

## INFORME DE AUTOEVALUACION DEL PROYECTO GTM.

El informe de autoevaluación que aquí se presenta a la Junta de Gobierno reporta las actividades ejecutadas en el período enero-diciembre de 2008 con relación al proyecto Gran Telescopio Milimétrico, las cuales corresponden a la fase I del licenciamiento de los sistemas que lo integran.

Si bien en la anterior sesión ordinaria se informó a este órgano de gobierno que dicha fase de licenciamiento concluirá a fines del 2008 con la captación de la primera luz para propósitos de investigación científica, debido a la falta de autorización del presupuesto requerido el programa se desfasó de nueva cuenta. Como se explicará más adelante, la terminación del licenciamiento de los sistemas del telescopio para iniciar operaciones en el rango de 3 mm de longitud de onda, con una superficie reflectora de 32 m de diámetro, se prevé alcanzar ahora para fines del 2009, siempre y cuando se cuente con el presupuesto asociado y éste se calendarice conforme al programa previsto de avance físico de los trabajos.

### 1. Dirección, Ejecución y Seguimiento del Proyecto

Como se reportó a la Junta de Gobierno en la pasada sesión celebrada en Tijuana, Baja California, el CONACYT integró un comité internacional "Ad-Hoc" a efecto de contar con elementos técnicos y gerenciales que le permitieran evaluar, de manera independiente y con absoluta objetividad, el estado de avance del proyecto GTM, así como sus perspectivas técnicas y científicas para su puesta en operación inicial. La evaluación de las tareas y de los costos presentados por el INAOE para el "**programa de primera luz**", así como de las actividades faltantes para alcanzar las especificaciones últimas de operación (1-4 mm de longitud de onda con una superficie reflectora de 50 m alineada con una precisión de 70 micras RMS), fue también un encargo del Consejo para dicho comité, el cual sesionó en Tonantzintla y en el sitio del GTM del 21 al 25 de julio de 2008.

Específicamente, el encargo del CONACYT al Comité Revisor planteó las siguientes interrogantes:

- ¿El proyecto GTM está en la ruta adecuada para lograr su objetivo científico?
- ¿Existe un programa/calendario que considere todos los aspectos que deben ser terminados a fin de lograr la "primera luz"?

- ¿El grupo del proyecto ha estimado los costos faltantes requeridos para lograr adecuadamente este objetivo?
- ¿Existen planes de dirección y de presupuestación adecuados para la fase de operación del GTM?
- ¿El proyecto ha logrado suficiente éxito (robustez) para captar la “primera luz” y para iniciar operaciones científicas útiles?
- ¿Los resultados obtenidos hasta ahora están en consonancia con lo que típicamente es logrado con las mejores prácticas que se implantan en proyectos similares?
- ¿Existen subsistemas del GTM que requieren trabajos adicionales para alcanzar sus objetivos? Si es así, el Comité sugerirá cómo el proyecto puede mejorar esas áreas.
- ¿Hay problemas importantes que pueden ser identificados en el sistema actual que pueden limitar la capacidad del telescopio para lograr sus objetivos o que, potencialmente, requieren importantes trabajos adicionales con el fin de corregirlos?
- ¿El grupo del proyecto ha identificado todas las tareas faltantes para terminar el telescopio?
- ¿Ha justificado adecuadamente sus estimaciones de costo para completar este trabajo, a fin de asegurar confiablemente que el proyecto será terminado con el presupuesto propuesto?
- ¿El Plan presentado es consistente con las expectativas y requerimientos de los usuarios científicos del GTM?
- ¿El nivel de detalle del plan y de los costos estimados está en concordancia con las mejores prácticas de planeación llevadas a cabo en instalaciones similares?
- ¿El nivel del presupuesto y de personal solicitado, de acuerdo a su experiencia, está en consonancia con otras instalaciones similares?

Una síntesis de las conclusiones del Comité Revisor se presentó ya a la Junta de Gobierno. No obstante, para una rápida localización, se reproduce aquí de nueva cuenta.

### **Preparación científica y estado actual del GTM**

- *Una vez terminado, el GTM constituirá un agregado significativo a los instrumentos astronómicos mundiales para observaciones en el rango de ondas milimétricas. Considerando el estado de avance de la terminación del telescopio, así como la disponibilidad de instrumentos de foco plano altamente sofisticados y con calidades probadas, el proyecto está en el rumbo correcto para alcanzar sus objetivos científicos.*
- *El comité entiende y apoya los argumentos (del INAOE y de la UMASS) en favor de un inicial comisionamiento y operación con los 32 m de diámetro interior de la superficie del reflector que están completados. La posibilidad para obtener resultados astronómicos completamente nuevos e importantes en esta primera fase, contribuirá fuertemente a la visibilidad internacional y a la aceptación del GTM como una nueva y gran instalación para la radio astronomía. Esto, sin detrimento de la urgente necesidad de completar sus 50 m de diámetro y de alcanzar el desempeño especificado en el diseño.*
- *Falta un largo trabajo por hacer, el cual en su mayoría es crítico con respecto a la tecnología y a su implementación. Si estas áreas no son exitosamente dirigidas, afectarán directamente la capacidad científica, la productividad y la calidad del GTM, y atrasarán substancialmente su terminación.*

### **Aspectos Gerenciales**

- *El trabajo faltante requiere una planificación completa y detallada, incluyendo un calendario integrado, una estructura desglosada de tareas, un grupo de planeación, costos estimados, implantación de un sistema de configuración y control de calidad, así como comunicación y procesos mejorados para dirigir los aspectos técnicos.*
- *Para ello, el comité recomienda integrar un grupo facultado para liderar las tareas faltantes de construcción y comisionamiento. Asimismo, sugiere que el CONACYT revise regularmente los planes y el estatus del proyecto. Los miembros de este grupo deberán cubrir las áreas de manejo técnico, manejo administrativo, seguridad, desarrollo de infraestructura y comisionamiento astronómico.*
- *Existe la necesidad de reforzar los aspectos de seguridad en el sitio, mediante un entrenamiento específico del personal y estableciendo y aplicando reglas apropiadas en ese campo. La protección de áreas*

*inseguras y la provisión de sistemas de candado para los mecanismos de movimiento, así como el equipamiento necesario para el personal de protección y primeros auxilios en caso de mal de montaña debe ser ejecutado sin dilación alguna.*

- *Existe una urgente necesidad de mejorar tanto la comunicación interna en el INAOE como la coordinación con la UMASS como socio. Esto incluye el establecimiento de un mecanismo abierto y fácilmente accesible de la documentación de todos los recursos de planeación, de las actividades de construcción y comisionamiento, resultados de las mediciones y análisis, etc. Estos procesos de comunicación, para las actividades pendientes de comisionamiento, son esenciales, debido a que muchas tareas serán intercaladas e interdependientes.*
- *Se urge al CONACYT y a la UMASS acelerar la creación del Observatorio del GTM, como entidad encargada de la operación y del futuro desarrollo del telescopio en su tiempo de vida. La entidad debe ser apropiadamente financiada y provista de personal para cumplir estas tareas bajo un director independiente.*

### **Aspectos técnicos**

- *Se requiere efectuar una Valoración de Riesgos en diversas áreas técnicas a efecto de brindarles la atención apropiada.*
- *La situación de los paneles del reflector y su control sigue siendo crítica. Se ha mejorado el manejo de los paneles y se ha obtenido una precisión adecuada en laboratorio. La tarea pendiente es verificar si esta precisión se mantiene después de su instalación en la estructura del reflector. Las acciones necesarias y los instrumentos requeridos para esta tarea deberán ser determinados con la más alta prioridad y con la ayuda de expertos externos al proyecto. Sólo después de entender el problema y su solución se justificará la colocación de los paneles de los anillos 4 y 5.*
- *Se han encontrado algunos problemas en la fabricación del reflector secundario dentro del INAOE, sin que aún se haya ubicado una solución oportuna. De no encontrarla en un plazo corto, pudiera ser necesario optar por una fabricación externa, u obtener un apoyo externo para obtener el reflector en el tiempo requerido.*
- *La instrumentación astronómica inicial está en excelente forma, así como los controles y el software del telescopio. Una vez que el GTM haya sido comisionado en su desempeño especificado, estos instrumentos permitirán*

*al GTM proveer a la comunidad astronómica observaciones de frontera para el avance de la astronomía y la astrofísica.*

- *Revisiones abiertas y profundas de todos los aspectos técnicos deben ser mantenidas en intervalos regulares con la participación de expertos externos.*
- *La infraestructura limitada en el sitio del telescopio, la falta del campamento base y la construcción inacabada de la estructura de telescopio, reducen enormemente la marcha de los procesos de integración y comisionamiento. Se debe dar prioridad al establecimiento del campamento base y al suministro de oxígeno enriquecido en los cuartos de trabajo en el telescopio, así como la instalación del elevador. En la situación actual, la eficacia del trabajo está severamente obstaculizada por la carencia de estas instalaciones.*

### **Conclusiones**

- *El potencial científico del GTM continúa siendo muy fuerte.*
- *Se requiere fortalecer el grupo gerencial del proyecto para el manejo técnico, administrativo y de seguridad del proyecto.*
- *Es necesario dotar al GTM de una estabilidad financiera sobre bases multi-  
anuales.*
- *Urge la creación del Observatorio del GTM con el presupuesto y la plantilla de personal adecuada para la operación y mantenimiento del telescopio.*

Como se informó, los integrantes del Comité Revisor fueron 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.

Por parte del CONACYT, el **Dr. José Antonio S. de la Peña Mena**, Director Adjunto de Desarrollo Científico y Académico, organizó y condujo la revisión.



*El Ing. Juan Carlos Jáuregui, en representación del CIATEQ, presentando los avances de los proyectos del hexápodo y del M3 ante el Comité Revisor.*



*El Comité Revisor en el sitio del GTM.*

Derivado del reporte presentado por el Comité Revisor, el CONACYT decidió integrar, a la vez, dos grupos adicionales, uno encargado de la dirección y ejecución del proyecto, con base en un nuevo esquema de planeación, programación y presupuestación; y otro encargado de la supervisión en la asignación del gasto y la ejecución de las tareas.

En acuerdo entre el CONACYT y el INAOE, el comité de planeación interna, denominado Grupo Gerencial o "Management Team", quedó integrado como sigue:

Dr. José S. Guichard Romero, Director General del INAOE.  
Dr. Alfonso Serrano Pérez-Grovas, Coordinador General del GTM.  
Dr. David Hughes, Científico del Proyecto.  
Ing. Juan Carlos Jáuregui (CIATEQ), Ingeniero del Proyecto.  
Ing. David Huerta (CIATEQ), Gerente o Administrador del Proyecto.

El Grupo de Supervisión, designado por el CONACYT, se integra con las siguientes personas:

Dr. Jacob Baars, Director Asociado (retirado) del Instituto Max Planck para Radioastronomía, Bonn, Alemania, quien lo preside.  
Ing. Thomas A. Sebring, Gerente del Proyecto Caltech Cornell Atacama Telescope (CCAT), Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York, EUA.  
Dr. David Smith, ingeniero en jefe de MERLAB/UMASS.  
Dr. Salvador Curiel, investigador del Instituto de Astronomía de la UNAM.  
Dr. Laurent Loinard, investigador del Centro de Radioastronomía y Astrofísica de la UNAM, en Morelia.

Este grupo de supervisión se reunió en noviembre de 2008 en Tonantzintla, a efecto de revisar los planes y presupuestos de ejecución del programa de primera luz. Hasta ahora, el INAOE desconoce el reporte y las conclusiones de dicha reunión.

De acuerdo a las instrucciones del CONACYT, el Grupo Gerencial integró la siguiente información, misma que ha sido revisada en diferentes ocasiones por el Grupo Supervisor:

- Plan de trabajo con actividades, plazos y responsables
- Requerimientos del proyecto (recursos humanos, materiales y financieros)
- Presupuesto detallado
- Análisis de riesgos y acciones de mitigación de los mismos

### **Definición del entregable**

Se definió el entregable general del proyecto “Primera Luz”, que es la sintonización de todos los sistemas del Gran Telescopio Milimétrico que permitan producir ciencia con una superficie activa de 32 metros y una longitud de onda de 3 milímetros.

### **Definición de sub-entregables por cada elemento**

Se identificaron los sub-entregables por cada uno de los elementos que permitieran llegar a “Primera Luz”, junto con cada uno de los responsables de ejecutar las actividades, tanto en INAOE como en UMASS:

1. Instalaciones
2. Montaje del Telescopio
3. Espejo Primario
4. Espejos Secundario (M2) y Terciario (M3)
5. Instrumentación
6. Controles y Software
7. Electrónica
8. Integración y Calibración
9. Logística y Soporte
10. Ingeniería de Sistemas
11. Administración del Proyecto

### **Desarrollo de plan de trabajo por cada elemento**

Por cada sub-entregable, se identificó la secuencia de actividades, los plazos de duración y los recursos humanos requeridos para completar cada actividad.

### **Desarrollo de ruta crítica**

Dentro del plan de trabajo, se identificó la ruta crítica del proyecto, siendo ésta la secuencia de actividades más larga en el proyecto. En el esquema, se presentan los efectos de cualquier retraso en la misma, en términos de su impacto en costos y duración del proyecto.

## **Desarrollo de presupuesto**

Se identificaron los costos de todos los recursos para completar cada sub-entregable.

Se desarrolló un presupuesto desglosado a detalle, incluyendo:

- Horas hombre para completar cada sub-entregable
- Materiales requeridos por cada sub-entregable
- Sub-contratación requerida por cada sub-entregable
- Misceláneos requeridos por cada sub-entregable

Además, se desarrolló un presupuesto desglosado por trimestres para una mejor ministración y administración de los recursos

## **Desarrollo de estructura funcional**

Se definió una estructura orgánica funcional por cada elemento, en donde se identifican los líderes y las personas que estarán a su cargo; a su vez, integrada a la estructura funcional general del proyecto.

## **Análisis de riesgos potenciales y acciones de mitigación**

Se identificaron los riesgos potenciales por cada sub-entregable; se evaluaron por la probabilidad de incidencia y el impacto en el proyecto. Los criterios utilizados fueron: **bajo – medio – alto**. Se definió un plan de acciones para mitigar dichos riesgos, reduciendo los costos y los retrasos que estos puedan ocasionar.

El reporte pasó por una serie de iteraciones a través del Grupo Supervisor, el que constantemente emitía observaciones y sugerencias, las cuales se atendieron una a una hasta que el documento quedó aprobado para entregarse al CONACYT.

Dicho reporte establece las bases sólidas que permitirán alcanzar la “Primera Luz” del telescopio, soportado en técnicas de administración de proyectos.

### Solicitud de fondos a la SHCP

El pasado 23 de febrero del año en curso, por conducto del Dr. Juan Carlos Jáuregui, se le presentó la solicitud de fondos a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, a petición del Dr. Salvador Rojas Aburto, Director Adjunto de Administración y Finanzas del CONACYT, integrada como sigue:

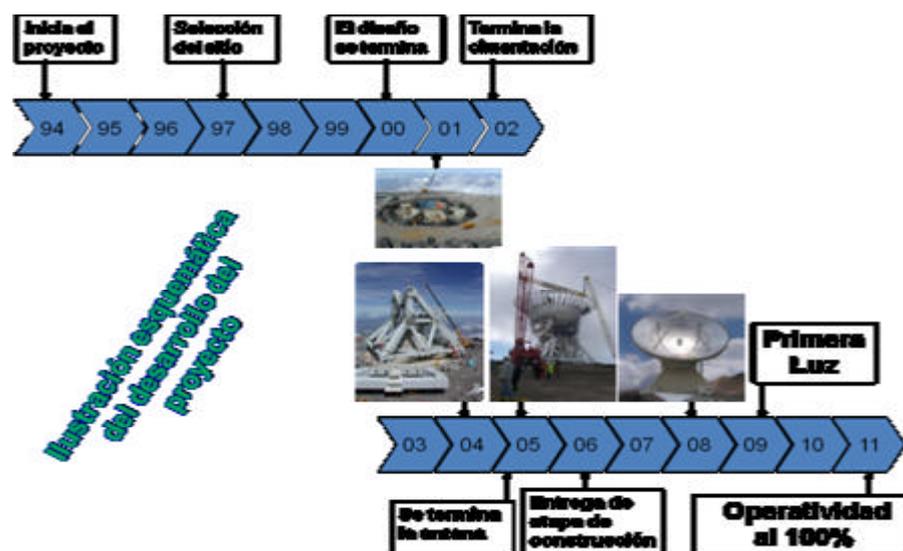
### Recursos requeridos a enero de 2009

Etapa		Cifras en Millones de Dólares					
		2008	2009	2010	2011	2012	Total
I	Primera Luz	8.77	0.11				8.88
II	Completar superficie a 50 metros			19.0			19.0
III	Operación	1.87	7.47	3.73			13.07
IV	Obsevatorio			4.74	9.48		14.22
Grupo Supervisor Externo		0.28	0.14				0.42
Pasivos y adeudos anteriores		1.10					1.10

La etapa de Observatorio se considera como permanente durante toda la vida del telescopio

#### 8. Plan financiero

### Resumen Del Programa



### Etapas para concluir el GTM e iniciar actividades científicas

Etapas del proyecto	2009				2010				2011				2012			
	T1	T2	T3	T4												
I Primera Luz																
II Completar superficie a 50 metros																
III Operación																
IV Observatorio																

La etapa de Observatorio se considera como permanente durante toda la vida del telescopio

**El programa está sujeto a la disponibilidad de los recursos que lo soportan.**

### Elementos de la Primera Etapa

Elementos de la Primera Etapa	2009				2010			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
I Primera Luz								
Sitio								
Mecánica del Telescopio								
Reflector Primario								
Reflector Secundario y Terciario								
Instrumentación								
Control y Software								
Electrónica								
Integración y Calibración								
Logística, Seguridad y Soporte al Sitio								
Integración de ingeniería de Sistemas								
Administración del Proyecto								

En la reunión sostenida en la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, esta dependencia planteó una serie de interrogantes, mismas que han sido atendidas en los siguientes términos:

*Pregunta (P): ¿Qué tipo de instrumento legal se firmó por parte de México y EUA adicional al MDE de 1994 en términos de una relación binacional?*

Respuesta (R): Adicionalmente al Memorando de Entendimiento de noviembre de 1994, el INAOE y la UMASS han firmado los siguientes acuerdos:

- a) Segundo Memorando de Entendimiento, celebrado el 5 de agosto de 1996. Dicho acuerdo quedó sin efectos, hasta en tanto se conformara la o las entidades no lucrativas (A. C.) encargadas del GTM, situación que prevalece hasta la fecha.
- b) Acuerdo Sobre la División del Tiempo de Observación del GTM, celebrado el 17 de octubre de 2000. Este acuerdo es relevante, ya que las partes convinieron que el tiempo de uso del telescopio sería proporcional a las aportaciones presupuestales de cada una de ellas para la construcción y operación del GTM. Está vigente.

*P: ¿Qué tipo de investigación científica o de desarrollo de nueva tecnología podría desarrollar el personal militar de EUA con el telescopio a raíz de las aportaciones que hicieran al GTM? ¿Cuál es el compromiso?*

Los militares de EUA no podrían realizar ningún tipo de investigación, a menos que se pacte lo contrario. Hasta ahora, no existe compromiso alguno con personal militar de los EUA ni se tiene contemplado generarlo.

La relación de la Agencia de la Defensa para Investigación de Proyectos Avanzados (Defense Advanced Research Projects Agency/DARPA, en inglés) con el GTM se explica como sigue:

#### **APORTACIONES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA AL PROYECTO GTM**

Las aportaciones de los EUA para el desarrollo del proyecto GTM, han sido como sigue:

Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)	33.7 US\$M
Commonwealth of Massachusetts	5.0 US\$M
University of Massachusetts	3.0 US\$M
Total	41.7 US\$M

Adicionalmente, la NSF ha otorgado un presupuesto de 8.4 millones de dólares, mismos que la UMASS ha utilizado para el desarrollo de instrumentación y de programas académicos del Five College Radio Astronomy Observatory (FCRAO). Asimismo, con este presupuesto, ha mantenido activo al grupo que desarrolla el sistema de control del telescopio.

## **DARPA**

Como su nombre lo indica, DARPA es una agencia del Departamento de la Defensa encargada de promover programas de investigación avanzada de alta tecnología, estableciendo proyectos con diversas universidades, industrias y laboratorios de los EUA. En el caso del GTM, la aportación de DARPA obedeció fundamentalmente al interés de los Estados Unidos para promover un programa tendiente a la generación de grandes superficies reflectoras de alta precisión, manejadas con sistemas de control “inteligente”, como es el caso de los paneles del espejo primario del telescopio.

Para tal propósito, en la propuesta originalmente presentada por la UMASS a DARPA a fines de 1994, se anticipaba la participación directa de la empresa Electronic Space Systems Corporation (ESSCO), la cual había trabajado en proyectos del Departamento de la Defensa, fabricando e instalando varias antenas radares encerradas en domos. Asimismo, como antecedente directo para los propósitos científicos del proyecto GTM, ESSCO había construido el radiotelescopio de 14 m de la UMASS, recientemente cerrado después de más de 25 años de operación exitosa. Finalmente, por razones diversas, la participación de ESSCO en el proyecto no se concretó.

El primer intento de diseño y fabricación de los paneles del GTM, correspondió a la empresa Composite Optics Incorporated (COI), cuyo contrato asignado por la UMASS en 2001, financiado por DARPA, fue administrado por la Naval de los Estados Unidos (NAVAIR). Esta empresa, bajo la coordinación del Jet Propulsion Laboratory de la NASA, construye buena parte de los espejos de los satélites que son puestos en órbita por los EUA. El Congreso de Massachusetts, por su parte, autorizó 5.0 millones de dólares con el propósito de impulsar programas que potencialmente redundaran en beneficio del desarrollo económico del Estado, teniendo como ejemplo los trabajos desarrollados por Millitech Inc., en el campo de la instrumentación milimétrica, empresa de alta tecnología derivada de un “spin off” de la UMASS.

Por su parte, los fondos aportados directamente por la UMASS a través del FCRAO, se destinaron fundamentalmente al desarrollo de los primeros instrumentos para la observación científica del GTM.

El proyecto GTM fue concebido para propósitos eminentemente científicos, ligados al desarrollo de nuevas líneas de investigación en el campo de la radioastronomía y la astronomía milimétrica. En sus inicios, también para fines científicos y debido a la trayectoria de la empresa ESSCO, se concebía la posibilidad de incorporar en el telescopio un sistema de radar para rastrear la trayectoria de objetos celestes, entre los cuales era factible incluir asteroides. Esta posibilidad de funcionamiento dual del GTM (como telescopio y como radar) fue cancelada por limitaciones presupuestales y, de hecho, el diseño del GTM que fue elaborado, no contempló ya dicha posibilidad. Por tanto, en caso de que se piense reactivar la posibilidad de utilizar la antena como radar, habría necesidad

de reconfigurar los cuartos de control y de instrumentación, asignando un presupuesto importante.

DARPA aportó inicialmente un presupuesto de 15.4 millones de dólares, autorizando posteriormente una única ampliación de 15.3 millones, para dar un total de 33.7 millones de dólares.

*P: ¿Existe evidencia documental de las opiniones del Gobierno Mexicano sobre el proyecto? (Gobernación, Relaciones Exteriores, Defensa, Comunicaciones y Transportes, Seguridad Pública, Marina, etc. En su caso es necesario conocerlas)*

No existe evidencia documental porque el GTM no es un proyecto militar o que involucre aspectos de seguridad nacional.

*P: En diferentes encuentros con el personal del INAOE se ha argumentado que por estar el GTM en territorio nacional la propiedad es de México, en ese contexto ¿cuáles son los elementos jurídicos que sustentan esta afirmación?, ¿es suficiente considerar la ubicación en territorio nacional para efectos de propiedad?*

R: El INAOE tiene destinado al servicio público el inmueble ubicado en la cima del volcán Sierra Negra (18.98° latitud norte y 97.31° longitud oeste), situado en el Parque Nacional Pico de Orizaba, Municipio de Atzitzintla, Estado de Puebla, lugar donde se construye el GTM y, en términos de lo dispuesto por la fracción V del artículo 2 de la Ley General de Bienes Nacionales, vigente hasta el veinte de mayo de dos mil cuatro, así como conforme a lo previsto por la fracción VI del artículo 6 de la Ley General de Bienes Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el veinte de mayo de dos mil cuatro, están sujetos al régimen de dominio público de la Federación, los inmuebles que estén destinados al servicio público, los cuales son inalienables, imprescriptibles e inembargables y no estarán sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional, o alguna otra por parte de terceros, según dispone el artículo 13 de la citada Ley General de Bienes Nacionales, vigente. Esta ley es de orden público, por lo que cualquier pacto que se celebre en contrario es nulo de pleno derecho, salvo que éste provenga de algún tratado internacional, firmado con todos los requisitos establecidos en la legislación nacional.

Independientemente de lo anterior, es necesario clarificar los acuerdos que sobre propiedad han sido celebrados hasta ahora entre el INAOE y la UMASS.

El MDE de noviembre de 1994, indica que las partes establecerían, conforme a un plan binacional, una o más entidades no lucrativas (A. C.) en México y en los EUA que, conjuntamente, detentarían la propiedad y tendrían la responsabilidad legal de dirigir y operar el proyecto GTM. Asimismo, establece que, en tanto se crearan dichas entidades, serían el INAOE y el FCRAO, por conducto de sus directores generales, quienes manejarían el proyecto, lo que así ha sido hasta ahora.

Con relación a la instrumentación, los acuerdos indican que la propiedad corresponderá a la parte que la desarrolla y fabrica. Si los instrumentos se desarrollan y se fabrican conjuntamente, la propiedad también será conjunta. Esto sigue vigente.

Es cierto que en el Acuerdo Conjunto que actualmente se negocia con la UMASS, es necesario clarificar y convenir sin lugar a dudas, conforme a la legislación aplicable, los aspectos de propiedad tanto de los activos fijos, como de propiedad intelectual que pudieran derivarse de la ejecución del proyecto y la operación del telescopio. Asimismo, es necesario dejar claro los mecanismos de solución de disputas, adicionales a los que se dan mediante acuerdos de buena fe. Las reglas y las posibles indemnizaciones en caso de ruptura de las partes, también son necesarios establecer con diáfana claridad en el acuerdo.

*P: ¿Cuáles son los beneficios que se pueden aportar al Gobierno Federal, al Estado de Puebla, y en particular a las poblaciones cercanas al GTM como resultado de construir el telescopio más grande del mundo en México?*

Los beneficios del proyecto GTM han sido ampliamente expuestos ante la Unidad de Inversiones de la SHCP, de acuerdo a los lineamientos correspondientes.

No obstante, por lo que se refiere concretamente al Estado de Puebla, el GTM es considerado como un polo de atracción a posibles inversiones a realizarse en lo que se ha dado en llamar “SUPERNOVA”, que consiste en un proyecto de inversiones públicas y privadas en un lugar cercano al telescopio para crear empresas de base tecnológica en áreas como la metrología, el diseño y manufactura de productos de materiales compuestos, así como el diseño y fabricación de sistemas y dispositivos para comunicaciones en altas frecuencias, entre otros.

Para el país, los beneficios adicionales al conocimiento científico que se obtendrán de las investigaciones en los campos de la astrofísica y la astronomía milimétrica, se ubican en la promoción que han obtenido las empresas participantes en la construcción del GTM, lo que les permitirá participar, con antecedentes ya probados, en proyectos de alta complejidad técnica.

Otro beneficio es la generación de recursos humanos altamente capacitados en las áreas de ingeniería mecánica, electrónica y de comunicaciones, entre otros campos. El incremento en la planta científica nacional también es de considerar como beneficio.

*P: ¿Cómo se prevé resolver en este momento cualquier tipo de disputa entre los dos países? Pues el Memorandum vigente hoy día sólo prevé resoluciones de buena fe en esos casos.*

En el marco de las relaciones bilaterales de México y los Estados Unidos, tal como acontece en otros asuntos que tienen ese carácter. Esto no descarta que se continúe, de inicio, bajo esquemas de buena fe, enmarcados en las prácticas de intercambio científico y tecnológico que operan las instituciones. En el Acuerdo Conjunto que se negocia, será necesario establecer este tipo de reglas, definidas conforme a la legislación aplicable.

*P: ¿Cómo se pretende resolver el hecho de que la UMASS, aparentemente, todo el tiempo supuso la amplia factibilidad de crear una Asociación Civil cuyo mantenimiento y nómina fuera pagada por el Gobierno Federal cuando en ningún momento ha sido presentada a esta SHCP un planteamiento serio al respecto?, ¿y, en todo caso, cuál sería la propuesta?*

El INAOE ha planteado en diversas ocasiones, ante su Junta de Gobierno de la cual forman parte tanto la SHCP como la SFP, la necesidad de crear el ente encargado de la operación y mantenimiento del GTM.

En la primera sesión ordinaria del 2007, celebrada el 24 de abril en Guadalajara, Jalisco, por conducto del Lic. Jorge Espinosa Fernández, el INAOE presentó los avances de las negociaciones efectuadas con la UMASS para la firma del Acuerdo Conjunto definitivo para el desarrollo y operación del GTM, y explicó la propuesta para la creación de una asociación civil denominada Fomento a la Astronomía Mexicana que se encargara de manera provisional de la operación y mantenimiento del GTM hasta en tanto el INAOE y la UMASS resolvieran el asunto. En tal reunión, se solicitó al CONACYT, como cabeza de sector, conducir lo necesario ante las dependencias globalizadoras sin que haya habido respuesta alguna.

En la segunda sesión ordinaria de 2008 de la Junta de Gobierno, celebrada en Tijuana, Baja California el 15 de octubre, el INAOE presentó para su aprobación una estructura orgánica específica para el GTM. Esto se hizo así, dada la indefinición sobre la creación de una AC encargada de la operación y mantenimiento del telescopio.

En este año, se han realizado dos reuniones exploratorias informales, una en la Secretaría de la Función Pública y otra en el CONACYT, a efecto de recibir lineamientos precisos para la creación de la estructura orgánica del GTM, modificando la correspondiente al INAOE, tomando como base inicial la propuesta presentada a la Junta de Gobierno en la pasada sesión ordinaria. El representante de la SFP, advirtiendo que el primer requisito para modificar estructuras es que se cuente con un dictamen financiero de la SHCP, señaló que en un futuro cercano (sin precisar cuando) ésta dependencia convocaría a un curso para la evaluación de puestos y la integración de propuestas para modificar estructuras orgánicas. Esto, hasta la fecha, no acontece. En la reunión de CONACYT, se concluyó que es necesario agendar una reunión formal con las altas autoridades del Consejo, a efecto de definir, de manera clara, la forma en que se operará el GTM: a través de una estructura orgánica dentro de la APF o mediante la creación de una entidad no lucrativa. Dicha reunión tampoco se ha concretado.

*P: En el eventual escenario de que el Gobierno Mexicano pudiera aportar los requerimientos monetarios para concluir el GTM, ¿qué elementos de garantía se pueden aportar por el INAOE para cumplir en tiempo y forma con un compromiso de este tipo? ¿Con qué cantidad de recursos deberá contar el INAOE de la UMASS?*

A instancias del CONACYT, se integró un comité internacional de evaluación del proyecto GTM, el cual sesionó en Julio de 2008. El representante de la SHCP en la Junta de Gobierno del INAOE conoce el reporte respectivo, pues se presentó en la pasada sesión ordinaria, en Tijuana, Baja California.

Derivado de las recomendaciones de dicho comité, el CONACYT integró asimismo otros dos comités: Comité de Planeación, integrado por el Director General del INAOE, Dr. José S. Guichard Romero; el Coordinador General del GTM, Dr. Alfonso Serrano Pérez Grovas; y el Científico del Proyecto, Dr. David Hughes; designando adicionalmente dentro de este comité al Dr. Juan Carlos Jáuregui como Ingeniero del Proyecto, y al Ing. David Huerta como Gerente del Proyecto, ambos pertenecientes al CIATEQ. El segundo comité es el denominado Comité de Supervisión, el cual es enteramente externo al INAOE y, según la encomienda del CONACYT, se encargará de evaluar si el programa y los recursos identificados por el Comité de Planeación están razonablemente bien integrados. Asimismo, dará seguimiento a las acciones y gastos generados en la ejecución de dicho programa.

El Comité de Supervisión sesionó en noviembre de 2008, cuyas recomendaciones son aún desconocidas por el INAOE.

Habiendo procedido en los términos definidos por el CONACYT, es decir, a partir del trabajo realizado por los distintos comités, el INAOE considera suficientemente fundamentada la solicitud de recursos.

Por lo que hace a la participación de UMASS en el proyecto, en términos de aportación financiera, la posición es incierta. Esto es debido a varios factores:

- a) Pese al desequilibrio actual de aportaciones (~ 65%-35%), UMASS insiste en tener igualdad en los eventuales cuerpos colegiados para la toma de decisiones.
- b) UMASS no ha promovido adecuadamente el proyecto GTM, ante las instancias que administran la ciencia y la tecnología en los EUA, a efecto de obtener fondos adicionales a los que le fueron otorgados y que concluyeron en 2005.
- c) UMASS, o específicamente los representantes del FCRAO que negocian con el INAOE y ahora con el CONACYT, plantean invariablemente la imposibilidad de que la Universidad asuma un compromiso formal de carácter multianual para aportar recursos.

- d) El hecho de no contar con una entidad no gubernamental que opere el GTM, le dificulta a UMASS una eventual transferencia de fondos al proyecto.

*P: Con nota informativa emitida por el INAOE en 2004, se informó al Secretario de Hacienda y Crédito Público que con los recursos que se solicitaban para el 2005 estaría listo el GTM, adicionalmente, que con 4 millones de dólares anuales se solventaba el gasto de operación del telescopio. Con esta evidencia documental enviada al propio Secretario de Hacienda, ¿por qué ahora el INAOE argumenta que el costo de operación debe ser el 10% del costo del GTM (10 millones de dólares), ¿qué seguridad ofrecen de que esta cifra no cambie de un año a otro?*

R: Por lo que hace a los costos de operación del GTM, desde 1994 se manejó la cifra de 4.0 millones de dólares, bajo la premisa de que los costos asociados al desarrollo de la instrumentación sería absorbida por las áreas académicas de las instituciones usuarias del telescopio. En el caso del INAOE, soportado con el presupuesto regular de la Coordinación de Astrofísica; y en el caso de la UMASS con el presupuesto otorgado al Five College Radio Astronomy Observatory. Asimismo, es importante aclarar que en esos 4.0 millones de dólares no se contemplaban los costos asociados a la actualización tecnológica del telescopio.

En la segunda sesión ordinaria de la Junta de Gobierno, celebrada el 10 de octubre de 2007 en Mérida, Yucatán, se planteó un nuevo costo para la operación del GTM, ubicado en 13.0 millones de dólares (~10% del costo de construcción), presentando, conforme al plan de negocios elaborado a solicitud del CONACYT, el siguiente esquema de financiamiento:

	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>CONACYT-INAOE</b>	6,630,000	6,630,000	6,630,000	6,630,000	6,630,000
<b>UMASS</b>	1,451,429	2,451,429	2,451,429	2,451,429	2,451,429
<b>Venta</b>	1,300,000	2,600,000	3,900,000	5,800,000	7,800,000
<b>Total</b>	9,383,438	11,683,439	12,983,440	14,883,441	16,883,442
<b>Gasto</b>	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000	13,000,000
<b>Déficit</b>	3,616,562	1,316,561	16,560	-1,883,441	-3,883,442
<b>CONACYT</b>	<b>10,246,562</b>	<b>7,946,561</b>	<b>6,646,560</b>	<b>6,630,000</b>	<b>6,630,000</b>
<b>CONACYT+UMASS</b>	11,697,991	10,397,990	9,097,989	9,081,429	9,081,429

Los 13.0 millones de dólares se integran considerando, en términos generales, 8.0 millones para operación y mantenimiento propiamente dicha, y 5.0 millones para la generación de instrumentos de observación, los costos requeridos para el programa de seguridad y salvaguarda en el sitio, así como los costos de las eventuales actualizaciones tecnológicas del telescopio. A precios de 1994, los nuevos costos presentados por el GTM representan

~7.2 millones de dólares, lo que representa un incremento de 80% con respecto a la cifra originalmente planteada hace 15 años.

---

Habiendo procedido conforme a los lineamientos establecidos por el CONACYT y a partir de las recomendaciones del Comité Revisor, es posible afirmar ante la Junta de Gobierno que el INAOE ha integrado un programa suficientemente soportado para brindar certidumbre en el propósito de lograr la primera luz científica en un plazo perfectamente definido, siempre que se otorguen, en el tiempo previsto, los recursos económicos ahí contemplados.

## **2. Avance del Proyecto**

Con base en la disponibilidad presupuestal que el GTM tuvo en el ejercicio 2008, el proyecto realizó las actividades que abajo se describen.

### **SITIO**

#### **Trabajos efectuados en la mecánica de movimiento del GTM**

- Se probaron los frenos de elevación ya con corriente, señal.
- Se instalaron los sensores de proximidad de los frenos.
- La antena se colocó en posición de reposo con los pernos de freno puestos durante 15 días seguidos
- El personal del GTM es capaz de mover el telescopio en azimut y en elevación a través de las computadoras del DCU- ACU
- El balance del sistema Reflector-Contrapeso en el eje Y se encuentra a - 2 cm. por lo que es posible rotar el telescopio en cualquier ocasión
- Las balisas ya funcionan en su totalidad.
- Los E-Stops ya funcionan en su totalidad.
- Se cableó con cable de Ethernet hasta cada uno de los Bogies para que se lea automáticamente el desplazamiento lateral de éstos con indicadores.
- Limpieza y pintura de los rodillos de los excéntricos del sistema motriz de elevación.
- Se colocó el Cable Wrap de elevación.
- Se verificó el cableado de los servo motores.
- Se repararon motores en azimut y elevación.
- Se instaló el 65 % de los sensores térmicos.
- Se instalaron los patines de tierra faltantes de la pista de rodamiento.
- Se instaló, niveló y se alineó la placa base del espejo M-3
- Se colocaron las piezas faltantes de protección en los Encoders de elevación.
- Se instaló, niveló y se alineó la placa base del espejo M-3.

### **Trabajos efectuados en el Reflector Primario del GTM**

- Se colocaron sujetadores para el cambio de actuadores
- Se colocaron 16 bastidores para el cambio de segmentos
- Se presentó la estructura de instalación del Reflector Secundario
- Se probó el desempeño del carro para la medición de segmentos
- Se siguió mejorando iterativamente la superficie del reflector con la estación total.
- Se instalaron provisionalmente 336 actuadores.
- Se completó la puesta y alineación de los segmentos en R1,R2 y R3.
- Se instaló el receptor holográfico.
- Se efectuó medición con holografía en los segmentos.
- Se corroboró la funcionalidad del sistema de seguimiento ("tracking") del GTM
- Se cablearon actuadores R1, R2 y R3 hasta la plataforma 20.70 m.

### **Trabajos efectuados en el área del edificio y estructural del GTM**

- Se colocó la puerta en la pata 2 de los bogies
- Se colocaron puertas y escaleras marinas de acceso para los contrapesos y rodamientos de elevación.
- Se verificó torque en edificio del GTM .
- Se retiró todo el material sobrante soldado en el GTM.
- Se cableó según norma caseta exterior.
- Se verificó el cableado interior del telescopio.
- Se completó el sistema de telefonía.
- Se instaló un elevador de carga en el edificio.

### **Trabajos efectuados para hacer el OGTM**

- Se adquirió herramienta y material para el mantenimiento general del GTM .
- Se compró tanque de oxígeno y equipo básico para emergencias.
- Se instalaron dos PC para uso del personal en el GTM .
- Se adquirió equipo básico de electrónica.
- Se instaló una cocina temporal para trabajadores.
- Se integró un inventario de herramientas y materiales.
- Se instaló un almacén temporal para herramienta y material.
- Se reorganizó el personal del GTM para que sea capaz de efectuar trabajos de forma autónoma.
- Se elaboró WBS de trabajos faltantes para observaciones en 3 mm para CONACYT .

### **Trabajos efectuados para el mantenimiento de máquinas y equipo de GTM**

- Se efectuó el mantenimiento mecánico previsto según calendario.
- Se efectuó mantenimiento general de vehículos y maquinas.
- Se le dio servicio a la estación total.
- Se limpio el área de sub-estación y se recogieron e inventariaron materiales sobrantes .

### **Trabajos efectuados en Camino y Explanada del GTM**

- Se aplanó la explanada principal del telescopio.
- Se le dio mantenimiento al camino de acceso y se ejecutaron trabajos de cuneteo
- Se terminó el jardín de piedra.
- Se adoquinaron 300 metros en el camino hacia el GTM .

### **REFLECTOR SECUNDARIO**

Se ha continuado con los trabajos que permiten medir las deformaciones que tiene el espejo, provenientes de diferentes factores. Con recursos limitados, esta ha sido la actividad principal. Se ha revisado con mayor nivel de detalle la ingeniería asociada y siguiendo los resultados de la metrología realizada. En CIATEQ, las instalaciones de la autoclave han sido mejoradas, para proporcionar un ambiente con menor contenido de polvo.

Diversos esquemas de bajo costo para recubrir el reflector, manufacturado con fibra de vidrio, han sido empleados. Para cada uno de ellos se ha evaluado la reflectividad del material a 20 GHz.

### **HEXÁPODO**

#### **Avances**

Se concluyó la caracterización de los actuadores, de la plataforma fija y móvil, lo que permitió ensamblar el Hexápodo y realizar las pruebas de dimensiones, peso y verificación de las interfaces eléctricas.

Para su instalación en sitio, se fabricó un pasillo perimetral temporal de acero estructural que va apernado a la cabeza del tetrápodo. Este pasillo permitirá el acceso a los técnicos para poder izarlo, instalarlo y posteriormente calibrarlo.

Se realizó la compra de los cables de potencia para los servos, los encoder lineales Heidenhain y para los switchs de límite. Estos cables son de características especiales ya que previas experiencias demostraron que cables convencionales sin la protección adecuada pueden ser derretidos por la radiación solar o bien fracturados por el frío.

Para realizar el Procedimiento de Aceptación, el Hexápodo se transportó a INAOE, ya que en el Laboratorio de Superficies Asféricas se cuenta con las instalaciones apropiadas como son el control de temperatura y la cimentación aislada entre secciones dentro del laboratorio para evitar vibraciones que pudiesen afectar las mediciones efectuadas al mecanismo.

El procedimiento de aceptación está dividido en cuatro secciones que permiten verificar y registrar las condiciones generales del Hexápodo antes de ser aprobado, su funcionamiento básico, verificar la comunicación con la ACU (Antenna Control Unit), verificar el rango normal de movimiento, la precisión con la que se efectúan estos movimientos y por último verificar la rigidez del sistema aplicando cargas en las diferentes direcciones.

Para realizar las pruebas del procedimiento de aceptación, se está fabricando una estructura de acero que permita colocar poleas y pesos que simulen cargas laterales y axiales de 100kg (medida a través de una celda de carga) y verificar la rigidez y el juego mecánico generado en el sistema. Al mismo tiempo, otra estructura independiente permitirá soportar indicadores de carátula marca Mitutoyo con una resolución igual a 0.001mm y una precisión de 0.0024mm que servirán para medir las deformaciones en el plano del mecanismo y de igual manera los desplazamientos angulares cuando sea aplicada la carga.

En el procedimiento de aceptación se han incluido las hojas de registro con la finalidad de comparar las especificaciones de diseño con los datos obtenidos de las mediciones.

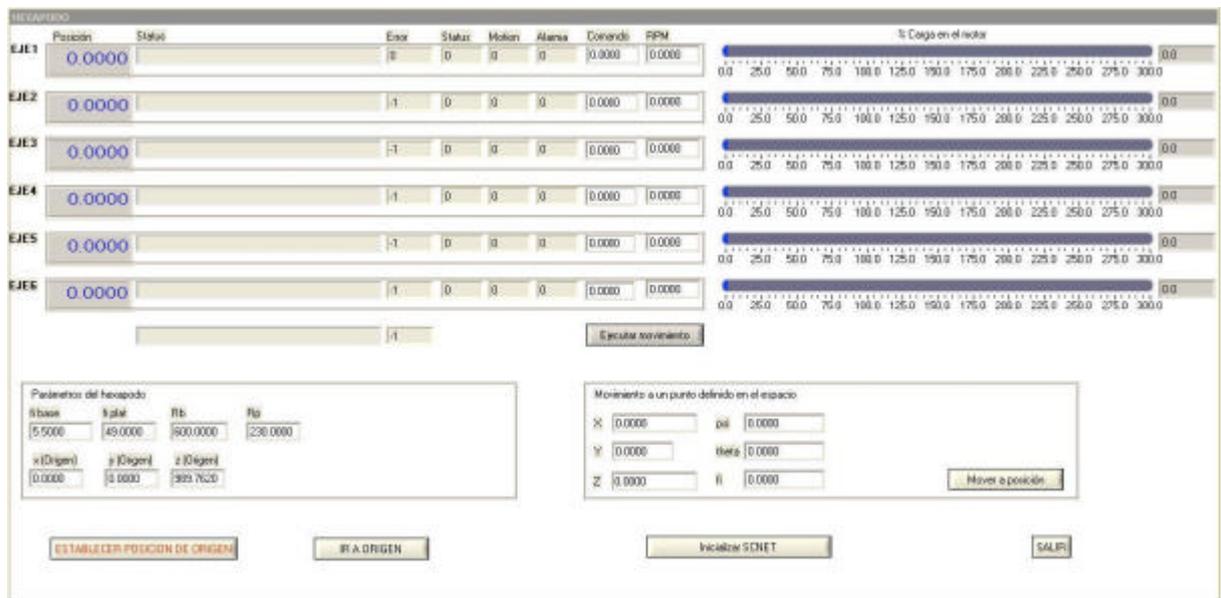
Por último, es importante mencionar que para la protección de los cables se colocará en las patas del Tetrapodo tubo de acero y tubo conduit para llevar las líneas de potencia y de señal.

**Información en forma gráfica.**



Indicador de Carátula.





Ventana principal del Software de Control del Hexapodo

### ESPEJO TERCIARIO (M3)

Se verificaron las tolerancias de alabeo de la base rotativa, se ensambló el soporte del espejo en la base rotativa, se colocó el mock-up del espejo en su soporte y se balanceó, y se re instalaron los servomotores y freno de base fija. Se realizó el ensamble de los componentes de control, tales como ensamble del gabinete de control, cableado de gabinete de control a servomotores y pruebas de funcionamiento de equipo en forma individual. Con esto, se concluyó el ensamble de los componentes mecánicos y el ensamble de los componentes de control y se realizaron pruebas de movimiento y de control de movimiento.

Una vez efectuadas estas pruebas, se procedió a realizar tareas de prueba de equipo y metrología relacionadas con la montura del espejo M3, en la nave de CIATEQ en San Luis Potosí (SLP).

Ya que la montura M3 no cuenta con superficies de referencia ni marcas fiduciales para facilitar su instalación en el telescopio, se deben de utilizar métodos alternativos para su alineación. Para lograr la mejor precisión es preferible alinear los ejes de rotación del espejo (dirección y tracking) directamente con los ejes principales del telescopio (eje óptico y eje de elevación respectivamente). Para la cual, se colocarán targets en la montura M3 centrados con cada eje de rotación y se alinearán los targets (y montura) contra haces láser previamente instalados en el telescopio que trazan sus ejes principales.

En los laboratorios de óptica del INAOE, se han desarrollado los equipos y procedimientos para realizar la alineación del M3 según el concepto previamente mencionado. Con una selección cuidadosa de los haces láser y los targets, se ha demostrado una precisión de  $\pm 30$  micras en la alineación por método visual. Recientemente se ha logrado mejorar esta cifra todavía con la afinación de los equipos.

Se consideró pertinente realizar pruebas de los equipos y métodos de alineación directamente contra la montura del M3, mientras se encuentra en la planta del fabricante, facilitando cualquier modificación o ajuste de equipo. Al mismo tiempo, nos proporcionó la posibilidad de realizar algunas mediciones geométricas de la montura.

### Pruebas de equipo de alineación

En SLP se realizaron pruebas del equipo que se pretende utilizar en La Negra para la alineación de la estructura de soporte y espejo M3, lo cual consiste principalmente en láseres y telescopios ópticos, monturas de ajuste X-Y-Pitch-Yaw, y targets en forma de cruz de alambre de calibre fino, todos instalados sobre tripiés a un altura de 2m del piso de la nave.



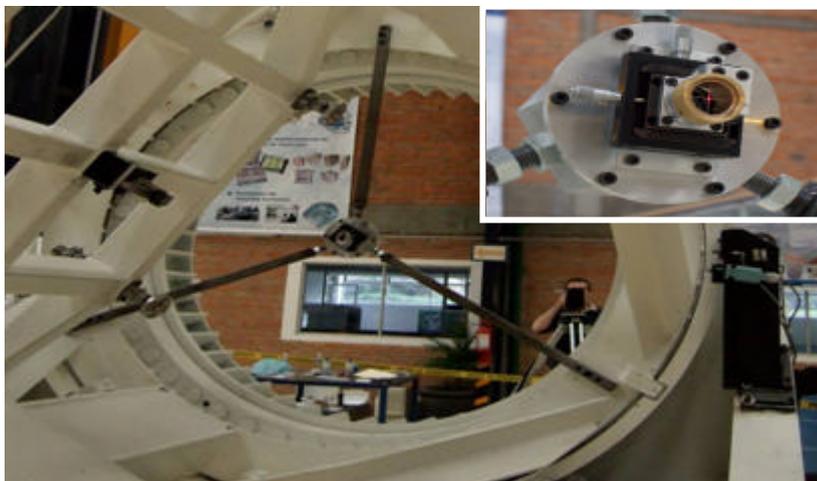
*Láser y telescopio montados sobre un tripie en la nave de CIATEQ.*

En SLP observamos que la fuente principal de inestabilidad se debe a los tripiés, a pesar de que éstos son de construcción pesada. Por esta razón y por cuestiones de limitación de espacio en La Negra, se tomó la decisión de no utilizar tripiés

adentro del telescopio, salvo por el montaje de targets y pantallas de observación temporales (menos de un día). En SLP se comprobó la habilidad de trabajar en la alineación del M3 en un ambiente rudo, y con luz ambiental tanto natural y artificial.

### **Alineación de la araña en la corona del M3**

La araña es un “fixture” que se instala temporalmente en la corona de la montura M3, y que soporta un target que define el eje de tracking. La integridad de la araña, una vez instalada, así como la alineación precisa del target, son factores críticos para el procedimiento de alineación del espejo.



*La araña instalada en la corona de la montura M3.*

*Inset: blanco centrado en la araña.*

### **Presentación y ajuste de los targets en la montura M3**

La montura del M3 será equipada con targets y accesorios para facilitar su instalación y alineación. Todos ellos deben tener un registro de alta tolerancia para minimizar errores en el centrado. El maquinado final de los adaptadores de los targets se realizó en SLP con el apoyo de los ingenieros mecánicos de CIATEQ.

Para instalar un alineador axial (boresight jig) en la montura M3, fue necesario fabricar un nuevo adaptador en CIATEQ.



*Izquierda: target instalado en la flecha del motor, eje de dirección. Derecha: alineador axial instalado al exterior de la flecha del motor con un adaptador fabricado en CIATEQ.*

### **Medición de cabeceo del haz emergente del M3**

La especificación para el cabeceo del balero de tracking es de  $\pm 0.24$  minutos de arco. Llevamos unos indicadores digitales a CIATEQ para intentar medir el cabeceo del balero directamente. Se colocó un indicador con su palpador en contacto con una superficie maquinada lo más cerca posible al balero, y se observó un desplazamiento axial del balero (radio aprox. 600mm) de 100 micras sobre  $360^\circ$  de rotación, lo cual equivale a un error angular de 0.57 minutos de arco. Recordando que el balero tiene un rango máximo de operación de  $90^\circ$ , podemos tomar la mitad de nuestra medición, es decir 0.29', ó  $\pm 0.14'$ . Sin embargo, esta medición tiene validez solamente si la superficie utilizada en la prueba es realmente paralela al plano de rotación del balero, algo que no se puede confirmar sin acceso a dibujos del fabricante del balero.

### **Observaciones de la mecánica de la montura M3**

Dado que los movimientos de tracking y de movimiento del espejo iban a ser de caracterización, la estructura mecánica se encontraba soportada en seis tornillos lo cual le daba suficiente rigidez para realizar las pruebas. Uno de los coples que se utilizan en la transmisión para el movimiento de tracking se había dañado, lo que ocasionó que sólo se pudieran realizar movimientos absolutos con precisión. Para el movimiento del espejo, el motor se había regresado a planta y el proveedor se había comprometido a cambiar el motor por uno con mayor torque, esto por el problema que CIATEQ refiere al momento de querer ubicar con la repetitibilidad de 1 mdeg el espejo.

Hasta el día de hoy, sabemos que el cople ha sido reparado y que el motor se encuentra ya en SLP y que se están realizando algunos ajustes en el run out de la flecha del motor con el objeto de realizar las pruebas con el nuevo motor sin inducir problemas de origen mecánico.

Por último, se están realizando modificaciones temporales en los soportes de los baleros de elevación con la finalidad de ajustar los soportes mecánicos que se utilizarán en la alineación del espejo del M3 con los ejes de elevación y el eje óptico.

## **SISTEMA DE ACTUADORES**

Lista de actividades ejecutadas en 2008.

### **Línea de producción**

- Diseño de la línea de Producción y de Caracterización en laboratorio
- Manufactura de tres mesas de laboratorio para la línea de Producción y de Caracterización
- Puesta en marcha de la línea de Producción y Caracterización
- Diseño del caracterizador de LVDTs
- Manufactura del caracterizador de LVDTs
- Diseño del caracterizador de actuadores
- Manufactura del caracterizador de actuadores
- Puesta en marcha de la línea de producción "Armado de actuadores"
- Elaboración de manuales de armado y caracterización para las líneas de producción.
- Capacitación a personal nuevo en las líneas de producción

### **Actuadores**

- Revisión, limpieza y puesta a punto de la mecánica de 336 actuadores.
- Puesta a punto de 336 actuadores que incluye:
  - § Colocación de tarjetas electrónicas
  - § Instalación de arnés de cable
  - § Instalación de LVDT
  - § Instalación de límites
  - § Instalación de codificadores.
  - § Instalación de conectores
  - § Pruebas electrónicas
  - § Pruebas de movimiento
- Reapertura y reparación de 152 actuadores.
- Sello de 336 actuadores.
- Caracterización de 336 sensores LVDTs.

- Caracterización de 336 actuadores.
- Diseño de la nueva polea de los actuadores
- Manufactura de 720 poleas
- Cambio de poleas a 336 actuadores.
- Diseño del nuevo codificador óptico
- Manufactura de 720 codificadores ópticos
- Rediseño de la carcasa del actuador (versión recortada)
- Montaje de 308 actuadores en la antena
- Bajada de 152 actuadores de la antena.
- Pruebas temperatura, humedad y estrés mecánico a los actuadores prototipo

#### **Consola**

- Elaboración del software de la consola
- Pruebas del funcionamiento de la consola
- Diseño de tarjetas electrónicas "C8 a 9" y "Gateways"
- Elaboración del firmware del "C8 a 9" y "Gateways"
- Diseño mecánico de la consola.

#### **Nodos**

- Diseño del nodo.
- Elaboración de los componentes mecánicos de protección y montaje del nodo.
- Diseño de la tarjeta de distribución de señales de los nodos.

### **REFLECTOR PRIMARIO (M1)**

Básicamente se trabajó hasta mayo del 2008 en el proceso de: "Alineación de precisión de los anillos 1, 2 y 3 a menos de 200 micras RMS". Esta fue la última actividad importante, la cual consistió en lo siguiente:

Se llevaron a cabo las actividades necesarias para proceder a efectuar la alineación de precisión de 84 segmentos que integran los anillos 1, 2 y 3 del reflector primario del GTM a una precisión de 200 micras RMS o menor por medio de once procesos directos y tres procesos auxiliares incluyendo aseguramiento de calidad. Adicionalmente, se prepararon los elementos componentes de anillos 4 y 5, para integrar 96 segmentos en cuanto se tengan paneles para este fin.

Durante este proceso se transportaron los paneles al INAOE para que de manera definitiva se colocaran piezas que no se debería n mover más. Es decir, después del éxito en el montaje piloto, se procedió a fijar de manera definitiva las partes ajustables, es decir, de tal manera que no se pudieran mover más, toda vez que

ya se había logrado liberar esfuerzos y que se habían probado y colocado las piezas en el sitio, determinando la ubicación correcta de cada parte y de cada "Bracket" con el fin de lograr un sistema completamente libre de esfuerzos.

Como ya se ha comentado anteriormente, en esta primera etapa se instalaron los paneles con el fin de liberar esfuerzos y colocar todas las piezas y conectores en su lugar, probando únicamente el funcionamiento y no la precisión superficial, por lo que los procesos que se implementaron hasta mayo del 2008 constituyeron el paso lógico, siguiente y necesario para alcanzar la primera etapa de la precisión buscada en el reflector primario del GTM. Para este fin se determinó procesar cada uno de los 84 segmentos hasta determinar que cada uno estaba aprobado para su instalación en su posición definitiva, lo cual no quiere decir que no se puedan desmontar posteriormente si se requiere alguna reparación, ajuste o cambio de alguna pieza, sino más bien se refiere a que ha sido aprobado en su primera etapa de prueba en el sitio y posteriormente se han fijado las partes con:

- 1) Resinas epóxicas especiales para fijar partes de ajuste en su lugar correspondiente.
- 2) Laminas para asegurar asentamientos de cada pieza en donde corresponde.
- 3) Tornillos en vez de remaches una vez que cada parte ha quedado en su posición definitiva.
- 4) Adhesivos en placas que ya han tomado su ubicación definitiva.
- 5) Materiales especiales para rellenar espacios que no se necesitarán más al haberse definido las posiciones que optimizan cada ensamble.

Adicionalmente:

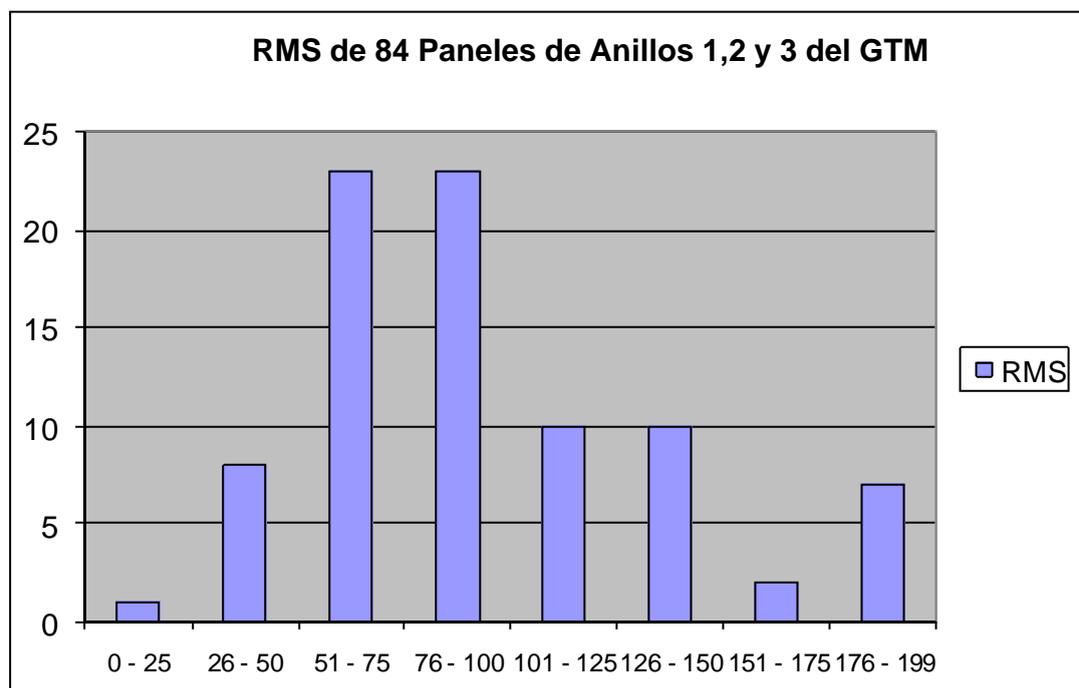
- 6) Se verificó la estabilidad de los paneles ya que al liberarse esfuerzos era obvio y natural que se necesitara volver a medirlos y ajustarlos en caso necesario. Inclusive, también se corrigieron los paneles que estaban fuera de especificaciones debido a que en un par de ocasiones se acumuló demasiada nieve en la superficie cuando no se podía girar el telescopio durante la instalación piloto.
- 7) Se superó exitosamente la etapa de la curva de aprendizaje para montar los paneles, ya que nunca en ningún lugar del mundo se había hecho esto antes y fue necesario desarrollar con creatividad herramientas especiales para el montaje de precisión. Debido a la instalación y problemas con la nieve y el hielo solamente hubo algunos paneles que debieron ser reparados (solo el 3% de los mismos, cifra normal en todo proceso humano), sin embargo, se logró resolver los problemas de montaje y se corrigieron todas las fallas durante el proceso de instalación de precisión a menos de 200 micras RMS.

- 8) Es práctica usual en cualquier parte del mundo probar las piezas reales antes de alcanzar un producto final, y es común que se realicen prototipos y se revisen tolerancias vs costos, etc. Las simulaciones son una gran herramienta con la que contamos actualmente pero la realidad es todavía la gran prueba final y definitiva. Gracias a esto se logró el éxito en la alineación de precisión de los primeros tres anillos del GTM.

Cabe mencionar que, debido a la falta de recursos, no fue posible continuar con la tercera etapa de ajuste de la superficie del GTM por medio de técnicas de Holografía y con el uso de actuadores lineales, característicos de una superficie activa.

En base a lo anteriormente expuesto se demuestra que se alcanzaron por completo los objetivos de la segunda etapa de los primeros tres anillos del GTM y se tienen registros de las mediciones de cada segmento e menos de 200 micras RMS avalados por UMASS.

La siguiente etapa en estos primeros tres anillo será ajustar por pétalos o por anillos, por medio de técnicas de retro-alimentación con holografía.



Respecto a los anillos 4 y 5, se logró con éxito la transferencia de tecnología a CIDETEQ, realizando pruebas satisfactorias; sin embargo, aún no se ha ensamblado ningún segmento de estos anillos por falta de paneles y recursos.

Mientras tanto hemos estado realizando pruebas de metrología, pruebas en el "Mock-up", preparando y capacitando al personal y generando los programas necesarios.

### **3. INFORME PROGRAMÁTICO PRESUPUESTAL**

#### **Presupuesto Original y Modificado**

Con el propósito de completar las tareas pendientes de la fase de licenciamiento del GTM que iniciaron en el ejercicio fiscal 2007, en el proyecto de presupuesto para este año el Instituto presentó una solicitud de recursos por un monto total de 107.8 millones de pesos, programando 69.3 millones en gasto corriente y 38.5 millones en gasto de inversión. De dicho monto, al proyecto GTM sólo le fue autorizado un 37% de lo solicitado (40 millones de pesos), lo que provocó una modificación restrictiva al programa de trabajo previsto para este año, misma que impactó, fundamentalmente, en el ritmo de producción de los paneles de los anillos 4 y 5 y sus actuadores, así como en un desfase en la integración del mecanismo de posicionamiento del reflector secundario y del espejo terciario, ambos a cargo de CIATEQ. Asimismo, por falta de recursos, no fue posible adquirir los elevadores y los reguladores de corriente del telescopio, como tampoco fue posible conectar la unidad de potencia ininterrumpible.

Cabe señalar que el monto solicitado y no autorizado de 38.5 millones de pesos para los capítulos 5000 y 6000 en el proyecto de presupuesto, quedó registrado ante la Unidad de Inversiones de la SHCP bajo el rubro "Programa de Mantenimiento Detección de la Primera Luz del Proyecto GTM" en la cartera de inversión con la clave 083891U0001.

Como se ha indicado, al inicio del ejercicio 2008 el proyecto del Gran Telescopio Milimétrico contaba con un presupuesto original de 40,000.0 miles de pesos, asignados al gasto corriente, distribuidos como sigue: \$8,000.0 miles de pesos en el capítulo 2000 (Materiales y Suministros); \$25,500.0 miles de pesos en el capítulo 3000 (Servicios Generales); y \$6,500.0 miles de pesos en el capítulo 4000 (Subsidios y Transferencias), mismos que están asignados dentro del presupuesto global del Instituto en la actividad institucional 008 "Formación de recursos humanos en los centros públicos de investigación".

A lo largo del ejercicio 2008 que aquí se reporta, mediante adecuaciones presupuestales autorizadas por la SHCP mediante oficio No. 2008-38-91U-027, así como ampliaciones autorizadas mediante oficios número 2008-38-90X-151 y 2008-38-90X-169, el presupuesto se modificó para dotar recursos a los capítulos de gasto de inversión a efecto de soportar parcialmente los pagos derivados de la adquisición de equipos diversos asociados a la fabricación de los actuadores del sistema activo de la antena, y de la ejecución de diversos contratos de obra pública relacionados con la fase de alineación precisa del reflector primario y la instalación de componentes.

En la tabla siguiente se presenta el cuadro resumen del presupuesto original y modificado del GTM, con cifras al cierre del ejercicio 2008.

**Tabla # 1**  
**Presupuesto Original y Modificado del Período Enero-Diciembre de 2008**  
**(Miles de Pesos)**

CAPITULO	PRESUPUESTO ORIGINAL	AMPLIACIONES / REDUCCIONES	PRESUPUESTO MODIFICADO
2000	8,000.00	-5,505.25	2,494.75
3000	25,500.00	-4,202.87	21,297.13
4000 (*)	6,500.00	-758.45	5,741.55
<b>Subtotal Gto. Corriente</b>	<b>40,000.00</b>	<b>-10,466.57</b>	<b>29,533.43</b>
5000	0.00	8,213.22	8,213.22
6000	0.00	15,000.00	15,000.00
<b>Subtotal Inversión</b>	<b>0.00</b>	<b>23,213.22</b>	<b>23,213.22</b>
<b>Total General</b>	<b>40,000.00</b>	<b>12,746.66</b>	<b>52,746.66</b>

(\*) Asignación registrada en el presupuesto global del INAOE en la actividad institucional 008 "Formación de recursos humanos en centros públicos de investigación".

### Presupuesto Ejercido

Al cierre del ejercicio, los trabajos ejecutados indicados en el apartado anterior de este informe, implicaron un ejercicio presupuestal de 52,746.66 miles de pesos, lo que representa el 100.0% del presupuesto anual autorizado.

La tabla siguiente muestra el ejercicio del gasto, a nivel capítulo.

**Tabla # 2**  
**Presupuesto Ejercido al 31 de Diciembre de 2008**  
**(Miles de Pesos)**

CAPITULO	MODIFICADO ANUAL	EJERCIDO AL 31-12-2008	% EJERCIDO
2000	2,494.75	2,494.75	
3000	21,297.13	21,297.13	
4000	5,741.55	5,741.55	
<b>Subtotal Gasto Corriente</b>	<b>29,533.43</b>	<b>29,533.43</b>	<b>56% del gasto total</b>
5000	8,213.22	8,213.22	
6000	15,000.00	15,000.00	
<b>Subtotal Inversión</b>	<b>23,213.22</b>	<b>23,213.22</b>	<b>44% del gasto total</b>
<b>Total General</b>	<b>52,746.66</b>	<b>52,746.66</b>	<b>100.0% del total anual</b>

**INFORME DEL PROCESO DE ACLARACIÓN Y SOLVENTACIÓN DE LA AUDITORÍA 371 “EGRESOS PRESUPUESTALES DEL CAPÍTULO 6000 ‘OBRAS PÚBLICAS’ PROYECTO GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO, PRACTICADA POR LA AUDITORÍA SUPERIOR DE LA FEDERACIÓN (ASF), COMO PARTE DE LA REVISIÓN A LA CUENTA PÚBLICA 2006.**

**Antecedentes**

Mediante oficios OASF/0967/07 y AECF/0758/2007, la ASF notificó al INAOE la orden de la auditoría referida, la cual fue efectuada por la Dirección General de Inversiones Físicas Federales a partir del día 9 de julio de 2007.

Los auditores comisionados por la ASF fueron:

Ing. José Luis Nava Díaz, Director General de Inversiones Físicas Federales  
Arq. Gustavo Aguiñaga Hernández, Director de Auditoría “D1”  
Ing. Mario Juan Pérez Muñoz, Subdirector de Auditoría “D1.2”  
C. P. Víctor M. González Ortiz, Subdirector de Auditoría “D1”  
Arq. René Hernández García, Jefe de Departamento de Auditoría  
Lic. Edith González Torres, Jefe de Departamento de Auditoría  
Ing. Mauricio Sánchez Yáñez, Auditor de Fiscalización “A”  
Lic. Rebeca Sánchez Guerrero, Auditor de Fiscalización “A”  
C. José Luis Estrada Nava, Supervisor de Área Administrativa  
Arq. Sergio Alberto Aguilar Montes, Auditor Habilitado  
L. C. P. Eva López Franco, Auditor Habilitado

Con fecha 25 de enero de 2008, la ASF entregó al INAOE los Resultados Preliminares de la auditoría, determinándose 144 resultados, otorgando al Instituto un plazo de cinco días hábiles para proporcionar información y/o documentación para aclaración o solventación de dichos resultados preliminares.

No obstante que la revisión ordenada por la ASF se refiere a la Cuenta Pública 2006, sin que mediara orden escrita, los auditores designados revisaron múltiples documentos, contratos, pagos, movimientos presupuestales y contables, e información diversa que corresponde a ejercicios anteriores a la cuenta pública a auditar. Por esa razón, el INAOE solicitó el mismo día 25 de enero una prórroga de quince días hábiles (3 semanas) para poder atender con diligencia lo solicitado; sin embargo, el día 30 de enero del año 2008 la ASF comunicó la negativa de la prórroga solicitada, fundamentando dicha decisión en los “Indicadores de Revisión para la Fiscalización Superior de la Cuenta Pública 2006.- Proceso de Desarrollo, aprobados el 15 de agosto de 2007 en su versión 4.0”. Ante tal negativa, mediante oficio No. A-371-02/2008 de fecha 1 de febrero de 2008, el INAOE manifestó lo siguiente:

“... debido a la imposibilidad material de poder preparar, identificar y localizar la información necesaria para atender dichas observaciones en poco tiempo y con el propósito de no quedar en estado de indefensión, de manera general mi representada (*el INAOE*) viene a objetar las observaciones por contener apreciaciones subjetivas carentes de sustento y niega lisa y llanamente que hubiese incurrido en las presuntas irregularidades que se describen en las citadas cédulas, lo que comunico a usted para los fines legales a que haya lugar”.

“Se reitera, el INAOE no está de acuerdo con las observaciones registradas porque existen elementos documentales y de información complementaria para su aclaración y solventación, mismos que serán proporcionados a la Auditoría Superior de la Federación”.

En reunión efectuada en las instalaciones de la ASF y con la presencia del Dr. José S. Guichard Romero, Director General del INAOE; del Dr. Alfonso Serrano Pérez Grovas, Coordinador General del Proyecto GTM; del Dr. Emmanuel Méndez Palma, Director de Construcción del GTM; y del Lic. Carlos A. Martínez Montoya, Coordinador de los Trabajos de Auditoría; con fecha 5 de febrero de 2008, ese órgano de fiscalización entregó al INAOE los Resultados Finales de la auditoría, determinándose 144 resultados, otorgando al Instituto un plazo de cinco días hábiles para aportar documentación e información para aclarar o solventar dichos resultados finales.

Dentro del plazo establecido, mediante oficios A-371-03/2008 de fecha 7 de febrero de 2008 y A-371-05/2008 de fecha 12 de febrero de 2008, el INAOE envió a la ASF información para aclarar y solventar los resultados finales.

Con fecha 28 de marzo de 2008, la ASF presentó a la Comisión de Vigilancia del H. Congreso de la Unión el Informe de Resultados de la auditoría practicada a la Cuenta Pública 2006, en el cual se determinaron, para el caso del INAOE, 105 observaciones, de las cuales se derivan 144 acciones:

Recomendación	105
Promoción de Intervención de la Instancia de Control	8
Solicitud de Aclaración-Recuperación	5
Promoción de Responsabilidad Administrativa Sancionatoria	9
Pliego de Observaciones	17

Lo anterior quiere decir que, de acuerdo con la ASF, de las 144 acciones derivadas de la auditoría, el 72.92% corresponde a recomendaciones de carácter preventivo y 27.08% son de carácter correctivo, mismas que, como se expone más adelante, se les ha dado completa atención.

Para una ponderación inicial de los resultados de la auditoría, es importante reproducir el Resultado 1 que plasmó la ASF en su informe. Dice textualmente:

“En los contratos revisados se constató que, en términos generales, los trabajos objeto de las obras se ejecutaron de conformidad con las normas generales y específicas de construcción del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica; que cuenta con los dictámenes y los fallos de adjudicación; que su planeación y presupuestación se ajustó a las previsiones de los recursos autorizados; que se cumplió con la manifestación de impacto ambiental emitida por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) de la Subsecretaría de Gestión para la Protección del Medio Ambiente de la SEMARNAT y que están en proceso de terminación los trabajos de la obra, de conformidad con la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas”.

Lo anterior tiene relevancia porque, efectivamente, en la documentación que el INAOE presentó a la ASF antes de que presentara su Informe de Resultados ante la Cámara de Diputados, se proporcionaron elementos para aclarar y solventar la mayor parte de las observaciones que al 5 de febrero de 2008 se habían determinado. Si esto no fue así, es decir, el hecho de que quedaran plasmadas las mismas observaciones para una atención posterior, es seguramente debido a la fuerte carga de trabajo que representa para ese órgano de fiscalización revisar a detalle la documentación voluminosa que implica la Cuenta Pública de toda la Administración Pública Federal, en un tiempo perentorio que vencía hacia finales de marzo. Entre otras cosas, así se explica el motivo de la negativa a la prórroga solicitada por el INAOE en su oportunidad.

### **Atención de las Observaciones**

Dentro del plazo de 45 días establecido en la Ley de Fiscalización Superior de la Federación, mediante oficio DG/AS/075/2008, el INAOE entregó la documentación referente a las medidas adoptadas de acuerdo a las 105 recomendaciones preventivas formuladas por la ASF, pese a que en su gran mayoría existe desacuerdo con las mismas. Esto se hizo así a efecto de no generar fricciones innecesarias con ese órgano de fiscalización. Asimismo, se entregó la documentación y aclaración soporte para solventar las 39 acciones que no tienen carácter de recomendación sino que son correctivas. En conjunto, se enviaron 5 legajos que incluyen más de 5,500 hojas con información que soporta la respuesta que ha dado el INAOE.

El 3 de junio de 2008 se llevó a cabo una reunión en la Dirección General de Informes y Control de Resultados de Auditoría de la ASF, en la que se constató,

en presencia del Lic. Juan Carlos Hernández Durán, Director General Adjunto de Control y Seguimiento de la Secretaría de la Función Pública, que el INAOE entregó, en tiempo y forma, documentación e información para aclarar y solventar todas las observaciones y acciones determinadas, por lo que el registro de seguimiento en ambas instancias (ASF y SFP) presenta ya al Instituto en color verde, es decir, 100% documentado.

Como consta en el oficio OAEP-0043/2009 emitido por el Auditor Especial de Planeación e Información, Mtro. José Miguel Macías Fernández, al 16 de enero de 2009 el estado de avance en la atención de las observaciones emitidas por la ASF es el siguiente:

<b>Tipo de Observación</b>	<b>No.</b>	<b>Estado de Avance</b>
Recomendación	104	Atendidas
Promoción de Intervención de la Instancia de Control	8	El OIC determinó SIN RESPONSABILIDADES. Respuesta en análisis por parte de la ASF
Solicitud de Aclaración Recuperación	5	Respuesta en análisis
Promoción de Responsabilidad Administrativa Sancionatoria	9	Aún sin remitir al OIC para dictamen
Pliego de Observaciones	17	Aún sin emitir dictámenes



**INFORME DE AUTOEVALUACION SOBRE EL AVANCE DEL GTM**

**Período Enero- Diciembre del 2008**



## INDICE GENERAL

### INFORME DE AUTOEVALUACION

<b>1. Dirección, ejecución y Seguimiento</b>	<b>Pág. 1</b>
<b>2. Avance del Proyecto</b>	<b>Pág. 19</b>
Sitio	
Reflector Secundario	
Hexápodo	
M3	
Sistema de Actuadores	
<b>3. Informe Programático – Presupuestal</b>	<b>Pág. 33</b>
Presupuesto Original y Modificado	Pág. 33
Presupuesto Ejercido	Pág. 34
<b>Atención a la Auditoría 371 de la ASF</b>	<b>Pág. 36</b>