

Instalaciones

El Observatorio del Roque de los Muchachos (2º Parte)

Por Ángel Requena arequena@terra.es

Continuando con el artículo anterior en el que tratamos los telescopios pertenecientes al grupo ING, esta vez nos centraremos en otro grupo importante de telescopios del que cabe destacar por encima de todos al Grantecan (GTC). Gracias a sus 10 metros de apertura y sobre todo a su ubicación privilegiada, se ha convertido en el mejor telescopio de última generación del hemisferio Norte y probablemente de los mejores del mundo.

Telescopios del ORM

Como ya comentamos en la primera parte de este artículo, el conjunto instrumental del ORM lo componen 12 telescopios y 8 cámaras fotográficas CCD. A modo de recordatorio los enumeramos de nuevo en el mismo orden que aparecieron en la primera parte del artículo, en cursiva los ya descritos anteriormente

Grupo de Telescopios "Isaac Newton" (ING) Telescopio "William Herschel" (WHT), 4.20 m.

Telescopio "Isaac Newton" (INT), 2 m.

Telescopio "Jacobus Kapteyn" (JKT), 1 m.

Telescopio Nacional "Galileo" (TNG), 3.58 m.

Telescopio Óptico Nórdico (NOT), 2.60 m.

Telescopio de "Liverpool", 2 m. Telescopio "Mercator", 1.20 m. Telescopio Meridiano de "Carlsberg" (CMT), 0.18 m.

Telescopio Solar Sueco (SST), 1 m.

Telescopio Solar Abierto Holandés (DOT), 0.45 m.

Telescopios "MAGIC", 17 m.

Cámaras fotográficas "SuperWASP", 0.20 m.

Gran Telescopio Canarias (Grantecan-GTC), 10.40 m.



Figura 11.- Telescopios del ORM (Créditos: Angel Requena)

Telescopio Nacional Galileo (TNG)

Este telescopio es principal instrumento de la comunidad científica italiana. Pertenece al Instituto Nacional Italiano de Astrofísica (INAF) aunque está gestionado por la "Fundación Galileo Galilei" (FGG), una entidad española sin ánimo de lucro cuyo propósito es promover la investigación astrofísica. Fue inaugurado oficialmente en junio de 1996 y comenzó a funcionar dos años después.

Desde el punto de vista técnico, el espejo principal del TNG tiene un diámetro de 3.58 m., lo que lo convierte en el tercer telescopio del ORM, en cuanto a tamaño del espejo. El secundario mide 0.875 m. y la distancia focal es de 38.5m (f/11).

En cuanto a su instrumental, el TNG está equipado con 4 instrumentos de diseño ultra-moderno: la cámara de imagen directa (OIG), la cámara-espectrómetro infrarroja (NICS), el módulo de óptica adaptativa (AdOpt) y el espectrógrafo óptico de alta resolución (SARG). Todos ellos cubren un amplio rango de posibilidades de obtención de imágenes y espectros, abarcando las longitudes de ondas ultravioletas, visibles e infrarrojas. Una ventaja importante del TNG es que todos los instrumentos disponibles están



Figura 12: Telescopio Nacional Galileo (Créditos: Angel Requena)

permanentemente montados en el telescopio y por tanto preparados para la observación, al contrario que en otros telescopios donde un cambio de instrumentación consume habitualmente bastante tiempo.

En el telescopio se llevan a cabo de forma habitual programas de prácticamente todos los campos de investigación astronómica, desde el estudio de cuerpos menores en órbita alrededor del sol hasta la búsqueda de exoplanetas¹. Otro área interesante de estudio es la de los objetos más lejanos del universo, y por tanto cuando el universo era muy joven; en concreto, 500 millones de años después del "Big-Bang".

En un futuro muy próximo, el telescopio será dotado de un nuevo instrumento (GIANO) que permitirá medir con gran detalle los parámetros físicos de las estrellas de menor masa (alrededor de 1/10 de la masa solar). También permitirá

detectar indirectamente la presencia de pequeños planetas orbitando alrededor de estrellas frías y, en particular, de planetas similares a la Tierra y con similares condiciones de habitabilidad.

Telescopio Óptico Nórdico (NOT)

El Telescopio Óptico Nórdico (NOT) es un moderno telescopio de 2.6 m. de diámetro que está situado en la parte más elevada del Observatorio del Roque de los Muchachos. Ello le confiere el prestigioso honor de ser el que a mayor altura sobre el nivel del mar está, siendo menor que otros en cuanto a tamaño.

Fue inaugurado en 1989 y actualmente está dirigido por un consorcio de Consejos de Investigación de Dinamarca, Finlandia, Noruega, Suecia y la Universidad de Islandia,



Figura 13: Telescopio Óptico Nórdico (Creditos: Angel Requena)

de ahí su nombre. Aun perteneciendo a este consorcio, el NOT está al servicio no sólo de las comunidades astronómicas de estos países y de España, sino que también pueden solicitar tiempo de observación astrónomos de otros países.

Al igual que el TNG, el NOT está equipado con un conjunto de instrumentos que pueden operar tanto en el espectro visible como en el infrarrojo. Para el visible dispone de la cámara denominada ALFOSC la cual ofrece un amplio conjunto de modos de observación mientras que NOTCam es la contrapartida en el infrarrojo cercano a ALFOSC. Como complemento a ambas dispone además de dos espectrógrafos de alta resolución, SOFIN y FIES, ideales para trabajos de detalle en objetos brillantes. Todos estos instrumentos tienen una gran demanda para la realización de programas de observación que abarcan desde la cosmología hasta el Sistema Solar.

Debido a su tamaño medio, el NOT no puede competir en todos los campos de la astronomía por lo que se ha especializado en dos campos concretos: la cosmología y la espectroscopía . Dentro del campo de la cosmología el NOT ha contribuido al estudio de las enigmáticas explosiones de rayos gamma y al estudio de supernovas del tipo Ia; concretamente en 1999 se detectó la explosión de rayos gamma "GRB 990123" en una galaxia lejana, el suceso más energético detectado en el Universo, hasta el momento.

La otra especialidad del NOT es el seguimiento espectroscópico multi-anual de manchas y campos magnéticos sobre las superficies de estrellas activas similares al Sol. Además, y gracias a la fotometría de alta velocidad realizada con la cámara ALFOSC, se ha podido detectar numerosos púlsares arrojando luz sobre cómo es su estructura interna mediante la novedosa técnica de la astrosismología².

Telescopio Liverpool (LT)

El Telescopio Liverpool (LT) es un telescopio de 2 metros de diámetro que opera únicamente en el rango visible y que está construido especialmente para un uso robótico. Eso quiere decir que funciona sin que tenga ser operado directamente por nadie, bien porque es manejado de forma remota o bien porque se ha programado previamente y por tanto es controlado por el software del ordenador. En ese caso, las observaciones previstas se ponen en cola y el software elige la mejor época del año para la observación que se pretende llevar a cabo.

En general, el telescopio está dedicado especialmente al estudio de fenómenos astronómicos variables entre los que destacamos las estrellas variables, las estrellas de neutrones, las enanas blancas, los cuásares, los núcleos galácticos activos, las lentes gravitatorias y los objetos en movimiento como asteroides y cometas. Son también su objetivo prioritario los fenómenos transitorios como las



Figura 14. Telescopio Liverpool (Créditos: Dr. Robert Smith, Liverpool John Moores University)

novas, supernovas y las explosiones de rayos gamma que como ya conocemos son las fuentes de energía más brillantes del Universo.

La Universidad de Liverpool "John Moores" es la institución encargada de operar y gestionar el telescopio, aunque el tiempo de observación se

asigna a través de un comité de asignación de tiempo (TAC). Pero lo excepcional de este telescopio es que no sólo es accesible a astrónomos profesionales de toda Europa sino que además está orientado de forma especial a la divulgación científica y a la educación. Esta iniciativa ha dado lugar a la formación de las Escuelas de Observación Nacionales Británicas (NSO) cuyo objetivo fundamental es recopilar y coordinar todos los proyectos educativos que soliciten la participación en estas observaciones. Para todos aquellos que estén interesados en este proyecto educativo en el apartado de referencias encontraréis un enlace a su página web.

Telescopio Mercator (MT)

El Telescopio Mercator es un telescopio cuasi-robótico surgido en el año 2001 como resultado de la

figura 15: Telescopio mercator (Créditos: IAC)

colaboración entre el Instituto de Astronomía de la Universidad de Leuven (Bélgica) y el Observatorio de Ginebra (Suiza). Su nombre se debe al famoso cartógrafo flamenco Gerardus Mercator (1512-1594), que estudió y enseñó precisamente en la Universidad de Leuven antes

de trasladarse a Duisburgo (Alemania). Mercator es conocido por el desarrollo cilíndrico conforme o carta de Mercator cuyo fundamento se basa en que la superficie terrestre es proyectada sobre un cilindro tangente a la esfera terrestre a lo largo del Ecuador. Una particularidad importante de esta proyección es que la representación obtenida es conforme³.

Técnicamente, el diámetro del espejo primario mide 1.2 m. mientras que el del secundario es de 0.3 m.,; en total, el telescopio tiene una longitud focal de 14.4 m. Existe también un tercer

espejo plano que puede ocupar dos posiciones, una a 45 grados del eje óptico del telescopio para desviar la luz al foco Nasmyth y una segunda posición fuera del rayo óptico que deja pasar la luz al foco Cassegrain. Al igual que el Telescopio Liverpool, el Mercator tiene un esquema operacional muy flexible que permite optimizar las campañas de vigilancia en diferentes épocas del año. De esta forma los programas científicos del telescopio y de sus instrumentos se ajustan a una amplia gama de fenómenos variables observados en estrellas y galaxias.

Lo mismo ocurre con su principal objetivo científico el cual se centra fundamentalmente en vigilar los fenómenos celestes variables a lo largo de grandes escalas de tiempo (estrellas variables, lentes gravitatorias, estallidos de rayos gamma, núcleos galácticos activos, etc.). Como proyectos más importantes que este telecopio lleva a cabo destacaremos los estudios de la variabilidad de las estrellas en o cerca

de la secuencia principal con el fin de analizar los parámetros de su estructura interna (astrosismología). Por otro lado, éste también estudia la variabilidad de estrellas evolucionadas para mejorar el conocimiento de su rápida fase evolutiva así como las medidas detalladas del retraso en las lentes gravitatorias⁴ de cuásares con el fin de utilizarlas como pruebas cosmológicas. Finalmente, se utiliza también para la detección y el seguimiento de las contrapartidas ópticas de los estallidos de rayos gamma.

Telescopio Meridiano Carslberg (CMT)

El Telescopio Meridiano Carlsberg (CMT) es un antiguo círculo meridiano construido por Grubb-Parsons en 1950 y que fue completamente reformado y automatizado en los años 70 por el Observatorio de la Universidad de Copenhague (CUO). Posteriormente en los años 80, la fundación Carlsberg (la misma que la de la cerveza) colaboró intensa-

mente en su nueva ubicación en la Palma así como en la puesta a punto del telescopio. Gracias a esa labor los científicos obtuvieron una mejor calidad del cielo lo que redundó en una mayor eficiencia del telescopio. Como reconocimiento a ese apoyo se decidió rebautizarlo con el nombre de Telescopio Carlsberg aunque hay quien dice que se llama así porque, como la cerveza Carslberg, el CMT es el mejor telescopio meridiano del mundo!

Su principal tarea consiste en observar robóticamente astros a su paso por el meridiano del lugar de observación para lo cual tiene una apertura útil de 176 mm. y una distancia focal de 2664 mm. Para medir los ángulos de declinación, el CMT dispone de un círculo de declinación de vidrio cuyo diámetro exterior es de 732 mm. y que a su vez está graduado de 5' en 5'. La lectura se realiza por medio de seis cámaras CCD con las que se obtiene una precisión de unas pocas décimas de segundos de arco.



Figura 16: Telescopio Meridiano Carlsberg (Créditos: Nik Szymanek)

Actualmente, el CMT dispone además de una cámara CCD con un sensor de 2.048x2.048 píxeles cuadrados de 9 micras que observa en modo de barrido continuo. De este modo, el instrumento observa tiras de cielo paralelas al ecuador de 24' en declinación y oscilando ese barrido entre los 20 minutos y las 5 horas en ascensión recta. En cuanto a la declinación, la franja en la que trabajan oscila entre los -40° y los +90°.

Todos los resultados de las observaciones realizadas se encuentran publicados en una serie de catálogos en los que aparecen recogidos las ascensiones rectas, declinaciones, movimientos propios y magnitudes de estrellas más brillantes que la magnitud 16. En un futuro, además de completar la totalidad de objetos en esa franja, se pretende observar una serie de objetos seleccionados del Sistema Solar, así como zonas del cielo de especial interés astrofísico.

Telescopio Solar Sueco (SST)

El telescopio Solar Sueco (SST) es el telescopio solar más grande de Europa y el mejor del mundo en cuanto a resolución espacial. Situado en una posición privilegiada dentro del Observatorio del Roque de los Muchachos, el SST combina una alta calidad óptica con unas técnicas muy avanzadas para la reconstrucción de imágenes, lo que le permite realizar el estudio de estructuras solares con detalles sin precedentes. Gracias a ello, el SST ha alcanzado el límite soñado de los

telescopios solares, llegando a una resolución de 0.1 segundos de arco, lo que corresponde a 70 km. sobre la superficie solar.

El SST pertenece al Instituto de Física Solar de la Real Academia Sueca de las Ciencias comenzando a funcionar en diciembre de 1985. Con un diámetro de 1 m., el SST ha realizado excelentes observaciones de granulación y manchas solares, de campo magnético y de convección en la atmósfera solar. En varias ocasiones incluso, se ha utilizado para realizar observaciones planetarias, como la de Júpiter con motivo de la entrada de la sonda Galileo en su órbita en 1995. También ha permitido obtener medidas de pola-

está hecha de sílice fundida (cuarzo sintético) que tiene un diámetro total de 1.07 m. y una apertura efectiva de 0.97 m. Para una mejor observación, la luz recibida se envía al sótano del edificio mediante dos espejos de 1.4 m. emplazados en lo alto de la torre. Como la imagen producida por una sola lente es de mala calidad, debido fundamentalmente a que los diversos colores se enfocan a diferentes distancias de la lente, el SST salva este problema dirigiendo la luz a un corrector Schupmann que reúne todos los colores en un único foco.

Aún encontrándonos en los excepcionales cielos de La Palma, el principal obstáculo con el que tiene que lidiar este telescopio es la falta



Figura 17: Telescopios DOT (izda.) y SST (cha.) (Créditos: Angel Requena)

rización como apoyo a la misión espacial SOHO para la observación del Sol.

Como no podía ser de otra forma, el SST es un telescopio refractor con un diseño óptico único. Su lente de homogeneidad y la turbulencia producida por la atmósfera terrestre. Para solucionar este problema, el SST utiliza óptica adaptativa así como un proceso de reconstrucción de imágenes diseñado expresamente para este fin.

Desde el punto de vista científico, el SST nos ha revelado estructuras solares nunca vistas antes, como por ejemplo los filamentos que forman la penumbra de las manchas solares. En otras regiones cercanas a las manchas se encontraron también nuevas estructuras estrechas y oscuras, apodadas "hairs" y "canals", respectivamente. Estos descubrimientos están siendo cruciales ya que han estimulado investigaciones teóricas nuevas que podrían ayudarnos a entender la verdadera estructura y naturaleza de las manchas solares. Otros objetos interesantes en los que se ha fijado el SST han sido las llamadas fáculas solares⁵. Del mismo modo, y gracias a las imágenes obtenidas de ellas, los científicos solares han comenzado a entender en qué consiste realmente este fenómeno.

Telescopio Abierto Holandés (DOT)

Se trata de un telescopio de 45 cm. de diámetro con un diseño muy innovador que permite eliminar las perturbaciones atmosféricas producidas por las diferencias de temperatura existente entre el interior y el exterior de la cúpula. Ésto junto a su excelente ubicación lo convierte en el telecopio ideal para producir magníficas imágenes de la fotosfera y la cromosfera solar.

La idea de un telescopio completamente abierto fue propuesta por el profesor C. Zwaan del Instituto Astronómico de la Universidad de Utrecht después de analizar los datos provenientes de diferentes campañas de observación solar. De dicho análisis extrajo la conclusión de que las

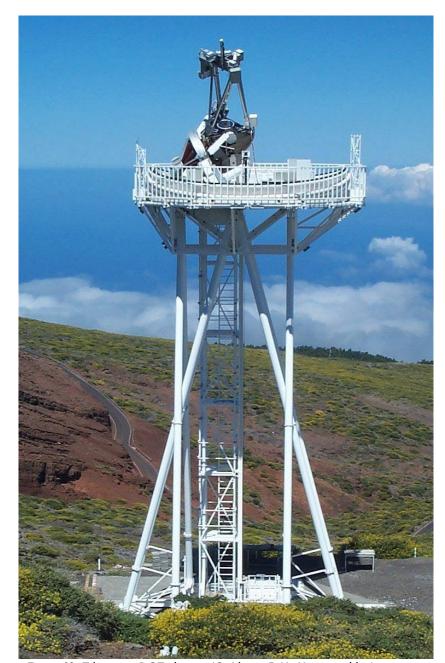


Figura 18: Telescopio DOT abierto (Créditos: R.H. Hammerschlag)

mejores condiciones atmosféricas se localizaban a una altura entre 10 y 30 metros sobre la superficie. Al poco tiempo, R.H. Hammerschlag comenzó el diseño de una torre y de un telescopio rígido que pudieran resistir sacudidas de viento sin sufrir vibraciones, lo cual derivó en el actual DOT. Finalmente, éste fue instalado en el ORM entre 1996 y 1997, recibiendo su primera luz en 1997.

Desde el punto de vista instrumental, el telescopio está equipado con un sistema de imágenes de multi-longitud de onda que trabaja en las líneas Ca II H (396.8 nm.), la banda-G (430.5 nm.), el continuo azul (432 nm.), el Ba II (455.4 nm.), el continuo rojo (654 nm.) y el Halpha (656.3 nm.). Estas imágenes en diferentes líneas espectrales permiten obtener muestreos simultáneos de fenómenos solares diversos a diferente profundidad, o lo que es lo mismo, obtenemos información solar en forma de capas. Así por ejemplo, la banda-G muestra la superficie solar fotosférica, la línea de Ca II H hace un muestreo

de la baja cromosfera, es decir, unos pocos de cientos de kilómetros más arriba y finalmente, la línea H-alpha muestra los filamentos en la alta cromosfera, a unos pocos de miles de kilómetros de altura. Gracias a este estudio por capas se ha comprobado que muchas líneas de campo se originan en las manchas solares y en los elementos magnéticos intergranulares, elevándose a grandes distancias sobre la superficie solar hasta curvarse para posteriormente volver a conectarse a la superficie.

Telescopios MAGIC

Los telescopios "MAGIC", acrónimo de Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov, marcan un nuevo concepto no sólo entre el resto de telescopios del ORM sino incluso dentro del campo de la astronomía observacional a nivel mundial. La razón es porque trabajan y por tanto detectan radiaciones hasta ahora no exploradas por ningún otro telescopio, los rayos gamma de muy alta

energía (la radiación por encima de los 10 GeV).

Para detectarlas estos telescopios utilizan la técnica "Cherenkov", denominada así en honor de su descubridor, el premio Nobel de Física ruso Pavel Cherenkov. Esta técnica consiste en la instalación de 270 espejos individuales que pueden enfocarse por separado mediante rayos láser de referencia usando lo que se conoce como óptica activa. A pesar de que la atmósfera absorbe estos rayos gamma, lo cierto es que pueden detectarse de forma indirecta debido a que en el proceso de absorción generan una cascada de partículas secundarias de alta energía (luz de Cherenkov) que finalmente es recogida bien por un telescopio o bien por una cámara.

Sorprendentemente, los resultados que han aportado estos telescopios han abierto una nueva ventana al estudio del Cosmos. De entre sus logros más importantes citemos por ejemplo que los MAGIC han ayudado a comprender el mecanismo por el que se producen los rayos gamma dentro de las nebulosas descubriéndose que éstas tienen en su centro un púlsar⁶. Además se ha detectado también por primera vez varios núcleos activos de galaxias que corresponden a agujeros negros escondidos en el centro de algunas galaxias y que generan chorros gigantescos de materia y de rayos gamma.

Pero lo mejor de los telescopios MAGIC está sin duda por venir. No sólo porque el campo de trabajo que abarcan es muy amplio sino porque además no tienen competencia a la vista. Hay que tener en cuenta que cada día se producen unas cuantas explosiones estelares de gran intensidad en lugares aleatorios del cielo y estas explosiones no se pueden observar con telescopios ópticos cualquiera sino con telescopios sensibles a los rayos gamma. Otro objetivo científico importante es la búsqueda de materia oscura, esa componente desconocida del universo que podría consistir en partículas que chocan de vez en cuando

entre sí y generan a su vez rayos gamma.

Cámaras SuperWASP

Las cámaras "SuperWASP" lo conforman un total de 8 cámaras robóticas CCD de campo extremadamente ancho. Cada una de estas cámaras dispone de unas lentes de 200 mm. de diámetro sobre un detector CCD de 2.048x2.048 píxeles. Ésto da lugar a un valor angular de cerca

de 14 segundos de arco por cada píxel.



Figura 19: Telescopios MAGIC (Crétidos: Ángel Requena)



figura 20: Cámaras SuperWASP (Créditos: SuperWASP Project)

Inauguradas en abril de 2004, actualmente están gestionadas por un consorcio del Reino Unido y de España (el consorcio WASP) aunque como ocurre con la mayor parte de los telescopios el ORM los datos están disponibles para la comunidad astronómica en general.

La especialidad de estas fantásticas cámaras es la detección de planetas extrasolares alrededor de estrellas relativamente brillantes mediante la técnica del tránsito. Grosso modo, esta técnica consiste en primer lugar en seleccionar una serie de objetos lo suficientemente brillantes como para que exista información disponible en los catálogos. A continuación se realiza un seguimiento de los mismos obteniendo además su espectroscopía mediante el WHT. Finalmente, se obtiene la fotometría multicolor detallada del tránsito y la espectroscopia orbital.

Además de este proyecto también se está emprendiendo la realización de un sistema de reducción en tiempo real con la intención de identificar fenómenos transitorios, como por ejemplo, las supernovas.

Gran Telescopio de Canarias (Grantecan-GTC)

Y por fin llegamos a la joya más preciada del ORM, el Grantecan. Si el conjunto de telescopios del ORM, sin contar el GTC, ya resulta increíble con la incorporación de este último se culmina el proyecto tecnológico y científico más ambicioso que nunca antes haya realizado España; sin duda alguna el GTC nos ha colocado en la punta de lanza de la astrofísica a nivel mundial.

Pero el camino hasta llegar aquí no ha sido nada fácil, todo lo contrario, éste ha resultado una odisea que afortunadamente ha desembocado en un final feliz. Pero veamos un poco mejor cuál ha sido la historia de este megaproyecto.

La gestación del GTC se remonta a finales de los años 80 cuando el Royal Greenwich Observatory (Reino Unido) terminaba la construcción del telescopio William

Herschel en el ORM. En ese momento de euforia la institución británica y el IAC comenzaron a pensar en un nuevo proyecto que dotara al ORM de un telescopio de 8 metros de última generación. Ante semejante oportunidad el IAC se volcó de lleno en él viendo la oportunidad que suponía. Sin embargo pronto empezaron a surgir los primeros contratiempos; en primer lugar, el Reino Unido decidió emprender la construcción de otros telescopios con un socio más "seguro" (EE.UU.) con lo que el socio principal nos dejaba un poco "tirados en la cuneta". A pesar de eso, el IAC decidió seguir adelante y para ello buscó apoyos y financiación entre otras instituciones. Nadie parecía tener interés en el proyecto, ni las instituciones científicas europeas importantes como la European Southern Observatory (ESO) ni la administración española.

Pero cuando ya parecía todo perdido apareció el apoyo del gobierno canario. Gracias a su soporte en 1994 se creó la empresa GRANTECAN S.A. con el fin de asumir el riesgo de diseñar y construir el futuro GTC. Apoyados en informes y estudios se cambió la idea de construir un telescopio de 8 metros por otro de 10 metros segmentado. La razón de este cambio era debida a que con una inversión similar se obtenía un 50% más de superficie colectora.

Al poco tiempo, en 1996, la administración española decidió también respaldar el proyecto que inicialmente desestimó. Pero aún así la inversión económica del proyecto



Figura 21: Telescopio GTC en construcción (Créditos: GTC)

era tan grande que los directores del provecto decidieron darle una reorientación más internacional. Así es como en 1998 se gestó la colaboración con los socios actuales, el primero a través del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), y el segundo a través de la Universidad de Florida (EE. UU.). Más tarde se uniría también la ESO con la que se firmarían acuerdos para compartir el conocimiento generado.

Paradójicamente, aunque inicialmente no se contó con grandes apoyos, poco a poco y con mucha insistencia, se fueron atrayendo inversiones provinentes de prácticamente todas las instituciones españolas, europeas y mundiales. Pero además de eso, el GTC ha conseguido, por un lado, convertir a España en la referencia obligada para cualquier telescopio segmentado y, por otro,

ha demostrado a todos la conveniencia de invertir en grandes instalaciones científicas propias, no sólo por el fin que se consigue sino porque su construcción genera un gran tejido tecnológico e industrial que redunda en beneficio económico para la industria tecnológica, las empresas de I+D y para la sociedad en general.

Técnicamente, el GTC es sin duda el mayor telescopio del mundo en cuanto a tamaño y uno de los más avanzados y con mejores prestaciones para la investigación astronómica. Sus 10.4 m. de diámetro del espejo, sus 300 toneladas y los 41 metros de altura de la cúpula así lo avalan. Pero lo impresionante de este telescopio no sólo son estas dimensiones increíbles sino sobre todo, el novedoso sistema de recolección de la luz, basado en la técnica conocida como óptica activa. Mediante esta técnica, es posible alinear, deformar y mover los 36 segmentos hexagonales de los que está formado el espejo primario, además de mover y alinear el espejo secundario. El objetivo es mantener de un modo preciso su posición, independientemente de las condiciones externas (climatología, temperatura, gravedad, defectos de fabricación, etc.)⁷.

Y ¿qué tiene de particular estos segmentos? ¿Por qué no construirlo de forma monolítica? La razón fundamental es la ausencia de dilataciones de estas piezas construidas en un material vitrocerámico extraordinariamente homogéneo, el Zerodur. Las piezas, de dimensiones 1.9 m de diámetro por 8 cm. de grosor y 470 kg. cada una, están pulidas de forma casi perfecta siendo el error de pulido del orden de 0.00001 mm. Como las piezas deben hallarse impecablemente colocadas (3 mm. de separación entre ellas), la estructura final en forma de panal de abejas descansará sobre una estructura de barras cuyos sensores detectarán las posibles desalineaciones de los espejos. Todo ello irá incrustado a su vez en una montura altacimutal de acero.

Pero además de esta magnífica superficie colectora de luz de 75.7 m²., el GTC dispone de dos espejos más, el secundario y el terciario. Todos los que hemos observado con un telescopio Cassegrain conocemos bien cómo la luz recorre el tubo óptico siguiendo un camino de ida y vuelta muy ingenioso. El GTC se basa en ese tipo de montura pero con la diferencia de que además del espejo primario y secundario posee otro, el terciario, cuya función es redirigir la luz a diferentes focos (Cassegrain y Nasmyth) en donde



Figura 22: Telescopio GTC (Créditos: Ángel Requena) se sitúan los instrumentos de medirotación.

Obviamente todos estos esfuerzos por recolectar fotones y reenfocarlos con precisión no tendrían sentido sin los instrumentos que, ubicados en los focos, decodifican el mensaje

da.

de la luz y permiten medirla. Los instrumentos de los que estamos hablando son OSIRIS, Canari-Cam, EMIR y FRIDA. Los dos primeros se denominan instrumentos de primera generación porque funcionarán a partir del "Día 1", es decir, a partir de la fecha que marca el comienzo de la operación científica. Por el contrario, EMIR y FRIDA formarán parte de una segunda y tercera generación de instrumentos⁸.

El primero de ellos, el OSIRIS, que detectará luz visible y generará imágenes de los objetos celestes. Asimismo, realizará espectroscopía permitiendo además estudiar su composición química, temperatura, densidad, o incluso su velocidad de El segundo, la cámara Canari-Cam, recogerá luz infrarroja, obtendrá imágenes directas, realizará espectroscopía y polarimetría (una técnica muy útil para estudiar objetos con campos magnéticos), e incluso podrá ocultar el área más brillante de una estrella para buscar un posible disco con planetas.

Finalmente, EMIR y FRIDA son dos instrumentos de segunda generación que entrarán en funcionamiento en 2009 y 2011 respectivamente. Su objetivo será realizar espectroscopía infrarroja de alta resolución mejorando la eficacia y las prestaciones de OSIRIS y Canari-Cam.

En cuanto a los proyectos científicos del GTC, sería difícil decidir cuál es su especialidad ya que su ámbito de actuación abarcará prácticamente todo tipo de fenómenos y objetos del Universo por muy esquivos que éstos sean. No obstan-

te, por su concepción y por los instrumentos que dispone, el GTC se va a encargar de estudiar todos aquellos fenómenos que a día de hoy o los desconocemos en gran medida o no los conocemos suficientemente bien. Grosso modo, los campos en los que se va a centrar el GTC son por una parte el estudio de la formación y evolución de planetas y estrellas y por otra el estudio de aspectos cosmológicos poco conocidos como son el origen y la estructura a gran escala del Universo.

Dentro del primer campo de estudio, destacaríamos en primer lugar la formación de los discos protoplanetarios. Gracias al GTC se podrán buscar planetas en formación en esos discos formados mayoritariamente de gas y polvo. Otro fenómeno mal conocido y muy relacionado con los discos protoplanetarios es el nacimiento y evolución de estrellas. El principal problema con estos objetos es que por una parte estos embriones estelares son incompresiblemente fríos, están a menos de -250 C°, pero además de eso éstos están envueltos en una nube de polvo que los hace prácticamente invisibles para la mayoría de los telescopios. Lo mismo ocurre con las llamadas enanas marrones, las cuales y sin que se sepa aún bien por qué, no consiguen crecer lo suficiente como para empezar a brillar. El GTC tendrá mucho que decir en este campo, sobre todo gracias a sus instrumentos especializados en detectar objetos fríos y envueltos

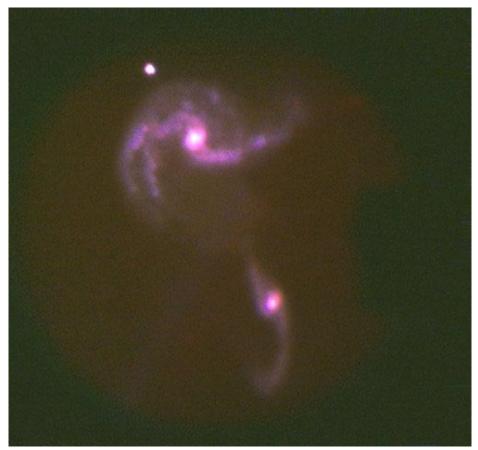


Figura 23: Imagen de una galaxia obtenida el día de Primera Luz (13/04/2007).

Créditos: GTC)

en polvo, las cámaras Canari-Cam y EMIR.

En cuanto a la Cosmología, el GTC intentará explicar dos cuestiones fundamentales. En primer lugar cómo se estructura la materia a gran escala y en segundo lugar cómo se originó el Cosmos. Para contestar a la primera pregunta, el GTC intentará detectar las controvertidas materia y energía oscuras, de las que apenas se sabe nada. Para responder a la segunda, el GTC tendrá que sortear primero el obstáculo de observar muy lejos en el espacio y consiguientemente en el tiempo, y para complicarlo aún más, deberá atravesar las nubes de polvo de esa época primigenia. Para enfrentarse a esos problemas el GTC dispone de armas muy potentes, por una parte su gran abertura y por otra las cámaras infrarrojas Canari-Cam y

sobre todo la EMIR, las cuales nos permitirán atravesar esa cortina de polvo y gas

Sin duda, con el Grantecan se abren las puertas a una época apasionante de nuevos descubrimientos científicos. Las expectativas señalan además que el GTC podrá estar en activo durante más de cuarenta años, lo que en términos de vida útil dan para mucho. En ese tiempo este telescopio podrá albergar más de 20.000 programas de investigación y dar servicio a unos 40.000 astrónomos.

Pero lo más importante, o al menos así me lo parece, es que el GTC ha servido de inspiración para la creación de nuevos proyectos científicos cada vez más ambiciosos. Tal es el caso del Thirty Meter Telescope (TMT), un telescopio que se quiere construir a partir de 2016 y cuyo espejo primario (30 m.) estará compuesto por más de 700 fragmentos hexagonales (el GTC tiene 36). El TMT rastreará el cielo desde el ultravioleta al infrarrojo adentrándose en las llamadas épocas oscuras del universo, es decir, cuando se formaron las primeras fuentes de luz y los primeros elementos pesados. Así mismo, el TMT estudiará la formación de las primeras galaxias y su relación con el surgimiento de agujeros negros masivos dentro de ellas. Finalmente, éste aportará también nuevos datos sobre el proceso de formación de planetas a partir de la materia dispersa que rodea algunas estrellas.

Referencias y enlaces de interés:

Martín Asín, F., *Geodesia y cartografía matemática*, Ed. Paraninfo (1990).

Cándido Rodríguez, *El Sol*, Ed. Sirius (1992).

Michel Mayor y Pierre-Yves Frei, *Los nuevos mundos del Cosmos*, Ed. Akal (2006).

Luis A. Martínez Sáez, *Libro GTC*, IAC.

Observatorio Astrofísico del Roque de los Muchachos (ORM), http://www.iac.es/gabinete/orm/index.html

Instituto Astrofísico de Canarias (IAC), http://www.iac.

Telescopio Nacional "Galileo", http://www.tng.iac.gov/es

Telescopio Óptico Nórdico (NOT), http://www.not.iac.es

Escuelas de Observación Nacionales Británicas (NSO) http://www.schoolsobservatory. org.uk

Telescopio "Liverpool", http://telescope.livjm.ac.uk

Telescopio "Mercator", http://www.mercator.iac.es

Telescopio Meridiano "Carlsberg", http://www.ast.cam.ac.uk/~dwe/SRF/camc.

Telescopio Solar Sueco, http://www.solarphysics.kva.se

Telescopio Abierto Holandés, http://dot.astro.uu.nl

Telescopios "MAGIC", http://www.magic.mppmu.mpg.de

Cámaras SuperWASP, http://www.superwasp.org

Gran Telescopio de Canarias (Grantecan), http://www.gtc.iac.

GTC digital, http://www.gtc-digital.net/

Instrumento OSIRIS, http://www.iac.es/proyecto/OSIRIS/

Cámara CanariCam, http://www.astro.ufl.edu/CanariCam/canaricam/ home.htm

Cámara EMIR, http://www.ucm.es/info/emir/science/

Notas finales:

- ¹ Todo planeta situado fuera del Sistema Solar y que es posible detetectarlo de forma indirecta mediante técnicas astrométricas y/o espectrográficas.
- ² Del estudio del patrón de variabilidad que muestran algunas estrellas se puede derivar su estructura interna, del mismo modo que en Geofísica se deduce la estructura interna de la Tierra a partir de las observaciones de los sismos.
- ³ Se dice que una proyección es conforme si cumple que los ángulos medidos en la esfera (globo terráqueo) y en el plano (mapa) son iguales. Esta propiedad garantiza por ejemplo que un barco que navegue por el océano pueda seguir un rumbo constante previamente fijado sobre una carta náutica.
- ⁴El seguimiento de las lentes gravitatorias y, especialmente de su retraso, proporciona un modo independiente y eficaz de estimar la escala de distancias del Universo y, por tanto, la constante de Hubble.
- ⁵ Además de las conocidas manchas

solares cuyo tono es claramente oscuro, también es posible observar otras manchas diametralmente opuestas en luminosidad, es decir, manchas claras cuyo brillo es muy superior al resto de la superficie solar. A estas manchas se les conoce con el nombre de fáculas solares.

- ⁶ Un púlsar es una estrella muy densa que rota cientos de veces por segundo en torno a su eje y genera en ese vertiginoso giro campos magnéticos y eléctricos muy intensos.
- ⁷ En un futuro próximo, el GTC contará con un sistema de óptica adaptativa que corregirá los defectos generados por la atmósfera terrestre y mejorará la nitidez de las imágenes; de hecho, gracias a esta técnica el rendimiento del GTC equivaldrá al de un telescopio con un espejo primario de 100 m.
- ⁸ A fecha de hoy el GTC se encuentra en período de pruebas tras haber visto su primera luz el pasado mes de Julio. Tras esa fase inicial se estima que a lo largo de este año comience la fase de operación científica con las primeras observaciones de los astrónomos.

Fe de erratas:

Debido a un error de pre-impresión los créditos de las figuras de la primera parte del artículo (Huygens 71) fueron omitidos en su totalidad. Por expreso deseo del IAC todas las fotos y los textos que apareciesen en este artículo deberían estar debidamente acreditados; como eso no ha sido así con las figuras, creemos pues necesario incluir de nuevo los créditos omitidos.

Aprovecho también la oportunidad para agradecer a Natalia R. Zelman (IAC) la ayuda y las facilidades que en todo momento me dió para buscar fuentes de información gráficas y documentales que ilustraran fielmente este magnífico observatorio.

Portada: Vista panorámica y acceso al Observatorio del Roque de los Muchachos (Créditos: Miguel Briganti, IAC)

Figura 1: IDEM

Figura 2: Primeras observaciones desde Canarias (Créditos: J.A. Belmonte, IAC)

Figura 3: Vista panorámica del Observatorio del Roque de los Muchachos sobre el pico de Fuente Nueva (Créditos: Ángel Requena)

Figura 4: Vista aérea del ORM en el área donde se encuentra el ING (Créditos: René Rutten, ING-IAC)

Figura 5: Cúpula del telescopio William Herschel (Créditos : Ángel Requena)

Figura 6: Telescopio William Herschel (Créditos: Miguel Briganti, IAC)

Figura 7: Imagen "Herschel Deep Field" (Créditos: ING-IAC)

Figura 8: Cúpula del telescopio Isaac Newton (Créditos: Ángel Requena)

Figura 9: Telescopio Isaac Newton (Créditos: Miguel Briganti, IAC)

Figura 10: Cúpula del telescopio Jacobus Kaptein, detrás el Isaac Newton (Créditos: Ángel Requena)