

RECONSTRUCCIÓ A LA MIDA ORIGINAL DEL MAJOR TELESCOPI QUE W. HERSCHEL VA EXPORTAR

Pere Planesas Bigas

Observatorio Astronómico Nacional. Instituto Geográfico Nacional

Paraules clau: *tècnica, astronomia, William Herschel, José de Mendoza.*

Full size reconstruction of the largest telescope sold by W. Herschel

Summary: *The 25 ft long telescope that the Kingdom of Spain commissioned to W. Herschel by the end of the XVIII century has been rebuilt using the booknotes and drawings, and a lot of ingenuity and enthusiasm. What we learned could serve as a guide for any future attempt to rebuild an old, big scientific instrument.*

Key words: *technology, astronomy, William Herschel, José de Mendoza.*

El tema d'aquest treball està ben explicat en el seu llarg títol; es tracta de descriure el procés i el resultat de la reconstrucció d'un dels grans telescopis que el cèlebre astrònom William Herschel va construir ara fa més de dos-cents anys. Primer tractaré breument de la vida i l'obra de Herschel, i en particular dels telescopis més grans que va construir, per posar-ho en context. Després, del projecte i el procés de reconstrucció d'un d'aquests grans telescopis, tant de la seva part mecànica com de la part òptica principal. I per fi enumeraré les coses que hem après, ja que algunes poden ser útils per qui es plantegi un projecte semblant.

La primera il·lustració (Figura 1) és la primera de les dotze aquarel·les que il·lustren la documentació que acompanyava el telescopi de Herschel de 25 peus de llargada (això vol dir que el seu tub tenia uns 7 metres i mig de llargada). Bennett (1976) suggereix que el representa tal com va estar muntat a Slough, prop del castell de Windsor, quan Herschel feia proves del seu funcionament. El seu aspecte no deuria ser gaire diferent quan va ser muntat a Madrid, al sud-oest del parc del Retiro on hi havia l'Observatori Astronòmic de Madrid fundat pocs anys abans. Potser els vianants anirien vestits seguint la moda goiesca i el cel estaria menys ennuvolat que a Anglaterra, tot i que els núvols també podrien ser una de les llicències artístiques que es va permetre l'autor d'aquesta aquarel·la.

La primera notícia que tenim del seu funcionament és un comentari de Gil de Zárate (1859) en el seu relat dels primers anys de l'observatori en què diu que el 18 d'agost del 1804 es van fer unes observacions astronòmiques, segurament les primeres, amb el telescopi muntat, però amb la instal·lació encara no acabada del tot (Tinoco, 1951).

L'any 1808, després de la revolta del 2 de maig, la ciutat de Madrid va ser ocupada per les tropes franceses. El mes novembre algunes es van instal·lar a l'observatori, un lloc que domina la ciutat. Feia fred, així que van fer llenya del telescopi i van destruir el tub. Però,

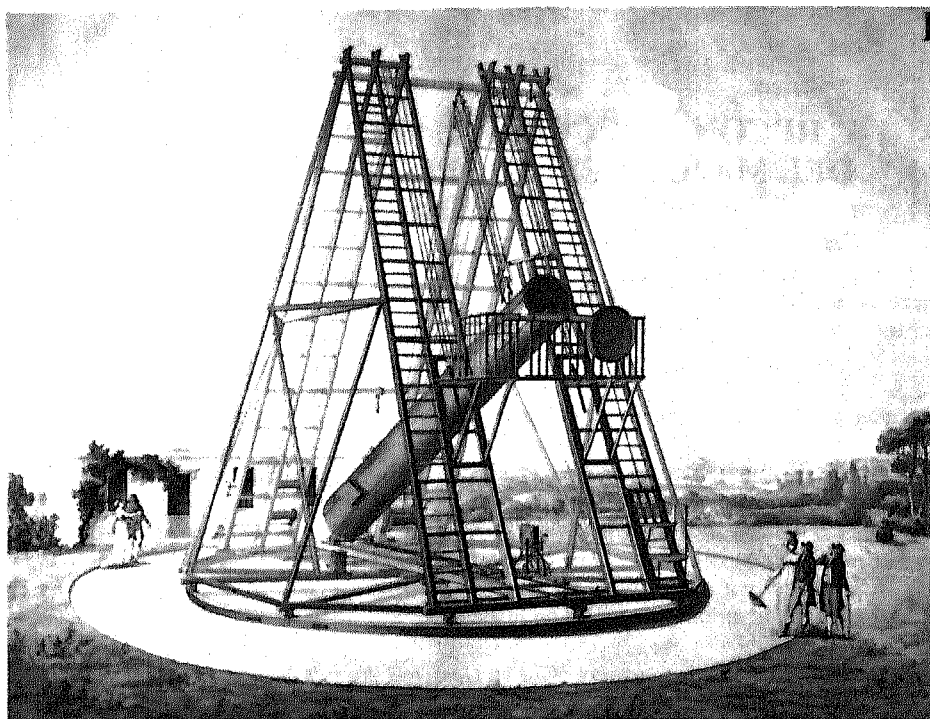


Figura 1. Reproducció de la primera de les aquarel·les que representa el telescopi de 25 peus de llargada de Herschel, que es troba a l'obra *Planos generales y particulares del telescopio de veinte y cinco pies ingleses de largo*, feta per encàrrec de José de Mendoza y Ríos, que va supervisar o redactar tota la documentació.

abans, els astrònoms van endur-se a una casa particular les parts fàcilment transportables: els dos miralls, torns i politges, la documentació del telescopi i també un preciós rellotge de pèndol construït el 1792 per Antonio Molina. Llevat dels elements metàl·lics del telescopi, tot es va recuperar anys després i es conserva a l'Observatori.

El mes de març de 2004 es va començar a muntar en un nou pavelló a l'Observatori de Madrid una reconstrucció de les parts mecàniques del telescopi de Herschel. El mes de juliol es va muntar el sistema òptic principal. El mes d'agost, just dos-cents anys després de la seva «primera llum», el telescopi estava llest per ser provat.

William Herschel i els seus grans telescopis

Frederick William Herschel (1738-1822) fou tot un personatge. Nascut a Hannover, fill d'un músic de l'exèrcit alemany, fugint de la misèria va emigrar als vint anys a Anglaterra, on va treballar com a músic, ensenyant, tocant l'orgue, dirigint una orquestra i fins i tot escrivint algunes simfonies i sonates. En aquesta època es va aficionar a l'astrono-

mia, llegint llibres, llogant un petit telescopi i després polint un mirall per al seu primer telescopi, d'estil newtonià. Aquesta afició es va convertir en la passió de la seva vida i hi va arrossegat la seva germana Caroline, com a ajudant en les observacions, i el seu germà Alexander, en la construcció de telescopis.

Herschel es va convertir en el millor constructor de telescopis de finals del segle XVIII, a més d'esdevenir un pacient i excel·lent observador. La seva fama s'inicià quan l'any 1781 va descobrir Uranus, el primer planeta mai descobert per un ésser humà, descobriment que va fer amb un dels seus primers telescopis, de 7 peus (uns 2 m) de llargada i un mirall de 16 cm de diàmetre. Això li va donar fama i un sou vitalici del Regne d'Anglaterra.

La fama, va fer que hi hagués una gran demanda de telescopis d'aquesta mena: en va construir i vendre desenes. Fins al punt que a l'observatori de Madrid n'hi ha dos.

El sou vitalici, va fer que pogués dedicar tot el seu temps a la seva obsessió de conèixer el cel, tots els astres que es poguessin veure. Va construir telescopis més grans, amb miralls de fins a 30 cm de diàmetre. L'any 1783 va construir el seu favorit, un de 20 peus (6 metres) de llargada i un mirall de 48 cm de diàmetre. Hi va fer moltes de les seves exploracions del cel, menys quan un telescopi més petit li era suficient.

El 1787 va construir el seu telescopi més gran, de 40 peus de llargada (12 m) i amb un mirall de 120 cm de diàmetre. Fou el que ara en diríem un èxit mediàtic, ja que era visitat per aristòcrates anglesos, astrònoms de tot Europa, algun músic, com Haydn, i curiosos de tota mena. Fou un fracàs com a instrument pel seu baix rendiment (Hoskin, 2003). Superava els límits tècnics de l'època, en especial en la construcció dels miralls, requeria massa gent per maniobrar, la maniobra de canvi de mirall era molt perillosa... Una prova d'aquestes dificultats és que no seria superat en mida fins seixanta anys més tard.

Herschel va arribar a la conclusió que el telescopi més gran, i operatiu, que pogués donar un bon rendiment i que ell fos capaç de construir amb els materials de l'època, havia de tenir uns 25 peus de llargada (com a molt 30), i un mirall de 60 cm de diàmetre. El va construir i fou el millor que mai va fer. Provant-lo va escriure: «[Uranus] està més ben definit en aquest instrument que el que mai he vist. Amb 300 augments el disc està perfectament definit i tan nítid com el de Júpiter» (Lubbock, 1933). Aquest telescopi, el segon més gran que mai va construir, no era per a ell, sinó per al Regne d'Espanya.

Abans de parlar d'aquest telescopi voldria fer un incís sobre els resultats científics de William Herschel, que foren molt importants. A part de descobrir un planeta i quatre llunes (dues de Saturn i dues d'Uranus), va iniciar l'astronomia estel·lar, és a dir, l'estudi estadístic de la distribució d'estrelles, i ens va donar el primer «mapa» de la Via Làctia. Va catalogar milers de nebuloses, quan el francès Messier a la mateixa època passava a la fama per catalogar-ne cent. Aquest catàleg, ampliat pel seu fill John i més tard per Dreyer, és l'ara popular NGC (New General Catalogue). També va estudiar cúmuls globulars i va descobrir prop de mil estrelles dobles i va provar que algunes eren binàries. Tot això contrastava amb l'interès quasi exclusiu dels seus contemporanis en el Sistema Solar. De fet, ell estava interessat a vendre telescopis potents perquè la resta també poguessin comprovar el que ell anava descobrint, un món més enllà dels planetes i els cometes.

L'any 1799 va fer un altre descobriment, molt important per a la física: estudiant la quantitat de llum que prové del Sol en diferents colors va descobrir per primera vegada una forma de llum invisible, més enllà del color vermell, aquesta que ara en diem radiació infraroja. Aquest és un fet important també per a l'astronomia, ja que molts astres, a part del Sol, emeten radiació infraroja, però aquest camp no es va començar a desenvolupar fins ara fa uns trenta anys. I encara queda molt per fer. D'aquí a tres anys es posarà en òrbita un telescopi espacial de 3,5 metres de diàmetre dedicat a observar tot l'univers en infraroig. Aquest telescopi (Figura 2) l'hem batejat com a Observatori Espacial Herschel, en honor precisament a William Herschel.

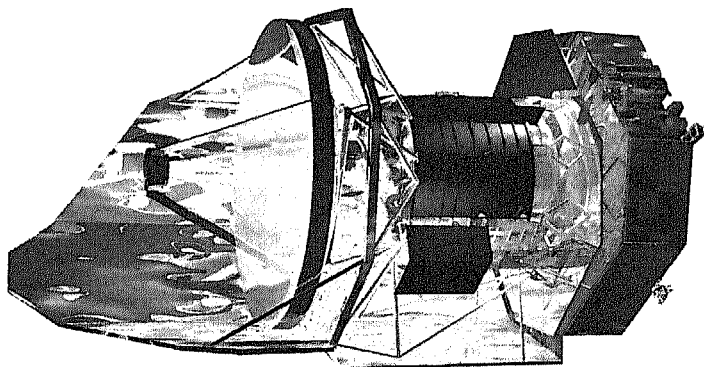


Figura 2. L'Observatori Espacial Herschel, de l'Agència Europea de l'Espai, mesurarà l'univers en ones submil·limètriques i de l'infraroig llunyà. En la seva construcció hi participa Espanya (imatge artística cortesia d'ESA i Alcatel Espace).

Tornem dos-cents anys enrere. L'encàrrec del telescopi espanyol es va fer el 1796. L'astrònom i capità de vaixell José de Mendoza y Ríos es va encarregar de seguir les fases de la seva construcció i de redactar instruccions adequades per al seu muntatge i ús. Mendoza, que residia a Anglaterra des de feia uns quants anys, va encarregar dues sèries de plànols, una de dotze plànols de mida molt gran (de 88 x 65 cm) i una altra de vuit plànols anotats (de 64 x 50 cm), i va escriure uns quaderns, en castellà, anglès o francès (n'hi ha una descripció a López Arroyo, 1978). En els plànols en color, molt inusuals com a documentació d'un telescopi de Herschel, es mostren diferents parts del telescopi a gran escala, detalls de peces o de mecanismes, i maniobres, com ara la de la substitució del mirall.

En els quaderns es descriu el telescopi, s'explica el seu funcionament i es detallen les peces de fusta, ferro i llautó amb referències als plànols per facilitar la seva identificació. En un dels quaderns, escrit mentre s'empaquetaven les peces en quaranta caixes per al seu transport, es detalla el contingut de cada una amb referències als plànols i als altres quaderns, per fer més senzill el treball de desembalar-les i muntar el telescopi.

Tota aquesta documentació es va acabar de fer el desembre de 1801, poc abans que el telescopi fos embarcat a Londres cap a Bilbao. Va ser utilitzada per muntar l'estructura a Madrid i es va salvar de la destrucció.

Reconstrucció de l'estructura del telescopi

Sabem que Herschel va fer proves amb el telescopi muntat a Anglaterra el 1797, però que va haver de seguir polint els miralls fins que el 1798 ja estava satisfet del rendiment del telescopi. Va deixar escrit que el «25 peus» era millor que el seu favorit de 20 peus i que segurament permetria descobrir noves llunes. També sabem que Mendoza va suggerir-hi millores. En conjunt, sembla que aquest fou el telescopi gran més sofisticat que Herschel va construir. Després d'aquest en va fer un de 20 peus i amb un mirall de 30 cm, molt més petit que el nostre, per a l'Observatori de Sant Petersburg, però mai no va ser muntat (Spaight, 2004).

El procés de reconstrucció va començar amb el recull d'informació. De bon primer vam transcriure els quaderns manuscrits de Mendoza per facilitar-ne la consulta. Vam recollir i estudiar els principals articles erudits sobre els telescopis de Herschel (Bennett, 1976; Warner, 1979; Hysom, 1996; a més de l'inestimable llibre de King, 1955). També vam fer un recull d'articles sobre els primers anys de l'Observatori de Madrid i d'altres informacions sobre telescopis i materials de l'època.

El següent pas va ser encarregar un projecte de viabilitat de la reconstrucció de l'estructura. Després d'analitzar els plànols originals des d'un punt de vista mecànic, es va fer un contracte amb el Departament de Màquines de l'Escola d'Enginyers Industrials de Madrid on es va fer una anàlisi de cada peça, de l'estructura global, de la resistència de les bigues principals, etc. Després es van buscar possibles constructors per als elements de fusta i els de metall, així com la disponibilitat d'aquests materials. Es va concloure que era possible reconstruir-lo per un preu assumible dins els pressupostos anuals de l'Instituto Geográfico Nacional.

També vam fer una anàlisi de l'òptica principal que requereix el telescopi (mirall metàl·lic de 60 cm de diàmetre, oculars, sistema d'enfocament) i dels elements òptics auxiliars (cercle complet per azimuts, quadrant per altures, etc.), per veure la viabilitat de la seva reconstrucció (Planesas, 2001).

Les primeres fases de la reconstrucció de l'estructura foren: la construcció d'una maqueta completa a escala 1:10 (Figura 3); la confecció de plànols d'enginyeria finals, i una revisió exhaustiva del projecte. La construcció de la maqueta ens va fer veure algun detall que ens havia passat per alt, com la qüestió d'ajuntar quatre perxes en un mateix punt. En fases posteriors trobaríem altres problemes: constructius, de concepte, de manca d'informació, etc. El principal problema constructiu fou que les perxes de més de 9 metres de llargada, fetes d'una sola peça de fusta, es doblaven lleugerament quan es foradaven per posar-hi els travessers. Vam tenir problemes de concepte amb els mecànics, que insistien a fer les peces de ferro molt més valentes que les de l'original, sense entendre inicialment que es tractava de fer una reproducció el més semblant possible a l'original, no una de millorada amb tècniques i materials actuals.

Vam tenir també problemes per la manca d'informació en els quaderns i en els plànols originals en alguns aspectes, per exemple, a l'hora de dissenyar el suport pel mirall a l'interior del tub, que no està descrit amb detall ni dibuixat. O també el fet que el pes del telescopi feia que les rodes de llautó deformessin la fusta on havien de rodar. Es va haver de reforçar amb ferro, una solució que està documentada (s'havia utilitzat en el telescopi de 20 peus de Herschel que el seu fill John va utilitzar a Sud-Àfrica (Warner, 1979)), però que no està documentada per al de 25 peus. Tampoc no estan ben documentats el sistema de moviment lent horitzontal de la boca del tub o l'aparell de la distància polar, que hem reconstruït parcialment per aquesta raó i també per raons estètiques i d'espai.

El telescopi es va construir i muntar als Astilleros de Bermeo, els únics d'Espanya on encara es fan vaixells de fusta i fusteria de ribera. La fusta escollida va ser l'iroko, que té propietats mecàniques i elàstiques semblants al roure anglès original, que ja no es troba en peces tan grans. El ferro batut del tub, corrent fa dos-cents anys, ha estat substituït per acer. Allà es van revisar tots els elements (Figura 4), es van comprovar les maniobres principals (gir de l'estructura, moviment de la cadira, moviment de la galeria, etc.) i el telescopi hi va romandre muntat una bona temporada, cosa que va permetre veure si les llargues perxes de fusta i les bigues principals mantenien la seva forma. Mentrestant, a Madrid es construïa un nou pavelló, on la primavera de 2004 es va muntar el telescopi i es van fer les proves finals.

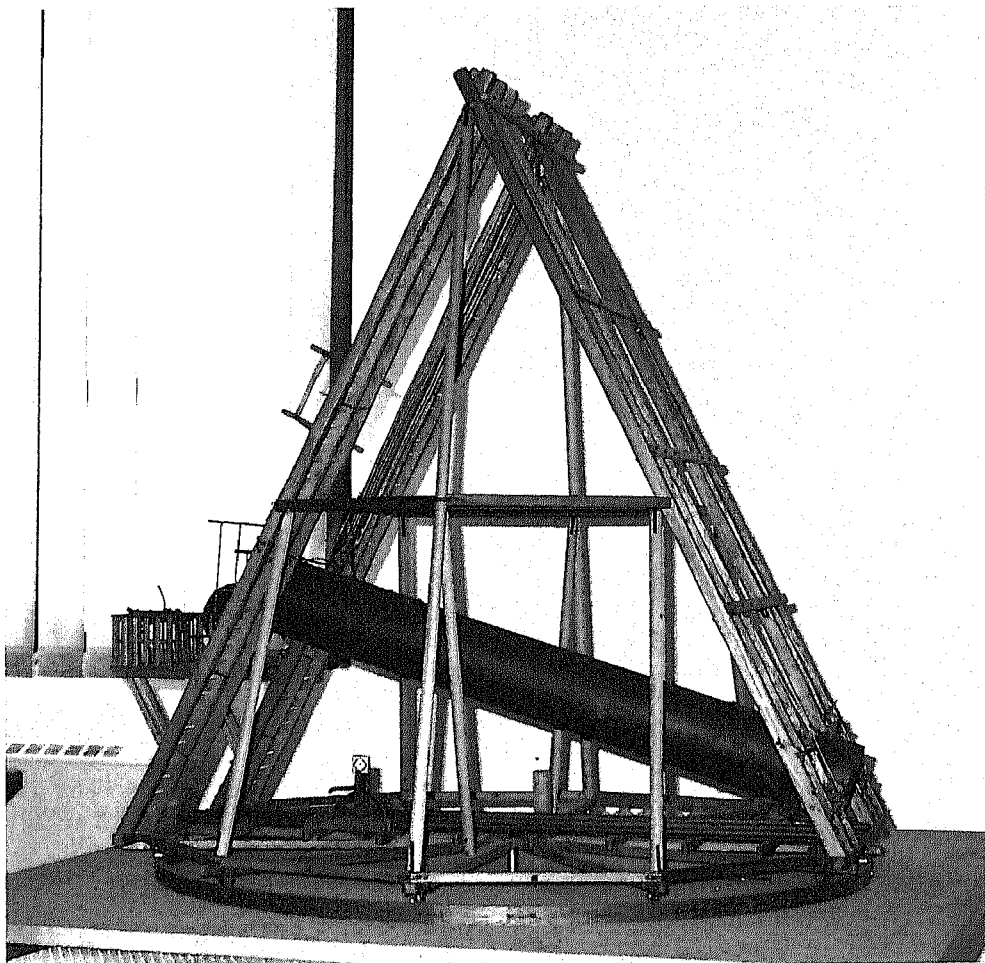


Figura 3. Maqueta a escala 1:10.

Reconstrucció del sistema òptic principal

El resultat de la reconstrucció de les parts mecàniques del telescopi fou tan excel·lent que ens vam plantejar la reconstrucció dels elements òptics del telescopi. La dificultat de trobar qui pogués reproduir els elements petits per un preu raonable va fer que ens decidíssim per reconstruir només el sistema principal, que era més viable. Primer vaig fer els càlculs del sistema òptic per preparar un plec de condicions tècniques detallat i es va fer un altre concurs públic, que va guanyar una empresa de mecànica de precisió d'Aranjuez. Ja en aquest moment havíem decidit que el mirall principal es fes de metall, com l'original, i no pas de vidre com els telescopis actuals. Però per raons de qualitat, de preu i de pes es va encarregar d'un aliatge d'alumini cobert d'un de níquel. Després de fer mesures sobre el telescopi

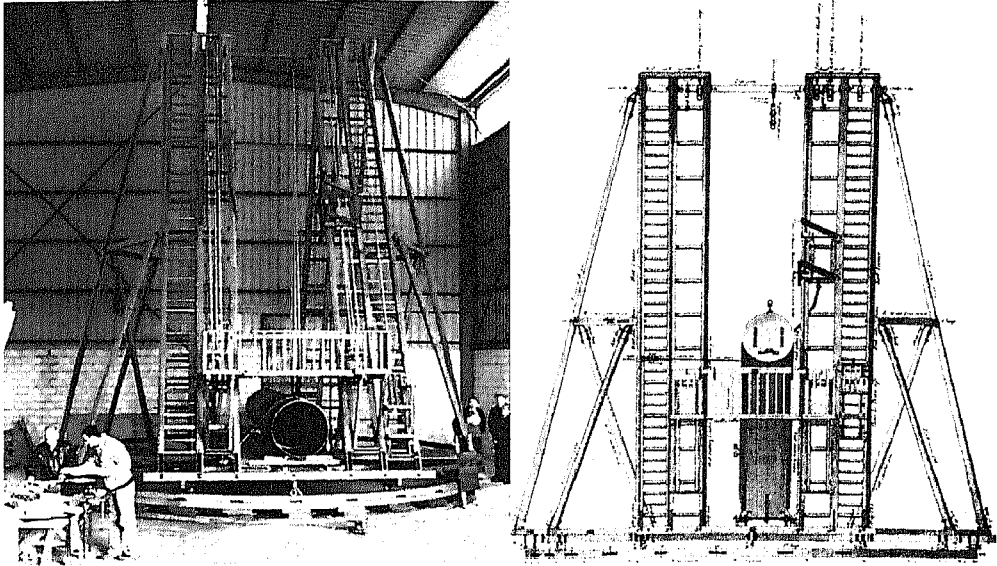


Figura 4. Revisió del telescopi a Bermeo, quan la seva construcció estava molt avançada. Es comparava cada peça amb la dels plànols originals.

construït (encara a Bermeo), l'empresa va fer un càlcul independent del sistema òptic i es van dissenyar amb detall el mirall i el sistema d'enfocament. No hi va haver dificultats de cap mena i el sistema construït es va instal·lar al telescopi el juliol de 2004. Per a la maniobra d'instal·lació del mirall es van seguir les pautes de la documentació original, excepte en l'alineament final del sistema òptic que es va fer amb un sistema de làser (Figura 5).

També es van construir tres oculars, de 8, 25 i 100 mm de focal. El primer és per obtenir uns 1.000 augments, de l'estil dels que Herschel acostumava a utilitzar, però excessiu en el lloc on ara està instal·lat el telescopi. El darrer ocular és equipupil·la, cosa que dona una imatge més brillant i un major camp visual. Així doncs, el telescopi està en condicions de ser utilitzat (amb les limitacions d'estar dins d'un pavelló) per reproduir les tècniques observacionals de Herschel (Figura 6).

Què hem après?

En tot el procés de reconstrucció i amb la posterior utilització del telescopi hem après coses sobre el telescopi, els plànols, els quaderns i les maniobres que no són als documents. El telescopi de 25 peus de Herschel era un instrument molt sofisticat. No hi ha cap perxa ni politja que hi sobri. S'aprofiten torns per més d'una tasca. Es poden fer moviments lents, amb precisió, i ràpids. I requereix molt poc personal per fer observacions, amb tres persones n'hi ha prou (l'astrònom, l'auxiliar que pren notes i un ajudant).

Els plànols són ideals, reflecteixen com havia d'haver estat: les rodes de la cadireta i de l'aparell de la distància polar poden xocar, les perxes són idealment rectes, etc. Tenen inconsistències: algunes mesures són lleugerament diferents en diferents plànols. Hi manca

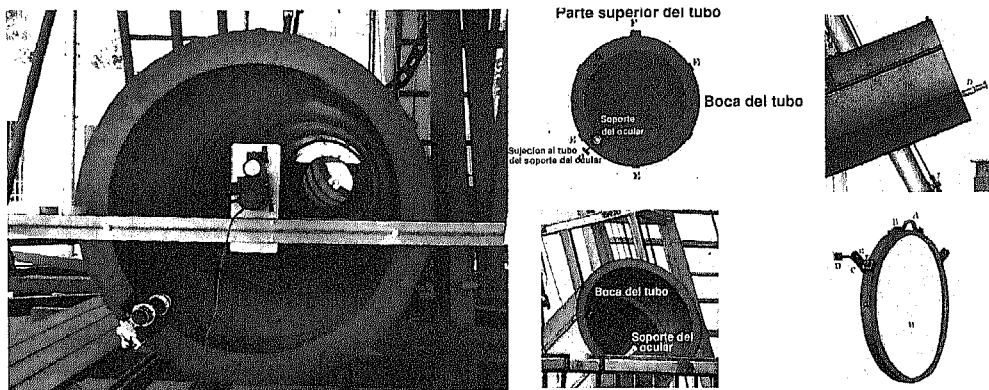


Figura 5. Alineament del sistema òptic. Al fons del tub hi ha el mirall metàl·lic de 61 cm de diàmetre; al centre de la boca del tub (l'eix òptic del telescopi) hi ha l'emissor làser, i al costat de la boca hi ha el sistema d'enfocament on s'ha d'instal·lar l'ocular.

informació: el cargol sense fi de la boca del tub i el suport i el sistema per enfocar el portoculars no estan detallats. Hi ha informació falsa: la tapa del telescopi no es pot penjar a la barana de la galeria, pesa massa. Hi ha errors: la galeria no està gaire ben recolzada i s'ha d'enganxar amb peces de metall, que estan dibuixades, però la seva llargada ha de ser més gran, ja que en certes maniobres es recolzen en els travessers i deixen la galeria lliure, amb el perill que caigui l'astrònom.

Els quaderns han estat molt necessaris, gairebé imprescindibles, per a la reconstrucció. Donen informació addicional als plànols, de vegades tan necessària com la descripció d'algunes peces o l'existència d'altres petites peces que no es veuen en els plànols.

Per primera vegada s'ha pogut provar com eren a la pràctica les maniobres amb els grans telescopis de Herschel que només coneixíem per les descripcions. Enlairar la boca del tub és difícil per a una persona sola, ja que pesa molt. Calen dues persones, però el torn està pensat perquè el faci anar una de sola i això dificulta la maniobra. Si es vol fer girar tota l'estructura (a mà, sense torn) es necessiten com a mínim quatre persones. La substitució del mirall és una maniobra senzilla quan aquest pesa menys de quaranta quilos, una persona l'aixeca. Però per un mirall que pesés tres o quatre vegades més, com era el cas de l'original de bronze, la maniobra devia ser perillosa i requeria uns quants ajudants.

Consells per reconstruir un gran telescopi vell

Poc després d'acabar la reconstrucció del telescopi de Herschel ja es van posar en contacte amb nosaltres uns alemanys interessats a reconstruir un telescopi de la mateixa època, construït per J. H. Schröter. Va ser un bon moment per fer balanç del nostre procés i enumerar els passos que s'han de seguir idealment per reconstruir un gran instrument científic, sigui un telescopi o un altre aparell, d'una època en què les tècniques i els materials eren força diferents dels actuals. El procés ve a ser aquest:

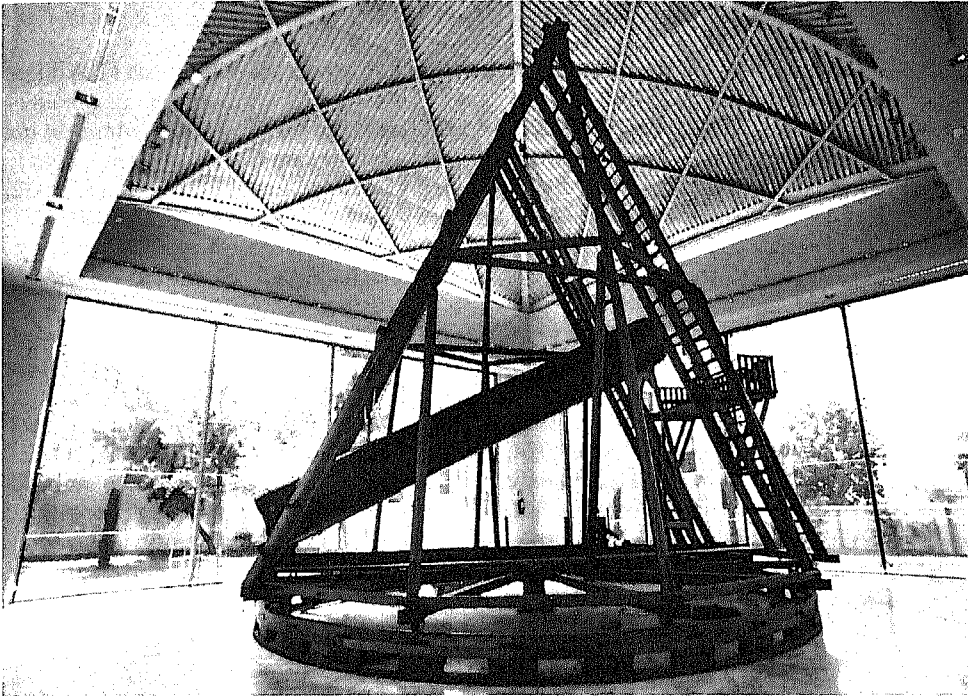


Figura 6. Aspecte del telescopi reconstruït instal·lat al seu pavelló de l'observatori.

- Buscar tota la informació possible, gràfica i textual, de l'instrument i també informació d'altres instruments semblants de l'època.
- Mirar d'entendre què és i com és cada peça.
- Fer un projecte de viabilitat acurat, sense deixar peces o maniobres no enteses.
- Decidir si es vol un telescopi/instrument operatiu o ornamental.
- Fer un pressupost realista.
- Pensar en el lloc on instal·lar-lo o construir aquest lloc. En aquest darrer cas, fer-ne un pressupost, ja que pot ser molt car, tant o més que l'instrument.
- Construir un model a escala: una maqueta funcional, amb tots els detalls.
- Fer un projecte constructiu, amb plànols, mides i detalls de cada peça, per petita que sigui.
- Buscar un fabricant adequat i assequible, millor si s'hi entusiasma i s'hi implica a fons. Convé que el seu taller sigui a prop: calen molts viatges per resoldre petits i grans dubtes.

Bibliografía

- BENNETT, J. A. (1976), «On the power of penetrating into space: the telescopes of William Herschel», *JHA*, VII, 75-108.
- GIL DE ZÁRATE, A. (1859), «Noticia histórica del Observatorio de Madrid». A: *Anuario del Real Observatorio de Madrid para 1860*, Madrid, Imprenta Nacional.
- HOSKIN, M. (2003), «Herschel's 40ft reflector: funding and functions», *JHA*, XXXIV, 1-32.
- HYSOM, E. J. (1996), «Tests of the shape of mirrors by Herschel», *JHA*, XXVII, 349-352.
- KING, H. C. (1955), *The history of the telescope*, Bucks (Anglaterra), Charles Griffin & cy.
- LÓPEZ ARROYO, M. (1978), *El gran telescopio de W. Herschel*, Madrid, Instituto Geográfico Nacional.
- LUBBOCK, C. A. (1933), *The Herschel chronicle*, Cambridge, University Press.
- PLANESAS, P. (2001), *Elementos ópticos del telescopio de Herschel de 25 pies del Observatorio Astronómico de Madrid*, Informe técnico OAN 2001-14.
- SPAIGHT, J. T. (2004), «For the good of astronomy: the manufacture, sale, and distant use of William Herschel's telescopes», *JHA*, XXXV, 45-69.
- TINOCO, J. (1951), «Apuntes para la historia del Observatorio de Madrid». A: *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1952*, Madrid, Instituto Geográfico Nacional.
- WARNER, B. (1979), «Sir John Herschel's description of his 20-foot reflector», *Vistas in Astronomy*, 23, 75-107.