



**GOBIERNO DE
MÉXICO**



5.1.2 Informe Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM)

Introducción

El año 2019 ha sido un año extremadamente exitoso para el GTM y la ciencia mexicana a nivel internacional, luego de la publicación y publicidad global de los primeros resultados del Event Horizon Telescope, que incluyó la primera imagen del horizonte de eventos de un agujero negro supermasivo, y la exitosa puesta en servicio de dos nuevos instrumentos científicos (B4R y SEQUOIA) que funcionan con la ventaja del reflector primario de 50 metros de diámetro recientemente completado. Desafortunadamente, también ha sido un año muy improductivo para las comunidades de usuarios científicos mexicanos y estadounidenses del proyecto binacional GTM. Ambas comunidades han tenido acceso limitado al GTM después de una serie de incidentes de seguridad importantes que involucraron al personal de GTM a principios de 2019 relacionados con los problemas generales de inseguridad nacional.

Siguiendo las recomendaciones de la Mesa Estatal (Puebla) de Seguridad, el personal de GTM y los miembros de las comunidades de usuarios científicos binacionales no pueden viajar al sitio del GTM sin escoltas de seguridad proporcionadas por la policía estatal de Puebla. Sin embargo, debido a los recursos federales limitados asignados a la seguridad del estado, ha sido difícil coordinar los acompañamientos con las autoridades estatales desde Puebla hasta el sitio del GTM. Las autoridades del gobierno estatal han mostrado un compromiso muy fuerte para apoyar la operación científica del GTM, sin embargo, simplemente no tienen suficiente personal y vehículos adecuados (tipo “off-road 4x4”) con el mantenimiento adecuado para proporcionar el apoyo continuo, particularmente durante los fines de semana. Por estas razones, el GTM solo ha podido operar de noche durante 3 a 4 días por semana después de reiniciar las operaciones científicas en mayo de 2019.

Dada la situación descrita anteriormente, la gerencia del GTM ha tomado medidas para estudiar cómo se puede modificar el estilo operativo del GTM para proporcionar mayor seguridad al personal, así como para aumentar la eficiencia operativa y científica del telescopio.

Primera Sesión Ordinaria de Órgano de Gobierno del INAOE- 2020

Luis Enrique Erro No. 1, CP. 72840, Tonantzintla, Pue., México.
Tel: (222) 266 3100 Fax: (222) 247 2580 difusion@inaoep.mx www.inaoep.mx



2020
LEONORA VICARIO
RECONOCIENDO LA HERENCIA DE LA MUJER





**GOBIERNO DE
MÉXICO**



Operaciones de telescopio

Para preparar el GTM para ser operado desde ubicaciones fuera del sitio (por ejemplo, el campamento base del GTM en Ciudad Serdán, el INAOE y la Universidad de Massachusetts) con solo un pequeño grupo de asistentes técnicos nocturnos físicamente presentes en el telescopio, los científicos de apoyo y el grupo de ingeniería han estado desarrollando manuales técnicos en línea que describen los procedimientos e instrucciones para verificar que todos los sistemas de telescopios e instrumentos estén alimentados, habilitados y listos para observaciones científicas. Los procedimientos de emergencia también se proporcionarán en los manuales para que, en caso de que se pierda la comunicación por Internet y el control remoto del telescopio, los asistentes nocturnos puedan mover el telescopio de forma independiente a la posición segura (STOW), realizar reinicios de los sistemas computacionales, realizar reinicios de hardware de sistemas y componentes electromecánicos vitales, y asegurarse de que los sistemas de energía eléctrica de respaldo (UPS y generadores diésel) estén en pleno funcionamiento.

Para respaldar este desarrollo y la operación independiente del telescopio remoto, se están escribiendo nuevas herramientas de análisis rápido para analizar datos, crear productos de datos estándar, interpretar información meteorológica y monitorear todos los sistemas electromecánicos e instrumentos científicos, y compartir toda la información de manera eficiente con los usuarios remotos.

Las mismas herramientas, manuales y procedimientos proporcionarán un valioso apoyo al personal que realiza observaciones diurnas como parte de nuestro programa de desarrollo de ingeniería para aumentar el impacto científico de GTM, mientras intentamos continuar el programa de observación después del amanecer durante varias horas adicionales durante las mejores condiciones climáticas.

Desarrollo de infraestructura telescópica

El trabajo para avanzar hacia un estilo más remoto de operación del telescopio requiere que algunos sistemas críticos se vuelvan más automatizados, así como realizar mejoras en algunas áreas de la infraestructura del telescopio.

Las modificaciones más importantes a corto plazo son (i) proporcionar áreas de trabajo y de descanso oxigenadas en el sótano del telescopio para crear un ambiente de trabajo más seguro (con una altitud efectiva más baja) y permitir que el personal trabaje durante largos períodos de tiempo sin la necesidad de regresar al campamento base para descansar, y (ii) instalar una cubierta de ápice mecánica automática para el reflector primario para proporcionar una mejor protección contra el mal tiempo para los instrumentos científicos en la sala del receptor, y también para eliminar el riesgo personal para los asistentes nocturnos del

Primera Sesión Ordinaria de Órgano de Gobierno del INAOE- 2020

Luis Enrique Erro No. 1, CP. 72840, Tonantzintla, Pue., México.
Tel: (222) 266 3100 Fax: (222) 247 2580 difusion@inaoep.mx www.inaoep.mx



2020
LEONORA VICARIO
RECONOCIENDO LA MUJER EN LA CIENCIA





**GOBIERNO DE
MÉXICO**



GTM que deben subir a la superficie del reflector por la noche para quitar y reemplazar la cubierta temporal. Se ha recibido una cotización financiera preliminar y un diseño para el sistema de oxigenación y se ha desarrollado un diseño conceptual para la cubierta del ápice mecánico.

Como parte del esfuerzo por mejorar el rendimiento general del telescopio, hemos estudiado la viabilidad de instalar un sistema de ventilación para reducir los gradientes térmicos y las deformaciones dentro de la estructura de soporte del reflector primario. El estudio ha considerado la compra e instalación de sensores de termometría adicionales para mejorar nuestra comprensión de cómo toda la estructura de acero del telescopio reacciona a la iluminación solar cambiante durante el día y su influencia en las observaciones astronómicas nocturnas. Entonces debería ser posible desarrollar un modelo de corrección para el sistema de control activo de los segmentos de superficie para minimizar las deformaciones térmicas del reflector primario del telescopio, particularmente durante las observaciones diurnas.

Finalmente, las modificaciones a la sala del receptor y la fabricación de otro “hardware” necesario se iniciaron en 2019 y continuarán en preparación para la instalación de tres nuevos receptores (ToITEC, MUSCAT, y SuperSpec) que se entregarán en 2020. Los compresores y los sistemas de refrigeración externos para los refrigeradores criogénicos utilizados en los instrumentos, así como sus ópticas de acoplamiento y estructuras de soporte están en proceso de fabricación o ya se han entregado al sitio del GTM para la integración con sus instrumentos científicos.

Instrumentación científica

Después de regresar a las observaciones científicas en mayo de 2019, con un tiempo de observación reducido (3 a 4 días por semana), el equipo binacional del GTM trabajó para caracterizar el rendimiento de los instrumentos instalados recientemente (SEQUOIA, B4R y el receptor del EHT) cuando se acoplan al reflector primario completado de 50 metros de diámetro. Los datos demuestran el aumento esperado en la eficiencia óptica, la resolución angular y el área de la apertura del telescopio. Estos instrumentos estarán disponibles para las comunidades científicas en la próxima convocatoria de propuestas que se lanzará en abril de 2020.

Desafortunadamente, debido a los problemas de seguridad del GTM, las observaciones del Event Horizon Telescope programadas en abril de 2019 fueron canceladas. Sin embargo, en preparación para las próximas observaciones de EHT en 2020, el GTM participó en pruebas exitosas de VLBI en diciembre de 2019 con el JCMT (Mauna Kea, Hawaii), el telescopio de 12-m del Observatorio de Radio de Arizona (KP 12-m) y el Telescopio de Groenlandia (GLT).

El desarrollo de dos cámaras de gran formato (MUSCAT, ToITEC) y un espectrómetro de banda ancha (SuperSpec) progresó muy bien en 2019, y los tres receptores se instalarán y

Primera Sesión Ordinaria de Órgano de Gobierno del INAOE- 2020

Luis Enrique Erro No. 1, CP. 72840, Tonantzintla, Pue., México.
Tel: (222) 266 3100 Fax: (222) 247 2580 difusion@inaoep.mx www.inaoep.mx



2020
LEONORA VICARIO
RECONOCIENDO LA MUJER EN LA CIENCIA





**GOBIERNO DE
MÉXICO**



probarán en 2020. Los instrumentos también proporcionarán nuevas capacidades científicas a los aumentos significativos en las velocidades de mapeo de las cámaras (con 2000 a 8000 píxeles, un factor de 15 a 60 veces mayor de la generación anterior) para crear imágenes, y la amplia cobertura de frecuencia del espectrómetro que detectará el gas molecular de las galaxias en el universo de alto corrimiento al rojo. Estos instrumentos funcionan en la banda de longitud de onda corta (1 mm) del GTM y proporcionarán información más precisa que se puede utilizar para realizar mejoras aún mayores en el rendimiento del telescopio.

Finalmente, CHARM el primer instrumento submilimétrico (350 GHz) para el GTM se entregó en agosto de 2019. Este instrumento, actualmente sin un sistema de refrigeración criogénica, es un receptor prototipo y una oportunidad de desarrollo tecnológico entre México y el Reino Unido. Esta colaboración es parte de una estrategia a largo plazo para aumentar las bandas de frecuencia operativas del GTM y permitir observaciones submilimétricas (0,85 mm) durante las condiciones climáticas más excepcionales.

Resultados científicos

En 2019, se publicaron un total de 10 documentos arbitrados con datos recopilados por el GTM. Estos documentos incluyeron los primeros resultados científicos del Event Horizon Telescope y la publicación de la primera imagen de la sombra (el horizonte de eventos) de un agujero negro. El anuncio de estos resultados se realizó en múltiples conferencias de prensa simultáneas en todo el mundo, incluso en el CONACYT, el 10 de abril de 2019. Se estima que unos pocos miles de millones de personas han visto esta imagen, y ha proporcionado una gran visibilidad para el GTM, el INAOE, el CONACYT y la ciencia mexicana.

La colaboración de EHT, incluidos el GTM y los investigadores mexicanos, ha sido reconocida en 2019 por este resultado científico único con varios premios, que incluyen el NSF Diamond Achievement Award (https://www.nsf.gov/news/special_reports/announcements/050919.jsp), y el Premio Breakthrough in Fundamental Physics (<https://breakthroughprize.org/News/54>).

Con el regreso a la operación científica en mayo de 2019, y la instalación y disponibilidad de nuevos instrumentos científicos en 2020, se espera que el número de publicaciones aumente rápidamente.

Primera Sesión Ordinaria de Órgano de Gobierno del INAOE- 2020

Luis Enrique Erro No. 1, CP. 72840, Tonantzintla, Pue., México.
Tel: (222) 266 3100 Fax: (222) 247 2580 difusion@inaoep.mx www.inaoep.mx



2020
LEONA VICARIO
RECONOCIENDO LA TRAYECTORIA DE LA MUJER





**GOBIERNO DE
MÉXICO**



Observatorio GTM

En 2019 ha habido poco progreso en la formación del Observatorio GTM, una nueva entidad que será creada por el CONACYT, el INAOE y la UMASS para operar y mantener el telescopio con los acuerdos escritos en la Carta de Intención firmada a fines de 2018. Esta nueva entidad requiere la generación de las reglas y procedimientos binacionales de gobierno. Con la adjudicación de los fondos NSF MSRI en el otoño de 2019 a la Universidad de Massachusetts para contribuir a los costos operativos y el desarrollo del GTM, la falta de procedimientos de gobierno y la formación del observatorio GTM está retrasando la transferencia de estos fondos, y lo que complica la importación de futuros equipos e instrumentación científica de los Estados Unidos a México. Se espera que en 2020 se pueda dedicar más atención a este próximo hito importante para el GTM.

Primera Sesión Ordinaria de Órgano de Gobierno del INAOE- 2020

Luis Enrique Erro No. 1, CP. 72840, Tonantzintla, Pue., México.
Tel: (222) 266 3100 Fax: (222) 247 2580 difusion@inaoep.mx www.inaoep.mx



2020
LEONORA VICARIO
SECRETARÍA DE GOBIERNO DEL INAOE

