

Reingeniería de la estación terrena de comunicaciones satelitales del planetario de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Re-engineering of the satellite communications ground station of the Tuxtla Gutiérrez planetarium, Chiapas.

Luis Tomás García Andrade* (1).

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

luis.gal@tuxtla.tecnm.mx.

Francisco Ramón Sánchez Rodríguez (2). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, francisco.fr@tuxtla.tecnm.mx.

Vicente León Orozco (3). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, vicente.lo@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en junio 04, 2026; aceptado en julio 27, 2026.

Resumen.

Se presenta el diagnóstico, diseño de solución y reingeniería de la Estación Terrena del Planetario de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, la cual permanecía completamente inoperante al no recibir señal alguna de los satélites meteorológicos para los que fue diseñada. Las imágenes que el Planetario difundía se obtenían manualmente de Internet. Mediante el análisis técnico del sistema instalado —equipado con hardware de la empresa Remos, una antena Yagi T-Cross de alta ganancia (~2 m), un sistema de rastreo automático y el software Expedite— se identificó que la causa raíz era la ausencia de un subsistema receptor de señales de radiofrecuencia. La solución desarrollada consistió en la integración de un receptor de Radio Definida por Software y los softwares de decodificación de señales de satélites meteorológicos, en una arquitectura complementaria que preserva y aprovecha la infraestructura Remos existente. Tras la implementación, se logró la recepción exitosa de imágenes en formato APT de los satélites NOAA-15, NOAA-18 y NOAA-19, y en formato LRPT de los satélites METEOR M2-3 y M2-4. Los resultados demuestran que la integración de tecnología SDR de bajo costo con infraestructura de alta ganancia preexistente constituye una solución técnicamente eficaz y económicamente eficiente para la habilitación de estaciones terrenas inoperantes.

Palabras clave: Antena Yagi, estación terrena, METEOR, NOAA, planetario.

Abstract.

This paper presents the diagnosis, solution design, and re-engineering of the ground station at the Tuxtla Gutiérrez Planetarium (Chiapas), which had been completely inoperative, failing to receive any signal from the meteorological satellites for which it was originally designed. Previously, the images disseminated by the Planetarium were obtained manually from the Internet. A technical analysis of the installed system—comprising Remos hardware, a high-gain (~2 m) Yagi T-Cross antenna, an automatic tracking system, and Expedite software—identified the root cause as the absence of a radio-frequency signal receiver subsystem. The solution developed involved integrating a Software-Defined Radio (SDR) receiver and meteorological satellite signal decoding software into a complementary

architecture that preserves and leverages the existing Remos infrastructure. Following implementation, successful image reception was achieved in APT format from NOAA-15, NOAA-18, and NOAA-19 satellites, and in LRPT format from METEOR M2-3 and M2-4 satellites. The results demonstrate that integrating low-cost SDR technology with pre-existing high-gain infrastructure provides a technically effective and economically efficient solution for reactivating inoperative ground stations.

Keywords: Ground station, METEOR, NOAA, planetarium, Yagi antenna.

1. Introducción.

Las estaciones terrenas de recepción de imágenes de satélites meteorológicos representan infraestructuras de alto valor estratégico para instituciones educativas, científicas y gubernamentales. Los satélites NOAA y METEOR transmiten continuamente imágenes de la Tierra en la banda VHF de 137 MHz en régimen de libre recepción, sin costos de suscripción, lo que los convierte en fuentes de datos meteorológicos accesibles para cualquier entidad que cuente con el equipamiento adecuado (NOAA/NESDIS, 2023).

El Planetario de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, adquirió una Estación Terrena de la empresa Remos compuesta por una antena Yagi T-Cross de alta ganancia (~2 m), un sistema de rastreo automático azimuth/elevación y el software Expedite para la gestión de misiones. Sin embargo, la estación permaneció inoperante desde su instalación: no recibía señales de ningún tipo y las imágenes meteorológicas que el Planetario difundía eran obtenidas manualmente desde portales de Internet.

La presente investigación documenta el proceso de diagnóstico de la causa raíz de la inoperatividad, el diseño e implementación de la solución técnica que rehabilitó el sistema, y los resultados obtenidos en la recepción de imágenes de los cinco satélites objetivo durante el período febrero–mayo 2025.

2. Métodos.

Sistema existente y diagnóstico.

La Estación Terrena del Planetario cuenta con infraestructura de la empresa Remos: antena Yagi T-Cross de aproximadamente dos metros de longitud con alta ganancia en la banda de 137 MHz, sistema de rastreo y posicionamiento automático de antena (rotor azimuth/elevación) con control computarizado, y un equipo de cómputo con el software Expedite instalado. La antena Yagi T-Cross, por su configuración de dos arreglos cruzados, permite la recepción con polarización circular izquierda (LHCP), adecuada para satélites en órbita polar baja.

Expedite es una solución comercial de gestión de misiones satelitales que ofrece predicción de pases, control del rotor en tiempo real y registro de operaciones. Sin embargo, no posee módulo alguno de recepción de señales RF, demodulación APT ni LRPT: es un software de control de misión, no un sistema de adquisición de datos (Remos, 2024).

El análisis técnico determinó que la causa raíz de la inoperatividad era la ausencia de un receptor de radiofrecuencia en la cadena del sistema. La antena capturaba la señal del satélite, pero dicha señal no tenía destino: no existía hardware capaz de recibirla y digitalizarla. La estación fue instalada con la parte de control (rotor + Expedite) completa, pero con la parte de adquisición de datos inexistente.

Fundamentos técnicos.

Los satélites objetivo, sus frecuencias de transmisión y sus modos de operación se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de los satélites meteorológicos objetivo.

Satélite	Frecuencia	Modo	Resolución
NOAA-15	137.620 MHz	APT – FM analógico	~4 km/px, B/N
NOAA-18	137.912 MHz	APT – FM analógico	~4 km/px, B/N
NOAA-19	137.100 MHz	APT – FM analógico	~4 km/px, B/N
METEOR M2-3	137.900 MHz	LRPT – QPSK digital	~1 km/px, RGB
METEOR M2-4	137.900 MHz	LRPT – QPSK digital	~1 km/px, RGB

El receptor RTL-SDR (chipset RTL2832U+R820T2) opera en el rango 25–1750 MHz con anchos de banda de hasta 3.2 MHz de muestreo. Su bajo costo y la madurez de su ecosistema de software lo hacen idóneo para la recepción de señales en 137 MHz (Laufer, 2018).

SatDump es un software de código abierto diseñado específicamente para la decodificación de señales de satélites de observación terrestre. Soporta nativamente los modos APT (NOAA) y LRPT/QPSK (METEOR), integrando las funciones de demodulación, corrección de errores y generación de imagen en una sola plataforma, lo que simplifica significativamente el pipeline de procesamiento (SatDump, 2026).

Arquitectura de la solución y configuración.

La solución diseñada integra la cadena de recepción SDR de forma complementaria al sistema Remos, preservando las funciones de control del rotor en Expedite y añadiendo el subsistema de adquisición de señales faltante, según se resume en la Tabla 2.

Tabla 2. Arquitectura de la solución de rehabilitación.

Capa	Componente	Responsabilidad
Control	Expedite (Remos)	Predicción de pases y control del rotor azimuth/elevación
RF	Antena Yagi T-Cross + RTL-SDR	Captura, amplificación y digitalización de señal del satélite
Recepción	SDR#	Procesamiento de señal RF
Decodificación	SatDump	Demodulación APT/LRPT y generación automática de imágenes

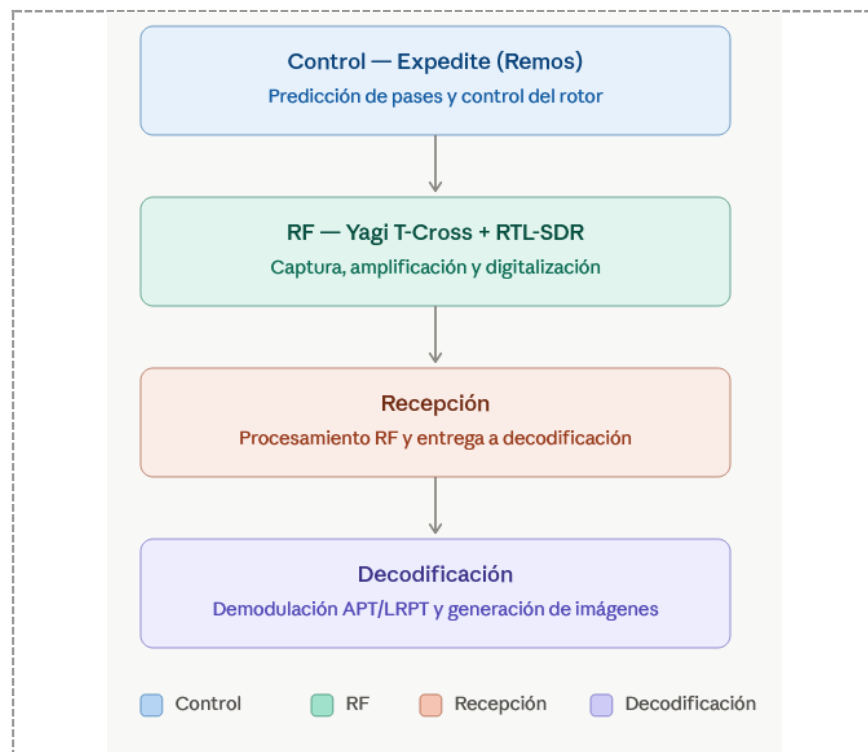


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema propuesto.

Para cada satélite se configuraron en SDR# la frecuencia central, y en el software procesador de imágenes el modo de decodificación correspondiente (NOAA APT o Meteor LRPT). El rotor Remos, controlado por Expedite, realizó el seguimiento automático durante cada pase.

Se realizaron múltiples sesiones de recepción entre marzo y mayo de 2025. Para cada pase se registraron: satélite objetivo, hora UTC de inicio y fin, elevación máxima alcanzada, calidad subjetiva de la señal y calidad de la imagen obtenida en la decodificación.

3. Desarrollo.

Resultados de recepción.

Los resultados de recepción obtenidos para cada satélite objetivo se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de recepción de imágenes por satélite.

Satélite	Modo	Calidad de imagen	Tipo de imagen
NOAA-15	APT	Buena	Blanco y negro, completa
NOAA-18	APT	Excelente	Blanco y negro, alta definición
NOAA-19	APT	Excelente	Blanco y negro, alta definición
METEOR M2-3	LRPT	Excelente	Color RGB, alta resolución (~1 km/px)
METEOR M2-4	LRPT	Buena	Color RGB, buena resolución

Los cinco satélites objetivo fueron recibidos exitosamente. Esta constituyó la primera recepción de imágenes satelitales directas en la historia operativa de la Estación Terrena del Planetario de Tuxtla Gutiérrez.

Impacto de la antena Yagi T-Cross.

La alta ganancia de la antena Yagi T-Cross (~2 m) resultó decisiva para la calidad de las imágenes, particularmente en los pases de baja elevación donde las señales son más débiles. El sistema de seguimiento automático Remos, al mantener la antena apuntada al satélite durante todo el pase, maximizó el tiempo de recepción y la cobertura geográfica de las imágenes obtenidas.

Discusión.

El caso del Planetario de Tuxtla Gutiérrez ilustra una problemática que puede presentarse en otras instituciones que adquieren sistemas tecnológicos complejos sin la asesoría técnica especializada necesaria para verificar su completitud funcional. La Estación Terrena fue instalada con el subsistema de control (rotor + Expedite) completamente operativo, pero con el subsistema de adquisición de señales inoperante.

La solución implementada demuestra que la tecnología SDR de bajo costo, cuando se integra adecuadamente con infraestructura de alta ganancia preexistente, puede habilitar capacidades de recepción profesional. El receptor RTL-SDR, combinado con la antena Yagi T-Cross de la estación y el LNA, conformó un sistema de recepción de mayor calidad que la que hubiera proporcionado un receptor convencional de bajo costo con antena omnidireccional.

La elección de SatDump como software de decodificación fue acertada: su soporte nativo para múltiples protocolos (APT y LRPT), su activo desarrollo por la comunidad de código abierto y su interfaz clara simplificaron el pipeline de procesamiento y redujeron la curva de aprendizaje para el personal del Planetario durante la capacitación.

Conclusiones.

Se rehabilitó exitosamente la Estación Terrena del Planetario de Tuxtla Gutiérrez, logrando la recepción en tiempo real de imágenes meteorológicas de cinco satélites en órbita polar baja (NOAA-15, NOAA-18, NOAA-19, METEOR M2-3 y METEOR M2-4). La causa raíz de la inoperatividad fue la ausencia de un receptor de señales RF, subsanada mediante la integración de un receptor RTL-SDR y la decodificación de imágenes.

La solución desarrollada preserva y aprovecha la inversión previa en hardware Remos —particularmente la antena Yagi T-Cross de alta ganancia y el sistema de seguimiento automático—, convirtiéndolos en activos plenamente operativos.

Créditos.

Los autores agradecen al Planetario de Tuxtla Gutiérrez y a la Agencia Digital Tecnológica del Estado de Chiapas (ADITECH) por las facilidades otorgadas para la rehabilitación de la Estación Terrena y la realización de las pruebas de recepción.

Referencias bibliográficas.

- Laufer, J. (2018).** The Hobbyist's Guide to the RTL-SDR: Really Cheap Software Defined Radio. CreateSpace Independent Publishing Platform
- NOAA/NESDIS. (2023).** POES Program Overview. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Remos Space Systems. (2024).** Expedite Mission Control Software – User Manual [Manual de software comercial]. Remos Space Systems AB.

SatDump Team. (2026). SatDump: A generic satellite data processing software (Version 1.2.2) [Manual de software informático]. SatDump Documentation. <https://docs.satdump.org/>

Información de los autores.



Luis Tomás García Andrade, Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Maestro en Administración de Redes y Telecomunicaciones por el Instituto de Estudios Superiores de Chiapas, Docente del Departamento de Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, integrante del Sistema Estatal de Investigadores del Estado de Chiapas, Profesional Senior en tecnologías de la información con sólida trayectoria en la Dirección de Servicios Informáticos y Supervisión Regional de Infraestructura Crítica.



Francisco Ramón Sánchez Rodríguez, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica egresado del Instituto Politécnico Nacional, Docente del Departamento de Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, fundador de Radio Conejo FM 101.9 MHz, estación de radio del ITTG. 46 años de experiencia profesional, en los campos de audio, video, redes digitales, así como en radio y televisión, con participación en la operación y transmisión de diversos eventos internacionales como juegos olímpicos, 4 copas del mundo, box y super tazón. Con entrenamiento en equipos de transmisores de televisión en USA, Canadá y Alemania.



Vicente León Orozco, Ingeniero electricista, egresado del Instituto Tecnológico de Cd Madero, Tamps. Docente tiempo completo, en el Departamento de ingeniería Eléctrica y electrónica. Jefe de proyectos de vinculación de la carrera de ingeniería electrónica. Integrante del Colegio de Ingenieros mecánicos y Electricistas del estado de Chiapas. Desde el 2005, integrante de diferentes consejos directivos, como primer secretario. Diseño y ejecución de diversos diplomados de ahorro y uso eficiente de energía, en colaboración CFE-TecNM y SEMAHN. Jefe del Depto. de Ing. Eléctrica y electrónica. en la iniciativa privado, Mantenimiento de equipo electrónico.