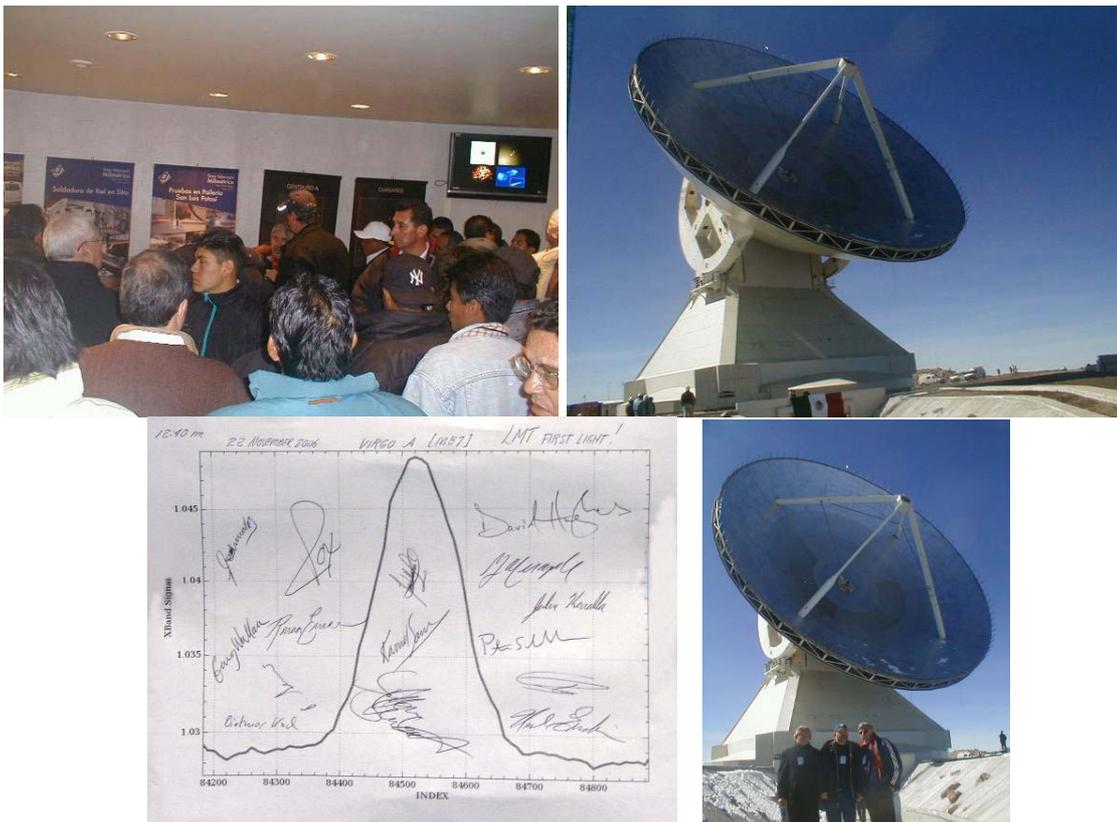


5.2 INFORME DE AUTOEVALUACION DEL PROYECTO GTM.

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 fue inaugurado formalmente el 22 de noviembre de 2006 por el Presidente de la República, detectando como primera luz, a las 12:40 Hrs., el cúmulo de Virgo.

Lo anterior marcó la finalización de la etapa de construcción de los sistemas básicos de la antena y el inicio de la fase de verificación y pruebas, en la que, mediante un trabajo conjunto de los ingenieros del proyecto y los astrónomos del INAOE y la UMSS, habrá de completarse la instalación y puesta en operación de todos los sistemas ópticos del telescopio que están en proceso de fabricación e integración, incluyendo el control activo del reflector primario y la instrumentación para las observaciones astronómicas.



El Presidente de la República visitando la exposición del proyecto GTM, durante la inauguración del telescopio. A la derecha, la antena terminada. Abajo, a la izquierda, la gráfica de la primera luz. A la derecha, el Dr. José S. Guichard, Director General del INAOE, en compañía de los licenciados Oscar Escobar Franco y José Miguel Fernández Peña.

Durante el ejercicio 2006 el trabajo desarrollado implicó completar, en un período de tiempo reducido, la alineación de los sistemas mecánicos de movimiento azimutal y de elevación de la antena, así como la instalación de los primeros tres anillos de paneles, con el propósito de estar en condiciones de cumplir con la encomienda de la Oficina de la Presidencia de la República y del Director General del CONACYT para inaugurar, a finales del año, el telescopio milimétrico.

A continuación se presenta el informe detallado de las acciones emprendidas en el ejercicio 2006.

5.2.1 Estructura de Acero

Después de seis años de haber iniciado la fabricación de casi 2,000 toneladas de acero (marzo del año 2000), en el primer semestre del 2006 se terminó el montaje, alineación y soldadura de la estructura del telescopio, incluyendo la instalación y alineación de los sistemas mecánicos de movimiento.

Este proceso estuvo a cargo totalmente de la industria nacional, bajo la supervisión de empresas internacionales expertas en la construcción de grandes antenas. La calidad de la soldadura aplicada en sitio, específicamente, fue supervisada por el CIATEQ, Unidad Querétaro, dada su experiencia en el diseño y construcción de estructuras mecano soldadas. Con base en los reportes derivados del esquema de supervisión del proyecto, puede afirmarse que la estructura de acero cumple con todas las especificaciones de calidad de la antena, establecidas por el diseñador.

El cierre del 2006 es oportuno para sintetizar el trabajo desarrollado en la fabricación, transporte e instalación de la estructura de acero, mencionando los problemas principales que tuvieron que resolverse a lo largo de la ejecución de la obra, sobretodo en los últimos tres años.

El diseño de la estructura de acero, elaborado por la empresa MAN Technologie, hoy MT Mechatronics, adoptó el concepto de telescopio denominado "ruedas sobre pista" ("wheel and track"). Básicamente consiste en un conjunto de vigas y nodos de conexión que forman una base piramidal (alidada inferior) que, con un balero empotrado en la parte superior de la torre de la cimentación, gira sobre su eje en un riel circunferencial. Sobre esta pirámide, existe un arreglo estructural denominado alidada superior, el que, con los ejes de elevación, integra la interfaz con la estructura de elevación de la antena. Este concepto de ingeniería ha sido desarrollado y perfeccionado por MT Mechatronics, en una experiencia acumulada por casi 40 años.

Si bien el trabajo asociado a la fabricación y ensamble de la estructura de acero tiene tolerancias estrictas, puede decirse que, en términos generales, corresponden a una obra de pailería común para estructuras de precisión de grandes dimensiones. No obstante, en el diseño de MAN existen componentes críticas, cuyas tolerancias son tales que requieren de una atención muy cuidadosa para asegurar que la estructura de acero se comporte con el desempeño esperado, de acuerdo a los análisis de ingeniería. Estas componentes críticas son, por ejemplo, los nodos de unión de las armaduras de la estructura parabólica de la antena y los puntos de interfaz con los sistemas mecánicos de movimiento: balero azimutal, ruedas, ejes de elevación, cremalleras, entre otros.

Con base en las especificaciones determinadas por el diseñador, el contrato para la fabricación, transporte e instalación de la estructura de acero fue asignado a la empresa Adriann's de México S. A. de C. V. (ADM), tras haberse declarado desierto en dos ocasiones el proceso de licitación pública respectivo. En su oferta, ADM estableció un plazo de ejecución de 480 días naturales.

Con base en dicho contrato y bajo la supervisión en planta por parte de la empresa VERTEX, contratada por la UMASS como integrador de sistemas, la fabricación de las componentes estructurales inició el 3 de marzo del año 2000, por lo que, de acuerdo a la propuesta de concurso, la empresa debía terminar la obra el 28 de junio del 2001. Sin embargo, como se ha reportado en diversas ocasiones a la Junta de Gobierno, la empresa experimentó diversos problemas, tanto de orden técnico como de manejo gerencial de la obra, aspectos que finalmente le impidieron cumplir con los compromisos contractuales adquiridos con el INAOE, pese a que en noviembre del 2003 se firmó un convenio adicional que estableció un plazo de entrega de la obra extendido hasta el 30 de julio del 2004.

Fue a partir de agosto del 2001, después de haber ensamblado en planta la alidada del telescopio y un doceavo de la estructura de elevación de la antena, cuando ADM comenzó a entregar en sitio las primeras piezas de acero de grandes dimensiones. En la segunda quincena de marzo del 2001, es decir, dos años después de haber iniciado el contrato, la empresa comenzó la fase de montaje de la estructura de acero, iniciando este trabajo con el ensamble del marco base de la alidada.

Los reportes de CIATEQ indican que la empresa comenzó a tener problemas de calidad de la soldadura desde los primeros trabajos ejecutados en sitio, que corresponden al ensamble y alineación de la alidada. Muestra de ello es que del total de reparaciones que se hicieron, un 58% se concentró en la alidada base, 24% en la alidada media y 18% en la alidada superior. En noviembre del 2002 la falta de aseguramiento de calidad por parte de ADM hizo crisis: Las estructuras

mecano soldadas experimentaron contracciones importantes que produjeron la ruptura de los puntos de soldadura de las cuatro diagonales principales con las columnas de soporte provisional que se emplearon para el montaje. El reporte del Ing. Mirco Schlang, experto de MAN Technologie en la materia, indicó la necesidad de integrar un esquema de supervisión más estricto a efecto de corregir, primero, los problemas detectados, y segundo, para asegurar que el ensamble y soldadura de las piezas faltantes permitiera que las deformaciones que necesariamente se experimentan en ese tipo de trabajo, fueran las esperadas en el diseño de la antena. Es así que aparece CIATEQ como parte del cuerpo de supervisión del proyecto. A partir de diciembre del 2002, ADM inició las correcciones de la alidada inferior y, una vez terminado este proceso, efectuó el montaje de la alidada superior. Esta fase de la obra la concluyó ADM a fines del 2003.

La siguiente fase correspondería a la colocación de las componentes básicas de movimiento del telescopio, trabajos que representaban un mayor nivel de exigencia técnica.

Si bien el alcance del contrato de ADM no incluía el montaje de las componentes mecánicas, en principio era factible adicionar estos trabajos mediante un convenio adicional. Sin embargo, para ese entonces el proyecto ya tenía una idea clara que este tipo de trabajo de alta precisión debía estar en manos de una compañía que asegurara los niveles de calidad requeridos. Así, en diciembre del 2003 la empresa Pailería de San Luis Potosí (PSLP), que ya había trabajado en el proyecto en la instalación de la pista de rodamiento con resultados muy exitosos, colocó el balero azimutal y en marzo del 2004 montó los ejes de elevación de la antena.



El montaje del balero azimutal y de los ejes de elevación.

En enero del 2001, ADM inició la fabricación de los balastros o contrapesos de la antena, bajo la supervisión de la empresa ANTEDO que había sustituido a VERTEX en su calidad de integrador de sistemas. Estas piezas, además de su gran tamaño, incluyen la fabricación y el maquinado de alta precisión (0.2 mm) de dos aros que sirven de interfaz con los ejes de elevación de la antena; a la vez, los balastros soportan las cremalleras y piñones de los motores de elevación. Las especificaciones de fabricación de estas componentes, como puede apreciarse, requieren de un alto nivel de calidad y entendimiento sobre el funcionamiento estructural del telescopio. Para ADM fue un reto insuperable que llevó mucho tiempo resolver. Finalmente, el INAOE decidió encargar a la empresa ALSTOM, de Morelia, la fabricación y fijación de los anillos, mediante un proceso de soldadura estrictamente controlado a efecto daños en estas componentes, así como evitar deformaciones en la estructura que los soporta.

La estructura básica de los balastros se terminó en el verano del 2001. Para ese entonces, ADM había integrado un esquema interno de aseguramiento de calidad distinto al que originalmente había organizado, preocupado más por justificar procedimientos de trabajo defectuosos que entender con mayor claridad el diseño de MAN. Asimismo, como dato lateral pero importante para entender el cambio de actitud de la empresa, es necesario mencionar el hecho de que también para ese entonces el Ing. Roberto Tepichín Jiménez, fundador de ADM, prácticamente ya no asistía a la empresa debido a problemas de salud. Lamentablemente fallece en diciembre del 2001, que es cuando ADM comenzaría los trabajos en sitio, dejando inconclusa la obra a la que calificaba como la más importante de su vida.

Fue hasta abril del 2005 cuando PSLP, que a partir de septiembre del año anterior se le había asignado el contrato para la terminación de los trabajos asociados a la estructura de acero, cuando los balastros fueron montados en su posición final.



El montaje de los balastros o contrapesos de la antena.

La estructura de 50 metros de diámetro de la antena comenzó a fabricarse en septiembre del 2001, con serias discrepancias entre lo diseñado por MAN en cuanto a los nodos de unión de los tubos, y lo que el entonces integrador de sistemas, VERTEX, deseaba que se manufacturara. En esta controversia, por primera y única vez ADM coincidió con VERTEX, en este caso en la conveniencia de fabricar los nodos a base de placas, en vez del concepto de unión tubo a tubo que diseñador había concebido. Ambas soluciones han funcionado en los telescopios que cada empresa, MAN y VERTEX, han construido a lo largo de los años. Para ADM, en el caso de las uniones tubo a tubo, la diferencia estribaba en la necesidad de adquirir una máquina cortadora especial que no había considerado en sus costos de concurso.



El tiempo de manufactura de la estructura de elevación, así como el de instalación fue más allá de las estimaciones más pesimistas. Prácticamente, tomó a ADM 34 meses manufacturar la mayor parte de las componentes estructurales. Para el 30 de julio de 2004, fecha en que terminó el contrato con ADM, aún faltaban de entregar en sitio cerca de veinte toneladas de componentes y la soldadura de la estructura no registraba ni el 20% de avance, sin considerar las múltiples fallas en la calidad que después tuvieron que corregirse. Es cierto que el flujo de los

recursos financieros no llegó al nivel de fluidez que se esperaba tanto en 2003, como en parte del 2004 y que, consecuentemente, la velocidad del trabajo de ADM disminuyó al mínimo; sin embargo, trabajos que no requerían demasiados trabajadores también disminuyó al nivel de extremada lentitud. Tal es el caso de la alineación de las 48 armaduras principales, las cuales definen la integración de anillos y diagonales. Se llegó un acuerdo con ADM, en diciembre de 2003, de que su trabajo en la antena sólo llegaría a integrar la estructura en el piso, para dejar al INAOE la responsabilidad de izarla a su posición final. El mismo acuerdo se llegó con relación a los balastos: de integrarlos en el piso para dejar a otra compañía la tarea de instalarlos en los ejes de elevación. Estas tareas de gran riesgo y elevada precisión, como se ha comentado, ya no podían ser encargadas a esta compañía, sin enfrentar riesgos peligrosos no sólo para la operación del telescopio, sino para el éxito del proyecto de terminar la obra, con el máximo de calidad.

El izaje de la estructura de elevación de la antena tuvo lugar el 19 de noviembre de 2005. Esta maniobra, planeada completamente por ingenieros mexicanos, con cierto apoyo brindado por ANTEDO, ha tenido repercusiones positivas a nivel internacional, dado el nivel de dificultad técnica que se enfrentó exitosamente.

Habiendo estudiado cuidadosamente la dimensión y peso de la estructura, así como la tolerancia de exactitud de su colocación sobre los balastos (1 mm); la resistencia y compactación del suelo, el espacio disponible para la maniobra y la velocidad de viento predecible, la empresa ESEASA habilitó dos grúas de gran capacidad de carga (1,000 y 800 toneladas) para el izaje. La maniobra de montaje, con una excelente coordinación entre ESEASA y PSLP, llevó aproximadamente 8 horas.

A mediados de diciembre se colocó la estructura que soportará el reflector secundario, denominada tetrapodo, concluyendo así el montaje de las piezas estructurales de mayores dimensiones.



El montaje de la estructura de elevación del GMT.

5.2.2 Sistemas mecánicos de movimiento

La fabricación de las componentes mecánicas de movimiento, como son las ruedas, baleros y ejes de elevación, cremalleras, piñones, motores y cajas reductoras tuvo lugar entre los años 2003 y 2004, bajo diversos contratos asignados por la UMASS a empresas europeas (SIAG, CAT y GALBIATI). El balero de rodamiento azimutal de la alidada fue fabricado por HOETCH ROTHE ERDE, mediante encargo del INAOE.

Como se mencionó, fue la empresa Pailería de San Luis Potosí la encargada de su instalación, proceso que implicó poco más de dos años de trabajo, más el proceso de alineación que a la fecha continúa, como parte de las actividades de verificación de sistemas.

Como mero relato cronológico de la fase de instalación de las componentes mecánicas, cabe mencionar los siguientes rubros generales:

- | | |
|--|--------------------------------|
| - Pista de rodamiento azimutal | Mayo-Diciembre 2003 |
| - Balero azimutal | Diciembre 2003 a Marzo de 2004 |
| - Ejes de elevación | Marzo 2004 |
| - Ruedas | Septiembre-Diciembre 2004 |
| - 1er movimiento azimutal de la alidada (360°) | Febrero de 2005 |
| - Engranajes, cremalleras, piñones (elevación) | Mayo-Diciembre 2005 |

Habiendo completado el proceso de instalación de las componentes de movimiento del telescopio a finales del 2005, en el ejercicio 2006 la tarea ejecutada en este frente de trabajo consistió en el proceso de alineación, mismo que se efectúa en diversas etapas, en virtud de que va desarrollándose conforme se actualizan los valores del peso del telescopio, los cuales cambian en la medida que se agregan componentes.

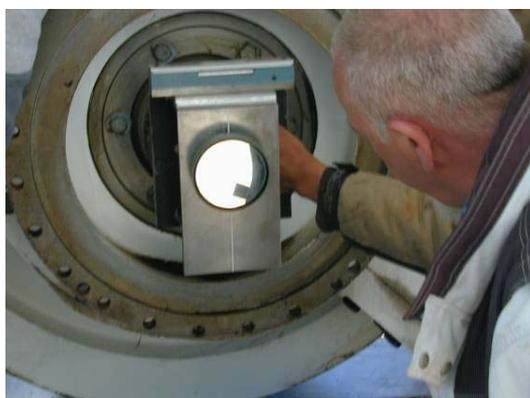
Durante el proceso de alineación del sistema de rodamiento azimutal, en el mes de marzo se detectó un problema en el diseño de los balancines de las ruedas que impidió concluir al 100% la etapa de alineación de las ruedas en el primer semestre del año, como se tenía previsto. Esto generó la necesidad de re-diseñar el sistema, asunto que quedó en manos del diseñador del telescopio, MAN Technologie, hoy MT Aerospace. Con esta nueva información técnica, PSLP procedió fabricar e instalar los nuevos balancines. Los datos de medición actuales del comportamiento del sistema de rodamiento azimutal indican que el problema se ha corregido.

Por lo que hace al conjunto de piezas para el movimiento en elevación, éste ha quedado colocado con un sistema de soportes provisionales que se retirarán cuando se aplique el material cementicio que lo fija permanentemente (“grout”), lo cual ocurrirá en el mes de abril, considerando que se ha alcanzado prácticamente el 95% del peso total de la antena.

Las fotografías siguientes muestran diversos momentos de la instalación de las componentes asociadas al movimiento del telescopio.



Arriba, a la izquierda, el proceso de construcción de los durmientes de la pista de rodamiento. A la derecha, el sistema de soporte terminado. Abajo, a la izquierda, el proceso de soldadura del riel. A la derecha, la pista terminada.



La instalación y alineación del sistema de rodamiento azimuthal.



Las cremalleras y motores de elevación.

5.2.3 Unidad de Control Digital de la Antena

La unidad de control digital, fabricada por MAN Technologie bajo un contrato pagado por la Universidad de Massachusetts, fue instalada en abril de 2006. Atestiguado por el Director General del CONACYT, el 9 de mayo se realizaron exitosamente las primeras pruebas de movimiento azimutal, así como la detección de la primera luz captada por el telescopio con un receptor básico que funciona en la Banda X, utilizando el sistema de control del telescopio. Actualmente, el sistema está configurado para manejar 8 de los 16 motores azimutales. Su configuración completa se prevé terminarla hacia el mes de mayo o junio.



La Unidad de Control Digital. En la foto de la izquierda aparece el Dr. Kamal Souccar, de la Universidad de Massachusetts. Acostado, se encuentra trabajando el Dr. Jens Gotta, de MT Mechatronics, antes MAN Technologie. A la derecha, personal técnico de UMASS trabajando en el DCU.

5.2.4 Acabados de las instalaciones

Para la operación cotidiana del telescopio, se requiere de recintos especiales para los técnicos de apoyo y para los astrónomos, que se dividen en dos partes principales. La que corresponde a todos los servicios de alojamiento, confort y de oficinas, que mayormente se encuentran bajo la estructura de concreto. Y aquella parte donde residen los elementos de control, con gabinetes fabricados en Alemania que conforman la estructura de servomecanismos, y el área de observación donde se registran y almacenan los datos sobre la radiación recibida por el telescopio. Esta segunda parte se aloja en su mayor parte en el edificio de acero, que se mueve con el telescopio.

Dos compañías se encargaron de estos dos grandes recintos. Por lo que se refiere a la obra civil, que incluye el cableado que requieren el sistema de iluminación, los motores y los reductores, así como las instalaciones de aire acondicionado, enriquecimiento de oxígeno, etc., el Instituto le asignó directamente el contrato respectivo a la empresa G & C Equipos y Construcciones, dada su ya probada experiencia de laborar en el sitio, por los trabajos ejecutados anteriormente para el proyecto en la construcción de la cimentación y torre de concreto. En lo correspondiente a la estructura de acero, el contrato de PSLP absorbe las obras respectivas de construir y colocar escaleras y plataformas, tarea que no concluyó la empresa ADM. Su terminación, originalmente programada para julio de 2005, se extendió a la primera mitad de 2006, dada la restricción de recursos financieros del proyecto durante 2005. Para la empresa PSLP, esta tarea fue otro más de los frentes de trabajo que le fueron encomendados para terminar la estructura de acero, a partir de septiembre de 2004.

La superficie asociada al edificio, como parte de la estructura de acero, es significativa en términos de acabados y especialmente del cableado necesario para el control de motores, reductores, frenos, transmisión de datos, iluminación, teléfonos e Internet. Son cerca de 750 metros cuadrados, que llevó más de un año dejarlos listos. El tiempo adicional se asocia a la falta de información que ADM nunca proporcionó sobre planos y sobre un inventario detallado de las vigas y componentes entregadas en el sitio. Hubo necesidad de solicitar a PSLP varias toneladas de acero para poder terminar correctamente el edificio de acero, donde se recibe y procesa la radiación captada por el telescopio.

El recubrimiento del telescopio es una tarea indispensable, por la protección térmica que proporciona, evitando cambios bruscos en la estructura de acero. La colocación del material aislante fue tarea encomendada también a G & C Equipos y construcciones, la cual está prácticamente terminada. Actualmente la empresa

trabaja en la colocación de la cubierta en la parte asociada a los anillos 1 y 2 de la estructura de elevación de la antena.



Diversos aspectos de las instalaciones del GMT. Las fotografías superiores muestran las áreas del sótano, en el evento de la inauguración. Abajo, las charolas de distribución de cables. La foto inferior muestra el avance que a inicios de noviembre se tenía en la colocación de la cubierta del telescopio.

Como parte de las instalaciones del telescopio, es importante informar que durante el ejercicio se instaló la fibra óptica desde las oficinas del GTM que funcionan en la cabecera municipal de Atzitzintla hasta la cima. 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.

5.2.5 Óptica del Telescopio

La óptica del GTM se integra básicamente de tres superficies reflectoras que conducen la radiación captada hacia los instrumentos de observación. El reflector primario es una parábola de 50 m de diámetro, integrada por 180 paneles de níquel electro depositado, arreglados en cinco anillos: A1 = 12 paneles, A2 = 24 paneles, A3 = 48 paneles, A4 = 48 paneles y A5 = 48 paneles. El reflector secundario es un espejo hiperboloide de 2.6 m de diámetro construido a base de fibra de carbón, colocado a una distancia focal de 17.5 metros. El reflector terciario es un espejo ovoide de aluminio, colocado en el nivel 29.60 m del edificio de cuartos de observación.

Actualmente, el GTM cuenta con un área colectora de 850 m² (equivalente a un telescopio de casi 30 m de diámetro), la cual deberá ser alineada para alcanzar las especificaciones de precisión establecidas en el diseño, a efecto de permitir una operación del telescopio en el rango milimétrico. Esta tarea forma parte fundamental de la etapa de comisionamiento del telescopio que llevarán a cabo los ingenieros del proyecto en coordinación con los astrónomos del INAOE y de la UMASS. Asimismo, en la medida que se reciban los paneles de los anillos 4 y 5 que están en proceso de fabricación, se llevará cabo en el Laboratorio de Superficies Asféricas la integración de las membranas reflectoras en el sistema de soporte que ya se tiene, para ser entregados en sitio a efecto de proceder a su instalación. Igual tarea se realizará para los espejos secundario y terciario, que están en proceso de manufactura.

5.2.5.1 Reflector Primario (M1)

a) Fabricación e Integración

La empresa italiana Media Lario SRL completó exitosamente la fabricación y entrega de las membranas reflectoras, correspondientes a los anillos 1 a 3 de paneles. Los resultados, satisfactoriamente, rebasaron incluso las precisiones esperadas, lo que constituirá una ventaja muy grande frente a otros telescopios de similares características.

Actualmente se encuentra en proceso de manufactura las membranas reflectoras de los anillos 4 y 5. En el mes de marzo llegó al INAOE el primer panel prototipo, a efecto de aplicar las pruebas de aceptación. De resultar aceptable para el INAOE, la fabricación masiva iniciará en el mes de abril.

b) Instalación en sitio

La instalación de los paneles del anillo 1 del reflector primario, que se llevó a cabo de enero a mayo de 2006, permitió entender, de mejor manera, los problemas de montaje de un sistema que demanda precisiones muy cerradas, trabajando en un ambiente adverso, el cual se acentúa en la época de huracanes, donde se presentan en la zona de los trabajos fuertes ventiscas, aguanieve e incluso nevadas importantes. Estos factores generan tiempos muertos en la obra que son difíciles de recuperar, además del costo adicional asociado.

Con base en la experiencia adquirida en el anillo 1, se instalaron los paneles de los anillos 2 y 3 entre junio y septiembre del año. Para efectos de la inauguración, se colocaron paneles aparentes de aluminio en los soportes de los anillos 4 y 5. Bajo este escenario fue que el 22 de noviembre se captó el primer objeto celeste, el cúmulo de Virgo, con un receptor de 12 GHz que opera en la Banda X.

En las fotografías que se presentan a continuación, se ilustra el conjunto de trabajos que implica la integración de los sub paneles fabricados por Media Lario, las maniobras de descarga en sitio, así como la instalación en la antena.



En el proceso de integración de paneles.



Paneles en sitio.



En mayo se completó la preinstalación de los paneles del anillo 1, como parte del proceso de aprendizaje del montaje definitivo.



Los paneles de los anillos 2 y 3, en proceso de montaje y alineación.

5.2.5.2 Reflector Secundario (M2)

La tecnología para la fabricación del reflector secundario está 100% desarrollada, la cual implicó un valioso proceso de aprendizaje para las instituciones involucradas de prácticamente 10 años, y permitió la generación de una infraestructura de metrología y de producción de superficies grandes de alta precisión que ha generado beneficios directos al proyecto GTM y, en el futuro cercano, tal como fue concebida la estrategia asociada al reflector secundario, redundará en servicios al sector productivo.

Durante el ejercicio, se terminó la fabricación de una primera versión del espejo. Este, debido a problemas de control de presión de la autoclave operada por el CIATEQ, lamentablemente no logró las especificaciones de 12 micrones que indica el diseño. No obstante, después de una revisión de detalle de los problemas detectados, se tienen identificadas las modificaciones que deben hacerse tanto en el tipo de materiales que deben adquirirse como en los procesos de curado de la fibra de carbón. En este sentido, la fabricación de una segunda versión del reflector secundario, que será la definitiva, iniciará en el primer semestre del 2007.

En paralelo, se ha venido trabajando en la manufactura del dispositivo que permitirá el posicionamiento del espejo, en un trabajo que desarrolla el INAOE y el CIATEQ, Unidad Aguascalientes. Este dispositivo estará terminado a fines de julio.

Con base en las revisiones técnicas de detalle que se han realizado, tanto en relación a la membrana reflectora como al posicionador del espejo, no se prevén problemas significantes que impidan cumplir con las metas de funcionamiento establecidas.



La autoclave en una nave industrial del CIATEQ, con el molde del reflector secundario en su interior. A la derecha, la membrana de soporte del espejo ya curada.



La primera versión del espejo secundario y el sistema de posicionamiento.

5.2.5.3 Reflector Terciario (M3)

Mediante un convenio con el CIATEQ, el día 20 de junio de 2006 inició el diseño de detalle y la fabricación del espejo terciario del GTM.

A la fecha, se encuentra terminado al 100% el diseño del sistema mecánico, con base en el cual se ha procedido a la adquisición de componentes.

El sistema electrónico del espejo, que debe tener una interfaz con el sistema de control general del telescopio, está en revisión con el grupo técnico de servos de la Universidad de Massachusetts.



El concepto del reflector terciario.

5.2.6 Instrumentación

La Universidad de Massachusetts ha desarrollado ya tres instrumentos de observación que se incorporarán al GMT: SEQUOIA, probado en el telescopio de 14 m de Quabbin; AzTECH, actualmente funcionando en el telescopio JCMT en Hawaii; y REDSHIFT, operado en su fase de pruebas en la UMASS.

Estos tres instrumentos de frontera son los dispositivos iniciales con los cuales los astrónomos de México y los Estados Unidos comenzarán a trabajar.



Los instrumentos iniciales del GMT: SEQUOIA, AzTECH y REDSHIFT.

5.2.7 INFORME PROGRAMÁTICO PRESUPUESTAL

5.2.7.1 Presupuesto Original y Modificado

Al inicio del ejercicio 2006, el proyecto del Gran Telescopio Milimétrico contaba con un presupuesto original de 80,000.0 miles de pesos, de los cuales 55,000.0 miles de pesos estaban asignados al gasto corriente y 25,000.0 miles de pesos correspondían al gasto de inversión de bienes muebles e inmuebles.

Posteriormente, derivado de diversas reuniones sostenidas con el Director General del CONACYT en los meses abril y mayo, donde se le presentaron los avances físicos de la construcción del GTM, así como el gasto proyectado para cubrir las necesidades más urgentes para pagar contratos de fabricación, suministro y construcción que estaban en ejecución, poco antes del cierre del primer semestre se autorizaron ampliaciones presupuestales por un monto total de 32,007.6 miles de pesos, dando un presupuesto total modificado de recursos fiscales de 112,007.6 miles de pesos.

Por otra parte, a efecto de posibilitar la ejecución de todas las acciones que apoyaran la terminación de los sistemas básicos de la antena, en el mes de septiembre se firmó un convenio de colaboración con el CONACYT, mediante el cual se autorizaron, además, 95,797.4 miles de pesos los cuales fueron aportados en septiembre y octubre.

Con las modificaciones antes descritas, el presupuesto total asignado al GTM para el ejercicio 2006 ascendió a la cantidad de 207,805.0 miles de pesos, lo que representó, frente al presupuesto original, un incremento sustancial de 259.8%.

Como se ha presentado en este informe de auto evaluación, gracias al apoyo del Instituto hacia el GTM, considerando a éste como el proyecto que tiene la más alta prioridad, y fundamentalmente derivado de las ampliaciones presupuestales autorizadas por el CONACYT, fue factible en el 2006 acelerar las acciones de terminación de la fase de construcción de los sistemas básicos de la antena, posibilitando su inauguración formal el 22 de noviembre por parte del C. Presidente de la República. En paralelo, fue posible asignar contratos que permitirán, como parte de la fase de verificación y aceptación de sistemas, completar en el 2007 la óptica del telescopio, incluyendo el sistema activo del reflector primario.

En la tabla siguiente se presenta el cuadro resumen del presupuesto original y modificado del GTM, con cifras al 31 de diciembre del 2006.

Tabla # 1
Presupuesto Original y Modificado del Ejercicio 2006
(Miles de Pesos)

CAPITULO	PRESUPUESTO ORIGINAL	PRESUPUESTO MODIFICADO		TOTAL MODIFICADO
		AMPLIACIÓN / REDUCCIÓN	AMPLIACION CONACYT	
2000	8,200.0	21,300.0	0.0	29,500.0
3000	42,800.0	-3,900.0	525.9	39,425.9
4000	4,000.0	600.0	0.0	4,600.0
Subtotal Gto. Corriente	55,000.0	18,000.0	525.9	73,525.9
5000	25,000.0	-1,900.0	60,144.0	83,244.0
6000	0.0	15,907.6	35,127.5	51,035.1
Subtotal Inversión	25,000.0	14,007.6	95,271.5	134,279.1
Total General	80,000.0	32,007.6	95,797.4	207,805.0

5.2.7.2 Presupuesto Ejercido

Los gastos más significantes del presupuesto ejercido del 2006 se refieren a la fabricación, integración, transporte e instalación de los primeros tres anillos del reflector primario del telescopio, así como a la fabricación e integración del sistema de soporte de los paneles de los anillos 4 y 5, el cual fue colocado en la antena con paneles aparentes de aluminio para efectos de inauguración. Destacan asimismo los pagos iniciales efectuados para la contratación de la manufactura de las membranas reflectoras de los paneles anillos 4 y 5, las cuales continúan en proceso de fabricación, así como la fabricación de los 720 actuadores del sistema activo de la antena.

Como parte de las obras asociadas a la óptica del telescopio, el presupuesto ejercido soportó los pagos derivados de la fabricación del reflector secundario, incluyendo su dispositivo de posicionamiento, así como del espejo terciario. Todas estas componentes están en proceso de terminación.

De igual forma, destacan las obras asociadas a la construcción y acabados de las instalaciones del telescopio, incluyendo las instalaciones eléctricas, así como al proceso de alineación de los sistemas mecánicos de movimiento, en el cual hubo necesidad de fabricar un nuevo sistema de rótulas de los rodamientos azimutales. La contratación de servicios de ingeniería a cargo de MT Mechatronics fue requerida en todo este proceso.

Al cierre del ejercicio 2006, el presupuesto ejercido es el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla # 1
Presupuesto Ejercido al 31 de Diciembre de 2006
(Miles de Pesos)

CAPITULO	MODIFICADO ANUAL	EJERCIDO AL 31-12-2006	SALDO	% EJERCIDO
2000	29,500.0	29,500.0	0.0	
3000	39,425.9	39,425.9	0.0	
4000	4,600.0	4,600.0	0.0	
Subtotal Gasto Corriente	73,525.9	73,525.9	0.0	35.4
5000	83,244.0	83,244.0	0.0	
6000	51,035.1	50,429.6	605.5	
Subtotal Inversión	134,279.1	133,673.6	605.5	64.3
Total General	207,805.0	207,199.4	605.5	99.7

Es importante informar que el saldo que quedó pendiente de ejercer por un monto de 605.5 miles de pesos, al cierre del 2006, quedó comprometido para su pago en el mes de enero del 2007.

Presupuesto Ejercido por la UMASS

Desafortunadamente, a raíz del cierre de la oficina del proyecto GTM en los EUA a partir de enero del 2005, ha sido difícil dar un seguimiento exacto a los recursos aportados para la terminación de la fase de construcción del telescopio. No obstante, es sabido que la Universidad, hasta el cierre del 2006, continuó pagando el esquema de integración de sistemas y el desarrollo de diversos estudios de ingeniería, a través de contratos asignados principalmente a las compañías ANTEDO y MERLAB. Asimismo, con la infraestructura propia del Five College Radio Astronomy Observatory, ha continuado con el desarrollo de instrumentación y del sistema de control del telescopio, y ha organizado un esquema de supervisión de la instalación eléctrica de la antena que viene trabajando con la parte mexicana.

En el cuadro siguiente se presenta el nivel de aportaciones de la Universidad que se tiene registrado hasta la fecha.

FUND SOURCE	EXPENDED	AVAILABLE	TOTAL
Defense Advanced Research Projects Agency	33,697		33,697
Massachusetts State	4,978	22	5,000
University of Massachusetts	2,300	700	3,000
Subtotal	40,975	722	41,697
National Science Foundation (1)	8,315	500	8,815
Total	49,290	1,222	50,512

(1) Sujeto a revisión y aceptación bilateral, con base en productos "entregables" al proyecto.



INFORME DE AUTOEVALUACION SOBRE EL AVANCE DEL GTM

Período Enero- Diciembre del 2006



INDICE GENERAL

5.2 INFORME DE AUTOEVALUACION

5.2.1	Estructura de Acero	Pág.	2
5.2.2	Sistemas Mecánicos	Pág.	8
5.2.3	Unidad de Control Digital de la Antena	Pág.	11
5.2.4	Acabados de las Instalaciones	Pág.	12
5.2.5	Óptica del Telescopio	Pág.	14
5.2.6	Instrumentación	Pág.	19

5.2.7 INFORME PROGRAMATICO-PRESUPUESTAL

5.2.7.1	Presupuesto Original y Modificado	Pág.	20
5.2.7.2	Presupuesto Ejercido	Pág.	21

INFORME DEL RESULTADO DE LA CAPITALIZACIÓN DEL PROYECTO GRAN TELESCOPIO MILIMETRICO "GTM"

El propósito de este documento es presentar a la H. Junta de Gobierno un reporte actualizado sobre el proceso de "capitalización" del costo del diseño, fabricación e instalación del Gran Telescopio Milimétrico, el cual será la base financiera que presentará formalmente el INAOE a la Universidad de Massachusetts como aportación del lado mexicano. Este aspecto será el fundamento inicial para la asignación del tiempo de uso del telescopio entre las instituciones.

Antecedentes

Conforme a los procedimientos de registros presupuestales y contables aplicados por el INAOE, desde los primeros gastos asociados al desarrollo del Gran Telescopio Milimétrico, efectuados en 1994 para el estudio de localización del sitio, hasta el cierre del ejercicio 2002, el instituto registraba las erogaciones correspondientes a la operación asignado al GTM en las cuentas contables de gastos, mismas que se integraban en la contabilidad general y en los estados financieros del Instituto; el presupuesto ejercido de los recursos de inversión, por su parte, se registraba en las cuentas correspondientes a los activos fijos.

No obstante lo anterior, derivado del proceso de revisión a los estados financieros del ejercicio fiscal 2002, efectuado por el Despacho Barrio y Compañía S. C., que en ese entonces fungía como Auditor Externo, se determinó la necesidad de capitalizar todos los gastos efectuados con relación a la ejecución del proyecto GTM, incluyendo la fase de diseño, fabricación de componentes, construcción e instalación en sitio, así como la adquisición de bienes muebles e inmuebles asociados a su desarrollo. En este sentido, Del Barrio y Compañía recomendó integrar y registrar en una sola cuenta contable, y de acuerdo a las diversas fuentes de financiamiento, el presupuesto ejercido por el INAOE en dicho proyecto, a efecto de establecer la base financiera frente a la Universidad de Massachusetts para determinar el porcentaje de uso del telescopio, con relación a las aportaciones que cada institución ha efectuado.

A partir del año 2003, la recomendación del despacho de auditores externos se plasmó en una observación a la que ha venido dando seguimiento el Órgano Interno de Control en el INAOE, la cual con el presente reporte se tendrá por atendida, tal como se acordó en la reunión efectuada el 15 de noviembre de 2006 con el, Director General de Auditorías Externas de la Secretaría de la Función Pública, en la que participaron las siguientes personas: Coordinador de Auditorías

Externas Financieras y Proyectos BIRF; Comisario Público Suplente del Sector Educación y Cultura; titular del Órgano Interno de Control; Gerente de Auditoría del despacho PricewaterhouseCooper S. C.; el Subdirector Finanzas y Control Presupuestal del INAOE; y Lic. Carlos A. Martínez Montoya, Gerente de Negocios del Proyecto GTM.

Resultados

El análisis para capitalizar el proyecto GTM inició en julio de 2003, identificando contablemente los gastos del proyecto, de 1994 al cierre del 2002, que es cuando los registros del gasto del GTM se llevaban en las cuentas generales del INAOE. Para efectos de capitalización, la cifra resultante de dicho análisis, que se explica más adelante, se complementa con la derivada de los registros del gasto que, a partir del ejercicio 2003, se efectúa en la cuenta 1204 específica del GTM, denominada "Bienes Inmuebles en Construcción", así como en las cuentas correspondientes a los activos fijos.

Del análisis efectuado en el período 94-2002 en las cuentas correspondientes a gastos, se tienen los siguientes resultados.

En dicho período, se tiene un registro presupuestal asignado al GTM de \$472'030,000.00 (Cuatrocientos setenta y dos millones treinta mil pesos 00/100 M. N.), de los cuales, después de una búsqueda cuidadosa efectuada por más de dos años, la Subdirección de Recursos Financieros logró identificar contablemente, y por tanto capitalizar, la cantidad de \$459'563,920.00 (Cuatrocientos cincuenta y nueve millones quinientos sesenta y tres mil novecientos veinte pesos 00/100 M. N.), no siendo posible identificar y por tanto capitalizar la cantidad de \$12'466,080.00 (Doce millones cuatrocientos sesenta y seis mil ochenta pesos 00/100 M. N.). Esta cifra representa tan solo el 2.64% del presupuesto ejercido al cierre del mencionado período, la cual disminuye incluso a 1.33%, si la comparación se hace frente al presupuesto ejercido por el INAOE hasta el cierre del ejercicio 2006.

Como puede apreciarse, el gasto efectuado de poco más de 12.46 millones de pesos que contablemente no fue posible identificar y por tanto capitalizar, es de importancia relativa frente al presupuesto total ejercido, por lo que el efecto en la distribución del tiempo de uso del telescopio para la parte mexicana será prácticamente cero.

Por otra parte, hay que resaltar que la conciliación contable presupuestal del Instituto empata con la cifra capitalizable indicada por el despacho de auditores externos, por lo éste ha determinado que no hay daño patrimonial ni efectos

materiales, lo que es muy importante para efectos de evaluación y fiscalización del uso de los recursos asignados al INAOE.

En razón de lo anterior, se ha determinado reportar formalmente como capitalizado el presupuesto ejercido en el período 1994 a 2002 por la cantidad de \$459'563,920.00 (Cuatrocientos cincuenta y nueve millones quinientos sesenta y tres mil novecientos veinte pesos 00/100 M. M.). Adicionalmente, se reportará la cantidad de \$489'415,630.00 (Cuatrocientos ochenta y nueve millones cuatrocientos quince mil seiscientos treinta pesos 00/100 M. N.), correspondiente al monto ejercido durante el período 2003 a 2006.

En la tabla siguiente se muestra el análisis efectuado para la capitalización del proyecto GTM, correspondiente al período 1994 a 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFISICA OPTICA Y ELECTRONICA
DETERMINACION DE LA CANTIDAD QUE NO FUE POSIBLE CAPITALIZAR DEL PY GTM

(Importe en pesos, moneda nacional)

	IMPORTE	IMPORTE
RECURSOS DESTINADOS AL PY. GTM AL 31 DE DICIEMBRE 2002 (Importe Despacho Del Barrio y Compañía S. C.)	472,030,000	
Menos:		
IMPORTE QUE SE ENCUENTRA REGISTRADO EN LOS RUBROS DE CONSTRUCCION EN PROCESOS (Informe de Auditoria Despacho Del Barrio y Compañía S. C.)	<u>228,718,000</u>	
SALDO PENDIENTE DE CAPITALIZAR SEGÚN INFORME DE AUDITORIA 2002 (Despacho Del Barrio y Compañía S. C.)		243,312,000
1.- IMPORTE PENDIENTE QUE SE ENCUENTRA EN EL RUBRO DE CONSTRUCCION EN PROCESO DEL AÑO 2002 (Este importe Faltó tomarlo en cuenta por el Despacho de Auditores) Cuenta No. 1204.- 13 Laboratorio de Superficies Asféricas	1,570,357	
2.- ACUERDO GOBIERNO DEL EDO. DE PUEBLA (Anexo Copia) (Camino de acceso a la Sierra Negra fueron \$ 25,000,000.00) Este presupuesto fue a cargo del Gob. del Estado de Pueba (ingreso virtual para GTM)	25,500,000	
3.- RESUMEN DE GASTOS POR LOS AÑOS 95 / 2002 QUE FUERON CAPITALIZADOS EN DIC. DEL EJERCICIO 2003. (Anexo Cedula) Póliza Diario No. 2814 de Dic. 2003	148,523,832	
4.- RESUMEN DE ACTIVOS FIJOS 1995 A 2002 (Gasto de Inversión) GTM (Anexo Cedula)	50,818,685	
5.- POLIZAS PENDIENTES DE CAPITALIZAR POR ESTAR REGISTRADAS EN EL INAOE LE-4560 y IE-3040 1995 Póliza Diario No. 2569 Dic. 2004	12,767	
6.- DIFERENCIA EN EL RESUMEN DE GASTOS POR EL AÑO 1996 QUE NO FUERON CAPITALIZADOS AL CIERRE DEL EJERCICIO 2003. (Anexo Relación y Cedula) Póliza Diario No. 2569 Dic. 2004	1,428,106	
7.- IMPORTE PENDIENTE DE CAPITALIZAR SEGÚN POLIZAS LD 2902, LD 3014 Por estar en la F. F. 4 Ejercicio 2001 Póliza Diario No. 2569 Dic. 2004	2,745,071	
8.- IMPORTE PENDIENTE DE CAPITALIZAR SEGÚN RELACION EJERCICIO 1994 Póliza Diario No. 2569 Dic. 2004	<u>247,103</u>	230,845,920
SALDO NO CAPITALIZADO DEL EJERCICIO 1994-2002		<u>12,466,080</u>