

DETECCIÓN DE LARGOS PERIODOS EN LOS ELEMENTOS MAGNÉTICOS DEL OBSERVATORIO DE PILAR CÓRDOBA

Julio C. Gianibelli (1) y Esteban Cabrera (2)

(1) Departamento de Geomagnetismo y Aeronomia, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas.
Universidad Nacional de La Plata . Paseo del Bosque S/N, 1900, La Plata, Argentina. TE:
(0221)4236593/4 ext 132.

Email: geofisicogianibelli@yahoo.com.ar

(2) Servicio Meteorológico Nacional, Ministerio de Defensa. Email : geof_jef@yahoo.com.ar

RESUMEN

Las bases mundiales que colectan los valores medios anuales (VMA) de los elementos magnéticos determinados en la red Observatorios Permanentes, constituye una de las fuentes de información para los estudios de las componentes de baja frecuencia. Para ello es importante contar con extensas series temporales como las del Observatorio Magnético de Pilar Córdoba (Lat: -31° 40'; Long: 63°53' Oeste). La metodología utilizada consistió en aplicar un análisis espectral por el Método de Máxima Entropía, basado en el algoritmo de Burg, a los residuos obtenidos respecto de la recta de mejor ajuste a los VMA. La información disponible cubrió el intervalo comprendido entre 1905.5 hasta 2009.5, siendo los elementos analizados la Declinación (D en minutos de arco: min) e Inclinación (I en minutos de arco: min) magnéticas, las componentes Horizontal (H) y Vertical (Z) en nanoTeslas, y la Intensidad Total del Campo (F) en nanoTeslas. La varianza (var) de los residuos de los elementos analizados fueron las siguientes: varD=252.5(min²); varI=1388.7(min²); varH=10003.6nT²; varZ=48469.9nT²; y varF=6816.7nT². La longitud del filtro predictor de error para la detección de los períodos presentes en las series fue del 15 al 90% de cubrimiento de la cantidad total de datos. Los períodos detectados para D fueron 107.8; 81.9; 41; 28.1; y 16.4 años; para I, 107.8; 53.9; 41.8; 27.3 y 16.3 años; mientras que para H se detectó: 97.5; 62.1; 43.6; 24.7 y 21.3 años; para Z: 107.8; 51.2; 40.2; 28.4 y 18.9 años; y finalmente para F: 85.3; 66.1; 38.6; 25.2 y 21.3 años. Los períodos hallados mayores de 30 años podrían corresponder a variaciones del campo producido por el Geodinamo residente en el Núcleo externo de la Tierra. Los períodos comprendidos entre 29 y 21 años corresponderían a un proceso de modulación solar sobre los valores medios anuales de la misma manera que el periodo de 16.4 años. En cambio el ciclo de 18.9 años estaría relacionado con el período de marea Lunar de 18.6 años. Se determinaron las amplitudes y fases de cada periodo en cada una de las series analizadas mediante un modelo lineal no armónico, resultando al efectuar la simulación de las series un error medio cuadrático (rms) del ajuste los siguientes valores: rms(D)=0.7min; rms(I)=3.5min; rmsH=10.4nT; rmsZ=14.4nT y rmsF=10.5nT. Se concluye que la metodología aplicada y el modelo son apropiados para este análisis de detección de largos períodos.

Palabras clave: Geomagnetismo, Observatorio de Pilar, largos períodos, máxima entropía, geodinamo

ABSTRACT

World Data Centers which collect annual mean values (VMA) of magnetic elements determined at Magnetic Observatories Network are one of the information sources to study low frequency components. For it is important to have available long time series as the belonging to Pilar Magnetic observatory (Lat: -31° 40'; Long: 63°53' W), in Cordoba Province. The applied methodology consisted of applying a spectral analysis by the Maximum Entropy Method, based on the algorithm of Burg, to the residues obtained with respect to the straight line of better adjustment to the VMA. The information available covered the interval between 1905.5 up to 2009.5, being the analyzed elements the Magnetic Declination (D, in minutes of arc: min) and Inclination (I, in minutes of arc: min), the Horizontal (H) and Vertical (Z) components in nT, and the Total Intensity of the Field (F) in nT. The variance (var) of the residues of the analyzed elements was the following: varD=252.5 min²; varI=1388.7 min²; varH=10003.6 nT²; varZ=48469.9 nT²; and varF=6816.7 nT². The length of the error predicting filter for the detection of the present periods in the series went from the 50 to the 100% of covering of the total amount of data. The periods detected for D were 107.8; 81.9; 41; 28.1; and 16.4 years; for I, 107.8; 53.9; 41.8; 27.3 and 16.3 years; whereas for H it was detected: 97.5; 62.1; 43.6; 24.7 and 21.3 years; for Z: 107.8; 51.2; 40.2; 28.4 and 18.9 years; and finally for F: 85.3; 66.1; 38.6; 25.2 and 21.3 years. The found periods greater than 30 years could correspond to variations of the field produced by the resident Geodynamo in the External Core of the Earth . The periods between 29 and 21 years would correspond to a solar process of modulation on the annual average values in the same way that the period of 16.4 years. However the cycle of 18.9 years would be related to the period of lunar tide of 18.6

years. The amplitude and phases of every period in each one of the analized series were determined by means of nonharmonic linear model, resulting after carrying on the simulation of the series the following quadratic mean error (rms) of the adjustment: rmsD=0.7 min; rmsI=3.5 min; rmsH=10.4 nT; rmsZ=14.4 nT and rmsF=10.5 nT. It is concluded that the applied methodology and the model are appropriate for this analysis of detection of long periods.

Keywords: Geomagnetism, Pilar Observatory, long periods, maximum entropy, geodynamo.

INTRODUCCION

El Observatorio Magnético de Pilar (PIL) (Lat: $-31^{\circ} 40'$; Long: $63^{\circ} 53' O$) dependiente del Servicio Meteorológico Nacional, es el mas antiguo de los Observatorios Magnéticos Permanentes (OMP) del continente de América Latina de registros continuos y produciendo VMA desde 1905 al presente. El sistema de registro de las variaciones es analógico con determinación de línea base por medio de magnetómetros cuasi absolutos de interacción de imanes con campo (Parkinson, 1983). En la figura 1 se muestra la posición de PIL, La Quiaca (LQA) e Islas Orcadas (ORC). También se muestra su ubicación respecto de las Isodinas de F calculadas por medio del modelo de Campo Geomagnético Internacional de Referencia (IGRF), que muestra la existencia de una gran anomalía llamada Anomalía Magnética de América del Sur (AMAS), donde PIL y LQA se encuentran en su foco.

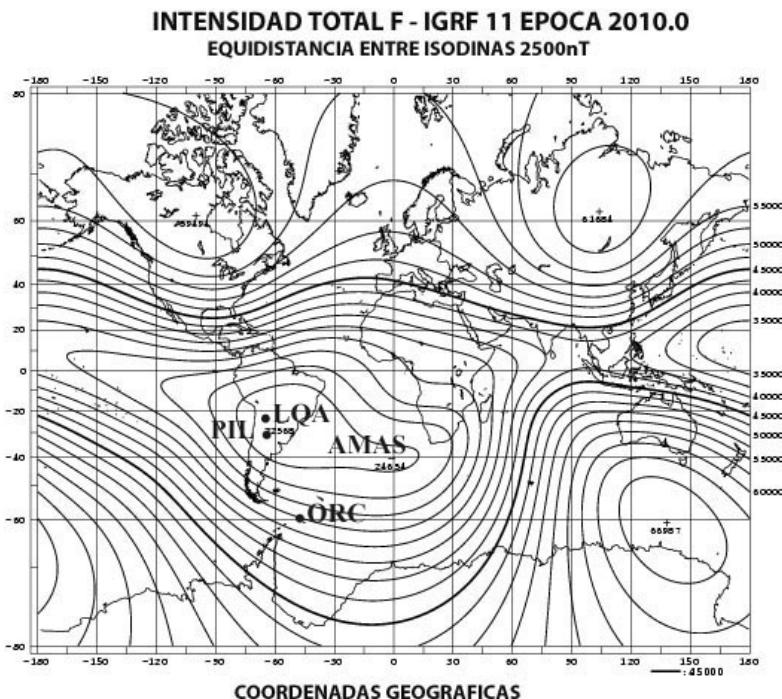


Figura 1: Ubicación Geográfica de los OMP del SMN y AMAS.

El estudio de la estructura espectral de las series de tiempo de los elementos magnéticos caracterizadas por los VMA, permite evaluar los aportes de los períodos mayores que 2 años y determinar su amplitud y fase para su simulación por medio de modelos matemáticos. El objetivo de este estudio es determinar para el OMP de PIL la estructura espectral de las series de VMA en el intervalo comprendido entre 1905 y 2009.

La información de las series de tiempo de los VMA correspondientes a los elementos magnéticos analizados son la Declinación (D), Inclinación (I), Componentes Horizontal (H), Vertical (Z) e Intensidad total (F) y fueron obtenidas de la facilidad de la red Internet : http://www.geomag.bgs.ac.uk/gifs/annual_means.shtml

Se aplicó el método de Análisis Espectral por Máxima Entropía (AEME) utilizando el algoritmo de Burg (Ulrych, and Bishop 1975; Wu 1977) a los residuos obtenidos luego de sustraer la recta de mejor ajuste a D, H, Z, F e I. De este análisis se obtuvieron los períodos presentes en las series temporales y se verifica su verosimilitud por medio de un modelo aditivo con períodos no armónicos. El método de evaluación de las amplitudes y fases es por ajuste de este modelo aditivo por mínimos cuadrados cuyos errores se obtienen por medio de la diagonal principal de la inversa de la matriz de varianza –covarianza. La figura 2 muestra el diagrama de aplicación del AEME, donde S(t) representa la serie de residuos de los elementos magnéticos analizados.

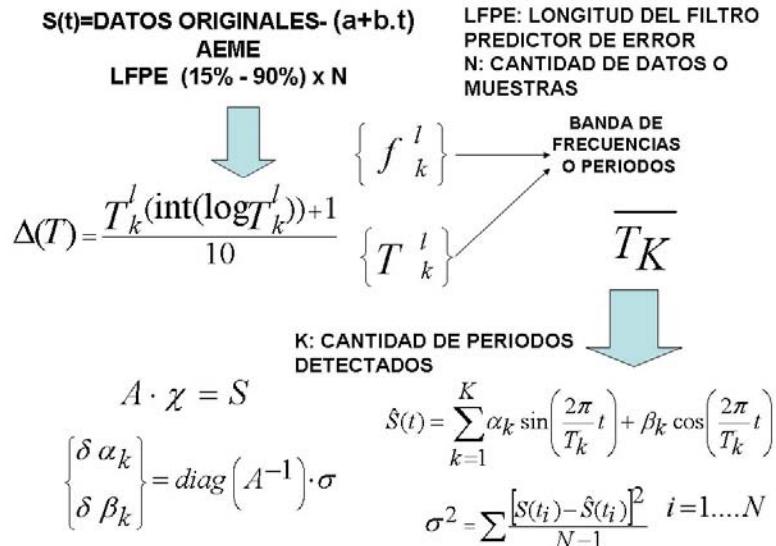


Figura 2: diagrama de procedimiento de cálculo mediante el AEME de las amplitudes, fases y sus errores, de los períodos detectados.

La varianza (var) de los residuos de los elementos analizados fueron las siguientes: varD=252.5(min²); varI=1388.7(min²); varH=10003.6nT²; varZ=48469.9nT²; y varF=6816.7nT². Los resultados se muestran en la tabla 1 donde se presenta el periodo T_k, su amplitud, fase y errores de las mismas.

DECLINACION D

PERIODO	AMPLITUD	ERROR	FASE	ERROR
años	min.	min.	rad.	rad.
107.79	14.98	0.28	5.03	0.01
81.92	14.37	0.26	2.73	0.02
40.96	4.57	0.12	0.22	0.02
28.05	2.30	0.11	4.89	0.05
22.26	1.77	0.12	5.93	0.07
16.38	1.14	0.11	0.14	0.07

RMS=0.69 min.

COMPONENTE HORIZONTAL H

PERIODO	AMPLITUD	ERROR	FASE	ERROR
años	nT	nT	rad.	rad.
97.52	127.04	3.39	4.65	0.01
62.06	97.21	3.21	4.85	0.04
43.57	46.04	2.63	5.01	0.07
30.57	22.31	1.85	4.70	0.09
24.67	33.56	2.18	4.69	0.06
21.33	18.93	1.94	4.71	0.11

RMS=10.41nT

COMPONENTE VERTICAL Z

PERIODO	AMPLITUD	ERROR	FASE	ERROR
años	nT	nT	rad.	rad.
107.79	266.72	2.19	4.71	0.01
51.20	161.39	2.96	4.84	0.02
40.16	62.45	2.69	4.84	0.05
28.44	13.74	2.86	5.72	0.21
18.96	15.26	2.20	4.82	0.15

RMS=14.35nT

INTENSIDAD F

PERIODO	AMPLITUD	ERROR	FASE	ERROR
años	nT	nT	rad.	rad.
85.33	109.75	2.88	0.09	0.02
66.06	92.04	2.81	3.06	0.03
38.64	14.25	2.03	5.88	0.15
25.28	14.12	1.59	3.14	0.12
21.33	21.95	2.15	2.51	0.10

RMS=10.49nT

INCLINACION I

PERIODO	AMPLITUD	ERROR	FASE	ERROR
años	min.	min.	rad.	rad.
107.79	49.51	0.63	4.49	0.01
53.89	22.68	0.79	4.42	0.02
41.80	9.26	0.86	4.23	0.03
27.31	1.75	0.60	4.48	0.21
16.25	2.06	0.62	1.90	0.30

RMS=3.45 min.

Tabla 1

Las figuras 3 a 7 muestran los datos y la síntesis con los períodos detectados en la Tabla1.

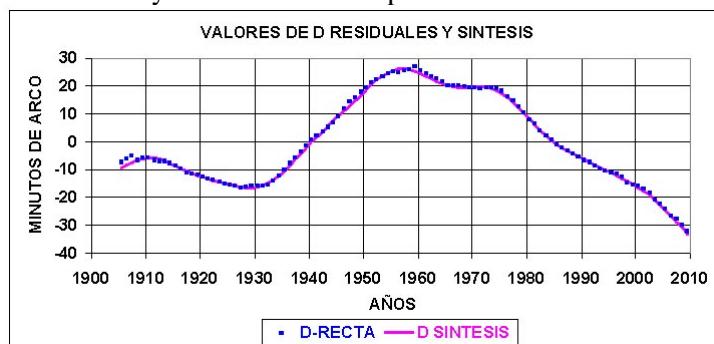


Figura 3: Declinación D.

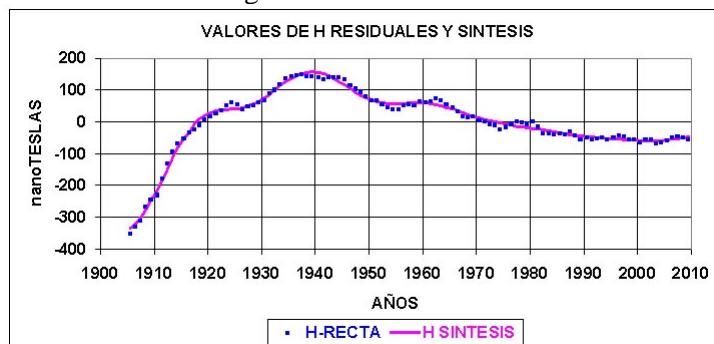


Figura 4: Componente Horizontal H.



Figura 5: Componente vertical Z.

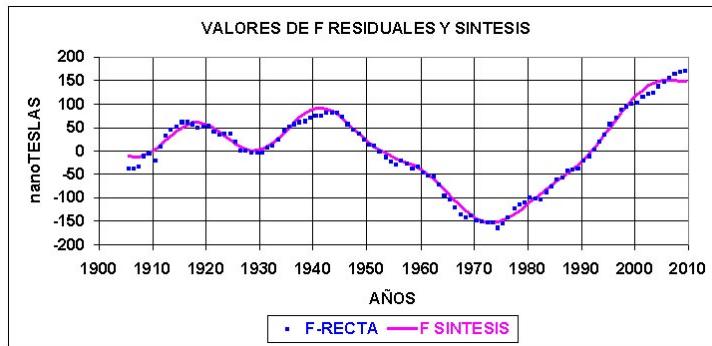


Figura 6: Intensidad Total del Campo F.

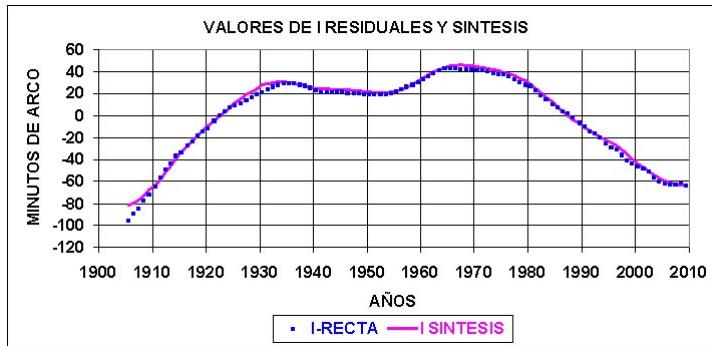


Figura 7: Inclinación I.

En estos resultados se tiene periodos de 16 a 19 años que estarían vinculados con la onda lunar del nodo ascendente de la Luna de 18.6 años. De 21 a 29 años relacionadas al doble ciclo solar, e inversión del campo magnético del sol. Y periodos mayores a los 29 años relacionados con fuentes internas producidas por el Geodínamo residente en el núcleo externo de la Tierra (Jacobs 1971)

CONCLUSION.

La metodología utilizada es la apropiada para delimitar las bandas de origen externo y las origen interno que permiten determinar los efectos periódicos de las fuentes sobre el geosistema, su amplitud, fase y errores en el modelado de las series temporales. Estos resultados permiten su correlación con otras series temporales de índices de actividad, longitud del día y cambio en el momento magnético dipolar terrestre objeto de estudios futuros.

REFERENCIAS

- Jacobs J.A. 1971. The Earth's Core. Academic Press. Pp:267-282.
- Parkinson W. D. 1983. Introduction to Geomagnetism. Scottish Academic Press. Edinburgh. Pp. 1-433.
- Ulrych, T. J. And T. N. Bishop. 1975. Maximun Spectral Analysis and Autoregressive Decomposition. Reviews of Geophysics and Space Physics, Vol 13 N 1. Pp: 183-200.
- Wu N., 1977. The Maximum Entropy Method. Springer. Pp 1 – 327.