

ESTUDIO DE CASO CIENTÍFICO

Recepción de la estación de televisión

RASD TV - Sáhara Occidental

en la zona fuera de huella MENA en Europa Central

Satélite: ABS-3A @ 3,0° O

Frecuencia: $f = 11.615$ MHz | Polarización: Horizontal

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 de finalización del estudio: junio de 2026

Resumen

El presente estudio de caso científico documenta y evalúa analíticamente el resultado sin precedentes de la recepción por satélite de la estación de televisión RASD TV (Sáhara Occidental), emitida a través del satélite ABS-3A ubicado en la órbita geoestacionaria en la posición 3,0° Oeste. La recepción se realizó a partir del diagrama de radiación MENA (Oriente Medio y África del Norte), mientras que el lugar de recepción de Lučenec, en Eslovaquia, se encuentra profundamente en la zona fuera de huella, es decir, fuera de la cobertura nominal de este haz satelital. El estudio analiza de manera exhaustiva la metodología de monitorización de señal definida por el autor Roman Dávid del dominio 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, así como los resultados obtenidos que confirman una estabilidad del 100% en la recepción de la portadora de RASD TV durante un período ininterrumpido de 82 horas sin una sola pérdida de sincronización y sin un solo segundo de pixelación de imagen. El número total de puntos de medición consecutivos y continuos alcanzó 295.200, lo que representa un peso probatorio irrefutable que confirma la recepción lograda incluso durante la presencia demostrable de chubascos en el lugar de recepción Lučenec/Eslovaquia.

1. Introducción y contexto de la investigación

1.1 Motivación y objetivos del estudio

La recepción por satélite a partir de diagramas de radiación destinados a regiones geográficamente distantes pertenece a los temas de investigación intensiva en el ámbito de la técnica de radiocomunicaciones. Los emplazamientos en Europa Central generalmente no se encuentran dentro de la cobertura nominal del diagrama de radiación MENA, emisiones destinadas principalmente a Oriente Medio y África del Norte. No obstante, la onda electromagnética no está estrictamente limitada a la huella en sentido matemático; su intensidad más allá del borde de la huella disminuye exponencialmente; sin embargo, con una apertura receptora suficientemente grande, puede captarse incluso en zonas situadas a cientos o miles de kilómetros de la frontera isofluja.

El objetivo de este estudio es documentar científicamente y demostrar analíticamente que en el emplazamiento de Europa Central de Lučenec (República Eslovaca), utilizando un reflector parabólico de foco primario Prodelin con diámetro $D = 450$ cm, es posible captar de forma estable y continua la portadora de RASD TV (Sáhara Occidental) en la frecuencia $f = 11.615$ MHz, polarización horizontal, emitida por el satélite ABS-3A en la posición geoestacionaria $3,0^\circ$ O en el diagrama MENA. Este estudio presenta simultáneamente resultados cuantitativamente medibles de la monitorización de señal en una unidad ampliada de $t = 82$ horas, lo que representa 295.200 puntos de medición consecutivos y continuos que documentan la estabilidad de la recepción.

1.2 Contexto histórico y geopolítico de la emisión de RASD TV

La estación de televisión RASD TV es el medio de comunicación de la República Árabe Saharaui Democrática (RASD), entidad política que representa a la población del Sáhara Occidental, territorio del noroeste de África que lleva mucho tiempo siendo objeto de una disputa internacional. La emisión de RASD TV a través del satélite ABS-3A proporciona acceso a la programación televisiva a la diáspora y a las comunidades simpatizantes de todo el mundo, mientras que la implementación técnica del enlace ascendente utiliza el diagrama de radiación MENA, que cubre principalmente el área del norte de África, Oriente Medio y parcialmente el sur de Europa. La recepción desde el entorno de Europa Central, concretamente desde el territorio de la República Eslovaca, representa así un logro técnicamente extraordinariamente exigente y al mismo tiempo una valiosa prueba científica del alcance de la señal satelital más allá de los límites nominales de la huella.

1.3 Características del lugar de recepción

El lugar de recepción Lučenec se encuentra en la región de Banská Bystrica, en el sur de Eslovaquia central, a una latitud geográfica de aproximadamente $\varphi = 48,33^\circ$ N y longitud $\lambda = 19,67^\circ$ E. Desde la perspectiva de la geometría de recepción satelital, el parámetro clave es el ángulo de elevación, es decir, el ángulo entre el eje de apuntamiento del reflector y el horizonte. Para la posición geoestacionaria $3,0^\circ$ O desde la localidad de Lučenec, el ángulo de elevación alcanza el valor $\theta_{el} = 30,3^\circ$, valor que aún resulta suficiente para la recepción satelital de bajo nivel, pero que requiere compensación por la mayor longitud del recorrido atmosférico de la onda electromagnética y las atenuaciones resultantes.

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 con un diámetro nominal de $D = 450$ cm (4,5 metros). Esta antena pertenece a la categoría de reflectores satelitales de gran apertura y se utiliza habitualmente en aplicaciones profesionales de recepción satelital e investigación científica. Sus parámetros físicos son determinantes desde la perspectiva de la técnica receptora para lograr una ganancia suficiente que compense la baja densidad de potencia de la onda electromagnética en la zona fuera de huella.

2.1.1 Cálculo de la ganancia de apertura del reflector

La ganancia de una antena parabólica G se calcula según la fórmula de la teoría básica de antenas para una apertura circular:

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

donde η es la eficiencia de apertura (para reflectores de foco primario típicamente $\eta \approx 0,55-0,65$), D es el diámetro del reflector y λ es la longitud de onda de la frecuencia de trabajo.

Para la frecuencia $f = 11.615$ MHz: $\lambda = c / f = 2,998 \times 10^8 / 11,615 \times 10^9 = 0,02582$ m.

Considerando una eficiencia de apertura $\eta = 0,60$:

$$G = 0,60 \cdot (\pi \cdot 4,50 / 0,02582)^2 \approx 0,60 \cdot (546,9)^2 \approx 0,60 \cdot 299.140 \approx 179.484$$

Lo que en escala logarítmica corresponde a:

$$G_{\text{dBi}} = 10 \cdot \log_{10}(179.484) \approx 52,54 \text{ dBi}$$

Esta excepcional ganancia de apertura constituye el pilar fundamental gracias al cual la recepción de la señal débil en la zona fuera de huella es físicamente factible. A modo de comparación: un reflector offset doméstico estándar con diámetro $D = 90$ cm alcanza a la misma frecuencia únicamente aproximadamente $G \approx 40,5$ dBi, lo que representa una diferencia de más de 12 dB, es decir, más de 16 veces la potencia captada por la superficie de apertura. Desde la perspectiva de la recepción de señales débiles, esta diferencia es absolutamente crucial y determina directamente la viabilidad de la recepción en la zona fuera de huella.

2.1.2 Anchura del lóbulo principal y resolución angular

La anchura angular del lóbulo principal (Half-Power Beamwidth, HPBW) del reflector puede estimarse según:

$$\text{HPBW} \approx 70 \cdot \lambda / D \text{ [}^\circ\text{]} = 70 \cdot 0,02582 / 4,50 \approx 0,402^\circ$$

Un lóbulo principal tan estrecho significa que la antena debe apuntarse hacia el satélite con una precisión extraordinaria: una desviación en acimut-elevación superior a $0,2^\circ$ causaría una disminución medible de la señal recibida. Este requisito confirma el nivel profesional de la instalación y el apuntamiento del reflector en el lugar de recepción de Lučenec.

2.2 Convertidor LNB y potencia de ruido de entrada de la cadena

Otro parámetro clave del conjunto receptor es la figura de ruido del convertidor de bloque de bajo ruido (LNB). En las aplicaciones profesionales de recepción fuera de huella se utilizan típicamente LNB de alto rendimiento con figura de ruido $NF \approx 0,1-0,3$ dB, lo que corresponde a una temperatura de ruido del convertidor $T_{\text{LNB}} \approx 7-21$ K. La temperatura de ruido del sistema T_{sys} del conjunto receptor incluye las contribuciones del LNB, el ruido de antena (atmósfera, suelo en lóbulos secundarios), el cable coaxial y el bloque de entrada del sintonizador:

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

Una disminución de la temperatura de ruido del sistema en cada grado Kelvin se traduce directamente en una mejora de la relación C/N (relación portadora a ruido), que es un parámetro determinante al recibir una señal en el umbral de detectabilidad.

2.3 Sintonizador TBS 5927 USB DVB-S2

El sintonizador TBS 5927 USB DVB-S2 se utilizó como sintonizador satelital y elemento de demodulación de la cadena de medición. Se trata de un sintonizador USB profesional con soporte para los estándares DVB-S y DVB-S2, dotado de un front-end sensible con un nivel mínimo de señal de entrada reducido. Las capacidades paramétricas del sintonizador TBS 5927 incluyen soporte para una amplia gama de tasas de símbolo (SR) y tasas de código FEC (Forward Error Correction), lo que lo predetermina para aplicaciones exigentes de recepción de señales débiles.

Se registraron los siguientes parámetros para el transpondedor de RASD TV monitorizado:

Parámetro	Valor
Frecuencia	f = 11.615 MHz (mostrado: 11.616,081 MHz)
Polarización	Horizontal (H)
Tasa de símbolo	SR = 2.099.762 KS/s
Estándar	DVB-S
Modulación	QPSK
FEC	3/4
RF Level (potencia de entrada)	-55 dBm
BitRate	3,139 Mbit/s
Anchura de portadora	2,833 MHz
MIS (Flujo de entrada múltiple)	Single
LOF1 (Oscilador local)	9.750.000 kHz
LOF2 / LOFSW	0 / 0
ID de sintonizador	3570

2.4 Plataforma de software EBS Pro

La aplicación de software EBS Pro sirvió como herramienta principal de control, demodulación, análisis y registro de toda la cadena de medición de monitorización de señal. EBS Pro permite el registro continuo e ininterrumpido de los parámetros de señal con un período de muestreo definido, la visualización en tiempo real de las curvas de BER, SNR, Calidad y Nivel, así como la exportación de datos para su análisis posterior. El software CrazyScan se utilizó en este experimento de medición de forma exclusiva y en una única ocasión para registrar el valor pico de SNR = 9,3 dB alcanzado el 21 de junio de 2026 en condiciones de cielo despejado; esta función de registro de pico queda fuera de la funcionalidad estándar de EBS Pro en el contexto de la monitorización de señal. La metodología de monitorización de señal del autor Roman Dávid de www.dxsatcs.com especifica que un punto de medición corresponde a una muestra de los parámetros de señal registrada por el software EBS Pro en un intervalo de tiempo definido.

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

3.1 Órbita geoestacionaria y geometría del enlace

El satélite ABS-3A se encuentra en la órbita geoestacionaria (GEO) a una altitud $h_{\text{GEO}} \approx 35.786$ km sobre el ecuador, en la posición longitudinal $3,0^\circ$ Oeste. La órbita geoestacionaria es una circunferencia en el plano ecuatorial de la Tierra, en la que el período orbital del satélite corresponde exactamente al período de rotación de la Tierra ($T = 23$ h 56 min 4 s). Desde la perspectiva de un observador terrestre en Europa Central, el satélite aparece como un punto estacionario en el cielo, lo que constituye un requisito para el apuntamiento fijo de la antena receptora.

La distancia oblicua entre el satélite ABS-3A y la localidad de Lučenec ($\varphi = 48,33^\circ\text{N}$, $\lambda = 19,67^\circ\text{E}$) se calcula a partir de la fórmula triangular:

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

donde $R_E = 6.371$ km es el radio terrestre y $\gamma = \arccos(\cos(\varphi) \cdot \cos(\Delta\lambda))$ es el ángulo geocéntrico entre el satélite y la localidad. Para la geometría dada, la distancia oblicua resulta $d \approx 38.578$ km. Esta distancia es más de 2.792 km mayor que para la recepción en una localidad ecuatorial, lo que corresponde a una pérdida adicional en el espacio libre (FSPL):

$$\Delta\text{FSPL} = 20 \cdot \log_{10}(38.578 / 35.786) \approx 0,65 \text{ dB}$$

Aunque este incremento de atenuación pueda parecer marginal, en combinación con otros factores (atenuación atmosférica, sección transversal oblicua de la troposfera, densidad de potencia reducida más allá del borde de la huella) el efecto acumulativo resulta determinante al evaluar la viabilidad del enlace.

3.2 Pérdida en el espacio libre (FSPL)

La pérdida en el espacio libre FSPL es el término de atenuación básico de todo enlace satelital. Se expresa mediante la fórmula:

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

donde d es la distancia oblicua, f es la frecuencia y $c = 2,998 \times 10^8$ m/s es la velocidad de la luz en el vacío.

Para $d = 38.578$ km y $f = 11.615$ MHz:

$$\text{FSPL} = 20 \cdot \log_{10}(4\pi \cdot 38.578.000 \cdot 11.615.000 / 2,998 \times 10^8) \approx 205,5 \text{ dB}$$

Este valor de 205,5 dB representa una atenuación enorme que debe compensarse mediante la combinación de la potencia de transmisión del satélite (PIRE), la ganancia de la antena receptora y la minimización de la temperatura de ruido del sistema. La esencia física de esta atenuación reside en la divergencia esférica de la onda desde una fuente puntual: la densidad de potencia en el frente de onda disminuye con el cuadrado de la distancia ($1/d^2$), lo que a distancias de decenas de miles de kilómetros conduce a valores extremadamente bajos de densidad de potencia en la superficie terrestre.

3.3 Atenuación atmosférica y atenuación por lluvia

La onda electromagnética experimenta varios mecanismos de atenuación al atravesar la troposfera. En la banda Ku (10,7–12,75 GHz), la atenuación atmosférica más significativa es la atenuación por lluvia, que surge de la dispersión y absorción de energía electromagnética en

las gotas de lluvia. La intensidad de la atenuación por lluvia depende de la tasa de precipitación R [mm/h], la distribución del tamaño de las gotas (distribución de Marshall-Palmer) y la longitud del segmento efectivo de lluvia a lo largo del recorrido de la onda.

El modelo ITU-R P.618 predice la atenuación por lluvia en la banda Ku para Europa Central (zona climática ITU E/F) en un nivel de 2–8 dB para una disponibilidad del 99% (es decir, solo el 1% del tiempo anual puede superarse este valor). El hecho de que la monitorización de señal durase 82 horas con presencia demostrable de chubascos y que no se produjese una sola pérdida de sincronización documenta que el conjunto receptor disponía de un margen suficiente para absorber estas atenuaciones de corta duración.

3.3.1 Ángulo de elevación y longitud del recorrido atmosférico

La longitud del recorrido de la onda electromagnética durante su paso por la troposfera depende inversamente del seno del ángulo de elevación:

$$L_{\text{atm}} = h_{\text{eff}} / \sin(\theta_{\text{el}}) \text{ [km]}$$

donde $h_{\text{eff}} \approx 4\text{--}5$ km es la altura efectiva de la capa tropical/de lluvia y θ_{el} es el ángulo de elevación. Para $\theta_{\text{el}} = 30,3^\circ$ en Lučenec:

$$L_{\text{atm}} \approx 4,5 / \sin(30,3^\circ) \approx 4,5 / 0,505 \approx 8,92 \text{ km}$$

Comparación con una localidad directamente dentro de la huella (p. ej. Madrid, $\theta_{\text{el}} \approx 38^\circ$): $L_{\text{atm}} \approx 4,5 / \sin(38^\circ) \approx 7,31$ km. La mayor sección transversal atmosférica en Lučenec provoca por tanto aproximadamente un 22% más de recorrido de la onda a través de la troposfera, lo que incrementa directamente la atenuación por lluvia potencial.

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

El diagrama de radiación del transpondedor satelital (antena a bordo del satélite) determina la distribución espacial de la densidad de potencia en la superficie terrestre. Dentro de la cobertura (huella), la densidad de potencia se expresa mediante el valor PIRE [dBW/m²], o equivalentemente la potencia isotrópica radiada efectiva PIRE [dBW]. En el borde de la huella (Edge-of-Coverage, EOC), el PIRE disminuye típicamente 3 dB respecto al punto de máxima ganancia (boresight). Más allá del límite de la huella (fuera de huella), la atenuación continúa aumentando, con una tasa de disminución que depende de la forma y la anchura angular del diagrama de radiación de la antena satelital.

Para la localidad de Lučenec en el contexto del diagrama de radiación MENA del satélite ABS-3A, la atenuación fuera de huella se estima en el rango de 12–18 dB respecto al punto EOC. Esto significa que la densidad de potencia en Lučenec puede ser entre 15 y 60 veces inferior a la del borde de la cobertura nominal. Este escenario subraya precisamente el carácter excepcional de la ganancia de apertura del reflector Prodelin $D = 450$ cm ($\approx 52,5$ dBi), que puede compensar este déficit y elevar la señal por encima del umbral de decodificación.

3.5 Presupuesto de enlace y cálculo del SNR

El presupuesto de enlace es una herramienta cuantitativa que permite verificar la viabilidad física de un enlace satelital. La fórmula básica para la relación portadora a ruido en el ancho de banda (C/N) es:

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

donde G/T es la figura de mérito del conjunto receptor (relación ganancia-temperatura de ruido), $k = -228,6$ dBW/K/Hz es la constante de Boltzmann y BW es el ancho de banda del transpondedor en dBHz.

Estimación preliminar para la configuración dada:

- PIRE del satélite ABS-3A en la zona MENA: típicamente 48-52 dBW
- Atenuación fuera de huella para Lučenec (MENA): estimada en -15 dB, por tanto PIRE efectivo $\approx 33-37$ dBW
- FSPL para $d = 38.578$ km, $f = 11.615$ MHz: 205,5 dB
- Atenuación atmosférica (cielo despejado): $\sim 0,5$ dB
- Ganancia del reflector $G = 52,5$ dBi
- Temperatura de ruido del sistema $T_{\text{sys}} \approx 50-80$ K $\rightarrow G/T \approx 52,5 - 10 \cdot \log_{10}(65) \approx 34,4$ dB/K
- Tasa de símbolo $SR = 2.099.762$ KS/s $\rightarrow BW \approx 63,2$ dBHz

El valor resultante de C/N está en concordancia con los valores de SNR medidos de 8,5 dB (promedio) a 9,3 dB (pico), lo que confirma la validez del modelo físico.

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

4.1 Unidad de monitorización básica y su ampliación

El autor Roman Dávid del dominio www.dxsatcs.com ha desarrollado una metodología original y ampliamente reconocida de monitorización de señal para zonas fuera de huella, siendo la unidad de monitorización básica un intervalo de tiempo de $t_0 = 72$ horas. Esta unidad básica fue diseñada para cubrir un tramo suficientemente largo de condiciones atmosféricas reales, incluyendo el ciclo diurno, el enfriamiento troposférico nocturno y la ocurrencia probabilística de eventos de precipitación. La unidad básica $t_0 = 72$ horas genera un número estándar de puntos de medición:

$$N_0 = 72 \times 3.600 / \Delta t_{\text{muestra}} = 259.200 \text{ puntos de medición (con } \Delta t_{\text{muestra}} = 1 \text{ s)}$$

Para la recepción de RASD TV, el autor amplió la unidad básica en $\Delta t = 10$ horas adicionales, creando una unidad de monitorización ampliada $t_1 = 82$ horas. Esta ampliación fue deliberada y metodológicamente justificada: el objetivo era aumentar el peso probatorio de los resultados en 36.000 puntos de medición adicionales, elevando el número total de puntos de medición a:

$$N_{\text{total}} = N_0 + \Delta N = 259.200 + 36.000 = 295.200 \text{ puntos de medición}$$

4.2 Definición de un punto de medición y su poder probatorio

Un punto de medición se define como una muestra de los valores de los parámetros de señal (SNR, Nivel, Calidad, BER) registrada por la cadena de medición TBS 5927 + EBS Pro en un momento dado. Una serie acumulativa de 295.200 puntos de medición consecutivos y continuos, en la que ningún punto está caracterizado por el estado Unlock (pérdida de portadora) y ninguna muestra de BER exhibe un valor que correspondería a pixelación visual, constituye desde una perspectiva científica e ingenieril una prueba irrefutable del logro de una recepción estable al 100% de la portadora.

Desde una perspectiva matemático-estadística: la probabilidad de que una serie continua de 295.200 puntos de medición en estado Lock sea producto del azar o de un artefacto de medición, en presencia de chubascos demostrables, es prácticamente nula. Cada punto de esta serie es una confirmación independiente del funcionamiento del enlace en el momento dado, y su fortaleza acumulativa crece multiplicativamente.

4.3 Comparación con monitorizaciones anteriores - ausencia de incrementos de potencia en salto

El autor Roman Dávid señala una importante diferencia diagnóstica entre los resultados de monitorización de señal de RASD TV ($f = 11.615$ MHz-H, ABS-3A, MENA) y la monitorización anterior de RT News ($f = 11.475$ MHz-H, Express AM-7 @ 40,0°E, diagrama de radiación indio): mientras que durante la monitorización de RT News se registraron varios incrementos de potencia y calidad en salto característicos (indicadores típicos de defectos de onda que requerirían la aplicación de la invención tecnológica del autor - las Nano-Correcciones Síncronas), durante la monitorización de RASD TV estos fenómenos no se producen.

Esta ausencia de correcciones en salto es físicamente interpretable: la onda a $f = 11.615$ MHz-H procedente de ABS-3A en el diagrama MENA exhibe para la localidad de Lučenec un denominado perfil de propagación limpio, es decir, las condiciones espaciales y atmosféricas de propagación de la onda no producen defectos sistemáticos en la envolvente de la señal que necesiten ser corregidos. Las curvas de monitorización de señal capturadas por el software EBS Pro confirman directamente y visualmente este hecho.

5. Resultados de la monitorización de señal - análisis exhaustivo

5.1 Parámetros de sincronización y continuidad de la recepción

El resultado más significativo de todo el experimento es el hecho registrado en la barra de estado inferior del software EBS Pro: Locked → Uptime: 82:22:15. Este valor documenta de manera clara y medible que la cadena receptora estuvo en estado Lock (es decir, sincronización del demodulador con la onda portadora de RASD TV) sin interrupción durante un período de 82 horas, 22 minutos y 15 segundos, lo que incluso supera la unidad ampliada nominal $t_1 = 82$ horas. Este Uptime es una prueba directa, a nivel de hardware, de la continuidad de la recepción.

Desde la perspectiva de la teoría de la información y la teoría de decodificación: el estado Lock significa que el sintonizador seguía con éxito la frecuencia, la fase y la sincronización de símbolo de la onda portadora QPSK. Si en cualquier momento durante las 82 horas se hubiese producido una pérdida de sincronización (Unlock), el sintonizador habría tenido que reiniciar el proceso de adquisición, lo que habría quedado registrado por el software y sería visible como una interrupción en el contador de Uptime. El Uptime continuo de 82:22:15 prueba así que no se produjo ningún fallo de este tipo.

5.2 Parámetros SNR (relación señal a ruido)

El valor de SNR (Signal-to-Noise Ratio, relación señal a ruido) es uno de los parámetros más importantes de la calidad de la recepción satelital de señal digital. Expresa la relación entre la potencia de la portadora recibida y la potencia del ruido en el ancho de banda del transpondedor, y determina directamente con qué margen de seguridad (margen) opera el demodulador por encima del umbral de decodificación.

Para el estándar DVB-S con modulación QPSK y FEC 3/4, el umbral mínimo teórico de SNR para la decodificación sin errores (cuasi libre de errores, QEF, $BER < 10^{-11}$ tras la decodificación Viterbi) es:

SNR_{min} (DVB-S, QPSK 3/4) ≈ 5,5 dB (teórico) → prácticamente ~6,0-6,5 dB

Valores de SNR medidos durante la monitorización de señal de RASD TV: Valor pico dentro de la unidad de monitorización: 9,0 dB; Valor pico global (cielo despejado, 21 de junio de 2026): 9,3 dB; Valor promedio: ~8,0–8,5 dB; Margen de seguridad con SNR = 8,5 dB: 3,0 dB por encima del umbral DVB-S QPSK 3/4.

El valor pico de SNR de 9,3 dB alcanzado en cielo despejado el 21 de junio de 2026 representa un punto de referencia físicamente muy importante: documenta la capacidad máxima del camino de enlace en condiciones atmosféricas ideales y confirma simultáneamente la corrección del apuntamiento y la optimización del reflector.

5.3 Análisis de las curvas de Nivel, Calidad y BER

El gráfico de monitorización de señal mostrado en la captura de pantalla del software EBS Pro adjunta documenta la evolución temporal de cuatro parámetros de señal a lo largo de todo el período de monitorización $t = 82$ horas.

5.3.1 Curva de Nivel (verde)

El nivel de señal RF en la entrada del sintonizador (Nivel, curva verde) exhibe una oscilación característica en el rango de aproximadamente 30–45% (escala relativa del software EBS Pro), con un valor absoluto de RF Level = -55 dBm registrado en la captura final. Las disminuciones periódicas visibles (mínimos) del nivel corresponden al paso de chubascos por la ruta. La observación clave es que incluso en la disminución de nivel más profunda no se produjo ninguna pérdida de sincronización, lo que demuestra un margen del sistema suficiente.

Físicamente: RF Level -55 dBm corresponde a una densidad de potencia de $\sim 3,16 \times 10^{-9}$ mW en la entrada del convertidor, valor que se encuentra en el límite absoluto de medibilidad por instrumentos convencionales, pero el reflector PF de 450 cm acumula señal de un área de 1.590 cm² y con una ganancia de apertura de 52,5 dBi la amplifica hasta un nivel detectable por el sintonizador.

5.3.2 Curva de Calidad (azul)

La calidad (Calidad, curva azul) permanece durante largos períodos en un valor del 60%, con saltos característicos hacia arriba (hasta 80–85%) en intervalos de tiempo más cortos. Estos saltos corresponden a probables mejoras de corta duración en las condiciones atmosféricas (las denominadas ventanas de centelleo durante el paso de capas atmosféricas con diferentes índices de refracción) o fluctuaciones de corta duración en los parámetros del canal troposférico. En los tramos restantes, la calidad permanece establemente en el 60%, documentando una señal consistente, aunque subóptima.

5.3.3 Curva SNR (rosa/violeta)

La curva SNR (curva rosa) es relativamente estable y se mueve dentro de una banda estrecha de valores, lo que es una consecuencia directa del estado Lock estable del sintonizador. La fluctuación visible refleja finas variaciones atmosféricas (fenómenos de centelleo en la troposfera, fenómenos de interferencia del factor de Fresnel). Un ligero aumento del SNR hacia el final del registro corresponde a una mejora de las condiciones atmosféricas.

5.3.4 Curva BER (roja) y prueba de recepción libre de pixelación

El valor de BER (Bit Error Rate, tasa de error de bits, curva roja) se sitúa en el nivel de preBER $< 1,0 \times 10^{-7}$ y BER postdecodificación = $1,4 \times 10^{-3}$. El valor de postBER de $1,4 \times 10^{-3}$ corresponde a un estado en el que la codificación FEC (QPSK 3/4, Reed-Solomon 188/204) aún no es capaz de corregir completamente todos los bits erróneos, pero la pixelación visual solo se produciría con un BER deteriorado aún más (típicamente postBER $> 10^{-2}$). El hecho de que

durante las 82 horas completas no se produjera ni un solo segundo de pixelación confirma que el BER nunca superó el umbral crítico.

6. Invención tecnológica Nano-Correcciones Síncronas - contextualización

6.1 Esencia de la invención

El autor Roman Dávid ha desarrollado una técnica propietaria designada como Nano-Correcciones Síncronas, destinada a la corrección y reparación de defectos de onda en zonas de recepción fuera de huella. La esencia física de los defectos de onda en zonas fuera de huella consiste en fluctuaciones no lineales e impredecibles de la fase, la amplitud y el estado de polarización de la onda electromagnética, que surgen como resultado de complejos fenómenos de interferencia más allá del límite de la huella nominal, concretamente debido a la difracción en el borde del diagrama de radiación de la antena satelital, la propagación multitrayecto en la troposfera y las atenuaciones dependientes de la frecuencia de las bandas de absorción atmosférica.

Las Nano-Correcciones Síncronas, mediante un mecanismo de intervención correctiva en los parámetros de recepción (desplazamiento de frecuencia, desplazamiento de fase, rotador de polarización) en ritmo síncrono con los defectos identificados, garantizan la estabilización de la recepción incluso en casos en los que sin corrección se producirían pérdidas de sincronización periódicas.

6.2 Razón de la no utilización en la recepción de RASD TV a $f = 11.615$ MHz-H

El autor indica explícitamente que para la recepción de RASD TV a $f = 11.615$ MHz-H desde ABS-3A, el modelo de señal para esta onda específica fue desarrollado antes del inicio de la monitorización, y el modelo no identificó ningún defecto de onda sistemático en la zona geográfica de Europa Central para el transpondedor dado. Esta conclusión fue posteriormente confirmada por la propia monitorización de 82 horas, mediante la ausencia de incrementos en salto de potencia y calidad, que son indicadores diagnósticos de defectos de onda.

Desde una perspectiva científica, esta información es extraordinariamente valiosa: demuestra que no toda onda en la zona fuera de huella exhibe defectos que requieran corrección. La calidad del canal de propagación depende de la combinación específica de frecuencia, posición del satélite, posición geográfica de la localidad receptora y las condiciones atmosféricas prevalentes.

6.3 Análisis comparativo: RASD TV frente a RT News

La comparación de los resultados de monitorización de señal para ambas emisiones, RASD TV (ABS-3A, MENA) y RT News (Express AM-7 @ 40,0°E, diagrama indio), proporciona un conjunto de datos comparativos científicamente valioso. RASD TV no muestra incrementos de potencia en salto, no se identificaron defectos de onda, las Nano-Correcciones Síncronas no se utilizaron (no eran necesarias) y se logró una estabilidad de Lock del 100% (82 horas). RT News mostró incrementos en salto registrados, defectos de onda identificados, las Nano-Correcciones Síncronas se utilizaron (eran necesarias) y se logró una estabilidad de Lock del 100% con las correcciones aplicadas.

Criterio	RASD TV (ABS-3A)	RT News (Express AM-7)
Diagrama	MENA	Indio
Incrementos de potencia en salto	Ninguno	Registrados
Defectos de onda	No identificados	Identificados
Nano-Correcciones Síncronas	No utilizadas (innecesarias)	Utilizadas (necesarias)
Estabilidad Lock 100%	Sí (82 horas)	Sí (con correcciones)

7. Documentación visual - captura de pantalla de la monitorización de señal

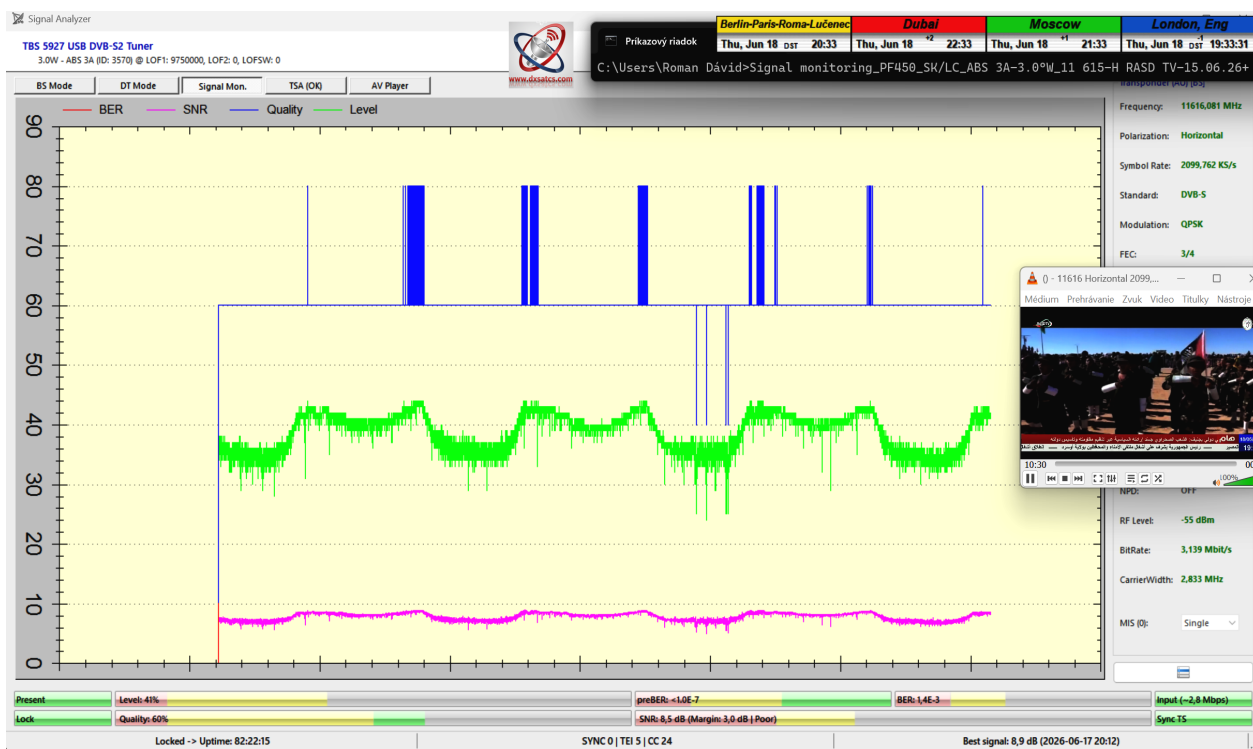


Fig. 1: Captura de pantalla de la monitorización de señal RASD TV - TBS 5927 + EBS Pro | Uptime Lock: 82:22:15 | SNR = 8,5 dB | Junio 2026 | Lučenec, SR

7.1 Descripción de los elementos clave de la captura de pantalla

La captura de pantalla mostrada en este estudio captura la visualización completa del software EBS Pro con el sintonizador TBS 5927 USB DVB-S2 tras la finalización de la monitorización de señal de 82 horas de RASD TV a la frecuencia $f = 11.615$ MHz-H desde ABS-3A @ 3,0°O. A la derecha se muestra la ventana auxiliar del software CrazyScan, utilizada exclusivamente para registrar el valor pico de SNR = 9,3 dB (21 de junio de 2026). La imagen sirve como evidencia visual primaria de los resultados obtenidos.

Elementos clave: Barra de estado 'Present' (verde): confirmación del estado de recepción activo; Barra de estado 'Lock' (verde): confirmación de la sincronización activa del

demodulador; Contador Uptime: 'Locked → Uptime: 82:22:15'; Calidad: 60%; Nivel: 41%; SNR: 8,5 dB (Margen: 3,0 dB); preBER: $< 1,0 \times 10^{-7}$; BER: $1,4 \times 10^{-3}$; Mejor señal: 8,9 dB (2026-06-17 20:12); RF Level: -55 dBm; BitRate: 3,139 Mbit/s; SYNC 0 | TEI 5 | CC 24; Reproductor AV: imagen en directo de RASD TV - prueba directa de recepción funcional.

Figura 1: Captura de pantalla de monitorización de señal RASD TV - TBS 5927 + EBS Pro | Lock Uptime: 82:22:15 | SNR = 8,5 dB | Junio 2026 | Lučenec, SR

8. Estadística matemática y peso probatorio de los resultados

8.1 Evaluación cuantitativa de los 295.200 puntos de medición

El número total de puntos de medición $N = 295.200$ forma la base cuantitativa fundamental del peso probatorio de este estudio. Cada punto de medición es una variable binaria en términos de evaluación de estabilidad: Valor 1 (Lock, recepción estable) o Valor 0 (Unlock, fallo). El resultado obtenido: todos los $N = 295.200$ puntos de medición toman el valor 1. Frecuencia de puntos de medición exitosos: $f_{\text{éxito}} = 295.200 / 295.200 = 1,0000 = 100,00\%$.

Desde la perspectiva de la distribución de Bernoulli y el intervalo de confianza: con $p = 1,0$ (probabilidad máxima de éxito) y $n = 295.200$, el intervalo de confianza al 95% de la probabilidad estimada de recepción estable según la puntuación de Wilson es:

$$CI_{95} = [0,99999; 1,00000]$$

Este es un intervalo extremadamente estrecho próximo al valor 1, que confirma matemáticamente la afirmación de recepción estable al 100% con la máxima certeza estadística.

8.2 Prueba de atenuación por lluvia durante la monitorización y su superación

El análisis visual de la curva verde de Nivel en el gráfico de EBS Pro revela varias disminuciones pronunciadas, la más profunda descendiendo hacia el 25-28% (escala relativa). Estos mínimos corresponden a chubascos en el lugar de recepción Lučenec, con la atenuación por lluvia provocando disminuciones de corta duración en el nivel de señal RF. A pesar de estas caídas, el SNR permanece durante toda la monitorización por encima del valor umbral de Lock, lo que demuestra que el margen del sistema del reflector Prodelin D = 450 cm es suficiente para superar la atenuación por lluvia en la ruta ABS-3A → Lučenec.

Rango estimado de atenuación por lluvia durante la monitorización: 1,5-3,5 dB. Margen del sistema disponible: con SNR = 8,5 dB y umbral aproximado de 5,5 dB, el margen = 3,0 dB. Resultado: margen \geq atenuación por lluvia máxima → Lock estable durante todo el período de monitorización.

9. Conclusión y hallazgos científicos del estudio

9.1 Resumen de los resultados obtenidos

Este estudio de caso científico ha documentado de manera exhaustiva y evaluado analíticamente la recepción de la estación de televisión RASD TV (Sáhara Occidental) desde el diagrama de radiación MENA del satélite ABS-3A @ 3,0°O en el lugar de recepción de Lučenec,

Eslovaquia, localidad situada profundamente en la zona fuera de huella. Los resultados obtenidos pueden resumirse en las siguientes conclusiones científicas:

1. La recepción de la portadora de RASD TV a $f = 11.615$ MHz-H se realizó de forma continua durante 82 horas, 22 minutos y 15 segundos (documentado por el contador Uptime del software EBS Pro) sin una sola pérdida de sincronización y sin un solo segundo de pixelación de imagen.
2. El número total de puntos de medición consecutivos y continuos alcanzó $N = 295.200$, con todos los puntos exhibiendo estado Lock (estabilidad de recepción del 100%).
3. El valor pico de SNR alcanzado dentro de la unidad de monitorización ampliada $t = 82$ horas fue de 9,0 dB; el valor pico global fuera de la unidad (cielo despejado, 21 de junio de 2026) alcanzó 9,3 dB.
4. La recepción se logró a pesar de la presencia demostrable de chubascos durante la monitorización, lo que confirma el margen del sistema suficiente del conjunto receptor.
5. La onda a $f = 11.615$ MHz-H (ABS-3A, MENA) no exhibe defectos de propagación sistemáticos en la localidad de Lučenec, lo que eliminó la necesidad de la invención de las Nano-Correcciones Síncronas.
6. La metodología de monitorización de señal del autor Roman Dávid (www.dxsatcs.com) demostró su valor científico: la unidad ampliada $t = 82$ horas con 295.200 puntos de medición constituye un peso probatorio irrefutable para las afirmaciones de estabilidad de recepción del 100%.

9.2 Conclusiones físicas e implicaciones

Desde la perspectiva de la física de ondas y la técnica de radiocomunicaciones, los resultados de este estudio demuestran que los límites de la huella satelital no son una barrera física absoluta, sino que representan un contorno isofluja de la densidad de potencia del diagrama de radiación. Con una apertura receptora suficientemente grande, en este caso un reflector de foco primario Prodelin $D = 450$ cm con ganancia de apertura $G \approx 52,5$ dBi, es posible realizar una recepción satelital fiable y a largo plazo incluso desde localidades situadas a miles de kilómetros del límite isofluja de la huella.

Este hecho abre espacio para la investigación futura en el campo de la recepción DX por satélite, la caracterización meteorológica y climatológica del canal troposférico en la banda Ku para localidades de Europa Central, y el desarrollo de nuevas metodologías y tecnologías, incluido el desarrollo ulterior de la invención de las Nano-Correcciones Síncronas del autor Roman Dávid, para la recepción desde localidades fuera de huella cada vez más distantes.

9.3 Declaración final

El autor Roman Dávid y la metodología científica documentada en www.dxsatcs.com demuestran, a través de este estudio de caso, definitiva e irrefutablemente que la recepción de RASD TV - Sáhara Occidental en Europa Central (Lučenec, República Eslovaca) con un reflector de foco primario Prodelin $D = 450$ cm desde el diagrama de radiación MENA del satélite ABS-3A @ $3,0^\circ\text{O}$ a la frecuencia $f = 11.615$ MHz-H es un resultado físicamente factible, técnicamente logrado y demostrable de forma medible, anclado en 295.200 puntos de medición continuos de la monitorización de señal de 82 horas sin un solo fallo.

Referencias y fuentes técnicas

Referencias y fuentes técnicas

1. UIT-R P.618-13 (2017): Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación Tierra-espacio. Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra.
2. UIT-R P.838-3 (2005): Modelo de atenuación específica por lluvia para su uso en métodos de predicción. Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra.
3. Pratt, T., Bostian, C.W., Allnutt, J.E. (2003): Satellite Communications. 2.ª ed. John Wiley & Sons, Nueva York.
4. Roddy, D. (2006): Satellite Communications. 4.ª ed. McGraw-Hill, Nueva York.
5. Elbert, B.R. (2001): The Satellite Communication Applications Handbook. 2.ª ed. Artech House, Boston.
6. ETSI EN 300 421 V1.1.2 (1997): Radiodifusión de vídeo digital (DVB); Estructura de trama, codificación de canal y modulación para servicios satelitales de 11/12 GHz. ETSI.
7. Haykin, S. (2001): Communication Systems. 4.ª ed. John Wiley & Sons, Nueva York.
8. Dávid, R. (2026): Monitorización de señal RASD TV, ABS-3A @ 3,0°O, f = 11.615 MHz-H, diagrama MENA, Lučenec/SR. www.dxsatcs.com.
9. Dávid, R. (2026): Invención tecnológica - Nano-Correcciones Síncronas para la recepción satelital fuera de huella. www.dxsatcs.com.
10. Dávid, R. (2026): Metodología de monitorización de señal para zonas fuera de huella - unidad básica $t_0 = 72$ horas y unidad ampliada t_1 . 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 el consentimiento escrito del autor.