

## TELECOMUNICACIONES EN EL TELESCOPIO JAMES WEBB

El 11 de julio de 2022 la NASA comenzó a publicar las primeras imágenes tomadas por el telescopio espacial James Webb, empezando por la bautizada como *Webb's First Deep Field* (primer campo profundo de Webb), la imagen infrarroja más profunda jamás obtenida del universo (Javier Yanes, <https://www.bbvaopenmind.com>)



**FIGURA 1.** Primera imagen Captada por el telescopio James Webb (<https://www.flickr.com/photos/nasawebbtelescope/52210553347/in/album-72177720300469752/>)

El Telescopio Espacial James Webb (en inglés, James Webb Space Telescope (JWST)) es uno de los proyectos tecnológicos para exploración espacial en longitudes de onda infrarrojas más ambiciosos ejecutado en conjunto por la NASA, la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Agencia Espacial Canadiense (CSA). Fue construido con la intención de sustituir los telescopios Hubble y Spitzer. Su fabricación duró aproximadamente 20 años, desde que se propuso por primera vez en la década de 1990 hasta su lanzamiento un 25 de diciembre de 2021.

Dicho telescopio es catalogado como un observatorio de ciencias espaciales avanzado que dio inicio a sus operaciones hace aproximadamente 2 años convirtiéndose en el telescopio espacial más grande y avanzado jamás construido, superando al exitoso telescopio Hubble.



**FIGURA 2.** Telescopio James Webb <https://webbtelescope.org/resource-gallery>

El Telescopio Espacial James Webb luego de su lanzamiento y transcurrido cerca de 30 días se ubicó de manera definitiva orbitando alrededor del punto de Lagrange L2, esta trayectoria denominada *órbita de halo* es similar en tamaño a la que realiza la Luna alrededor de la Tierra, completándola aproximadamente en 6 meses y permitiendo que el JWST mantenga una comunicación directa y continua con la Tierra. La zona de Lagrange L2 es un lugar dentro de un sistema de dos cuerpos en órbita alrededor de un tercero, donde las fuerzas gravitatorias

y centrífugas se equilibran, permitiendo que un objeto pueda mantenerse en equilibrio relativo con respecto a los otros dos cuerpos y a una distancia aproximada de 1.5 millones de kilómetros de la Tierra en dirección opuesta al Sol; el James Webb está diseñado para realizar estudios en áreas clave de la cosmología y la astrofísica, como los exoplanetas, origen de galaxias, materia oscura, desarrollo estelar, entre otros cuerpos celestes; revolucionando así nuestra comprensión del Universo.



FIGURA 3. Puntos de Lagrange y órbita de Halo del Telescopio Espacial James Webb alrededor del punto L2 ([https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/13840/1/ACTA\\_Solis\\_telescopio.pdf](https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/13840/1/ACTA_Solis_telescopio.pdf))

El JWST está compuesto por complejos instrumentos astronómicos usados para la exploración espacial los mismos que son muy diversos y de muy altas prestaciones; tecnológicas como, el NIRCam, NIRSpec, NIRISS y MIRI, son piezas clave en la misión científica del telescopio. Estos instrumentos actualmente permiten realizar una variedad de observaciones, desde imágenes en el infrarrojo cercano hasta espectroscopia de campo amplio y coronografía. Si bien pudiésemos hablar y describir la compleja tecnología de los componentes e instrumentos físicos, mecánicos, eléctricos y electrónicos que mantiene el telescopio, el presente ensayo está enfocado en describir cómo se compone y opera el complejo sistema de Telecomunicaciones que permite enviar aproximadamente entre 30GB a 57GB de datos cada día.

Como mencionamos anteriormente el Telescopio Espacial James Webb se encuentra a casi 1.5 millones de kilómetros de la Tierra, entonces surge la pregunta.

### ¿Cómo se envía y recibe la información emitida por el James Webb sobre una distancia tan formidable?



FIGURA 4. Antena - Madrid Deep Space Network

Los físicos e ingenieros miembros del equipo de la misión de Webb, junto con muchos otros grupos de misiones, utilizan la Red del Espacio Profundo (DSN), el sistema de telecomunicaciones científicas más grande y sensible del mundo. La DSN es un sistema crucial que facilita la comunicación entre el JWST y los científicos en la Tierra. La ubicación estratégica de los puntos de observación de la DSN permite

mantener una comunicación constante por radio con el telescopio, incluso cuando este desaparece en el horizonte de un sitio, otro puede captar la señal y continuar la comunicación sin interrupciones.

La DSN cumple diversas funciones, como el control del telescopio y el seguimiento radiométrico del mismo. Además, supervisa y controla los datos en tiempo real y apoya disciplinas científicas como la radioastronomía. La comunicación en el espacio se basa en un transmisor que codifica un mensaje en ondas electromagnéticas y un receptor que lo decodifica. Esta dinámica es similar a la de un enrutador Wi-Fi y los dispositivos conectados en red en un hogar. Es importante tener en cuenta que en el espacio la distorsión del mensaje aumenta en función del cuadrado de la distancia, debido a que la energía de la señal se dispersa a medida que aumenta el radio de la señal. Por lo tanto, para que una señal fuerte pueda alcanzar distancias más largas, debe transmitirse a potencias más altas.

En las comunicaciones en el espacio profundo, debido a las limitaciones de tamaño y peso de los telescopios y naves espaciales, los equipos de comunicación transmiten señales a una potencia muy baja, generalmente sobre la cantidad de energía que se gasta pedaleando una bicicleta; por lo tanto, la antena del telescopio concentra la señal en un haz estrecho. A medida que viajan, estas señales se vuelven cada vez más débiles.

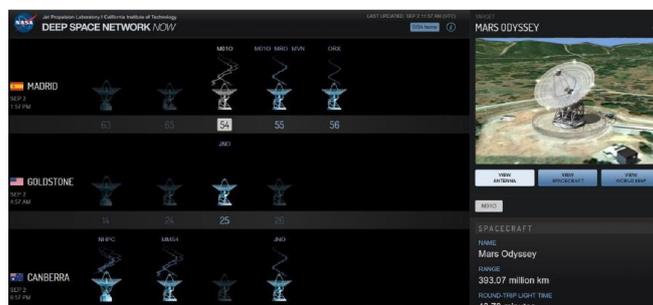


FIGURA 5. Sistema Red del Espacio Profundo (DSN) (<https://eyes.nasa.gov/dsn/dsn.html>)

Operado por el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la NASA, la DSN también es una serie internacional de gigantescas antenas parabólicas de alta ganancia, cada una posicionada a 120 grados de separación en tres sitios: Goldstone, Estados Unidos; Canberra, Australia; y Madrid, España. Esto permite la comunicación con el telescopio en cualquier momento del día o de la noche; a medida que la Tierra rota y una de las antenas sale del alcance, otra entra en este espacio de comunicación.

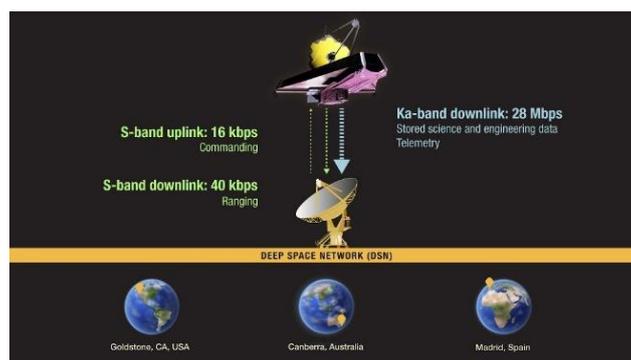
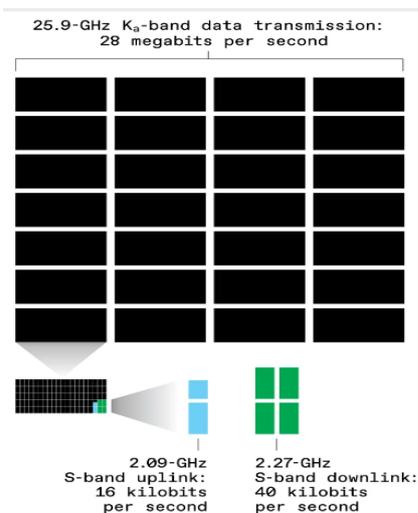


FIGURA 6. Posición prevista en los proyectos iniciales para situar al JWST

Cada uno de los complejos de la Red del Espacio Profundo tiene antenas de diferentes tamaños, incluyendo antenas de 70, 34 y 26 metros de diámetro. Los complejos de la DSN utilizan las antenas de 34 metros para comunicarse con Webb, con las antenas de 70 metros como respaldo. La DSN admite diferentes asignaciones de frecuencias de radio en la banda de las microondas, como las frecuencias denominadas de banda S (2 a 4 GHz) y de banda Ka (20 a 30 GHz) que utiliza Webb. La banda S tiene un ancho de banda más bajo que se utiliza

para enviar comandos a la nave espacial (por ejemplo, iniciar la reproducción del grabador), para recibir telemetría de ingeniería y monitorear la salud y seguridad del observatorio; por otra parte, en la banda Ka se puede transmitir más datos en comparación con la banda S. Una alta tasa de datos es una necesidad para el trabajo científico que lleva a cabo el JWST.

Aunque la frecuencia de banda Ka de 25,9 GHz es el canal de comunicación principal del telescopio, también utiliza dos canales en la banda S. Uno es el enlace ascendente de 2,09 GHz que transporta futuras transmisiones y programaciones de observación científica al telescopio a 16 kilobits por segundo (Kbps). El otro es el enlace descendente de 2,27 GHz, 40 kbps a través del cual el telescopio transmite datos de ingeniería, incluido su estado operativo, la salud de los sistemas y otra información relacionada con las actividades diarias del telescopio.



Todos los canales de comunicación utilizan el protocolo de corrección de errores Reed-Solomon, el mismo estándar de corrección de errores utilizado en estándares de transmisión de video digital como el DVD y códigos QR. Los canales de banda S de menor velocidad de datos utilizan modulación de clave de desplazamiento de fase binaria, que implica el desplazamiento de fase de la onda portadora de una señal. Sin embargo, el canal de banda K utiliza una modulación de clave de desplazamiento de fase en cuadratura. La modulación de clave de desplazamiento en cuadratura puede duplicar la velocidad de datos de un canal, a costa de transmisores y receptores más complicados.

FIGURA 7. Velocidades de transferencia entre JWST – DSN  
(<https://spectrum.ieee.org/james-webb-telescope-communications>)

Por otra parte, cualquier dato científico que recoja el JWST durante su vida útil deberá almacenarse a bordo, ya que la nave no mantiene contacto las 24 horas con la Tierra. Los datos recopilados por sus instrumentos científicos, una vez recolectados, se almacenan en la unidad de estado sólido de 68 GB de la nave (el 3 por ciento está reservado para datos de ingeniería y telemetría). En promedio, el centro de operaciones de la misión en el Instituto Científico del Telescopio Espacial (STScI) en Baltimore, Maryland, se conecta con Webb al menos dos o tres veces en un período de 24 horas. Hay algunas cosas que deben ocurrir antes de programar el contacto.

Debido a que la DSN aloja casi 40 misiones diferentes, la programación puede volverse complicada y por eso es el Centro de Dinámica de Vuelo en el Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA la que envía al STScI los períodos de visualización durante los cuales el observatorio es visible desde uno de los tres diferentes sitios de la Red del Espacio Profundo (DSN). El programador de la misión compara esos tiempos con lo disponible en el sistema de programación de la DSN, donde otras misiones compiten por tiempo con sus naves espaciales. En ocasiones, varias misiones solicitan el mismo recurso al mismo tiempo. Cuando esto sucede, el programador en JPL negociará con las misiones para llegar a un compromiso. Una vez que todas las negociaciones se completan, los horarios se envían a los planificadores de la misión hasta seis meses por adelantado. Las primeras ocho semanas del horario son

fijas, sin cambios permitidos a menos que haya una emergencia o un evento importante con una nave espacial. Los períodos posteriores están sujetos a negociaciones continuas.

Una vez que se establece el contacto con Webb según el horario acordado, se utiliza la banda Ka para descargar datos científicos y de ingeniería almacenados, así como algo de telemetría de la nave espacial. La banda Ka es mucho más eficiente para la descarga que la banda S, logrando en un par de horas lo que tomaría muchos días en la banda S. La antena de alta ganancia en Webb se utiliza para la descarga en banda Ka, y la antena de ganancia media se utiliza para la subida y bajada en banda S cuando ambas antenas están apuntando directamente a uno de los sitios de la DSN para un contacto. La mayoría de los períodos de contacto con Webb duran de dos a seis horas.

Durante cada contacto, es importante descargar la mayor cantidad de datos posible, ya que el telescopio realiza continuamente observaciones científicas preprogramadas, adquiriendo más datos que deben ser almacenados. Cuando no está en contacto con el centro de operaciones de la misión, Webb almacena sus datos en un grabador de estado sólido. Una vez descargados los datos, se ingresan en el Archivo Barbara A. Mikulski para Telescopios Espaciales (MAST) en STScI para su procesamiento y calibración, después de lo cual se entregan a los científicos que planearon la observación. MAST es el repositorio final, accesible públicamente.

Sin duda, el Telescopio Espacial James Webb pasa a la historia por ser el telescopio más potente y caro jamás desarrollado por los seres humanos y por revelarnos nuevos descubrimientos que desafían nuestra comprensión del cosmos. Con su capacidad para iluminar los rincones más oscuros y misteriosos del espacio, el JWST nos invita a maravillarnos con la belleza y la complejidad del Universo y a seguir explorando los límites de nuestro conocimiento.

#### **REFERENCIAS:**

- [1] <https://spectrum.ieee.org/james-webb-telescope-communications>
- [2] <https://webbtelescope.org/resource-gallery/articles>
- [3] <https://blogthinkbig.com/james-webb-cuando-las-telecomunicaciones-trascienden-a-la-tierra/>
- [4] <https://webbtelescope.org/contents/articles/how-do-we-communicate-with-webb>
- [5] <https://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2012/06/OPORTUNIDADES-ASTRONOMIA-EN-CHILE-ANEXOS.pdf>
- [6] <https://eyes.nasa.gov/dsn/dsn.html>
- [7] <https://ciencia.nasa.gov/universo/el-telescopio-espacial-james-webb-de-la-nasa-un-paso-de-dejar-nuestro-planeta/>
- [8] <https://webbtelescope.org/recursos-en-espanol>