin recuperación	fix térmico + v2 + módem calificado
Cambio de SIM difícil	SIM enterrada en el stack	SIM en panel frontal / eSIM
«No apto para producción»	cableado a mano, piezas únicas	PCB diseñada, documentada, repetible

Nada de esto se resuelve con firmware: es el núcleo del trabajo de **PCB + ruggedización**.

Acciones ya tomadas

- Retranslator + monitor: **envío asíncrono**, sin bloqueo de cabeza de línea (HOL).
- **Identidad por** `cell_id` (no por orden de llegada) → la trazabilidad por unidad deja de depender del orden de los paquetes.
- Filtro anti-salto **corregido**: ya no deja fuera de forma permanente a una unidad sana.

Resultado esperado

Una unidad sana **ya no puede quedar fuera por el servidor**. Esto descarta una de las dos causas de modo común antes de la próxima prueba de campo.

- **Spec de logging v2.1:** reemplaza el dashboard ANSI auto-sobrescrito por un flujo **estructurado, con marca de tiempo y parseable**: estado, fix, paquetes, batería, **temperatura del MCU**, recuperación y **causa del reset**.
- **hbox-log-tools:** Log Explorer (parseo + graficado automático + comparación contra baseline + export PNG/SVG), analizador por lotes y dashboard.

Efecto

La salud por unidad deja de ser ambigua: proviene de la **propia unidad**, no de una consola que no es confiable.

- Persistir la configuración del F9P en **FLASH** (hoy es **solo RAM** → se pierde en un ciclo de energía y rompe el feed de forma silenciosa).
- Migrar las correcciones de rtk2go (gratuito, sin SLA) a un **caster dedicado (HelgenSRV)** con disponibilidad garantizada.
- Reverificar el switch XBEE↔UART2 del simpleRTK2B Pro.

```
; Persistir configuracion en BBR + FLASH (no solo RAM) -- ilustrativo
UBX-CFG-CFG  saveMask = ioPort | msgConf | navConf
              devices  = devBBR | devFlash
; GGA en UART2 @1 Hz -> verificado correcto
```

Camino a HBOX v3.0

Fase 1 — Ruggedizar ahora

Sobre los módulos actuales, sin esperar la PCB: eliminar Dupont, buck industrial $24 \rightarrow 5\text{ V} \geq 3\text{ A}$ (retira el PowerBoost), fijación mecánica + conformal coat, SIM frontal, conducción térmica al plato + parasol, flashear v2.

Fase 2 — PCB de producción

Una placa *carrier* industrial que reemplaza todo el cableado a mano y las placas *hobby*. La corrección **de fondo**, en paralelo.

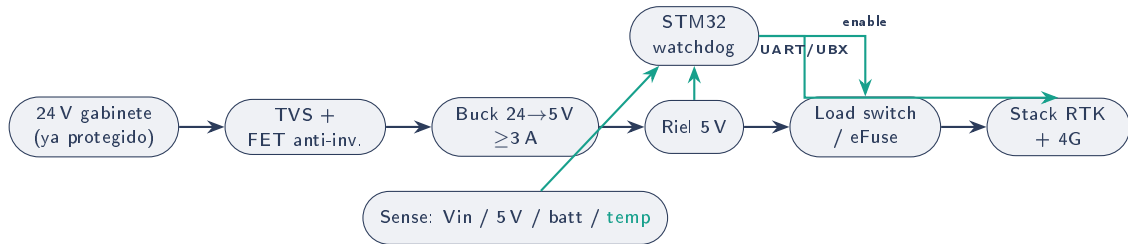
Estabilización «permanente-suficiente» de la flota **ahora**; la PCB se fabrica en paralelo.

Térmico v3.0 — gestión activa con ducto impermeable

- **Hecho de ingeniería:** un ventilador dentro de una caja *sellada* no enfría — solo agita el aire atrapado.
- **v3.0:** un **ducto impermeable** (membrana hidrófoba tipo Gore / laberinto sellado) crea una trayectoria de aire controlada que *sí* extrae calor **sin comprometer el ingreso** (agua / polvo / salitre).
- **Control inteligente del ventilador** gobernado por el Blackpill: sensa la temperatura interior → modula el flujo.
- **La carcasa ASA se mantiene** (es adecuada); el foco es **conducir el calor** al plato metálico, reducir la ganancia solar (parasol) y bajar el calor interno (buck eficiente, retirar / reubicar la batería).

Abierto: definir la membrana / ducto y validar con soak de termopar. Opcional: gabinete metálico como disipador.

PCB de producción (Fase 2) — diagrama de bloques



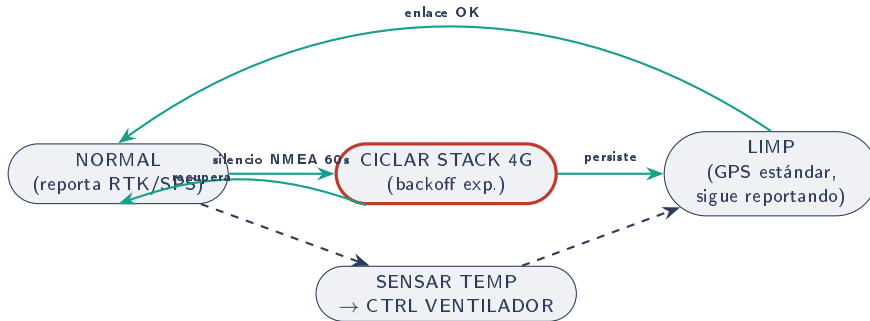
Conectores con seguro ▪ SMA bulkhead con torque ▪ SIM en panel frontal / MFF2 ▪ test points en cada riel.

- Standoffs con **aisladores** / **grommets**; retención del módulo XBee 4G en su socket con bracket o clip.
- Conformal coat del cableado discreto; conectores con seguro; SMA con thread-lock + torque.

Abierto — en definición

Definir el **esquema de amortiguación específico del módulo 4G** (montaje aislado vs. retención rígida), a confirmar con una **prueba de vibración** controlada. Este es el punto que todavía estamos cerrando.

Watchdog — FSM de recuperación (v2 → v3)



Invariantes: **nunca desaparecer, nunca ciclo infinito**; el estado seguro por defecto es **OFF**. v3 añade el lazo térmico (líneas punteadas).

Estado honesto y plan a una semana

Confirmado

- Backend HOL + anti-salto (en código)
- Receptores GNSS sanos; SPS, no RTK
- Consola 4G no es indicador de salud
- master-21: módem caído

Hipótesis

- Térmico de **campo** (falta termopar / soak)
- Fusible sub-dimensionado
- Brownout de batería

Abierto

- ¿Resuelto? — pendiente reflash v2 + análisis en entorno controlado (QRO)
- Anti-vibración del 4G
- Fix RTK ≥ 4 con caster dedicado en cielo abierto

Plan a una semana → viernes 26 de junio

Ventana	Actividad
Lun-Mar	Desplegar watchdog v2 y analizar en entorno controlado (QRO) ; persistir F9P en FLASH + caster dedicado
Mar-Mié	Retest RTK en cielo abierto (confirmar fix $\geq 4/5$); kit de ruggedización Fase 1 sobre 1 unidad de referencia
Mié-Jue	Definir ducto + ventilador inteligente + esquema anti-vibración del 4G; soak térmico con termopar
Vie 26	Enviar la versión más robusta del HBOX a Veracruz para continuar las pruebas

El objetivo de esta semana no es «cerrado»: es un **HBOX medible y más robusto** de vuelta en el campo.

Compromisos — responsable y fecha

Acción	Responsable	Fecha
Watchdog v2 + análisis controlado (QRO)	Leo / Daniel	23–24 jun
Persistir F9P en FLASH + caster dedicado	Gibran	24 jun
Retest RTK en cielo abierto	Gibran	25 jun
Kit de ruggedización Fase 1 (unidad ref.)	Adriana	25 jun
Diseño ducto + fan + anti-vibración 4G	Leo	25–26 jun
Envío del HBOX robusto a Veracruz	Adriana	26 jun

Diagnóstico con datos. Corrección en ejecución.

HBOX v3.0 — más robusto — a prueba el 26 de junio.

Gracias • Preguntas

Actualización al 2 de julio de 2026 — adenda

El diagnóstico entregado el 22 de junio **se mantiene vigente, sin fe de erratas**: carcasa ASA adecuada, rectificación de master-14 sostenida (solo master-21 confirmada) e hipótesis térmica de campo aún por confirmar con soak instrumentado. Avance desde la entrega:

Frente	Estado al 22 jun	Estado al 2 jul
Backend	Reescritura lista (asíncrono + anti-salto corregido)	Desplegado en producción y estable
Térmico	Hipótesis de campo abierta	Cámara a 50 °C: el RTK opera normal ; la víctima es la energía (respaldo ~30 % con celda caliente); 2 soluciones en prueba (ducto impermeable / disipador de aluminio)
Watchdog v3 / PCB	Diagrama de bloques (plan)	Esquemáticos verificados (ERC: 0 errores); circuito operando en protoboard (campaña de banco en curso); cierre de esquemático de producción y layout de PCB inician el 2 jul
Batería de respaldo	18650 + booster <i>hobby</i>	Pack 1S4P ~12 Ah con cargador de grado industrial y carga calificada por temperatura — cierra el eslabón #1 del RCA

Cronograma vigente: unidades nuevas a ICAVE **7 jul** ▪ comparativa de disponibilidad al **17 jul** ▪ despliegue a las 4 BUs desde **mediados de julio** ▪ meta: 30 unidades operando hacia agosto.