

# Escuadra astronómica

Luis G. López<sup>1</sup>

Observatorio “Héctor Ottonello” — Colegio Nacional de Buenos Aires

<sup>1</sup>llopez@cnba.uba.ar

3 de noviembre de 2008

## Resumen

Se describe un instrumento de construcción sumamente sencilla y bajo costo que permite medir ángulos entre visuales, y con el que cualquier entusiasta puede emprender distintos trabajos que requieran ese tipo de mediciones: determinación de la separación angular entre dos astros, del movimiento aparente de un planeta con respecto a las estrellas, etc.

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Construcción</b>	<b>3</b>
<b>3. Posibles trabajos</b>	<b>5</b>
3.1. Medición de separaciones angulares . . . . .	5
3.2. Determinación del movimiento aparente de un planeta (o la Luna) . . . . .	5
3.2.1. Método estrictamente geométrico . . . . .	5
<b>4. Conclusiones</b>	<b>7</b>
<b>5. Contacto y referencias</b>	<b>8</b>
<b>A. Plantilla a tamaño real para el segmento perpendicular</b>	<b>8</b>

# 1. Introducción

A principios de este año, un alumno junto con una profesora de Historia me acercaron una inquietud: ¿Cómo es posible que los pueblos de la antigua mesopotamia asiática contaran con una desarrollada Astronomía, si el telescopio se inventó a principios del 1600 d.C.? Esta pregunta (como cualquier otra) esconde una afirmación: La Astronomía requiere telescopios. Tal suposición, por supuesto, es errónea, y constituye uno más de los malentendidos que rodean a la ciencia a la cual nos dedicamos (en mi caso, como docente). Ciertamente, tal vez no sea el más grave o profundo de los mismos, pero no debe ser del todo ineficaz para alejar de la práctica astronómica a más de un potencial aficionado, asustado por el orden de magnitud que pueden alcanzar los precios de los telescopios.

En el marco del año internacional de la Astronomía, con la intención de realizar un mínimo aporte, decidí recrear un instrumento introducido en Europa en el siglo XIV por el filósofo Levi ben Gershon (1288–1344)<sup>1</sup>[1]. Si bien en inglés hay consenso en cuanto a su nombre (*cross-staff*), en las referencias españolas recibe los más diversos: “vara de Jacob”, “palo de Jacob”, “cruz geométrica” e incluso “varilla de oro”[2]. Al encontrarla en un diccionario como “escuadra de agrimensor”[3], decidí que otra traducción posible era la que adopté para el título de este informe.

La escuadra astronómica consiste básicamente en una vara recta, a lo largo de la cual puede deslizarse un segmento perpendicular a la misma, formando ambos en todo momento una cruz —o si ubicamos el segmento exactamente en un extremo de la vara, una “T”. De esta forma, desde un extremo de la vara puede observarse cómo dicho segmento subtiende distintos ángulos en función de la distancia a la cual lo ubicamos con respecto al ojo que usamos para la observación. Si  $L$  es el largo del segmento y  $d$  la distancia que lo separa de nuestro ojo, el ángulo  $\alpha$  bajo el cual lo percibimos puede calcularse así:

$$\alpha = 2 \arctan \left( \frac{L}{2d} \right) \quad (1)$$

Para determinar la distancia angular entre dos puntos, entonces, sólo debemos apoyar un extremo de la vara contra una de nuestras mejillas, y apun-

---

<sup>1</sup>Se han descubierto recientemente descripciones de instrumentos muy semejantes en textos chinos e indios de los siglos XI y XII.

tando en la dirección media de los puntos en cuestión desplazar el segmento sobre la vara hasta que percibamos dichos puntos sobre los extremos opuestos del segmento. De la ubicación del mismo sobre la vara en ese momento y con la ecuación (1), obtenemos el valor del ángulo buscado.

## 2. Construcción

La sencillez del instrumento invita a las más diversas soluciones constructivas; en mi caso, me atuve a las sugerencias del Prof. I. L. Fischer[4].

### Vara

La vara debe presentar dos cualidades básicas: mantenerse rígida, y ser liviana (tengamos en cuenta que deberá ser sostenida y apuntando en la dirección deseada el tiempo necesario para realizar una medición). La madera (pino y cedro son las que encontré a mi disposición) se muestra apta con una sección de 2,5cm x 1cm. Su longitud no es necesario que exceda demasiado la del brazo extendido: salvo que contemos con un colaborador, deberemos ser nosotros quienes deslicemos el segmento perpendicular mientras observamos.

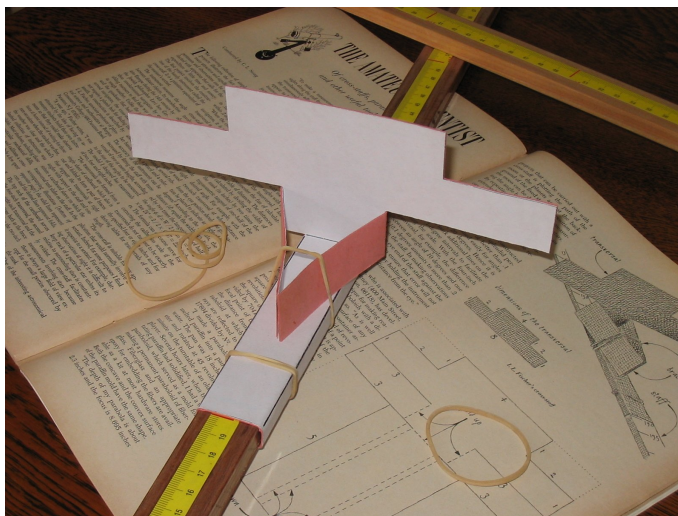


Figura 1: Escuadra astronómica

Para la gradación de la vara, a fin de realizar las lecturas, son muchas las soluciones posibles. En la que podemos apreciar en la figura 1, opté por

pegar una cinta de papel milimetrado que suelen regalar en un supermercado local, y colocar por encima *Contact* transparente para evitar en lo posible su deterioro.

También podemos: adquirir un metro rígido de modista; ir marcando sobre la vara desnuda las distintas posiciones que resulten de cada observación para medir luego esas distancias con una cinta métrica; crear una regla *ad-hoc* marcando los milímetros sobre la vara con tinta indeleble (son sólo aproximadamente 700 u 800 marcas...).

Una posibilidad interesante es realizar sobre la vara marcas correspondientes a las lecturas angulares directamente; de esta forma, evitaríamos el uso repetido de la ecuación (1), y obtendríamos *in situ* los valores que buscamos.

## Segmento perpendicular

Para el segmento usé cartulina y el diseño que se aprecia en el apéndice A.

Como puede comprobarse, el segmento en realidad son 3: cada uno de ellos subtiende un ángulo distinto a una misma distancia sobre la vara; con ello no sólo ganamos mayor rango de medición, sino la posibilidad de aprovechar —en la medida de lo posible— la región de mayor sensibilidad en la lectura, la cual se encuentra hacia el extremo más alejado del observador. Esto puede demostrarse fácilmente con las herramientas que nos brinda el análisis matemático, pero para convencer de este hecho a los alumnos que no las poseen, bastará analizar el cuadro 1.

distancia (cm)	ángulo (grados)
10,0	53,13
11,0	48,89
50,0	11,42
51,0	11,20

Cuadro 1: Valores angulares correspondientes a distintas distancias al ojo usando un segmento de 10cm.

En el mismo podemos comprobar que 1cm de diferencia a 10cm del ojo se traduce en una mayor diferencia angular que ese mismo centímetro a 50cm; esto significa que para obtener una división más “fina” de la escala angular,

debemos procurar medir distancias lineales lo más lejos que podamos del ojo. En otras palabras, nuestros centímetros “valen más” sobre el extremo alejado de la vara.

El ancho de los tres segmentos es, respectivamente, 5, 10 y 20 centímetros.

Como se aprecia en la figura 1, el segmento se sujeta a la vara con dos bandas elásticas, que permiten su deslizamiento a voluntad pero impiden que el mismo se produzca accidentalmente.

### **3. Posibles trabajos**

#### **3.1. Medición de separaciones angulares**

El más elemental de los trabajos posibles, y sobre el cual —de una forma u otra— se asientan los demás, consiste en determinar la distancia angular entre dos astros cualesquiera. Como introducción al uso de la escuadra astronómica, lo considero muy útil.

#### **3.2. Determinación del movimiento aparente de un planeta (o la Luna)**

Este trabajo es bastante más avanzado e interesante, admitiendo desde una aproximación puramente geométrica, hasta otras de complejidad creciente. Se trata de determinar, contra el fondo de estrellas “fijas”, el recorrido aparente que trazan los planetas (o la misma Luna) sobre el cielo.

##### **3.2.1. Método estrictamente geométrico**

Tomemos tres estrellas en las inmediaciones del planeta en cuestión<sup>2</sup>. No es necesario conocer sus nombres (aquí las llamaremos  $A$ ,  $B$  y  $C$ ) o coordenadas absolutas; sólo debemos medir con la escuadra astronómica las distancias angulares que presentan entre sí. Luego, sobre un papel y a una escala que consideremos apropiada, marcaremos donde lo deseemos un punto que corresponderá a la estrella  $A$ . Con un compás abierto una distancia proporcional (de acuerdo a la escala elegida) al ángulo que la separa en el cielo de la estrella  $B$  trazaremos un círculo con centro en  $A$ ; elegiremos

---

<sup>2</sup>Si bien en lo que sigue me referiré a planetas, es evidente que lo mismo puede ser aplicado a nuestro satélite natural.

cualquier punto de su circunferencia y lo marcamos como la estrella  $B$ . Ahora, con el compás abierto una distancia proporcional a la distancia de  $B$  a  $C$ , trazamos un círculo con centro en  $B$ , y con el compás abierto una distancia proporcional a la distancia de  $A$  a  $C$ , un círculo con centro en  $A$ . Estas dos últimas circunferencias se cortan en dos puntos: elegiremos cualquiera de ellos para indicar la estrella  $C$ . El resultado del proceso hasta aquí descrito puede verse en la figura 2.

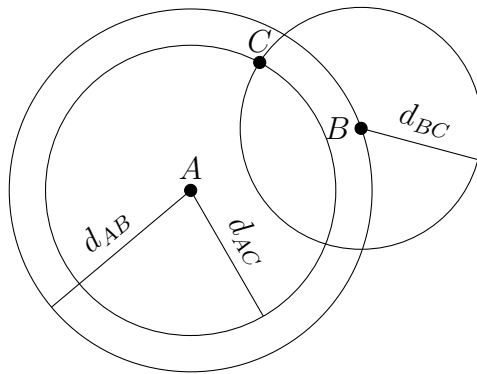


Figura 2: Determinación de las posiciones relativas de las estrellas del “fondo” estelar, en la que  $d_{XY}$  es la distancia entre las estrellas  $X$  e  $Y$ .

En este momento podemos borrar los círculos: tenemos representado sobre el papel nuestro “fondo” estelar sobre el cual obtendremos el movimiento aparente del planeta. Por supuesto, la orientación de las estrellas en el papel puede no coincidir con la que presentan en el cielo; incluso, puede resultar un reflejo especular del mismo (dependiendo, por ejemplo, de cual de los dos puntos posibles elegimos para representar a  $C$ ). Sin embargo, puede demostrarse que cualquier operación de translación, rotación o simetría no afectará a nuestra construcción del “fondo” estelar<sup>3</sup>, siempre y cuando seamos consistentes con nuestras mediciones, como veremos a continuación.

Para determinar el movimiento aparente del planeta, debemos medir — en días distintos — su posición relativa a las tres estrellas. Para eso medimos con la escuadra astronómica su distancia a cada una de las tres. Luego, abriendo el compás una distancia proporcional al ángulo que separa a la

<sup>3</sup>Considérese, por ejemplo, que el mapa de Argentina mantiene con fidelidad todas las distancias entre sus distintos puntos aun cuando lo desplazemos, rotemos o miremos en un espejo.

estrella  $A$  del planeta (siempre respetando la escala inicial), trazamos un círculo con centro en  $A$ , repitiendo lo propio con las estrellas  $B$  y  $C$ . Errores aparte, las tres circunferencias deben coincidir en un punto: la posición del planeta con respecto a las tres estrellas. Los círculos pueden ahora borrarse. Repitiendo este procedimiento varios días, los puntos así obtenidos marcarán la trayectoria buscada.

Una primera objeción a este método es que transfiere directamente a un plano mediciones hechas sobre una superficie esférica: la esfera celeste. Este tipo de proyección deforma inherentemente las medidas, por lo que este método se vuelve cada vez más ineficaz cuanto más grandes son las medidas angulares que manejemos<sup>4</sup>.

Por otra parte, este método (como cualquier otro) adolecerá de los inevitables errores experimentales: será muy improbable que en cada determinación de la ubicación del planeta las tres circunferencias correspondientes se intersequen en un punto. Los errores, además, ya se hallarán presentes en la determinación original de las posiciones relativas de las tres estrellas que forman nuestro “fondo”. No hay mejor solución —como siempre— que tomar la mayor cantidad posible de mediciones.

La ventaja principal de este método es su sencillez: aparte de la escuadra astronómica, requiere de papel y compás, por lo que su abordaje no debería ser difícil aun para astrónomos precoces.

## 4. Conclusiones

Son muchas las ventajas que encuentro en este instrumento, sobre todo en el contexto de la enseñanza. En primer lugar, y debido a su facilidad de construcción y costo mínimo, puede ser recreado por el propio alumno, lo cual propicia una relación especial hacia el instrumento, que difícilmente surja con un aparato propiedad de la escuela; el compromiso —y, por qué no, el orgullo— involucrados en el trabajo y la observación no son los mismos.

Otra ventaja que considero importante con respecto a la experiencia observacional también es de índole psicológica: las mediciones que se realizan con la escuadra son “directas”, en el sentido de que nada se interpone entre la luz estelar y el observador; hay un sentido de “inmediatez” muy grande

---

<sup>4</sup>Por supuesto, es posible corregir dichas desviaciones con métodos propios del cartógrafo y el navegante, que conviven con el problema de manejar distancias esféricas sobre un plano.

con respecto a lo que se mide: es prácticamente una observación a ojo desnudo, apenas “sofisticada” con la asistencia de un instrumento elemental, que entiendo que se pierde un poco mirando a través de un telescopio —y mucho más en el monitor de una computadora que baja por internet una imagen CCD obtenida con un telescopio manejado robóticamente desde otro continente.

Este instrumento permite, además, realizar trabajos sencillos —como el descrito en 3.2.1— y otros más sofisticados, que aborden técnicas cartográficas, y su vinculación con temas de navegación, etc. También alienta a abrir un estudio histórico de los instrumentos previos al telescopio, que son muchos más que los que yo mismo imaginaba antes de investigar para este pequeño informe.

## 5. Contacto y referencias

Los interesados en las posibilidades observacionales y educativas de este instrumento pueden comunicarse con el autor —que espera gustoso comentarios y sugerencias— en el Observatorio del Colegio Nacional de Buenos Aires (Bolívar 263), telefónicamente al 4331-0734 (int. 205), o por correo electrónico en [llopez@cnba.uba.ar](mailto:llopez@cnba.uba.ar).

## Referencias

- [1] *The Cambridge illustrated history of astronomy*, editado por Michael Hoskin, Cambridge University Press, 1997.
- [2] Wikipedia ([http://es.wikipedia.org/wiki/Vara\\_de\\_Jacob](http://es.wikipedia.org/wiki/Vara_de_Jacob)).
- [3] Arturo Cuyás, *Diccionario revisado inglés-español y español-inglés de Appleton*, Appleton-Century-Crofts, Inc., 1953.
- [4] C. L. Stong, *The Amateur Scientist*, en *Scientific American*, vol. 231, n° 5, pp. 126-127, Noviembre 1974.

## A. Plantilla a tamaño real para el segmento perpendicular



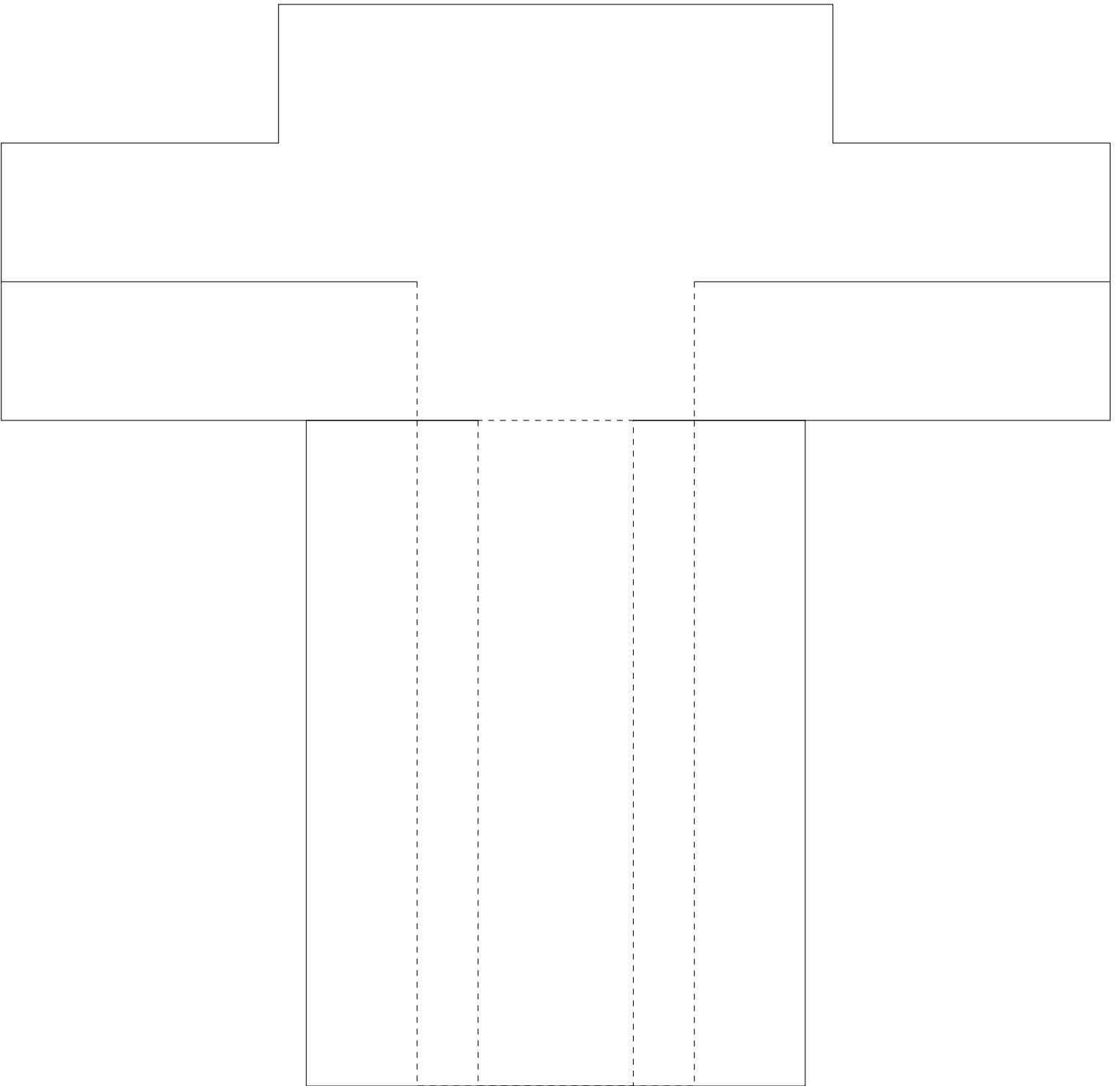


Figura 3: Plantilla para el segmento perpendicular. Debe cortarse por las líneas continuas, y plegarse por las otras.