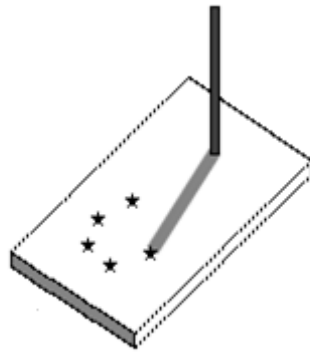




Asociación EnDiAs
Enseñanza y Divulgación de la Astronomía

Proyecto de Construcción y Observación de la Analema

2015 – 2016



Ciudad y País: La Reja, Moreno, Buenos Aires, Argentina.
Latitud $34^{\circ} 39' S$
Longitud $58^{\circ} 49' W$

Integrantes:

Rafael Girola (rafaelgirola@yahoo.com.ar) (Responsable)

Néstor Vinet (nestorvinet@yahoo.com.ar)

Verónica Pernicone (sirada07@yahoo.com.ar)

Sergio Rinaudo (sergiorinaudo@hotmail.com)

Norma Racchiusa (normabr2001@yahoo.com.ar)

Jorge Escudero (yosoyescu@yahoo.com.ar)

Presentación

Invitados por nuestro compañero de EnDiAs, el Profesor Rafael Girola, para armar un grupo, que participe del Proyecto Internacional Analema, convocado por el Lic. en Astronomía Néstor Camino, nos reunimos para conocer las pautas del mismo.



Rafael Girola

La fecha de reunión fue el día primero de mayo, “Día del Trabajador”. Y ya que estamos en Argentina, no podía faltar nuestro asadito criollo, una buena picada con pan de campo y una larga sobremesa, cuyo tema principal fue “El Proyecto Analema”.

A medida que se fueron develando las bases del “Proyecto”, el entusiasmo ganaba los corazones. Esta reunión se realizó, en la “Quinta Itati”, ubicada en “La Reja”, Moreno, cuyas coordenadas están citadas en el trabajo.

Sin la generosidad de las dueñas de casa, esto hubiera sido imposible. Tanto Kuqui su mamá, como Verónica la Licenciada en Antropología, que pertenece a EnDiAs, aceptaron el desafío, para instalar la Analema en su parque.

Los allí reunidos: Verónica Pernicone, Sergio Rinaudo, Néstor Vinet, con su contagiosa energía, Jorge Escudero, nuestro “Web Master” y Norma Racchiusa, coordinados por Rafael Girola, realizaron los primeros acuerdos para repartir las tareas. Sergio y Néstor, los más técnicos, elaboraron el esquema para hacer una plataforma adecuada a las dimensiones de la Analema. Prepararon la lista de materiales: hierro, cemento, arena, etc. Y decidieron quienes podrían hacer el trabajo.

Verónica, Sergio y Néstor, evaluaron el lugar de la colocación de la plataforma, el cual respetó ciertas condiciones; el SOL debe pasar por la plataforma al medio día siempre; en ese horario, no debe ser alcanzado por la sombra proyectada por los árboles; y lo más importante, en el solsticio de invierno, la sombra de los árboles no debe invadir el área elegida. El lugar fue encontrado.



Estructura de la losa

La construcción de la plataforma se realizó en la casa de Néstor, una losa de 0.05m forjada sobre una parrilla de encofrado. Viendo el entusiasmo de Néstor, su yerno, Julián Martínez, donó a EnDiAs, todos los materiales necesarios para que se llevara adelante este hermoso sueño.



Losa fraguando

Después de unos días, la losa fraguó. La plataforma terminada pesaba más de lo esperado. Como nuestra amada Argentina, es un país solidario, el joven vecino de Néstor, Facundo, que no pertenece a EnDiAs, ni participa del proyecto, donó su fuerza, su joven fuerza necesaria para cargar la losa, en la camioneta de José, otro amigo solidario de Sergio. Entre todos la llevaron al lugar de emplazamiento, donde Sergio se encargó de preparar los pilares de ladrillos que la soportarían.



Cimientos de pilares



Construcción de pilares



Sergio Rinaudo, Néstor Vinet, Verónica Pernicone, Jorge Escudero



Néstor Vinet, Verónica Pernicone, Norma Racchiusa, Jorge Escudero

Descripción del Lugar

Nos encontramos con una superficie soleada del tamaño de un campo deportivo, rodeada de árboles relativamente altos.

A pesar de tener un amplio terreno soleado, en épocas de lluvia intensa se anega, razón por la cuál hemos decidido construir una superficie de trabajo elevada a unos 0,40m del suelo. Se trata de una losa de hormigón armado, apoyada en cuatro pilares de ladrillos, sobre la misma se instaló el gnomon construido de acero enchapado en cobre, para resistir las inclemencias del clima.



Instalación de soporte de gnomon



Instalación del gnomon

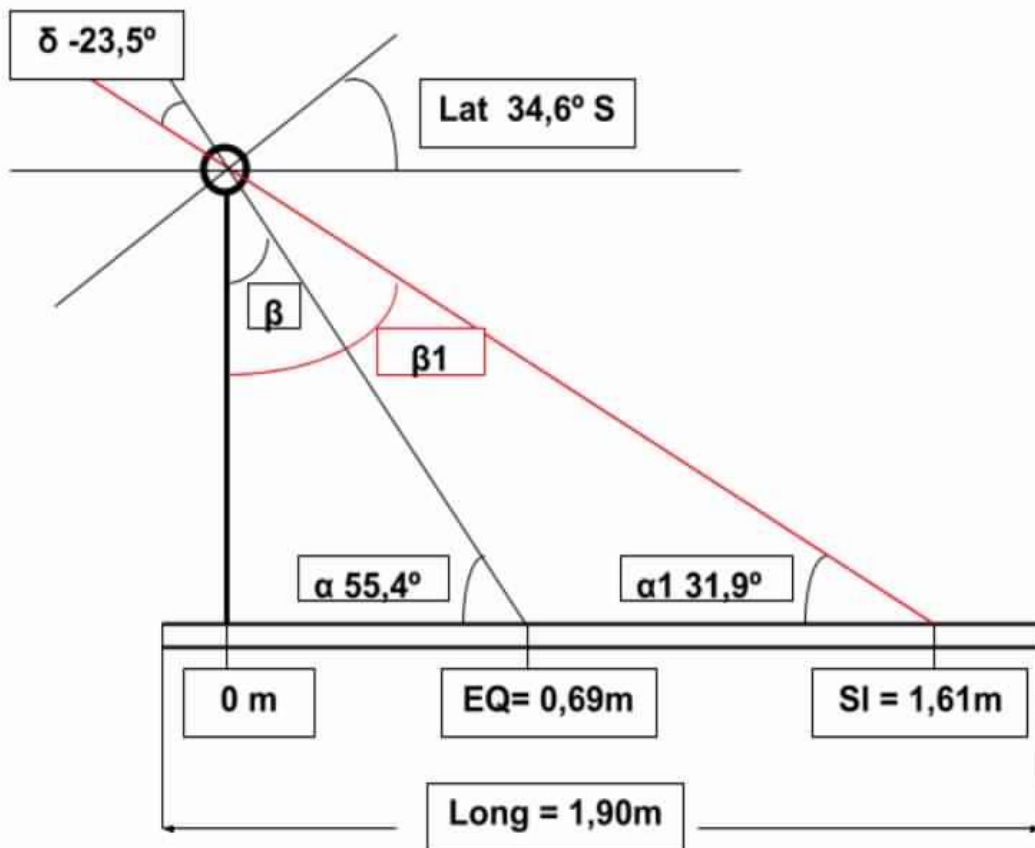
Dimensiones de la superficie de trabajo

Conociendo las particularidades del terreno antes mencionadas, las coordenadas geográficas, la declinación EQ y el solsticio de invierno SI, calculamos las longitudes de sombras, especialmente SI por ser la más larga, con el fin de obtener las medidas mínimas que debería tener nuestra superficie de trabajo.



Plataforma y gnomon

Cálculo de la Superficie de Trabajo



Referencias

Lat: $34,6^\circ$ S

Long: $58,8^\circ$ W

EQ: Equinoccio

SI: Solsticio de Invierno

δ : Angulo de declinación

β, β_1 : Angulo de Sombra

α, α_1 : Angulo de Altura

El ángulo de declinación **EQ** $\delta = 0^\circ$

Angulo de sombra $\beta = \text{Lat} = 34,6^\circ$

El ángulo de altura es $\alpha = 90^\circ - \text{Lat} = 90^\circ - 34,6^\circ = 55,4^\circ$

Long de sombra $\text{tag } \beta = \text{tag } 34,6^\circ = 0,69\text{m}$

Angulo de declinación **SI** $\delta = -23,5^\circ$

Angulo de altura $\alpha_1 = 55,4^\circ - 23,5^\circ = 31,9^\circ$

Angulo de sombra $\beta_1 = 90^\circ - \alpha_1 = 90^\circ - 31,9^\circ = 58,1^\circ$

Longitud de sombra en **SI** es la $\text{tag } \beta_1 = \text{tag } 58,1^\circ = 1,61\text{m}$

Cálculo de la Superficie de Trabajo

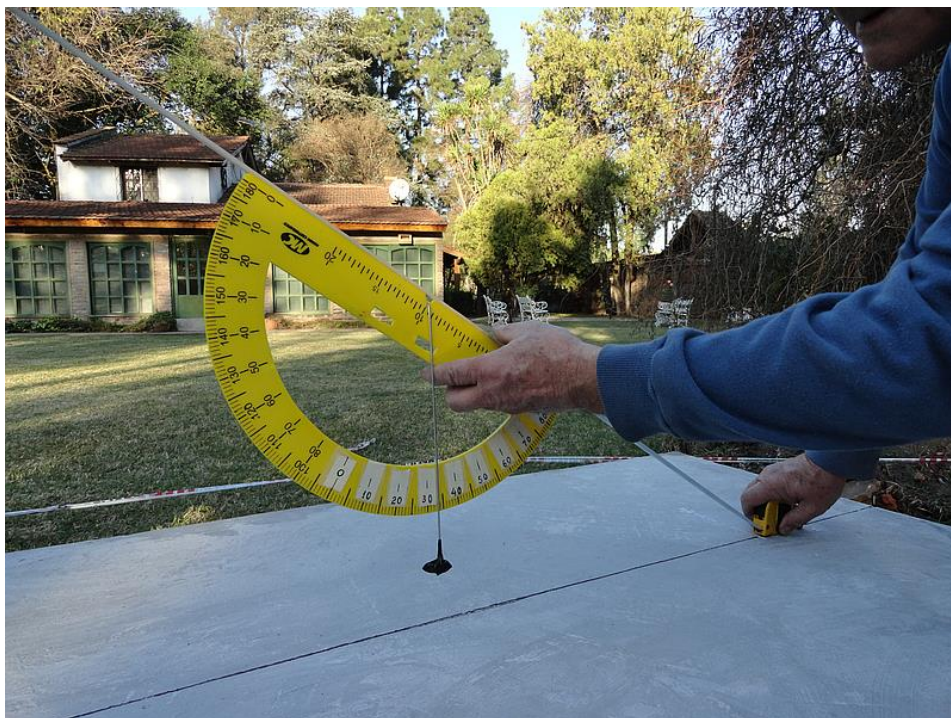
Una vez determinada la longitud de sombra de **SI**, estimamos 0,2m hacia el sur y 0,1m más hacia el norte, obtuvimos así una longitud total de 1,90m, además acomodamos un ancho de 0,90m para hacer inscripciones y marcar ejes de referencias.

Emplazamiento de la Superficie de Trabajo

Con el fin de medir los ángulos de altura, improvisamos un goniómetro, utilizando un transportador de 180°, el que usan los docentes para medir ángulos en el pizarrón. Enmascaramos la escala que va de 90° a 180° con cinta adhesiva opaca y remarcamos convirtiendo 90° en 0° y 180° en 90°. Luego practicamos un orificio a 2mm de la muesca central de la base del transportador y lo atravesamos con un alambre rígido, colocando una pequeña pesa en su extremo.

Para realizar una medición de ángulo de altura, el observador mira sobre la base del transportador formando una línea recta entre él y el objeto. El alambre indica el ángulo de altura del objeto.

Teniendo en cuenta el ángulo de altura máxima durante el solsticio de invierno **SI** de 31,9°, según lo calculado en el paso anterior, determinamos la longitud de sombra de los árboles que rodean el terreno, apuntando el extremo de sus copas con el goniómetro en la posición de 31,9°, al solo efecto de comprobar que la sombra se encuentre suficientemente alejada de la superficie de trabajo.



Medición del ángulo de sombra

Una vez elegido el espacio libre de sombras, trazamos la meridiana con el método de igual altura propuesto en el proyecto, y la señalamos en el terreno con un hilo tensado. Seguidamente iniciamos la construcción de los pilares y por último instalamos la losa haciendo coincidir el eje central con el hilo tensado.



Se observa hilo tensado marcando la meridiana en plataforma



Comprobando altura y plomada del gnomon

Las mediciones



Comienzo de las mediciones 31/05/2015 marcando sobre meridiana 12h 52min.



31/05/2015 Midiendo longitud de sombra (1,514m.)



20/06/2015 Medición un día antes del SI 12h 57min

Mediodía Solar Verdadero, Expresado en Tiempo Legal Argentino

La Reja, Buenos Aires, Argentina (GMT - 3)

Lat = 34°, 39' S Long = 58°, 49' W

3h 55min W dif en long ($\Delta\lambda_{obs}$) = 55min

FECHA	TMSV	ECUACION DEL TIEMPO $ET_{FECHA} = TMSV - (12h + 55min)$ [min]
31- 5- 2015	12h 52min	- 3
7- 6 - 2015	12h 54min	- 1
14 - 6 - 2015	12h 56min	+ 1
20 - 6 - 2015	12h 57min	+ 2
21 - 6 - 2015	12h 57min	+ 2 (SI)
26 - 6 - 2015	12h 58min	+ 3
30 - 6 - 2015	12h 59min	+ 4
4 - 7 - 2015	12h 59min	+ 4

Medimos: TMSV (Tiempo Mediodía Solar Verdadero), es el tiempo medido con un reloj sincronizado con la hora oficial, en el instante que pasa la sombra del gnomon por la meridiana del lugar.

Generamos: ET (Ecuación del Tiempo medida en [min]), para volcar este dato en la planilla final, y para representar la ET en el eje horizontal del gráfico final de la Analema.

Declinación de Sol, Mediodía Solar Verdadero
(Declin. de EQ hacia polo Norte + δ , Declin. de EQ hacia polo Sur - δ)

La Reja, Buenos Aires, Argentina (GMT - 3)

Lat = 34°, 39' S Long = 58°, 49' W

$\theta_{solmsveqin} = 90^\circ - \varphi_{obs} =$

3h 55min W ($\Delta\lambda_{obs}$) = 55min

$\theta_{soleqin} = 90^\circ - Lat$

$90^\circ - 34^\circ,6 = 55^\circ,4$

FECHA	Long Sombra [m]	θ_{solmsv} 1 $\arctg \frac{1}{\log somb} = \theta$	Declinación Sol (grado decimal) $\delta_{SOLMSV} = 55^\circ,4 - \theta_{solmsv}$
31- 5- 2015	1,514	33°,4	$55^\circ,4 - 33^\circ,4 = 22^\circ$
7- 6 - 2015	1,565	32°,6	$55^\circ,4 - 32^\circ,6 = 22^\circ,8$
14 - 6 - 2015	1,586	32°,2	$55^\circ,4 - 32^\circ,2 = 23^\circ,2$
20 - 6 - 2015	1,60	32°	$55^\circ,4 - 32^\circ = 23^\circ,4$
21 - 6 - 2015	1,605	31°,92	$55^\circ,4 - 31^\circ,92 = 23^\circ,48$ (SI)
26 - 6 - 2015	1,59	31°,1	$55^\circ,4 - 33^\circ,4 = 23^\circ,3$
30 - 6 - 2015	1,578	32°,36	$55^\circ,4 - 32^\circ,36 = 23^\circ$
4 - 7 - 2015	1,565	32°,57	$55^\circ,4 - 32^\circ,57 = 22^\circ,8$

Medimos: Longitud de Sombra con una cinta metálica, magnitud en [m]

Generamos: Angulo de altura máxima, (θ_{solmsv}), ángulo del Sol en el equinoccio ($\theta_{soleqin} = 90^\circ - Lat$), declinación ($\delta_{Sol SOLMSV} = 55^\circ,4 - \theta_{solmsv}$) Eje vertical de declinación (δ), para el gráfico final de la analema.

En la primer planilla cometimos un error de signo en el cálculo de la declinación de sol, siendo la misma:

$$\delta_{\text{SOLMSV}} = \theta_{\text{solIEQUI}} - \theta_{\text{solmsv}} = 55,4^\circ - \theta_{\text{solmsv}}$$

δ_{SOLMSV} : Declinación del sol Verdadero en el paso por la Meridiana

θ_{solIEQUI} : Angulo de sol en el Equinoccio ($55,4^\circ$)

θ_{solmsv} : Angulo de sol de la fecha

Las planillas presentadas, corresponden a Mediodía Solar Verdadero y Declinación del Mediodía Solar Verdadero de las mediciones realizadas en ocho semanas a partir del 31/5/2015 al 4/7/2015 en el primer bimestre.

A partir del segundo bimestre, reuniremos los datos de mediciones, notas, comentarios, y fotos, sobre el desarrollo del Proyecto "Construcción y Observación de la Analema".

Así lo haremos periódicamente, hasta volcar los datos en el grafico final de ET y Declinación del Sol.

Cómo ajustamos nuestra meridiana

En nuestro caso, tenemos trazada la meridiana en el eje de una plataforma de cemento armado, montada sobre cuatro pilares.

A partir del 31/05/2015 al 07/06/2015, en ese período hemos ajustado el atraso y adelanto de la ET, sabiendo que el adelanto es hacia el Oeste y el atraso es hacia el Este.

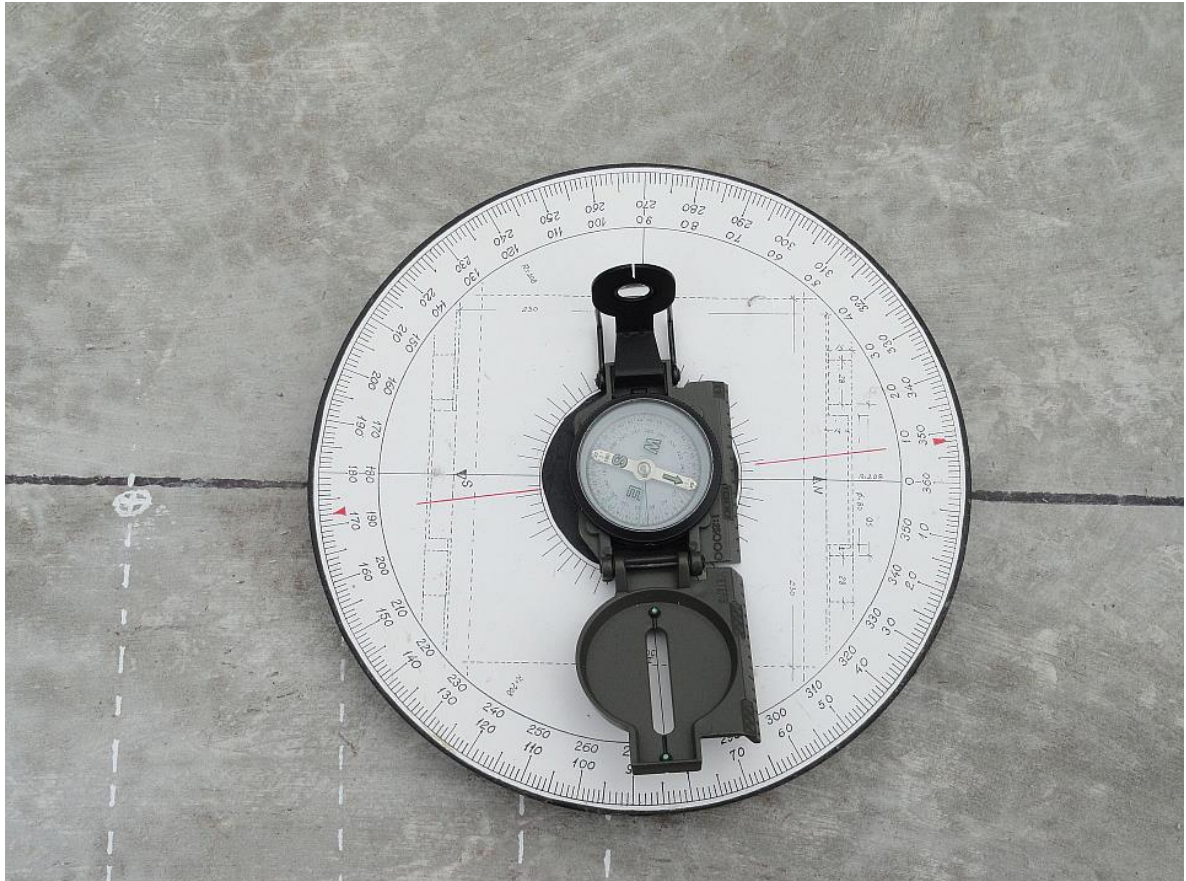
Con los datos de la Hora Oficial y la Planilla de Referencia pautada en el Instructivo del Proyecto, comparamos nuestros datos y calibramos nuestra meridiana, desplazando la loza, hasta coincidir con la ecuación.



Distorsión de orientación por uso de brújula

Apoyamos un transportador sobre la meridiana previamente orientada con el método recomendado en el proyecto, haciendo coincidir 360° al Norte geográfico y 180° al Sur geográfico. La recta roja, muestra la declinación magnética del lugar, 8° Oeste.

El Norte de la brújula debería coincidir sobre la línea roja, en cambio, marca un desvío discreto de 15° hacia el Este. Esto es debido a diversas polarizaciones magnéticas de la estructura metálica de la losa. Con este ejemplo demostramos el No Uso de Instrumentos Magnéticos para la orientación de meridiana.



Registrar la sombra del gnomon

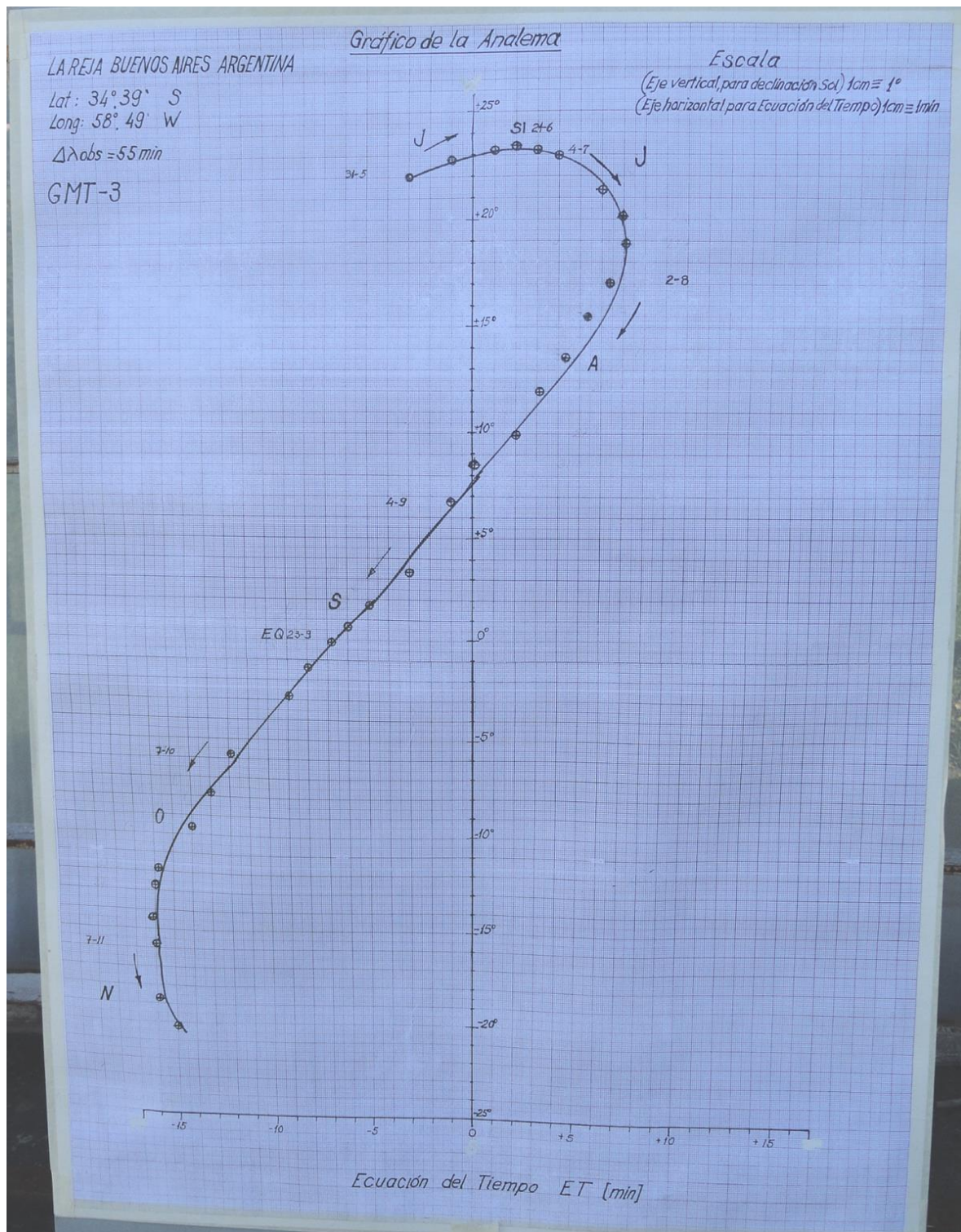
Trazamos una analema en torno a la meridiana, marcando la longitud de sombra del gnomon, a la hora 12h 55min ($\Delta\lambda_{\text{obs}} = 55\text{min}$).

Además, marcamos sobre la meridiana el Tiempo Medio Solar Verdadero (TMSV).



Gráfico de la Analema

Eje Vertical Declinación (δ) del Sol en grados decimales (1cm = 1°)
 Eje Horizontal ET (Ecuación del Tiempo) en [min] (1cm = 1min)



Fecha: 20/11/2015

La Reja, Buenos Aires, Argentina (GMT - 3)

Lat = 34°, 39' S Long = 58°, 49' W Diferencia en Long ($\Delta\lambda_{\text{obs}}$) = 55min

Fecha	Hora Oficial TMSV	ECUACION DEL TIEMPO $ET_{\text{FECHA}} = \text{TMSV} - (12\text{h} + 55\text{min})$ [min]	Long de Sombra [m]	Declinación Solar (δ) (grados decimales)
31-05-2015	12 : 52	- 3	1.514	22°.0
07-06-2015	12 : 54	-1	1.565	22°.8
14-06-2015	12 : 56	+1	1.586	23°.2
20-06-2015	12 : 57	+2	1.600	23°.4
21-06-2015	12 : 57	+2	1.605	23°.48 (SI)
26-06-2015	12 : 58	+3	1.590	23°.3
30-06-2015	12 : 59	+4	1.578	23°.0
04-07-2015	12 : 59	+4	1.565	22°.8
14-07-2015	13 : 01	+6	1.490	21°.4
22-07-2015	13 : 02	+7	1.412	20°.1
28-07-2015	13 : 02	+7	1.345	18°.8
02-08-2015	13 : 01	+6	1.264	17°.0
10-08-2015	13 : 00	+5	1.196	15°.5
16-08-2015	12 : 59	+4	1.118	13°.6
21-08-2015	12 : 58	+3	1.058	12°.0
27-08-2015	12 : 57	+2	0.982	9°.9
31-08-2015	12 : 55	0	0.940	8°.6
04-09-2015	12 : 54	-1	0.885	6°.9
11-09-2015	12 : 52	-3	0.805	4°.2
17-09-2015	12 : 50	-5	0.738	1°.8
20-09-2015	12 : 49	-6	0.709	0°.7
23-09-2015	12 : 48	-7	-----	0°.0 EQ (*)
25-09-2015	12 : 47	-8	0.660	-1°.2
29-09-2015	12 : 46	-9	0.618	-2°.9
07-10-2015	12 : 43	-12	0.550	-5°.8
12-10-2015	12 : 42	-13	0.504	-7°.8
17-10-2015	12 : 41	-14	0.635	-9°.7
23-10-2015	12 : 39	-16	0.418	-11°.9
31-10-2015	12 : 39	-16	0.367	-14°.4
07-11-2015	12 : 39	-16	0.320	-16°.8
14-11-2015	12 : 39	-16	0.286	-18°.7
20-11-2015	12 : 40	-15	0.257	-20°.5
29-11-2015	12 : 43	-12	0.224	-22°.0
06-12-2015	12 : 46	-9	0.217	-22°.4
13-12-2015	12 : 49	-6	0.205	-23°.0

(*) Datos tomados del programa Win Star, por tiempo lluvioso

La Reja, Buenos Aires, Argentina (GMT - 3)

Lat = 34°, 39' S Long = 58°, 49' W Diferencia en Long ($\Delta\lambda_{\text{obs}}$) = 55min

Fecha	Hora Oficial TMSV	ECUACION DEL TIEMPO $ET_{\text{FECHA}} = \text{TMSV} - (12\text{h} + 55\text{min})$ [min]	Long de Sombra [m]	Declinación Solar (δ) (grados decimales)
18-12-2015	12 : 51	-4	0.198	-23°.4
22-12-2015	12 : 53	-2	0.197	-23°.5 (SV)
25-12-2015	12 : 55	0	0.197	-23°.5
27-12-2015	12 : 56	+1	0.197	-23°.5
06-01-2016	13 : 00	+5	0.211	-22°.6
13-01-2016	13 : 03	+8	0.230	-21°.6
18-01-2016	13 : 05	+10	0.248	-20°.7
27-01-2016	13 : 08	+13	0.290	-18°.4
04-02-2016	13 : 09	+14	0.335	-16°.1
10-02-2016	13 : 09	+14	0.370	-14°.3
16-02-2016	13 : 09	+14	0.410	-12°.3
23-02-2016	13 : 08	+13	0.460	-9°.9
06-03-2016	13 : 06	+11	0.560	-5°.4
13-03-2016	13 : 05	+10	0.626	-2°.6
22-03-2016	13 : 02	+7	0,717	+1°
29-03-2016	13 : 00	+5	0,792	+3°.8
07-04-2016	12 : 57	+2	0,893	+7°.2
11-04-2016	12 : 55	+1	0,943	+8°.7
21-04-2016	12 : 54	-1	1,063	+12°.2
30-04-2016	12 : 52	-3	1,177	+15°.1
03-05-2016	12 : 52	-3	1,212	+15°.9
11-05-2016	12 : 51	-4	1,310	+18°.1
17-05-2016	12 : 51	-4	1,385	+19°.7
26-05-2016	12 : 52	-3	1,475	+21°.3
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				

LA REJA BUENOS AIRES ARGENTINA

Lat: $34^{\circ}39' S$
Long: $58^{\circ}49' W$

$\Delta\lambda_{obs} = 55 min$

GMT-3

Gráfico de la Analema

Escala

(Eje vertical, para declinación Sol) $1cm \equiv 1^{\circ}$
(Eje horizontal, para Ecuación del Tiempo) $1cm \equiv 1min$

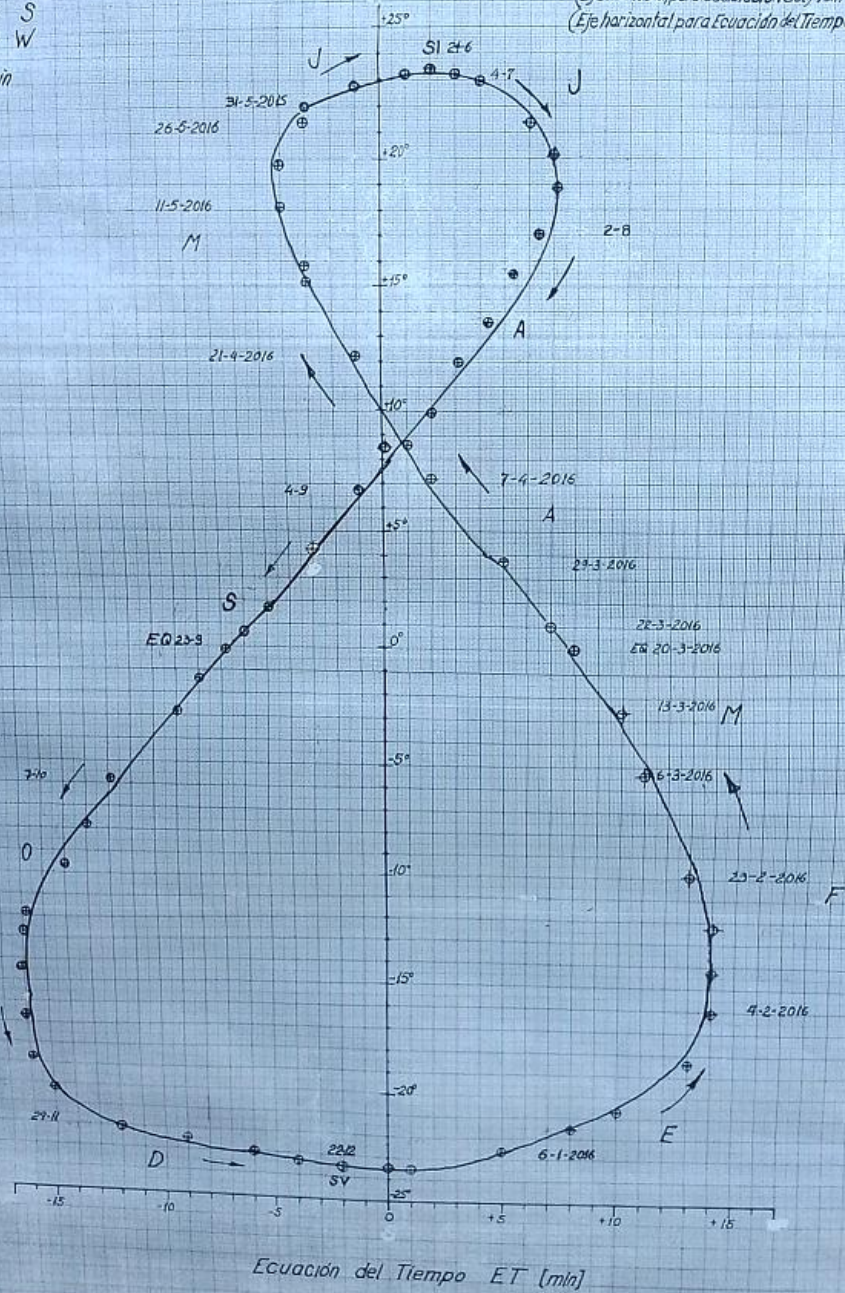


Gráfico final de la ecuación del tiempo y declinación solar, de La Reja, 15/06/2016

Comparación de Gráficos de Analemas

Con el fin de comparar la igualdad de la ecuación del tiempo (**ET**) y la declinación solar (**q**), hemos graficado con los datos obtenidos de observaciones realizadas durante un año, en la Quinta Itatí de La Reja, Buenos Aires, Argentina, Lat= 34° : 39` S Long= 58° : 49` W (GMT-3), diferencia en longitud **55min**.

Para la comparación, realizamos un gráfico con los datos de las observaciones hechas por Cecilia Lastra y el Dr. Alejandro Gangui en Villa del Parque, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, Lat= 34° : 37` S Long= 58° : 30` W (GMT-3), diferencia en longitud **54min**.

También agregamos los datos registrados por el grupo del Prof. Hugo Lanús de la localidad de Casilda, Santa Fe, Argentina, Lat= 33° : 03` S Long= 61° : 10` W (GMT-3), diferencia en longitud **1h : 05min**.

Teniendo en cuenta que cada 15` de arco en longitud, transcurre 1 minuto de tiempo en recorrerlo, hasta llegar a nuestra meridiana de La Reja, a una distancia de 30 Km al oeste de Villa del Parque.

En el ejemplo, tomamos una fecha de observación, el 11-9-2015, donde el sol pasa por (TMSV) **12h : 51min** sobre Long 58° : 30` W, tardará 1 min en pasar por Long 58° : 49` W (TMSV) **12 : 52min**.

Comprobamos en esa fecha, la igualdad de (**ET**) y declinación solar (**q**) en ambos puntos de observación.

La Reja

$$ET = 12h : 52min - (12h + 55min) = -3$$

$$\text{Long de sombra} = 0.205m \quad \text{decl sol } (q) = +4^{\circ}.2$$

Villa del Parque

$$ET = 12h : 51min - (12h + 54min) = -3$$

$$\text{Long de sombra} = 0.220m \quad \text{decl sol } (q) = +4^{\circ}.7$$

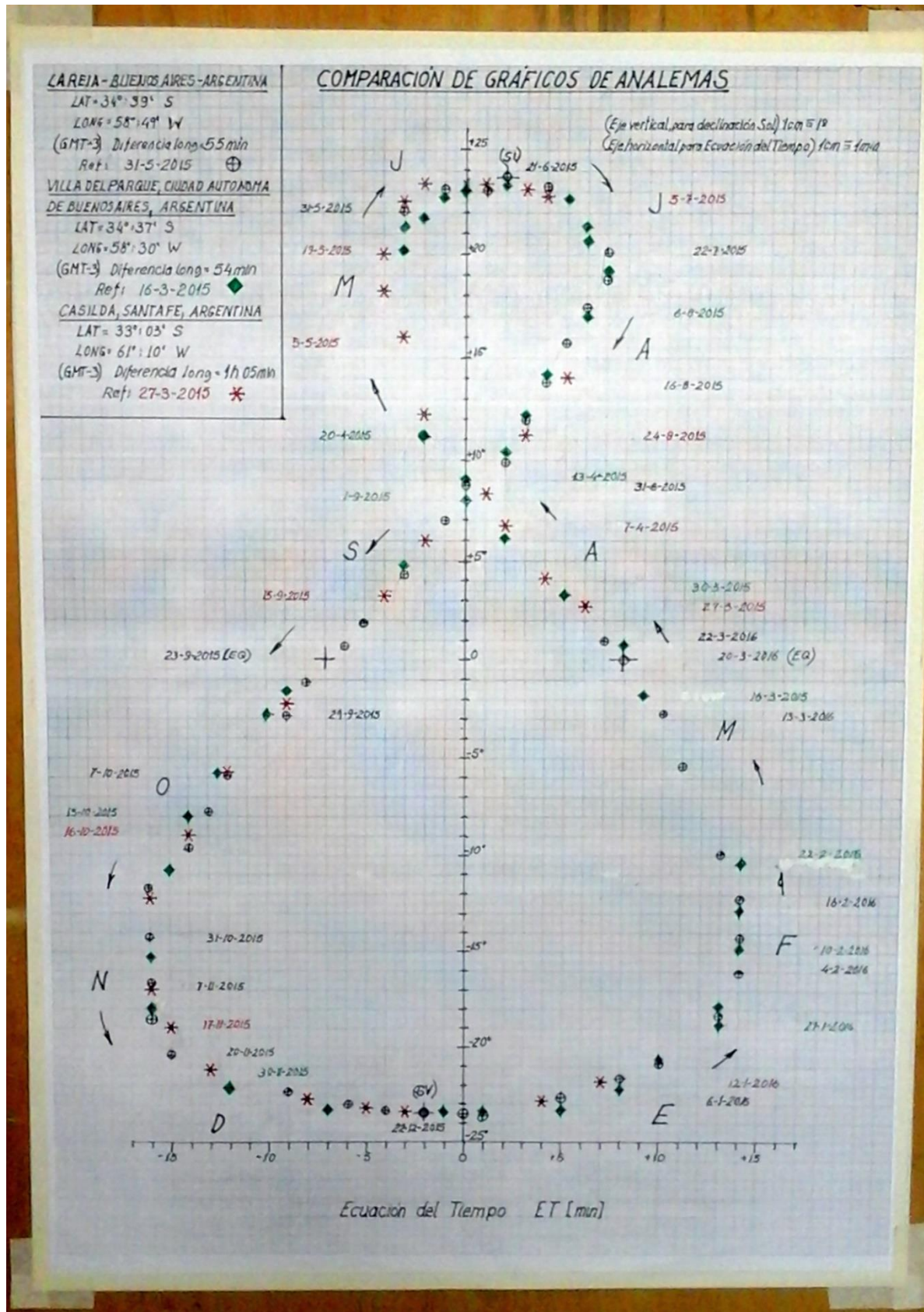


Gráfico de Ecuación del Tiempo (ET) y Declinación Solar (DS), La Reja, marzo 2016, con datos de Villa del Parque y Casilda.

Variantes del Proyecto

Sobre la superficie de trabajo, marcamos donde se proyecta la sombra del gnomon, en la hora legal, **12h : 55min**, además marcamos la sombra sobre la meridiana en el tiempo del mediodía solar verdadero (TMSV).

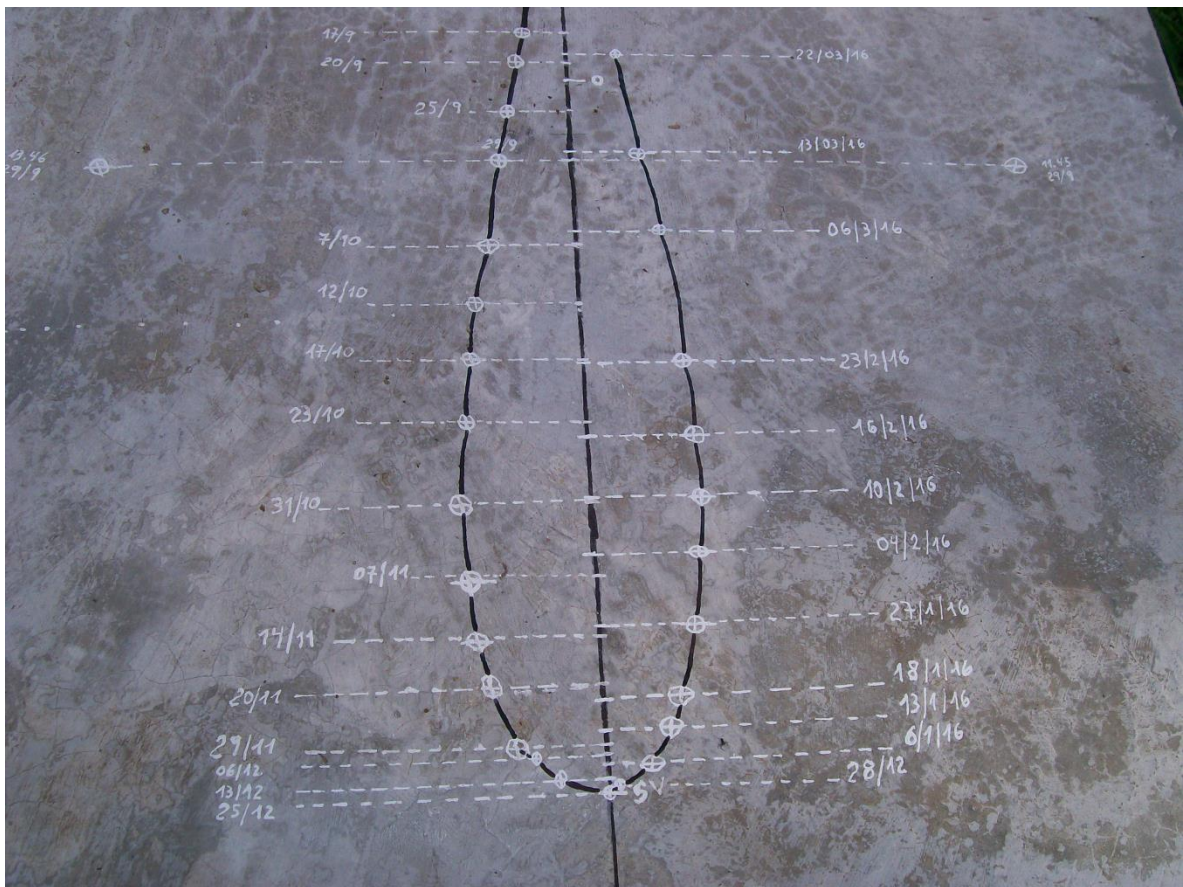
Observamos como el tiempo legal se atrasa o se adelanta cada vez que realizamos una medición, llegando a un máximo de atraso de -16min a comienzos del mes de noviembre, y un adelanto de +14min en el mes de febrero.

Así entre atrasos y adelantos de la hora legal, vemos también que pasa por la meridiana, o por cero, cuatro veces en el transcurso del año, antes del solsticio de invierno (**SI**); a fines de agosto; luego del solsticio de verano (**SV**); y a mediados de abril.





Datos de emplazamiento en la loza



Detalle de marcaciones al 22/03/2016



Preparando marcación segundos antes del TMSV 21/6/2016



Sombra sobre meridiana TMSV
 $ET = +2$, long.sombra 1,61m, decl.solar $+23,48^\circ$
 (SI) del 21/6/2016.
 Los datos tomados, son iguales al (SI) del año pasado 21/6/2015.



Proyección y analema cerrado



Curva proyectada por la sombra del gnomon, comienza 45 minutos minutos antes del paso por la meridiana donde finaliza 45 minutos despues , en el extremo este de la plataforma.

Conclusión

Cuando aceptamos participar en el “Proyecto de Construcción y Observación de la Analema”, no imaginamos todas las vivencias que nos esperaban: encontrarnos para conformar el grupo, acordar las tareas, repartir los trabajos según disponibilidad, conseguir los materiales para elaborar la plataforma y el gnomon, y superar obstáculos al elegir el lugar de emplazamiento.

Hallar personas solidarias que no pertenecían al grupo, y que colaboraron con nosotros, donando materiales y esfuerzo en el transporte de los mismos, acrecentó nuestras fuerzas para que el proyecto cristalizara.

Las reuniones del grupo contaron con el aporte de los que más saben, los profesores Rafael Girola y Néstor Vinet, quienes con sus charlas, fueron fortaleciendo nuestros conocimientos de Astronomía.

Con esta experiencia comprobamos que los trabajos grupales, se benefician con el aporte de la diversidad, en nuestro caso, un grupo conformado por personas que provienen de diferentes áreas: Educación, Antropología, Sistemas, Tecnología.

El Analema fue el gran pretexto para conocernos, reconocernos, y seguir incentivados a construir saberes de Astronomía, para ser aplicados a la Educación No Formal, que es el campo donde EnDiAs realiza su tarea de divulgación.

Queremos transmitir un especial agradecimiento al Dr. Néstor Camino, por invitar a EnDiAs, a través del profesor Rafael Girola, a participar de este proyecto, y a todos los participantes de los grupos, que compartieron sus trabajos tan enriquecedores.



Sergio Rinaudo, Néstor Vinet, Norma Racchiusa, Verónica Pernicone, Kuky quien nos prestó su parque para instalar la plataforma de la Analema



Jorge Escudero, Rafel Girola, Néstor Vinet, Sergio Rinaudo, Verónica Pernicone