

2020

# Medidor de espectros Gaertner

**SANTIAGO PAOLANTONIO**

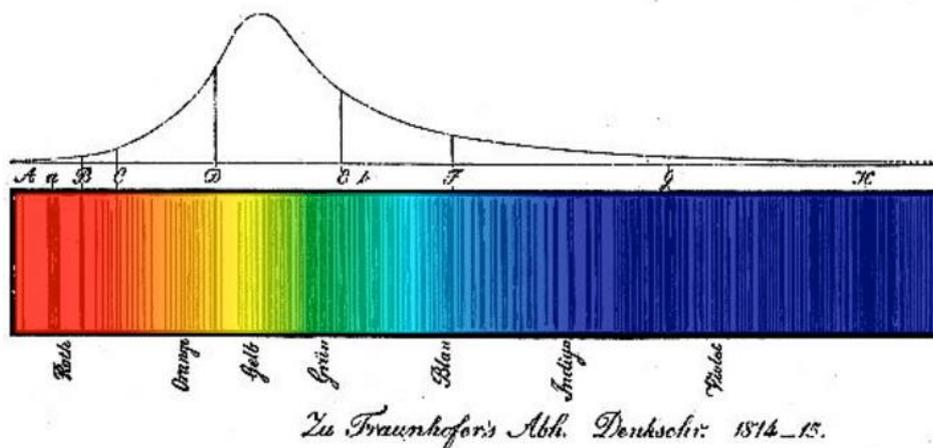


A lo largo del siglo XIX se desarrollaron progresivamente mayores y más precisos catálogos de las posiciones y el brillo de las estrellas accesibles a los telescopios de la época, tanto del hemisferio boreal como del austral. También, se avanzó sostenidamente en las determinaciones de sus movimientos propios (transversales a la visual) y se obtuvieron las primeras distancias estelares empleando la técnica de paralaje. Otro campo en el que se adelantó significativamente fue en el conocimiento del Sistema Solar.

Paralelamente, a inicios de la centuria decimonónica se establecieron las bases que permitiría conocer la composición química y las características físicas de los objetos celestes. Joseph von Fraunhofer (1787-1826), durante sus investigaciones sobre las propiedades de los vidrios y de diversos fenómenos ópticos, en 1814 descubrió en la luz solar descompuesta por un prisma de vidrio flint (de su fabricación) numerosas líneas oscuras. Registró 574 y a las que posteriormente logró determinar sus longitudes de onda. Para confirmar que las líneas eran un fenómeno relacionado con la luz y no producto del vidrio del prisma, efectuó pruebas utilizando redes de difracción, técnica que desarrolló. Los resultados de estas importantes investigaciones fueron expuestos en 1821.

Poco menos de medio siglo más tarde, Robert Bunsen (1811-1899) y Gustav R. Kirchhoff (1824-1887) realizaron investigaciones que permitieron comprender la naturaleza de las líneas observadas por Fraunhofer. Sus trabajos se vincularon con la luz emitida por las sustancias expuestas a la llama del mechero ideado por Bunsen, cuyo color era característico. Un ejemplo de esto es la luz amarilla que se genera cuando arrojamos sal al fuego. De este modo descubrieron que las líneas se correspondían con determinados elementos químicos, lo cuales debían estar presentes en el Sol.

Estos estudios permitieron el desarrollo de un método para determinar la composición y las condiciones físicas de los cuerpos celestes a partir de sus espectros.



1. Dibujo realizado por Joseph von Fraunhofer del espectro solar, en el que se aprecian las líneas oscuras que detectó (el original mide 40 cm y contiene 360 líneas). Identificó a las más prominentes con letras mayúsculas iniciando con la A desde la región roja, denominaciones que se han mantenido hasta la actualidad. Arriba, curva de sensibilidad del ojo humano según el color, también determinada por Fraunhofer.

En 1835 el célebre pensador francés Auguste Comte (1798-1857) afirmaba sobre los estudios de los cuerpos celestes que...

*“Nous concevons la possibilité de déterminer leurs formes, leurs distances, leurs grandeurs et leurs mouvements; tandis que nous ne saurions jamais étudier par aucun moyen leur composition chimique, ou leur structure minéralogique, et, à plus forte raison, la nature des corps organisés qui vivent à leur surface, etc.”*  
(Comte 1835; p. 8)

“Tenemos la posibilidad de determinar sus formas, sus distancias, sus tamaños y sus movimientos; mientras que jamás podremos estudiar de ninguna manera su composición química, o su estructura mineralógica, y, mucho menos, la naturaleza de los cuerpos organizados que viven en su superficie, etc.”  
(Traducción del autor)

*Los descubrimientos de Fraunhofer, Busen y Kirchhoff harían posible lo que parecía imposible.*

Contemporáneamente, Michel Faraday (1791-1867) y James Clerk Maxwell (1831-1879) avanzaron en la comprensión de la naturaleza de la luz, a partir del conocimiento de los fenómenos eléctricos y magnéticos. En la década de 1860, Maxwell publicó la que se conocería como “Teoría del Electromagnetismo”.

De este modo, quedaron establecidos los basamentos que permitieron el definitivo desarrollo de la Astrofísica, área de la astronomía que prevaleció a lo largo del siglo XX.

Sobre los primeros trabajos astrofísicos realizados en la República Argentina entre fines del siglo XIX y principios del siglo XX puede leerse:

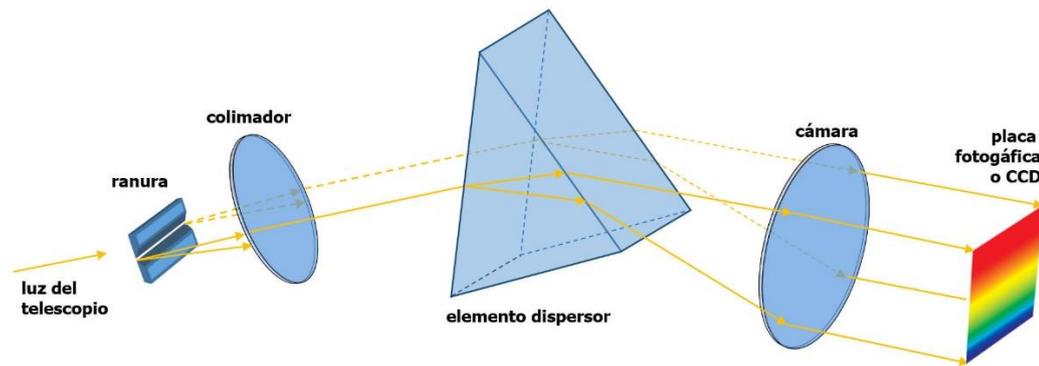
[“Los inicios de la astrofísica en Argentina”](#)

<https://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/astrofisicai/>

### *Espectroscopia*

La espectroscopia astronómica es una técnica desarrollada para el análisis del espectro de la radiación electromagnética recibida de los cuerpos celeste<sup>[1]</sup>. Por ejemplo, a partir de las posiciones y anchos de las líneas espectrales, sus características, así como la intensidad de la radiación recibida a determinadas longitudes de onda, es posible deducir los elementos químicos presentes en los astros observados, sus condiciones físicas y otros fenómenos relacionados.

Los instrumentos utilizados para obtener los espectros se denominan “espectroscopios”, los que a través del tiempo se desarrollaron con muy variados diseños. Como elemento



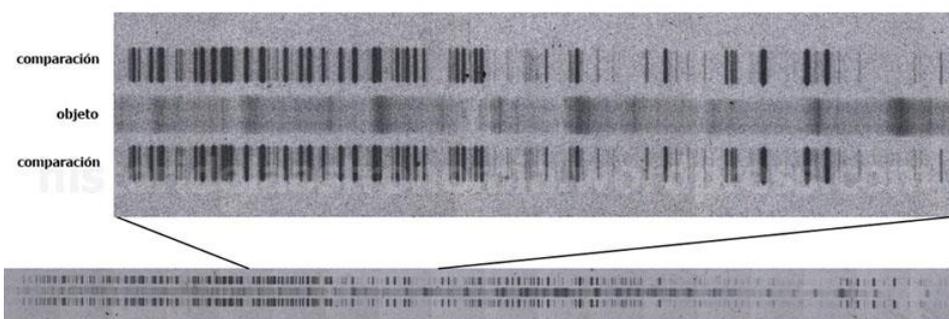
2. Esquema simplificado de un espectrógrafo con ranura. La ranura restringe la entrada de luz proveniente del telescopio, la cual es recogida por una lente (colimador) que la dirige en forma colimada (rayos paralelos entre sí) al elemento dispersor, consistente en uno o varios prismas, red o combinación de éstos. La luz dispersada es enfocada por otra lente (cámara) sobre el detector, inicialmente consistente en una placa fotográfica y actualmente en un dispositivo CCD (S. Paolantonio).

dispersor se utilizan prismas, redes o combinación de éstos, y como detector, en un inicio fue el ojo, el que a fines del siglo XIX fue reemplazado por las placas fotográficas, y un siglo más tarde por dispositivos electrónicos (estos dos últimos son denominados “espectrógrafos”).

Para poder identificar a qué elemento químico pertenece cierto conjunto de líneas del espectro del objeto estudiado (cada elemento genera varias líneas espectrales), es necesario determinar sus longitudes de ondas. Con este fin, la luz dispersada del objeto se compara con el espectro de uno o más elementos químicos. Cuando se empleaban placas fotográficas, estos “espectros de comparación” se imprimían en la misma placa, antes o después de expuesto el objeto, empleando la luz proveniente de una lámpara de descarga con una mezcla de gases (por ejemplo, Helio, Neón y Argón) o un arco voltaico (por ejemplo, con electrodos de hierro).

De este modo, a uno o ambos lados del espectro del astro investigado, se contaba con los de comparación, que mostraban líneas bien definidas, cuyas longitudes de ondas eran conocidas con gran precisión por haber sido determinadas oportunamente en un laboratorio (imagen 3).

Midiendo la posición de las líneas del espectro del objeto y del de comparación, por interpolación, es posible determinar sus longitudes de onda y deducir a partir de éstas a cuáles elementos químicos corresponden. También, por ejemplo, se puede obtener la velocidad con que el objeto se acerca o aleja de la Tierra (velocidad radial), y si el espectro tiene suficiente resolución, el ancho de las líneas y deducir la velocidad de rotación de una estrella.



3. Ejemplo de un espectro (de la estrella η (Eta) Carinae) obtenido en la Estación Astrofísica de Bosque Alegre con el [espectrógrafo “Gaviola”](#), en enero de 1951 por [Ricardo Platzeck](#). Se pueden apreciar a los lados del espectro de η Carinae los de comparación (*Espectro gentileza Gabriel Platzeck, digitalización Sofía Lacolla*).

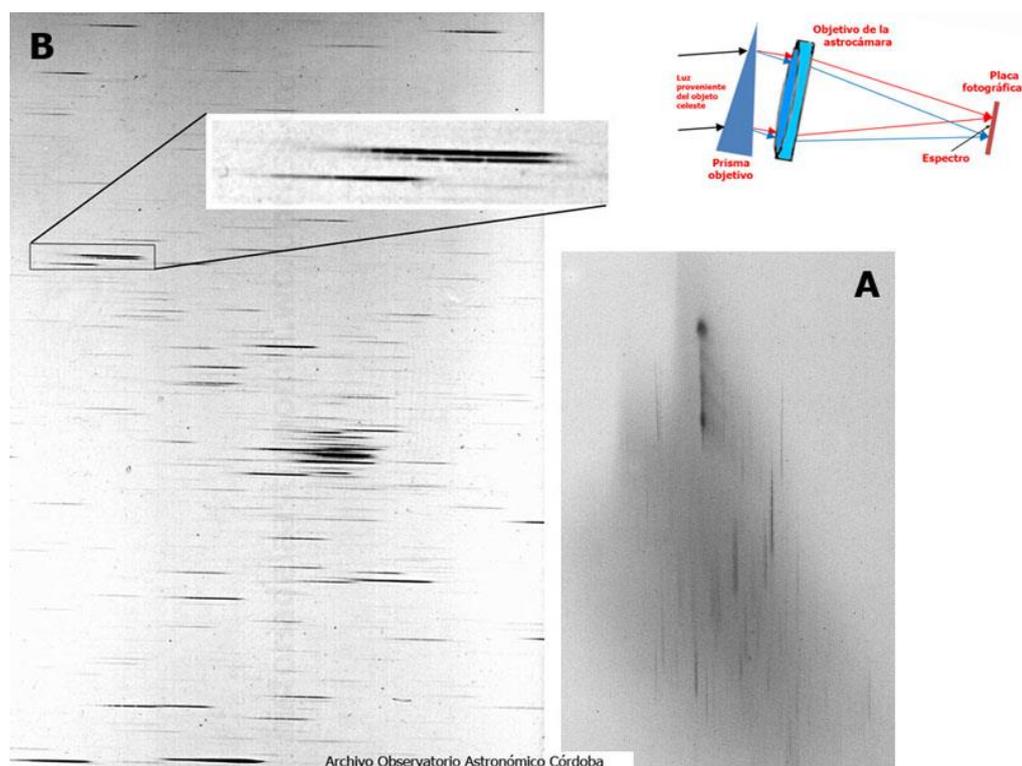
Para realizar estas mediciones de los espectros, se idearon diversos instrumentos específicos para este fin.

### *La espectroscopia en el Observatorio Nacional Argentino*

En el [Museo del Observatorio Astronómico](#) se conservan [tres espectroscopios](#) que se remontan a la época de la fundación de la institución, adquiridos entre 1870 y 1874. Todos empleaban como elemento dispersor prismas y el análisis de los espectros era visual. El [espectroscopio "Tauber"](#), destinado al estudio de protuberancias solares y el estelar [N° 1238](#) contaban con ranura, mientras que el pequeño ["Kahler"](#) no la poseía. A pesar que entre los objetivos fundacionales se incluían los estudios espectroscópicos y que se contaba con los instrumentos necesarios, no hay antecedentes de este tipo de observaciones durante el siglo XIX.

Los primeros registros de investigaciones espectroscópicas se ubican luego de la designación del Dr. [Charles D. Perrine](#) como director del observatorio. En 1910, se logran espectros del [cometa Halley](#) utilizando un prisma objetivo y la [astrocámara Saegmüller-Brashear](#).

Perrine incorporó efectivamente la astrofísica a las líneas de trabajo del Observatorio Nacional Argentino, adquirió el instrumental necesario y contrató al primer especialista en espectroscopia, el Dr. Sebastian Albrecht.



4. En el Observatorio Nacional Argentino, a partir de 1910 se comenzó a obtener espectros empleando un prisma objetivo en la [astrocámara Saegmüller-Brashear](#). Para este fin, se colocaba delante del objetivo de la cámara un prisma de vidrio Flint con un ángulo de  $12^\circ$  y 10 cm de diámetro, adquirido a la firma Alvan Clark. De este modo, de cada objeto incluido en el campo de visión de la cámara, se imprimía en la placa fotográfica su espectro. A. Espectro del [cometa Halley](#) del 5 de junio de 1910 obtenido con una exposición de 2 horas y 7 minutos. Fotografía de un cúmulo estelar realizada el 8 de marzo de 1918, exposición de 1 hora y 5 minutos. En los espectros del detalle, son claramente visibles las líneas de absorción (se presentan los negativos de las placas) (*Archivo Observatorio Astronómico de Córdoba*)

Por propia experiencia, adquirida durante su [trabajo en el Lick Observatory \(EE.UU.\)](#), Perrine era consciente que para este tipo de investigaciones se requería equipar al observatorio con telescopios de gran abertura. Efectivamente, la de por sí débil luz proveniente de los astros, al ser dispersada para su estudio, resulta aún menos intensa, por lo que era indispensable contar con instrumentos que captaran mucha luz, considerablemente mayores a los que en ese momento se disponía en la institución<sup>[2]</sup>.

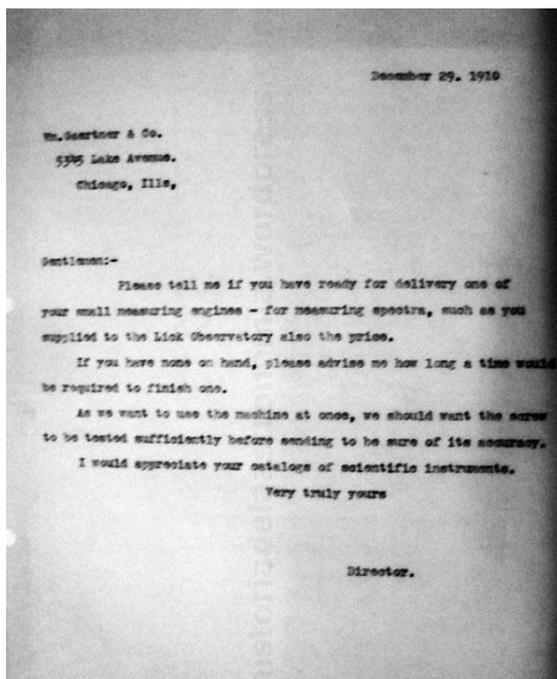
Por esta razón, gestiona y adquiere un telescopio [reflector de 1,5 metros de abertura](#), igual al mayor existente en ese momento en el mundo (Observatorio Monte Wilson, EE.UU.) y a la par se diseñó y fabricó en la institución un [reflector de 76 cm](#), que entra en funciones en 1918. Para estos instrumentos serían necesarios espectrógrafos, el destinado al de 1,5 metros quedó a la espera de su terminación<sup>[3]</sup>, mientras que uno pequeño fue fabricado para el de 76 cm.

A lo largo de la gestión de Perrine, y en particular con posterioridad, con E. Gaviola, J. Sahade y [L. Gratton](#) en la dirección, los estudios espectroscópicos (y fotométricos) se hicieron preponderantes en las investigaciones realizadas en el observatorio.

### *Medidor de espectros Gaertner*

También era necesario contar con aquellos instrumentos que permitirían analizar las placas fotográficas y espectros que se esperaban obtener, por lo que a partir de 1910 se adquieren un [estereocomparador](#) y un aparato para medir espectros a la casa Wm. Gaertner & Co..

El pedido de precios y condiciones para adquirir un “comparador” o “microscopio”, tal como se señala en distintos documentos al dispositivo para medir espectros, fue realizado el 29 de diciembre de 1910. En la misiva, Perrine consulta sobre un instrumento similar al que años antes había adquirido el Lick Observatory (aprox. 1900). El instrumento llegó a fines de 1911 a Buenos Aires en el buque “Ocean Prince” y a Córdoba a principios de 1912. En el informe al Ministro de 1912, el director menciona que se adquirió una máquina de medir, en referencia al “comparador” Gaertner. En el archivo documental del [Museo Astronómico del observatorio](#)



5. Solicitud de información de Perrine a la compañía Wm. Gaertner & Co. del 29 de diciembre de 1910. En la misiva, el director pregunta sobre la posibilidad de conseguir una máquina de medir espectros, similar a la existente en el Lick Observatory, y su precio. También indaga sobre el tiempo de fabricación si no se dispone de uno. Y finalmente solicita un catálogo (*Archivo Museo Astronómico, identificada y digitalizada S. Paolantonio*). Abajo, la máquina del Lick Observatory a la que se hace referencia en la misiva (*Historical Collections Project, Lick Observatory*).



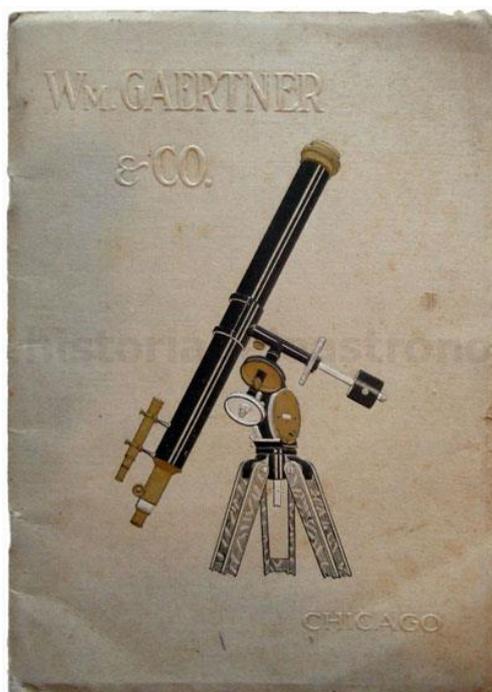
de Córdoba, existe un catálogo de la época, en el que se ofrece el instrumento bajo el nombre “Comparator, 80 mm. Range” (Comparador 80 mm de rango) con el código A1201, identificador que se mantiene en los distintos catálogos que ha sido posible consultar.

El medidor de espectro Gaertner fue utilizado en el observatorio de Córdoba en forma sostenida, y en particular se tienen referencias de su empleo desde la década de 1950 en adelante, hasta el advenimiento de los dispositivos electrónicos.

El instrumento fue diseñado para medir fotografías de espectros, redes, escalas u objetos que puedan enfocarse con el microscopio con que cuenta, para realizar mediciones rápidas con la mayor precisión posible. La idea general del aparato corresponde al astrónomo Edwin B. Frost (1866-1935) del Yerkes Observatory (del que fue director desde 1905) (Wm. Gaertner & Co. 1908, 21).

En el catálogo de 1908 (Wm. Gaertner & Co. 1908) con un diseño ligeramente diferente al existente en Córdoba y la denominación “Pequeño comparador”, pero con igual código (A1201), se especifica un costo de 175 dólares, valor probable con el que fue comprado por el Observatorio Nacional Argentino.

William Gaertner (1864-1948) nació en Alemania donde se educó y especializó en la fabricación de instrumentos. Se estableció en EE.UU. en 1889, y en 1896 fundó un pequeño taller en la ciudad de Chicago. Su primer nombre fue Wm. Gaertner & Company, el que cambió a The Gaertner Scientific Corporation en 1923. Fue un exitoso pionero en el ramo de la fabricación de aparatos científicos en EE.UU.. Rápidamente se hizo conocido, construyó instrumentos astronómicos para el Yerkes Observatory e interferómetros para Albert Michelson, y en poco tiempo comenzó a exportar. Llegó a fabricar espectrógrafos, espectrómetros, interferómetros, monocromadores, fotómetros, microscopios de medición y muchos otros dispositivos ópticos de alta precisión (O'Connor 1949).



ASTRONOMICAL  INSTRUMENTS



A1201

nickel-silver rim which is graduated in 500 parts. The full revolutions are read by means of a scale in front of the instrument. The bed plate is heavy, made of cast iron and the guides are carefully scraped true within 0.001 mm. The carriage has a movement of 80 mm., is made of gun metal and fitted exactly to the bearing; it is provided with a second carriage with 40 mm. motion. The extra carriage can be moved by hand and accurately set by means of a micrometer screw. The microscope is fitted with extra slide tube for variable magnifying power and is focused by rack and pinion. Illumination for transparent objects is given from below by means of a plane mirror. The instrument is mounted on heavy supports, set at an angle convenient for the observer.

Page Forty-two

6. Catálogo de Wm. Gaertner & Co. existente en el Observatorio Astronómico de Córdoba, tapa y página donde se promociona el “Comparador 80 mm de rango”, A1201. A partir de 1923 el taller cambió de nombre a Gaertner Scientific Corporation (Archivo Museo Astronómico, identificada y digitalizada S. Paolantonio).

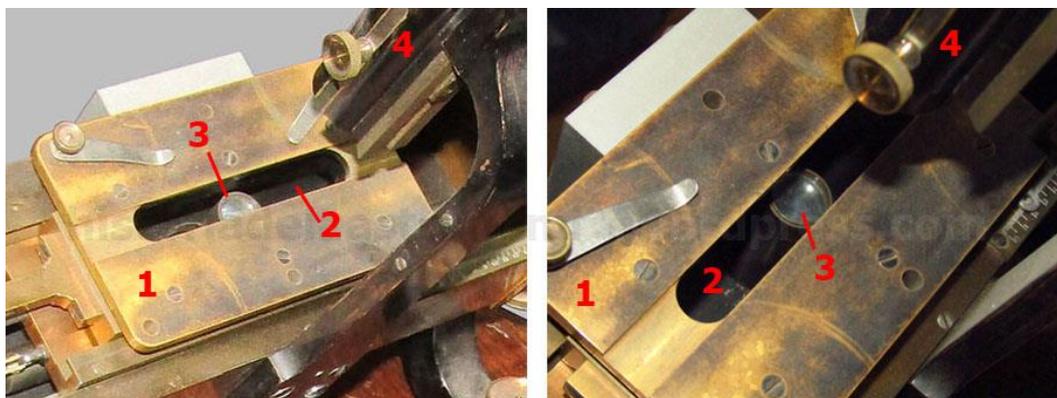


7. Medidor de espectros Gaertner del Observatorio Nacional Argentino. 1. Platina porta placa fotográfica, 2. microscopio, 3. tornillo de nivelación, 4. pesa (S. Paolantonio).

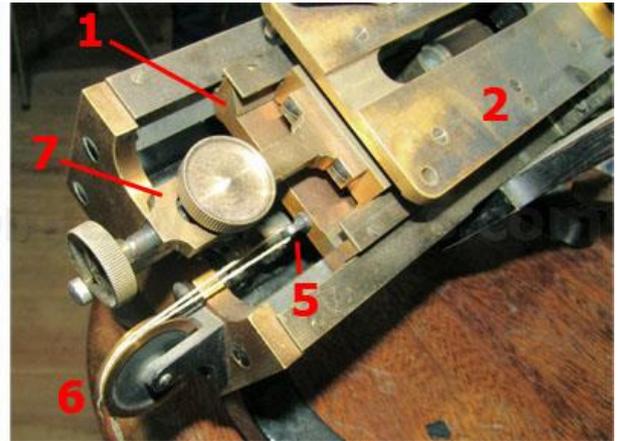
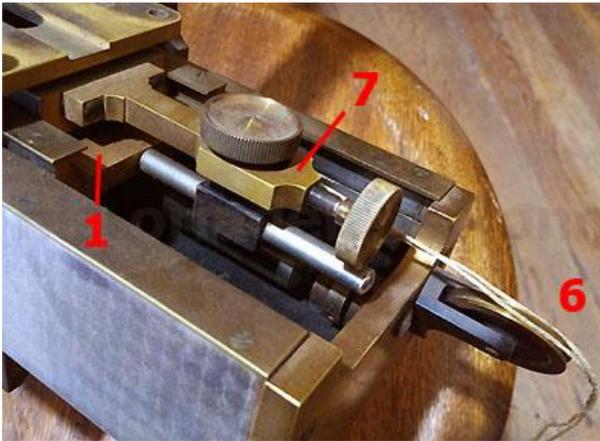
*Descripción del medidor Gaertner del Observatorio Nacional Argentino*

Este instrumento consta de una platina sobre la que se ubica la placa fotográfica y un microscopio para inspeccionarla. Cuenta con una pesada base de hierro fundido inclinada  $30^\circ$  para facilitar la medición al observador. Se apoya en cuatro puntos, uno de los cuales posee un tornillo nivelador. El conjunto tiene un tamaño general de unos 35 x 30 x 15 cm (imagen 7).

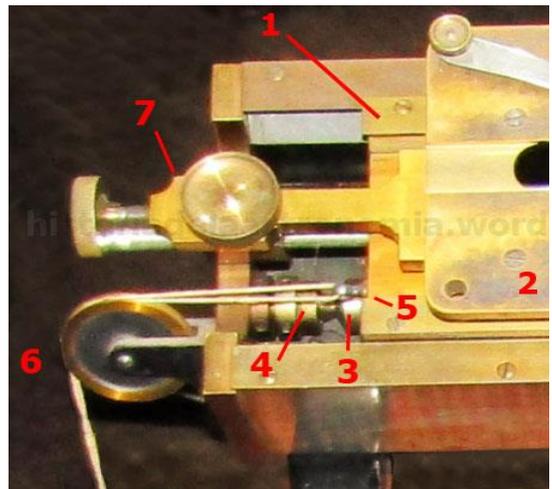
La platina de bronce, de 127 por 78 mm, está montada sobre un carro que se mueve con precisión por medio del giro de un tornillo micrométrico de 15 mm de diámetro y 0,5 mm de paso de rosca (Wm. Gaertner & Co. s/f; 41). Puede desplazarse 80 mm y con el propósito de minimizar los juegos de ajuste con el tornillo micrométrico, el carro se encuentra tensionado por medio de una pesa (4, imagen 7). Un segundo carro le otorga a la platina un movimiento adicional de 40 mm, que se logra mediante otro tornillo micrométrico (7, imagen 9).



8. Detalle de la platina (1) sobre la que se ubica la placa fotográfica con el espectro a analizar. A través de la ranura (2) [13 x 85 mm] se aprecia el final del sistema óptico (3) (detalle en las imágenes 12) con que se ilumina la placa desde abajo, para ser estudiada con el microscopio (4) (S. Paolantonio).

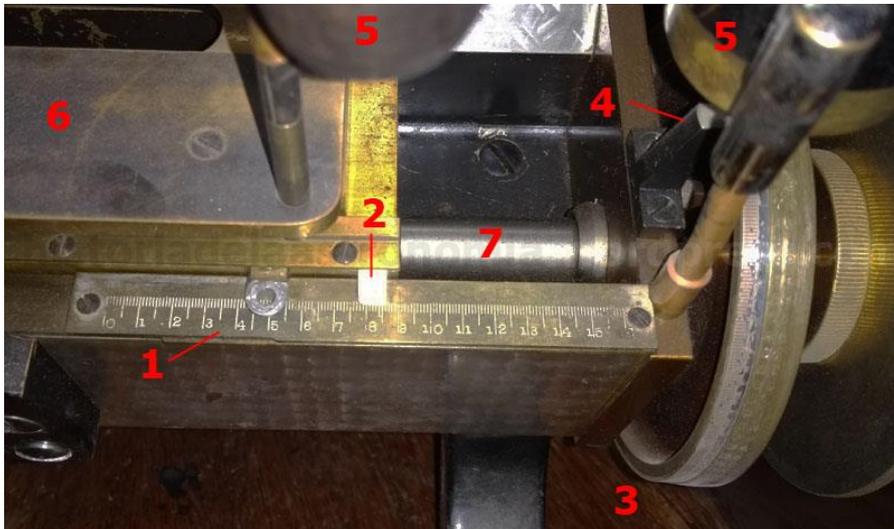


9. Detalle del movimiento del carro (1) de la platina (2). Se puede ver el extremo del tornillo micrométrico que mueve el carro (3) y el sistema que lo ajusta longitudinalmente (4). Para eliminar los juegos de ajuste de la rosca del tornillo, se utiliza una pesa, tomada de 5, cuyo hilo pasa por la polea 6. El conjunto 7 permite un segundo movimiento del carro con un recorrido adicional de 40 mm (S. Paolantonio).

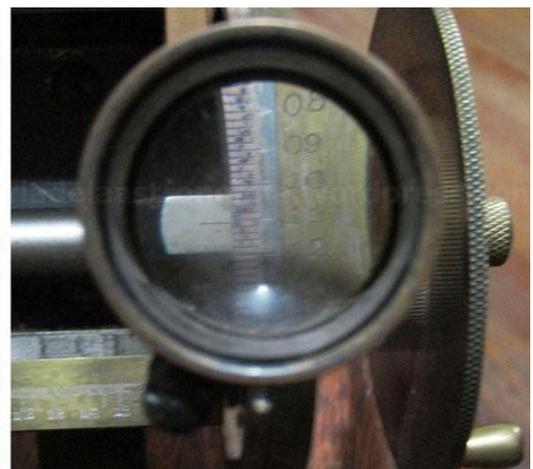


10. Dos vistas del microscopio Gaertner del Observatorio Nacional Argentino (sin el sistema de iluminación artificial mostrado en las imágenes 12). El microscopio no tiene montado el objetivo. El cuerpo mide 86 x 240 x 50 mm mientras que el conjunto general 35 x 30 x 15 cm aproximadamente (S. Paolantonio)

La posición de la placa se puede determinar con una precisión de 0,001 mm. En uno de sus extremos, el tornillo micrométrico cuenta con una rueda de 85 mm de diámetro que posee una escala de alpaca con 500 divisiones (100 marcas divididas en 5 partes). El número de vueltas del tornillo se controla con una escala lineal de 80 milímetros de largo, con 160 divisiones (0,5 mm por división), con 16 marcas subdivididas en 10 partes.

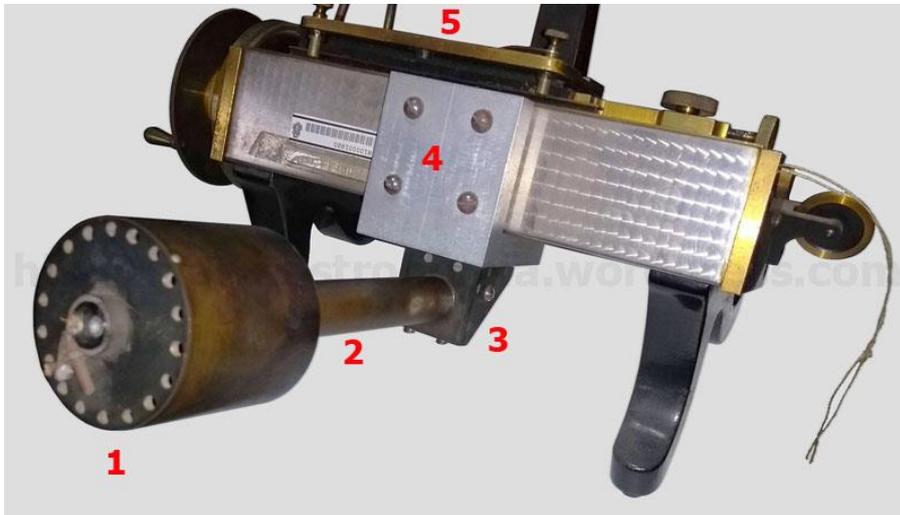


**11.** 1. escala que indica el número de giros de la rueda (3), de 80 mm y 160 divisiones. Cada giro mueve la platina porta placa (6) 0,5 mm, que es el paso del tornillo micrométrico (7). 2. índice de la escala. 3. rueda dividida en 500 partes y su índice (4). 5. Lupas que permiten la lectura de las escalas, detalladas en las imágenes siguiente (S. Paolantonio).

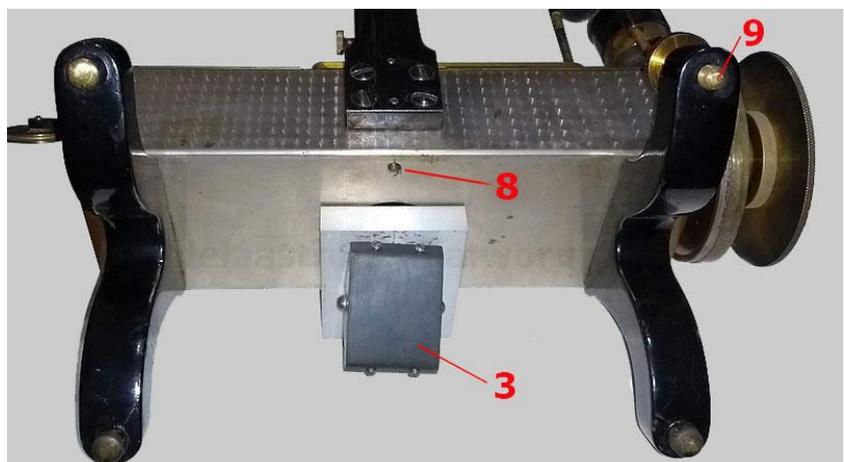
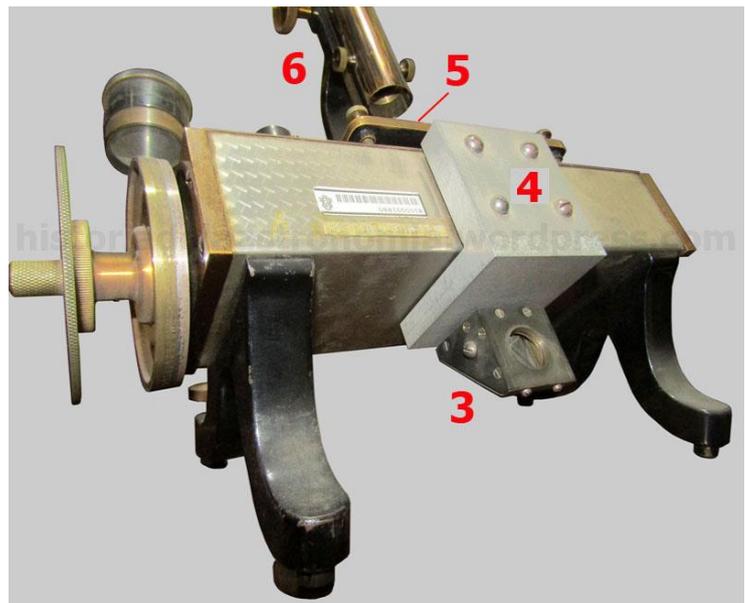


La manija (8) ubicada en una rueda con bordes moleteados, permite girar el tornillo micrométrico (7) que mueve el carro con la platina porta placa (9). El desplazamiento se mide con la rueda (3) (S. Paolantonio).

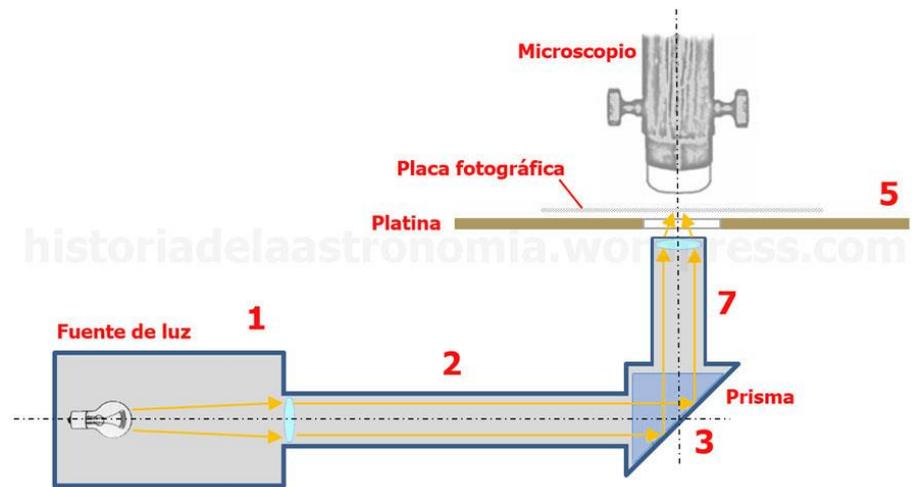
La placa fotográfica con el espectro, es iluminada desde abajo a través de una ranura de 13 x 85 mm practicada en la platina. Cuando se adquirió el microscopio, la iluminación de la placa fotográfica se realizaba por medio de un espejo, el que fue reemplazado (posiblemente a principios de la década de 1940) por un sistema de iluminación artificial, formado por una pequeña lámpara eléctrica, un sistema de lentes condensadoras y un prisma.



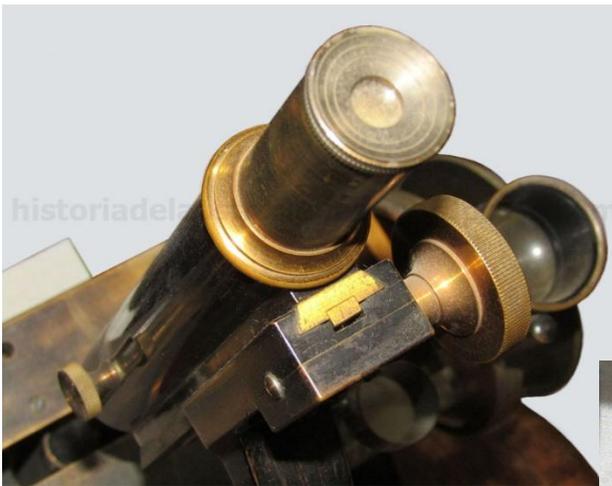
12. Sistema de iluminación de la placa fotográfica con el espectro a medir. 1. ubicación de la lámpara eléctrica, 2. sistema óptico condensador, 3. prisma que desvía la luz en dirección de la placa ubicada en la platina (5) siguiendo el eje del microscopio (6) (S. Paolantonio). Entre el prisma y la placa se encuentra otras lentes que completan el sistema (7) (D. Merlo). El conjunto está montado sobre la pieza 4 fabricada en aluminio. 8 señala el lugar donde se sostenía el espejo con el que originalmente estaba equipado el dispositivo para iluminar la placa. 9. tornillo nivelador (S. Paolantonio).



13. Esquema óptico simplificado de la iluminación de la placa fotográfica. Los números se corresponden con los de las imágenes 12 (S. Paolantonio).



El microscopio con el que se inspecciona los espectros, cuenta con objetivo intercambiable y un ocular tipo Ramsden, el que se enfoca por medio de cremallera y piñón. Un retículo en el plano focal del ocular permite definir la línea a medir (ver imagen 14). Su largo total es de unos 20 centímetros.



14. Detalle del ocular del microscopio, en el que se puede apreciar la perilla de enfoque (piñón-cremallera) con el ajuste tipo cola de milano. En el esquema el retículo del ocular (S. Paolantonio); y debajo de los objetivos (D. Merlo).

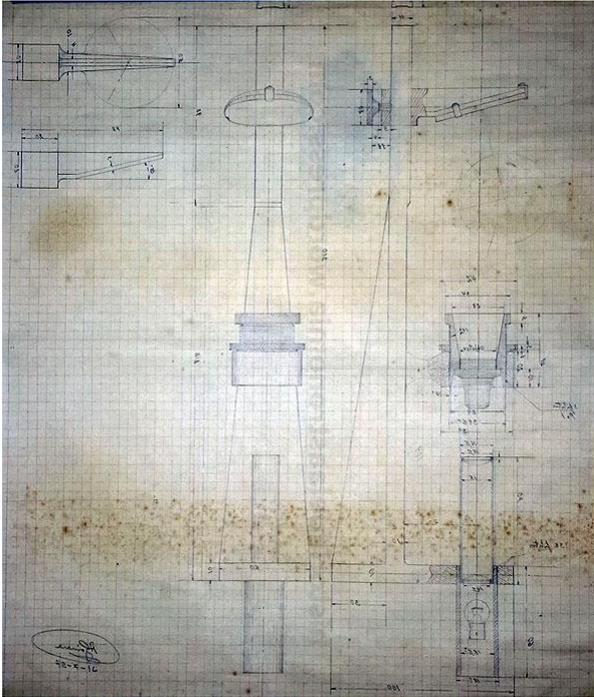


Fuera de las escalas y los tornillos que están con seguridad fabricados en milímetros, el instrumento en general parece haber sido construido con base en el sistema inglés de medidas, en pulgadas.

*Conversión del Gaertner a proyector*

En 1957, el [Dr. Livio Gratton](#), entonces director del observatorio astronómico, propuso la modificación del medidor Gaertner, para convertirlo en proyector, con el objeto de hacer más cómoda su utilización.

Ángel Gómara, del taller mecánico de la institución, realiza los croquis necesarios que termina a fines de julio de ese año. Posteriormente, se inicia la elaboración de las piezas necesarias.



15. Croquis de las piezas destinadas a convertir el medidor Gaertner a proyector, firmado por Ángel Gómara el 31 de julio de 1957 (*Museo Astronómico OAC, S. Paolantonio*).

16. Diversas piezas necesarias para convertir el medidor Gaertner a proyector, fabricadas en el observatorio en bronce. La pieza principal (1) cuenta con el soporte del objetivo (2), mientras que el espejo que desvía la luz a la pantalla se ubica en la parte superior (3) (*S. Paolantonio*).



17. Para la conversión a proyector, se reemplaza el microscopio por la pieza principal (1), que se ubica en lugar de la "L" de aluminio del sistema de iluminación (2) (*S. Paolantonio*).

**Agradecimientos:** al Dr. David Merlo, encargado del Museo Astronómico del Observatorio de la Universidad Nacional de Córdoba por la ayuda prestada.

**Notas:**

[1] El conocimiento que se tiene de los objetos celestes es producto, casi exclusivamente, del análisis de su radiación electromagnética. Del amplio espectro disponible, la luz (esto es la radiación electromagnética que es detectada por el ojo humano) fue la utilizada en el siglo XIX y gran parte del XX. A mediados del siglo XIX lentamente dieron comienzo las observaciones en la región infrarroja, y en el XX fue posible extender las investigaciones a las ondas de radio, y con los satélites artificiales, estudiar las radiaciones ultravioletas, X y gamma. Otra fuente de información disponible de los objetos celestes son los meteoritos y a finales de la década de los 1960 se contó con muestras de suelo lunar. Más recientemente, las investigaciones se extendieron a los rayos cósmicos y neutrinos, para llegar en la actualidad a la “nueva astronomía”, que estudia los cuerpos con las ondas gravitacionales.

[2] En 1910 el telescopio con mayor abertura era el [Astrográfico](#), con 33 cm de diámetro. También se disponía del [“Gran ecuatorial”](#) con un objetivo de 28,6 cm.

[3] A partir de la década de 1940 [se diseñaron, fabricaron y adquirieron diversos espectrógrafos](#) destinados al telescopio de 1,5 metros, que entró en funciones en 1942 en la Estación Astrofísica de Bosque Alegre.

**Referencias**

- Comte, A. (1835). Cours de philosophie positive. Tome 2. Paris: Au Siège de la Société Positiviste. Disponible en Google Libros, <https://books.google.com.ar/>. Consultado marzo 2020.
- O'Connor R. T. (1949). William Gaertner 1864 - 1948. Popular Astronomy, 57, 65-68.
- Wm. Gaertner & Co. (1908). Astronomical Instruments and Accesories. Catalog A. Disponible en <https://www.gutenberg.org/files/27477/27477-h/27477-h.htm>

Este documento, texto e imágenes, está protegido por la propiedad intelectual del autor. Puede hacerse libre uso del mismo siempre que se cite adecuadamente la fuente:

**Paolantonio, S. (2020). Medidor de espectros Gaertner. Disponible en <http://historiadelaastronomia.wordpress.com/documentos/gaertner/>. Recuperado el ... (indicar la fecha).**

No se autoriza el uso de la presente obra para fines comerciales y/o publicitarios. Ante cualquier duda dirigirse a: [paolantoniosantiago@gmail.com](mailto:paolantoniosantiago@gmail.com).