

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS ASTRONOMICAS Y GEOFISICAS
DEPARTAMENTO DE GEOMAGNETISMO Y AERONOMIA**

**EFFECTO DE LAS VARIACIONES TRANSITORIAS DEL CAMPO
MAGNETICO TERRESTRE REGISTRADO EN LOS OBSERVATORIOS
MAGNETICOS DE TRELEW E ISLAS ARGENTINAS SOBRE LOS
REGISTROS DEL POTENCIAL EN EL GASODUCTO ESTRECHO DE
MAGALLANES, ARGENTINA.**

**INFORME TECNICO
POR JULIO CESAR GIANIBELLI Y NICOLAS QUAGLINO**

RESUMEN. Se presenta un análisis de correlación del potencial inducido en el gasoducto del Estrecho de Magallanes para la empresa Loxx System, con la finalidad de observar los efectos de la interacción de los eventos solares, las variaciones magnéticas y el potencial inducido.

INTRODUCCION

Las variaciones temporales registradas en los observatorios magnéticos permanentes cubren un amplio rango de períodos, desde las micropulsaciones de décimas de segundos hasta la llamada “variación secular” secular que involucra los cambios de polaridad magnética y excursiones con mas de 10.000 años de posible periodicidad.

Las observaciones de potencial realizadas por la empresa LOXX System en la margen costera, de Tierra del Fuego y en el mar; y en la margen continentales la provincia de Santa Cruz en la zona de Río Gallegos, también en costa y en mar. Estas determinaciones de potencial medido cada 1 minuto, permitieron dentro del intervalo involucrado en las mediciones (1 al 6 de Abril de 2007) analizar los efectos de las variaciones transitorias producidas por los sistemas de corrientes equivalentes residentes en la cavidad magnetosférica y en la ionósfera. Para este estudio, se seleccionaron dos Observatorios: Trelew (en el continente patagónico) e Islas Argentinas (en la Península Antártica). El primero muestra el efecto principal de los efectos diurnos de las corrientes ionosféricas y los transitorios de las corrientes magnetosféricas, mientras que el segundo muestra los efectos de los sistemas de corrientes ionosféricas del casquete polar, las corrientes alineadas con el campo y del electrochorro polar austral. Este observatorio antártico como otros muestran en sus registros de los efectos colectivos de los sistemas de corrientes ionosféricas y corrientes de origen particulada proveniente de la interacción del viento solar con el campo magnético terrestre que penetran hasta niveles de los 60km de altitud por efectos de corrientes alineadas con el campo magnético terrestre.

En la figura 1, se muestra la ubicación de los Observatorios magnéticos de Trelew (TRW) e Islas Argentinas (AIA), en conjunto con la región de registro de potencial en gasoducto en costa y en terrado en el estrecho de Magallanes.

La figura 2, muestra la cavidad magnetosférica y sus sistemas de corrientes equivalentes producto de la interacción Viento Solar – Campo Magnético Terrestre. Estos sistemas de corrientes equivalentes se producen por la acción colectiva de partículas del viento solar que penetran en la cavidad magnetosférica que a su vez es el resultado de la interacción del viento solar que viaja a velocidades hipersónicas, y deforma el campo principalmente bipolar de la Tierra. Una vez que estas partículas penetraron en la

cavidad magnetosférica son gobernadas por la estructura del campo magnético terrestre.

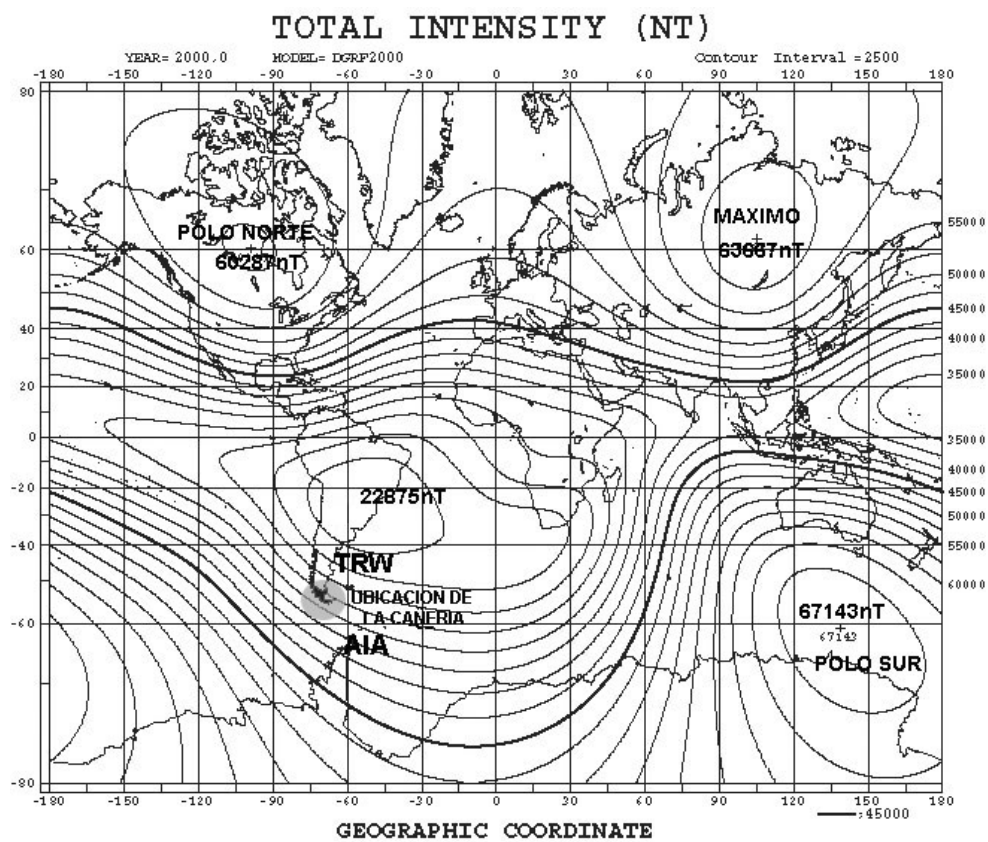


Figura 1

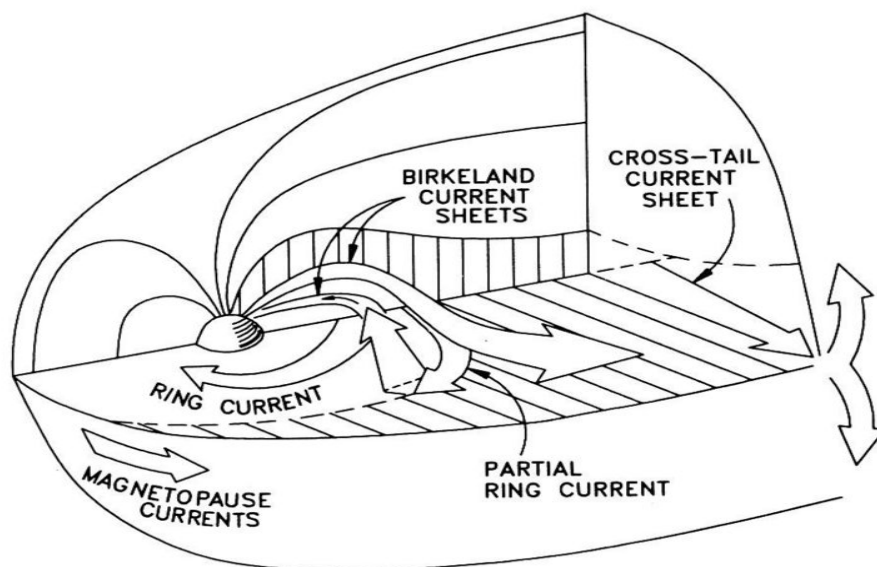


Figura 2

Una estructura diferente es la actividad que se registra a niveles Ionosféricos donde la acción fotoionizante del Sol en conjunto con su acción térmica y gravitatoria del Sol y la Luna, y las ondas de gravedad provenientes de la atmósfera baja, generan oscilaciones de período diurno y semidiurno del gas ionizado del lado iluminado por el sol, mientras que en lado nocturno se produce recombinación parcial del gas ionizado. Estas oscilaciones de iones por un lado y electrones libres por el otro se desarrollan entre los 60km y 350km de altura, donde el campo magnético terrestre regula sus movimientos, produciendo un efecto magnético en superficie por esta acción colectiva de iones y electrones, registrada en los observatorios magnético denominada variación diurna o variación solar regular (que incluye el efecto lunar que es de muy poca amplitud). Este fenómeno se produce entre las latitudes de $+60^\circ$ a -60° de latitud. La región restante, entre $+60^\circ$ y $+90^\circ$, y entre -60° y -90° de latitud se denomina región ionosférica polar austral y boreal o casquetes polares ionósfero-magnetosféricos ya que es la región donde ingresan y salen las líneas del campo dipolar de la Tierra y los efectos solares y lunares ante dichos, se mezclan con ionización particulada proveniente del viento solar. La altura donde tienen los efectos de estas sistemas combinados de corrientes es ahora desde los 60km has 1600km de altura, donde además se desarrollan los eventos aurorales. Las regiones polares tienen también una pronunciada variación estacional de los fenómenos, a comparación de los observados entre las latitudes de $+60^\circ$ a -60° . Esta distribución de corrientes se puede observar en la figura 3.

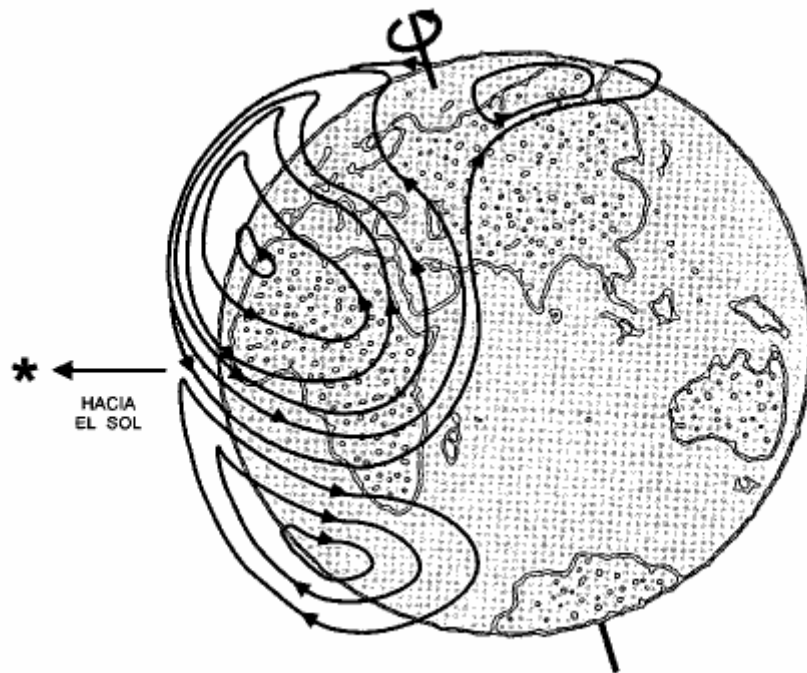


Figura 3

ANALISIS DE LOS DATOS.

Las observaciones del potencial cañería-suelo fueron provistas por la Empresa LOXX-Service, mientras que los valores de las variaciones de la intensidad total del campo magnético terrestre F fueron provistas por el Observatorio Magnético de Trelew e Islas Argentinas para los días comprendidos entre el 1° al 5 de Abril inclusive. La figuras 4 y 5 muestran los registros de potencial realizados en la zona de Río Gallegos y Tierra del Fuego en Costa y en el gasoducto en Mar y su comparación con los registros en TRW.

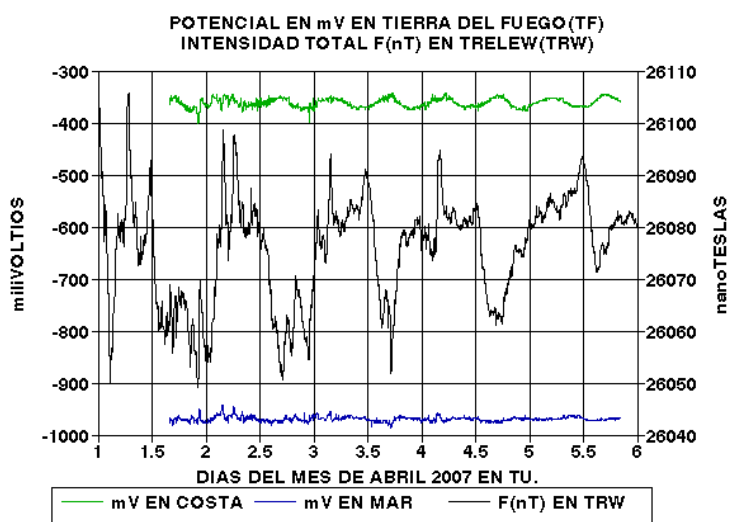
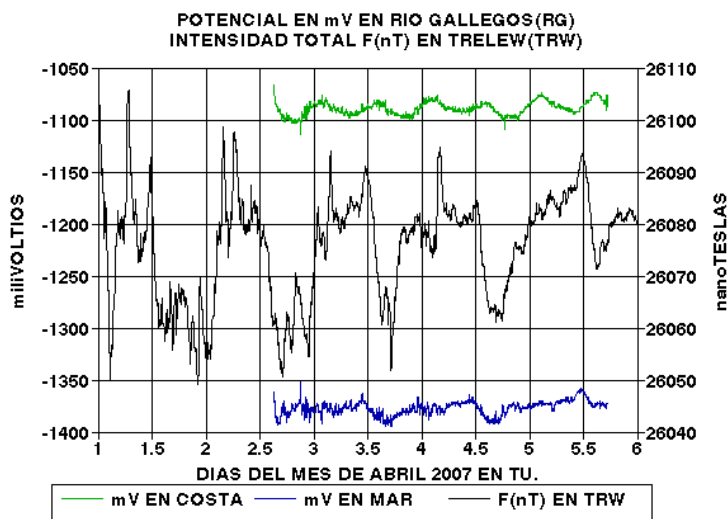


Figura 4



Fifura 5

Uno de los aspectos importantes de la región donde se encuentra el gasoducto que cruza el estrecho de Magallanes es que se encuentra en el límite donde los sistemas de corrientes ionosféricas producidas por la fotoionización solar se encuentran con los sistemas de corrientes equivalentes de la capa polar sur donde su generación es diferente a la anterior. Por lo tanto es esperable perturbaciones magnéticas de mayor intensidad y variabilidad en frecuencia. Esto es observable en la figura 6 donde los valores relativos del campo registrado en AIA y TRW son contrastados con las variaciones de los parámetros del viento solar de densidad y velocidad determinados por la sonda ACE en el punto de libración L1 situado a 1.5×10^6 km. de la Tierra.

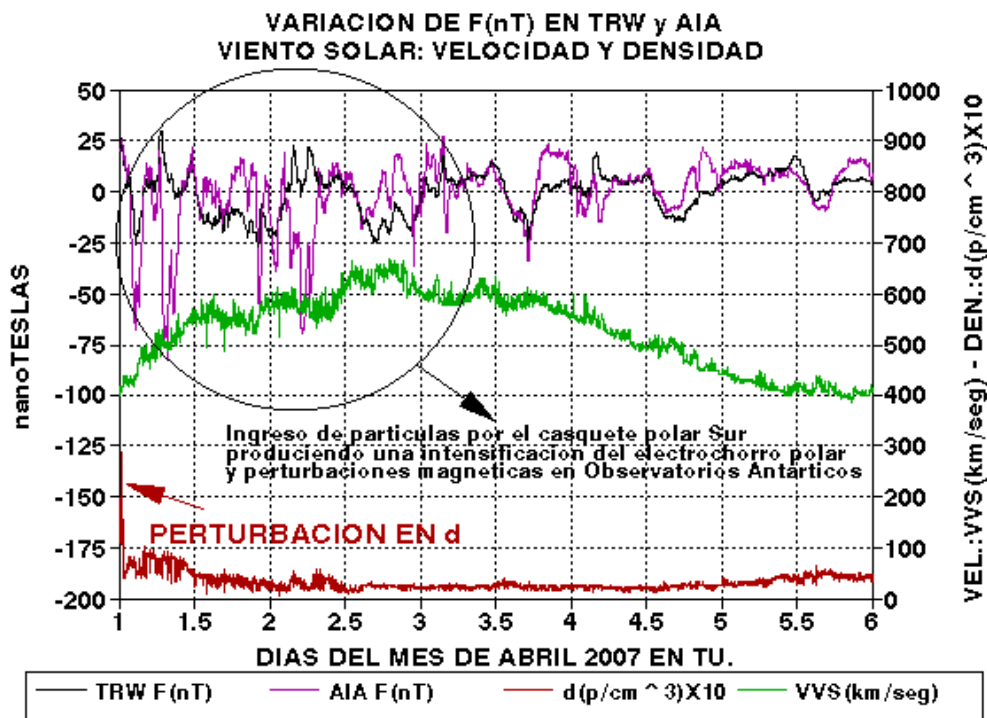


Figura 6

Esto se comprueba con la comparación de los registros de las variaciones del potencial en Tierra del Fuego con el de la intensidad total registrada en AIA como lo muestra la figura 7. En las figuras 8 y 9 se muestran las variaciones relativas del potencial registrado en Tierra del fuego y Río Gallegos en costa y mar.

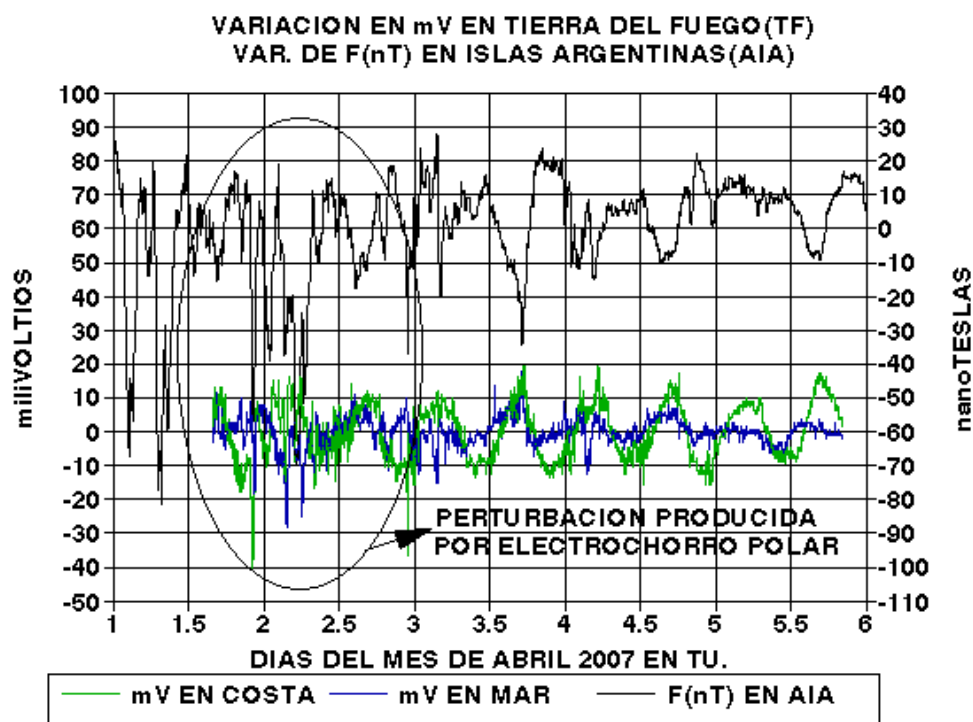


Figura 7

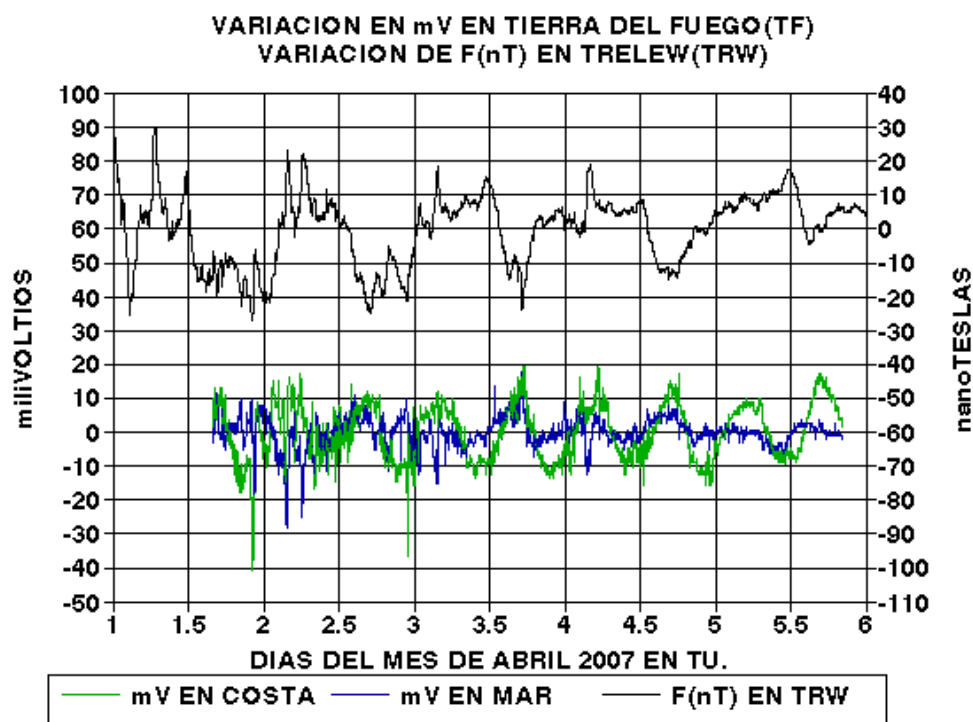


Figura 8

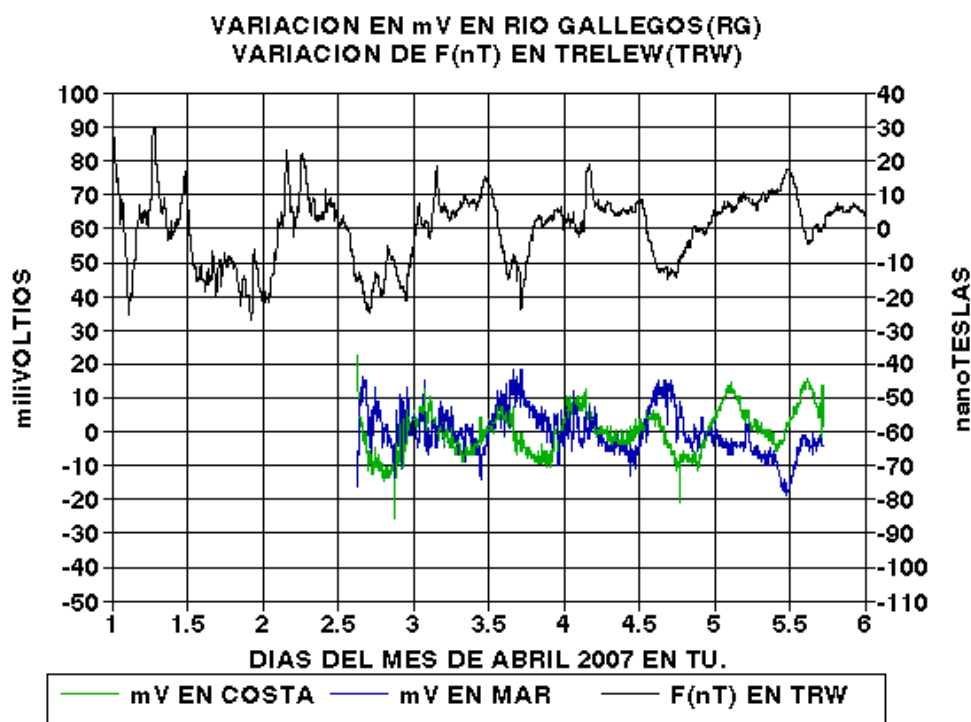


Figura 9

De los datos graficados puede observarse que una respuesta a la perturbación de origen solar el día 1 y 2 de Abril de 2007 se manifiesta en el potencial registrado en Tierra del Fuego, tanto en costa como en mar. Los días 3, 4 y 5 son de carácter regular, tendientes a manifestar la variación diurna magnética registrada tanto en Tierra del Fuego como en Río Gallegos. A este respecto para analizar la información suministrada por la Empresa LOXX, y las series temporales de F en TRW y AIA se procedió a utilizar dos metodologías de análisis de series de tiempo congruentes:

- Para los días regulares 3 y 4 de Abril de 2007 se utilizó análisis armónico clásico con el fin de determinar las armónicas predominantes.
- Para todas las series temporales análisis espectral por medio de Transformada Rápida de Fourier y reconstrucción de la serie por medio de un filtro pasa bajo.

RESULTADOS.

A) ANALISIS ARMONICO DE LOS DIAS 3 Y 4 DE ABRIL DEL POTENCIAL E INTENSIDAD F DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE.

Para ello se utilizó un software en Fortran 77 disponible en el Departamento de Geomagnetismo y Aeronomía, y se analizó cada una de las series temporales consistentes en 1440 minutos cada una. Las series analizadas fueron: potencial registrado en costa y mar en Tierra del Fuego y Río Gallegos e Intensidad total del campo magnético registrado en TRW y AIA. A cada serie se le sustrajo la tendencia y sobre el residuo se aplicó dicho análisis armónico obteniendo como resultado la amplitud y fase de 12 armónicas. Resultando ser la más armónica predominante la amplitud de la onda semidiurna como se observa en las figuras 10 a 17

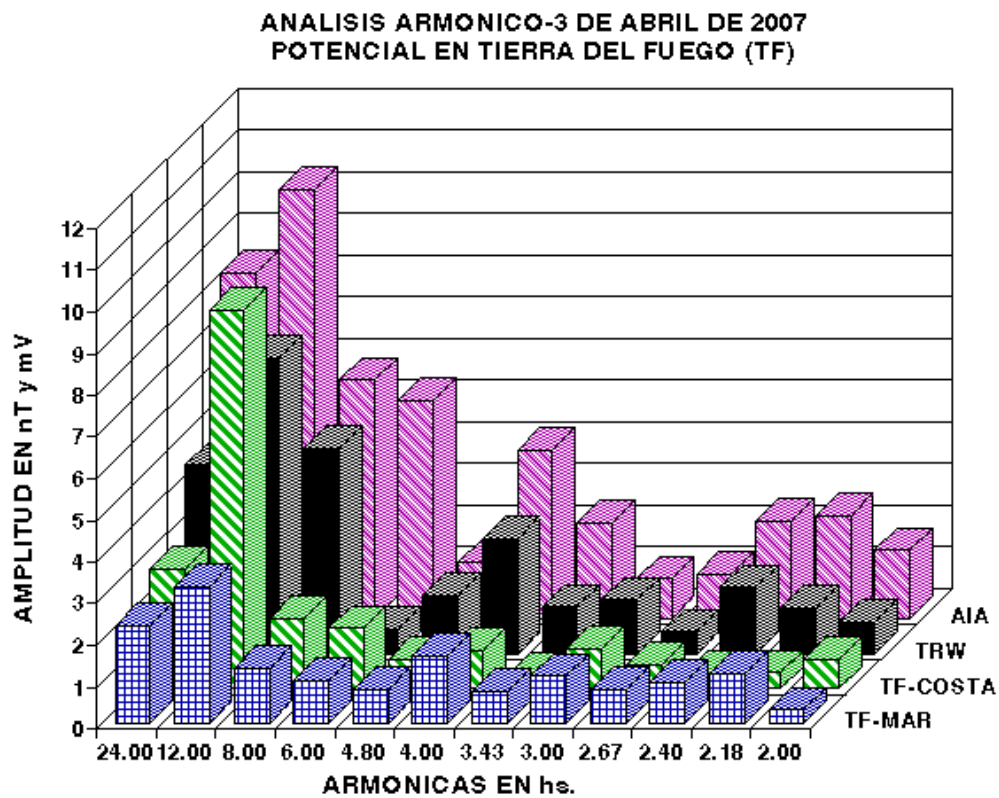


Figura 10

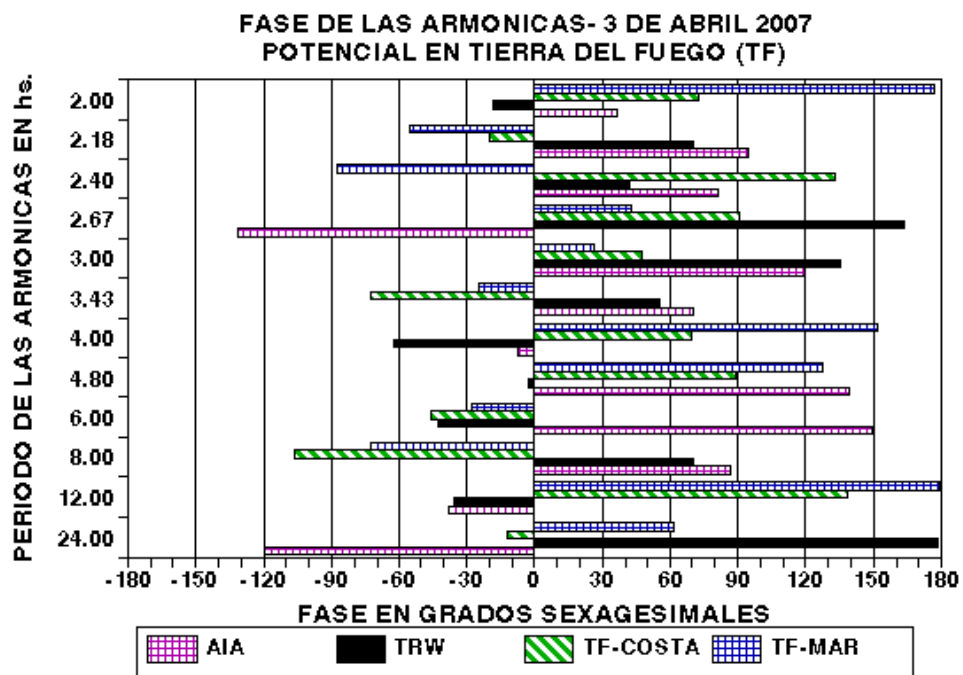


Figura 11

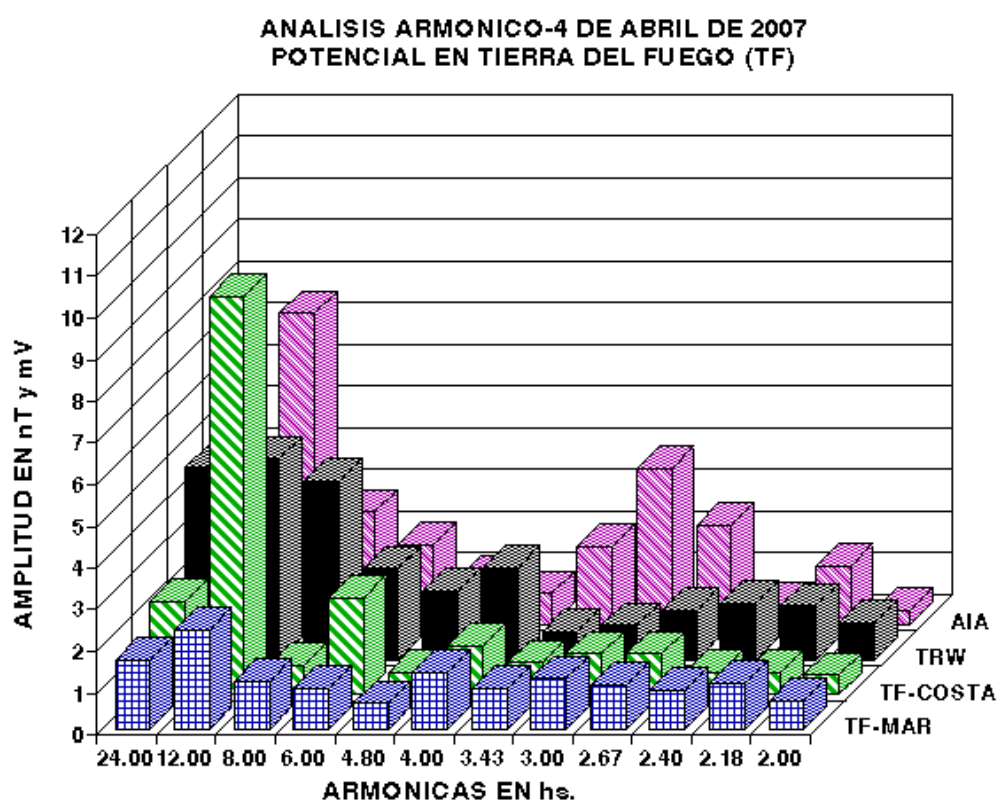


Figura 12

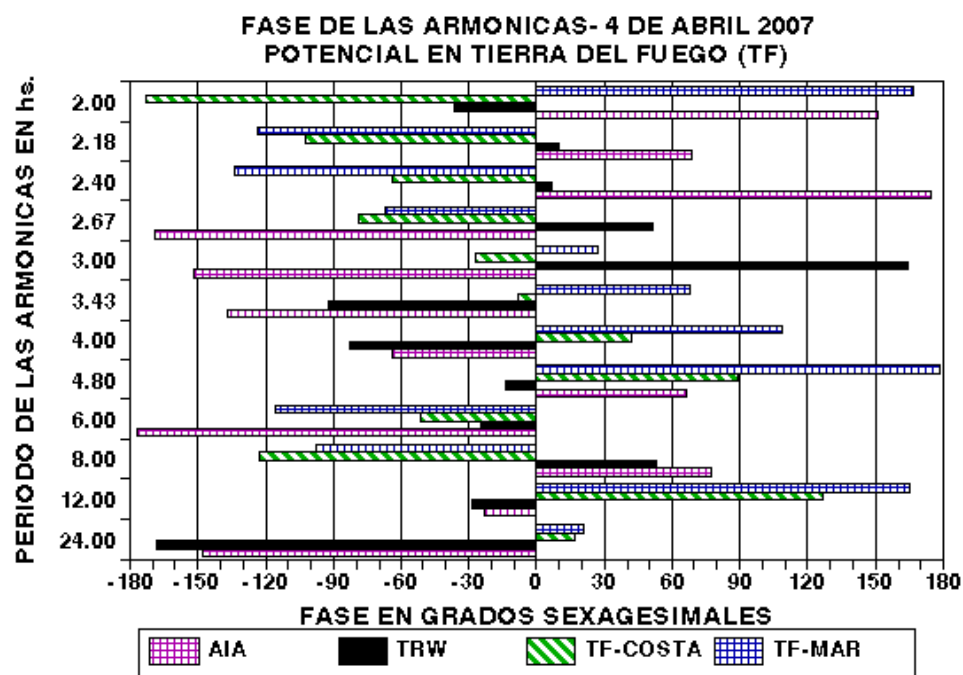


Figura 13

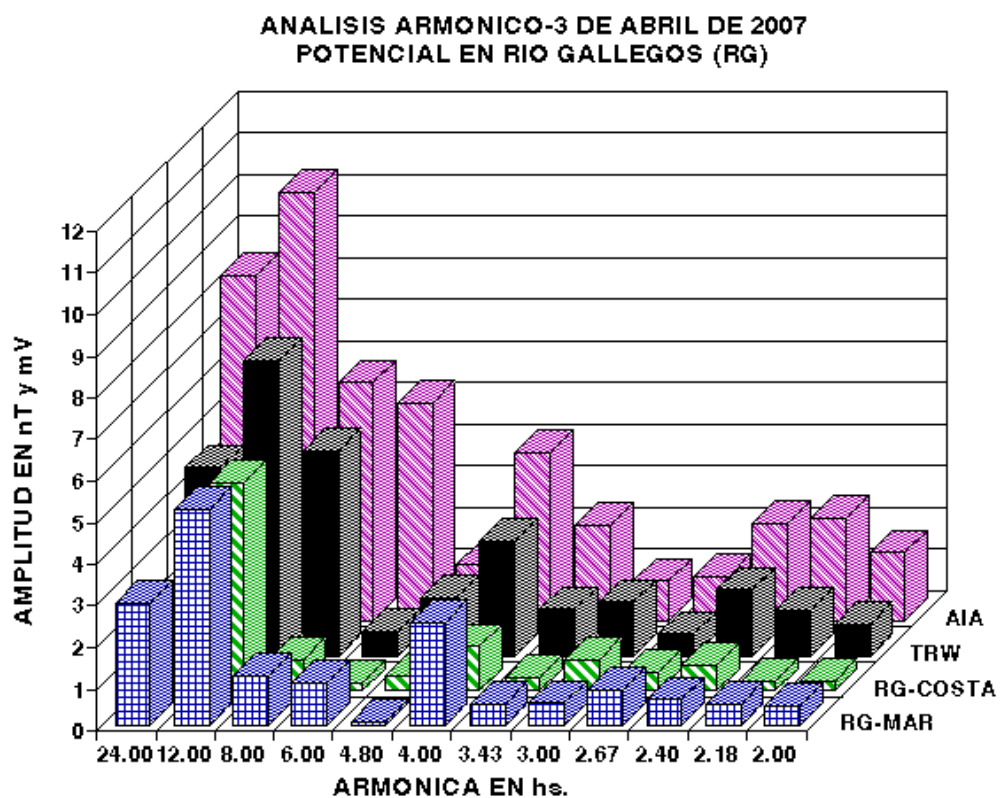


Figura 14

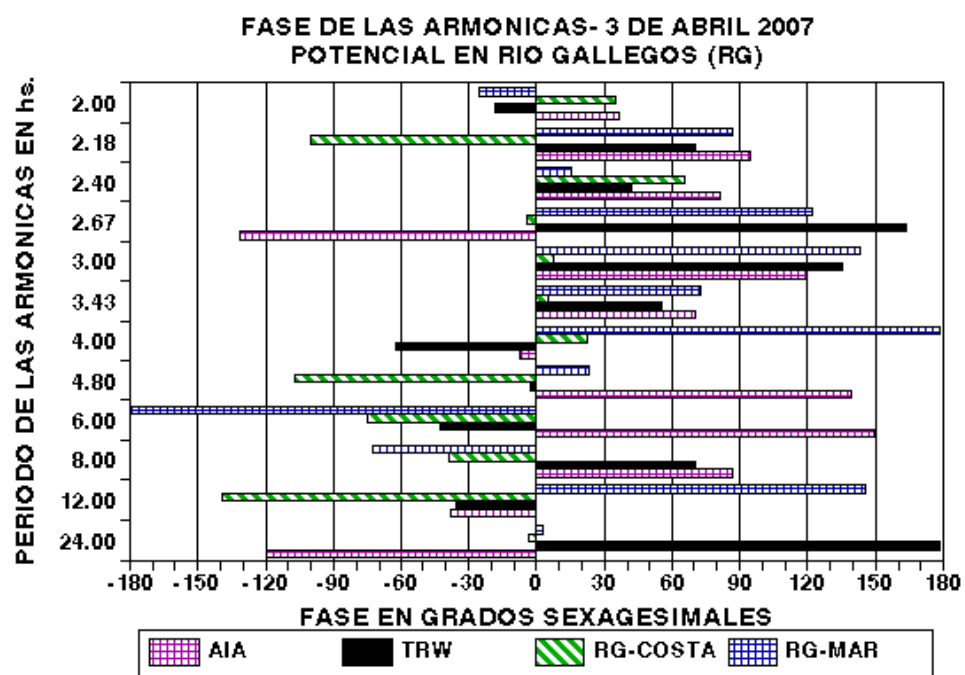


Figura 15

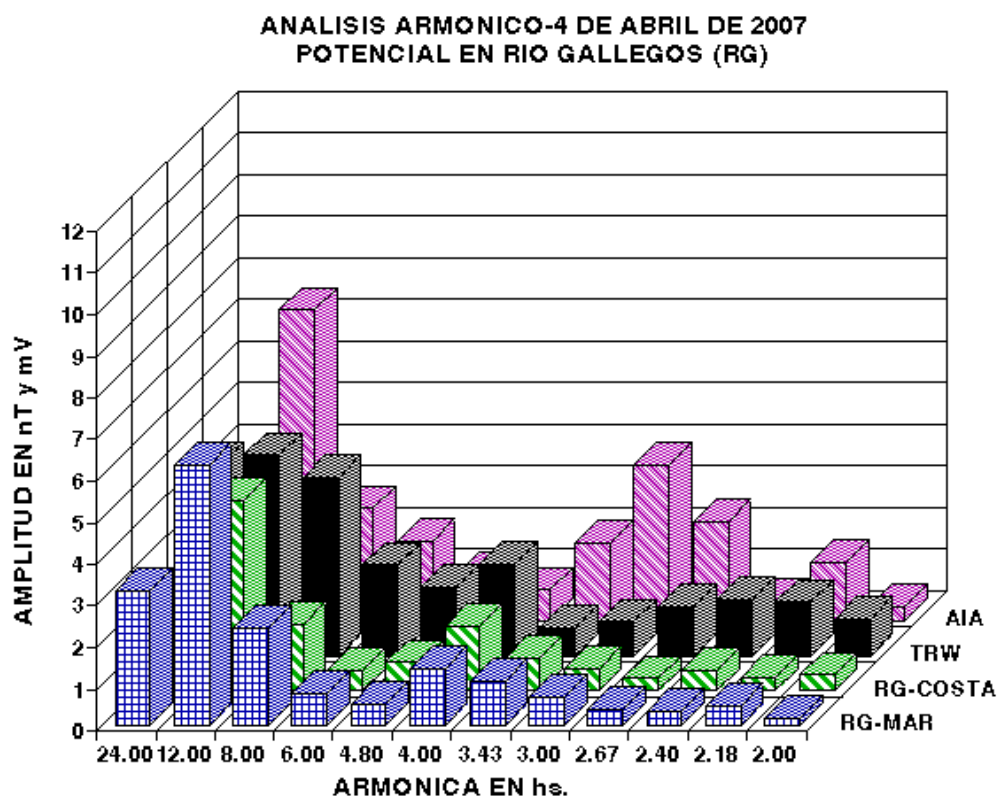


Figura 16

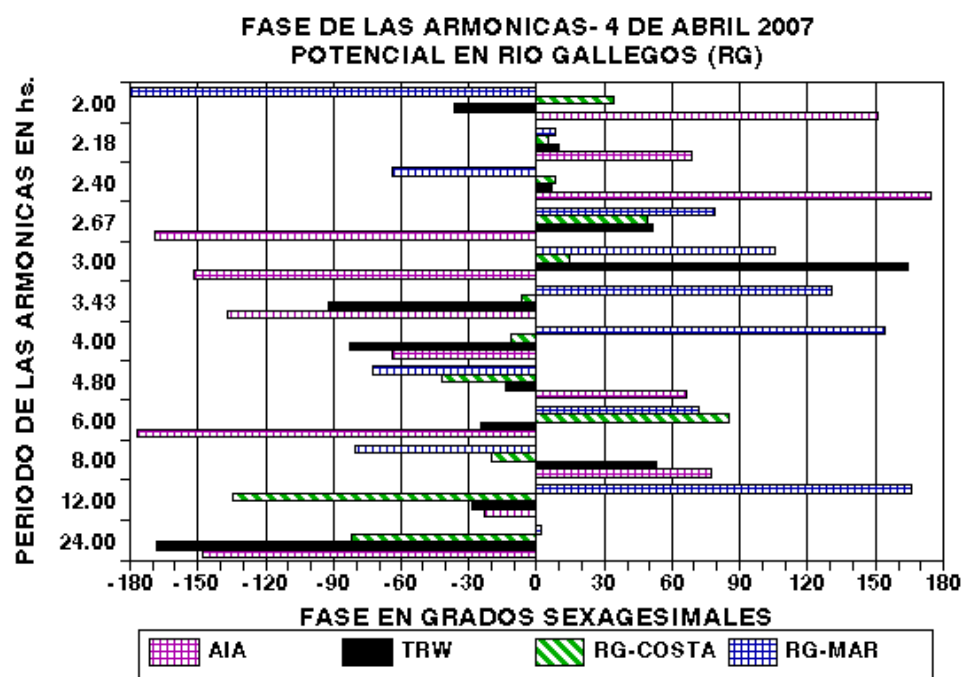


Figura 17

Los resultados mas importantes indican que la 2da armónica (onda semidiurna en tiempo universal para este análisis) del potencial registrado en tierra es mayor que el registrado en mar con al excepción del registrado en RG el día 4 de Abril que podría tener incidencia del efecto de flujo de marea oceánica en el estrecho. Otro resultado también importante es que la amplitud de la armónica de 12,horas en los dos días es mayor en AIA que en TRW, lo cual demuestra el efecto del sistema de corrientes equivalentes del casquete polar sur es intenso e importante a la hora de determinar el efecto de las variaciones diurnas del potencial inducido. De las figuras de las fases podemos indicar que el comportamiento es en Tierra del Fuego casi opuesto a TRW y AIA en la onda semidiurna mientras que en Río Gallegos no es claro.

B) ANALISIS ESCPECTRAL POR TRANSFORMADA RAPIDA DE FOURIER Y RECONSTRUCCION POR MEDIO DE UN FILTRO PASA BAJO.

Se utilizó el software de una transformada Rápida de Fourier para series de residuos con valor medio cero y basada en la completitud con ceros cuando la serie posee cantidades menores que 2^N . Para este caso se disponían 5 días de 1440 valores cada 1 min de registros de F en TRW y AIA que hacen un total de 7.200 valores para F y una cantidad menor para valores menores para el Potencial. Por ende el N utilizado en la determinación del espectro fue de 13 que corresponde a una serie patrón de 8.192 valores. Los resultados de los espectros de potencia se muestran en las figuras 18 a 20 donde se identifican los períodos menores que las ondas de 24 hs. (entre 10^{-5} Hz y 10^{-3} Hz). Las figuras 21 a 23 muestran el espectro de potencia normalizado completo incluyendo el de la ventana del filtro pasa bajo para la reconstrucción de las series.

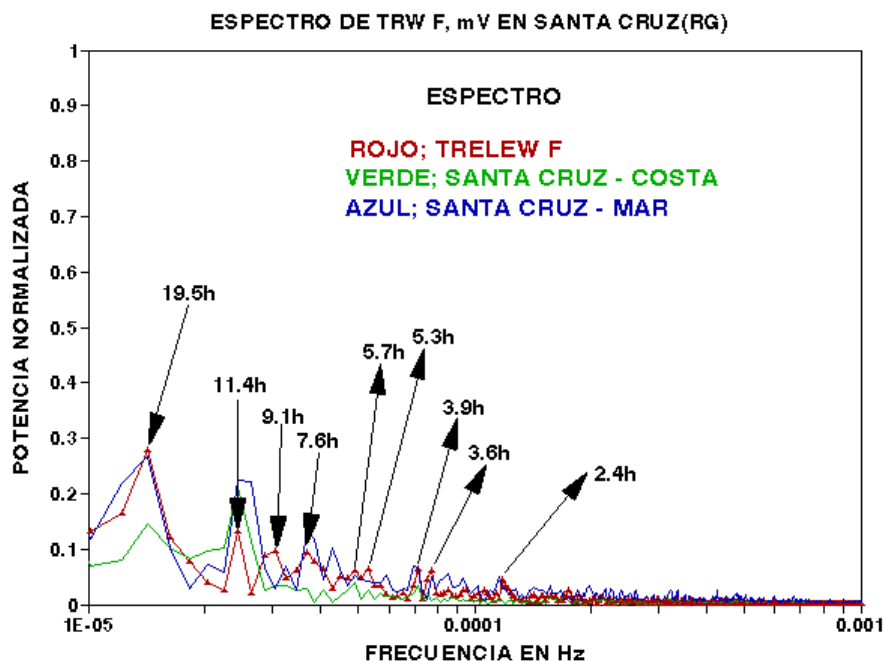


Figura 18

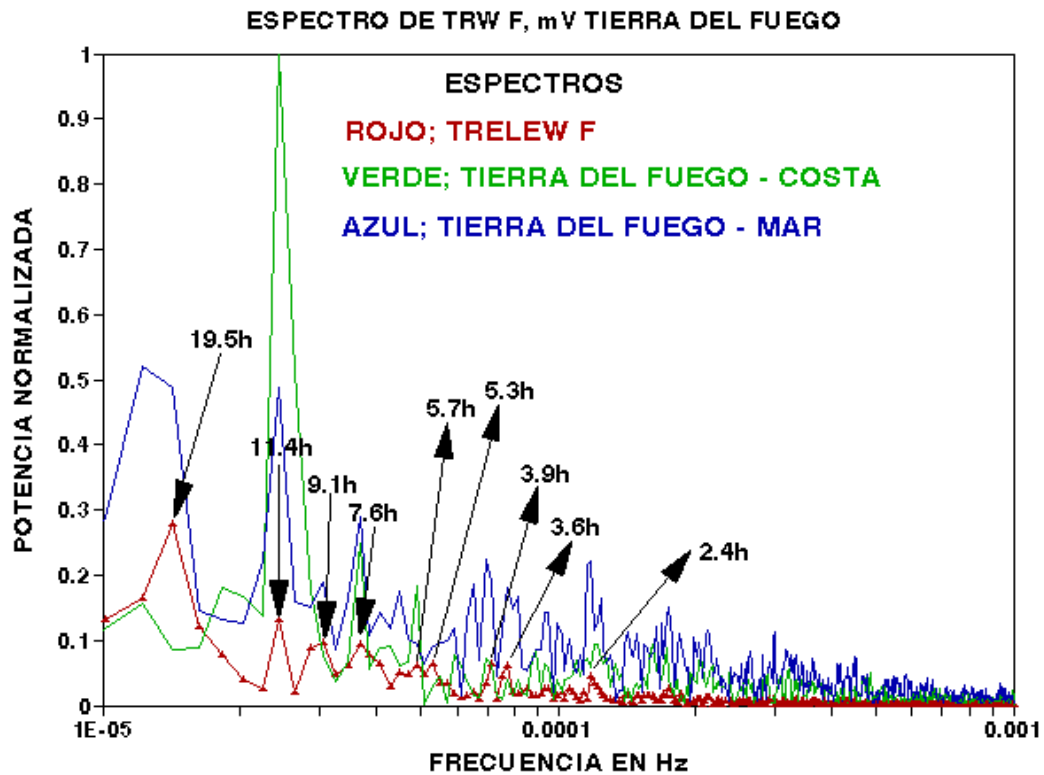


Figura 19

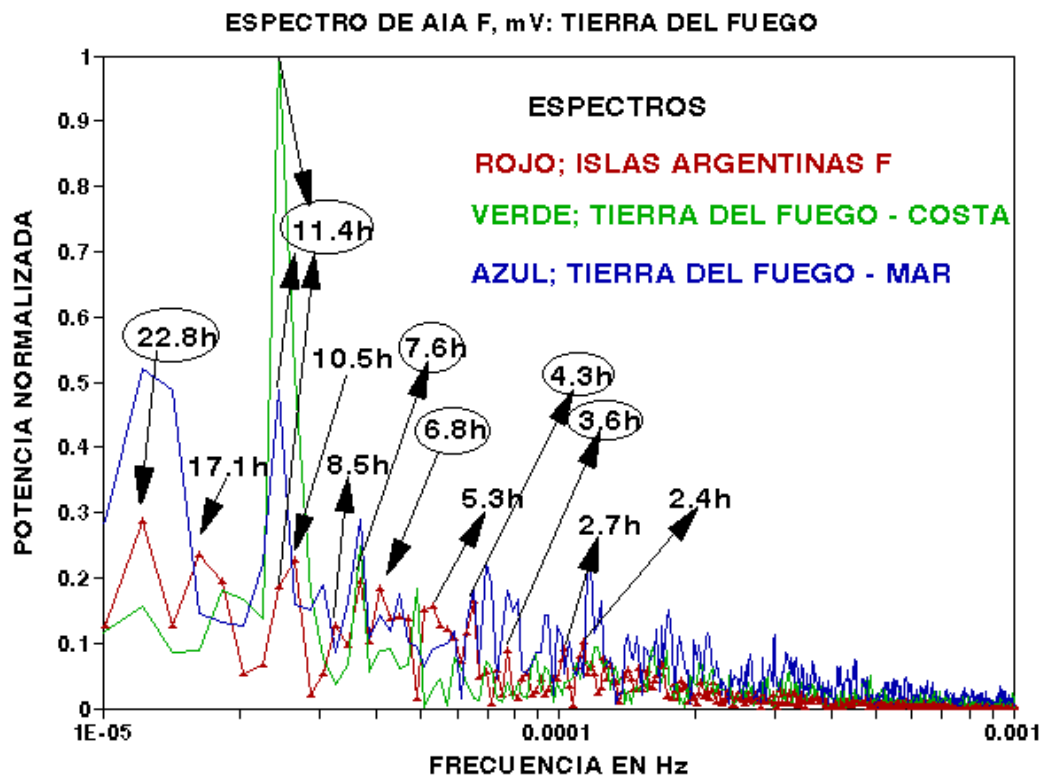


Figura 20

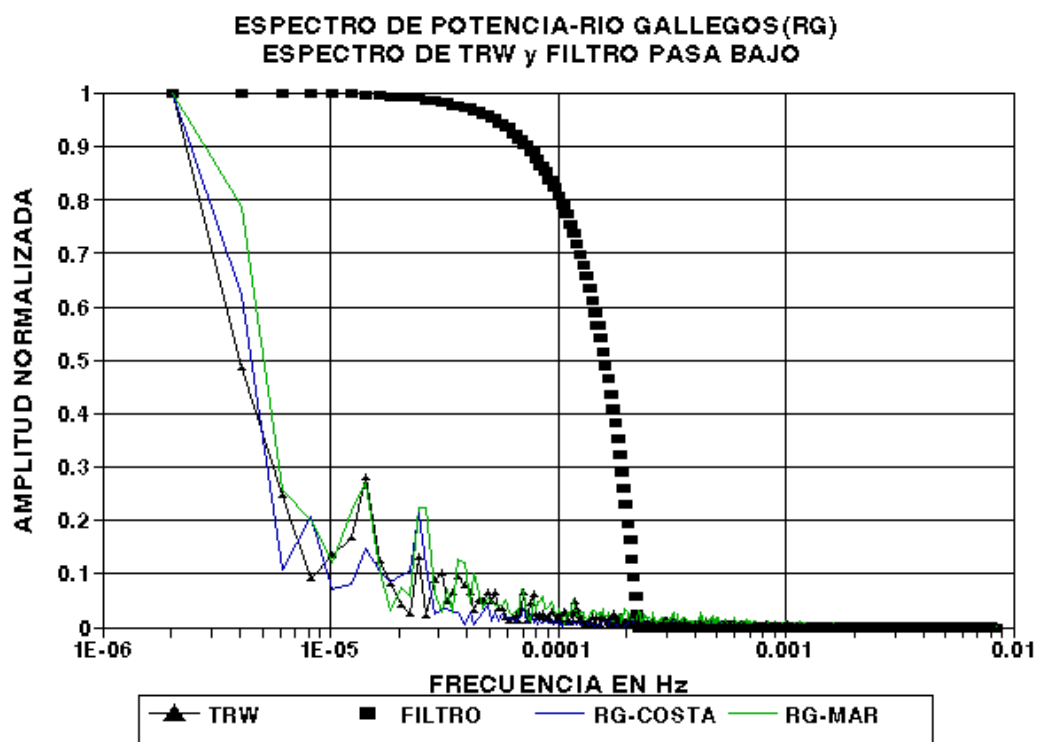


Figura 21

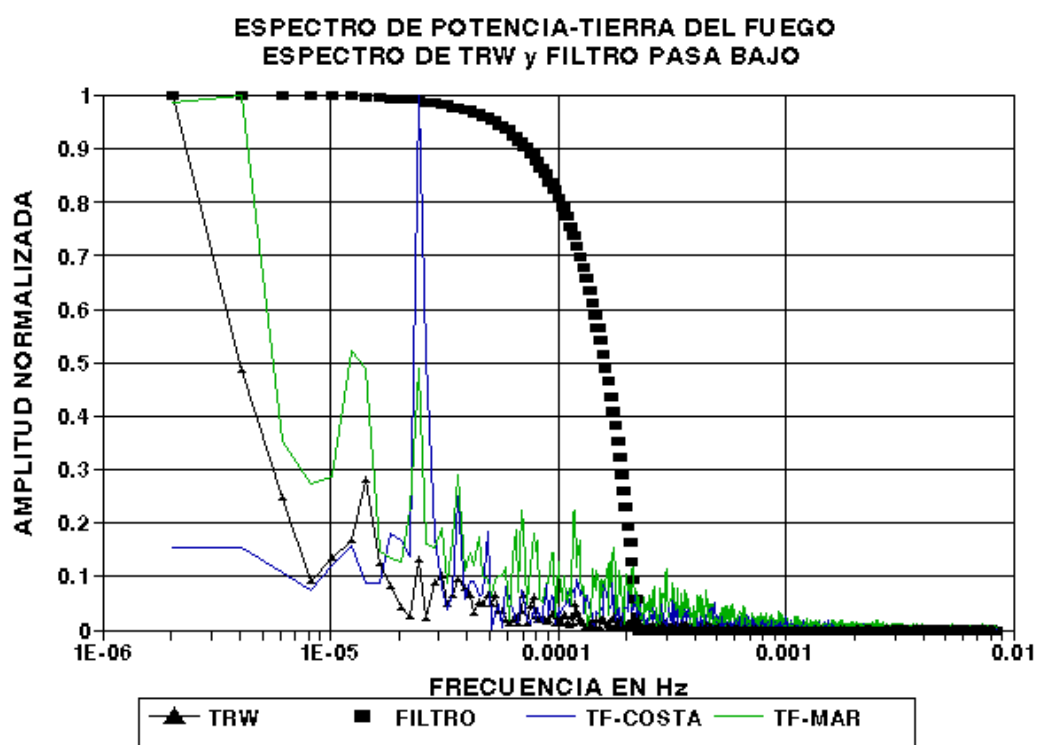


Figura 22

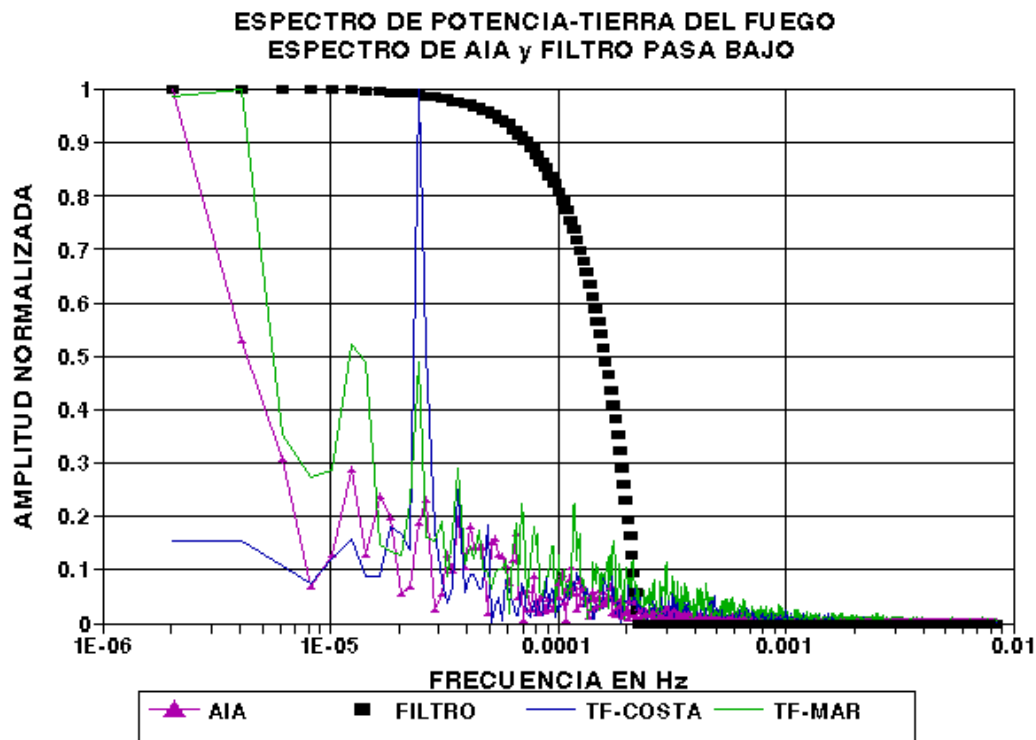


Figura 23

De las figuras 18 a 20 podemos deducir que la onda de 12 hs. que corresponde a la onda semidiurna no necesariamente debe tener este valor lo que nos indica que puede existir el proceso de sincronismo-asincronismo con el tiempo y de esta manera como la región es austral, en el límite de sistemas de corrientes equivalentes productoras de campo magnéticos variables e intensos cuando se tienen perturbaciones en el viento solar, es posible entonces tener amplitudes mayores en el potencial inducido por estas fuentes que las esperadas en latitudes medias, o sub-ecuatoriales.

La reconstrucción de las series temporales se realizó utilizando una ventana-filtro pasa bajo con parámetros de amortiguamiento normalizados que se muestran en las figuras 21 a 23 en forma suavizada para evitar los fenómenos de borde. Los resultados se muestran en las figuras 24 a 29.

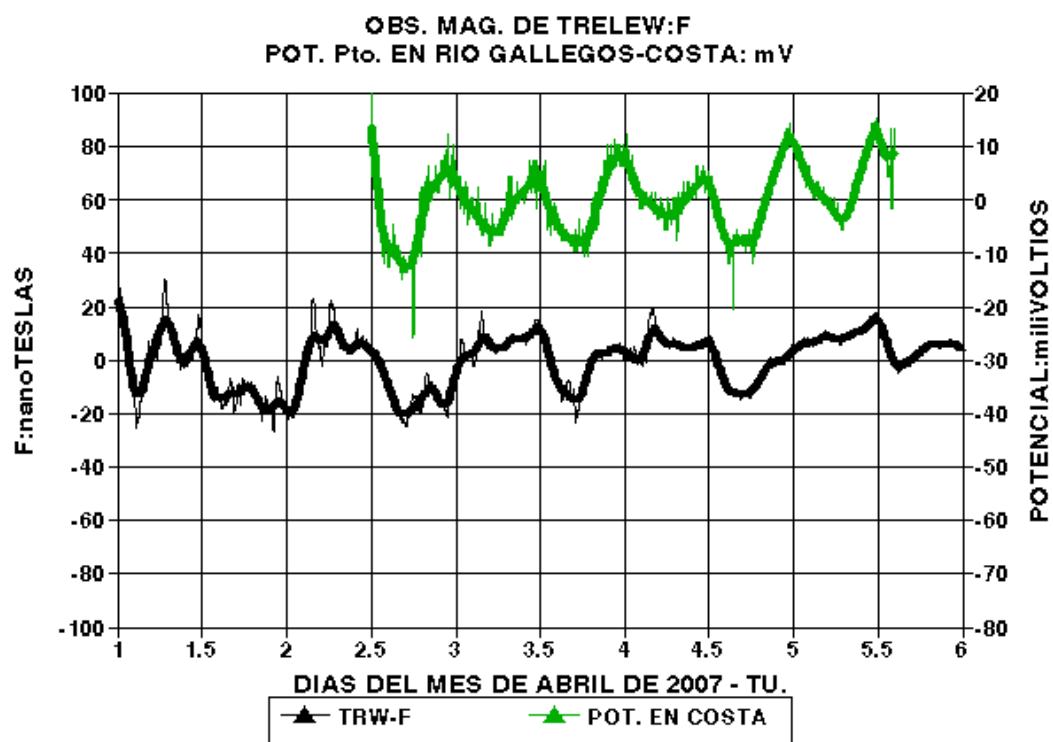


Figura 24

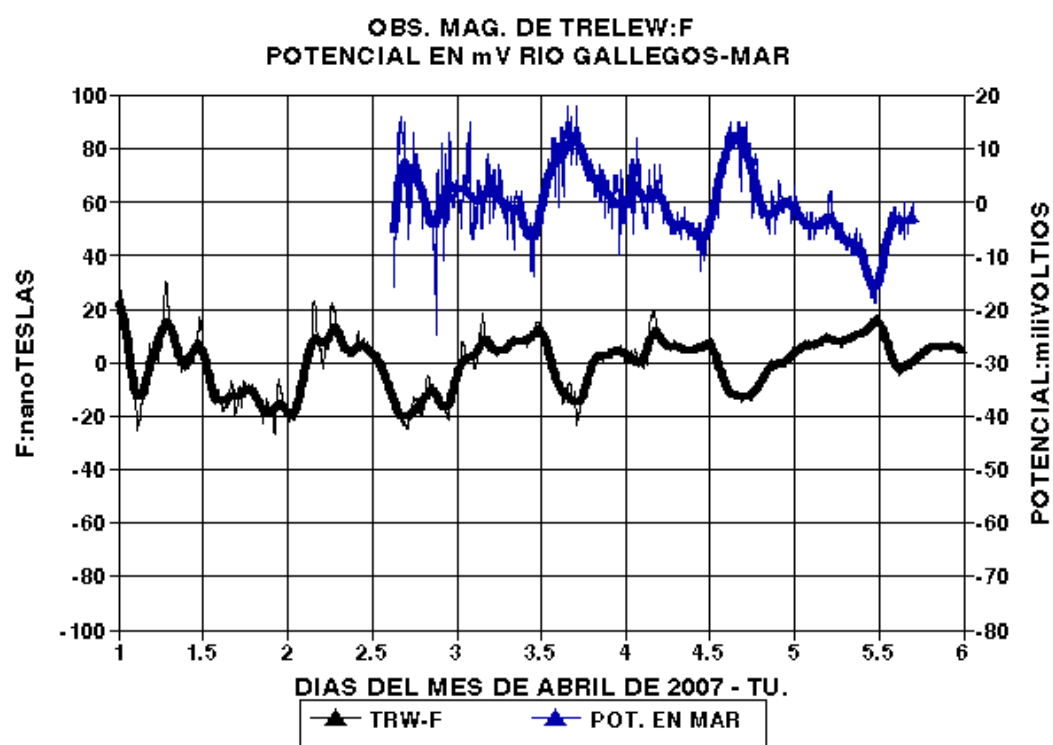


Figura 25

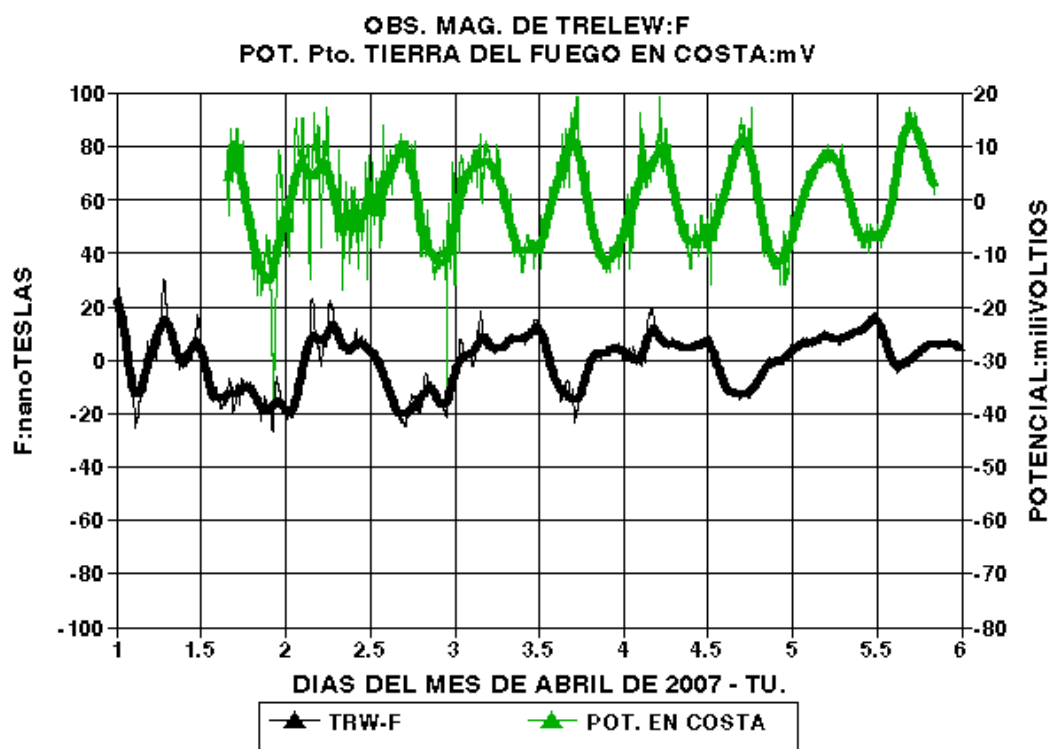


Figura 26

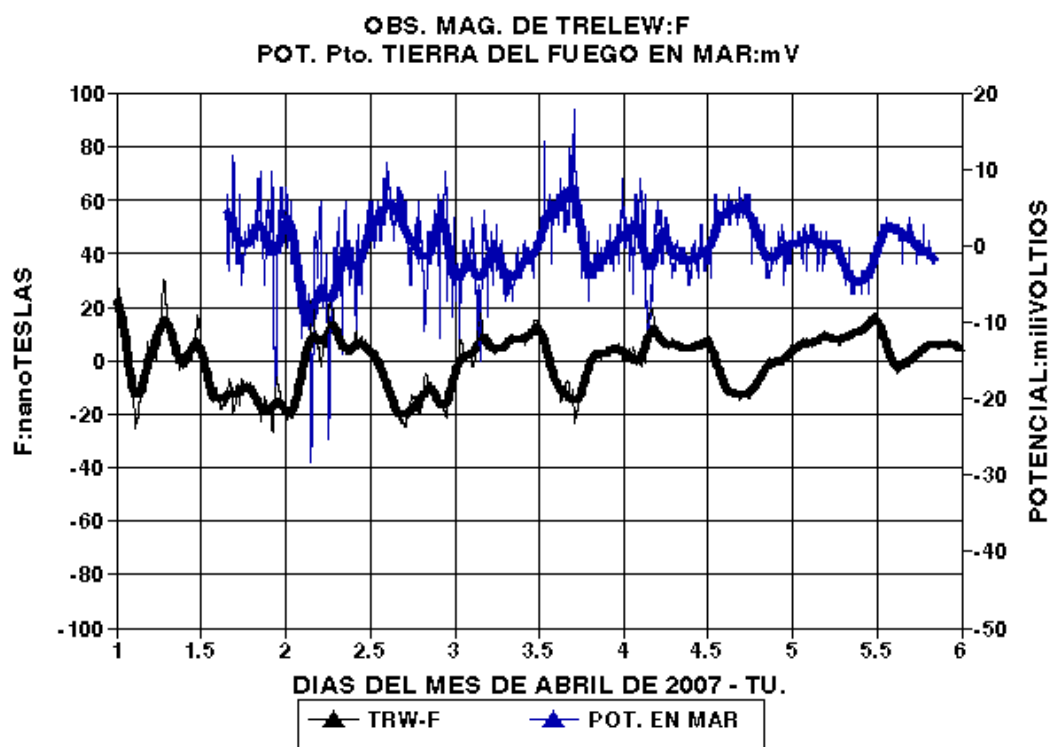


Figura 27

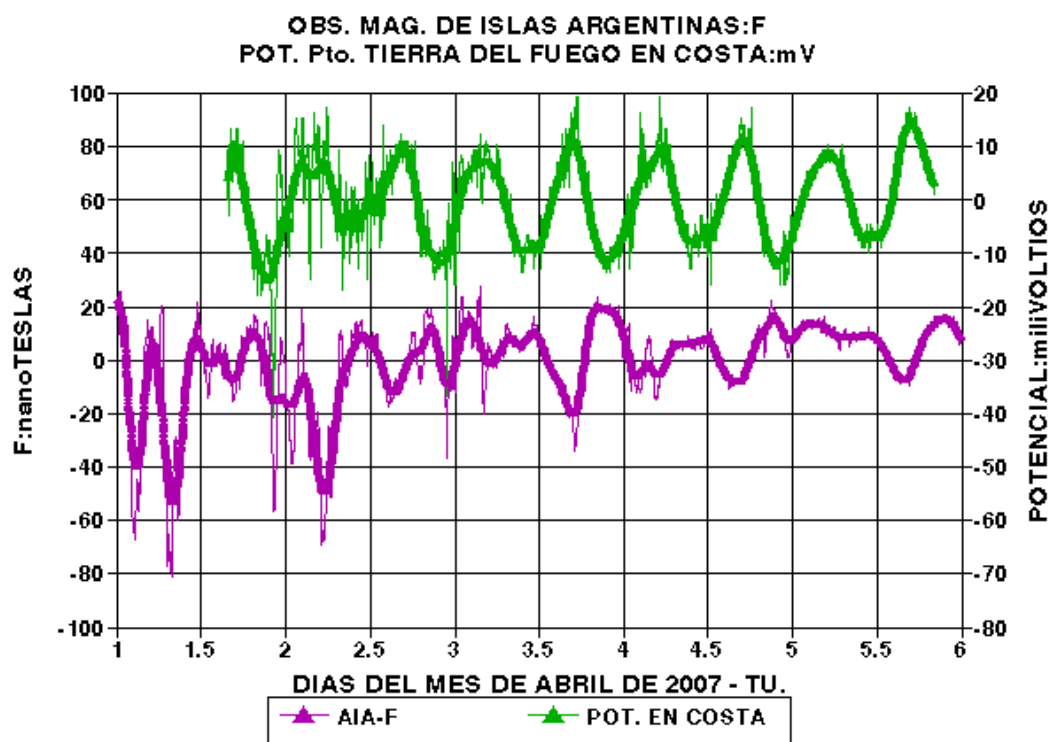


Figura 28

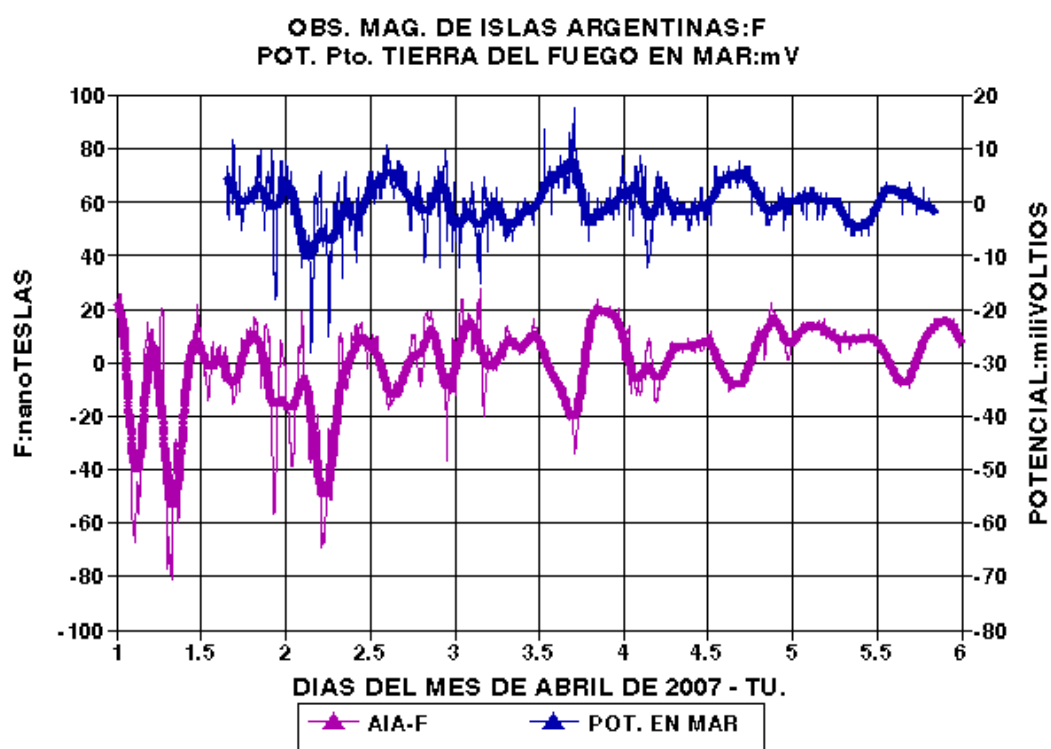


Figura 29

Las figuras 28 y 29 muestran claramente que los registros realizados de potencial en tierra del fuego presentan una característica perturbada mayor que los realizados en Santa Cruz - Río Gallegos lo que nos indica su dependencia de los efectos del electrochorro polar austral mas que de los efectos de los sistemas de corrientes ionosféricas de niveles sub-ecuatoriales.

CONCLUSION

Las determinaciones de potencial permitieron realizar una evaluación clara de los efectos de la variación diurna del campo magnético terrestre en la región sub-antártica. Los valores de la misma no son pronunciados, pero si hubiesen ocurrido fenómenos de perturbaciones en el viento solar la situación de la inducción en las cañerías serían importantes debiéndose realizar un análisis diferente al expuesto. Se recomienda realizar mediciones en tierra tanto en Tierra del Fuego como en Río Gallegos por tiempo mucho mas prolongado, y en forma continua, tales como los 4 meses de invierno, y los 4 meses de verano, que son los extremos donde los efectos de la interacción con el viento solar tiene los aspectos estacionales bien definidos y es posible evaluar las amplitudes de las perturbaciones con claridad.

**UNLP-FACULTAD DE CIENCIAS ASTRONOMICAS Y GEOFISICAS
DEPARTAMENTO DE GEOMAGNETISMO Y AERONOMIA-UNLP
LA PLATA. 30 DE MAYO DE 2007.
Email: geofisicogianibelli@yahoo.com.ar**