



# **GRAN TELESCOPIO CANARIAS**

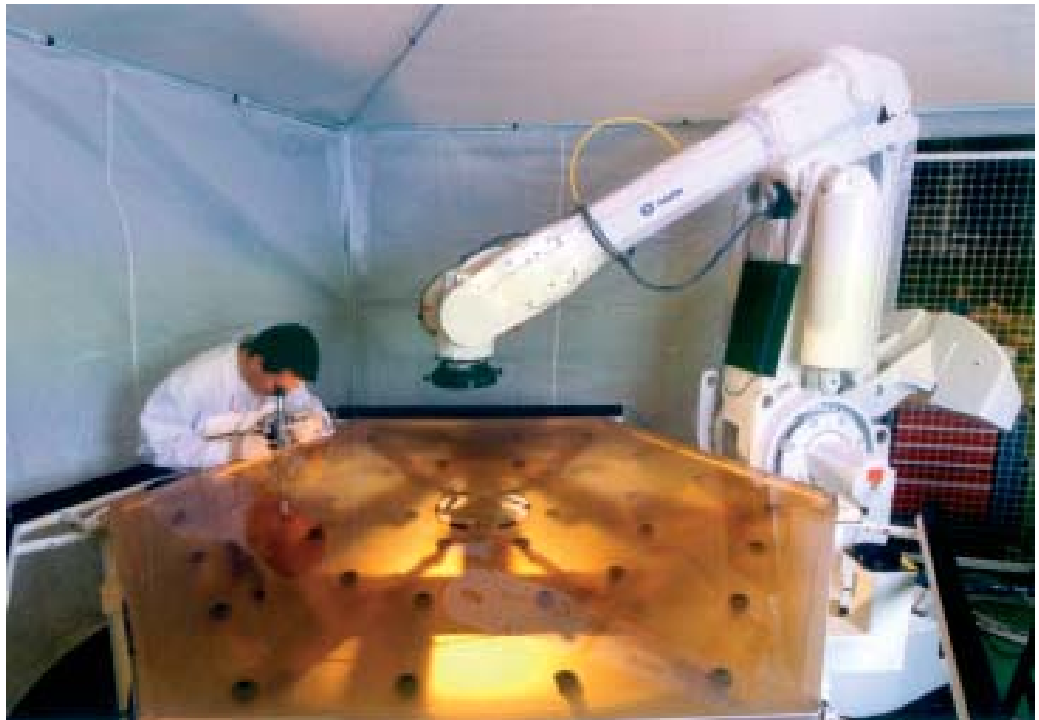
---

## **(GTC)**

## **El espejo primario del GTC ya tiene "segmento maestro"**

**El pasado mes de agosto se alcanzó un hito en la fabricación del espejo primario del GTC: se obtuvo el "segmento maestro".**

**Este primer espejo permitirá optimizar el proceso de pulido, ya que será patrón de calibrado para que el resto de los espejos cumplan los requerimientos técnicos exigidos.**



*Proceso de verificación en la superficie del segmento. © SAGEM*

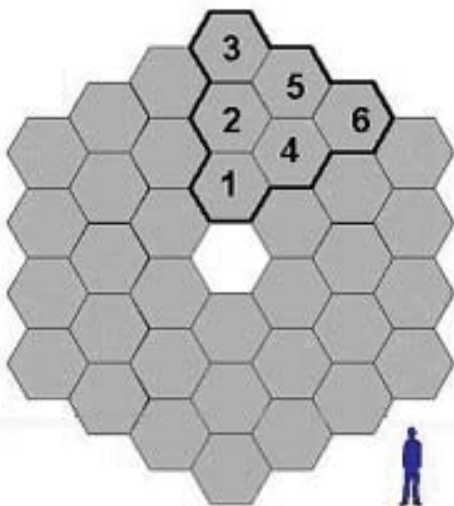
# EL ESPEJO PRIMARIO DEL GTC YA DISPONE DE "SEGMENTO MAESTRO"

NATALIA R. ZELMAN (IAC)

Los 36 segmentos que componen el espejo primario del Gran Telescopio CANARIAS (GTC), más los 6 de repuesto, deben pasar por un delicado proceso de cualificación para cumplir con las especificaciones requeridas. Una vez construidos los bloques de zerodur, los segmentos tienen que ser pulidos, un paso tecnológicamente complejo que debe llegar a buen fin para proporcionar un fiel reflejo del Universo que vamos a estudiar. El pasado mes de agosto se terminó el primer segmento, denominado «segmento maestro», dentro de las especificaciones requeridas, con lo que se dispondrá de la información necesaria para conocer al detalle el proceso que se ha de seguir con los segmentos restantes. Esta información es imprescindible para poder optimizar el proceso y conocer la duración que implicará el pulido de todos los espejos.

La compañía alemana «Schott» ([www.schott.com](http://www.schott.com)) fue la fabricante de los sustratos para los segmentos del espejo primario del GTC, 42 bloques hexagonales de 1,90 m de diámetro, 8 cm de grosor y 470 kg de peso fabricados en Zerodur™, un material vitrocerámico extraordinariamente homogéneo y muy poco variable a los cambios de temperatura.

Una vez acabados, estos sustratos pasaron a manos de la empresa francesa **SAGEM** ([www.sagem.com/en/](http://www.sagem.com/en/)), encargada de realizar el pulido.



Grupo de segmentos que se someten a medidas "asociadas".  
© GRANTECAN

Uno de los inconvenientes a la hora de fabricar segmentos como los del GTC es su forma: no se trata de segmentos de forma esférica, sino que, juntos, forman un hiperboloide, lo que da a cada grupo de segmentos una forma ligeramente distinta, y por tanto el proceso es mucho más complejo.

El primer paso del proceso de fabricación, llamado de «desbastado esférico», retira una parte de la superficie del bloque de zerodur, digamos que la prepara para su pulido. A continuación se realiza un «lapeado» no esférico, tras lo que se inicia el prepulido, que hace reflectante la superficie de zerodur, antes mate. A partir de este momento el segmento puede medirse con precisión por medios ópticos (interferometría) y comienza una fase de pulido controlado por ordenador que va corrigiendo defectos en la superficie de modo iterativo. Una vez que el segmento está cerca de su forma óptica definitiva, se integra el espejo al sistema de soporte definitivo del segmento y, finalmente, pasa por un pulido iónico que termina con los pequeños defectos detectados en el espejo hasta llegar a la calidad óptica requerida por el GTC.

Para saber si nuestro espejo está bien pulido, lo ponemos a funcionar, es decir, enviamos luz al espejo y analizamos el reflejo que nos envía con el fin de conocer si su superficie da una información correcta o errónea. Pero, en nuestro caso, al tratarse de una superficie no esférica, no podemos medir los errores de superficie como en una esfera: enviando la luz desde su centro de curvatura y esperando recibirla en ese mismo punto. En su lugar, veríamos un gran borrón.

Debemos, por tanto, utilizar un instrumento llamado «corrector nulo», que recoge la luz que refleja el espejo hiperbólico y la concentra (digamos, de forma «artificial») en un solo punto. El análisis de la luz reflejada en el segmento mediante técnica interferométrica permite medir la topografía de la superficie del espejo y determinar si es suficientemente buena o necesita corregirse con una nueva pasada de pulido.

## SEGMENTO "LA PALMA"

Este primer segmento terminado, cuya designación técnica es «OP-M1-SG-002-003» y bautizado con el nombre de «La Palma», se denomina maestro debido a

que los restantes deben fabricarse con el mismo radio de curvatura y con la forma óptica necesaria por su posición respecto al mismo, de forma que, al unir todos los segmentos, trabajen como un único espejo. Para ello se llevan a cabo las medidas «asociadas», es decir, situando junto al segmento maestro una serie de 5 segmentos más y midiéndolos simultáneamente. Por este motivo, este segmento, que ha sido el primero en finalizarse, será el último en ser entregado para su uso en el telescopio.

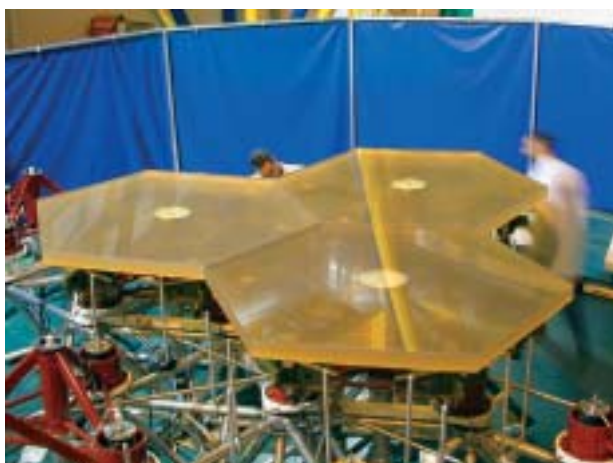
Con el alcance de este hito, la factoría de SAGEM está ya a punto para el proceso masivo de pulido de los segmentos del GTC.



Bloque de zerodur con los anclajes, preparado para el proceso de pulido. © SAGEM



Manipulación del segmento maestro anclado. © SAGEM



Segmentos montados en asociación con el segmento maestro para su pulido. © SAGEM



Bloque de zerodur en la factoría de SAGEM. © SAGEM

# LOS REFLEJOS DEL CIELO

NATALIA R. ZELMAN (IAC) Y ANNIA DOMÈNECH

**Cuando el hombre descubrió su propio reflejo, comenzó sin duda a interesarse por su aspecto. Éste pudo ser el motor para inventar los espejos. Al principio debió de tratarse de un estanque o del reflejo que daban superficies más o menos pulidas por la Naturaleza. Más adelante, en la Edad de Bronce, el hombre comenzó a pulir el metal para obtener una imagen más nítida y brillante de sí mismo. Durante el periodo Neolítico, unos seis mil años antes de Cristo, los chinos descubrieron que, puliendo un lado de una aleación de cobre y estaño, podían obtener una superficie reflectante. Éstos fueron los principios de un utensilio que ha tomado muchos caminos diferentes: tantos como sus utilidades y aplicaciones.**

## UN POCO DE HISTORIA...

Con el tiempo, los espejos de bronce tomaron un papel relevante en la vida cotidiana del pueblo chino: para ellos, servían como regalo, como protección ante los malos espíritus o las desgracias, como objetos funerarios con el fin de «iluminar la oscuridad para los muertos» (Libro de la dinastía Sung del Sur (1127-1279) escrito por Chu Mi), e incluso se utilizaron en la arquitectura tradicional como símbolos de protección. Algunos de estos espejos tenían superficies sumamente cóncavas para manipular al máximo los reflejos de la luz y poder descubrir, en algunos casos, la forma de los «demonios»...

En el antiguo Egipto, el cuidado por la belleza debió de estar íntimamente relacionado con el uso de espejos: la cosmética, aplicada principalmente en las cortes faraónicas, nos revela que las pelucas, el maquillaje y las cremas eran de uso diario. Además, se han encontrado restos de espejos (metales pulidos) en varias tumbas.

Los etruscos y los romanos también fabricaron espejos de bronce adornados con figuras grabadas que se referían a temas de la mitología o de las leyendas. Las mujeres de las clases sociales más altas eran las principales poseedoras de estas obras de artesanía.

La Historia cuenta que Arquímedes, quizás el científico más grande de la antigüedad, inventó (además de muchas otras cosas) diversas armas, entre ellas los espejos "ustorios", espejos parabólicos cóncavos de gran radio de curvatura con los que se defendió su ciudad natal, Siracusa (Sicilia). Aprovechando la reflexión del Sol, concentró la luz en los barcos enemigos de la flota romana y logró que ardieran.



*Un espejo para soñar.*  
© SALARICH



*Así sería una de las máquinas para crear espejos cóncavos ideada por Leonardo Da Vinci.*

© Museo Tecnológico "Ingeniero Eduardo Latzina" de Argentina

Arquímedes inspiró a otro gran artista y genio: Leonardo da Vinci, quien diseñó al menos siete máquinas para tallar espejos de gran tamaño y radio de curvatura. Pero, probablemente, al igual que ocurrió con muchos de sus diseños, nunca llegó a construir ninguno de estos ingenios.

Por su parte, los griegos veían al espejo como un elemento puramente femenino, utilizado para el acicalamiento y para aplicarse el maquillaje, que por cierto consideraban engañoso porque ocultaba defectos que el hombre tenía derecho a conocer. El uso del espejo entre los hombres era considerado vergonzoso e incluso denotaba cierto afeminamiento. Muestra de este rechazo a los espejos es el conocido mito de Narciso, enamorado de su propio reflejo e incapaz de despegarse de la contemplación de su rostro, lo que desencadenó su propia muerte.

Sin embargo, Sócrates recomendaba el uso del espejo a sus discípulos; afirmaba que, si eran hermosos, la visión de su reflejo les ayudaría a tomar conciencia de su aspecto y hacerse dignos de él. Si, por el contrario, eran feos, debían cultivar su espíritu para compensar esa falta de belleza...

Durante los primeros siglos de la Edad Media hay una época proclive al uso del tocador, aunque oculto bajo la apariencia de un escritorio. Pero las epidemias y las guerras, la austeridad y la falta de higiene hicieron mella en los hábitos y costumbres y, de nuevo, se acusa a las mujeres de utilizar el espejo para maquillarse y así ocultar la creación divina.



## DEL BRONCE AL VIDRIO PASANDO POR...

Adentrándonos en la llamada Edad Moderna, hacia el año 1507, dos artesanos de la ciudad italiana de Murano, inventan los primeros espejos de vidrio, sobre el cual colocaban una fina capa de metal reflectante. Este descubrimiento impulsó la creación de un gremio y la ocultación del secreto de su fabricación: si alguien lo revelaba a un extranjero, podía caer sobre él la pena de muerte. Sin duda, esto se debía al alto precio que se pagaba por poseer un espejo en aquella época, lujo destinado a los más pudientes.



Un espejo de tocador.  
© BP

telescopio reflector catadióptrico; James Gregory, en Escocia, ideó otro sistema similar; Bernard Schmidt aportó al mundo de la Astronomía el telescopio Schmidt-Cassegrain, al añadir una lente al diseño del francés para corregir cierto tipo de aberración.

Y así sucesivamente, un científico tras otro, combinando lentes y espejos, llegamos a la actualidad, en la que los telescopios reflectores han «ganado la batalla» y han hecho grandes descubrimientos, como el de Edwin Hubble, que nos regaló la teoría de la expansión del Universo.

En 1610, Galileo inventa el primer telescopio basado en lentes, pero no se emplearán espejos hasta 1668, año en que Isaac Newton, empeñado en eliminar la aberración esférica, decide que su uso eliminará este problema en la observación. La aberración esférica hace que la imagen que observamos sea diferente de la real, e incluso a veces confusa, debido al desenfoque en los bordes de la lente. Con un espejo cóncavo se soluciona este problema, pero las ideas de Newton tuvieron que esperar hasta que la tecnología pudo fabricar espejos con superficies suficientemente curvas.



Espejos del GTC. © GRANTECAN  
Autor: Gabriel Pérez (SMM/IAC)

Se han construido telescopios reflectores de muchos tamaños, aunque los últimos son los más impresionantes: espejos monolíticos de hasta 8,2 m para los telescopios VLT (ESO), en Chile, y de 8,3 m para el SUBARU (NAOJ) en Hawái.

Luego surgió la tecnología de espejos primarios segmentados, es decir, varios espejos, coordinados gracias a sistemas de actuadores, que componen uno solo: los 9,2 m del Hobby-Eberly Telescope (HET), en Texas y, por último, los

10 m de los dos telescopios KECK, instalados en Hawái, y el Gran Telescopio CANARIAS (GTC), con 10,4 m de diámetro, en La Palma (Islas Canarias).

La fabricación de espejos tiene su lado oscuro en las primeras décadas del siglo XVIII: la utilización de mercurio en su fabricación provocaba una intoxicación que afectaba al sistema nervioso central causando temblores y diversas alteraciones psíquicas como depresión, confusión, fatiga, pérdida de memoria y de apetito, insomnio, fobias...

En definitiva, gracias a los espejos, nos movemos en escalas de tiempo y espacio que nos sitúan en la frontera de la ciencia y la tecnología: desde posiciones tan cercanas como nuestro propio reflejo hasta visiones tan distantes como lejanas galaxias.

También se han utilizado como capa reflectante para los espejos materiales como el galio (Ga) o el indio (In), aunque el material más apreciado ha sido la plata. Fue Jean Foucault quien, en 1857, aplica el descubrimiento del químico alemán Justus von Liebig a los espejos de los telescopios: deposita una fina película de plata sobre una superficie de cristal.

## PARECIDOS, PERO NO IGUALES

Los espejos de los telescopios son diferentes a los que utilizamos habitualmente: están compuestos por un sustrato o material básico que, normalmente, se recubre con un material como la plata o el aluminio, de forma que la superficie reflectante es esa película. De ahí que, una vez desgastada, sea necesario volver a recubrir el sustrato. Además, los espejos utilizados en Astronomía son cóncavos.

Desde ese momento el baño de plata se convierte en el sistema de recubrimiento por excelencia, aunque, más tarde, es sustituido por el baño de aluminio.



El segmento maestro del GTC en la máquina de lapeado esférico, en la fábrica de SAGEM. © SAGEM

Los espejos comunes son planos y se fabrican de una forma distinta: en la parte posterior de un cristal se deposita la capa reflectante, de forma que nosotros vemos nuestro reflejo a través de ese cristal. Se suele proteger la parte de atrás de los espejos con alguna cubierta para evitar que la película se raye o estropee.

## ¿REFRACCIÓN O REFLEXIÓN?

Tras las aportaciones de Newton se sucedieron los inventos de combinaciones de lentes y espejos. El francés Guillaume Cassegrain inventó un

# NO ES UN ARMARIO CUALQUIERA...

NATALIA R. ZELMAN (IAC)

En todas las casas hay, por lo menos, uno. Dentro guardamos todo tipo de cosas con el fin de que no estorben y estén localizables. Podemos encontrar ropa, zapatos, juguetes, herramientas, despensas, recuerdos que se acumulan y trastos por doquier. En el GTC habrá numerosos armarios, todos muy parecidos, que almacenarán cosas bien distintas: datos y órdenes en forma de avanzada tecnología. Además, estos no son unos armarios corrientes, ya que tienen que solventar dos problemas comunes a todos los grandes telescopios: protegerlo de las perturbaciones que genera el calentamiento de la electrónica y proteger a la propia electrónica del ambiente que requiere el telescopio para una correcta observación... un contraste de frío y calor que hay que equilibrar.

¿Cómo conseguimos controlar este choque de condiciones? Con un diseño de armarios refrigerados que alojarán prácticamente a todos los equipos de electrónica del telescopio. La electrónica y los elementos asociados suelen plantear dos problemas: las perturbaciones térmicas y las mecánicas, que afectarían a la óptica del telescopio. Asimismo, la temperatura y la humedad del entorno del telescopio podrían afectar el buen funcionamiento de la electrónica. De ahí el reto: los armarios de refrigeración del GTC deben minimizar y controlar todos estos riesgos.

## ¿CÓMO SON?

Los armarios para electrónica están basados en armarios estándar que han sido equipados con aislamiento térmico, sistema de evacuación de calor, aislamiento mecánico y sistema de control de humedad.

Para proporcionar aislamiento térmico, los paneles exteriores de los armarios se han recubierto internamente con 50 mm de espumas especiales, aislando los paneles de los bastidores y evitando la evacuación de calor al ambiente del telescopio. Unos sensores informan de la temperatura del interior del armario, y activan o desactivan el sistema de refrigeración, que funciona con agua, según sea necesario.



Vista general del armario sin caja de control.

© GRANTECAN.

¡Podríamos encender un radiador de hasta 1.500 w en el interior de cada armario sin que afectara al funcionamiento de la electrónica ni a la óptica del telescopio!

Por otra parte, el aislamiento y amortiguación mecánico-acústica se consigue mediante unas gomas colocadas tanto en algunas partes del interior como en el exterior, a modo de patas, todo para filtrar las vibraciones inducidas por los equipos instalados en el interior.

Finalmente, el control de humedad relativo se basa en el uso de sustancias mixtas que permiten un «control pasivo» (es decir sin alimentación) de la presión de vapor de agua en el ambiente del armario. El sistema es muy sencillo: se

trata de unas bolsitas que contienen una mezcla de materiales absorbentes que se han sometido a un tratamiento de alta temperatura, carbonizando el material. El resultado es un producto con capacidad compartida de retención de agua por medio de absorción y adsorción, es decir: según sea necesario absorbe o libera agua para mantener un ambiente estable en el interior del armario.

En definitiva, no le afectarán ni los cambios de temperatura, ni las vibraciones, ni la humedad... Como han podido comprobar, ¡no es un armario cualquiera!

## Datos técnicos del armario:

- Máximo permisible de calor generado dentro del armario: 1.500 W.
- Máximo calor transmitido al ambiente: 150 W.
- Temperatura interna máxima: +20°C (regulable por software).
- Rango de temperatura externo: entre -2°C y +19°C.
- Máxima temperatura del fluido refrigerante: +5°C.
- Mínimo caudal de fluido refrigerante: 6 l/min.
- Máximo incremento de temperatura del fluido refrigerante: 4°C.
- Máxima caída de presión del fluido refrigerante: 0,4 bar.
- Materiales de aislamiento: 50 mm de espuma de poliisocianurato en las zonas centrales y de 25 mm de Armaflex en los perímetros de los paneles exteriores.

- Aislamiento mecánico-acústico mediante 4 aisladores elastoméricos instalados en las patas, en concreto Paulstradyn 533709. Con ellos se asegura una frecuencia propia axial del armario cargado de 8 Hz y lateral de unos 3 Hz. Los soportes además atenúan la energía de las vibraciones que aún pudieran producirse. Asimismo, entre el bastidor y las placas de montaje superior e inferior se instalan aisladores elastoméricos, en concreto Radiaflex 521294 (6 y 4 respectivamente), para filtrar las vibraciones inducidas por los equipos instalados en el interior.

La frecuencia propia axial de la placa con 100 kg sería de 10 Hz y lateral de 4 Hz.

Para el armario de potencia colgado M3 se instalarán los Radiaflex 521452 con más capacidad de carga a cizalladura. Las frecuencias propias serían en este caso de 15 y 6,8 Hz respectivamente. Las vibraciones acústicas en paneles serán amortiguadas por la espuma.

- Para el sistema de control de humedad relativo («control pasivo») se utiliza el producto comercial Dri-Bagä, que cuenta con las siguientes características:



Intercambiador de calor (en negro), caja de control y pasacables estanco. © GRANTECAN.



Diseño: Inés Bonet (IAC).

Tiene una presión de vapor de equilibrio alrededor de 50% de humedad relativa (25°C), una absorción natural con baja velocidad entre 50% y 100% de humedad relativa y una absorción forzada (en las condiciones del armario) muy alta. Esto permite que el secante no se sature en operaciones de mantenimiento y que bajo ventilación tenga una velocidad alta de liberación o absorción de vapor de agua. La sustancia irá absorbiendo la fuga de agua hacia dentro del armario si la humedad relativa interior está por encima del 50%. Si esta humedad relativa cayera por debajo del 50%, no sólo no absorbería, sino que liberaría agua hasta que la situación fuese tal que la humedad relativa estuviera por encima del 50%. Tendremos así una cantidad de agua importante que se irá absorbiendo y liberando en función de las condiciones en el armario (mayor o menor presión de vapor).



# COMO UNA BALSA DE ACEITE

NATALIA R. ZELMAN (IAC)

**Una vez más, está todo tan claro como el agua... aunque en este caso se trata de aceite. Una superestructura con todos sus componentes que pesa unas 400 toneladas y que ha de descargar todo ese peso sobre unos cojinetes que la hacen «flotar» sobre... una balsa de aceite.**

Escaleras mecánicas, molinos de viento, máquinas de coser, vehículos, el Apolo II, la aspiradora, los patines en línea... ¿qué tienen en común todas estas cosas? Pues que todas tienen un mismo componente incorporado: cojinetes. En cada hogar puede que, de media, haya unos 150 cojinetes. Y en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) tenemos unos cuantos, aunque bastante distintos a los cojinetes comunes.

Se trata de cojinetes hidrostáticos, que harán que la estructura del GTC «flote» sobre una superficie de aceite a presión. Esto producirá tal sensibilidad al movimiento que un simple empujón con la mano podrá mover toda la estructura del telescopio con espejos e instrumentación incluidos: movimientos suaves y precisos con un esfuerzo mínimo.

## ¿Qué es la lubricación hidrostática?

La lubricación hidrostática consiste en la introducción de lubricante a presión entre dos superficies, creando una película lo suficientemente espesa como para que puedan deslizarse entre ellas, evitando el posible rozamiento y los daños que provocarían el calentamiento y el desgaste resultantes.

El GTC tendrá 8 cojinetes de elevación, que soportarán el tubo y estarán ubicados en el eje de elevación, y 8



En cada hogar puede haber una media de 150 cojinetes. © SKF



Eje de elevación del GTC. © GRANTECAN



Cojinete del GTC en el eje de elevación © GRANTECAN

cojinetes de acimut que soportarán el peso de la montura y estarán situados justo bajo cada «pata» del telescopio, entre éstas y el anillo de acimut, en conjunto axial-radial. Tenemos que especificar que, en el caso del GTC, el conjunto del cojinete está formado por las zapatas hidrostáticas y el anillo de acimut, es decir, el propio anillo de acimut forma parte de este gigantesco cojinete.

Para que el sistema funcione, se inyecta aceite a presión a través de las zapatas, creando una película lubricante de 70 micras de grosor (0,07 mm). Cuando el aceite rebosa pasa a unas bandejas ubicadas en los laterales del anillo de acimut, donde se acumula y, por efecto de la gravedad, llega por unas tuberías hasta el tanque de aceite, ubicado en la sala de bombas, que contiene unos 2.700 litros de aceite. De ahí pasa por las bombas, los filtros, la unidad de enfriamiento y, finalmente, volverá de nuevo al telescopio. En la unidad de enfriamiento se le dará una temperatura diez grados inferior a la temperatura ambiente con el fin de que, dado el calentamiento que sufrirá en su camino de vuelta, llegue justo a la temperatura de la cámara del telescopio.

Del conjunto de cojinetes, construidos por la empresa sueca SKF ([www.skf.com](http://www.skf.com)), salen 70 litros de aceite por minuto proyectados a una presión de 120 bares.



# TORRE A PEÓN...

NATALIA R. ZELMAN (IAC)

**Para dirigir un reflejo podemos utilizar muchos objetos: un cristal, un pedazo de metal... o un espejo. El espejo terciario del Gran Telescopio CANARIAS (GTC) es un efectivo «chivato» que puede reenviar la luz que recibe del espejo secundario a seis focos distintos y, por tanto, a seis instrumentos diferentes.**

Para poder cumplir con su misión, el espejo terciario del GTC vive oculto en una torre de la que no puede salir y que es, al mismo tiempo, su aliada: gracias a ella puede girar en todas direcciones.

Pero hay algo más: este espejo terciario a veces debe ceder, apartarse y dejar que la luz pase de largo para llegar al foco Cassegrain, situado justo debajo de la torre del terciario. Este último movimiento, como si de una técnica de ajedrez se tratase, deja en tablas al espejo terciario y al secundario: todos ganan.

## Solucionando problemas

La luz debe hacer un recorrido muy preciso una vez que ha sido reflejada por el espejo primario y el secundario. Por ello existe un espejo terciario que «irrumpe» en el camino de la luz y la redirige a los focos Cassegrain doblados y Nasmyth.

Pero el diseño del espejo terciario planteó, en su momento, dos problemas:

Primero, si utilizamos el foco Cassegrain, la luz debe llegar directamente del espejo secundario, por lo que el espejo terciario en este caso supondría un obstáculo



Torre del espejo terciario. © GRANTECAN

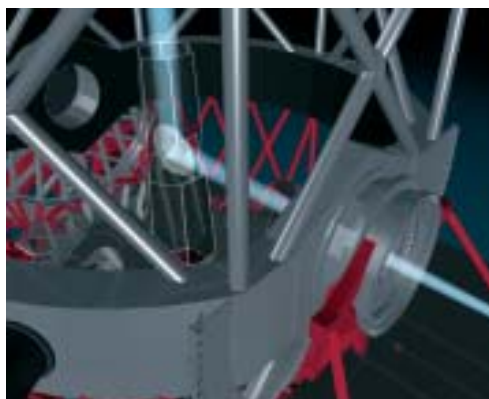
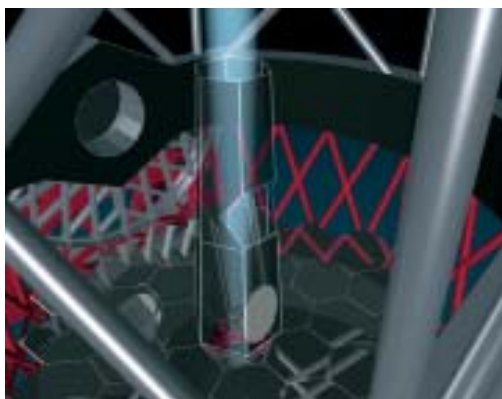
entre ambos. ¿Cómo hacer que llegue el haz de luz desde el espejo secundario directamente al foco Cassegrain si en medio se encuentra el espejo terciario?

Y segundo, si necesitamos redirigir la luz que llega del espejo secundario a los focos Cassegrain doblados y los focos Nasmyth (ubicados en los laterales del telescopio), es necesario utilizar un espejo terciario.

Algunos telescopios utilizan un terciario que se instala y desinstala según las necesidades. Eso exige una inversión en tiempo y esfuerzo que, además, implica un riesgo para el espejo. Para evitar tener que andar quitando y poniendo el espejo terciario, el GTC ha adoptado un diseño que aporta la solución: un espejo con basculación automática que se

desliza por unas guías y que se «aparca», un terciario dotado de «ascensor» exclusivo. La torre, una estructura de 1,8 m de diámetro y 7 m de altura, se mueve girando sobre su base y dirige el espejo hacia el foco elegido.

Animación sobre el funcionamiento del espejo terciario en: [www.gtcdigital.net/articulo.php?id\\_articulo=13](http://www.gtcdigital.net/articulo.php?id_articulo=13)



En la primera imagen de la izquierda, la luz llega del espejo secundario y pasa junto al espejo terciario, aparcado a un lado, hacia el foco Cassegrain. En la segunda imagen, el espejo terciario se desplaza en la torre y se coloca para reflejar la luz que llega del secundario hacia los focos Nasmyth y Cassegrain doblados. Autor: Gabriel Pérez (SMM/IAC).

# LAS VUELTAS QUE DA LA VIDA

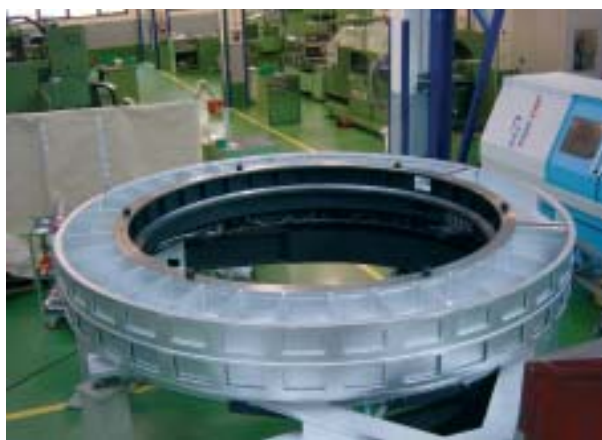
NATALIA R. ZELMAN (IAC)

Es un hecho probado que nunca permanecemos totalmente quietos. Aunque, la mayoría de las veces, no le damos la importancia que merece al factor «movimiento» de nuestras vidas. No sólo nos movemos de un lado a otro caminando, con el coche, en autobús, metro, tren, avión o barco... Nos movemos incluso mientras dormimos. Y es que, cada noche, el mundo sigue moviéndose acompasadamente, haciendo que el movimiento a gran escala sea un concepto ignorado por muchos, aunque nunca por los que miran al cielo. ¡La tierra se mueve, y nosotros con ella!

Ese constante movimiento en nuestras vidas se aplica a todo, y el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) no iba a ser menos. Además, en nuestro caso, el movimiento propio de la tierra, que gira sobre sí misma y alrededor del Sol, genera la rotación de campo, una cuestión algo fastidiosa para la observación, pero ya totalmente resuelta.

Los rotadores de instrumentos compensan la rotación de campo para que nuestros instrumentos puedan funcionar sin que les afecte tantísimo movimiento. Estos rotadores, pieza fundamental del GTC, han sido construidos por la empresa vasca **Tekniker** ([www.fundaciontekniker.com](http://www.fundaciontekniker.com)).

Tenemos un instrumento que pesa 2.400 kg. Literalmente, debemos «colgarlo» de uno de los rotadores ubicados en los focos Nasmyth del GTC y ¡girarlo sobre sí mismo a 0,005 revoluciones por minuto! Es decir, que tardará 3 horas y media en dar una vuelta completa. Imaginen la combinación de resistencia, lentitud y precisión que debe darse para que todo sea perfecto y podamos seguir a esa estrella de un modo constante a lo largo de la noche. Podrán deducir que nuestros rotadores de instrumentos, de 4 m de diámetro y 6 toneladas de peso, son componentes con



Rotador Nasmyth del GTC. © GRANTECAN



Vista general de la nave de Tekniker donde pueden verse los rotadores y el lugar donde se desarrollaron las pruebas.

© GRANTECAN

características muy exigentes: deberían poder girar durante 6 horas seguidas (un total de 617°).

A esta complejidad se suma otra: multitud de servicios como, por ejemplo, el envío de helio, aire comprimido seco o nitrógeno en estado gaseoso para refrigeración de equipos, deben estar disponibles y conectarse a los instrumentos. De lo contrario sería como si no tuviésemos conectado el

depósito de gasolina al motor de nuestro coche: no funcionaría.

Todos estos servicios se conectan a un panel ubicado en la Plataforma Nasmyth a través de multitud de cables y de ahí van al edificio general. Los cables, al girar los rotadores de instrumentos, deben acoplarse a estos giros para evitar que se retuerzan, tensionen o deterioren. Cada grupo de cables se «trenza», se agrupa y se incorpora a una cadena portacables. Desde el panel móvil al panel fijo hay 27 m de cables que pesan en total unos 600 kg.

Tanto cable y tanto peso ordenado y organizado a la perfección. ¿Ven como no era tan difícil? Pero hay que ver, las vueltas que da la vida...

# LOS BAILES DE UN ESPEJO

NATALIA R. ZELMAN (IAC)

**El Espejo secundario del Gran Telescopio CANARIAS (GTC) tiene un ritmo envidiable. No sólo recoge la luz del espejo primario para reenviarla directamente hacia el foco Cassegrain o hacia el espejo terciario (que la refleja hacia los focos Nasmyth y Cassegrain doblados). También «baila» según el compás que se le indique. Lo hace para recoger correctamente la luz que llega reflejada desde el espejo primario, para corregir perturbaciones rápidas y, además, para proporcionar a los instrumentos una técnica denominada "basculación automática" («chopping», en inglés).**

El conjunto del espejo secundario está compuesto por el hexápodo, el sistema de basculación o «chopper» y el propio espejo secundario.

La función del hexápodo es, además de unir el conjunto al telescopio, alinear al espejo secundario con respecto del espejo primario, compensando las flexiones de la estructura del telescopio y la dilatación térmica. Para ello dispone de 6 patas que, al alargarse o acortarse, le proporcionan 6 grados de movimiento, es decir, puede moverse en cualquier orientación. Estos se denominan movimientos de accionamiento lento.

El sistema de basculación, por su parte, realiza movimientos rápidos. Con dos grados de libertad, estos accionamientos deben permitir el control de la posición del espejo con el objeto de corregir vibraciones provocadas por ráfagas de viento y turbulencias atmosféricas producidas por las variaciones locales de temperatura. Puede moverse a una velocidad de 5 Hz, es decir, puede realizar 5 oscilaciones por segundo. Asimismo, cuenta con un sistema para compensar



la inercia provocada al moverse y no transmitir esas fuerzas al hexápodo ni al resto del telescopio.

Finalmente, el sistema de basculación también ofrece la posibilidad de hacer medidas diferenciales en el rango del infrarrojo térmico. Ésta técnica, denominada "basculación automática" («chopping», en inglés), precisa que el espejo secundario haga cambios rápidos en el apuntado, tomando dos imágenes distintas, una del objeto observado y otra del fondo oscuro. Contrastando estas dos imágenes logramos eliminar la luz difusa del fondo del objeto y dar al instrumento un material de mejor calidad para la observación.

Ambos componentes, hexápodo y basculador, han sido fabricados por la empresa barcelonesa **NTE** ([www.nte.es](http://www.nte.es)) y diseñados por el centro suizo **CSEM** ([www.csem.ch](http://www.csem.ch)).



Arriba a la izquierda, accionamientos del espejo secundario. Abajo, detalle del hexápodo del espejo secundario.

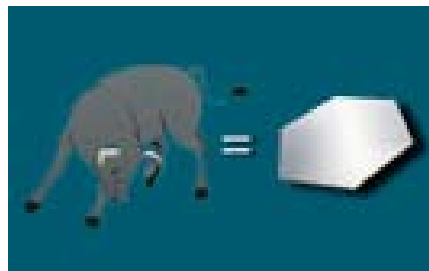
© NTE

# ¿COMPARAMOS?

RUBÉN GARCÍA HERRERA (IAC)

**Muchas veces, al escuchar una noticia donde se dan datos sobre tamaños y medidas, no entendemos bien los conceptos hasta que nos dan una referencia... un bosque tan grande como diez campos de fútbol, un vehículo tan pesado como un elefante adulto, un bichito tan pequeño que podría posarse sobre la cabeza de un alfiler... y un sinfín de ejemplos que nos hacen apreciar de un modo más cercano la magnitud de las cosas. Un telescopio como el Gran Telescopio CANARIAS (GTC), dados los requisitos que exige para su correcto funcionamiento y debido a la cantidad de componentes que lo integran, puede compararse con muchas cosas.**

Para hacernos una idea de la gran capacidad de observación del GTC, podemos decir que el poder de visión del telescopio equivale a 4 millones de pupilas humanas y que, con él, se podrían distinguir los dos faros encendidos de un coche situado a unos 20.000 km de distancia del punto de observación (la misma que separa España de Australia).



*Uno sólo de estos espejos pesa lo mismo que un toro de lidia. © IAC*

El edificio del telescopio tendrá una altura de 41 m, 6 metros menos que la estatua de la Libertad de Nueva York. La base del edificio que sujeta la cúpula debe soportar un peso total de 500 toneladas, algo así como una manada de 62 elefantes. El GTC cuenta con un espejo primario de unos 10,4 m de diámetro, compuesto por 36 segmentos de unos 450 kg cada uno, es decir, uno solo de estos espejos pesa lo mismo que un toro de lidia.

Pero, a pesar de su peso, el grosor de cada uno de los segmentos no supera los 8 cm. Espejos primarios de menor diámetro total, como los del VLT, de 8,2 m, situados en Cerro Paranal (Chile), llegan hasta los 17,5 cm. Si colocásemos todos los espejos del GTC apilados uno encima de otro, el montón no alcanzaría los 3 m de altura (288 cm).

Una de las peculiaridades más llamativas de los espejos del GTC es el esmero con el que se han diseñado y fabricado. El límite de error de pulido de las vitrocerámicas no puede ser superior a 15 nanómetros, medida 3.000 veces más fina que un cabello humano (un nanómetro es la milésima parte de un micra, ó 0,000001 mm). En total, el espejo pesará 16 toneladas, algo parecido a lo que pesa un macho adulto de ballena gris.



*En total, el espejo primario pesará 16 toneladas, algo parecido a lo que pesa un macho adulto de ballena gris.*

© IAC

Es tanta la delicadeza con la que se deben fabricar los espejos que, en caso de producirse irregularidades, éstas no podrán exceder de los 90 nanómetros de error. Ello supone que, si fuésemos capaces de construir un espejo del tamaño de la Península Ibérica, el límite de error permitido sería el de una «montaña» de 1 mm.

El material básico de los espejos del telescopio es el Zerodur™, material similar al que se emplea para la fabricación de las vitrocerámicas de cocina. Su principal cualidad es el bajo coeficiente de dilatación cuando se somete a altas temperaturas, un aspecto que es vital para el manejo de instrumentación astronómica. "Schott", la compañía alemana responsable de los espejos, se dedica a la fabricación de objetos de cristal de todo tipo: desde espejos para telescopios, tubos de televisión, vitrocerámicas y biberones, hasta elegantes vajillas de gran resistencia y durabilidad. Y a pesar de la naturaleza segmentada del gran espejo, los fragmentos deben estar a una distancia el uno del otro de tan sólo 3 mm.

La instalación completa del GTC supondrá una importante obra de ingeniería. Tan sólo para la estructura metálica de la cúpula se emplearán unas 59.000 piezas: unos 16.000 tornillos (4.000 kg), unas 43.000 tuercas (1.500 kg) y unos 450 kg de arandelas. En total, 6 toneladas sólo de tornillería.

Por último, el detalle más importante: las 500 toneladas del telescopio, apoyadas sobre una fina capa de lubricante, podrán moverse con un simple empujón. Curioso, ¿verdad?



# SIETE PRODIGIOS

OLIVER EXPÓSITO MEDINA (IAC)

**Siete vidas tiene un gato y siete colores del arco iris; siete son las maravillas del mundo y siete los focos del Gran Telescopio CANARIAS (GTC). Muchos piensan que el siete es el número mágico y no se equivocan. ¿Acaso no es «magia» poder ver estrellas, planetas, galaxias, a través de un telescopio? Sí, lo es. En un futuro no podremos olvidarnos del GTC cuando contemos hasta siete.**

Para el truco de magia, disponemos de dos elementos: la luz y uno de los siete focos del GTC, da igual el que elijamos. Resultado: la imagen de una estrella, planeta o cualquier otro objeto del Universo. ¿No es asombroso?

En principio, la luz que llega del cielo se refleja en el espejo principal; posteriormente la manda al espejo secundario y éste, cuando es necesario, la devuelve a la torre del terciario. A partir de este momento es cuando entran en funcionamiento los focos, que son puntos donde convergen los rayos de luz reflejados por el espejo principal, las localizaciones concretas en las que se instalarán los instrumentos para analizar esa luz.

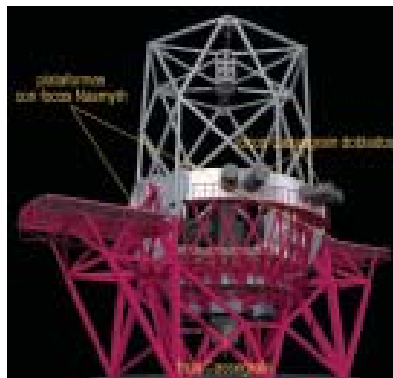
1 «Cassegrain», 4 «Cassegrain doblados», 2 «Nasmyth». Éstos son los nombres que reciben los focos del GTC, designaciones procedentes de los «padres» de estos elementos. Cassegrain, astrónomo, médico y escultor que trabajó para la corte de Luis XIV, inventó el segundo diseño práctico de telescopio reflector, es decir, hizo que la luz procedente del espejo principal cóncavo se reflejara en un espejo secundario convexo, que, a su vez, la reflejaría hacia el foco a través de un agujero en el espejo principal. Este sistema se ha utilizado hasta hoy, sobre todo en telescopios de gran tamaño, como es el caso del GTC.

Los focos Cassegrain doblados tienen las mismas características que el foco Cassegrain pero se hallan en el anillo de elevación del telescopio y reciben la luz reflejada desde el espejo terciario.

Por su parte, el ingeniero escocés James Nasmyth proporcionó un sistema perfecto para poder utilizar instrumentación pesada sin afectar al equilibrio del telescopio, ofreciendo en todo momento una imagen fija: unas plataformas ubicadas en los laterales del telescopio.

El GTC está formado por un sinnúmero de elementos, pero el que mantiene una mayor relación con los focos es el espejo terciario, que determina a cuál de las estaciones focales Nasmyth y Cassegrain doblados queremos que se dirijan los rayos de luz. Por el contrario, el foco Cassegrain no necesita de la ayuda del espejo terciario para recibir el haz luminoso: lo recibe directamente del espejo secundario.

Cada foco tiene sus propias funciones, que se diferencian, unas de otras, por la diferente masa total que puede anclar cada uno de ellos, por su tamaño y envolvente, etc.



Estructura del GTC con los 7 focos.  
Autores: G. Pérez e I. Bonet (IAC)

En el caso del Cassegrain debemos tener en cuenta un dato importante que lo caracteriza: la masa total que puede anclar a la estructura del telescopio es de 5.100 kg. Las estaciones focales Cassegrain doblados se caracterizan por anclar los instrumentos más pequeños en cada uno de los focos.

En la estación focal Nasmyth la masa del instrumento es aún mucho mayor. Las también denominadas plataformas Nasmyth se caracterizan por aguantar cargas de hasta 1.500 kg/m<sup>2</sup> ya que, además del instrumento, se colocarán armarios de potencia y de control para el rotador o la caja de adquisición y guiado, entre otros elementos. Estas plataformas son idénticas y desempeñan las mismas funciones: soportar los instrumentos más pesados.

Siete, como las Islas Canarias, cada una con sus peculiaridades y su «magia». Así son los focos del GTC. La luz trazará su rumbo por cada uno de estos focos y obtendremos imágenes de estrellas, planetas, galaxias... Y cuando esa luz que recibamos llegue a cualquiera de los focos y se analice, no sólo nos deleitaremos con imágenes del cielo, sino que nos serán desvelados los misterios del Universo.

# EL GRAN TAMAÑO DE UNA CÚPULA

ÁNGELES BRAVO (IAC)

**A pesar de los altos costes que suponen las cúpulas de los telescopios y de la tendencia actual a reducir el tamaño, el GTC se yergue orgulloso con su enorme cubierta de 26 m, destacando entre todos los telescopios, en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en el municipio de Garafía, de la isla de La Palma.**

¿Quién no se ha enfadado alguna vez porque esa foto tan importante le salió movida? Las distorsiones en las imágenes son el pan de cada día para fotógrafos aficionados y profesionales. Pero cuando se trata de investigaciones astronómicas, el asunto pasa a mayores. El estudio de un evento que ocurre una vez cada mil años no puede verse estropeado por un fallo en la captación de la imagen. Por ello, cada vez se construyen cúpulas más especializadas que evitan las turbulencias y preservan la calidad y nitidez de las observaciones nocturnas.

Un telescopio no es una cámara de fotos. Es un instrumento mucho más complejo que recoge radiación procedente de más allá de la atmósfera de la Tierra. El sistema de lentes o espejos que incorporan, hacen que estos sean capaces de acercar visualmente la imagen de objetos alejados y hacer que sean lo suficientemente grandes y brillantes para ser vistos y estudiados.

En las últimas décadas se ha avanzado enormemente en la tecnología utilizada en la construcción de telescopios. Los telescopios actuales son demasiado complejos y precisos para estar sin protección frente a la luz solar, el calor, y las condiciones atmosféricas adversas. Un equipo tan caro y delicado no puede estar a la intemperie. Por este motivo, se ha hecho necesario colocar en los telescopios algún tipo de cubierta.

## UNA CÚPULA A MODO DE CARCASA

La mayoría de los telescopios ópticos e infrarrojos, al contrario que los de otro tipo, están siempre protegidos en el interior de una cúpula. Ésta permanece cerrada durante el día y se abre durante la noche para realizar las observaciones.

El GTC cuenta en su diseño con innovaciones tecnológicas, pero sin duda, una de las ventajas que incorpora el GTC con respecto a sus predecesores, es la cúpula. Se trata de una cubierta que ajustada a este telescopio gigante lo protege del viento y de la humedad, facilita la ventilación y evita las turbulencias externas e internas que puedan degradar la imagen.

La cúpula del GTC consiste en una estructura rotante fabricada en acero. Tiene forma de casquete esférico, con 34 m de diámetro externo y 26 m de altura, equivalente a un edificio de 8 alturas, y pesa 500 toneladas. Esto no impide que la cúpula pueda rotar, ya que ésta se apoya sobre un raíl en su base. Presenta una abertura de 13 m de ancho con

dos compuertas móviles, que se deslizan para permitir la observación del telescopio.

## VENTILACIÓN NATURAL

Cualquier diferencia de temperatura entre el interior de la cúpula y el ambiente exterior, genera burbujas de aire caliente que se mueven delante de la línea de visión del telescopio, es decir, se altera la imagen, como cuando miramos la superficie del asfalto de la carretera en un día de calor y vemos las imágenes del fondo oscilando. Para evitar esta diferencia de temperaturas, la cúpula está térmicamente aislada con objeto de reducir el calentamiento solar diurno y dispone de un sistema de aire acondicionado para mantener durante el día la cámara del telescopio a la temperatura nocturna prevista.

El viento también puede distorsionar la imagen haciendo vibrar la estructura del telescopio, pero el GTC no deja ningún cabo suelto y ha incorporado una pantalla antiviento que, actuando como una persiana, minimizará las posibles perturbaciones que pudieran producirse.

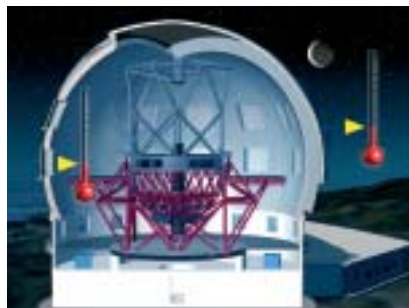
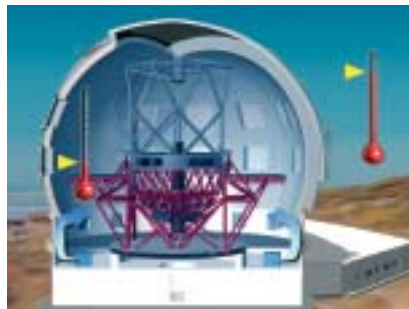
Para reducir el paso de calor desde la base del edificio hacia el telescopio se ha incorporado una cámara de aire que aísla ambas zonas.

Por último, la cúpula del GTC cuenta con unas ventanas que, abiertas, tratarán de mantener una temperatura uniforme en el conjunto del telescopio dejando entrar el aire del exterior durante la noche.

Se trata de dos filas de 8 aberturas de ventilación con sus correspondientes compuertas (16 en total, de 4 x 4 m, 1.500 kg de peso cada una y forma trapezoidal), más una tercera fila de ventanas situada en la base del cilindro de hormigón, sobre el que se apoya la cúpula, conformando un área aproximada de ventilación de 228 m<sup>2</sup>.

Las compuertas permiten la apertura o cierre de los huecos de ventilación, con el fin de homogeneizar los ambientes del exterior y del interior de la cámara del telescopio y evitar así que se generen focos de diferentes temperaturas en la zona de observación del telescopio, lo que implicaría una pérdida en la calidad de imagen.

Esta solución permite mantener unas condiciones ambientales óptimas en el interior, elemento clave para que la observación en un telescopio de estas dimensiones sea lo más diáfana posible.



*Ventilación de día y de noche en la cúpula del GTC. Autor: Gabriel Pérez (SMM/IAC).*

# MÁS TIEMPO PARA EL FUTURO

NATALIA R. ZELMAN (IAC)

**Cuando el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) empiece a hacer ciencia, detrás habrá ya un gran trabajo de preparación realizado por los astrofísicos. Es necesario tener elaborado con anterioridad un «plan de actuación» para, una vez arranque la operación del telescopio, se aproveche al máximo el tiempo de observación. Ésa es una de las razones que ha impulsado la firma de un acuerdo por parte del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) para disponer de más tiempo de observación en los telescopios del Grupo de Telescopios «Isaac Newton» (ING).**

Con esta firma se abren las puertas para la puesta a punto de apasionantes programas científicos, pero es necesario organizar previamente el trabajo de los astrofísicos en el GTC.

En virtud de este acuerdo entre el IAC, el Consejo de Investigación de Física de Partículas y Astronomía (PPARC) y el Consejo de Investigación Científica de los Países Bajos (NWO), todas estas instituciones serán socios de igual derecho en la operación del ING, que engloba los telescopios William Herschel (WHT), de 4,2 m; Isaac Newton (INT), de 2,5 m; y Jacobus Kapteyn (JKT), de 1 m.

El IAC aportará, según este acuerdo, un instrumento para uso común, LIRIS (un espectrógrafo para el infrarrojo de rendija larga y resolución intermedia con un sistema de imagen), que se instalará en el Telescopio «William Herschel». Además proporcionará personal altamente cualificado, como astrónomos experimentados e ingenieros profesionales. El primer año está previsto que el IAC asigne tres personas al ING y otras tres a partir del segundo año.

## POR UN PUÑADO DE ESTRELLAS

Está claro que el coste del tiempo de observación de un instrumento de estas características es bastante elevado, y la finalidad es economizar ese tiempo: hay que llegar al GTC con programas de observación bien definidos.

Desde un punto de vista técnico, con los instrumentos del ING se podrán ir ensayando métodos y estrategias observacionales que se aplicarán luego en el GTC.

Para la Ciencia que se hará con el GTC, los objetos de estudio más interesantes serán, entre otros, los cúmulos de galaxias, las galaxias primigenias, las regiones que creemos vacías, las zonas alrededor de cuásares, y las estrellas luminosas azules que podrán verse hasta



distancias muy elevadas..., además, sabemos que en determinadas áreas del cielo hay objetos débiles y no conocidos que queremos estudiar. Debemos, por tanto, elaborar listas de objetos, localizados mediante imágenes profundas del cielo. Se trata, en definitiva, de patrullar el Universo en busca de objetos representativos y otras zonas de interés.

Hasta ahora, los programas presentados plantean el cartografiado (mapa de la zona que se pretende estudiar) como parte del proyecto OTELO (un programa de trabajo para el instrumento OSIRIS) y COSMOS (plan de trabajo para el instrumento de segunda generación EMIR).

También se ha presentado un proyecto cuyo fin es confeccionar un catálogo de estrellas de calibración para el GTC. Una estrella de calibración es utilizada como referencia de «medida estándar», como referencia para pasar de cuentas digitales a unidades físicas. Nos sirve por tanto para comparar su brillo con el del objeto que queremos estudiar.

Otro de los programas observará las estrellas luminosas denominadas «muy azules» con el fin de utilizarlas para medir la escala de distancias. Se conoce la luminosidad de este tipo de estrellas, estudiadas en zonas de nuestro entorno, por tanto, si las observamos en galaxias muy lejanas, podemos estimar la diferencia entre el brillo relativo (el brillo que percibimos en esa estrella lejana) y el brillo absoluto (brillo que sabemos que tienen estas estrellas). Todo esto nos estaría dando la distancia de esa estrella.

Sin duda, este acuerdo proporciona a la comunidad astronómica española la opción de desarrollar un interesante trabajo de preparación para el GTC y por tanto la posibilidad de alcanzar metas que están, cada vez, más cerca.



Telescopio "William Herschel" (WHT), de 4,2 m, el mayor telescopio del ING en La Palma. Foto: Miguel Briganti (SMM/IAC).

## OPINIONES SOBRE EL GTC:

*“El GTC es un telescopio de una extrema complejidad, totalmente novedoso y que no tiene soluciones diseñadas a priori, de modo que hay que ir encontrándolas poco a poco”.*



## Mariano Moles

**Profesor de Investigación  
del Instituto de Astrofísica de Andalucía**

*NATALIA R. ZELMAN (IAC)*

Mariano Moles es uno de los miembros del **Comité Científico Asesor (Scientific Advisory Comité, SAC)** del Gran Telescopio CANARIAS (GTC), entidad que tiene por misión asesorar al Consejo de Administración y al Director de GRANTECAN sobre todos los aspectos relacionados con los requisitos científicos del GTC. Doctor en Astrofísica, actualmente es profesor de investigación en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), del que fue

director. Dirigió también el Observatorio Hispano-Alemán de Calar Alto, y ha sido profesor de investigación en el Instituto de Matemáticas y Física Fundamental (IMAFF) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Ha trabajado en centros como el Instituto de Astrofísica de París (IAP) y el Observatorio Astronómico Nacional (OAN). Como miembro del SAC, entre sus funciones se encuentran la de definir el programa de instrumentación científica del GTC, estableciendo las prioridades y el proceso de selección. La última reunión tuvo lugar a mediados de junio, ocasión que aprovechamos para hablar con Mariano Moles.

### **Cómo miembro del Comité Científico Asesor del GTC, ¿podría resumirnos la marcha de los instrumentos del GTC?**

- La primera impresión es de enorme optimismo y esperanza de tener pronto en uso el instrumento, pero por otro lado se trata de un telescopio de una extrema complejidad, totalmente novedoso y que no tiene soluciones diseñadas a priori, de modo que hay que ir encontrándolas poco a poco. Siempre en estos proyectos de gran ciencia se está en la lucha por encontrar las soluciones a los problemas tal y como se van presentando y la esperanza de tener pronto un enorme instrumento a nuestra disposición.

### **¿Cuál es el estado de los dos instrumentos para primera luz, OSIRIS y CanariCam?**

- Bien, sin problemas hasta donde podemos evaluar. Están en tiempo y estarán dispuestos para ir al telescopio en cuanto éste empiece a funcionar.

### **Antes de instalar los instrumentos se pone a punto el telescopio con un instrumento denominado de «commissioning» ¿Qué características tiene?**

- Ésa es una de las necesidades de un instrumento de esta complejidad. Mover una máquina de este tamaño, de esas dimensiones, de ese peso, con precisión extrema sobre

todo el cielo, requiere una puesta a punto, primero, de las partes puramente mecánicas del telescopio, después, de los espejos y la óptica antes de pretender utilizar ningún instrumento en el plano focal. Es decir, la máquina misma tiene que ser preparada antes de intentar la puesta a punto de cualquier otro instrumento. Es un paso previo necesario, de otra forma sería imposible.

El instrumento de puesta a punto («commissioning» en inglés) permite controlar dónde está el telescopio en cada



Vista exterior del GTC. © IAC



momento y cómo se mueve, para poder hacer los modelos de comportamiento del telescopio y lograr que vaya exactamente a donde el astrónomo quiere que vaya, para que luego la luz que se desea captar esté en el instrumento de medida. Es un instrumento auxiliar que permite visualizar las operaciones.

**El año pasado se celebró la primera reunión de «Ciencia con el GTC» y está previsto que próximamente se celebre el segundo encuentro. ¿Cuáles son las expectativas que se presentan para esta nueva reunión científica?**

- Naturalmente lo que se puede hacer con un telescopio de estas características es tan extraordinario que hay que planificarlo, admiten poca improvisación porque son máquinas demasiado complejas. Estas reuniones pretenden establecer dónde están las cosas en Astronomía hoy, qué se está haciendo con telescopios más o menos parecidos que están empezando a funcionar y dónde nosotros, la comunidad española, pero también la comunidad internacional, podemos hacer contribuciones de envergadura a la altura de la herramienta de la que vamos a disponer.

Eso fue lo que ocurrió en Granada y eso es lo que vamos a hacer en México, la puesta a punto de qué se está haciendo, qué se puede hacer con el telescopio y dónde podemos ser más eficientes y hacer aportaciones más importantes en el contexto de la Astronomía mundial.

**¿Qué proyectos opina que pueden ser más interesantes?**

- Eso depende, cada uno tiene el suyo propio. No cabe duda de que este tipo de instrumentos, sin menoscabo de los demás proyectos y con mi sesgo personal, tiene dos campos bien identificados de trabajo prioritario; digamos que su capacidad los pone en primera línea, ya que con otros instrumentos no se podría hacer.

Se trata, por un lado, del Universo profundo, alto desplazamiento al rojo, objetos muy débiles, en definitiva ir avanzando hacia el Universo más joven, y en el otro extremo, la búsqueda de cuerpos de muy baja masa, estrellas, pero incluso planetas extrasolares; ahí es donde realmente la potencia de este instrumento va a alcanzar su máximo exponente. Todo esto, repito, sin menoscabo de otras muchísimas ideas y proyectos que seguro se van a desarrollar, pero éstos son sin duda los campos de la Astrofísica en los que el GTC puede hacer aportaciones específicas.

**¿Dónde cree que nos colocan las últimas teorías sobre la energía del vacío?**

- Ése es uno de mis temas favoritos. La verdad es que sobre el paradigma de la idea del Universo en expansión ha habido mucha discusión históricamente. Hace tan sólo 10 años hablar de la constante cosmológica era un puro ejercicio académico que nadie tenía en consideración. Sin embargo, a partir de las medidas de supernovas de tipo IA y, luego, de la interpretación de datos a raíz de la confección de mapas del fondo cósmico parece que, y digo «parece que» a conciencia, la constante cosmológica existiría y sería positiva.

Desde el punto de vista teórico es simplemente un ingrediente más de un modelo perfectamente admitido en la teórica; desde el punto de vista físico la interpretación es extremadamente compleja.

Supongamos pues que, en este momento, tal y como apuntan los datos (con muchísimas comillas, porque las cosas cambian muy deprisa y son teorías no bien establecidas), hay una constante cosmológica de la cuantía que los datos parecen indicar. Efectivamente eso nos lleva a una expansión en rápida aceleración y, dado ya el reparto de papeles que hay entre la materia, que tiende a contraer el Universo, la gravedad, y la expansión, junto con la constante cosmológica, que tiende a disgregarlo cada vez más deprisa, podríamos decir que el Universo está entrando en una nueva etapa de inflación, es decir, de expansión acelerada, pero esta vez ya sin remedio, que nos lleva a la disgregación final.

Esto es si interpretamos literalmente los datos tal y como hoy parece que apuntan. El tema en realidad es mucho más complejo, los datos son mucho menos claros de lo que los resúmenes a veces traducen y es un problema bajo discusión.

Pero si el modelo de Universo al que llegamos con estos datos es que la constante cosmológica tiene hoy una importancia equivalente al 70% del total y el 30% es materia, quiere decir que la expansión empieza a dominar el panorama, se está desbocando y nos llevará literalmente a una fase final de inflación.



Observatorio de Sierra Nevada IMG. © IAA



## CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN DE "GRANTECAN"

*Presidente:*

**Pedro Morenés Eulate**

*Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica.*

*Vicepresidente:*

**José Miguel Ruano León**

*Consejero de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno Autónomo de Canarias.*

*Secretario:*

**Francisco Sánchez Martínez**

*Director del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC).*

*Vicesecretario:*

**Rafael Aray de la Rosa**

*Responsable de los Servicios Generales del IAC.*

*Vocales:*

**Adán Martín Menis**

*Presidente del Gobierno Autónomo de Canarias.*

**Julio Bonis Álvarez**

*Ex-consejero de Presidencia e Innovación Tecnológica*

**Gonzalo León Serrano**

*Secretario General de Política Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia y Tecnología.*

## COMITÉ DE SEGUIMIENTO DE UTILIZACIÓN DEL GTC

**Pedro Morenés Eulate**

*Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia y Tecnología y  
Presidente del Consejo de Administración de GRANTECAN.*

**José Miguel Ruano León**

*Consejero de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias y  
Vicepresidente del Consejo de Administración de GRANTECAN.*

**Francisco Sánchez Martínez**

*Director General del Instituto de Astrofísica de Canarias y Presidente del Comité.*

**José Guichard**

*Director General del INAOE y Vicepresidente del Comité.*

**José Franco**

*Director del IA-UNAM.*

**Rafael Rodrigo Montero**

*Director del Instituto de Astrofísica de Andalucía y Coordinador del Plan Nacional de Astronomía y Astrofísica.*

**Eduardo Battaner López**

*Catedrático de Astrofísica de la Universidad de Granada.*

**Artemio Herrero Davó**

*Coordinador del Área de Investigación del Instituto de Astrofísica de Canarias.*

**Carlos Martínez Roger**

*Coordinador del Área de Instrumentación del Instituto de Astrofísica de Canarias.*

**Rafael Rebolo López**

*Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.*

**Stanley Dermott**

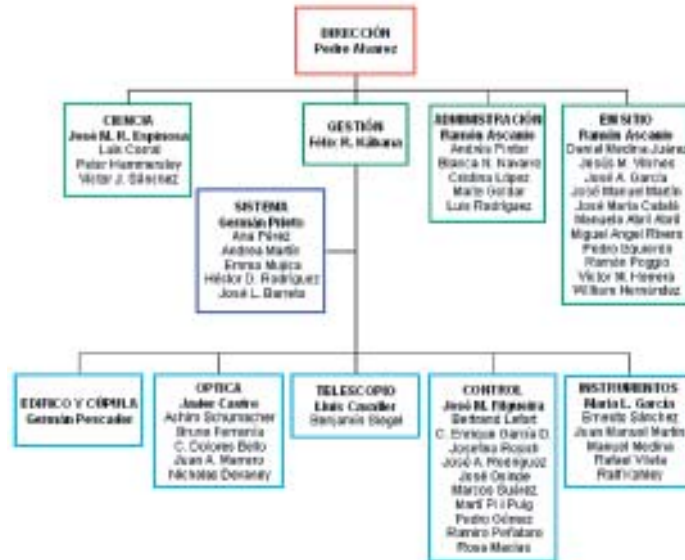
*Director del Departamento de Astronomía de la Universidad de Florida.*

**Rafael Guzmán**

*Profesor del Departamento de Astronomía de la Universidad de Florida.*



# ORGANIGRAMA DE "GRANTECAN"



## COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR DEL GTC Scientific Advisory Committee (SAC)

*Presidente:*

**José Miguel Rodríguez Espinosa,**  
*Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)*

**Mariano Moles Villamate**

*Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA)*

**John Beckman**

*Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)*

**Javier Gorgas García**

*Universidad Complutense de Madrid (UCM)*

**Ramón García López**

*Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)*

**José Franco**

*Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IA-UNAM)*

**Fred Hamann**

*Universidad de Florida*

*Miembro honorario:*

**Jerry Nelson**

*Universidad de California, Santa Cruz (UCSC)*

*Secretario:*

**Peter Hammersley**

*Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)*

# EL GTC, DÍA A DÍA



Imágenes del exterior e interior del GTC, en el Observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma). Estas imágenes, obtenidas con dos webcams, se actualizan cada 5 minutos en la página web del GTC ([www.gtc.iac.es/](http://www.gtc.iac.es/)).

---

"GRAN TELESCOPIO DE CANARIAS, S.A." (GRANTECAN). C/ Vía Láctea s/n (Instituto de Astrofísica de Canarias).  
38200-La Laguna (Tenerife). ESPAÑA. Tel: 922 315031. Fax: 922 315032.  
Boletín GTCdigital: [www.gtcdigital.net](http://www.gtcdigital.net). Página web de GRANTECAN: [www.gtc.iac.es](http://www.gtc.iac.es)  
Página web del IAC sobre el «Gran Telescopio CANARIAS»: [www.iac.es/gtc](http://www.iac.es/gtc)  
Edita: Gabinete de Dirección del IAC. Confección: Carmen del Puerto (IAC). Tratamiento de imágenes: Gotzon Cañada.