EL SOLSTICIO DE VERANO Y LA CHIMENEA DE LA PLAZA DIDÓ DE TERRASSA

José Fenollar
jfenoll2@xtec.cat

Cerca de la calle de la Rasa en Terrassa (Vallès Occidental, Barcelona), en medio de la plaza Didó se encuentra una chimenea con base cuadrada de 10 metros de altura. Hay una señalización metálica en el pavimento de la plaza, que indica la silueta de la sombra que hace la chimenea a las 9:00 horas (hora solar, a las 11:00 hora local (LT)) del solsticio de verano.

Cerca de la calle de la Rasa en Terrassa (Vallès Occidental, Barcelona), en medio de la plaza Didó, se encuentra una chimenea con base cuadrada de 10 metros de altura. Hay una señalización metálica en el pavimento de la plaza, que indica la silueta de la sombra que hace la chimenea a las 9:00 horas (hora solar, a las 11:00 horas local (LT)) del solsticio de verano.

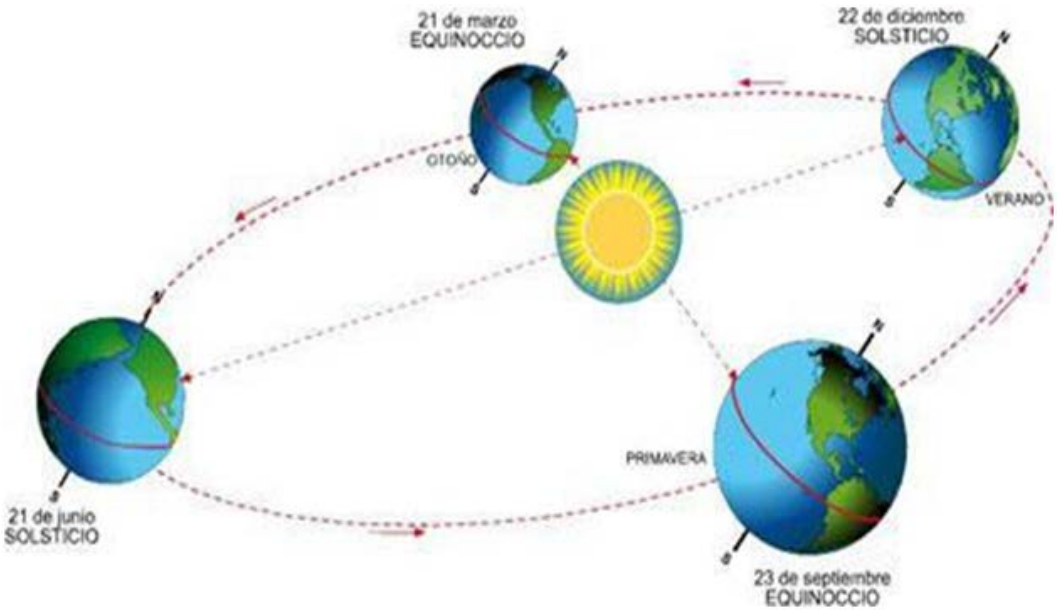

FIGURA 1. REPRESENTACIÓN DE LAS ESTACIONES CON LOS SOLSTICIOS Y EQUINOCCIOS A LO LARGO DE UN AÑO. FUENTE:GOOGLE.

LAS ESTACIONES EN EL HEMISFERIO NORTE

El movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol se completa en un año (365 días, 6 horas, 9 minutos y 9 segundos). A lo largo de este movimiento, la iluminación y el calentamiento de la Tierra varía debido a la diferente altitud del Sol en el horizonte. Esta variación origina las cuatro estaciones del año (figura 1): invierno, primavera, verano y otoño. Cada estación comienza con un equinoccio o un solsticio.

Solsticio - Equinoccio

Solsticio es cada uno de los dos momentos del año en que el Sol alcanza la máxima declinación (distancia angular) respecto al ecuador celeste. Hay dos solsticios al año:

-En el solsticio de verano el Sol (figura 2) se encuentra en la posición más septentrional (más al norte), esto es, sobre el trópico de Cáncer, a + 23°27’ de declinación. Físicamente, el solsticio de verano corresponde al momento en que el eje de rotación de la Tierra se encuentra más próximo a la dirección Tierra-Sol. Esto ocurre entre los días

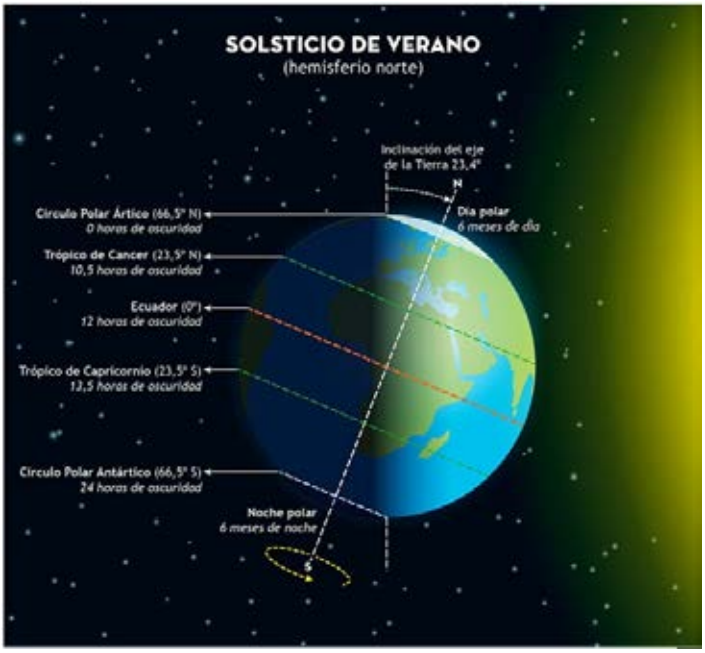

FIGURA 2. SOLSTICIO DE VERANO EN EL HEMISFERIO NORTE. FUENTE: http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCniq/Imagenes_web/Contenidos/noticias/01solstver(1).jpg.

20 y 21 del mes de junio (la fecha y hora exactas varían cada año).

-En el solsticio de invierno (ver figura 1) el Sol se encuentra en la posición más meridional (más al sur), esto es, sobre el trópico de Capricornio, a -23°27' de declinación. Físicamente, el solsticio de invierno corresponde al momento en que el eje de rotación de la Tierra se encuentra más alejado a la dirección Tierra-Sol. Esto ocurre entre los días 21 y 22 del mes de diciembre.

El solsticio de verano marca el paso de la primavera al verano, al tiempo que el solsticio de invierno marca el paso del otoño al invierno. En el hemisferio sur, se llama solsticio de verano en el solsticio del mes de diciembre y solsticio de invierno en el solsticio de junio, tomando así en cuenta de la diferencia de estaciones entre los dos hemisferios.

El equinoccio es cada uno de los dos momentos del año en que el Sol cruza el ecuador celeste. Durante los equinoccios, la noche y el día tienen la misma duración en todo el mundo. La palabra equinoccio viene del latín y significa "*noche igual*".

Hay dos equinoccios al año:

-El equinoccio de primavera o equinoccio vernal (ver figura 1) se produce alrededor del 21 de marzo cuando el Sol cruza el ecuador celeste, pasando del hemisferio sur al norte. La declinación solar es cero pasando de negativa a positiva. En el hemisferio norte marca el inicio de la primavera.

-El equinoccio de otoño (ver figura 1) se produce alrededor del 23 de septiembre cuando el Sol cruza el ecuador celeste pasando del hemisferio norte al sur. La declinación solar es cero pasando de positiva a negativa. En el hemisferio norte marca el inicio del otoño. En el hemisferio sur, estos nombres se intercambian.

SOLSTICIO DE VERANO

El verano del 2020 comenzará el 20 de junio a las 23 horas y 44 minutos hora oficial (LT) peninsular, según cálculos del Observatorio Astronómico Nacional (Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento). Esta estación durará 93 días y 15 horas, y terminará el 22 de septiembre con el comienzo del otoño.

El inicio de las estaciones viene dado, por convenio, por aquellos instantes en que la Tierra se encuentra en unas determinadas posiciones en su órbita alrededor del Sol. En el caso del verano, esta posición se da en el punto de la eclíptica en el que el Sol alcanza su posición más boreal. El día en que esto sucede, el Sol alcanza su máxima declinación norte (+23º 27') y durante varios días su altura máxima al mediodía no cambia. A esta circunstancia se la llama también *solsticio ("Sol quieto") de verano o solsticio vernal*, éste término proviene del latín *solstitium, Sol sistere* o *Sol quieto*.

En este instante, en el hemisferio sur se inicia el invierno. El día del solsticio de verano corresponde al de más horas de luz del año. Alrededor de esta fecha se encuentran el día en que el Sol sale más pronto y aquél en que se pone más tarde. Un hecho circunstancial no relacionado con el inicio de las estaciones se da también en esta época: el día del

afelio, es decir, el día en que el Sol y la Tierra están más alejados entre sí a lo largo del año. Es este mayor alejamiento al Sol la causa de que la Tierra se mueva más lentamente a lo largo de su órbita elíptica durante el verano (según la conocida como segunda Ley de Kepler) y por lo tanto esta estación sea la de mayor duración.

El inicio del verano puede darse, a lo sumo, en tres fechas distintas del calendario (del 20 al 22 de junio). A lo largo del siglo XXI el invierno se iniciará en los días 20 y 21 de junio (fecha oficial española), siendo su inicio más tempranero el del año 2096 y el inicio más tardío el de 2003. Las variaciones de un año a otro son debidas al modo en que encaja la secuencia de años según el calendario (unos bisiestos, otros no) con la duración de cada órbita de la Tierra alrededor del Sol (duración conocida como año trópico).

Si llamamos coloquialmente duración del día al tiempo que transcurre entre la salida y la puesta del Sol en un lugar dado, el próximo día 20 de junio va a ser el día de mayor duración. Como ejemplo, en Madrid esta duración será de 15 horas y 3 minutos, a comparar con las 9 horas y 17 minutos que durará el día más corto (que el año 2020 será el 21 de diciembre). Obsérvese que hay casi seis horas de diferencia entre el día más corto y el más largo. Esta diferencia depende mucho de la latitud del lugar, siendo nula en el ecuador y siendo extrema (24 horas) entre los círculos polares y los polos. Precisamente es por encima del círculo polar boreal donde algunos días al año alrededor del 21 de junio se da el fenómeno del Sol de medianoche, en que el Sol es visible por encima del horizonte durante las 24 horas del día.

Se podría pensar que el día más largo del año será también el día en que el Sol salga más pronto y se ponga más tarde; pero no es así: esto es debido a que la órbita de la Tierra alrededor del Sol no es circular sino elíptica, y a que el eje de la Tierra está inclinado en una dirección que nada tiene que ver con el eje de dicha elipse. Ello también hace que un reloj solar y nuestros relojes, basados en un Sol ficticio, estén desajustados. El día en que el Sol saldrá más pronto será el 14 de junio, mientras que el día en que el Sol se pondrá más tarde será el 27 de junio.

Por estas fechas se da también el máximo alejamiento anual (afelio) entre la Tierra y el Sol. En esta ocasión, el máximo alejamiento se dará el día 4 de julio, siendo la distancia de algo más de 152 millones de km, unos 5 millones de km más que en el momento de perihelio o de menor distancia (5 de enero de 2020).

PARÁMETROS SOLARES

En este apartado se enumeran algunos de los parámetros solares como:

Hora Solar : Tiempo Solar Local (LST) y la hora local (LT)

Doce del mediodía hora solar local (LST) se define como la hora en la que el Sol está en lo alto del cielo. Por lo general, la hora local (LT) varía de la LST debido a la excentricidad de la órbita de la Tierra, y debido a los ajustes humanos tales como las zonas de tiempo y horario de verano.

Estándar Local Hora Meridian (LSTM)

La Hora Estándar Meridian (LSTM) es un meridiano de referencia utilizado para una zona horaria en particular y es similar a la del meridiano de Greenwich, que se utiliza para el meridiano de Greenwich.

Á***ngulo de declinación***

El ángulo de declinación (figuras 3, 4 y 5), denotado por δ, varía estacionalmente debido a la inclinación de la Tierra sobre su eje de rotación y a la rotación de la Tierra alrededor del Sol. Si la Tierra no se inclinara sobre su eje de rotación, la declinación siempre sería 0°. Sin embargo, la Tierra está inclinada 23,45 ° y el ángulo de declinación varía negativa o positivamente alrededor de esa cantidad. Sólo en los equinoccios de primavera y otoño el ángulo de declinación es igual a 0º.

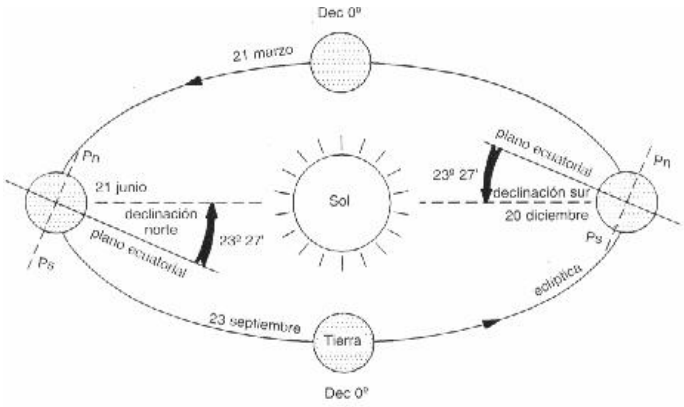

FIGURA 3. INCLINACIÓN DEL EJE DE LA TIERRA EN CUATRO PUNTOS DE LA ÓRBITA. FUENTE: http://astronomia.net/cosmologia/lec117.htm.

La declinación del Sol es el ángulo entre el ecuador y una línea trazada desde el centro de la Tierra al centro del Sol.

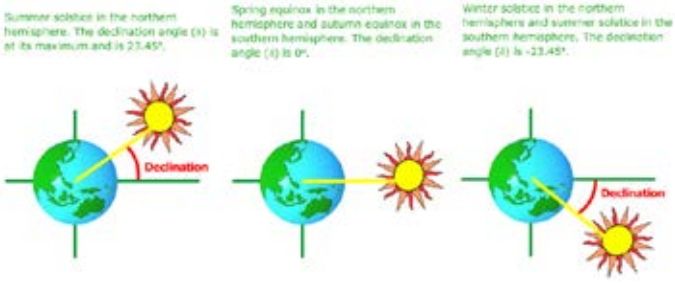

FIGURA 4. DECLINACIÓN DEL SOL PARA LOS SOLSTICIOS Y EQUINOCIOS. FUENTE: GOOGLE.

El ángulo de declinación δ se puede calcular con la ecuación (Cooper, 1969):

$$\delta = -23.45^{\circ} \times \cos\left(\frac{360}{365} \times (d + 10)\right) \qquad (1)$$

donde d es el día del año con el 1 de enero como d = 1.

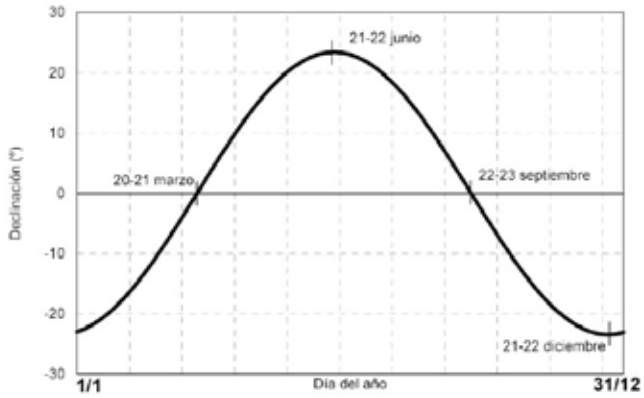

FIGURA 5. DECLINACIÓN A LO LARGO DEL AÑO. FUENTE: GOOGLE.

La declinación (figura 5) es cero en los equinoccios (22 de marzo y 22 de septiembre), positivos durante el verano del hemisferio norte y negativo durante el invierno del hemisferio norte.

La declinación alcanza un máximo de 23,45 ° en 22 de junio (solsticio de verano en el hemisferio norte) y un mínimo de -23,45 ° el 22 de diciembre (solsticio de invierno en el hemisferio norte).

Utilizando la aplicación *SUN EARTH TOOLS* (*https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es*) se ha calculado la gráfica del Sol (gráfica polar (figura 7) y cartesiano (figura 8)), la posición del Sol (figura 6) y la sombra (tabla III) para el día 21 de junio de 2020 a las 11: 10 horas LT.

FIGURA 6. POSICIÓN DEL SOL PARA DISTINTAS HORAS RESPECTO A LA CHIMENEA DE LA PLAZA DIDÓ. FUENTE: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

Gráfico del Sol

Los gráficos del recorrido del Sol, pueden ser trazados en un diagrama cartesiano o en coordenadas polares.

-Coordenadas cartesianas (figura 8): la elevación del Sol se traza sobre el eje X y el azimut se traza a lo largo del eje Y.

-Coordenadas polares (figura 7): se basan en círculos concéntricos donde la elevación solar se

lee en varios círculos concéntricos, de 0° a 90° grados.

El azimut es el ángulo de 0° a 360° grados. El horizonte es representado por el círculo más externo. El ángulo de azimut indica la dirección del Sol en el plano horizontal desde una posición dada. El norte está definido con un azimut de 0°, mientras que el sur tiene un azimut de 180º. Las diferentes trayectorias del Sol en el cielo están delimitadas por aquellas de los días de solsticio (21 de junio y 21 de diciembre). En la trayectoria se ven las etiquetas de las horas y del disco solar.

a) ***Gráfico polar***

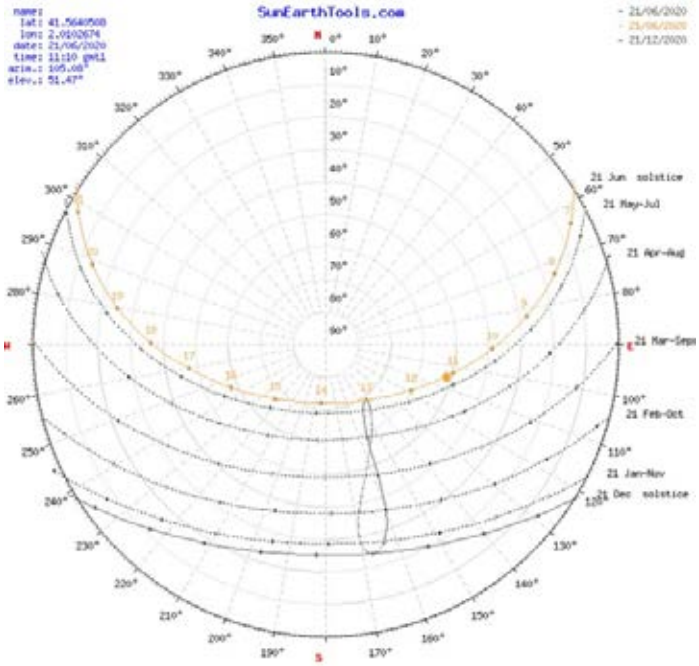

FIGURA 7. GRÁFICO POLAR DEL RECORRIDO DEL SOL. FUENTE: https://www.suneartHtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

b) ***Gráfico cartesiano***

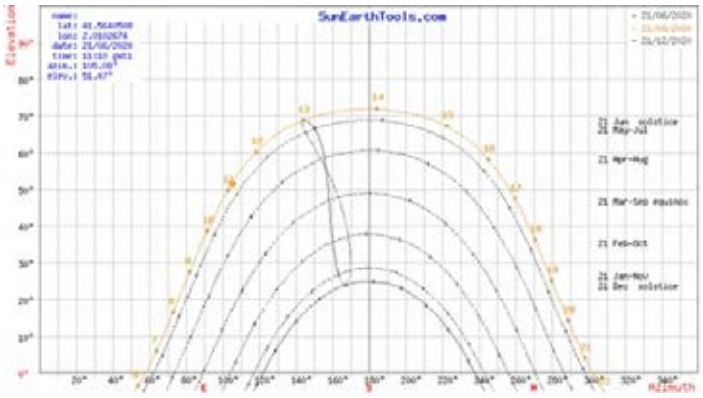

FIGURA 8. GRÁFICO CARTESIANO DEL RECORRIDO DEL SOL. LA ELEVACIÓN DEL SOL EN FUNCIÓN DEL AZIMUT. FUENTE: https://www.suneartHtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

Posición del Sol

Cálculo de la posición del Sol (tabla I) en el cielo para cada lugar de la Tierra en cualquier momento del día.

Los parámetros de las tablas I y II se definen como:

-Alba y ocaso: se definen como el instante en que la parte superior del disco solar toca el horizonte. Esto corresponde a una elevación de -0,833° grados para el Sol.

-El crepúsculo: es el momento inmediato al ocaso, caracterizado por una luz difusa (por extensión, durante la mañana se habla de alba o de aurora).

-El crepúsculo civil: es el intervalo de tiempo durante el ocaso y cuando la elevación de Sol es de -6°.

-El crepúsculo náutico: representa el tiempo en que el Sol pasa de -6° a -12° bajo el horizonte.

-Crepúsculo astronómico: es el intervalo de tiempo durante el ocaso cuando la elevación del Sol es de -18° bajo el horizonte.

-El mediodía: en el tiempo solar ocurre cuando el Sol alcanza el punto más alto en el cielo, hacia el sur o hacia el norte dependiendo de la latitud del observador.

-Azimut: indica un ángulo entre un punto y un plano de referencia. Generalmente es la distancia angular de un punto desde el norte, medida en grados: 0° norte, 90° este, 180° sur y 270° oeste.

-La altura o elevación: es la distancia angular desde el horizonte de un punto en la esfera celeste, calculada como positiva si se sitúa hacia el cénit, o negativa si se sitúa hacia el nádir.

-El cénit: es la intersección de la perpendicular al plano del horizonte que pasa por el observador con el hemisferio celeste visible, y por lo tanto es el punto sobre la cabeza del observador. El punto diametralmente opuesto es el nádir.

sol* posición	Elevación	Azimut	latitudes	longitudes
21/06/2020 11:10 | GMT1	51.47°	105.08°	41.5640508° N	2.0102674° E
crepúsculo	Sunrise	Puesta de sol	Azimut Sunrise	Azimut Puesta de sol
crepúsculo -0.833°	06:18:06	21:29:40	57°	302.99°
crepúsculo civil -6°	05:43:57	22:03:44	51.11°	308.87°
Náutica* crepúsculo -12°	05:00:07	22:47:34	42.94°	317.04°
El crepúsculo astronómico -18°	04:07:28	23:40:10	32.09°	327.87°
la luz del día	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	Mediodía
21/06/2020	15:11:34	-00:00:04	00:00:01	13:53:53

TABLA I. POSICIÓN DEL SOL, CREPÚSCULO Y LA LUZ DEL DÍA PARA EL DÍA 21 DE JUNIO DE 2020 A LAS 11:10 HORAS LT. FUENTE: https://www.suneartHtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

En la siguiente tabla II se muestran los datos de la elevación y azimut desde las 11:00 a las 12:00 horas LT.

Fecha:	21/06/2020 | GMT1	
coordinar:	41.5640589, 2.0102459	
ubicación:	41.56405890,2.01024590	
hora	Elevación	Azimut
11:00:00	49.65°	102.87°
11:5:00	50.56°	103.96°
11:10:00	51.47°	105.08°
11:15:00	52.37°	106.23°
11:20:00	53.26°	107.41°
11:25:00	54.15°	108.64°
11:30:00	55.03°	109.9°
11:35:00	55.91°	111.21°
11:40:00	56.78°	112.56°
11:45:00	57.64°	113.96°
11:50:00	58.49°	115.42°
11:55:00	59.32°	116.93°
12:00:00	60.15°	118.51°

TABLA II. DATOS DE LA ELEVACIÓN Y AZIMUT DESDE LAS 11:00 A LAS 12:00 HORAS LT. FUENTE: https://www.suneartHtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

Sombra

La longitud de la sombra (tabla III) en el mapa está normalizada, y la dirección es la opuesta al azimut. La medida de la longitud de la sombra, depende de la altura del obstáculo y de la elevación del Sol. La fórmula es:

longitud de la sombra = altura del objeto/tan (elevación del Sol)

Se puede observar en la tabla III que para una chimenea de 10 metros tenemos que la longitud de la sombra es 7,96 metros para una elevación de 51,47º y azimut de 105,08º.

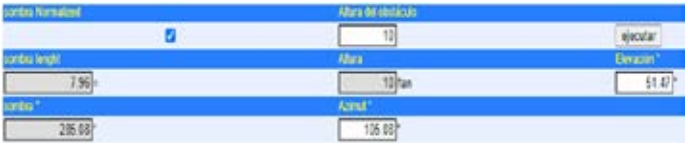

TABLA III. LONGITUD DE LA SOMBRA DE LA CHIMENEA PARA EL DÍA 21 DE JUNIO DE 2020 A LAS 11:10 HORAS LT. FUENTE: https://www.suneartHtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

Ecuación de la posición del Sol

El cálculo de la posición del Sol está basado en las ecuaciones que J.J. Michalsky muestra en *Astronomical Algorithms*(Solar Position Algorithm - Michalsky, Joseph J. 1988. *The Astronomical Almanac's algorithm for approximate solar position* (1950-2050)). La precisión es de 0,01 grados, los valores observados pueden variar con respecto a los cálculos dado que dependen de: la composición de la atmósfera, la temperatura, la presión y otras condiciones. Para reducir la refracción atmosférica al alba y al ocaso, asumimos -0,833 grados en el valor calculado.

SOLSTICIO DE VERANO DESDE LA PLAZA DIDÓ

Cerca de la calle de la Rasa en Terrassa en el espacio que ocupaba el antiguo vapor, en 1993 se arregló la plaza dedicada al titiritero terrasense Ezequiel Vigués (1880-1960), conocido con el apodo de Didó. Sólo se conservaron la cuadra de los tintes, ahora Sala Muncunill y la antigua chimenea (coordenadas: 41°33'50,3712"N 2°0›37,08"E), que era anterior al edificio modernista de Lluís Muncunill; de hecho, fue construida en 1900,

FIGURA 9. LA PLAZA DIDÓ EN LOS AÑOS 80, ANTES DE SER REMODELADA. FUENTE: DIARI MÓNTERRASSA (JAUME VALL-AMAT).

cuando el originario Vapor Amat lo ocupaba en régimen de alquiler la fábrica Sala Hermanos, que más adelante fue sustituida por la Manufactura Textil, conocida popularmente como Ca La Izard. Destinado a los tintes en el sector textil en el último tercio del siglo XIX, la nave fue reformada por el arquitecto Lluís Muncunill el año 1921 y el año 1982 por el arquitecto Francisco Barcardí, para convertirse en sala de exposiciones (Marín y Limiñana, 2007).

La chimenea (figuras 9 y 10), en medio de la plaza, es de base cuadrada y fuste troncocónico, de 10 metros de altura; en 1987 fue recortada. Como curiosidad, hay que hacer notar la señalización metálica (figuras de la 11 a la 14) en el pavimento de la plaza Didó, que indica la silueta de la sombra que hace la chimenea a las 9 de la mañana (hora solar, a las 11 horas local (LT)) del solsticio de verano (ver figura 16).

FIGURA 10. CHIMENEA DE LA PLAZA DIDÓ CON SU ORIENTACIÓN (COORDENADAS: 41°33'50.3712"N 2°0'37.08"E). SE PUEDEN APRECIAR EN LA IMAGEN LAS PLACAS METÁLICAS SOBRE EL SUELO DE LA FORMA DE LA CHIMENEA.

El arquitecto de la remodelación Francisco Bacardí, exponía en el proyecto de remodelación: «*Se plantea la recuperación de la chimenea*

FIGURA 11. LAS PLACAS METÁLICAS SOBRE EL SUELO CON LA FORMA DE LA CHIMENEA.

FIGURA 12. ÍDEM QUE FIGURA 11.

FIGURA 13. ÍDEM QUE FIGURA 11.

FIGURA 14. ÍDEM QUE FIGURA 11.

original. Ante las dificultades constructivas de una recuperación material, se ha optado por una recuperación más sutil que consiste en marcar sobre el pavimento de la plaza mediante un perfil de metal empotrado, el perímetro de la obra que la chimenea lanzaría sobre el suelo en el solsticio de verano a las 9 de la mañana». Según recoge el historiador Joaquim Verdaguer en su blog [1].

Durante el 27 de mayo y el 21 de junio de 2020 si hizo una observación de la sombra de la chimenea sobre las placas metálicas:

27 de mayo de 2020 a les 11:00 horas LT

En la figura 15 se puede ver la sombra del 27 de mayo de 2020 a les 11:00 horas LT que no coincide la sombra sobre las placas metálicas con la forma de la chimenea.

21 de junio de 2020 a las 11:10 horas LT

El 21 de junio un poco más de las 11:00 horas LT concretamente a las 11:10 horas LT (ver figura 16) se puede observar como la sombra coincide con las placas metálicas sobre el suelo. Según la tabla II a las 11:10 horas LT se tiene una elevación de 51,47º y un azimut de 105,08º.

BIBLIOGRAFÍA

Ajuntament de Terrassa. *Projecte bàsic d'execució remodelació plaça Didó*. Exp, d'Obres Públiques 13/ 92 (1). Arxiu Històric Comarcal de Terrassa.

Cooper, P.I. (1969). The absorption of radiation in solar stills. *Solar Energy*, vol. 12, pp. 333 - 346.

Marín O., Limiñana C. (2007). *Masia Freixa, Sala Muncunill. Estudi històric i anàlisi comparatiu.* UPC (Universitat Politècnica de Catalunya).

[1] blog de Joaquim Verdaguer i Caballé. *http://joaquimverdaguer.blogspot.com/2015/07/la-placa-dido-i-el-solstici-estiu_25.html*

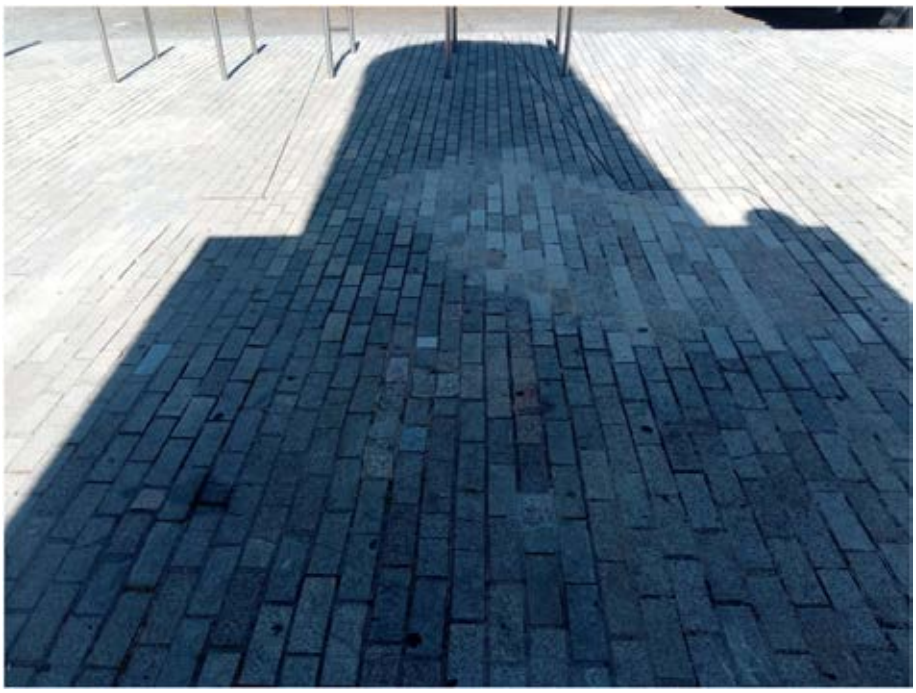

FIGURA 15. SOMBRA DE LA CHIMENEA SOBRE LAS PLACAS METÁLICAS DEL DÍA 27 DE MAYO DE 2020 A LAS 11:00 HORAS LT.

FIGURA 16. SOMBRA DE LA CHIMENEA SOBRE LAS PLACAS METÁLICAS DEL DÍA 21 DE JUNIO DE 2020 A LAS 11:10 HORAS LT.