

NOTA BREVE

APROXIMACIONES PARA LA VARIACION ANUAL DE LA DECLINACION SOLAR, LA DISTANCIA SOL - TIERRA Y LA ECUACION DEL TIEMPO

Humberto Fuenzalida P.

1. GENERALIDADES.

La estimación de la radiación solar incidente en el tope de la atmósfera para un lugar, fecha y hora determinados es necesaria en numerosos estudios de climatología aplicada y pura. Su cálculo requiere de información que normalmente se obtiene de gráficos y tablas: declinación solar y distancia tierra-sol. Algo similar sucede con la duración del día o las horas de salida y puesta del sol que se usan además de la ecuación del tiempo. Los cálculos necesarios para las estimaciones, siendo sencillos, resultan tediosos si se deben repetir para varios lugares, fechas y horas lo que hace recomendable el uso de un pequeño programa de computación que ojalá sea apropiado para calculadoras simples. Aun en el caso de computadores resulta cómodo contar con expresiones analíticas, obtenidas de un ajuste a las tablas o gráficos, que entreguen los valores de la declinación solar, la distancia sol-tierra y la ecuación del tiempo como funciones de la fecha. En esta nota se ofrecen desarrollos de Fourier truncados para estos parámetros.

2. METODO DE AJUSTE.

Los valores originales de las variables se obtuvieron de las Tablas Meteorológicas de la Smithsonian Institution (List, 1963), Tabla 169. En ella se ofrecen valores para los días 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25 y 29 de cada mes. Sin embargo, sólo se seleccionaron los días 1°, 9 y 21 de cada mes. Debido a la diferente duración de los meses estos valores no son equidistantes en el tiempo y no se prestan para un análisis de Fourier convencional. Por este motivo se procedió a ajustar una spline cúbica periódica a los datos; obteniéndose de ella 36 valores equidistantes los cuales se sometieron a un análisis de Fourier convencional.

3. RESULTADOS.-

Los desarrollos obtenidos son de la forma

$$x(t) = A_0 + 2 \sum_{n=1}^N (A_n \cos nft' + B_n \text{sennft}') \quad (1)$$

donde la frecuencia f vale $2\pi/365$. El tiempo t' se cuenta a partir de la mitad del año calendario y está expresado en días. Si t representa el día calendario, entonces $t' = t - 365/2$.

- a) Declinación solar: expresada en grados, con una truncación $N = 3$ se obtuvo el máximo de dígitos estables en precisión simple. El error absoluto máximo es de $\pm 0.02^\circ$ y la suma cuadrática de los coeficientes ajusta a la varianza de la serie regular con un error de 10^{-5} ; los coeficientes obtenidos son:

n	A_n	B_n
0	0.39673	---
1	11.48943	-1.81547
2	-0.19341	0.01947
3	0.07928	-0.03858

- b) Distancia sol-tierra: Se representa como la razón entre la distancia desde el centro de la tierra al centro del sol y el semieje mayor de la órbita terrestre. Sus variaciones, sumando tres armónicos, entrega una precisión absoluta de 0.0001 y la suma cuadrática difiere de la varianza de la serie igualmente espaciada en menos de 10^{-5} ; sus coeficientes son:

n	A_n	B_n
0	1.00015	---
1	0.00835	0.00046
2	-0.00075	-0.00014
3	0.00005	0.00002

- c) Ecuación del tiempo: [minutos]. Un sólo armónico entrega valores con un error menor de 1 min. Para reducir el error en un orden de magnitud se requieren 4 armónicos. Las sumas cuadráticas difieren de la varianza en 0.1 y 0.01, respectivamente. Los coeficientes son:

n	A_n	B_n
0	-0.00078	---
1	-0.27452	3.67072
2	-1.51248	-4.73513
3	0.04029	0.16397
4	-0.06393	-0.09680

En la mayor parte de los trabajos climáticos aplicados existen otras fuentes de error que hacen innecesario considerar las variaciones en la distancia tierra-sol y la ecuación del tiempo. En ellos la variación de la declinación queda bien representada con sólo dos armónicos.

REFERENCIA.-

LIST, R.J., 1963: Smithsonian Meteorological Tables. Smithsonian Institution, Washington, 527 pp.