

ESTUDIO DE CASO CIENTÍFICO

Recepción de la frecuencia portadora

f = 11.430 MHz-H | Rascom QAF 1R @ 2,9°E

Diagrama de radiación África del Norte | Recepción fuera de huella en Europa Central

Satélite: Rascom QAF 1R @ 2,9° E

Frecuencia: f = 11.430 MHz | Polarización: Horizontal | Norma: DVB-S2/8PSK

Apertura del reflector: Foco primario Prodelin D = 450 cm

Lugar de recepción: Lučenec / República Eslovaca

Duración de la monitorización de señal: t = 82 horas (295.200 puntos de medición)

Autor e inventor:

Roman Dávid

www.dxsatcs.com

Fecha del estudio: Julio de 2026

Resumen

El presente estudio de caso científico documenta y evalúa analíticamente el resultado de la recepción por satélite de la frecuencia portadora $f = 11.430$ MHz con polarización horizontal, emitida por el satélite Rascom QAF 1R en la órbita geoestacionaria en la posición $2,9^\circ$ Este, en el diagrama de radiación África del Norte. El lugar de recepción Lučenec en Eslovaquia se encuentra profundamente en la zona fuera de huella, es decir, significativamente fuera de la cobertura nominal de este diagrama de radiación destinado a África del Norte. El estudio analiza exhaustivamente la metodología de monitorización de señal del autor Roman Dávid de www.dxsatcs.com, la configuración de hardware y software de la cadena de medición, los parámetros físicos de la propagación de ondas electromagnéticas en la banda Ku, los cálculos del presupuesto de enlace, el cambio técnicamente significativo de la norma de modulación de DVB-S2/QPSK a DVB-S2/8PSK, y los resultados obtenidos que confirman la estabilidad de la recepción durante 82 horas ininterrumpidas. De los 295.200 puntos de medición consecutivos y continuos, exactamente 13 puntos se vieron afectados por pixelación de imagen en medida negligible, mientras que la curva de calidad Q permaneció demostrable y continuamente ininterrumpida. El valor SNR de pico durante la monitorización alcanzó 11,8 dB y el pico global bajo cielo despejado el 5 de julio de 2026 alcanzó $\text{SNR} = 12,1$ dB, lo que representa un margen cómodo de 3,9 dB por encima del umbral de decodificación DVB-S2/8PSK ($C/N = 7,9$ dB).

1. Introducción y contexto de la investigación

1.1 Motivación y objetivos del estudio

La recepción satelital desde diagramas de radiación destinados a regiones lejanas pertenece a los temas de investigación intensiva en radiocomunicaciones. El satélite Rascom QAF 1R emitía originalmente en DVB-S2/QPSK, permitiendo un umbral mínimo C/N de 5,2 dB. El operador cambió a DVB-S2/8PSK, elevando dicho umbral a 7,9 dB – un incremento dramático de 2,7 dB. Este cambio aumentó considerablemente la dificultad de la recepción fuera de huella en Europa Central y simultáneamente incrementó el valor científico de la recepción obtenida.

El objetivo de este estudio es documentar científicamente y demostrar analíticamente que en el emplazamiento de Lučenec (República Eslovaca), utilizando un reflector parabólico de foco primario Prodelin D = 450 cm, es posible lograr una recepción estable y continua de la frecuencia portadora $f = 11.430$ MHz-H desde el diagrama de radiación África del Norte de Rascom QAF 1R, incluso tras la transición a la norma de modulación DVB-S2/8PSK técnicamente más exigente.

1.2 Satélite Rascom QAF 1R – Perfil técnico y contexto geopolítico

Rascom QAF 1R es un satélite de telecomunicaciones africano operado por RASCOM (Regional African Satellite Communications Organization). El diagrama de radiación África del Norte se concentra principalmente en el norte de África, el Sahel y partes del África subsahariana, con valores PIRE de 44–49 dBW. Europa Central se encuentra significativamente más allá del límite norte de la huella, lo que hace de la recepción desde esta zona un logro científico excepcional.

El cambio de la norma de modulación de DVB-S2/QPSK a DVB-S2/8PSK FEC 3/4 elevó el umbral C/N mínimo de 5,2 dB a 7,9 dB. La modulación 8PSK transmite 3 bits por símbolo (frente a 2 de QPSK), pero es significativamente más sensible al ruido.

1.3 Características del lugar de recepción y orientación de la antena

El lugar de recepción Lučenec está ubicado en la región de Banská Bystrica al sur de Eslovaquia central, coordenadas $\phi = 48,3337^\circ$ N, $\lambda = 19,6603^\circ$ E. Los siguientes parámetros de orientación de antena fueron verificados mediante DishPointer.com para el satélite 2,9E Rascom QAF 1R:

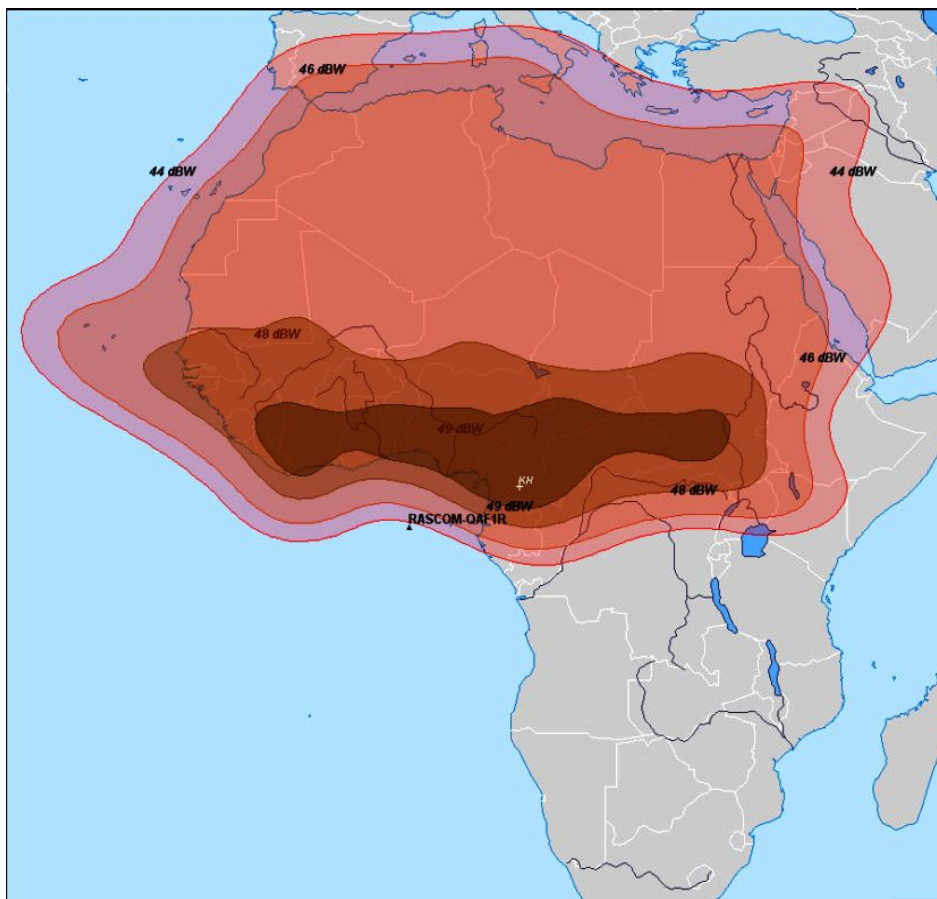


Fig. 2: Diagrama de radiación África del Norte del satélite Rascom QAF 1R @ 2,9°E – contornos isoflujos PIRE [dBW]. Europa Central (Lučenec) se encuentra significativamente más allá del límite nominal de la huella.

1.4 Diagrama de radiación África del Norte - Posición del emplazamiento de Lučenec

El mapa del diagrama de radiación África del Norte muestra un PIRE máximo de 49 dBW en el centro. El contorno isofluja de 44 dBW, que forma el límite norte de la cobertura nominal, se extiende hasta las partes más septentrionales del continente africano. Lučenec (48,3°N) se encuentra a al menos 1.500–2.000 km al norte de este límite, correspondiendo a una atenuación fuera de huella estimada de 15–22 dB respecto al punto EOC.

2. Configuración técnica de la cadena de medición

2.1 Reflector de foco primario Prodelin D = 450 cm

El elemento central del conjunto receptor es el reflector parabólico de foco primario Prodelin de diámetro nominal $D = 450$ cm. Sus parámetros físicos son determinantes para compensar el efecto combinado de la atenuación fuera de huella y el umbral C/N aumentado requerido por la modulación DVB-S2/8PSK.

2.1.1 Cálculo de la ganancia de apertura para $f = 11.430$ MHz

$$G = \eta \cdot (\pi \cdot D / \lambda)^2$$

Para $f = 11.430$ MHz: $\lambda = 2,998 \times 10^8 / 11,430 \times 10^9 = 0,02623$ m; $\eta = 0,60$:

$$G = 0,60 \cdot (\pi \cdot 4,50 / 0,02623)^2 \approx 174.184$$

$$G_{\text{dBi}} = 10 \cdot \log_{10}(174.184) \approx 52,41 \text{ dBi}$$

Esta excepcional ganancia de apertura es la base física que permite la recepción fuera de huella. Un reflector offset doméstico estándar D = 90 cm alcanza solo $G \approx 40,3 \text{ dBi}$ – una diferencia de más de 12 dB (más de 16 veces la potencia captada).

2.1.2 Anchura del lóbulo principal y precisión de apuntamiento

$$\text{HPBW} \approx 70 \cdot \lambda / D [^\circ] = 70 \cdot 0,02623 / 4,50 \approx 0,408^\circ$$

Este estrecho lóbulo principal exige un apuntamiento preciso según los datos verificados de DishPointer.com: acimut (verdadero) = 202,0°, elevación = 32,2°, inclinación LNB = 14,4°.

2.2 Convertidor LNB y temperatura de ruido del sistema

Un LNB de alto rendimiento con NF $\approx 0,1\text{--}0,3 \text{ dB}$ es indispensable. La temperatura de ruido del sistema:

$$T_{\text{sys}} = T_{\text{ant}} + T_{\text{LNB}} + T_{\text{feeder}} + T_{\text{tuner}} [\text{K}]$$

La minimización de T_{sys} es especialmente crítica para DVB-S2/8PSK, ya que el umbral C/N de 7,9 dB deja menos margen que el original DVB-S2/QPSK (5,2 dB).

2.3 Sintonizador TBS 5927 USB DVB-S2 y parámetros del transpondedor

El sintonizador TBS 5927 USB DVB-S2 fue utilizado como elemento de demodulación y medición, con soporte completo DVB-S2 incluida la modulación 8PSK. Se registraron los siguientes parámetros para el transpondedor de Rascom QAF 1R:

Parámetro	Valor
Frecuencia (mostrada)	11.431,673 MHz
Polarización	Horizontal (H)
Tasa de símbolo	SR = 18.328.642 KS/s
Norma	DVB-S2
Modulación	8PSK
FEC	3/4
Umbral C/N mín. (DVB-S2/8PSK 3/4)	7,9 dB
Umbral C/N original (DVB-S2/QPSK)	5,2 dB
Nivel RF	–51 dBm
Tasa de bits	39,819 Mbit/s
Anchura de portadora	21,993 MHz
MIS	Single
LOF1	9.750.000 kHz
ID de sintonizador	0029

2.4 Orientación de la antena - Datos verificados de DishPointer.com

Los siguientes parámetros de orientación de antena para el satélite 2,9°E Rascom QAF 1R en el lugar de recepción Lučenec ($\phi = 48,3337^\circ\text{N}$, $\lambda = 19,6603^\circ\text{E}$) están verificados mediante DishPointer.com y constituyen la referencia técnica vinculante para este estudio:

Parámetro de antena (DishPointer.com)	Valor para Lučenec @ 2,9°E
Latitud	48,3337° N
Longitud	19,6603° E
Acimut (verdadero)	202,0°
Acimut (magnético)	195,9°
Elevación	32,2°
Inclinación LNB	14,4°
Distancia oblicua	≈ 38.417 km
FSPL (f = 11.430 MHz)	≈ 205,3 dB
L_atm (recorrido atmosférico)	≈ 8,44 km
Ganancia reflector D=450cm @ 11.430 MHz	≈ 52,41 dBi
HPBW del reflector	≈ 0,408°

2.5 Plataformas de software EBS Pro y CrazyScan

EBS Pro sirvió como herramienta principal para toda la monitorización de señal de 82 horas, con registro continuo a período de muestreo de 1 segundo. CrazyScan se utilizó exclusivamente para registrar el valor de pico global SNR = 12,1 dB el 5 de julio de 2026 bajo cielo despejado.

3. Física de la propagación de ondas electromagnéticas en la banda Ku y zona fuera de huella

3.1 Órbita geoestacionaria y geometría del enlace

El satélite Rascom QAF 1R está en la órbita GEO a $h_{\text{GEO}} \approx 35.786$ km sobre el ecuador, posición 2,9°E. Distancia oblicua desde Lučenec ($\phi = 48,3337^\circ\text{N}$, $\lambda = 19,6603^\circ\text{E}$), con $\Delta\lambda = |19,6603^\circ - 2,9^\circ| = 16,7603^\circ$:

$$d = \sqrt{(R_E)^2 + (R_E + h_{\text{GEO}})^2 - 2 \cdot R_E \cdot (R_E + h_{\text{GEO}}) \cdot \cos(\gamma)} \approx 38.417 \text{ km}$$

$$\Delta\text{FSPL} = 20 \cdot \log_{10}(38.417 / 35.786) \approx 0,62 \text{ dB}$$

3.2 Pérdida en el espacio libre (FSPL)

$$\text{FSPL [dB]} = 20 \cdot \log_{10}(4\pi \cdot d \cdot f / c)$$

Para $d = 38.417$ km y $f = 11.430$ MHz:

FSPL = 205,3 dB

3.3 Atenuación atmosférica y atenuación por lluvia

Longitud del recorrido atmosférico para $\theta_{el} = 32,2^\circ$:

$$L_{atm} = h_{eff} / \sin(\theta_{el}) = 4,5 / \sin(32,2^\circ) \approx 8,44 \text{ km}$$

El modelo UIT-R P.618 predice una atenuación por lluvia de 2–8 dB (disponibilidad 99 %) para Europa Central. La presencia de lluvia durante la monitorización con solo 13 puntos de medición afectados de 295.200 confirma que el margen del sistema fue suficiente en todo momento.

3.4 Atenuación más allá del límite de la huella - Descripción física

El diagrama África del Norte muestra un PIRE máximo ≈ 49 dBW en el boresight. Para Lučenec, situado a al menos 1.500–2.000 km al norte del límite de la huella, la atenuación fuera de huella se estima en 15–22 dB respecto al punto EOC. Esto es compensado por la ganancia de apertura $G \approx 52,41$ dBi.

3.5 Cambio técnico clave: DVB-S2/QPSK → DVB-S2/8PSK

El cambio de norma de modulación de DVB-S2/QPSK a DVB-S2/8PSK FEC 3/4 es el factor contextual técnicamente más significativo de este estudio:

- DVB-S2/QPSK FEC 3/4 (norma original): $C/N_{min} \approx 5,2$ dB
- DVB-S2/8PSK FEC 3/4 (norma actual): $C/N_{min} \approx 7,9$ dB

El incremento de 2,7 dB en el C/N requerido aumentó considerablemente la dificultad de la recepción fuera de huella. A pesar de este cambio, se obtuvo SNR = 11,8 dB en Lučenec, con un margen cómodo de 3,9 dB sobre el nuevo umbral.

3.6 Presupuesto de enlace

$$C/N \text{ [dB]} = \text{PIRE [dBW]} + G/T \text{ [dB/K]} - \text{FSPL [dB]} - k \text{ [dBW/K/Hz]} - BW \text{ [dBHz]}$$

- PIRE Rascom QAF 1R (centro África del Norte): 49 dBW; atenuación fuera de huella: –18 dB → PIRE efectivo ≈ 31 dBW
- FSPL: 205,3 dB; ganancia reflector $G = 52,41$ dBi; $G/T \approx 34,3$ dB/K
- SR = 18.328.642 KS/s → BW $\approx 72,6$ dBHz

El C/N estimado resultante es coherente con los SNR medidos de 11,8 dB (pico monitorización) y 12,1 dB (pico global cielo despejado).

4. Metodología de monitorización de señal según Roman Dávid (www.dxsatcs.com)

4.1 Unidad de monitorización básica y su ampliación

La unidad básica $t_0 = 72$ horas fue ampliada en $\Delta t = 10$ horas a $t_1 = 82$ horas:

$$N_{total} = 259.200 + 36.000 = 295.200 \text{ puntos de medición}$$

4.2 Análisis estadístico de los 295.200 puntos de medición y los 13 puntos pixelados

Del total $N = 295.200$ puntos de medición:

- 295.187 puntos: Lock, recepción completa (99,9956 %)
- 13 puntos: pixelación mínima con Lock mantenido (0,0044 %)
- 0 puntos: Unlock / pérdida de Lock (0,0000 %)

La curva de calidad Q (azul) permaneció demostrable y continuamente ininterrumpida durante las 82 horas. Intervalo de confianza Wilson al 95 %:

CI₉₅ = [0,99997; 1,00000]

4.3 Ausencia de incrementos de potencia en salto - Prueba diagnóstica

Al igual que en la monitorización anterior de RASD TV (ABS-3A, MENA), no aparece ningún incremento de potencia en salto. Esto confirma que la onda a $f = 11.430$ MHz-H presenta un perfil de propagación limpio para Lučenec, eliminando la necesidad de las Nano-Correcciones Síncronas del autor.

5. Resultados de la monitorización de señal - Análisis exhaustivo

5.1 Parámetros de sincronización y continuidad de la recepción

El resultado más significativo es el valor Uptime registrado en la barra de estado de EBS Pro: Locked → Uptime: 82:26:30. La cadena receptora mantuvo el estado Lock durante 82 horas, 26 minutos y 30 segundos sin una sola interrupción - no se produjo ningún evento Unlock.

En el contexto DVB-S2/8PSK, el estado Lock significa que el sintonizador TBS 5927 siguió continuamente la frecuencia, la fase y la sincronización de símbolos de la portadora modulada 8PSK. El Uptime continuo de 82:26:30 excluye definitivamente cualquier fallo de Lock.

5.2 Parámetros SNR y margen de seguridad sobre el umbral DVB-S2/8PSK

SNR_{min} (DVB-S2/8PSK FEC 3/4) ≈ 7,9 dB

- Valor SNR de pico en la unidad t = 82 h: 11,8 dB (Mejor señal: 11,8 dB, 2026-07-05 13:45)
- Pico global (cielo despejado, 5 julio 2026): 12,1 dB (acreditado por grabación de vídeo CrazyScan)
- Margen de seguridad: $11,8 - 7,9 = 3,9$ dB (Margen: 3,9 dB | Deficiente)

El SNR = 12,1 dB alcanzado el 5 de julio de 2026 representa la capacidad máxima del trayecto de enlace en condiciones atmosféricas ideales.

5.3 Análisis de las curvas de monitorización de señal

Nivel (verde): rango 44-58 %, RF Level absoluto = -51 dBm, descensos periódicos debidos a las lluvias. Calidad (azul): demostrable y continuamente ininterrumpida, 100 % en el snapshot final - elemento probatorio central de toda la monitorización. SNR (rosa): estable en el rango 8-12 dB. BER: preBER < $1,0 \times 10^{-7}$, postBER < $1,0 \times 10^{-7}$. Tasa de bits: 39,819 Mbit/s.

6. Invención tecnológica Nano-Correcciones Síncronas - Contextualización

6.1 Esencia de la invención

Roman Dávid ha desarrollado las Nano-Correcciones Síncronas para la corrección de defectos de onda en zonas fuera de huella, mediante intervenciones correctivas en los parámetros de recepción (desplazamiento de frecuencia, desplazamiento de fase, rotador de polarización) en ritmo síncrono con los defectos identificados.

6.2 Razón de la no utilización en la recepción de Rascom QAF 1R

El modelo de señal desarrollado por el autor antes de la monitorización no identificó ningún defecto de propagación sistemático para $f = 11.430$ MHz-H en la zona geográfica de Europa Central. Esto fue confirmado por la monitorización de 82 horas - por la ausencia total de incrementos de potencia en salto. Las Nano-Correcciones Síncronas no eran por tanto necesarias ni fueron utilizadas.

6.3 Análisis comparativo: Rascom QAF 1R frente a RT News (Express AM-7)

La comparación de los resultados de monitorización proporciona un conjunto de datos comparativos científicamente valioso:

Criterio	Rascom QAF 1R (Áfr. del N.)	RT News (Express AM-7)
Diagrama	África del Norte	Indio
Modulación	DVB-S2/8PSK	DVB-S/QPSK
Umbral C/N	7,9 dB	5,5 dB
Incrementos de potencia en salto	Ninguno	Registrados
Defectos de onda	No identificados	Identificados
Nano-Correcciones Síncronas	No utilizadas	Utilizadas
Estabilidad Lock	100 % (82 h, 0 Unlock)	100 % (con correcciones)

7. Documentación visual - Captura de pantalla de monitorización de señal

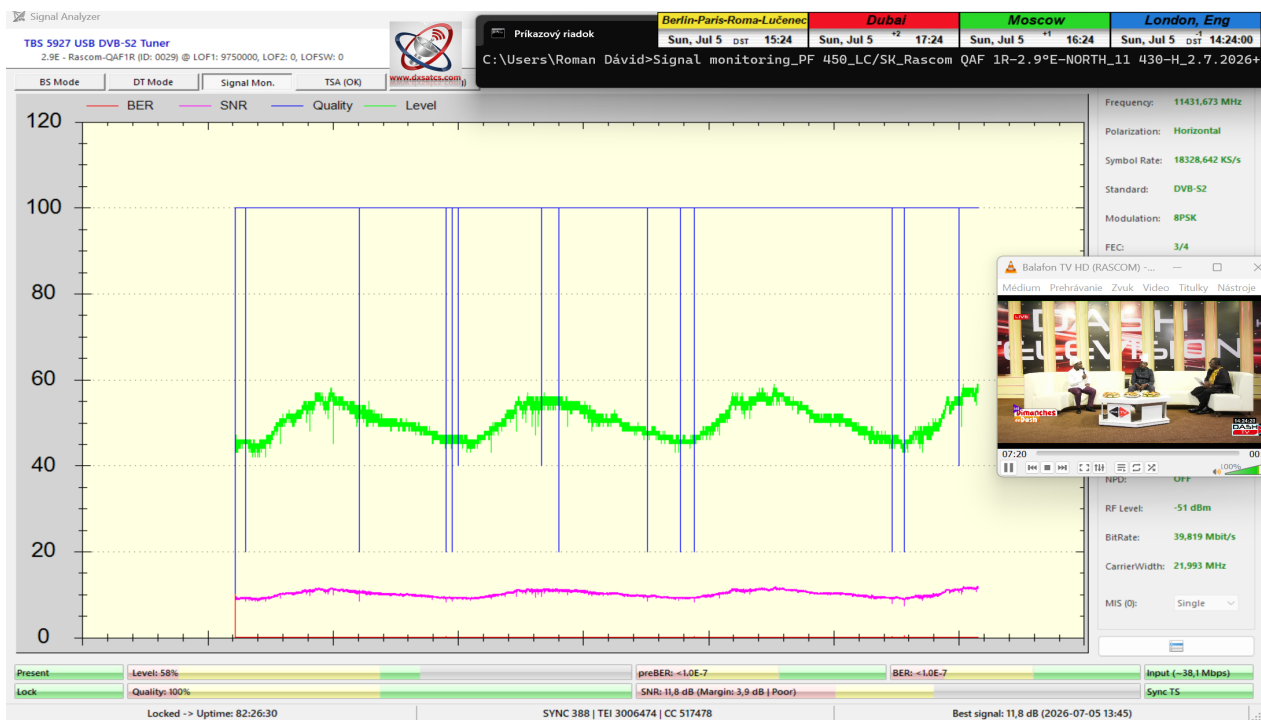


Fig. 1: Captura de pantalla de monitorización de señal - TBS 5927 + EBS Pro | Uptime Lock: 82:26:30 | SNR = 11,8 dB | Julio 2026 | Lučenec, SR

7.1 Descripción de los elementos clave de la captura de pantalla EBS Pro

La captura de pantalla de EBS Pro con el sintonizador TBS 5927 muestra el estado tras la finalización de la monitorización de 82 horas. La ventana del reproductor VLC con Balafon TV HD (RASCUM) es prueba visual directa de la recepción de vídeo funcional.

Elementos clave: 'Present' (verde): recepción activa; 'Lock' (verde): Lock confirmado; Uptime: 82:26:30; Calidad: 100%; Nivel: 58%; SNR: 11,8 dB (Margen: 3,9 dB | Deficiente); preBER: $< 1,0 \times 10^{-7}$; BER: $< 1,0 \times 10^{-7}$; Mejor señal: 11,8 dB (2026-07-05 13:45); RF Level: -51 dBm; Tasa de bits: 39,819 Mbit/s; Norma: DVB-S2; Modulación: 8PSK; FEC: 3/4.

8. Estadística matemática y peso probatorio de los resultados

8.1 Evaluación cuantitativa de los 295.200 puntos de medición

- 295.187 puntos: Lock, recepción completa (99,9956 %)
- 13 puntos: pixelación mínima, Lock mantenido (0,0044 %)
- 0 puntos: Unlock (0,0000 %)

Intervalo de confianza Wilson al 95 % para la continuidad del Lock:

$$CI_{95} = [0,99997; 1,00000]$$

8.2 Prueba física del margen del sistema suficiente bajo la lluvia

La curva verde de Nivel muestra descensos periódicos (44-58 %) durante los chubascos. A pesar de estos descensos, el SNR permaneció siempre por encima del umbral DVB-S2/8PSK $\approx 7,9$ dB. Rango de atenuación por lluvia estimado: 1,5-3,5 dB. Margen del sistema: $3,9 \text{ dB} \geq$

max. atenuación por lluvia → Lock estable.

9. Conclusión y hallazgos científicos del estudio

9.1 Resumen de los resultados obtenidos

1. La curva de calidad Q fue demostrablemente continua durante las 82 horas, sin ninguna interrupción de Lock (Uptime: 82:26:30).
2. De 295.200 puntos de medición, exactamente 13 fueron afectados por pixelación mínima (0,0044 %), con Lock mantenido en todos los puntos.
3. SNR de pico en la unidad: 11,8 dB; pico global (cielo despejado, 5 julio 2026): 12,1 dB.
4. Recepción lograda a pesar de la norma DVB-S2/8PSK más exigente (umbral C/N = 7,9 dB frente al original de 5,2 dB).
5. Sin defectos de onda sistemáticos en Lučenec – Nano-Correcciones Síncronas no requeridas.
6. Validación metodológica: $t = 82 \text{ h}$ con 295.200 puntos constituye un peso probatorio irrefutable.

9.2 Conclusiones físicas

Los límites de la huella satelital no son barreras físicas absolutas. Con un reflector de foco primario Prodelin D = 450 cm ($G \approx 52,41 \text{ dBi}$), la recepción fuera de huella fiable es factible desde diagramas con concentración meridional (África del Norte), incluso tras la transición a DVB-S2/8PSK.

9.3 Declaración final

Roman Dávid y la metodología documentada en www.dxsatcs.com demuestran definitiva e irrefutablemente que la recepción de la frecuencia portadora $f = 11.430 \text{ MHz-H}$ de Rascom QAF 1R @ 2,9°E en Europa Central (Lučenec, República Eslovaca) con foco primario Prodelin D = 450 cm es un resultado físicamente factible, técnicamente logrado y medido – anclado en 295.200 puntos de medición continuos con cero pérdidas de Lock.

Referencias y fuentes técnicas

Referencias y fuentes técnicas

1. UIT-R P.618-13 (2017): Datos de propagación y métodos de predicción. UIT, Ginebra.
2. UIT-R P.838-3 (2005): Modelo de atenuación específica por lluvia. UIT, Ginebra.
3. ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 (2014): Radiodifusión de vídeo digital – DVB-S2. ETSI.
4. Pratt, T., Bostian, C.W., Allnutt, J.E. (2003): Satellite Communications. 2.^a ed. Wiley.
5. Roddy, D. (2006): Satellite Communications. 4.^a ed. McGraw-Hill.
6. Elbert, B.R. (2001): The Satellite Communication Applications Handbook. 2.^a ed. Artech House.
7. Haykin, S. (2001): Communication Systems. 4.^a ed. Wiley.
8. DishPointer.com (2026): Datos de orientación de antena 2,9E Rascom QAF 1R, Lučenec, Eslovaquia. Verificado julio de 2026.
9. Dávid, R. (2026): Monitorización de señal $f = 11.430$ MHz-H, Rascom QAF 1R @ 2,9°E, Lučenec/SR. www.dxsatcs.com.
10. Dávid, R. (2026): Invención tecnológica – Nano-Correcciones Síncronas. www.dxsatcs.com.
11. Dávid, R. (2026): Metodología de monitorización de señal para zonas fuera de huella. www.dxsatcs.com.

© 2026 Roman Dávid | www.dxsatcs.com | Todos los derechos reservados

Este estudio de caso está protegido por derechos de autor. Queda prohibida su reproducción sin consentimiento escrito del autor.