LLEVANDO LA SA100 AL SIGUIENTE NIVEL: CONSTRUCCIÓN DE UN ESPECTRÓGRAFO DE RENDIJA BASADO EN STAR ANALYSER PARA OBJETOS DÉBILES

Javier de Elías.

Quiero mostrar cómo podemos aprovechar una Star Analyzer SA100, una red de difracción sencilla y económica con la que muchos aficionados hemos empezado a hacer espectroscopía, para construir un instrumento capaz de observar objetos mucho más débiles. En lugar de comenzar por el diseño, prefiero presentar un resultado que ilustra las posibilidades de esta transformación.

El ejemplo es una supernova observada en 2026 en una galaxia situada a unos 50 millones de años luz. Su magnitud era aproximadamente 13,2. Obtuve su espectro desde mi domicilio en Majadahonda, en un entorno urbano con una contaminación lumínica extrema, próxima a Bortle 9. Con una Star Analyzer utilizada de la manera habitual, una observación de estas características sería extraordinariamente difícil.

El espectro permite reconocer una supernova de tipo Ia e identificar rasgos asociados a elementos como silicio, magnesio, hierro y azufre. También proporciona información sobre las elevadas velocidades de expansión del material expulsado durante la explosión termonuclear. Para mí, esta capacidad de extraer información física de objetos tan lejanos es uno de los grandes atractivos de la espectroscopía amateur.

El problema de utilizar una red sin rendija

La Star Analyzer es una red de difracción de baja resolución que se instala de forma semejante a un filtro. Su sencillez es una ventaja, pero cuando intentamos observar objetos débiles aparecen limitaciones importantes. En un campo estelar, los espectros de otras estrellas pueden superponerse al del objeto que nos interesa. A veces podemos evitarlo girando la orientación de la red, aunque eso obliga a revisar la configuración y no elimina el problema principal.

La dificultad fundamental es el fondo de cielo. Cada punto del campo produce su propia contribución espectral y, en una ciudad, la iluminación artificial puede dominar por completo la señal del objeto. En una exposición de 300 segundos de la supernova, el espectro era apenas una traza tenue entre numerosas bandas y líneas de contaminación lumínica. Algunas incluso podían confundirse con líneas de emisión del propio objeto.

La solución es incorporar una rendija. Esta limita la luz que entra en el instrumento y permite registrar, junto al espectro del objeto, el espectro del cielo en regiones de la rendija situadas por encima y por debajo. Al restar ese fondo podemos aislar mucho mejor la señal astronómica. La rendija también permite seleccionar regiones concretas de objetos extensos y utilizar lámparas de calibración, como las de neón o argón, para obtener una escala precisa de longitudes de onda. Después siguen siendo necesarias las correcciones de absorción atmosférica y respuesta instrumental, pero habremos eliminado una fuente decisiva de contaminación.

Diseño óptico: colimación, dispersión y enfoque

Una vez incorporada la rendija, no basta con situar detrás la Star Analyzer. Necesitamos una lente colimadora que transforme el haz convergente procedente del telescopio en un haz aproximadamente paralelo, una lente de enfoque que forme el espectro sobre el sensor y, opcionalmente, uno o dos prismas que desvíen el haz dispersado.

La colimación permite que la red trabaje en condiciones más favorables y que se ilumine una cantidad suficiente de sus líneas, un aspecto que influye en la resolución. En mi diseño utilizo un doblete colimador de una pulgada y 125 mm de distancia focal. Para la lente de enfoque he escogido 100 mm, atendiendo al tamaño del sensor y al aprovechamiento del campo. Son decisiones de compromiso: queremos suficiente rendimiento sin construir un instrumento excesivamente largo.

Los prismas sirven para desplazar el primer orden de difracción y centrarlo en el sensor. En esta configuración no necesitamos registrar simultáneamente el orden cero, como hacemos a menudo con una Star Analyzer convencional. He elegido prismas disponibles comercialmente, con un ángulo próximo a 3,88 grados, en lugar de fabricar piezas especiales.

Para desarrollar el diseño he utilizado un programa de simulación óptica, Zemax OpticStudio, que permite estudiar el enfoque, la resolución, el astigmatismo, la curvatura de campo y el cromatismo antes de construir el prototipo. La simulación no evita todos los ajustes prácticos, pero reduce considerablemente las pruebas y modificaciones necesarias.

Construcción y coste del instrumento

El planteamiento pretende ser asequible para un aficionado que ya disponga de una SA100. Como referencia, los dobletes utilizados cuestan alrededor de 85–90 euros cada uno y los prismas, unos 40 euros. La rendija puede ser el componente más costoso, aunque también es posible fabricarla artesanalmente; de hecho, existen soluciones con dos cuchillas de afeitar que permiten ajustar su anchura.



Figura 1. El instrumento montado

En el grupo de espectroscopía de la Agrupación Astronómica de Madrid estamos explorando diferentes realizaciones mecánicas. El instrumento puede construirse mediante impresión 3D o

mecanizarse en aluminio. Consta de un cuerpo para alojar la rendija y la lente colimadora, y otro para la lente de enfoque y el conjunto que contiene la red y los prismas. La orientación relativa de la red y la rendija se fija durante el montaje; una vez ensamblado, el ajuste habitual se reduce prácticamente al enfoque helicoidal.

El diseño puede montarse en línea recta o incorporar un espejo en el tramo colimado para plegar el recorrido óptico. Esta segunda opción resulta útil cuando la longitud del espectrógrafo supone un inconveniente, por ejemplo en determinados telescopios Newton. Para trabajar con objetos débiles utilizo una cámara astronómica refrigerada, porque necesitamos acumular señal durante exposiciones prolongadas.

Resultados y aplicaciones científicas

He probado el instrumento con un telescopio Celestron C11 y una cámara ASI 585. La resolución medida es de aproximadamente R = 285, superior a la que suele obtenerse con la SA100 en su configuración más sencilla. Esto se aprecia en la definición de las líneas de Balmer de estrellas de tipos espectrales A y B. También he registrado estrellas con líneas de emisión, como una estrella de Auriga de magnitud cercana a 7, con exposiciones de unos 120 segundos.

El ejemplo de la supernova es especialmente ilustrativo. La observación se realizó mediante quince exposiciones de 300 segundos, integradas posteriormente. El espectro permite identificar características compatibles con una supernova de tipo Ia y analizar las señales del material expulsado. Ismael Gómez colaboró en la interpretación de los datos. También hemos obtenido espectros de galaxias con los que medir corrimientos al rojo y abordar el estudio de sus núcleos activos.

No puedo establecer todavía con seguridad la magnitud límite del sistema. Considero razonable alcanzar alrededor de magnitud 15, pero las pruebas se han realizado bajo cielos muy contaminados y será necesario comprobar sus posibilidades desde emplazamientos mejores. Su principal virtud es la sencillez: apenas requiere ajustes de alineación y proporciona resultados reproducibles. Entre sus inconvenientes están la longitud del montaje y cierto cromatismo, que reduce la definición hacia los extremos azul y rojo del espectro.

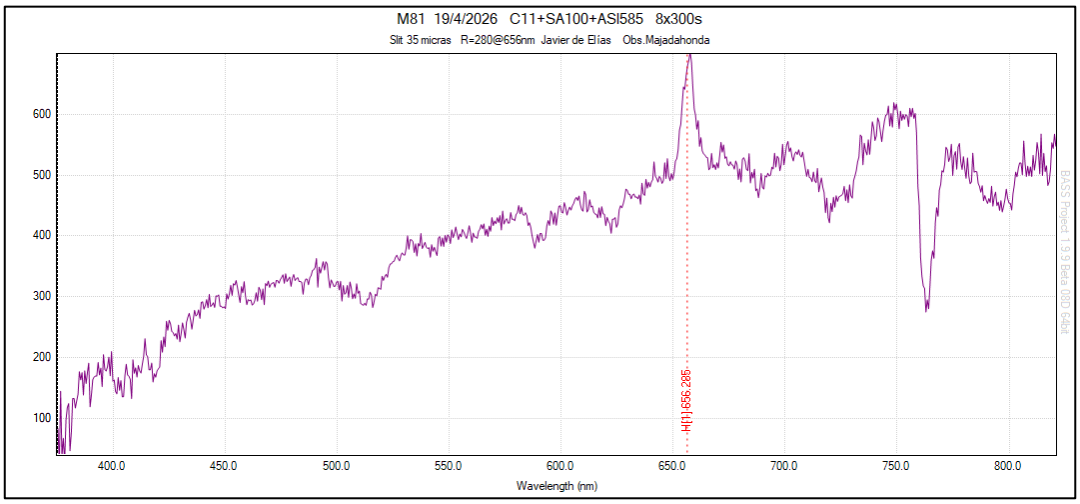

Figura 2. Núcleo de M81

Preguntas

¿Cómo se realiza el guiado para mantener el objeto dentro de la rendija?

He previsto que el soporte de la rendija tenga la inclinación y el espacio necesarios para incorporar un sistema de guiado. El diseño es compatible con el guiado del espectrógrafo Star'Ex, aunque también podemos fabricar uno propio. El guiado es imprescindible en objetos débiles: para la supernova, por ejemplo, realicé quince exposiciones de 300 segundos y tuve que mantener la estrella centrada en la rendija durante toda la secuencia.

¿Qué tipo de telescopio y qué abertura son adecuados para este espectrógrafo?

Prefiero los telescopios reflectores porque evitan los problemas cromáticos que pueden presentar los refractores, especialmente en el azul, aunque el instrumento también puede utilizarse con estos últimos. Lo he probado con un C11 a f/10 y el diseño es compatible con relaciones focales próximas a f/8. Para un sistema más rápido, como f/6, convendría recalcular las focales de las lentes. No hay una abertura obligatoria: una mayor abertura puede ser ventajosa bajo un buen cielo, pero el fondo luminoso también condiciona mucho el resultado. Creo que un C8 podría ofrecer prestaciones interesantes.

¿Están disponibles los diseños para quienes no pertenecen a la Agrupación Astronómica de Madrid?

Todavía no los hemos publicado en un repositorio, pero nuestra intención es compartirlos. He incluido mis datos de contacto al final de la presentación y podemos facilitarlos a quienes estén interesados en construir el instrumento. Precisamente uno de los objetivos del grupo es que otros aficionados puedan experimentar con sus propias versiones.

Si se parte de cero, ¿es mejor construir este sistema con una Star Analyzer o comprar un Star'Ex de baja resolución?

Si lo que buscas es un equipo comercial que puedas utilizar sin dedicar tiempo al diseño y a la construcción, probablemente te recomendaría un Star'Ex de baja resolución, aunque debo aclarar que no lo he probado personalmente. Mi propuesta responde a otro interés: reducir un escalón la resolución para ganar capacidad de observación de objetos débiles y, al mismo tiempo, disfrutar del diseño y la fabricación del instrumento. Creo que esta solución es muy estable y sencilla de poner en marcha, porque prácticamente no tiene elementos que alinear. Para quienes disfrutan construyendo sus propios equipos, es una opción muy atractiva.