

INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA (INAOE)

LIBRO BLANCO 2006-2012 PROYECTO GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO (GTM)

ÍNDICE

- I. Presentación
- II. Fundamento legal y objetivo del Libro Blanco
- III. Antecedentes
- IV. Marco normativo aplicable a las acciones realizadas durante la ejecución del programa, proyecto o asunto
- V. Vinculación del programa, proyecto o asunto con el Plan Nacional de Desarrollo y programas sectoriales, institucionales, regionales y/o especiales
- VI. Síntesis ejecutiva del programa, proyecto o asunto
- VII. Acciones realizadas
 - a) Programa de trabajo
 - b) Presupuesto y calendario de gasto autorizado
 - c) Integración de expedientes y/o de proyectos ejecutivos, y
 - d) Documentación soporte de aplicación de recursos
- VIII. Seguimiento y control
- IX. Resultados y beneficios alcanzados
- X. Informe final del servidor público de la dependencia o entidad, responsable de la ejecución del programa, proyecto o asunto

I. Presentación

Conforme a lo establecido en el Artículo Sexto del Acuerdo para la Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006-2012 y numeral 10 de los Lineamientos Específicos para la formulación del Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006-2012, así como para la Elaboración e Integración de Libros Blancos, se ha considerado conveniente dejar constancia documental de las acciones y resultados alcanzados en materia de la descripción del proyecto binacional Gran Telescopio Milimétrico "GTM", siguiendo su concepción, sus etapas de construcción de partes, su integración, el hito de las primeras observaciones en la banda milimétrica, evolución del gasto y la descripción que deberá hacerse del establecimiento del Observatorio Nacional del "GTM" durante la próxima Administración Pública Federal, en este contexto me permito presentar el Libro Blanco denominado: "Libro Blanco del Proyecto Gran Telescopio Milimétrico de la Administración 2006-2012", que presenta y describe los hechos y estrategias implementadas en la consecución de los antecedentes, la evolución del proyecto a partir de diciembre de 2006, financiamiento, impacto científico y sus derramas tecnológicas y el futuro del proyecto.

A T E N T A M E N T E



**DR. ALBERTO CARRAMIÑANA ALONSO
DIRECTOR GENERAL DEL
INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA**

II. Fundamento Legal y Objetivo del Libro Blanco

Fundamento Legal

- a) Numeral 15 de los Lineamientos para la formulación del Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006-2012, publicado en el DOF el 18 de enero de 2012.
- b) Fracción I del Lineamiento Tercero de los Lineamientos para la Elaboración e Integración de Libros Blancos y de Memorias Documentales, publicados en el DOF el 10 de octubre de 2011.
- c) Artículo 1, fracción I, del Decreto por el cual se reestructura el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de octubre de 2006.

Objetivo

Siendo un proyecto científico aprobado formalmente en junio de 1994 y habiendo presentado durante las administraciones 1994-2000 y 2000-2006 los libros blancos correspondientes, el presente documento tiene el objetivo de poner a la disposición de las autoridades competentes de la siguiente administración pública federal, un informe que integre resumidamente el desarrollo y el estado actual del proyecto binacional México-Estados Unidos de América denominado Gran Telescopio Milimétrico, incluyendo una descripción del programa original y las modificaciones que se han efectuado a lo largo de su ejecución, así como una explicación de los principales elementos que han influido en el desfase que existe para su puesta en operación. Se incluye, asimismo, el programa actual donde se describen las acciones que se emprenden para la terminación de la fase de pre operaciones, así como para la organización y puesta en marcha del observatorio que se encargará de la operación del telescopio.

III. Antecedentes

El Gran Telescopio Milimétrico es un proyecto científico binacional que ejecutan, por el lado de México, el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE); y por los Estados Unidos de América, la Universidad de Massachusetts en Amherst, a través del Five College Radio Astronomy Observatory (FCRAO). Su objetivo es el diseño, construcción, instalación y operación de una antena de 50 metros de diámetro para la investigación en el área de la radioastronomía milimétrica. Cuando se encuentre en plena operación de acuerdo a las especificaciones de diseño, el GTM será, en su tipo, el telescopio más grande y preciso en el mundo.

a. Evaluaciones técnica, legal y ambiental del proyecto para su aprobación

i. Evaluación Técnica

Por el alcance científico y de desarrollo tecnológico esperados, así como por el costo asociado, el Proyecto Gran Telescopio Milimétrico fue evaluado para su aprobación por diversos comités nacionales e internacionales por más de dos años, a partir de su presentación formal ante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en agosto de 1992.

En seguida se resumen los principales eventos que se dieron durante el proceso de aprobación del proyecto, tanto en México como en los Estados Unidos de América, con base en los cuales se autorizó su financiamiento.

- El 31 de agosto de 1992 el Proyecto GTM es presentado ante el CONACYT para su aprobación.
- El 14 de enero de 1993, el Comité AD-HOC, convocado e integrado por el CONACYT, recomienda que México participe con el 50% del financiamiento necesario para el diseño y construcción del GTM; y que en particular el PACIME contribuya con 14.6 millones de dólares.
- El 12 de febrero de 1993, el Comité de Ciencias Exactas del CONACYT solicita un estudio de factibilidad del proyecto GTM, para conocer el calendario de actividades, el sitio de instalación, las posibles tecnologías que generaría el GTM, los responsables de su ejecución, las empresas que podrían participar en el proyecto, la formación de recursos humanos y la vida útil del telescopio.
- El 13 de mayo de 1993, el Comité de Ciencias Exactas del CONACYT emite su dictamen favorable.
- El 23 de junio de 1993, una vez emitidos los dictámenes de aprobación de los comités científicos, el Director General del INAOE solicita al Director General del CONACYT presente ante la SHCP el proyecto GTM de manera integral, para considerar los fondos fiscales complementarios que el Banco Mundial no aportaría, de acuerdo a las reglas del PACIME vigentes en ese

entonces. Asimismo, solicita someter la aprobación del proyecto ante la Junta de Gobierno del CONACYT.

- El 20 de septiembre de 1993, el Director Adjunto de Investigación Científica del CONACYT comunica al Director del Five College Radio Astronomy Observatory (FCRAO) de la Universidad de Massachusetts la aprobación del proyecto GTM, indicando que el financiamiento de la parte mexicana estaría sujeto a la aportación de los fondos de los EUA.
- En octubre de 1993, el INAOE presenta a un comité de industriales nacionales integrado por solicitud del Director General del CONACYT, una prospección de los impactos del GTM en el campo de la formación de recursos humanos y de la derrama tecnológica a empresas e instituciones nacionales. Este comité opinó que, independientemente de los montos asignados para la construcción que eventualmente ejecutarían las empresas nacionales, el mayor valor para éstas representaría su participación en un proyecto de impacto mundial, lo que permitiría una promoción muy importante en los mercados internacionales.
- El 14 de febrero de 1994, el Director del FCRAO comunica al INAOE que la aportación inicial aprobada en los EUA para el proyecto sería de 21.3 millones de dólares: 15.3 millones provenientes de la Agencia de la Defensa para Proyectos Avanzados de Investigación (DARPA, en inglés); 5 millones del Estado de Massachusetts y 1 millón de la UMASS.
- El 20 de junio de 1994, el PACIME del CONACYT aprueba el proyecto con un financiamiento de 34.36 millones de pesos (10.0 millones de dólares de 3.436 pesos por dólar). El presupuesto complementario se esperaba que proviniera de los recursos fiscales autorizados por la SHCP, asignados dentro del presupuesto regular del INAOE.
- El 31 de octubre de 1994, el CONACYT y el INAOE firman el convenio específico para el diseño, la construcción y la instalación del GTM.
- El 17 de noviembre de 1994, el INAOE y la UMASS firman el primer Memorando de Entendimiento para la ejecución conjunta del Proyecto GTM. Un Segundo Memorando es firmado el 5 de agosto de 1996, donde se definen con mayor detalle los alcances de las responsabilidades de las partes y la forma en que se considerarán las aportaciones para efectos de la asignación del tiempo de uso del telescopio. Este segundo acuerdo no entró en vigencia. Actualmente, se cuenta con un nuevo Memorando de Entendimiento registrado el 1 de diciembre de 2011 por la Dirección Adjunta de Asuntos Jurídicos del CONACYT con número de referencia C-544-11, donde se sientan las bases de organización binacional para concluir la fase de pre operaciones del telescopio.
- En enero de 1995, la SHCP otorga 8.16 millones de pesos de recursos fiscales para el proyecto, correspondientes a ese ejercicio fiscal, apoyo que ha continuado hasta la fecha.
- El 29 de junio de 1995, el Proyecto GTM se registra como un compromiso presidencial, en una reunión de instituciones de educación superior celebrada en San Luis Potosí.

- De 1995 a 1997, se efectúa el diseño conceptual y preliminar del telescopio, donde se determinan las especificaciones técnicas generales para su construcción.
- De 1998 al 2001, se desarrolla el diseño crítico para la construcción de una antena de 50 metros de diámetro para operaciones en el rango de 1 a 4 milímetros de la ventana atmosférica y con los arreglos necesarios para lograr una capacidad de apuntado de 1 segundo de arco de precisión.

ii. Evaluación Legal

La factibilidad legal del GTM debe analizarse a partir de la naturaleza binacional del proyecto, en donde participa una entidad del Gobierno Federal de México y una universidad pública del sistema educativo y de investigación de los Estados Unidos de América, las cuales están reguladas por diversos ordenamientos jurídicos que deben ser compatibilizados en función de los objetivos comunes que los unen en el proyecto.

Una vez construido, el Gran Telescopio Milimétrico se transformará en un Observatorio Nacional, encargado de mantener la infraestructura creada en condiciones óptimas de operación para el desarrollo de los programas de investigación astronómica para los que fue concebido. Para tal propósito, con base en los acuerdos establecidos entre el INAOE y la UMASS, a lo largo del desarrollo del proyecto se ha intentado definir la estructura organizacional más apropiada.

Conforme al Memorando de Entendimiento original, el INAOE y la UMASS suponían que la operación del telescopio recaería en dos entidades no lucrativas facultadas para recibir recursos públicos y privados exentos de impuestos, creadas como asociaciones civiles tanto en México como en los EUA. Actualmente, considerando que la opción más viable de acuerdo al marco normativo mexicano es insertar la figura del observatorio dentro de la estructura orgánica del INAOE, con la conducción del CONACYT como cabeza de sector, se trabaja con la SFP y la SHCP para obtener los dictámenes de aprobación correspondientes.

iii. Evaluación Ambiental

El Proyecto GTM cuenta con los resolutivos de los manifiestos de impacto ambiental, referentes a la construcción e infraestructura de apoyo del GTM, presentados ante el Instituto Nacional de Ecología. Las autorizaciones son las siguientes:

Construcción del camino de acceso, resolutive emitido el 26 de febrero de 1999, con No. de referencia DOO DGOEIA 001126.

Construcción del GTM y de la infraestructura de apoyo, resolutive emitido el 26/02/1999 con No. de referencia DOO DGOEIA 001127.

Tendido de la fibra óptica, resolutive emitido el 30/10/1998, con No. de referencia DOO DGOEIA 005505.

Tendido de la línea de energía eléctrica, resolutivo emitido el 26/02/1999, con No. de referencia DOO DGOEIA 001122.

Cambio de uso del suelo, resolutivo emitido el 12/01/2000 con No. de referencia UOF 145/303.

Enajenación del terreno, consignado en el contrato CD-E-2005 002, mediante el cual el Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría de la Función Pública, otorga al INAOE el terreno donde se instala el telescopio.

b. Eventos relevantes (1995-2006)

Con el propósito de brindar a las autoridades de la siguiente administración información que permita evaluar los problemas que se enfrentaron en el desarrollo del proyecto desde su aprobación y hasta el inicio del presente sexenio, enseguida se presenta un resumen de los principales acontecimientos que ocurrieron durante el período 1995-2006.

1995

- El 29 de junio, en una reunión de instituciones de educación superior celebrada en San Luis Potosí, se registra al Gran Telescopio Milimétrico como un compromiso presidencial.
- El Comité Ejecutivo del Proyecto GTM encomienda al INAOE tareas directas: Localizar el sitio para la instalación del telescopio, mediante estudios específicos; instalar un laboratorio de microondas, para impulsar en México las tareas de diseño y fabricación de instrumentos de observación; contratar el diseño conceptual del GTM; integrar un grupo binacional para el modelaje de los sistemas de control del telescopio; y diseñar y construir el reflector secundario del GTM, dada su experiencia en la manufactura del espejo del telescopio óptico de Cananea.
- El INAOE contrata a TIW Systems Inc., para la elaboración del diseño conceptual del GTM, por medio de un concurso cerrado en el que participaron diversas empresas especializadas en la construcción de grandes antenas. Los resultados fueron entregados a fines de agosto de 1995.
- Se instalan equipos de medición en veinte montañas del país, para la localización del sitio. En agosto, comienzan a operar los correspondientes al volcán Sierra Negra, Puebla.
- Los Dres. Jerry Nelson y Terry Mast, de la Universidad de California, se incorporan al grupo de consultores que revisan los primeros resultados de TIW Systems. Los resultados de su participación fueron fundamentales para el cambio de concepto de telescopio: abierto al aire libre y paneles de fibra de carbón, considerando su estabilidad térmica.
- Visita al Laboratorio de Espejos de la Universidad de Arizona, de donde se integra la estrategia para el diseño e instalación del Laboratorio de Superficies Asféricas en el INAOE, como infraestructura necesaria para la fabricación del reflector secundario del GTM y la medición de paneles. En diciembre, se licitan los equipos principales del laboratorio de microondas.

1996

- Comienza a medirse el contenido de vapor de agua precipitable en La Malintzi, Tlaxcala. Se constatan las ventajas de la infraestructura existente en ese Parque Nacional, lo que representaría ahorros importantes para el desarrollo del sitio. Los equipos meteorológicos operan hasta el 26/07/96, cuando son destruidos por habitantes de la región, quienes arguyen que éstos evitan la precipitación pluvial. La demanda de hechos presentada por el INAOE fue archivada por la PGR-Tlaxcala, debido a que nunca identificaron los responsables.
- En reunión del Comité Ejecutivo del proyecto, en Tlaxcala, se presenta por primera vez la evaluación general del estudio de localización del sitio. Los resultados indican que San Pedro Mártir, en Baja California, sería un lugar preferente, dado el número de días despejados al año. El volcán Sierra Negra, en Puebla, presenta la ventaja de contar con la menor opacidad, por su bajo contenido de vapor de agua en la atmósfera circundante, sobre todo en la época invernal.
- Una vez que los tribunales de EUA desechan una demanda presentada por la empresa ESSCO en contra de la UMASS, la Universidad de Massachusetts contrata la elaboración del diseño preliminar del GTM, con las empresas TIW Systems Incorporated y Simpson Gumpertz & Heger, cuyos resultados son entregados en noviembre. El diseño preliminar confirma que es posible construir un radiotelescopio de acuerdo a los requerimientos de los astrónomos, pero con un presupuesto mayor al originalmente previsto. La relación "paneles de aluminio - cubierta protectora", que como conceptos de un telescopio cerrado se manejaba en ese entonces, indica problemas difíciles de encarar.
- Siguiendo un concepto desarrollado por la NASA, el INAOE diseña una máquina medidora de coordenadas de grandes dimensiones. Se contrata la fabricación del sistema mecánico con la empresa FESCO S. A. de C. V., a la que en junio se le rescinde el contrato por incumplimiento.
- El Comité Asesor Científico y Técnico (STAC, en inglés), integrado por destacados científicos e ingenieros expertos en el diseño y construcción de grandes antenas, celebra su primera reunión plenaria. Recomienda realizar el diseño y la construcción de la máquina medidora de coordenadas XYZ, con dimensiones mayores a las originalmente planeadas, para verificar - además del reflector secundario del telescopio- la exactitud de manufactura de los paneles del telescopio incluso en su posición promedio.
- La SHCP autoriza la inversión inicial para la construcción del Laboratorio de Superficies Asféricas. Por administración directa, las obras comienzan el primero de octubre.
- Se contrata a SULZER Hydro para la manufactura del sistema mecánico de la máquina XYZ, una vez resuelto el procedimiento de recuperación de las

fianzas otorgadas por la empresa FESCO y concluido nuevamente el procedimiento de licitación.

- Como parte de las celebraciones del 54 Aniversario del OANTON-INAOE, se inaugura el Laboratorio de Microondas por el entonces Director del Instituto Mexicano de Comunicaciones, Ing. Eugenio Méndez. Por dos años se trabajó en el proceso conceptual, de diseño y adquisiciones para llegar a ese punto. Con el Dr. Celso Gutiérrez, del INAOE, cooperaron en esa tarea los Dres. Paul Goldsmith, David Hiriart y Sander Weinreb.

1997

- El 20 de febrero se selecciona al volcán Sierra Negra para instalar el radiotelescopio. El Gobernador de Puebla se compromete a construir el camino de acceso.
- En Tucson, Arizona, se celebra una reunión de planeación para el desarrollo del sitio seleccionado, donde se especifican las características generales necesarias para el trazo del camino de acceso, así como las necesidades de construcción para el centro de operaciones del telescopio. Esta reunión fue presidida por el Secretario de Comunicaciones y Transportes del Gobierno de Puebla, Lic. Sergio Martínez Taboada. Como parte del proyecto, la SCT contempla la construcción de un montacargas para ascender los últimos 720 metros de la montaña.
- El INAOE contrata los primeros estudios para caracterizar el suelo y el subsuelo del sitio seleccionado. Se elabora un levantamiento topográfico de toda la zona utilizable por el telescopio, con curvas de nivel a cada dos metros. También se efectúa un estudio geológico del volcán; un estudio geofísico, cuyas mediciones geoeléctricas llegaron a 25 metros de profundidad y un estudio de mecánica suelos con 8 perforaciones directas que implicaron 150 muestreos. Cabe resaltar que estos estudios fueron elaborados con las especificaciones derivadas del concepto de telescopio encerrado en un radomo, definidas por la empresa TIW Systems Incorporated.
- En diciembre, se solicita a la Comisión Federal de Electricidad el tendido de la línea eléctrica, desde la cabecera municipal de Esperanza hasta la cima de La Negra. Se establecen dos requisitos básicos que debe atender el INAOE: Tramitación de todos los permisos federales y locales, incluyendo los relacionados con afectación de predios; y la construcción de un camino de acceso. Ante el retraso de las obras que debió iniciar el Gobierno de Puebla, el INAOE inicia la habilitación de una brecha provisional de acceso.
- Con la recomendación del panel internacional de selección, integrado por representantes del Jet Propulsion Laboratory, del National Institute for Standards and Technology (NIST) de los Estados Unidos y del Premio Nobel Robert Wilson, de la Universidad de Harvard, en diciembre el INAOE contrata a MAN Technologie para la elaboración del diseño crítico del telescopio.

1998

- En marzo se celebra en México la reunión para el inicio formal del diseño crítico con MAN Technologie. Se acuerda la forma en que las instituciones supervisarían el desarrollo del diseño, a través de un comité de ingeniería externo (Engineering Oversight Committee/EOC), integrado por representantes nominados por el INAOE y por la UMASS. En este comité participa personal del Jet Propulsion Laboratory, de la NASA.
- Se contrata a la empresa DIRAC para la elaboración de los análisis de ingeniería y para la integración del proyecto ejecutivo para la construcción de los cimientos del GTM, bajo la coordinación de MAN.
- En abril termina la construcción de la obra civil del Laboratorio de Superficies Asféricas, con la entrega de las columnas de soporte de la máquina XYZ por parte de la empresa Atlántico Construcciones.
- En julio inicia la fabricación de la máquina generadora y pulidora de superficies, a cargo de Adriann's de México.
- La empresa SULZER Hydro entrega en diciembre el sistema mecánico de la máquina XYZ. En enero de 1999 comienzan las actividades de medición y ensamble de estas componentes, por parte de personal del INAOE, actividad que implicó cerca de dos años.
- Un año y medio después de haberse seleccionado el sitio, se firma el Acuerdo de Coordinación de la SCT federal con el Gobierno de Puebla, para la coordinación de acciones y transferencia de recursos para la construcción del camino de acceso al volcán Sierra Negra. En septiembre, el Gobernador Bartlett coloca la primera piedra de la obra. En octubre inician propiamente los trabajos.
- El INAOE entrega a la escuela de Texmalaquilla un sistema de recepción analógica de TV por satélite, desarrollado en el Laboratorio de Microondas. El sistema prueba que es posible generar desarrollos tecnológicos de bajo costo, para aplicaciones en zonas rurales.
- Inicia una primera fase de excavación de 3.5 m en la cima del volcán Sierra Negra, como trabajos preliminares de la construcción de los cimientos del GTM, mediante un contrato con la empresa Loreto y Guadalupe. Se comienzan a acondicionar también las primeras plataformas para movimiento de maquinaria.
- Con el primer proyecto elaborado por DIRAC, se convoca a licitación pública para la construcción de los cimientos y la torre de soporte del telescopio. Debido a las incertidumbres que aún se tenían en ese entonces sobre la composición del suelo en La Negra, en diciembre se declara desierto dicho concurso.

1999

- Se celebra la IV Reunión del STAC. Se revisan 3 alternativas de cimentación presentadas por DIRAC. Estas consideraban presupuestos superiores a los originalmente planeados. Se concluye la necesidad de realizar un tercer estudio de suelos e incorporar a la obra un sistema de pilas de apoyo, dadas las condiciones del suelo de La Negra.
- Se lleva a cabo la Revisión del Diseño Preliminar de los resultados presentados por MAN. A efecto de acelerar la etapa de construcción de la antena, el entonces Director del proyecto, Dr. Alfonso Serrano, solicita al EOC identificar la documentación de MAN en dos niveles: Especificaciones con las que es posible iniciar los procesos de licitación, aspecto que para México era prioritario, dada la disponibilidad de recursos que debían ejercerse; y documentación técnica que aún requiriera de más estudios de ingeniería.
- MAN entrega en mayo las especificaciones originales para la fabricación de la pista de rodamiento acimutal, con las cuales se comienza a explorar el universo de proveedores nacionales que podrían ser contratados para el efecto. Debido a cambios en las especificaciones, requeridos por los astrónomos, el contrato de fabricación se firma hasta diciembre.
- En tanto continuaba la elaboración de un segundo proyecto ejecutivo de cimentación, se compran 2,000 m³ de arena y 1,888 m³ de grava que serían proporcionados por el INAOE para la construcción de los cimientos del telescopio, una vez asignado el contrato respectivo. Con la misma estrategia, se contrata el suministro de concreto premezclado con CEMEX.
- En mayo se contrata a la empresa STAG para la construcción del sistema de pilas de la cimentación del telescopio, bajo la supervisión de DIRAC. En noviembre, debido a los problemas presentados en la construcción del sistema de pilas de apoyo, el INAOE inicia un procedimiento de rescisión del contrato de STAG. Después de analizar los argumentos y la documentación de la obra, el INAOE emite la resolución respectiva el 17 de enero del 2000. Se acuerda con STAG la subcontratación de maquinaria de perforación adecuada para los trabajos. Este subcontrato recae en BAUER SPEZIALTIEFBAU, de Alemania. En mayo del 2000 termina la construcción del sistema de pilas.
- Se contrata a la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la Comisión Federal de Electricidad para supervisar la calidad del concreto y la soldadura del acero de refuerzo, en toda la obra asociada a la cimentación del telescopio.
- El INAOE contrata en octubre a COSMOS 2000 para la construcción de los cimientos y la torre de apoyo del GTM, con base en el proyecto ejecutivo que en ese entonces se tenía definido. Debido al retraso en la construcción de las pilas, la empresa esta imposibilitada para iniciar los trabajos.
- En diciembre, MAN Technologie entrega el diseño final del telescopio, para su revisión final por parte del Comité Supervisor de Ingeniería.

2000

- Representantes del National Institute for Standards and Technology visitan al INAOE, con el objeto de evaluar los avances de la construcción de la máquina XYZ, así como los problemas del control ambiental del Laboratorio de Superficies Asféricas.
- Después de un complicado proceso de licitación, que llevó más de seis meses, en marzo se firma con Adriann's de México (ADM) el contrato para la fabricación, transporte e instalación de la estructura de acero del GTM. En julio se instala en la planta de fabricación el Ing. Ernie Montana, como supervisor permanente por parte de VERTEX, empresa contratada por la UMASS para la Integración de Sistemas del telescopio.
- Una vez completado el proceso de selección, que implicó cerca de dos años, el INAOE firma con Adriann's de México (ADM) el contrato para la fabricación de los paneles de fibra de carbono con plástico reforzado, en la parte que le corresponde a México. La UMASS, por problemas de asignación de fondos, aún no puede firmar con la empresa Composite Optics Incorporated (COI) la parte de diseño y desarrollo del primer artículo de prueba que deben pagar los EUA.
- Después de que STAG + BAUER retiran los equipos y herramientas de perforación, COSMOS 2000 empieza los trabajos de cimentación en el frente de trabajo de La Negra, en junio. En septiembre se realiza el primer colado masivo de la losa inferior.
- Después de dos años de rectificado fino y de alineación de los largueros, se monta el puente y el eje "Z" de la máquina de coordenadas.
- VATECH comienza a maquinar los segmentos de la pista de rodamiento del telescopio. Finaliza esa fase a fines de octubre, esperando el diseño definitivo para el maquinado de los perfiles de unión.
- Reunión en Alemania para sentar las bases para la aceptación del diseño de la antena y cerrar el contrato de MAN. Se acuerdan mecanismos de coordinación entre el diseñador, el integrador de sistemas y las instituciones, para el logro exitoso del proyecto.

2001

- En mayo concluye la construcción de los cimientos y la torre de soporte del telescopio, obra que implicó la colocación de poco más de 5,300 m³ de concreto premezclado. Considerando las especificaciones técnicas establecidas, poco comunes en el campo de la ingeniería civil, así como por su localización, este trabajo obtuvo el Premio de Nacional de Obra 2002, otorgado por CEMEX.
- Comienzan a instalarse las primeras componentes de interfaz de la cimentación con la estructura de acero del telescopio: sistema de anclaje y ajuste de la pista de rodamiento y el anillo de cimentación del balero de rodamiento acimutal.

- En la planta de fabricación de la estructura de acero, se realiza el ensamble de prueba de la alidada inferior del GTM. Supervisores del JPL/NASA constatan que se cumplen con las especificaciones de MAN. Una vez aprobado el ensamble, en agosto inicia el transporte de las vigas de acero al sitio de construcción.
- En el mes de abril se realiza en San Diego la reunión de inicio formal del contrato firmado entre la UMASS y Composite Optics Inc., para el diseño y fabricación del primer artículo de panel de fibra de carbón con plástico reforzado (CFRP, en inglés). La contraparte mexicana del programa, a cargo de ADM, continúa construyendo las instalaciones de fabricación de paneles.
- Concluyen los trámites de titulación las 10.5 hectáreas del Parque Nacional Pico de Orizaba ubicadas en la cima del volcán Sierra Negra, sitio de instalación del GTM.
- El sistema de tierras físicas para la subestación eléctrica, requeridas por la CFE, queda instalado.
- Terminan las obras del tendido aéreo de la línea de transmisión de electricidad.
- Se realizan las primeras pruebas de operación de la máquina de medición por coordenadas XYZ.
- UMASS cancela los acuerdos establecidos con la empresa italiana COSTAMECANICA para la fabricación de las ruedas y del eje de elevación del telescopio, debido a incertidumbres sobre la capacidad financiera de la empresa para cumplir el contrato.

2002

- Debido a una fuerte tormenta que provocó una gran acumulación de nieve y hielo, se fracturan 12 postes del tendido de la línea de transmisión de electricidad, en la parte más alta de La Negra. Esto obligó a reconfigurar el proyecto original de la línea de transmisión, para evitar daños de similares en el futuro: se convino con la CFE ampliar a 2.3 kilómetros la línea subterránea en la última parte del tendido, en vez de los 800 metros originalmente planeados.
- La UMASS contrata a la empresa ANTEDO Inc. como nuevo Integrador de Sistemas, en sustitución de VERTEX.
- Comienza la instalación de la alidada inferior de la estructura de acero del telescopio, utilizando un conjunto de columnas de soporte provisionales, debido al retraso de la UMASS para proveer el sistema de rodamiento que sería fabricado en Italia.
- En mayo, la empresa VATECH termina el maquinado de los perfiles de unión de la pista de rodamiento. Seguidamente, se envía al sitio.
- ADM prácticamente termina de fabricar la estructura de elevación del telescopio, de la cual 1/12 es ensamblado en planta para probar el cumplimiento de tolerancias de acuerdo a especificaciones.

- El INAOE contrata al CIATEQ como supervisor de calidad de la soldadura de la estructura de acero.
- En octubre, un Comité Ad-Hoc revisa los resultados del diseño y fabricación del “primer artículo” de panel de fibra de carbono con plástico reforzado (CFRP), a cargo de Composite Optics Incorporated, constatando que si bien éste no cumplió totalmente con las especificaciones técnicas, declara que es factible alcanzar el máximo de presupuesto de error calculado en el diseño del telescopio. El Comité recomienda fabricar un segundo artículo de prueba en donde sería la planta de fabricación en México, contando para ello con los equipos de medición apropiados. Esto nunca sucedió.

2003

- Se ensamblan en la planta de ADM los contrapesos de la antena.
- CIATEQ define el proceso de soldadura de los anillos forjados donde quedan instalados los ejes de elevación. La soldadura queda a cargo de la empresa ALSTOM, de Morelia.
- La alidada inferior y superior de la estructura de acero, así como los contrapesos de la antena, quedan instalados. En piso, durante el año se ensambla la estructura de elevación, a un ritmo mucho más lento del esperado.
- La UMASS contrata a Pailería de San Luis Potosí S. A. de C. V. para instalar la pista de rodamiento del telescopio, trabajo que concluye exitosamente a fines de año.
- Llega al sitio el sistema de rodamiento del GTM. Otras componentes mecánicas de movimiento, como los engranes y cremalleras de elevación, cajas de engranes, carretillas y piñones, continúan fabricándose en Europa, bajo contratos asignados por la UMASS.
- UMASS contrata a MAN Technologie AG para el diseño y fabricación de la Unidad Digital de Control (DCU) del telescopio.
- A finales del ejercicio, se pone en operación el suministro de energía eléctrica a cargo de la CFE.
- La máquina de medición de coordenadas XYZ, en Tonantzintla, entra en operación.
- Se contrata a CIATEQ para el diseño y fabricación de una autoclave, necesaria para la fabricación del reflector secundario de fibra de carbón.
- El INAOE y ADM firman un convenio adicional, mediante el cual se le otorga a la empresa un plazo extendido hasta el 30 de julio de 2004 para terminar sus compromisos contractuales, relativos a la fabricación e instalación de la estructura de acero del GTM.
- El INAOE contrata a MAN Technologie (30 de octubre) para realizar una evaluación general de la fase de construcción del proyecto. Se intenta identificar los factores críticos que han retrasado la marcha del programa. Entre otros aspectos, la empresa recomienda abandonar el programa de paneles de fibra de carbón originalmente concebido, en razón de los

problemas que se enfrentan con las empresas contratadas: Composite Optics Incorporated (COI) por EUA y Adriann's de México (ADM) por México.

2004

- Ante la imposibilidad de continuar con el programa de paneles de fibra de carbón con plástico reforzado, a cargo de las empresas COI y ADM, el INAOE contrata a MAN Technologie (19 de abril) para identificar los cambios requeridos en el proyecto, a fin de fabricar e instalar paneles de aluminio en el GTM.
- El 20 de julio, ADM solicita al INAOE la firma de un segundo convenio para que le sea otorgada una nueva ampliación del plazo de ejecución del contrato relativo a la estructura de acero. El INAOE niega dicha solicitud, dando comienzo a un complicado proceso de legal para terminar las relaciones contractuales con la empresa.
- En sustitución de ADM, el INAOE contrata en septiembre a la empresa Pailería de San Luis Potosí (PSLP) para terminar la fabricación e instalación de la estructura de acero.
- Se instala el sistema de rodamiento del telescopio conformado por 16 ruedas.
- Del 22 al 24 de agosto, en Tonanztintla, se efectúa la XI reunión del Comité Científico y Técnico del proyecto (STAC, en inglés). Esta sería la última reunión del grupo asesor.
- El Comité Científico y Técnico del proyecto recomienda explorar, bajo un contrato con alcance limitado, una alternativa para el programa de paneles. Con base en ello, el 8 de noviembre el INAOE contrata a la empresa Media Lario SRL, de Italia, para el diseño y manufactura de los paneles de níquel electro depositado correspondientes al anillo 1 del reflector primario del GTM.
- El 11 de noviembre, se publica en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo por el cual se desincorpora del régimen de dominio público de la federación las 10.5 hectáreas de la cima del volcán Sierra Negra donde se instala el GTM, pasando a formar parte del patrimonio del INAOE.

2005

- La empresa G&C Equipos y Construcciones inicia, en enero, la construcción de los acabados interiores de las instalaciones de operación del telescopio.
- En febrero, Media Lario presenta, para evaluación, el prototipo de panel de níquel electro formado. Sus resultados son muy satisfactorios, por lo que se le aprueba la fabricación de los 96 paneles que integrarían el anillo 1 del reflector primario.

- El proceso de instalación de las componentes estructurales de mayor tamaño y peso, ensambladas en piso para su montaje en una sola pieza, comienza en abril con la colocación de los dos balastros o contrapesos de la antena (120 toneladas cada uno), y culmina el 19 de noviembre, cuando utilizando dos grúas de 1000 y 800 toneladas de capacidad de carga, respectivamente, se montó en su posición final la estructura de elevación del reflector primario (460 toneladas en ese momento + 60 toneladas de la herramienta de izaje), en una maniobra de ingeniería única en el mundo. En ese mismo mes se coloca la estructura de soporte del reflector secundario, denominada tetrápodo, terminando así el montaje de la estructura de acero.
- El 17 de junio el INAOE contrata el diseño y fabricación de paneles de los anillos 2 y 3 del reflector primario con la empresa Media Lario SRL. Los días 5 y 16 de agosto, la empresa presenta para aprobación los prototipos correspondientes con resultados exitosos.
- En agosto y octubre, el INAOE contrata a los ingenieros Joseph Eder y Peter Burger para el análisis del diseño de integración y pruebas de un segmento del reflector primario; así como para el diseño de manufactura de las componentes de soporte de los segmentos reflectores del GTM.
- El 12 de diciembre el INAOE contrata a la corporación no lucrativa Cluster for Innovation Inc. para la elaboración de las pruebas y calificación de un prototipo de segmento integrado del anillo 1. Esta empresa se encargaría, a partir de 2006, de la integración de los segmentos de paneles que proveería ML de Italia.

2006

- Termina el montaje, alineación y soldadura de la estructura del telescopio, incluyendo la instalación y alineación de los sistemas mecánicos de movimiento, trabajo que estuvo a cargo totalmente de la industria nacional, bajo la supervisión de diversas empresas internacionales expertas en la construcción de grandes antenas. La calidad de la soldadura aplicada en sitio fue supervisada por CIATEQ, Unidad Querétaro, dada su experiencia en el diseño y construcción de estructuras mecano soldadas.
- La unidad de control digital (DCU), fabricada por MAN Technologie bajo un contrato pagado por la Universidad de Massachusetts, se instalada en abril. Atestiguado por el Director General del CONACYT, el 9 de mayo se realizan exitosamente las primeras pruebas de movimiento acimutal, así como la detección de la señal de prueba captada por el telescopio con un receptor básico que funciona en la Banda X, utilizando el sistema de control del telescopio.
- Se instala la fibra óptica desde las oficinas del GTM que funcionan en la cabecera municipal de Atzitzintla hasta la cima del volcán Sierra Negra. La capacidad actual de transmisión es de 2 Mb, de los cuales 1 Mb está dedicado a internet 1 y 1 Mb a internet 2.
- La empresa italiana Media Lario SRL completa exitosamente la fabricación y entrega de las membranas reflectoras correspondientes a los anillos 1 a 3

del reflector primario, los cuales quedan instalados en sitio. Con esta superficie de 32 m de diámetro, se inician los preparativos para la ceremonia de inauguración del telescopio, solicitada por la Oficina de la Presidencia de la República y por el Director General del CONACYT.

- En el marco del sexagésimo cuarto aniversario del Observatorio Nacional de Tonantzintla, y trigésimo quinto aniversario de la creación del Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE), el Gran Telescopio Milimétrico es inaugurado formalmente el 22 de noviembre de 2006 por el Presidente de la República, detectando en una frecuencia de 12GHz como primera luz de prueba en la Banda X, la galaxia M87 en el cúmulo de Virgo.

IV. Marco normativo aplicable a las acciones realizadas durante la ejecución del programa, proyecto o asunto

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
D.O.F. 05-II-1917, sus reformas y adiciones

Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2012
Nuevo Presupuesto publicado el 12 de diciembre de 2011

Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012

Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI) 2008-2012

Plan Estratégico de Mediano Plazo (PEMP)

1. LEYES

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
D.O.F. 29-XII-1976, sus reformas y adiciones

Ley Federal de las Entidades Paraestatales
D.O.F. 14-V-1986, sus reformas y adiciones

Ley de Ciencia y Tecnología
D.O.F. 5 de junio de 2002, última reforma 28 de enero de 2011

Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria
D.O.F. 30-III-2006, última reforma 9 de abril de 2012

Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos
D.O.F. 13-III-2002, última reforma 15 de junio de 2012

Ley Federal del Trabajo
D.O.F. 01-IV-1970, sus reformas y adiciones

Ley Federal de los Trabajadores al Servicio del Estado, Reglamentaria del Apartado "B" del Artículo 123 Constitucional
D.O.F. 28-XII-1963, sus reformas y adiciones

Ley del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores al Servicio del Estado
D.O.F. 27-XII-1983, sus reformas y adiciones

Ley del Servicio Profesional de Carrera en la Administración Pública Federal
D.O.F. 10-IV-2003, última reforma 9 de enero de 2006

Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos
D.O.F. 31-XII-1982, sus reformas y adiciones

Ley de Ingresos de la Federación
Vigente según el ejercicio fiscal correspondiente

Ley del Servicio de la Tesorería de la Federación
D.O.F. 31-XII-1985, sus reformas y adiciones

Ley Orgánica de la Contaduría Mayor de Hacienda
D.O.F. 29-XII-1978, sus reformas y adiciones

Ley sobre el Servicio de Vigilancia de Fondos y Valores de la Federación
D.O.F. 31-XII-1959, sus reformas y adiciones

Ley de Planeación
D.O.F. 05-I-1983, sus reformas y adiciones

Ley General de Educación
D.O.F. 13-VII-1993, fe de erratas D. O. 29-VII-1993, ultima reforma 9 de abril de 2012

Ley Orgánica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
D.O.F. 14-IV-2003, ultima reforma 9 de abril de 2012

Ley para la Coordinación de la Educación Superior
D.O.F. 29-XII-1978

Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental
D.O.F. 11 de junio de 2002, ultima reforma 8 de junio de 2012

Ley General de Títulos y Operaciones de Crédito
D.O.F. 27-VIII-1932, sus reformas y adiciones

Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público
D.O.F. 04-I-2000, última reforma publicada en el D.O.F. el 16 de enero de 2012

Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas
D.O.F. 04-I-2000, última reforma publicada en el D.O.F. el 9 de abril de 2012

Ley General de Bienes Nacionales
D.O.F. 08-I-1982, sus reformas y adiciones del 2004

Ley del Impuesto sobre la Adquisición de Inmuebles
D.O.F. 31-XII-1979

Ley General de Sociedades Mercantiles
D.O.F. 04-VIII-1934, sus reformas y adiciones

Ley de Instituciones de Crédito
D.O.F. 18-VII-1990, sus reformas y adiciones

Ley de Comercio Exterior
D.O.F. 27-VII-1993, sus reformas y adiciones

Ley del Impuesto al Valor Agregado
D.O.F. 29-XII-1978, sus reformas y adiciones

Ley del Impuesto Sobre la Renta
D.O.F. 24-I-2002, última reforma 25 de mayo de 2012

Ley del Impuesto General de Importación
D.O.F. 12-II-1988, sus reformas y adiciones

Ley Aduanera
D.O.F. 30-XII-1981, sus reformas y adiciones

Ley Federal del Derecho de Autor
D.O.F. 21-XII-1963, última reforma publicada el 27 de enero de 2012

Ley de la Propiedad Industrial
D.O.F. 27-VI-1991, última reforma publicada el 9 de abril de 2012

Ley General de Deuda Pública
D.O.F. 31-XII-1976, última reforma publicada el 9 de abril de 2012

Ley Federal sobre Metrología y Normalización
D.O.F. 01-VII-1992 y sus reformas

Ley General de Salud
D.O.F. 07-II-1984, sus reformas y adiciones

Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro
D.O.F. 23-V-1996, última reforma publicada el 09 de abril de 2012

Ley Federal de Procedimiento Administrativo
D.O.F. 01-VI-1995, última reforma publicada el 9 de abril de 2012

Ley de Diario Oficial de la Federación y Gacetas Gubernamentales
D.O.F. 09-XII-1986, última reforma publicada el 5 de junio de 2012

Ley Federal Anticorrupción en Contrataciones Públicas
Nueva Ley publicada el 11 de junio de 2012

Ley General de Contabilidad Gubernamental
Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2008

Ley de Asociaciones Público Privadas
Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de enero de 2012

Ley de Firma Electrónica Avanzada
Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 2012

2. CÓDIGOS

Código Fiscal de la Federación
D.O.F. 31-XII-1981, sus reformas y adiciones

Código de Comercio
D.O.F. 15-IX-1889, sus reformas y adiciones

Código Civil para el D. F. en Materia Común y para toda la República en Materia Federal
D.O.F. 26-V-1928, sus reformas y adiciones

Código Federal de Procedimientos Civiles
D.O.F. 24-II-1943, sus reformas y adiciones

3. REGLAMENTOS

Reglamento de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria
D.O.F. 28-VI-2006, última reforma publicada el 04 de septiembre de 2009

Reglamento del Código Fiscal de la Federación
D.O.F. 29-II-1984, sus reformas y adiciones

Reglamento de la Ley Federal de Entidades Paraestatales
D.O.F. 26-I-1990, última reforma publicada el 23 de noviembre de 2010

Reglamento de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público
Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de julio de 2010

Reglamento de la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales
D.O.F. 06-I-2000

Reglamento de la Ley Aduanera

D.O.F. 18-VI-1982, sus reformas y adiciones

Reglamento de la Ley de Comercio Exterior

D.O.F. 30-XII-1993, última reforma publicada el 29 de diciembre de 2000

Reglamento del Registro Público de Comercio

D.O.F. 22-I-1997, última reforma publicada el 29 de diciembre de 2000

Reglamento de la Ley del Impuesto Sobre la Renta

D.O.F. 17-X-2003 última reforma publicada el 04 diciembre de 2006

Reglamento de la Ley del Impuesto al Valor Agregado

D.O.F. 29-XII-1984, sus reformas y adiciones

Reglamento del Registro Público de la Propiedad Federal

D.O.F. 04-X-1999

Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental

D.O.F. 11-VI-2003, Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 11 de junio de 2003

Reglamento de la Ley de Información Estadística y Geográfica

D.O.F. 03-XI-1982, última reforma publicada el 24 de marzo de 2004

Reglamento sobre Publicaciones y Revistas Ilustradas

D.O.F. 13-VII-1981, fe de erratas D.O.F. 15-VII-1981

Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial

D.O.F. 23-XI-1994, última reforma publicada D.O.F. 10 de junio de 2011

Reglamento de la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro

D.O.F. 24-VIII-2009

Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas

D.O.F. 28-VII-2010

Reglamento de la Ley del Servicio de Tesorería de la Federación

D.O.F. 15-III-1999, última reforma publicada D.O.F. 07 de mayo de 2004

Reglamento de la Ley del Servicio Profesional de Carrera en la Administración Pública Federal

D.O.F. 06-IX-2007

Reglamento de la Ley Federal del Derecho de Autor

D.O.F. 22-V-1998, última reforma publicada D.O.F. 14 de septiembre de 2005

4. DECRETOS

Decreto de Creación del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
D.O.F. 12-XI-1971

Decreto por el cual se reestructura el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
D.O.F. 30-VIII-2000

Decreto por el que se reconoce al Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica como Centro Público de Investigación
D.O.F. 11-IX-2000

Decreto por el cual se reestructura el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), publicado en el Diario Oficial de la Federación el trece de octubre de dos mil seis
D.O.F. 13-X-2006

Decreto por el que se expide El Manual de Normas Presupuestarias para la Administración Pública Federal
D.O.F. 31-XII-2004

Decreto por el cual se establece un Sistema de Compensación de las Dependencias de la Administración Pública Descentralizada, las entidades de la Administración Pública Paraestatal comprendidas dentro del Presupuesto de Egresos de la Federación y del Departamento del Distrito Federal, así como de los demás Organismos Descentralizados, Empresas de Participación Estatal Mayoritaria, Fideicomisos y Empresas que se Adhieran, para extinguir entre ellos los adeudos recíprocos y correlacionados que existan en cantidad líquida exigible
D.O.F. 16-II-1981

Decreto por el que se recomienda que las inversiones en valores que realicen los servidores públicos de las Secretarías que se mencionan las lleven a cabo por conducto de fideicomisos constituidos para ese único fin en Sociedades Nacionales de Crédito o en acciones representativas de capitales de inversión
D.O.F. 15-VIII-1988

Decreto del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) que se publica anualmente en el que se establecen las reglas que deberán observar las dependencias y entidades para cada ejercicio presupuestal

5. ACUERDOS

Acuerdo por el que se dispone que el conjunto de la documentación contable, deberá guardarse, conservarse y custodiarse

D.O.F. 12-XI-1982

Acuerdo por el que las Entidades de la Administración Pública Paraestatal, a que se refiere este acuerdo, se agrupan por sectores a efecto de que las relaciones con el Ejecutivo Federal se realicen a través de la Secretaría de Estado o Departamento Administrativo que se determina

D.O.F. 03-IX-1982

Acuerdo por el que los titulares de las dependencias, coordinadoras de sector y de las propias Entidades de la Administración Pública Federal, se abstendrán de proponer empleo, cargo o comisión en el servicio público o de designar en su caso a representantes de elección popular

D.O.F. 31-X-1983

Acuerdo por el que se establece el Sistema Nacional de Investigadores

D.O.F. 26-VII-1984, con reformas y adiciones

Acuerdo que establece las bases administrativas generales respecto de las disposiciones legales que regulan la asignación y uso de los bienes y servicios que se pongan a disposición de los servidores públicos de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal

D.O.F. 04-I-1988

Acuerdo mediante el cual se comunican las disposiciones que se aplicarán en la entrega y recepción del despacho a cargo de los titulares de las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal y a los funcionarios en ejercicio de facultades delegadas, a partir del nivel jerárquico correspondiente a Director General, Gerente o su equivalente

D.O.F. 05-IX-1988

Acuerdo que determina los servidores públicos que deberán presentar declaración de situación patrimonial, en adición a los que señalan en la Ley de la Materia

D.O.F. 09-IV-1990, sus reformas y adiciones

Acuerdo por el cual se establece el procedimiento para la recepción y disposición de los obsequios, donativos o beneficios en general que reciban los servidores públicos

D.O.F. 26-VII-1994

Acuerdo que establece la información relativa a los procedimientos de licitación pública que las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal deberán remitir a la Secretaría de Contraloría y Desarrollo Administrativo por transmisión electrónica o en medio magnético, así como la documentación que las mismas podrán requerir a los proveedores para que estos acrediten su personalidad en los procedimientos de licitación pública

D.O.F. 11-IV-1997, sus reformas y adiciones

Acuerdo que establece las disposiciones de carácter general que en materia de racionalidad, austeridad y disciplina presupuestaria que se deberán observar durante el ejercicio fiscal vigente

D.O.F. 28-II-1997

Acuerdo por el que se fija el procedimiento para que las Entidades de la Administración Pública Federal obtengan la autorización previa para la adquisición de bienes de procedencia extranjera

D.O.F. 20-I-1986

Acuerdo que establece los lineamientos para la contratación de los servicios de la telefonía de larga distancia por parte de las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal

D.O.F. 07-V-1997 y D.O.F. 27-II-1998

Acuerdo que establece las bases de integración y funcionamiento de los Comités de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios Relacionados con los Bienes y de las Comisiones Consultivas Mixtas de Abastecimiento de las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal

D.O.F. 03-V-1990

Acuerdo por el que se establecen Reglas Generales sobre el Sistema de Ahorro para el Retiro

D.O.F. 30-IV-1992

Acuerdo por el que se crea la Comisión Intersecretarial para la Protección, Vigilancia y Salvaguarda de los Derechos de la Propiedad Intelectual

D.O.F. 04-X-1993

Acuerdo por el que se expide el Clasificador por Objeto del Gasto para la Administración Pública Federal

D.O.F. 29-III-2006

6. DOCUMENTOS NORMATIVO-ADMINISTRATIVOS

Lineamientos que deberán observar las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal en los procedimientos de contratación de seguros de bienes patrimoniales y de personas

D.O.F. 04-VIII-1997

Lineamientos para la aplicación de los recursos federales destinados a la publicidad y difusión, y en general a las actividades de comunicación social

D.O.F. 22-XII-1992

Lineamientos para la elaboración de los Manuales Generales de Organización de los Órganos Desconcentrados y Entidades de Sector Educativo, Prosecretaría Técnica de la Comisión Interna de Administración y Programación

D.O.F. IV-1995

Lineamientos del Servicio de Administración y Enajenación de Bienes para la Administración de Bienes. D.O.F. 13-I-2006

Principios de Contabilidad generalmente aceptados del Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A. C.

Postulados Básicos de Contabilidad Gubernamental y las Normas Generales y Específicas de Información Financiera Gubernamental para el Sector Paraestatal emitidas por la Unidad de Contabilidad Gubernamental e Informes sobre la Gestión Pública de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Reglas Específicas para la Re-expresión de Estados Financieros en el Sector Paraestatal (emitidas por la extinta Secretaría de Programación y Presupuesto)

Manuales Administrativos de Aplicación General publicados por la Secretaría de Función Pública:

1. Acuerdo por el que se expide el Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de Agosto de 2010, modificaciones publicadas en el D.O.F el 27 de junio de 2011
2. Acuerdo por el que se establecen las Disposiciones Generales para la Realización de Auditorías, Revisiones y Vistas de Inspección, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2010, última reforma publicada D.O.F. 16-06-2011
3. Acuerdo por el que se emiten las Disposiciones en Materia de Control Interno y se expide el Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Control Interno, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2010, última reforma publicada D.O.F. 11-07-2011
4. Acuerdo por el que se expide el Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de Agosto de 2010, modificaciones publicadas en el D.O:F. el 27 de junio de 2011
5. Acuerdo mediante el cual se modifica el diverso por el que se expide el Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Recursos Financieros, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 2010
6. Acuerdo por el que se emiten las Disposiciones en las materias de Recursos Humanos y del Servicio Profesional de Carrera, así como el Manual Administrativo de Aplicación General en materia de Recursos Humanos y Organización y el Manual del Servicio Profesional de Carrera, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2010, última reforma publicada D.O.F. 29 de agosto de 2011

7. Acuerdo por el que se establecen las disposiciones en Materia de Recursos Materiales y Servicios Generales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de julio de 2010, última reforma publicada D.O.F. 20-07-2011
8. Acuerdo por el que se reforma y adiciona el diverso por el que se establecen las disposiciones administrativas en materia de tecnologías de la información y comunicaciones, y se expide el Manual Administrativo de Aplicación General en esa materia y en la de Seguridad de la Información, publicado el 29 de noviembre de 2011
9. Acuerdo por el que se emiten las Disposiciones Generales para la Transparencia y los Archivos de la Administración Pública Federal y el Manual Administrativo de Aplicación General en las materias de Transparencia y de Archivos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2010, última reforma publicada D.O.F. 27 de julio de 2011

Manuales y Reglamentos Internos de la Institución

- Manual General de Organización del Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE)
- Código de Ética y Conducta
- Manual de Políticas y Procedimientos del Área de Finanzas y Control Presupuestal, y sus modificaciones
- Reglamento para el Manejo de los Recursos Propios derivados del Desarrollo de Proyectos, Asesorías, Consultas, Peritajes y Servicios Similares propios del Objeto del INAOE
- Reglas de Operación del Fondo de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del INAOE
- Manual de Políticas y Procedimientos del Área de Recursos Humanos
- Proyecto de Condiciones Generales de Trabajo
- Reglamento de Ingreso, Promoción y Escalafón del Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE)
- Manual de Políticas y Procedimientos de la Dirección de Administración y Finanzas
- Acuerdo para el otorgamiento de Gastos Médicos Mayores a todo el personal con cargo a Recursos Propios
- Cuotas de Telefonía Celular y Radiocomunicaciones. Homoclave: INAOEP-NIARU-RRMM-0001
- Manual de Políticas y Procedimientos del Área de Recursos Materiales y Servicios Generales. Homoclave INAOEP-NIARU-RRMM-0002
- Políticas, Bases y Lineamientos en materia de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios
- Políticas, Bases y Lineamientos en materia de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas

7. OTRAS DISPOSICIONES

Convenio de Administración por Resultados, celebrado entre el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de la Función Pública y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
20-VIII-2007

Manuales Internos, Bases Generales y Lineamientos, autorizados por el H. Órgano de Gobierno

Acuerdos del Órgano de Gobierno del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Lineamientos Generales para el Establecimiento de Acciones Permanentes que Aseguren la Integridad y el Comportamiento Ético de los Servidores Públicos en el Desempeño de sus Empleos, Cargos o Comisiones
D.O.F. 06-III-2012

V. Vinculación del programa, proyecto o asunto con el Plan Nacional de Desarrollo y programas sectoriales, institucionales, regionales y/o especiales

Siendo un proyecto para la instalación y operación de un instrumento astronómico de frontera, el Gran Telescopio Milimétrico se ubica dentro de los objetivos y estrategias previstos en el Plan Nacional de Desarrollo (**Eje 2, Objetivo 5, Estrategia 5.5**) y en el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (**Objetivo 4, Estrategia 4.1**), establecido para la promoción y apoyo a la investigación científica y tecnológica.

En efecto, cuando funcione a plena capacidad según su diseño, el GTM se inscribirá como parte importante de la infraestructura dedicada a la investigación en el área de la radioastronomía de altas frecuencias que opera en el mundo, ofreciendo a la comunidad científica nacional e internacional la posibilidad de emprender trabajos de investigación novedosos para entender con mayores elementos los procesos físicos y químicos que dieron origen al universo. De estos trabajos se esperan descubrimientos que impactarán en la generación de conocimientos nuevos sobre el nacimiento y evolución de estrellas y galaxias, entre muchos otros.

Asimismo, gracias a que el GTM incorpora o requiere el desarrollo de tecnologías de última generación, es factible la ejecución de programas que, con la vinculación apropiada con los sectores productivos, pueden incidir en áreas estratégicas para el desarrollo nacional, como son las telecomunicaciones en altas frecuencias, el diseño y construcción de estructuras inteligentes, el manejo de materiales compuestos de alto valor agregado, la instrumentación y la metrología.

VI. Síntesis ejecutiva del programa, proyecto o asunto

El Gran Telescopio Milimétrico (GTM) es un proyecto científico que conduce el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE) y la Universidad de Massachusetts (UMASS), en Amherst. Consiste en el diseño, construcción y operación de una antena de 50 m de diámetro, con arreglos de instrumentos para captar longitudes de onda de 1 a 4 milímetros, trabajando en frecuencias del espectro electromagnético en el rango de 90 a 300 GHz, y con una capacidad de apuntar a 1 segundo de arco. En este rango de operación, cuando entre en operación plena, el GTM será el radiotelescopio más grande y preciso del mundo. El objetivo del proyecto es la instalación y operación de un instrumento astronómico de frontera, por lo que se circunscribe en las actividades de desarrollo de ciencia básica y de formación de recursos humanos que tiene encomendadas el INAOE. Paralelamente, y fundamentalmente para el lado de México, el proyecto se ha estructurado de manera que su ejecución permita la generación de una infraestructura física y de grupos de investigación que desarrollen tecnologías asociadas a áreas estratégicas de interés para el desarrollo nacional, como son las comunicaciones en altas frecuencias, la producción y metrología de superficies de gran tamaño y alta precisión, así como el diseño y fabricación de componentes a base de materiales compuestos, entre otras.

El telescopio está constituido por una antena parabólica capaz de registrar microondas en el rango de frecuencia de 90 a 340 GHz; un reflector secundario hiperbólico y un espejo terciario que dirige la señal a los instrumentos de observación de la radiación proveniente del Universo. Los instrumentos que serán utilizados por los astrónomos para sus proyectos científicos, corresponden a equipos y dispositivos que están en la frontera del conocimiento tecnológico, por lo que su desarrollo en ese estado del arte se encuentra sólo en las instituciones académicas.

El diámetro de la superficie colectora es de 50 metros, equivalente a un área de 1,962 m². El del reflector secundario es de 2.62 metros y el del espejo terciario, que tiene una forma oval, es 1.6 metros en su parte más ancha. Por primera vez en el mundo se construye una antena de estas dimensiones, con la precisión que requiere observar microondas de esa frecuencia. La especificación de diseño indica que en los espejos que integran los 2,164 m² del área colectora de la antena, no se pueden tener deformaciones mayores de 66 micrones (el grueso de un cabello). Esa tolerancia tan cerrada es para asegurar que el telescopio pueda captar fuentes emisoras muy lejanas con la precisión adecuada. El telescopio será capaz de apuntar con una precisión cercana a 1 segundo de arco. Un reto enorme para la ingeniería moderna.

El sitio seleccionado para la instalación del GTM, entre 163 posibles localidades en el territorio nacional que fueron estudiadas, es el Volcán Sierra Negra; la altura de esta montaña es la cuarta del país a 4,560 metros sobre el nivel del mar. La baja concentración de vapor de agua en su atmósfera circundante es una de las características más importantes que buscaron los astrónomos, para tener el

mínimo de absorción y poder captar la radiación de objetos muy lejanos (a cerca de 14,000 millones de años luz, que es el tamaño del Universo hasta hoy conocido). Esta montaña se ubica dentro del Parque Nacional Pico de Orizaba, en el municipio de Atzitzintla, Puebla. Para el desarrollo del proyecto GTM, desde luego, se cuenta con todos los permisos ambientales que corresponden a un área natural protegida.

El telescopio fue diseñado por la empresa alemana MAN TECHNOLOGIE AG, hoy MT MECHATRONICS, que ganó la licitación correspondiente frente a dos firmas competidoras. Las tres empresas constituían, en su momento, las firmas de diseño y construcción de grandes antenas más importantes del mundo. El diseño crítico realizado por MAN fue pagado con fondos mexicanos. Este siguió a un diseño preliminar generado por la empresa TIW SYSTEMS Incorporated, el cual fue pagado con fondos de los Estados Unidos. El diseño conceptual fue realizado también por TIW con fondos nacionales.

Con base en el diseño de MAN, la firma mexicana DIRAC elaboró los análisis de ingeniería y el proyecto ejecutivo de construcción de los cimientos del telescopio. El diseño de la cimentación consideró las características heterogéneas del suelo del volcán Sierra Negra, basándose en un conjunto de estudios específicos del suelo realizados. Además de una concepción antisísmica, especificada para soportar sismos de hasta 9° en la escala de Richter, la cimentación también está diseñada para resistir la carga de viento que puede ser considerable, dadas las velocidades registradas de cerca de 200 kilómetros por hora. Asimismo, para asegurar un soporte uniforme de la cimentación sobre roca sólida, se diseñaron 37 pilas que finalmente quedaron desplantadas a 18.5 metros de profundidad en promedio, con diámetros mínimos de 1 metro. Sobre el sistema de pilas se desplanta la cimentación de la antena, construida con una precisión sin precedentes para la ingeniería civil de +/- 3 mm. La cimentación del GTM ganó, en el año 2002, el Premio Nacional de Obra que convoca anualmente CEMEX.

Las empresas que estuvieron a cargo de la construcción del sistema de cimentación de la antena fueron: STAG y BAUER (pilas de soporte), CEMEX (suministro de concreto de alta resistencia), Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE (supervisión de la calidad del concreto y del acero de refuerzo), CYTI DE MÉXICO (supervisión general de la obra) y Grupo COSMOS 500 (construcción de la cimentación y torre de concreto), hoy denominado G&C Equipos y Construcciones.

La estructura de acero del telescopio tiene un peso aproximado de 2,400 toneladas. Está diseñada bajo el concepto denominado "ruedas sobre riel" ("wheel and track"). Se divide, básicamente, en cinco secciones principales: la alidada inferior, que integra las vigas principales de soporte de la antena, las cuales se apoyan en los cuatro puntos del sistema de rodamiento acimutal; la alidada superior, que sirve de interfaz con los ejes de elevación del telescopio; los balastros o contrapesos; la estructura de elevación del reflector, y el edificio de cuartos de operación y observación.

La estructura de acero de la antena se mueve en acimut sobre una pista de rodamiento, la cual está construida con una aleación de alta dureza. El acero de la pista fue producido en Alemania, bajo la supervisión de MAN, mientras que en la empresa VATECH, localizada en Morelia, se le dio el maquinado necesario. En sitio, los 20 segmentos que la conforman fueron soldados por la empresa Pailería de San Luis Potosí, con procedimientos especialmente diseñados y probados para asegurar el cumplimiento de las especificaciones de diseño.

Los movimientos acimutales y de elevación de la antena requieren de un conjunto de componentes mecánicas: 16 ruedas con sus motores y reductores; dos ejes de elevación con motores y reductores; engranes, cremalleras y un balero principal para el rodamiento acimutal. Estas componentes fueron fabricadas en Italia y Alemania, pagados principalmente por la parte de los Estados Unidos.

El número de compañías que intervino en la fabricación, ensamble e instalación de las componentes estructurales del GTM es grande. No obstante, por la complejidad y volumen del trabajo ejecutado, cabe mencionar las siguientes:

- ADRIANN'S DE MÉXICO (estructura de acero. No concluyó los trabajos contratados)
- PAILERÍA DE SAN LUIS POTOSÍ (estructura de acero, soldadura de la pista de rodamiento, instalación de componentes mecánicas)
- MERLAB, SGH (análisis de ingeniería)
- CIATEQ (supervisión de soldadura)
- VERTEX y ANTEDO (integración de sistemas)
- HOETCH ROTHE ERDE (suministro del balero de rodamiento acimutal)
- SIAG, CAT, GALBIATI (suministro de los componentes mecánicos)

La superficie reflectora de la antena se compone de 180 segmentos trapezoidales, conformando 5 anillos de paneles que trabajan con un sistema activo de movimiento. Mediante un sistema inteligente de cómputo, los segmentos se mueven para compensar las deformaciones que se dan por efecto de la gravedad, por viento y por cambios térmicos, buscando recuperar continuamente la posición más cercana a la parábola teórica del diseño. Con el auxilio del sistema de cómputo para lograr esas compensaciones, el diseño buscó ahorrar una gran cantidad de acero en la estructura de la antena que, de haber optado por una rigidez mucho mayor a la que se tiene, hubiera hecho que el costo del telescopio llegara a niveles prohibitivos.

Las membranas reflectoras de los paneles son de níquel, fabricadas con un proceso de electro depósito en una estructura de aluminio tipo panal de abeja. Estas membranas se integran en una placa base, mediante la colocación de 40 ajustadores. La placa base, a la vez, se conecta a una estructura de soporte a través de 8 barras axiales. La estructura de soporte de los paneles, finalmente, se

conecta a la estructura de elevación de la antena, mediante 6 barras laterales y 4 barras actuadoras.

Las membranas de los anillos 1, 2 y 3 fueron fabricadas por la empresa Media Lario, de Italia, con precisiones cercanas a 15 micrones. El sistema de soporte fue fabricado por diversas empresas mexicanas, destacando las siguientes: Pailería de San Luis Potosí, CIATEQ, Steel Working, Grupo Industrial Hierro y McMolds. La fabricación de las membranas de los anillos 4 y 5 estuvo a cargo del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ) y de la empresa INCOD PLUS. Del número total de unidades requeridas de acuerdo a la configuración del diseño del reflector primario que es de 768 para ambos anillos, estos proveedores entregaron bajo contrato No. INAOE-CIDETEQ-01/2007 un total de 329 paneles, los cuales aún están en proceso de evaluación técnica por parte de la Oficina del Proyecto GTM.

La energía eléctrica del telescopio es alimentada a 34.5 Kilovoltios por una línea especial contratada con la CFE que tiene una longitud cercana a 33 kilómetros, a partir de la subestación localizada en el municipio de Esperanza, Puebla. El sistema de tierras, tanto para la instrumentación delicada que tendrá el GTM, como para la línea eléctrica, fue construido por la GEIC/CFE, cumpliendo con las especificaciones internacionales más estrictas.

En el desarrollo del proyecto ha participado un buen número de centros pertenecientes al sistema CONACYT, diseñando y fabricando componentes únicos: COMIMSA, CIATEQ, unidades Querétaro, SLP y Aguascalientes; CICY, CIESAS y CIDETEQ. También, como participantes importantes, han colaborado el Centro de Instrumentos, el Instituto de Ingeniería, el Instituto de Física y el extinto PUIDE de la UNAM. También se reconoce el apoyo de los institutos tecnológicos de Aguascalientes y de Puebla en las etapas de localización del sitio. La participación de la Universidad de Guadalajara y de la BUAP es también reconocida.

VII. Acciones realizadas

Conforme al objetivo central del proyecto, el Gran Telescopio Milimétrico comprende tres fases de ejecución, antes de su puesta en operación: Diseño y estudios de ingeniería; fabricación, construcción e instalación de componentes; y pruebas de aceptación o licenciamiento de sistemas. Así, en términos generales, puede decirse que durante las administraciones 1994-2000 y 2000-2006, el proyecto ejecutó las acciones correspondientes a las dos primeras fases, logrando construir e instalar en el sitio todos los sistemas electro-mecánicos de la antena, con una superficie reflectora inicial de 32 m de diámetro que, durante la fase siguiente del proyecto, requeriría mejorarse en su precisión para alcanzar las especificaciones de diseño. En la presente administración, y particularmente bajo la dirección y organización actual del proyecto, los esfuerzos se han dirigido justamente en esa dirección.

a) Programa de trabajo

El programa de trabajo que sustenta las acciones emprendidas en el período del Libro Blanco fue estructurado a partir de las recomendaciones de los comités internacionales de revisión del proyecto que sesionaron en marzo de 2007 (Comité de Revisión 1) y en julio de 2008 (Comité de Revisión 2), con base en las cuales se integró el “Programa de Primera Luz” que comenzó a ejecutarse en mayo de 2010, una vez que estuvieron disponibles los fondos aprobados por la Cámara de Diputados, y que culminó en junio de 2011 con las primeras observaciones astronómicas en el rango de longitudes de onda milimétricas.

El Comité de Revisión de 2007, convocado por el INAOE y la Universidad de Massachusetts, se integró con las siguientes personas:

David Woody, científico que está a cargo del diseño de antenas en Owens Valley de CALTECH, y muy especialmente en el trabajo de mejoramiento continuo del telescopio CARMA.

Richard Prestage, Director del Telescopio de 100 m de Green Bank, dependiente del Observatorio Nacional de Radio Astronomía de los EUA.

Alessandro Orfei, quien es el responsable del equipo general del telescopio de 64 metros de Cerdeña. Su especialidad es el diseño de actuadores.

Jacob Baars, antiguo colaborador del GTM, actualmente jubilado en el Instituto Max Planck, ha participado en el diseño y construcción de todos los grandes radiotelescopios.

Pedro Alvarez, Director del Gran Telescopio de Canarias, quien tiene una experiencia acumulada en el manejo gerencial de grandes proyectos.

El Comité Revisor de 2008, convocado directamente por el CONACYT a través del Dr. José Antonio S. de la Peña Mena, Director Adjunto de Desarrollo Científico y Académico, quien presidió la revisión, fue integrado por las siguientes personas:

Dr. Pedro Álvarez, Director del Gran Telescopio Canarias (GTC), La Palma, España.

Dr. Jacob Baars, Director Asociado (retirado) del Instituto Max Planck para Radioastronomía, Bonn, Alemania (Chairman).

Dr. Hans Käercher, Jefe de Ingenieros (retirado) de MT-Mechatronics (antes MAN TECHNOLOGIE), Mainz, Alemania.

Dr. Mark McKinnon, Gerente del Proyecto EVLA, Observatorio Nacional de Radio Astronomía, Socorro, Nuevo México, EUA.

Dr. Peter Napier, Líder de la Integración de Sistemas de Prototipos, Proyecto ALMA, Observatorio Nacional de Radio Astronomía, Socorro, Nuevo México, EUA.

Dr. Alessandro Orfei, miembro del grupo técnico del Telescopio de Cerdeña, Instituto de Radio Astronomía, Bolonia, Italia.

Ing. Thomas A. Sebring, Gerente del Proyecto del Telescopio ALMA Caltech Cornell (CCAT), Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York, EUA.

Dr. David Woody, Director Asociado del Radio Observatorio de Owens Valley, EUA.

En los términos aprobados por la Junta de Gobierno del INAOE en su sesión extraordinaria de noviembre de 2009, el Programa de Primera Luz se ejecutó bajo la supervisión técnica y administrativa del CIATEQ, con la siguiente estructura programática:

1. SITIO

- 1.1 Seguridad
- 1.2 Completar construcción
- 1.3 Instalaciones y Guardarropa para visitantes
- 1.4 Energía eléctrica
- 1.5 Instalaciones de operación del GTM
- 1.6 Documentación
- 1.7 Laboratorio en sitio

2. MONTURA DEL TELESCOPIO

- 2.1 Acceso al M2
- 2.2 Movimientos
- 2.3 Cable Wraps
- 2.4 Interlocks, switches límite y topes límite
- 2.5 Cabina de receptores
- 2.6 Pintura y acabados exteriores
- 2.7 Pruebas
- 2.8 Documentación
- 2.9 Revisión y reparación de estructura
- 2.10 Balanceo

3. ESPEJO PRIMARIO

- 3.1 Actuadores
- 3.2 Metrología
- 3.3 Revisión de diseño de los paneles
- 3.4 Experimentos de alineación de paneles
- 3.5 Alineación de paneles
- 3.6 Equipo de apoyo para alineación

4. OPTICA COMPLEMENTARIA

- 4.1 M2
- 4.2 M3

5. INSTRUMENTACION

- 5.1 Definición del plan de instrumentación incluyendo la primera luz
- 5.2 Receptor de corrimiento al rojo
- 5.3 Telescopio óptico para apuntado
- 5.4 Receptor de holografía
- 5.5 First Light Support Instrumentation Lab.

6. CONTROL Y SOFTWARE

- 6.1 Hardware para primera luz
- 6.2 Software para primera luz
- 6.3 Sistema de supervisión y control
- 6.4 Integración TCS
- 6.5 Formación de un grupo local de soporte

7. ELECTRÓNICA

- 7.1 Botones de pánico
- 7.2 Sensores para compensación de cuerpo flexible
- 7.3 Comunicaciones
- 7.4 Comunicación táctica de radio
- 7.5 Cámaras de vigilancia
- 7.6 Supervisión remota
- 7.7 Sistema contra incendios
- 7.8 Estación meteorológica
- 7.9 Medición de opacidad atmosférica
- 7.10 Pararrayos

8. INTEGRACION Y LICENCIAMIENTO

- 8.1 Instalación del M2
- 8.2 Instalación del M3
- 8.3 Plan de Integración
- 8.4 Calibración
- 8.5 Primera Luz

9. LOGISTICA Y SOPORTE

- 9.1 Seguridad
- 9.2 Primeros auxilios
- 9.3 Procedimientos de emergencia
- 9.4 Vigilancia
- 9.5 Campamento base
- 9.6 Transporte
- 9.7 Plan de acceso
- 9.8 Muebles, herramientas y equipo de apoyo
- 9.9 Refacciones

10. ALINEACION OPTICA

- 10.1 Plan de procesos de alineación
- 10.2 Actualizar y Divulgar Precisión del Telescopio

NOTA: Los grados de avance de cada una de las tareas del Programa alcanzados al 31 de diciembre de 2010, están registrados en el reporte final de resultados que presentó el CIATEQ ante al CONACYT, según consta en el acta de entrega de fecha 1° de febrero de 2011.

Habiendo alcanzado el objetivo principal del programa, las primeras observaciones y demostraciones científicas, y bajo la nueva dirección del proyecto, a cargo del Dr. David H. Hughes a partir del 15 de agosto de 2011, las actividades desarrolladas se han concentrado fundamentalmente en la identificación de los subsistemas del telescopio que deben ser mejorados para cumplir con las especificaciones originales de diseño y alcanzar así su total potencial científico, proponiendo soluciones de ingeniería, así como en la implantación de las estrategias necesarias para la organización, operación y financiamiento regular del Observatorio Nacional del GTM.

Ruta crítica para la operación del telescopio

El objetivo principal del proyecto para los próximos 9 meses (antes de finales de julio 2013) es llevar a cabo la primera serie de observaciones científicas con el GTM, a 3mm y a 1mm con dos instrumentos astronómicos: el *Redshift Search Receiver* y el *AzTEC*. El análisis y la interpretación de los datos darán lugar a la publicación de los primeros artículos arbitrados, y al inicio de la explotación y productividad científica del GTM. Estos mismos resultados se harán disponibles inmediatamente para presentaciones en el año 2013 a través de diferentes modalidades: conferencias, seminarios, prensa, difusión y divulgación científica, entre otros.

Uno de los hitos críticos inmediatos del proyecto (noviembre 2012) es publicar la convocatoria para la presentación de propuestas de observación con el GTM entre la comunidad binacional. Esta convocatoria será detonada por la culminación de la realineación e instalación de los dos anillos internos de los segmentos de la superficie de la antena que se espera para el 31 de octubre. Un pre-requisito adicional para poder llevar a cabo la convocatoria de propuestas, será la alineación global de los dos anillos internos de la superficie primaria, a una precisión menor a 70 micras. Se ha logrado de manera continua una mejora significativa en la superficie primaria del telescopio, comparada con las mediciones de 150 a 180 micras r.m.s. que se tenían en el verano del 2011. Para dar más claridad, el aumento en la eficiencia de la superficie a una longitud de onda de 1mm se incrementaría en un factor de 10, comparando con el resultado obtenido hace 15 meses. Futuras y mayores mejoras (sistema de actuadores electro-mecánicos) en la precisión de las correcciones gravitacionales y control de las deformaciones térmicas continuarán por incrementar la eficiencia por un factor adicional de 1.6 a una longitud de onda de 1mm.

El GTM comenzará sus primeros meses de operación científica en el 2013 con una superficie pasiva (posición fija), utilizando los 32-m del diámetro interior de la superficie reflectora. De manera inmediata, se integrarán actuadores electro-mecánicos modificados con un nuevo sistema de control electrónico, logrando una solución temporal de corto plazo (2 años) que permita contar con una superficie activa antes del segundo semestre de observaciones que comenzará en octubre del 2013. La superficie primaria activa permitirá que los segmentos cambien su posición de manera independiente durante el movimiento de elevación del

telescopio. Este sistema activo en los segmentos es requerido para corregir de manera constante la cambiante deformación gravitacional de la antena (cuyo peso es de aproximadamente 2000 toneladas), manteniendo la eficiencia de la superficie parabólica. La integración y operación de la superficie activa temporal proveerá de información valiosa para el desarrollo del sistema activo permanente que deberá tener 30 años de vida, los mismos que el ciclo de vida del telescopio.

En paralelo con el sistema activo de control de la superficie, el proyecto GTM continuará la búsqueda de los recursos financieros necesarios para completar la superficie del telescopio para entregar a la comunidad científica usuaria una superficie final de 50-m de diámetro, propia del telescopio más grande de una sola antena optimizada para astronomía de ondas milimétricas.

Por último, se está visualizado que esta ruta crítica que conducirá a la producción de ciencia de nivel mundial y resultados de alto impacto con reconocimiento a nivel internacional, deberá incluir también un programa sostenible, innovador y de alta tecnología de desarrollo de instrumentos astronómicos. Conforme las capacidades del telescopio aumenten en los próximos años (apertura de diámetro y precisión de la superficie), será esencial una importante inversión en la construcción de cámaras en continuo de formato amplio y arreglos heterodinos; un instrumento de alta resolución para Interferometría Very Long Baseline (VLBI por sus siglas en inglés); un espectrógrafo con capacidad de reconfiguración para ofrecer distintas resoluciones espectrales para ampliar los proyectos actuales; instrumentos de altas frecuencias (>300 GHz) que puedan aprovechar la ventaja de una mejor superficie y el 20% de las mejores condiciones atmosféricas para el GTM que existen en el sitio de Sierra Negra durante los meses de invierno.

Finalmente, como se ha señalado, un hito fundamentalmente importante para el éxito del proyecto es la formación del observatorio del GTM. Sin éste, no será posible la operación de la infraestructura para realizar observaciones científicas, ni su mantenimiento, así como tampoco proporcionar el servicio y apoyo que la comunidad nacional e internacional requerirán para su uso, ni la posibilidad de continuar desarrollando instrumentos. El éxito inmediato y la productividad científica del GTM dependen de la conclusión de los proyectos de los grupos de trabajo técnicos, de ingeniería y de gestión en cuanto a crear la estructura legal y formal del ON-GTM, así como la regularización de un presupuesto anual para operar y continuar desarrollando la infraestructura del telescopio.

En síntesis, el programa de trabajo actual se focaliza en los siguientes aspectos:

- a) Culminar la reinstalación y alineación de los segmentos del reflector primario, alcanzando una precisión global de <70 micras RMS.
- b) Instalar un sistema de ajustadores mecánicos en las cuatro esquinas de los segmentos reflectores, a efecto de operar temporalmente el telescopio (2 años) con una superficie pasiva (posición fija).

- c) Integrar e instalar los actuadores electro mecánicos modificados, con un nuevo sistema de control electrónico, para la operación del sistema activo de la antena.
- d) Buscar los recursos financieros necesarios para completar la superficie reflectora del telescopio a 50 metros de diámetro.
- e) Integrar el programa de desarrollo de la nueva generación de instrumentos de observación.
- f) Establecer formalmente el Observatorio Nacional del GTM, incluyendo su presupuesto regular de operación y mantenimiento.

b) Presupuesto y calendario de gasto autorizado

| 2007 | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|
| CAPITULO | RECURSOS FISCALES | | | APOYOS CONACYT / OTROS | TOTAL AUTORIZADO | EJERCIDO | % |
| | ORIGINAL | MODIFICADO | TOTAL MODIFICADO | | | | |
| <i>Gasto corriente</i> | | | | | | | |
| 2000 | 17,062.40 | -5,014.30 | 12,048.10 | 0.00 | 12,048.10 | 12,048.10 | |
| 3000 | 21,437.60 | 7,046.30 | 28,483.90 | 0.00 | 28,483.90 | 28,483.90 | |
| 4000 | 0.00 | 6,500.00 | 6,500.00 | 0.00 | 6,500.00 | 6,500.00 | |
| Total G. C. | 38,500.00 | 8,532.00 | 47,032.00 | 0.00 | 47,032.00 | 47,032.00 | 45.06 |
| <i>Gasto de Inversión</i> | | | | | | | |
| 5000 | 0.00 | 6,750.00 | 6,750.00 | 33,495.40 | 40,245.40 | 40,245.40 | |
| 6000 | 0.00 | 10,605.00 | 10,605.00 | 6,504.60 | 17,109.60 | 17,109.60 | |
| Total G. I. | 0.00 | 17,355.00 | 17,355.00 | 40,000.00 | 57,355.00 | 57,355.00 | 54.94 |
| TOTAL | 38,500.00 | 25,887.00 | 64,387.00 | 40,000.00 | 104,387.00 | 104,387.00 | 100.00 |

| 2008 | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------|---------------|
| CAPITULO | RECURSOS FISCALES | | | APOYOS CONACYT / OTROS | TOTAL AUTORIZADO | EJERCIDO | % |
| | ORIGINAL | AMPLIACIONES / REDUCCIONES | TOTAL MODIFICADO | | | | |
| <i>Gasto corriente</i> | | | | | | | |
| 2000 | 8,000.00 | -5,505.25 | 2,494.75 | 0.00 | 2,494.75 | 2,494.75 | |
| 3000 | 25,500.00 | -4,202.87 | 21,297.13 | 0.00 | 21,297.13 | 21,297.13 | |
| 4000 | 6,500.00 | -758.45 | 5,741.55 | 0.00 | 5,741.55 | 5,741.55 | |
| Total G. C. | 40,000.00 | -10,466.57 | 29,533.43 | 0.00 | 29,533.43 | 29,533.43 | 55.99 |
| <i>Gasto de Inversión</i> | | | | | | | |
| 5000 | 0.00 | 8,213.22 | 8,213.22 | 0.00 | 8,213.22 | 8,213.22 | |
| 6000 | 0.00 | 15,000.00 | 15,000.00 | 0.00 | 15,000.00 | 15,000.00 | |
| Total G. I. | 0.00 | 23,213.22 | 23,213.22 | 0.00 | 23,213.22 | 23,213.22 | 44.01 |
| TOTAL | 40,000.00 | 12,746.65 | 52,746.65 | 0.00 | 52,746.65 | 52,746.65 | 100.00 |

| 2009 | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------|---------------|
| CAPITULO | RECURSOS FISCALES | | | APOYOS CONACYT / OTROS | TOTAL AUTORIZADO | EJERCIDO | % |
| | ORIGINAL | AMPLIACIONES / REDUCCIONES | TOTAL MODIFICADO | | | | |
| Gasto corriente | | | | | | | |
| 2000 | 8,000.00 | -543.47 | 7,456.53 | 0.00 | 7,456.53 | 7,456.53 | |
| 3000 | 25,500.00 | -7,243.19 | 18,256.81 | 0.00 | 18,256.81 | 18,256.81 | |
| 4000 | 6,500.00 | -2,682.83 | 3,817.17 | 0.00 | 3,817.17 | 3,817.17 | |
| Total G. C. | 40,000.00 | -10,469.49 | 29,530.51 | 0.00 | 29,530.51 | 29,530.51 | 63.74 |
| Gasto de Inversión | | | | | | | |
| 5000 | 0.00 | 11,800.00 | 11,800.00 | 0.00 | 11,800.00 | 11,800.00 | |
| 6000 | 0.00 | 5,000.00 | 5,000.00 | 0.00 | 5,000.00 | 5,000.00 | |
| Total G. I. | 0.00 | 16,800.00 | 16,800.00 | 0.00 | 16,800.00 | 16,800.00 | 36.26 |
| TOTAL | 40,000.00 | 6,330.51 | 46,330.51 | 0.00 | 46,330.51 | 46,330.51 | 100.00 |

| 2010 | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|
| CAPITULO | RECURSOS FISCALES | | | APOYOS CONACYT / OTROS | TOTAL AUTORIZADO | EJERCIDO | % |
| | ORIGINAL | AMPLIACIONES / REDUCCIONES | TOTAL MODIFICADO | | | | |
| Gasto corriente | | | | | | | |
| 2000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9,761.01 | 9,761.01 | 9,761.01 | |
| 3000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 69,926.34 | 69,926.34 | 69,926.34 | |
| 4000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total G. C. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 79,687.35 | 79,687.35 | 79,687.35 | 69.93 |
| Gasto de Inversión | | | | | | | |
| 5000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 25,500.00 | 25,500.00 | 25,500.00 | |
| 6000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 8,758.80 | 8,758.80 | 8,758.80 | |
| Total G. I. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 34,258.80 | 34,258.80 | 34,258.80 | 30.07 |
| TOTAL | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 113,946.15 | 113,946.15 | 113,946.15 | 100.00 |
| ASIGNADO CIATEQ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6,053.85 | 6,053.85 | 6,053.85 | |
| TOTAL GENERAL | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 120,000.00 | 120,000.00 | 120,000.00 | |

| 2011 | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------|---------------|
| CAPITULO | RECURSOS FISCALES | | | APOYOS CONACYT / OTROS | TOTAL AUTORIZADO | EJERCIDO | % |
| | ORIGINAL | AMPLIACIONES / REDUCCIONES | TOTAL MODIFICADO | | | | |
| <i>Gasto corriente</i> | | | | | | | |
| 2000 | 2,850.00 | 8,193.10 | 11,043.10 | 0.00 | 11,043.10 | 11,043.10 | |
| 3000 | 22,150.00 | 16,006.90 | 38,156.90 | 0.00 | 38,156.90 | 38,156.90 | |
| 4000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total G. C. | 25,000.00 | 24,200.00 | 49,200.00 | 0.00 | 49,200.00 | 49,200.00 | 98.40 |
| <i>Gasto de Inversión</i> | | | | | | | |
| 5000 | 0.00 | 800.00 | 800.00 | 0.00 | 800.00 | 800.00 | |
| 6000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total G. I. | 0.00 | 800.00 | 800.00 | 0.00 | 800.00 | 800.00 | 1.60 |
| TOTAL | 25,000.00 | 25,000.00 | 50,000.00 | 0.00 | 50,000.00 | 50,000.00 | 100.00 |

| 2012 | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------|
| CAPITULO | RECURSOS FISCALES | | | APOYOS CONACYT / OTROS | TOTAL AUTORIZADO | EJERCIDO (Proyectado) | % |
| | ORIGINAL | AMPLIACIONES / REDUCCIONES | TOTAL MODIFICADO | | | | |
| <i>Gasto corriente</i> | | | | | | | |
| 2000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18,160.97 | 18,160.97 | 18,160.97 | |
| 3000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 60,839.03 | 60,839.03 | 60,839.03 | |
| 4000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total G. C. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 79,000.00 | 79,000.00 | 79,000.00 | 100.00 |
| <i>Gasto de Inversión</i> | | | | | | | |
| 5000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 6000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Total G. I. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TOTAL | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 79,000.00 | 79,000.00 | 79,000.00 | 100.00 |

c) Integración de expedientes y/o de proyectos ejecutivos

RELACIÓN DE CONTRATOS

2007

| No. CONTRATO | PROVEEDOR | CONCEPTO | MONTO | INICIO | TERMINO |
|-------------------------------------|----------------|--|---------------|------------|------------|
| INAOE/CIDETEQ-01/2007 | CIDETEQ, S. C. | DISEÑO, FABRICACIÓN Y SUMINISTRO DE PANELES DE NÍQUEL ELECTRO FORMADO. | 33,476,967.70 | 19/12/2007 | 19/02/2008 |
| CONVENIO MOD. INAOE-CIDETEQ-01/2007 | CIDETEQ | DISEÑO, FABRICACIÓN Y SUMINISTRO DE PANELES DE NÍQUEL ELECTRO FORMADO. | 13'428,551.23 | 10/03/2008 | 10/06/2010 |

| | | | | | |
|-------------------------|---|--|---------------|------------|------------|
| CA-GTM-01/2007 | JORGE ESPINOSA FERNANDEZ | ASESORIA LEGAL | 449,420.00 | 01/01/2007 | 31/12/2007 |
| CSOP-GTM-02/2007 | GUADALUPE VELEZ GARCIA | SERVICIOS | 197,340.00 | 15/01/2007 | 04/05/2007 |
| CA-GTM-03/2007 | SISTEMA DIFUSION DE INTEGRAL | ACERVO AUDIOVISUAL DEL GTM | 449,420.00 | 31/01/2007 | ABIERTO |
| CS-GTM-04/2007 | (GERARDO RIVERA) GIMCSA ONE CONSTRUCTORES, S.A. DE C.V. | TOPOGRAFIA Y CERTIFICACIÓN PARA EL GTM | 2,093,460.00 | 01/01/2007 | 31/12/2007 |
| CS-GTM-05/2007 | MENDEZ BELLO ELIZABETH | ARRENDAMIENTO OF. ATZITZINTLA | 48,300.00 | 01/01/2007 | 31/12/2007 |
| CSOP-GTM-06/2007 | CARBOLINE | REPINTURA | 2,217,044.75 | 01/05/2007 | 30/09/2007 |
| CS-GTM-08/2007 | FCO. JAVIER VENEGAS H | ASESORIA LEGAL | 207,000.00 | 21/02/2007 | ABIERTO |
| CS-GTM-09/2007 | QUALYTUM, S.A. DE C.V. | CAPACITACIÓN | 207,000.00 | 30/05/2007 | 30/06/2007 |
| CS-GTM-10/2007 | PAN AMERICAN TECHNOLOGIES, LLC | PLAN DE NEGOCIOS PARA EL GTM | 140,800.00 | 01/12/2007 | 31/12/2007 |
| COP-GTM-REC-PUE 03/2007 | GIMCSA ONE CONSTRUCTORES S.A. DE C.V. | INSTALACION DE 180 SEGMENTOS | 8,244,000.00 | 17/09/2007 | 17/06/2008 |
| CSAOP-GTM-02/2007 | CLUSTER FOR INNOVATION INCORPORATE | PROCEDIMIENTOS PARA LA ALINEACION DE LOS 180 SEGMENTOS | 591,000.00 | 09/07/2007 | 10/09/2007 |
| COP-GTM-REC-PUE 02/2007 | QUALYTUM, S.A. DE C.V. | ALINEACION DE 180 SEGMENTOS | 20,511,682.00 | 17/09/2007 | ABIERTO |
| CS-GTM-09/2007 | QUALYTUM, S.A. DE C.V. | DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DE ALINEACIÓN | 207,000.00 | 30/05/2007 | 30/06/2007 |
| CSOP-GTM/06/2007 | RECUBRIMIENTOS APLICADOS S.A. DE C.V. | REPINTADO DE ESTRUCTURA DEL GTM | 2,217,044.75 | 01/05/2007 | 15/09/2007 |
| CSAOP-GTM-01/2007 | QUALYTUM, S.A. DE C.V. | AJUSTE DE ALTA PRECISIÓN A LOS SEGMENTOS | 1,380,000.00 | 02/07/2007 | 30/08/2007 |
| COP-GTM-PUE 01/2007 | INTERNATIONAL ENGINEERING GROUP INCORPORATE | SEGMENTOS DE NICKEL ELECTROFORMADOS | US 470,000.00 | 09/07/2007 | 09/04/2008 |
| INAOE-SM-02/2007 | FERNANDO MARTINEZ FERNANDEZ | MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A VEICULOS | 129,950.00 | 01/03/2007 | 28/02/2008 |

2008

| No. CONTRATO | PROVEEDOR | CONCEPTO | MONTO | INICIO | TERMINO |
|----------------|--------------|--|----------------|------------|------------|
| CS-GTM-01/2008 | PAN AMERICAN | SERVICIOS DE CONSULTORIA PAR LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO Y OBTENCIÓN DE FONDOS | 153,000.00 USD | 01/02/2008 | 31/12/2008 |

| | | | | | |
|-----------------|--|---|-----------------|------------|------------|
| CS-GTM-02/2008 | MENDEZ BELLO ELIZABETH | ARRENDAMIENTO | 48,300.00 | 01/01/2008 | 31/12/2008 |
| CS-GTM-03/2008 | MT AEROSPACE | ASEORIA TECNICA | 88.500.00 EUROS | 09/01/2008 | 31/12/2008 |
| CSOP-GTM-04/08 | RETT COMUNICACIONES | VOZ Y DATOS ADICIONALES | 254,151.89 | 02/02/2008 | 31/03/2008 |
| CA-GTM-05/2008 | JACOBO OBREGON KARLA GABRIELA | ADQUISICION DE MOTORES Y NODOS | 1,826,282.94 | 10/03/2008 | 06/06/2008 |
| CS-GTM-06/2008 | DORANTES DAVILA MERCEDES IRENE | SERVICIOS DE CONSULTORIA PARA ASF | 489,900.00 | 01/04/2008 | 30/09/2008 |
| CS-GTM-07/2008 | GIMCSA ONE CONSTRUCTORES, S.A. DE C.V. | SERVICIOS DE HOLOGRAFIA | 1,495,000.00 | 07/04/2008 | 31/05/2008 |
| COP-GTM-08/2008 | GIMCSA ONE CONSTRUCTORES, S.A. DE C.V. | TRABAJOS PARA LA FASE DE VERIFICACIÓN Y PRUEBAS DEL GTM | 1,369,946.70 | 26/05/2008 | 13/08/2008 |
| CA-GTM-09/2008 | RAUL VAZQUEZ ESCOBEDO | FUENTES DE PODER | 469,156.88 | 14/10/2008 | 14/11/2008 |
| CS-GTM-10/2008 | COMITÉ EVALUADOR | SERVICIOS DE CONSULTORÍA | \$ 8,000.00 USD | 03/11/2008 | 14/11/2008 |
| CS-GTM-11/2008 | COMITÉ EVALUADOR | SERVICIOS DE CONSULTORÍA | \$ 8,000.00 USD | 03/11/2008 | 14/11/2008 |
| CS-GTM-12/2008 | COMITÉ EVALUADOR | SERVICIOS DE CONSULTORÍA | \$ 4,000.00 USD | 03/11/2008 | 14/11/2008 |
| CS-GTM-13/2008 | COMITÉ EVALUADOR | SERVICIOS DE CONSULTORÍA | \$ 4,000.00 USD | 03/11/2008 | 14/11/2008 |
| CS-GTM-14/2008 | COMITÉ EVALUADOR | SERVICIOS DE CONSULTORÍA | \$ 4,000.00 USD | 03/11/2008 | 14/11/2008 |
| CS-GTM-15/2008 | CIATEQ | SERVICIOS PARA DESARROLLO DEL PLAN PARA LA PRIMERA LUZ DEL GTM. | 400,000.00 | 01/09/2008 | 31/12/2008 |
| COP-GTM-16/2008 | GIMCSA ONE CONSTRUCTORES, S.A. DE C.V. | TRABAJOS DE INSTALACIÓN DE PLATAFORMA DE OPERACIONES DEL REFLECTOR SECUNDARIO | 148,753.99 | 24/11/2008 | 15/12/2008 |

2009

| No. CONTRATO | PROVEEDOR | CONCEPTO | MONTO | INICIO | TERMINO |
|----------------|------------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CS-GTM-01/2009 | MENDEZ BELLO ELIZABETH | ARRENDAMIENTO | 48,300.00 | 01/01/2009 | 31/12/2009 |
| S/N | JAVIER VENEGAS HUERTA | SERVICIOS JURIDICOS | 230,000.00 | 27/01/2009 | ABIERTO |

| | | | | | |
|-----------------|---|---|--------------|------------|------------|
| CA-GTM-02/2009 | KARLA GABRIELA JACOBO OBREGON | ADQUISICIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS PARA LOS ACTUADORES DEL GTM DE ACUERDO A LAS RECOMENDACIONES DEL COMITÉ EVALUADOR | 229,705.60 | 01/02/2009 | 30/04/2009 |
| CA-GTM-03/2009 | GONZALEZ GUADARRAMA RAFAEL | ADQUISICIÓN DE COMPONENTES MÉCANICOS PARA LOS ACTUADORES DEL GTM DE ACUERDO A LAS RECOMENDACIONES DEL COMITÉ EVALUADOR | 1,472,000.00 | | |
| CS-GTM-04/2009 | DORANTES DAVILA MERCEDES IRENE | SERVICIOS ESPECIALICADOS PARA LA CONTESTACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE LA ASF | 500,000.00 | 01/01/2009 | 31/12/2009 |
| CS-GTM-05/2009 | ARTURO LAN | SERVICIOS JURIDICOS | 172,500.00 | 16/03/2009 | 15/06/2009 |
| CS-GTM-06/2009 | PANAMERICAN | PLAN DE DESARROLLO DEL SITIO WEB INTERNACIONAL | 205,421.50 | 31/01/2009 | 31/03/2009 |
| CS-GTM-07/2009 | MEDIA LARIO | SERVICIO DE REPARACION DE PANELES | € 126,375.00 | 01/04/2009 | 30/06/2009 |
| CS-GTM09/2009 | INCOD PLUS | ASESORIA TECNOLOGICA | € 15,000.00 | 28/09/2009 | 02/10/2009 |
| CA-GTM-10-2009 | GRUAS METALBO HISPANOMEXICANA, S.A. DE C.V. | EXTENSION DE 6 MTS PARA GRUA TORRE, INCLUYE INSTALACIÓN | 298,128.00 | 15/10/2009 | 15/12/2009 |
| CSA-GTM-01/2009 | ELIZABETH MENDEZ BELLO | ARRENDAMIENTO DE IMUEBLE | 10,500.00 | 15/01/2009 | 15/01/2010 |

2010

| NO. CONTRATO | PROVEEDOR | CONCEPTO | MONTO INCLUYENDO I.V.A. | FECHA FIRMA DEL CONTRATO | VIGENCIA DEL CONTRATO |
|--|---|---|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| CSA-GTM 01/2010 | SRA. ELIZABETH MÉNDEZ BELLO | ARRENDAMIENTO DE OFICINA TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA | \$48,720.00 | 11/ENE/2010 | 01/ENE/10 A 31/12/10 |
| CS-GTM 02/2010 | ANÁLISIS POR INSTRUMENTOS Y SOFTWARE PARA CMM'S, S.A. DE C.V. | SISTEMA DE METROLOGÍA PARA LA SUPERFICIE DEL ESPEJO PRIMARIO DEL GTM. | \$3'599,480.00 | 25/FEB/10 | 25/FEB/10 AL 22/ABR/10 |
| CS-OP-GTM-03/2010 | ING. JESÚS ÁNGEL PARRA JIMÉNEZ | PROYECTO EJECUTIVO PARA EL CAMPAMENTO BASE DEL GTM | \$368,880.00 | 8/MAR/10 | 8/MAR/10 A 30/MAR/10 |
| CONVENIO INAOE-CIATEQ NO. CS-GTM/04/2010 | CENTRO DE TECNOLOGIA AVANZADA (CIATEQ, A.C.) | DESARROLLO Y EJECUCIÓN DE PRUEBAS AMBIENTALES Y REPORTES, REQUERIMIENTOS DE LA SUPERFICIE REFLECTORA, | \$1'003,297.92 | 22/FEB/10 | 22/FEB/10 AL 14/JUN/10 |

| | | | | | |
|-------------------------|---|--|---|-----------|---------------------------------|
| | | INVESTIGACIÓN SOBRE RECUBRIMIENTOS, PINTURA O RECUBRIMIENTO M2 PRUEBAS FINALES DE ACEPTACIÓN. | | | |
| CS-GTM-05/2010 | ESPARENT, S.A. DE C.V. | REPARACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE GRÚA TORRE AUTO-AJUSTABLE FIJA EMPOTRADA. | €227,030.11 EUROS (17.2081) | 11/MAR/10 | 11/MAR/10 AL 09/ABR/10 |
| CAGTM 06/2010 | THYSSENKRUPP ELEVADORES, S.A. DE C.V. | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE "UN ELEVADOR ELECTROMECAÁNICO PARA SUBIR Y BAJAR TANTO A PERSONAS COMO A CARGA Y EQUIPOS PARA EL GTM CON CAPACIDAD DE 2,500 KG | €182,179.16 EUROS (17.2781) | 11/MAR/10 | 11/MAR/10 AL 15/DIC/2010 |
| CA-GTM 07/2010 | HEXAGON METROLOGY S. DE R.L DE C.V. | UN EQUIPO LASER TRACKER PARA EL GTM | \$205,777.04 USD (12.7410) | 19/MAR/10 | 19/MAR/10 AL 29/MAR/10 |
| CONVENIO GTM-CM-01/2010 | HEXAGON METROLOGY S. DE R.L DE C.V. | | | 26/MAR/10 | 26/03/2010 AL 31/05/2010 |
| CS-GTM-08/2010 | DONCEL CONSULTORES, S.C. | SERVICIO DE ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL EVENTUAL ESPECIALIZADO PARA EL GTM | \$21'000.000.00 A \$30'200,000.00 | 16/MAR/10 | 16/MAR/10 A 31/12/10 |
| CONVENIO MODIFICATIVO | | | | 20/05/10 | 20/05/10 AL 31/12/10 |
| CS-GTM-09/2010 | QUALYTUM, S.A. DE C.V. | DESARROLLAR PROCEDIMIENTOS PARA PROBAR LOS COMPORTAMIENTOS MECÁNICO, TÉRMICO Y DE ALINEACIÓN GLOBAL DE LAS MEMBRANAS QUE COMPONEN LA SUPERFICIE DEL ESPEJO PRIMARIO DEL GTM. | \$4'950.000.00 | 16/MAR/10 | 16/MAR/10 AL 10/MAY/10. |
| CS-GTM-10/2010 | NISIM COMUNICACIONES NACIONALES EMPRESARIALES, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ELECTRÓNICA CONTROL SELLADO, CARACTERIZACIÓN Y PRUEBAS DE ACTUADORES PARA EL ESPEJO PRIMARIO DEL GTM | \$3'372,325.26 | 16/MAR/10 | 16/MAR/10 AL 10/MAY/10. |
| CS-GTM-11/2010 | DATA CORP DE MEXICO, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE EQUIPOS DE CÓMPUTO. | \$230,608.00 | 12/MAR/10 | 15/MAR/2010 A 31/DIC/2010 |

| | | | | | |
|------------------------|---|--|-------------------------|-----------|--------------------------|
| CS-OP-GTM-12/2010 | SERVICIO DE INGENIERÍA DE LA SIERRA, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE RESTAURACIÓN DEL CAMINO DEL KM. 0+000 AL KM 8+513.5 DEL CENTRO DE VISITANTES DEL GTM | \$1'624,000.00 | 05/MAR/10 | 8/MAR/2010 AL 2/ABR/2010 |
| CS-GTM-13/2010 | KARLA GABRIELA JACOBO OBREGÓN | EL DESARROLLO UN SISTEMA DE SENSORES DE POSICIÓN LINEAL, ASÍ COMO EL DE GATEWAY, REQUIERE CABLEADO Y CONECTORES PARA LA RED DE SENSORES DEL GTM | \$108,460.00 USD | 14/ABR/10 | 14/ABR/10 AL 14/JUL/10 |
| CS-OP-GTM 14-2010 | JOAQUINA FERREIRA USCANGA | SERVICIO DE RESTAURACIÓN DEL CAMINO DEL KM.8+513.5 A 13+500 DEL CENTRO DE VISITANTES DEL GTM. | \$940,818.00 | 11/MAR/10 | 15/03/10 AL 30/04/10 |
| CA-GTM 15/2010 | RAFAEL GONZÁLEZ VILLAGRAN | COMPONENTES MECÁNICOS PARA FABRICACIÓN DE ACTUADORES | \$195,961.47 | 08/ABR/10 | 8/ABR/10 AL 7/MAY/10 |
| CS-GTM-16/2010 | JET VAN CAR RENTAL, S.A. DE C.V. | ARRENDAMIENTO DE VEHÍCULOS | \$3'390,854.00 | 14/ABR/10 | 15/ABR/10 A 31/12/2010 |
| CONVENIO MODIFICATORIO | | | \$169,824.00 | 24/JUN/10 | 01/JUL/10 AL 31/12/10 |
| CS-GTM-17/2010 | CONSTRUCTOR A ROX, S.A. DE C.V. | SERVICIO POR ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RIESGO DE LOS SUB-SISTEMAS CRÍTICOS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL GTM, MISMOS QUE CONSTAN DE 4 FASES DE ACUERDO AL PLAN DE LA PRIMERA LUZ | \$1'842,080.00 | 14/ABR/10 | 14/ABR/10 AL 4/AGO/10 |
| CS-GTM-18/2010 | MT-MECHATRONIC KS GMBH | SERVICIO DESARROLLO DE SOFTWARE ESPECIALIZADO LMT MOTION, PARA AUTOMATIZAR LOS MOVIMIENTOS DE GTM. | €86,200.00 (16.3394) | 14/ABR/10 | 14/ABR/10 AL 27/JUL/10 |
| CS-GTM-19/2010 | 5M SMART - TECHNOLOGIES | SERVICIO DE APLICACIÓN DE GROUTING PARA FIJAR LA POSICIÓN CORRECTA LAS CREMALLERAS DE LOS CONTRAPESOS DEL SISTEMA DE ELEVADOR. | €177,352.94 EUROS | 15/ABR/10 | 15/ABR/10 AL 14/JUN/10 |
| CS-OP-GTM 20-2010 | JOAQUINA FERREIRA USCANGA | SERVICIO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS EDIFICIOS DE (CASETA DE VIGILANCIA EN PLUMA, CASETA VIGILANCIA A LA ENTRADA AL | \$958,000.00 | 25/MAR/10 | 29/03/10 AL 30/04/10 |

| | | | | | |
|------------------------|---|--|---------------------------------|-------------|----------------------------------|
| CONVENIO MODIFICATORIO | | TELESCOPIO Y DOS ALBERGUES DESIGNADO PARA VISITANTES Y PERSONAL DEL GTM | | 21/04/10 | 01/05/10 AL 15/JUN/10 |
| CA-GTM-21/2010 | ANRITSU COMPANY, S.A. DE C.V. | ADQUISICIÓN DE UN EQUIPO GENERADOR DE SEÑALES DE MICROONDAS MG3696B DE MARCA ANRITSU | \$55,971.74 USD (12.2300) | 14/ABR/10 | 14/ABR/10 AL 8/JUN/10 |
| CA-GTM-22/2010 | ASESORÍA GLOBAL EN TELECOMUNICACIONES, S.A. DE C.V. | ADQUISICIÓN DE UN MEDIDOR DE FIGURA DE RUIDO N8975A MARCA AGILENT | \$77,151.54 USD (12.2020) | 15/ABR/10 | 15/ABR/10 AL 15/JUL/10. |
| CA-GTM-23/2010 | DTI INGENIERÍA GLOBAL, S.A. DE C.V. | ADQUISICIÓN DE CONECTORES PARA LA COMUNICACIÓN DE ACTUADORES PARA EL GTM | 19,005.58 USD (12.20.20) | 22/ABR/10 | 22/ABR/10 AL 3/JUN/10 |
| CA-GTM-24/2010 | INTERCOVAME X, S.A. DE C.V. | ADQUISICIÓN DE SISTEMA DE DETECTOR DE FUGAS CON HELIO MCA. ALCATEL Y UN SENSOR CONTROLADOR DE ALTO VACÍO | 41,539.60 USD (12.9190) | 19/MAY/10 | 19MAY/10 AL 28/JUL/10 |
| CS-OP-GTM-25/2010 | GRÚAS TRANSPORTES, MANIOBRAS Y SERVICIOS, S.A.. DE C.V. | UN SERVICIO DE REPARACIÓN GENERAL DEL CUARTO DE MÁQUINAS DEL GTM | \$406,000.00 | 09/JUN/10 | 21/JUN/10 AL 21/JUL/10 |
| CS-OP-GTM-26/2010 | SERVICIO INGENIERÍA DE LA SIERRA, S.A. DE C.V | ADECUACIONES PARA LOS ALBERGUES DE LOS INVESTIGADORES EN EL VISITOR CENTER PARA OPERACIÓN FASE 1. | \$1'450,000.00 | 23/JUN/10 | 01/JUL/10 AL 30/SEP/10 |
| CS-OP-GTM-27/2010 | ING. PEDRO DELGADO HERNÁNDEZ | PAGO DE SERVICIOS PROFESIONALES DE APOYO EN LA LICITACIÓN PÚBLICA NACIONAL NO. 1129001 006 10 | \$92,800.00 | 11/JUN/2010 | 15/JUN/2010 AL 15/JUL/2010 |
| CA-GTM-28/2010 | E & M REDES CONVERGENTES S.A. DE C.V | ADQUISICIÓN DE DOS CÁMARAS MÓVILES Y SUS ACCESORIOS PARA ESQUEMA DE VIGILANCIA DEL VISITOR CENTER DEL SITIO GTM. | 17.468.20 USD. (12.7480) | 10/JUN/10 | 20/JUN/10 AL 06/AGO/10 |
| CA-GTM-29/2010 | ACMAX DE MEXICO, S.A. DE C.V. | EQUIPO DE MEDICION PARA EL TALLER DE ELECTRONICA | 42,966.40 USD. (12.6780) | 24/JUN/10 | 25/JUN/10 AL 6/AGO/10 |

| | | | | | |
|-------------------|---|---|-----------------------------|------------|--|
| CA-GTM-30/2010 | SISTEMAS AVANZADOS EN COMPUTACIÓN DE MÉXICO, S.A. DE C.V. | ADQUISICIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA INTERRUPTIDA (U.P.S. DE 80 KVAS.) | 91,120.62 USD (13.0870) | 8/JUL/10 | 8/JUL/10 AL 29/AGO/10 |
| CA-GTM-31/2010 | COMERCIALIZADORA DE USOS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V. | ADQUISICION DE PINTURA CORROSIVA DE MARCA CARBOLINE Y MATERIALES PARA PINTAR EL ACERO QUE CONFORMA LA ESTRUCTURA DEL SITIO GTM | \$411,827.25 | 8/JUL/2010 | ENTREGA INMEDIATA A PARTIR DE LA FIRMA DE CONTRATO |
| CA-GTM-32/2010 | ALEJANDRO ANTONIO CASTREJON GOMEZ | ADQUISICION DE MATERIALES PARA LA REPARACION DE LA CUBIERTA DE LA ESTRUCTURA DE ACESO DEL SITIO GTM | \$132,869.88 | 8/JUL/10 | 8/JUL/10 AL 5/AGO/10 |
| CA-GTM-33/2010 | CADECO, S.A. | ADQUISICION DE REFACCIONES PARA LA MOTOCONFORMADORA | \$286,771.21 | 6/JUL/10 | 6/JUL/10 AL 29/JUL/10 |
| CASOP-GTM-34/2010 | ING. ARQ. PEDRO DEL GADO HERNANDEZ | SERVICIOS PROFESIONALES DE SEGUIMIENTO TÉCNICO NORMATIVO DE LA OBRA RELATIVA A LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA CIVIL DEL CAMPAMENTO BASE DEL GTM | \$232,000.00 | 11/JUL/10 | 16/JUL/10 AL 15/NOV/10 |
| CA-GTM-35/2010 | TELTRU DE MEXICO, S. DE R.L. MI | COMPRA DE DIVERSOS MATERIALES ASI COMO SOPORTES DE BARRAS LATERALES PARA LOS ANILLOS 1, 2 Y 3 DEL GTM | \$190,773.60 | 8/JUL/10 | ENTREGA INMEDIATA A PARTIR DE LA FIRMA DE CONTRATO |
| -CS-GTM-36/2010 | RECUBRIMIENTOS APLICADOS, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE NIVELACION DE PISO A BASE DE PLACA ANTIDERRAPANTE EL SITIO DEL GTM | \$214,460.80 | 13/AGO/10 | 3 DIAS NATURALES A PARTIR DE LA FIRMA DEL CONTRATO |
| CA-GTM-38/2010 | MEDIA LARIO S.R.L. | ADQUISICION DE 32 MEMBRANAS DEL REFLECTOR PRIMARIO DEL GTM | €174,738.00 EUROS | 20/SEP/10 | 20/SEP/10 AL 20/DIC/10 |
| CA-GTM-39/2010 | BARMEX, S.A. DE C.V. | DISPOSITIVOS PARA SITUACION DE PARO IMPREVISTO O SOBRE CARGA MECANICA DE LA XYZ CON DESCRIPCION EN OC- PE-GTM/82/10 | 9,878.60 USD (12.59) | 30/AGO/10 | 30/AGO/10 AL 11/OCT/10 |
| CS-OP-GTM-40/2010 | SERVICIO INGENIERIA DE LA SIERRA, S.A. DE C.V. | ADECUACIONES PARA LOS ALBERGUES DE LOS INVESTIGADORES EN EL VISITOR CENTER PARA OPERACIÓN FASE 2. | \$500,000.00 | 1/OCT/10 | 01/OCT/10 AL 30/OCT/10 |

| | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|
| CA-GTM-41/2010 | UNITEKTON, S.A. DE C.V. | ADQUISICION DE SISTEMA INTEGRADO DE PROTECCIONES CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS PARA EL GTM | \$936,617.23 | 21/SEP72010 | 21/SEP/10 AL 22/NOV/10 |
| CA-GTM-42/2010 | INCOD PLUS S.R.O. | ADQUISICION DE 32 MEMBRANAS DE NIQUEL ELECTRO FORMADO TIPO SANDWICH DE ALTA PRECISION. | €174,738.00 (\$16.37.51) | 20/SEP/20 10 | 20/SEP/10 AL 20/NOV/10 |
| INAOE-OP-01-2010 | DESARROLLADORA DE INFRAESTRUCTURA | CONSTRUCCION DE LA OBRA CIVIL DEL CAMPAMENTO BASE DEL GRAN TELESCOPIO MILIMETRICO | \$8'113,843.61 | 09/JUL/2010 | 12/JUL/10 AL 15 /NOV/10 |
| CONVENIO MODIFICATORIO | | PRORROGA DE TIEMPO PARA LA TERMINACION DE LOS TRABAJOS | | 05/NOV/2010 | 15/NOV/10 AL 30/NOV/10 |
| 2° CONV. | | TRABAJOS EXCEDENTES | \$310,886.58 | 30/NOV/2010 | |

2011

| No. CONTRATO | PROVEEDOR | CONCEPTO | MONTO | INICIO | TERMINO |
|-----------------------|---|---|------------------|------------|---|
| INAOE/GTM AR-001/2011 | ELIZABETH MENDEZ BELLO | ARRENDAMIENTO DE OFICINA ATZIZINTLA | 3,500 mensual | 01/01/2011 | 31/12/2011 |
| INAOE/GTM AR-002/2011 | JET VAN CAR RENTAL | ARRENDAMIENTO DE 14 VEHICULOS | 1,111,860.00 | 01/01/2011 | 31/03/2011 |
| INAOE/GTM AD-01/2011 | KARLA GABRIELA JACOBO OBREGON | COMPRA DE 66 SENSORES DE POSICION ABSOLUTA SPA-23 | US 46,632.00 | 28/01/2011 | 15/03/2011 |
| INAOE/GTM AD-02/2011 | KARLA GABRIELA JACOBO OBREGON | COMPRA DE 120 ELECTRONICAS PARA CONTROLADOR KAS-03 | US 22,194.00 | 28/01/2011 | 28/03/2011 |
| INAOE/GTM S-001/2011 | DONCEL CONSULTORES SC | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL EVENTUAL ESPECIALIZADO | 998,359.57 | 01/01/2011 | 15/01/2011 |
| INAOE/GTM S-002/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (16 DE ENERO AL 31 DE MARZO DE 2011) | 5,502,623.50 | 16/01/2011 | 31/03/2011 |
| INAOE/GTM S-003/2011 | INCOD PLUS SRO | SERVICIO DE MANUFACTURA PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE 36 SUBPANELES DE NIKEL ELECTROFOMADO TIPO SANDWICH | EUROS 214,000.00 | 28/01/2011 | ENTREGA INMEDIATA A LA ENTREGA DEL ANTICIPO |

| | | | | | |
|-----------------------|--|--|------------------|------------|---|
| INAOE/GTM S-004/2011 | MEDIA LARIO SRI | SERVICIO DE MANUFACTURA PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE 36 SUBPANELES DE NIKEL ELECTROFOMADO TIPO SANDWICH | EUROS 214,000.00 | 28/01/2011 | ENTREGA INMEDIATA A LA ENTREGA DEL ANTICIPO |
| INAOE/GTM S 005/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (1 AL 15 DE ABRIL DE 2011). | 1,200,000.00 | 01/04/2011 | 15/04/2011 |
| INAOE/GTM S 006/2011 | QUALYTUM, S.A. DE C.V. | ARMADO E INTEGRADO Y AJUSTES DE 16 COMPONENTES OPTICAS DEL GRAN TELESCOPIO MILIMETRICO | 3,461,068.80 | 08/04/2011 | 23/05/2011 |
| INAOE/GTM S 007/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (16 AL 30 DE ABRIL DE 2011) | 1,100,000.00 | 16/04/2011 | 30/04/2011 |
| INAOE/GTM AR-003/2011 | RODRIGUEZ VILLALOBOS VALENTINA | SERVICIO DE ARRENDAMIENTO DE DOS ESTACIONES DE TRABAJO PARA EL AREA DE DISEÑO Y SIMULACION MECANICA DEL GTM(15 DE ABRIL DE 2011 AL 15 DE ENERO DE 2012 | 162,251.07 | 15/04/2011 | 15/01/2012 |
| INAOE/GTM AR-004/2011 | JET VAN CAR RENTAL,S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ARRENDAMIENTO DE 6 VEHICULOS UTILITARIOS PARA EL GTM (29 DE ABRIL al 14 de julio de 2011) | 628,720.00 | 29/04/2011 | 14/07/2011 |
| INAOE/GTM/S-008/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (1 AL 15 DE MAYO DE 2011) | 1,100,000.00 | 01/05/2011 | 15/05/2011 |
| INAOE/GTM/S-009/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (16 AL 31 DE MAYO DE 2011) | 1,100,000.00 | 16/05/2011 | 31/05/2011 |
| INAOE/GTM/S-010/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (1 AL 15 DE JUNIO DE 2011) | 1,100,000.00 | 01/06/2011 | 15/06/2011 |
| INAOE/GTM/S-011/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (16 AL 30 DE JUNIO DE 2011) | 1,100,000.00 | 16/06/2011 | 30/06/2011 |
| INAOE/GTM/S-012/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (1 AL 15 DE JULIO DE 2011) | 1,100,000.00 | 01/07/2011 | 15/07/2011 |

| | | | | | |
|----------------------|--|---|--------------|------------|------------|
| INAOE/GTM/S-013/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (16 AL 31 DE JULIO DE 2011) | 1,100,000.00 | 16/07/2011 | 31/07/2011 |
| INAOE/GTM/S-014/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (1 AL 15 DE SEPTIEMBRE DE 2011). | 1,100,000.00 | 01/08/2011 | 15/08/2011 |
| INAOE/GTM/S-015/2011 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (16 DE SEPTIEMBRE AL 31 DE DICIEMBRE DE 2011). | 6'510,227.68 | 01/08/2011 | 15/08/2011 |

2012

| No. CONTRATO | PROVEEDOR | CONCEPTO | MONTO | INICIO | TERMINO |
|-----------------------|--|---|----------------|------------|------------|
| INAOE/GTM-S-001/2012 | OPERADORA DE SERVICIOS DE VERACRUZ, S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION DE PERSONAL (1 DE ENERO AL 29 DE FEBRERO DE 2012). | 3'432,026.45 | 01/01/2012 | 29/02/2012 |
| INAOE/GTM S-007/2012 | NOMISERVICIOS S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION Y PAGO DE NOMINA DE PERSONAL DEL GTM | 12,308,760.00 | 01/08/2012 | 31/12/2012 |
| INAOE/GTM S-003/2012 | NOMISERVICIOS S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION Y PAGO DE NOMINA DE PERSONAL DEL GTM | \$7,407,412.00 | 01/05/2012 | 31/07/2012 |
| INAOE/GTM S-002/2012 | NOMISERVICIOS S.A. DE C.V. | SERVICIO DE ADMINISTRACION Y PAGO DE NOMINA DE PERSONAL DEL GTM | \$2,942,746.97 | 01/03/2012 | 30/04/2012 |
| INAOE/GTM AR-002/2012 | ZIMAGO COMPUTACION S.A. DE C.V. | ARRENDAMIENTO DE EQUIPO DE COMPUTO | \$137,947.20 | 01/09/2012 | 31/01/2013 |
| INAOE/GTM AR-003/2012 | CLAUDIA PATRICIA GARCIA CERVANTES | ARRENDAMIENTO DE EQUIPO DE COMPUTO | \$701,561.46 | 01/09/2012 | 31/01/2013 |
| INAOE/GTM AM-006/2012 | MERLAB, PC | CONTRACION DE LA FASE 2 DEL SOPORTE TECNICO | US 708,685.17 | 18/06/2012 | 31/12/2012 |
| INAOE/GTM-AD-001/2012 | HEXAGON METROLOGY S. DE L.R. DE C.V. | COMPRA DE COMPONENTES | US 208,428.80 | 19/07/2012 | 19/09/2012 |
| INAOE/GTM S-004/2012 | MERLAB, PC | PRESTACION DEL SOPORTE TECNICO DE INGENIERIA | US 27,466.83 | 01/05/2012 | 15/06/2012 |

| | | | | | |
|-----------------------|--|--|--------------|------------|------------|
| INAOE/GTM SM-001/2012 | INGENIERIA ELECTRICA PROFECIONAL RICHARDI S.A. DE C.V. | PRESTACION DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACION ELECTRICA | \$196,000.00 | 16/07/2012 | 16/08/2012 |
|-----------------------|--|--|--------------|------------|------------|

REPORTES TÉCNICOS

19 Oct 2012 Adjuster Type A_10192012.pdf
Type 'A' Fixed Adjuster Design Report -- Rev 1

30 Sep 2012 Actuator Test Update 09302012.pdf
Kun Actuator Testing Results Update

13 Sep 2012 Adjuster performance 09132012.pdf
Type 'A' Manual Adjuster Performance Testing

11 Sep 2012 Adjuster TypeA_09112012.pdf
Type 'A' Fixed Adjuster Design Report (Update)

16 Aug 2012 M2 Bolt procedure 08162012.pdf
Bolt Torque Requirements for Mounting the Aluminum M2 Mirror

15 Aug 2012 Kun Actuator Evaluation 08152012.pdf
Kun Actuator Mechanical Design Evaluation Report

14 Aug 2012 M2 Procedure 08142012.pdf
Characterization Procedure for the LMT/GTM M2 Positioner

25 Jul 2012 Actuator TypeA_07252012.pdf
Type 'A' Fixed Adjuster Design Report

18 May 2012 Encoder Mount 05182012-Rev1.pdf
LMT Elevation Encoder Measurements, February 27 - March 1, 2012

22 Nov 2011 Task List11222011-a.pdf
LMT Task List

25 Oct 2011 Emergency Stow 10252011.pdf
LMT Emergency Stow System Review and Alternate Proposal

17 Oct 2011 Actuators10172011.pdf
LMT Actuator Visiting Team Report from October 11, 2011

1 Jul 2011 Encoder Hysteresis 07012011.pdf
LMT Elevation Encoder Hysteresis Behavior, June 28, 2011

3 May 2011 Encoder Diff 05032011.pdf
LMT Elevation Encoder Difference Measurements, March and April 2011

3 Feb 2011 Three Motor 02032011.pdf
LMT Three Motor Operation Test, February 3, 2011

13 Jan 2011 Encoder Diff0 1132011.pdf
LMT Elevation Encoder Testing, November 15-20, 2010

13 Jan 2011 Drive Tasks 01132011.pdf
Remaining LMT Drive System Tasks

11 Jan 2011 Inspections 01112011.pdf
LMT Drive System and Structure Inspection Recommendations

7 Jan 2011 Gear box turn of nut 01072011.pdf
Torque Procedure for LMT Elevation Gearboxes

19 Nov 2010 Scan Patterns 11192010.pdf
LMT Scan Patterns as a Function of 'r', with Tracking
(Updated version allowing for holography map profile)

11 Nov 2010 Summary Report 11112010.pdf
LMT System Testing, October 26-29, 2010

22 Oct 2010 Scan Patterns 10222010.pdf
LMT Scan Patterns as a Function of 'r', with Tracking

15 Oct 2010 Scan Patterns 10152010.pdf
LMT Scan Patterns with Tracking

28 Jul 2010 Thermal Summary 07282010.pdf
LMT Thermal Measurement Summary, July 14-19, 2010

17 Dec 2009 Servo Summary 12172009-Rev1.pdf
LMT Drive System Testing, November 10-13, 2009

7 Dec 2009 Servo Summary 12072009-Rev1.pdf
LMT Drive System Testing, October 26-29, 2009

3 Nov 2009 M2 Summary 11032009-1.pdf
M2 Positioner Tests

29 Sep 2009 EL Summary 09292009.pdf
Right (West) Elevation Gear Rim Alignment after Grouting

20 Aug 2009 Incident Report 08202009.pdf

Report of Uncommanded Motion Incident of August 4, 2009

3 Aug 2009 EL Summary 08032009.pdf
Right (West) Elevation Gear Rim Alignment

16 Jun 2009 EL Motion 06162009.pdf
Procedure for Transfer of Drive from Right (West) to Left (East) Side

26 May 2009 EL Summary 05262009.pdf
Left (East) Elevation Gear Rim Alignment

23 Mar 2009 EL Summary 03232009.pdf
Elevation and Azimuth Motion, Balance Calculation, and Gear Rim
Measurement

14 May 2008 EL Motion 05142008.pdf
LMT Elevation Motion Startup Procedure

12 May 2008 AZ Motion 05122008-a.pdf
LMT Azimuth Motion Startup Procedure - Draft A

12 May 2008 EL Motion 05122008-a.pdf
LMT Elevation Motion Startup Procedure - Draft A

9 Jul 2007 MRLB-LMT-402-B.pdf
Acceptance Procedure for the LMT/GTM M3 Positioner -- Draft B

8 Jul 2007 MRLB-LMT-401-B.pdf
Acceptance Procedure for the LMT/GTM M2 Positioner -- Draft B

14 Jun 2007 MRLB-LMT-304.pdf
Report of Panel Testing at INAOE, 5-7 June 2007

17 May 2007 MRLB-LMT-303.pdf
Review of Three Panel Test Logs: Late March Through Early May 2007

8 Feb 2007 MRLB-LMT-202-A.pdf
Draft of Bogie Measurement Procedure for LMT/GTM

5 Feb 2007 MRLB-LMT-301.pdf
Analysis of Photogrammetry Measurements of LMT/GTM Surface Panels

5 Feb 2007 MRLB-LMT-302.pdf
Proposed Surface Panel Testing for the LMT/GTM

18 Nov 2006 EISummary11172006.pdf
Initial Elevation Motion and Balance Calculation, November 17, 2006

17 Nov 2006 AzSummary11162006.pdf
Azimuth Alignment Results, November 16, 2006

14 Nov 2006 EISummary11112006.pdf
Initial Elevation Motion and Balance Calculation, November 11, 2006

18 Aug 2006, 16 Oct 2006, 26 Oct 2006, 10 Nov 2006 balance11102006.pdf
Iterations on balance procedures. Final title:
Proposed Procedure for Measuring the Balance of the LMT Reflector
Structure

9 Oct 2006 MRLB-LMT-COM-104.pdf
Azimuth Motion and Bogie Alignment, Sep 23-26, 2006

18 May 2006 elevation05182006.pdf
Elevation Motions on 9 May 2006

27 Apr 2006 brakeloads04272006.pdf
Brake Loads on the Elevation Gear

d) Documentación soporte de aplicación de recursos

2007-2012

| 2007-2012 | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|
| CAPITULO | RECURSOS FISCALES | | | APOYOS CONACYT / OTROS | TOTAL AUTORIZADO | EJERCIDO | % |
| | ORIGINAL | AMPLIACIONES / REDUCCIONES | TOTAL MODIFICADO | | | | |
| <i>Gasto corriente</i> | | | | | | | |
| 2000 | 35,912.40 | -2,869.92 | 33,042.48 | 27,921.98 | 60,964.46 | 60,964.46 | |
| 3000 | 94,587.60 | 11,607.14 | 106,194.74 | 130,765.37 | 236,960.11 | 236,960.11 | |
| 4000 | 13,000.00 | 3,058.72 | 16,058.72 | 0.00 | 16,058.72 | 16,058.72 | |
| Total G. C. | 143,500.00 | 11,795.94 | 155,295.94 | 158,687.35 | 313,983.29 | 313,983.29 | 70.34 |
| <i>Gasto de Inversión</i> | | | | | | | |
| 5000 | 0.00 | 27,563.22 | 27,563.22 | 58,995.40 | 86,558.62 | 86,558.62 | |
| 6000 | 0.00 | 30,605.00 | 30,605.00 | 15,263.40 | 45,868.40 | 45,868.40 | |
| Total G. I. | 0.00 | 58,168.22 | 58,168.22 | 74,258.80 | 132,427.02 | 132,427.02 | 29.66 |
| TOTAL | 143,500.00 | 69,964.16 | 213,464.16 | 232,946.15 | 446,410.31 | 446,410.31 | 100.00 |
| ASIGNADO CIATEQ | 0 | 0 | 0 | 6,053.85 | 6,053.85 | 6,053.85 | |
| TOTAL GENERAL | 143,500.00 | 69,964.16 | 213,464.16 | 239,000.00 | 452,464.16 | 452,464.16 | |

VIII. Seguimiento y control

ESTADO ACTUAL DE LA ATENCIÓN A LOS RESULTADOS DE LA REVISIÓN A LA CUENTA PÚBLICA 2010 PRACTICADA POR LA AUDITORÍA SUPERIOR DE LA FEDERACIÓN

Auditoría A-1143/2010

La observación es de carácter correctivo, plasmada en un Procedimiento de Responsabilidades Administrativas Sancionatorias (PRAS), cuya procedencia o desechamiento, a solicitud de la ASF, está investigando el Titular del Órgano Interno de Control en el INAOE. El PRAS referido es el siguiente:

10-9-3891U-04-1143-08-002.- Se solicita al Órgano Interno de Control en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica para que realice las investigaciones pertinentes y, en su caso, inicie el procedimiento administrativo correspondiente, por los actos u omisiones de los servidores públicos que en su gestión adjudicaron de manera directa el contrato número CSOP-GTM/27/2010 para contratar los servicios de una persona física, no obstante que el instituto tenía personal con tales facultades que generó un gasto indebido de 92.8 miles de pesos.

ESTADO ACTUAL DE LA ATENCIÓN A LOS RESULTADOS DE LA AUDITORÍA 02/2011 EFECTUADA POR EL ÓRGANO INTERNO DE CONTROL EN EL INAOE

Auditoría 02/2011 del OIC

La auditoría arrojó 15 observaciones con acciones correctivas y preventivas, de las cuales continúan en proceso de investigación y/o solventación, las siguientes:

- 03/2011.- Fianzas de cumplimiento del contrato CS-GTM-08/2010 y póliza de responsabilidad civil
- 04/2011.- Nóminas administradas por Doncel Consultores, S. C. (Contrato CS-GTM-08/2010)
- 05/2011.- Pagos de nómina a personal que no laboró en Doncel Consultores, S. C.
- 14/2011.- Constructora ROX S. A. de C. V.

ESTADO ACTUAL DE LA ATENCIÓN A LOS RESULTADOS DE LA AUDITORÍA 02/2012 EFECTUADA POR EL ÓRGANO INTERNO DE CONTROL EN EL INAOE, CLAVE 210 “ADJUDICACIONES RELACIONADAS CON EL GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO”.

La auditoría arrojó 11 observaciones emitidas por el OIC que están en proceso de atención, las cuales se refieren a los aspectos siguientes:

- 01/2012.- Paneles adquiridos con el CIDETEQ.
- 02/2012.- Moldes y Tinas CIDETEQ.
- 03/2012.- Control de Paneles.
- 04/2012.- Contrato CS-GTM-07/2009 Proveedor Media Lario S.R.L.
- 05/2012.- NISIM, Comunicaciones Nacionales Empresariales, S.A. de C.V.
- 06/2012.- Aplicación de Grouting Proveedor 5M.
- 07/2012.- Adjudicación del Contrato CA-GTM-38/2010 Media Lario S.R.L.
- 08/2012.- Adjudicación del Contrato CA-GTM-42/2010 INCOD PLUS S.R.O.
- 09/2012.- Adjudicación del Contrato INAOE/GTM S-003/2011 INCOD PLUS S.R.O.
- 10/2012.- Desactualización del Sistema de Información de Paneles y Sub-paneles "SIPS".
- 11/2012.- Convenio CONACYT, INAOE y CIATEQ.

IX. Resultados y beneficios alcanzados

La primera luz científica que se logró en los meses de mayo y junio del 2011, demostró que el GTM continúa siendo el telescopio milimétrico de una sola antena más competitivo en el mundo, confirmando que el caso científico del proyecto es reconocido mundialmente considerando las futuras contribuciones en torno a la formación de estructuras y materia en el universo. Por sus características técnicas, el GTM ofrece a la comunidad científica la oportunidad de participar en proyectos de investigación de clase mundial que estudie la evolución del universo y, al público en general, le dará la oportunidad de entender los procesos físicos y químicos que dieron origen a la vida.

En efecto, el reciente comisionamiento del telescopio ALMA (Atacama Large Millimeter Array) y el primer llamado para propuestas de observación, al cual respondieron alrededor de 1200 proyectos que sometió la comunidad astronómica internacional, confirma una demanda potencial importante y creciente del GTM, visto como un instrumento científico que complementará los datos que próximamente generará ALMA, posibilitando de esta forma el desarrollo de proyectos importantes de colaboración entre ambos programas.

Por otra parte, un aspecto importante derivado de la ejecución del GTM es la formación de recursos humanos, tanto en la rama científica para el cual se ha construido el telescopio, promoviendo el surgimiento de una nueva generación de investigadores en astronomía milimétrica, así como en áreas que son críticas para

el desarrollo nacional, como son las comunicaciones en altas frecuencias, la ingeniería electrónica y de control, la metrología y la ingeniería de estructuras inteligentes, entre otras.

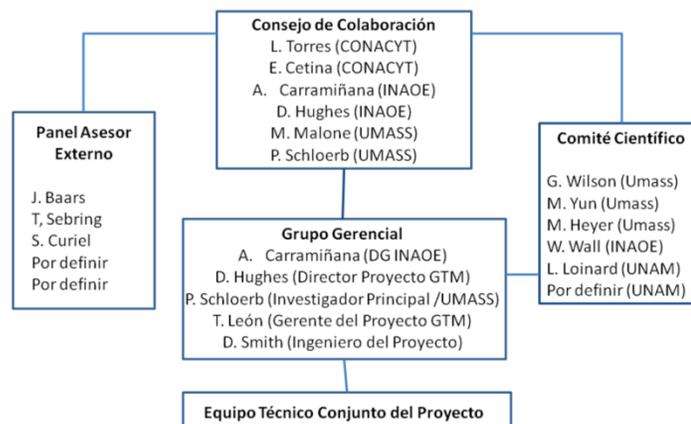
Asimismo, el INAOE ha logrado generar una infraestructura humana y material con grandes capacidades en el área de instrumentación astronómica, las comunicaciones de microondas y de altas frecuencias, la metrología, el control, el análisis de ingeniería y la generación de grandes superficies de alta precisión. Esta infraestructura, con los programas adecuados de vinculación y de transferencia de tecnología, puede ser un soporte muy importante para el sector productivo de México.

Reorganización del Proyecto GTM

Después de una revisión técnica interna de todo el proyecto, llevada a cabo en el mes de julio de 2011, el Dr. David H. Hughes fue nombrado como nuevo Director e Investigador Principal del GTM a partir del 15 de agosto del 2011. Así, dio comienzo un proceso de reestructuración organizacional, buscando integrar un grupo de trabajo con experiencia en administración de grandes proyectos, así como en todas las áreas técnicas y de ingeniería, dada la fase de licenciamiento de sistemas.

En este sentido, conforme a la etapa actual del proyecto GTM y de acuerdo al Memorando de Entendimiento firmado en noviembre de 2011 con la Universidad de Massachusetts, se estableció un esquema de organización para la conducción general del proyecto, conformado por un **Consejo de Colaboración** binacional que sesionará 2 veces al año, integrado por funcionarios de alto nivel del CONACYT, así como por el Vicerrector de Investigación de UMASS, el Director del Five College Radio Astronomy Observatory, el Director General del INAOE y el Director del Proyecto GTM; un **Grupo Gerencial** que sesiona semanalmente para decidir sobre la ejecución día a día del proyecto; un **Comité Científico** que sesionará 3 veces al año, conformado con representantes de la comunidad astronómica de la Universidad de Massachusetts, de la UNAM y del INAOE; y finalmente un **Panel Asesor Externo**, integrado por expertos en el diseño y construcción de grandes antenas, el cual sesionará 1 vez al año

Gráficamente, la organización general del proyecto es como se muestra en la siguiente figura.



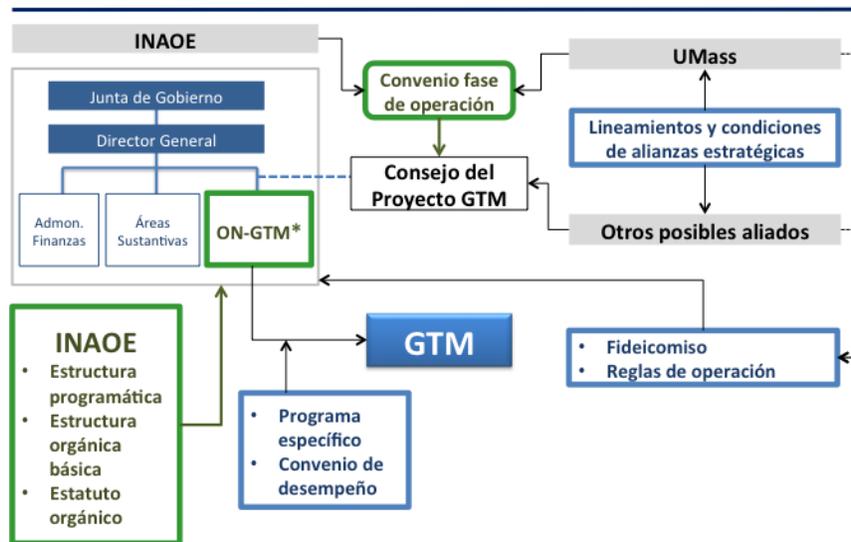
Estrategia para la conformación del ONGTM

El GTM no cuenta al día de hoy con un presupuesto regularizado que le permita una planeación y ejecución eficiente de sus actividades, incluyendo los recursos programados en el capítulo de gasto correspondiente al pago de servicios personales. Esta situación, cabe señalar, se agudiza debido a la falla de la Universidad de Massachusetts, nuestro socio de EUA, en obtener financiamiento a través de la NSF, bajo su programa del University Radio Observatory (URO) en su propuesta de octubre 2011.

Siendo así, para operar el GTM como un observatorio con un presupuesto anual regularizado, se instrumentó una estrategia general que, con la aprobación de la Junta de Gobierno, comprende en términos generales una re-estructuración orgánica y programática del INAOE para incorporar las actividades del Observatorio Nacional GTM; la firma de un nuevo Memorándum de Entendimiento con el socio del INAOE en este proyecto, la Universidad de Massachusetts; y la creación de un fideicomiso que permita la gestión de recursos propios que el futuro ON-GTM capte para su operación y mantenimiento.

Siguiendo acciones coordinadas entre las instancias globalizadoras, el INAOE y el CONACYT conformaron un grupo técnico de trabajo¹ para iniciar las gestiones con la SHCP y la SFP para la modificación de la estructura programática del INAOE, con el objetivo de formalizar internamente una estructura organizacional y un presupuesto para el Observatorio Nacional del Gran Telescopio Milimétrico (ON-GTM).

ESQUEMA GENERAL PARA LA CONFORMACIÓN DEL ON-GTM



* Área de la estructura básica del INAOE.

¹ Grupo integrado y avalado por el Dr. Enrique Villa, Director del CONACYT: Dirección Adjunta de Administración y Finanzas, Dirección Adjunta de Centros de Investigación y Dirección Adjunta de Asuntos Jurídicos del CONACYT, INAOE y Grupo GAE, empresa de asesoría jurídica.

El Observatorio Nacional del GTM será la organización operadora del telescopio cuya misión será brindar servicio a la comunidad científica nacional e internacional cumpliendo con los siguientes objetivos:

- Procuración y administración de una infraestructura física, humana y material que garantice la operación del telescopio (sitio, servicios, estructura física, sistemas e instrumentos), al 100% de su capacidad los 365 días del año, las 24 horas del día;
- Implementación de procesos internos de calidad internacional que brinden servicio y apoyo a los grupos científicos y técnicos, así como a ingenieros e instrumentistas que participarán en la operación y mantenimiento del telescopio, y la actualización de sus instrumentos;
- La administración del Observatorio a través de un consejo administrativo que estará integrado inicialmente por los socios financieros actuales: INAOE y la Universidad de Massachusetts (EUA), y en un próximo corto período (entre 3 y 5 años) por posibles nuevos socios de otras instituciones nacionales e internacionales, con interés por participar en la gestión y en los tiempos de observación del telescopio;
- La regulación de comités especializados que gestionarán el uso eficiente del GTM: Comité Asesor Científico, Comité Asesor Técnico, Comité de Usuarios del GTM, Comité de Asignación de Tiempos;
- La coordinación con la infraestructura interna del INAOE, entendiendo como crítico el acceso directo a su infraestructura física: laboratorios y talleres; a su infraestructura humana: investigadores y estudiantes de posgrado del INAOE; así como a su capacidad instalada en términos de edificios, redes de telecomunicaciones y personal especializado en ingeniería y metrología;
- La coordinación con la infraestructura que se está ya desarrollando alrededor del GTM en la Sierra Negra, como consecuencia de la atracción del lugar físico e infraestructura base que existe.

El objetivo es incorporar las necesidades presupuestales del Observatorio al Presupuesto de Egresos de la Federación del INAOE a partir del 2013, en los términos que se indican en la siguiente tabla.

| Capítulo de gasto | Monto (pesos) | Observaciones |
|-------------------|----------------|---|
| 1000 | \$14'236,258.7 | Incluye 20 plazas: 2 para Mandos Medios y Superiores y 18 para personal científico, tecnológico y técnico (Ver Anexo 4 con FUMP) |
| 2000 | \$17'175,659.0 | Implementación de acciones remediales para el mejoramiento de la superficie primaria. Mantenimiento y operación sitio y telescopio |

| | | |
|--------------|------------------------|---|
| 3000 | \$63'567,068.7 | Incluyen \$44'255,837.7 para servicios especializados sobre una plantilla de 87 personas de perfil científico, tecnológico y técnico adicionales a las 20 plazas solicitadas en capítulo 1000. Mantenimiento y operación Gestión operativa y administrativa |
| 5000 | \$41'000,000.0 | Implementación de acciones remediales para el mejoramiento de la superficie primaria. |
| Total | \$135'978,986.4 | Presupuesto programado ON-GTM 2013 |

Demostración Científica y la Primera Luz del GTM

En enero del 2011 el equipo de trabajo del proyecto comenzó la instalación del receptor de holografía de 12GHz en el foco primario del telescopio, antes de llevar a cabo la campaña de alineación de la superficie, actividad que duró 4 meses (enero-abril 2011). Los primeros 2 meses se dedicaron a las pruebas del receptor y a las primeras modificaciones del software para el análisis y ajustes de los datos de holografía. Se llevaron a cabo correcciones de aberraciones esféricas y astigmatismo de la óptica en el espejo primario, así como estrategias de escaneo del telescopio para incrementar la eficiencia de las primeras observaciones directas.

En paralelo con las mediciones holográficas, se llevó a cabo un programa de trabajo para completar la instalación final y alineación del espejo terciario (M3) y su posicionador, así como la instalación de una plataforma ubicada a lo largo del eje elevación. En Marzo del 2011, el proyecto recibió los dos primeros instrumentos de "Primera Luz": el "Redshift Search Receiver" y la cámara de 1mm AzTEC para comenzar pruebas iniciales de funcionamiento. Al mismo tiempo, se recibió la óptica de acoplamiento para AzTEC (3 espejos adicionales: M4, M5 y M6), que se instaló en la estructura de soporte para instrumentos y óptica construida en el cuarto de instrumentos. Finalmente, en Abril de 2011, los dos instrumentos de Primera Luz se instalaron y enfriaron en el cuarto de instrumentos, actividades seguidas de dos semanas de alineación de su propia óptica individual para comenzar con el desarrollo de las primeras observaciones en la fase de licenciamiento.

El mes de Mayo de 2011 se dedicó a la generación del primer modelo de apuntado para el GTM en longitudes de onda milimétricas, combinando observaciones a 3mm y a 1mm con las observaciones astrométricas más precisas de la cámara óptica, aún y cuando el mejoramiento en la precisión global de la superficie del telescopio no fue posible lograrlo completamente debido a la falta de alineación de los sub-paneles en los segmentos individuales, así como a la falta de desempeño suficiente en el movimiento de los 336 actuadores que soportan y alinean los 84 segmentos internos de la superficie. Esta falta de sensibilidad afectó también la posibilidad de enfocar eficientemente el telescopio con los movimientos del espejo secundario; no obstante, a pesar de estos problemas que están en proceso de corrección, el 1 de junio del 2011 el GTM

comenzó las primeras observaciones científicas demostrativas con el Redshift Search Receiver (un espectrómetro de banda ancha) a 3mm hacia galaxias en formación en el universo local y distante. Las primeras observaciones hacia la galaxia cercana y brillante denominada M82 (Figura 1), y la comparación de estos datos con observaciones del mismo instrumento cuando fue instalado en el telescopio de 14-m del FCRAO en el 2009, permitieron confirmar clara e inmediatamente que tanto el Redshift Search Receiver de 3mm como todos los subsistemas del telescopio funcionaron óptimamente.

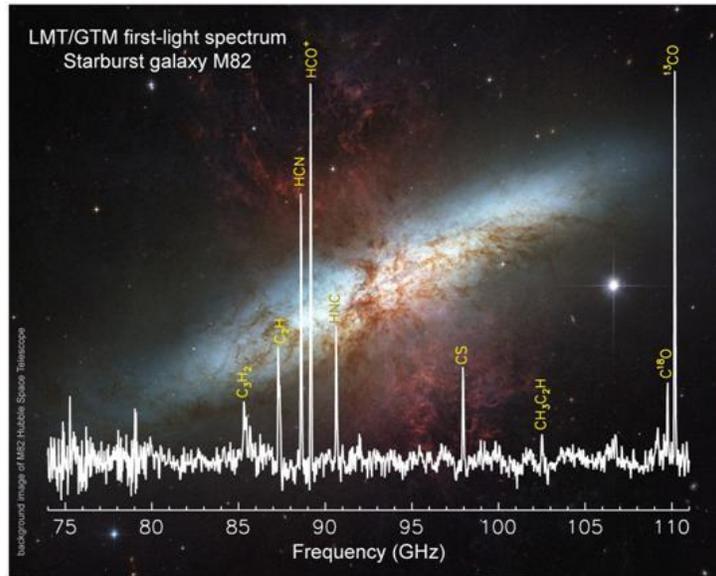


Figura 1. Primera Luz del GTM a 3mm con el espectrógrafo de banda ancha (Redshift Search Receiver), el 1º de junio de 2011. La observación del GTM fue hacia el núcleo de la galaxia cercana y brillante M82 que está formando estrellas a una tasa aproximadamente 3 veces mayor que la Vía Láctea. La imagen de fondo muestra la emisión óptica rastreada a través de observaciones de alta resolución espacial con el Telescopio Hubble. La línea espectral muestra el espectro completo de 3mm detectado en una sola observación con el GTM. Varias líneas de transición molecular son identificadas y confirman observaciones previas a 3mm que apuntaron al mismo lugar dentro de esta galaxia.

De manera más importante, la detección exitosa de transiciones de CO molecular hacia galaxias amplificadas por lentes gravitacionales con corrimientos al rojo entre $z=2$ y $z=4$ (distancia de 12 mil millones de años luz), confirmaron la capacidad del GTM de ser un telescopio competitivo (Figura 2). En el mes de julio de 2011 la cámara AzTEC logró también observaciones continuas de primera luz en el rango de 1mm, con observaciones de regiones galácticas con formación estelar que confirmaron estructuras ya detectadas por otros telescopios. La serie de observaciones de Primera Luz demostraron que todos los subsistemas (electro-mecánicos y ópticos) del telescopio, así como los sistemas de control, instrumentación y software están integrados y operacionales.

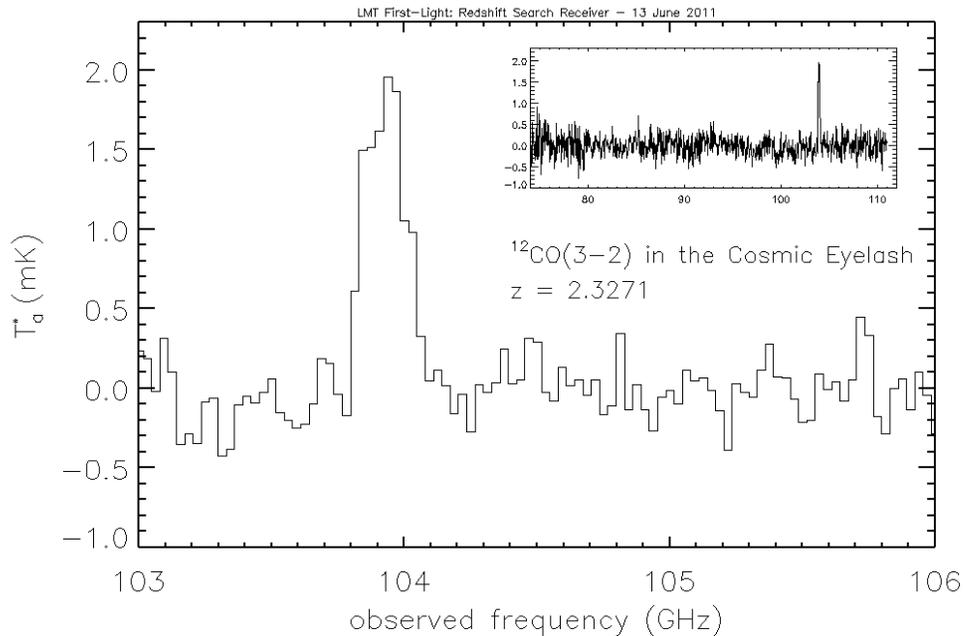


Figura 2 Primera Luz a 3mm con el espectrógrafo de banda ancha (Redshift Search Receiver), el 13 de junio de 2011, hacia la galaxia “Cosmic Eyelash” que se ubica a una distancia de 12 mil millones de años luz. La parte interna muestra el espectro completo a 3mm (ancho de banda de 35 GHz) con la línea molecular de CO (3-2) corrida al rojo a 103.95 GHz bien identificada. El espectro muestra un agrandamiento del espectro que contiene la línea de monóxido de carbono. La señal de ruido de la detección y el tiempo de integración en esta observación es comparable a observaciones previas con el telescopio IRAM, lo que demuestra la competitividad del GTM pese a la falta de eficiencia actual en apertura.

A manera de describir el impacto del GTM manera más puntual, se resaltan los siguientes indicadores de productividad:

- *Capacidad de atracción de talento y movilidad científica:* Se asegura un gran interés por usar el GTM por parte de grupos científicos en México y en el extranjero;
- *Desarrollo tecnológico e innovación:* Se está evidenciando un gran interés por grupos de instrumentación en México y en el extranjero por desarrollar nuevos instrumentos científicos para usarse en el GTM;
- *Productividad científica en proyectos en desarrollo:* Se dará un incremento sustancial en el número de proyectos científicos relacionados con el caso científico que aborda el GTM;
- *Productividad científica a través de publicaciones:* Se estima un incremento en la productividad científica del INAOE en artículos arbitrados publicados en revistas de circulación internacional, así como en indicadores de impacto científico -citas-;
- *Colaboración científica internacional:* La asociación del INAOE/ON-GTM con grupos e instituciones nacionales e internacionales de alto renombre en el área

de la astrofísica que posicionen al INAOE como institución de vanguardia y que contribuyan con la operación del GTM;

- *Formación de recursos humanos de alto nivel de especialización:* Incremento en el número de profesionistas interesados en desarrollarse en áreas relacionadas con el GTM: astrofísica milimétrica, ingeniería, instrumentación milimétrica, sistemas mecatrónicos, software avanzado, diseño mecánico, administración de centros de datos astronómicos, por mencionar algunas;
- *Transferencia de tecnología:* El desarrollo de instrumentación astronómica obliga a la innovación de procesos, dispositivos y software. Una buena gestión de los mismos podría permitir procesos de transferencia con impacto en desarrollo de nuevas oportunidades de negocios.
- *Un liderazgo* en un programa científico que ofrecerá un máximo legado en México.

X Informe final del servidor público de la dependencia o entidad, responsable de la ejecución del programa, proyecto o asunto

El Gran Telescopio Milimétrico es un proyecto científico binacional entre México y los Estados Unidos de América consistente en una antena de 50 metros de diámetro que se ha instalado en la cima del volcán Sierra Negra, en el estado de Puebla, a una altitud de 4600 metros y cuyo caso científico se circunscribe a temas de investigación relacionados con el estudio de la formación y evolución de estructuras a lo largo de toda la historia del universo.

Considerando el gran tamaño del área colectora de la antena, el desempeño esperado del GTM, soportado por un conjunto de instrumentos de primera clase, proveerá una sensibilidad extremadamente alta, una capacidad de mapeo a muy altas velocidades y una resolución apta para detectar señales en el rango de longitud de onda de 4mm a 0.8mm para observaciones en el continuo y espectroscópicas, capacidades que lo ubican en un instrumento astronómico de frontera. Actualmente, el GTM se encuentra en una fase de transición entre una etapa de terminación de su construcción y la de arranque de un observatorio operativo que apoye a la comunidad científica en la explotación del telescopio.

En la etapa actual del proyecto, que puede denominarse como de alta tecnología o “High Tec”, y particularmente a partir del 2011, se dieron los avances más significativos en las capacidades científicas y de ingeniería en el GTM, así como cambios importantes en la administración del proyecto. El “Programa de Primera Luz”, iniciado en 2010, se completó con éxito en junio de 2011, alcanzando sus metas primordiales al demostrar la capacidad del telescopio para la observación científica de fuentes astronómicas a longitudes de onda de 3mm y 1mm, así como al identificar los subsistemas y las áreas de ingeniería que deben ser mejorados para cumplir con las especificaciones de diseño del GTM y alcanzar así su total potencial científico, bajo el cual fue concebido.

Tras los recientes cambios en la administración del proyecto y en los equipos de ingeniería, el proyecto GTM se está acercando a la meta más importante de su desarrollo. Durante los últimos 12 meses, el equipo de ingeniería del proyecto ha trabajado con éxito para mejorar significativamente el rendimiento de la superficie primaria del telescopio. Con base en ello, en noviembre de 2012 el proyecto GTM anunciará la primera oportunidad para que la comunidad astronómica de México y de su socio, la Universidad de Massachusetts, preparen propuestas para hacer observaciones astronómicas con el GTM en la primavera de 2013. Estos trabajos científicos producirán los primeros datos a aparecer en publicaciones científicas arbitradas, en presentaciones en general, en seminarios y en artículos científicos de lectura pública. El gran impacto de estos primeros resultados rápidamente mejorará la reputación internacional del GTM entre la comunidad mundial de astrónomos, y confirmará que el GTM ha logrado con éxito la transición de un proyecto en construcción a un telescopio de clase mundial completamente funcional y operativo.

El futuro del GTM y la capacidad para competir con las mejores instalaciones mundiales para la astronomía, depende fundamentalmente de dos factores que, con la voluntad política que es necesaria, es perfectamente factible:

1. Del establecimiento formal del Observatorio GTM, el cual requerirá la asignación anual garantizada de un presupuesto para operar el telescopio.
2. De la inversión de capital necesaria para completar la fabricación de los anillos exteriores de la superficie primaria que incrementen el diámetro de la antena de 32-m a 50-m, y para incorporar el sistema electro-mecánico de los actuadores del sistema activo de la antena, encargados de corregir en tiempo real las deformaciones de la superficie primaria del telescopio, inducidas gravitacionalmente o por efectos térmicos.

El Observatorio del GTM en el INAOE

El Observatorio del GTM, con el telescopio mismo que se ha instalado en la cima de Sierra Negra, es la imagen pública del proyecto que está encargado de varias funciones críticas: Ofrece el servicio de apoyo principal a la comunidad científica para el aprovechamiento de las instalaciones, desde el contacto inicial hasta la preparación de propuestas científicas, la organización y la programación del tiempo de uso del telescopio; el apoyo directo y la interacción con los investigadores que viajan a Sierra Negra para hacer observaciones “*in situ*” o con aquellos investigadores que opten por realizar sus observaciones de forma remota desde sus instituciones de origen. El Observatorio del GTM es también responsable del mantenimiento del telescopio y de la instrumentación científica, del camino de acceso y de la infraestructura en general del sitio. Además, los ingenieros y el personal del Observatorio desarrollarán la próxima generación de instrumentos para garantizar que el GTM siga siendo el líder mundial de los telescopios de longitudes de onda milimétricas de un solo plato.

Asegurar el financiamiento regular para la operación del Observatorio GTM es el objetivo más importante que debe lograrse, a fin de que la comunidad científica usuaria, particularmente la de México, tenga acceso garantizado a una infraestructura de clase mundial en los próximos años. Operar el telescopio con un presupuesto ordinario anual seguro, permitirá también desarrollar y ejecutar las estrategias de corto, mediano y largo plazo para mejorar la infraestructura del telescopio y aumentar su rendimiento y eficiencia, posibilitando así el incremento de la productividad científica de los investigadores y del observatorio mismo.

El Gran Telescopio Milimétrico: un telescopio de clase mundial en México

El espejo primario del GTM consiste en un arreglo óptico de 180 segmentos reflectores colocados en cinco anillos concéntricos, de los cuales, hasta ahora, se cuenta con 84 segmentos instalados en los 3 anillos interiores de la antena, ofreciendo un telescopio con diámetro de 32 metros. Cuando se instalen los dos anillos exteriores (4 y 5), el GTM completará el diámetro previsto que es de 50 metros, haciéndolo el telescopio más grande de una sola antena en el mundo, óptimo para trabajos de investigación en astronomía de ondas milimétricas. Con la apertura completa y el cumplimiento de la precisión total de 75 micras RMS en la óptica del telescopio, indicada en las especificaciones de diseño, el GTM será un complemento muy importante a la infraestructura astronómica existente como el EVLA, ALMA, Herschel, HST y los varios telescopios ópticos e infrarrojos de 8-10 metros terrestres y espaciales, así como de futuros telescopios que, por los ambiciosos avances tecnológicos que implica su desarrollo, se ubicarán a la vanguardia, tales como: SKA, SPICA, JWST, GMT, TMT, EELT, LSST, entre otros.

El GTM ha demostrado ya que es una instalación científica competitiva a nivel mundial al funcionar como un telescopio milimétrico de 32 m de diámetro capaz de operar a una longitud de onda de 3 mm. Las observaciones de primera luz logradas en junio de 2011 permitieron al proyecto demostrar fehacientemente que las observaciones astronómicas de formación de estrellas en galaxias distantes (cuando el universo tenía la edad de 12 mil millones de años, sólo el 10% de su edad actual) puede hacerse con la misma sensibilidad que los mejores telescopios milimétricos que operan hoy en el mundo a esa longitud de onda. Más aún, hay que resaltar que estos resultados se han obtenido sin el desempeño y eficiencia que el GTM tendrá, una vez que la alineación y el diámetro de la superficie primaria alcancen las especificaciones de diseño, para lo cual es necesario el financiamiento de las tareas que deben realizarse.

Cuando el GTM esté completo con sus 50-m de diámetro, no sólo será el telescopio de un solo plato más grande del mundo en las décadas siguientes, sino que también será el único telescopio de longitud de ondas milimétricas capaz de complementar las observaciones científicas de las próximas generaciones de los grandes telescopios terrestres y espaciales que operarán en un rango de frecuencias entre el radio y los rayos X.

Actualmente, más de 7 mil millones de dólares se invierten en el mundo en proyectos internacionales para construir nuevos telescopios con el propósito de avanzar en nuestra comprensión de la formación y evolución del universo. Con este parámetro, dado el impacto científico de los resultados producidos durante el tiempo de vida de 30 años del GTM, y a través del establecimiento de nuevas colaboraciones científicas internacionales y alianzas, la inversión actual y futura que se requiere para el GTM, constituye un esquema muy rentable para proporcionar a la comunidad científica mexicana un acceso inmediato a la mejor infraestructura científica del mundo.

Conclusiones finales

Los desafíos que enfrenta la sociedad mexicana en materia de energía, la investigación médica, las comunicaciones y la seguridad nacional, por ejemplo, requieren avances en la ciencia y la tecnología, así como un enfoque de colaboración para la investigación en una amplia gama de disciplinas. La astronomía no es ajena a ello.

En efecto, esta disciplina es una ciencia básica con un alto impacto en el desarrollo histórico de la ciencia y de las matemáticas en particular. No obstante, debido a sus constantes requerimientos para contar con instrumentos de observación cada vez más sofisticados, es también un campo que promueve la investigación aplicada que ha resultado en el diseño y construcción de sistemas ópticos de avanzada, de sistemas mecánicos de alta precisión, de software de control y de instrumentación de frontera. Asimismo, la astronomía promueve la formación de nuevas generaciones de científicos e ingenieros que puedan transferir sus prácticas, habilidades y experiencia a otros campos de investigación, a la industria y a los negocios en general.

En este sentido, bajo un esquema binacional, el GTM representa un ejemplo destacado y exitoso de una gran colaboración de científicos, técnicos y empresas privadas y públicas tanto de México como de los Estados Unidos, Alemania e Italia (CEMEX, DIRAC, PAILERÍA DE SAN LUIS POTOSÍ, ESEASA, G&C CONSTRUCCIONES, CFE, GEIC, VERTEX, ANTEDO, SG&H MT MECHATRONICS, MEDIA LARIO SRL, entre muchas otras), para construir un instrumento astronómico de clase mundial. La operación del Observatorio del GTM y la producción científica esperada no sólo fortalecerán aún más las oportunidades para científicos, industriales para establecer más colaboraciones binacionales con los Estados Unidos, sino, además, en el caso específico del Observatorio, permitirá a México buscar en el futuro otros socios internacionales que puedan apoyar financiera y tecnológicamente al proyecto, así como mediante el intercambio de investigadores científicos.

El GTM seguirá maximizando el impacto de sus instalaciones y de las capacidades de las próximas generaciones de científicos e ingenieros que serán formados en el Observatorio del GTM y en los laboratorios del INAOE, en

beneficio de México. El mayor legado del GTM, además de los resultados directos relacionados con nuestro mejor entendimiento del Universo es y será la fuente de inspiración constante para los jóvenes investigadores mexicanos para trabajar en áreas relacionadas con la ciencia, la ingeniería, la tecnología y las matemáticas que, a su vez, tienen un efecto positivo en economía y la sociedad en el futuro.