

CONSTRUCCIÓN DE UN RELOJ SOLAR ANALEMÁTICO

José Ma. Gómez – NASE, Paraguay
Sergio García- Colegio NN.UU, Paraguay

Introducción

El proyecto consiste en la **construcción de un reloj Solar analemático**. Esto podrá ser llevado a cabo mediante la realización de cálculos astronómicos que tienen en cuenta la latitud del lugar, así como la declinación del sol para los distintos meses del año, además de agregar una placa explicativa sobre el modo de uso del reloj, que permita una fácil lectura de la hora por parte de cualquier estudiante o visitante.

Los beneficios esperados son:

- Contar con un espacio físico que complemente el atractivo educativo del lugar, ya sea este una plaza o institución educativa.
- Posibilitar a los estudiantes, visitantes y al público en general, contar con un reloj analemático como un medio educativo, de vínculo con la ciencia y la naturaleza, para llevar a cabo la medición de la hora en forma natural y fácil.
- Fomentar el interés de los jóvenes y ciudadanos en general hacia la Ciencia.
- Generar un espacio para la expresión artística representativa de aspectos socio-culturales de una comunidad educativa.
- Fomentar la combinación del ingenio humano con las maravillas de la naturaleza a fin de lograr, la convivencia armónica con ella.



Ilustración artística, Reloj Solar FP-UNA

Contenido: Como construir un reloj solar analemático

A) Procedimiento.

Parte A.1

- 1- Encontrar la dirección Norte- Sur

Para ello se utilizó una brújula que, colocada sobre una lámina de papel (fijada a su vez en el piso con cintas adhesivas), se marca la dirección del Norte magnético y se realiza la corrección de Declinación de -14 grados (Para San Lorenzo-Py) con lo cual se halla el Norte geográfico. Luego se marca sobre esta dirección la línea N-S con una regla suficientemente larga.



- 2- Marcar la línea Este- Oeste perpendicular a la línea Norte- Sur.



3- El eje mayor de la elipse estará en la dirección este- oeste y el eje menor en la dirección Norte- Sur, $M = 3,5m$ (Semi-eje mayor) y m (Semi-eje menor).

4- Calcular el Semi-eje menor

$$m = M \cdot \sin \Phi$$

Donde Φ es latitud de San Lorenzo (Observatorio): $-25^{\circ}20'10.1''$

$$m = 3,5 \sin -25^{\circ}20'10.1''$$

$$m = 1,49m = 149cm$$

Estas dimensiones fueron elegidas de forma a tener mayor impacto visual, sin embargo, con este reloj se requiere que una persona de estatura media deba extender un brazo verticalmente de forma a facilitar la lectura de la hora (Para la elección de las dimensiones consultar referencia [2]).

5- La distancia del punto horario desde el origen a lo largo de la línea este-oeste está dada por.

$$X = M \cdot \sin \Theta$$

La distancia del punto horario a lo largo del punto norte- sur está dada por:

$$Y = m \cos(t) = M \sin \Phi \cos \Theta,$$

donde Θ = ángulo horario.

6- Considerar la simetría a la hora de dibujar los puntos horarios en la elipse.

Tabla 1. Puntos horarios en la elipse para San Lorenzo (M=3,5m).

$X = M \sin(\Theta)(m)$	$Y = M \sin(\varphi) \cos(\Theta)(m)$	$\Theta(\text{Deg})$	HORA am	HORA pm
3,49999936	-0,000904604	90	6	18
3,38119567	0,387111849	75	7	17
3,03179295	0,748727104	60	8	16
2,47562063	1,059278842	45	9	15
1,75060989	1,2975873	30	10	14
0,9062068	1,447399735	15	11	13
0	1,498498875	0	12	12

Parte A.2

1- Dibujar la escala de fechas

$$Z = M \times \tan(d) \times \cos(\Phi)$$

donde; z: es la posición de la persona

d: declinación

Φ : latitud

Tabla 2. Declinación del sol.

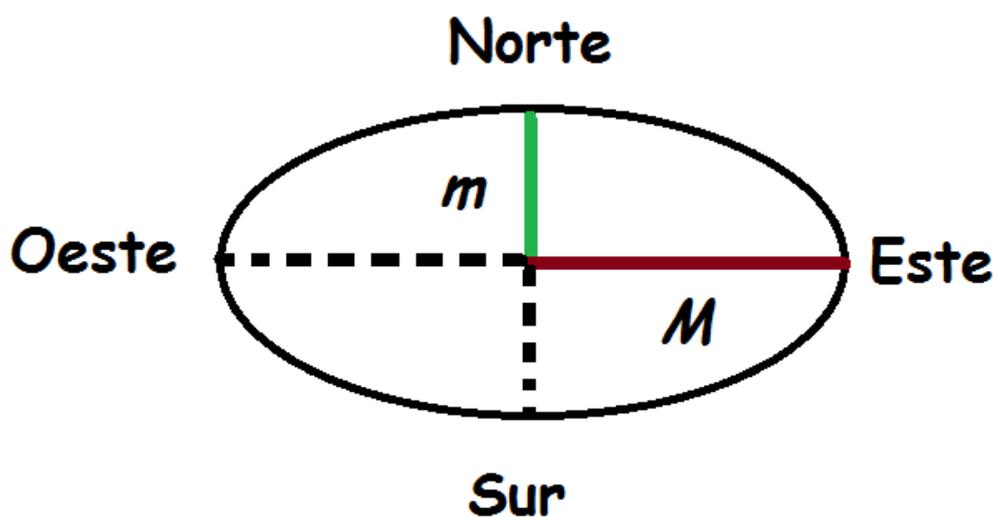
Mes	d (declinación)	Mes	d (declinación)
1ºenero	-23,13	1º julio	23,00
1ºfebrero	-17,30	1ºagosto	18,00
1ºmarzo	-8,00	1ºsetiembre	8,50
21 marzo	0	21setiembre	-2,90
1ºabril	4,25	1ºoctubre	-14,00
1ºmayo	15,00	1ºnoviembre	-21,70
1ºjunio	22,00	1ºdiciembre	-23,44
21 junio	23,44	21diciembre	-23

Tabla 3. Escala de fechas.

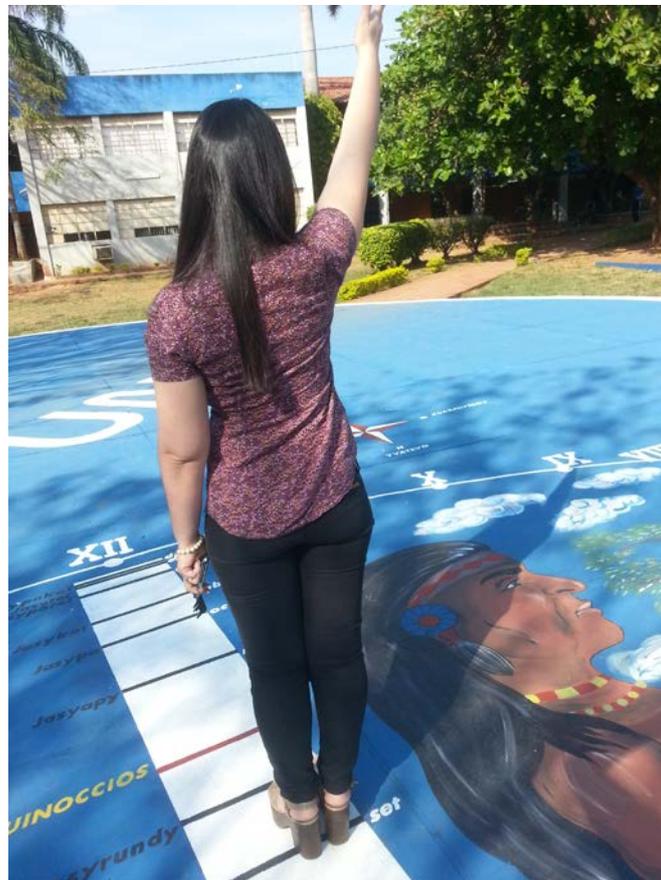
Fecha	Declinación	Z
01-ene	-23,13	-1,35166743
01-feb	-17,3	-0,9855641
01-mar	-8	-0,44470223
21-mar	0	0
01-abr	4,25	0,23514137
01-may	15	0,84786151
01-jun	22	1,27847358
21-jun	23,44	1,37196099
01-jul	23	1,34318521
01-ago	18	1,02813973

01-sep	8,5	0,47289628
21-sep	-2,9	-0,16029181
01-oct	-14	-0,78893729
01-nov	-21,7	-1,25923962
01-dic	-23,44	-1,37196099
21-dic	-23,44	-1,37196099

B) Esquema simplificado.



C) Reloj en funcionamiento.



Aspecto general del Reloj terminado.



D) Texto para placa instructiva (Modo de uso).



Alternativa(ejemplo).



Logrado (Bajo costo).

1. Pararse en postura recta sobre la línea que indica los meses (escala de fechas) de acuerdo al mes que corresponda al día de hoy.
2. Cada línea corresponde al primero de cada mes, por lo tanto, para una fecha cercana al mes posterior, ubicarse en la línea del mes siguiente. Ej: para el 25 de octubre, ubicarse ya en la línea de noviembre.
3. Observar la hora indicada (en los puntos horarios) proyectada por su sombra.

Ajustes de tiempo [1].

1. Para el horario de verano, sumar una hora, a la lectura del reloj solar
2. Realizar la lectura en la siguiente tabla, correspondiente a la fecha de hoy:

días	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	+3.4	+13.6	+12.5	+4.1	-2.9	-2.4	+3.6	+6.3	+0.2	-10.1	-16.4	-11.2
6	+5.7	+5.1	+11.2	+2.6	-3.4	-1.6	+4.5	+5.9	-1.5	-11.7	-16.4	-9.2
11	+7.8	+7.3	+10.2	+1.2	-3.7	-0.6	+5.3	+5.2	-3.2	-13.1	-16.0	-7.0
16	+9.7	+9.2	+8.9	-0.1	-3.8	+0.4	+5.9	+4.3	-4.9	-14.3	-15.3	-4.6
21	+11.2	+13.8	+7.4	-1.2	-3.6	+1.5	+6.3	+3.2	-6.7	-15.3	-14.3	-2.2
26	+12.5	+13.1	+5.9	-2.2	-3.2	+2.6	+6.4	+1.9	-8.5	-15.9	-12.9	+0.3
31	+13.4		+4.4		-2.5		+6.3	+0.5		-16.3		+2.8

Esto indicará la diferencia en *minutos*, entre el “tiempo solar real” (la hora que se ha leído) y el “tiempo solar medio” (hora de pulsera), debido a la ley de las áreas de Kepler, que establece que la velocidad aparente del sol no es constante para todos los días del año.

3. Restar 11,3 minutos a la hora indicada por el reloj solar analemático.

Para hacer el ajuste de longitud hay que conocer la longitud local de la Ciudad de San Lorenzo ($-57^{\circ}10'22''$) y la longitud del meridiano "Standard" de su zona horaria (-60), por tanto, hay una diferencia de 2.83° y ello implica que en este caso deberás restar 11,3min a la hora indicada por el reloj de sol. (1 grado = 4 minutos de tiempo).

E) Glosario de términos.

Declinación: Distancia angular de un astro al ecuador celeste.

Equinoccio: Momento del año en que el Sol está situado en el plano del ecuador celeste (20 o 21 de marzo y 22 o 23 de septiembre).

Solsticios: son los momentos del año en los que el sol alcanza su mayor o menor altura en el cielo (máxima declinación sur $-23^{\circ}27'$ y máxima declinación norte $+23^{\circ}27'$ respectivamente).

Ocurre entre 20 o 21 de Diciembre (max dec sur) y entre el 21 o 22 de junio (max dec norte) de cada año.

Analemático: del término *Analema* que es la curva que describe la posición del Sol en el cielo si todos los días del año se lo observa a la misma hora del día y desde el mismo lugar de observación y está relacionado con la variación de la declinación y con la ecuación del tiempo.

Ecuación del tiempo: es la diferencia entre el tiempo solar medio (medido generalmente por un reloj de pulsera y el tiempo solar aparente (tiempo medido por un reloj de sol) ver la tabla de arriba.

BIBLIOGRAFÍA

- HORIZONTE LOCAL Y RELOJES DE SOL. Primer curso de Astronomía para profesores de secundaria y escolar básica. San Lorenzo - Paraguay 2011. Curso NASE (Network for Astronomy School Education). Comisión 46 de educación de la Unión Astronómica Internacional UAI [1].
- ANALEMMATIC SUNDIALS: HOW TO BUILD ONE AND WHY THEY WORK? - J Budd, C J Sangwin Cambridge -University of Bath. Millennium Mathematics Project-University of Cambridge [2].
- COSMOGRAFÍA. Charola Florencio, Séptima edición.1959
- OBJETIVO UNIVERSO. Feinstein, Tignanelli. Curso Completo de Actualización 2005.
- <https://www.travelblog.org/>