

ESTUDIO DE PARÁMETROS INTERPLANETARIOS: SU ALCANCE EN EL ANILLO DE CORRIENTE Y LAS CORRIENTES TELÚRICAS PARA LA TORMENTA DEL 17 DE MARZO DE 2015

P. A. Larocca*¹, M. A. Arecco¹

¹ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas. Las Heras 2214 Piso 3. CABA. Argentina

*email: plarocc@fi.uba.ar

ABSTRACT

The interplanetary parameters, corresponding to the period from 16 to 19 March 2015, were analyzed. The parameters considered were Solar wind Plasma speed and flow pressure, Bz and Dst index. The intense solar storm of March 17, 2015, affected the planet generating a potential risk for energy distribution networks, gas pipelines and satellite communications system. The times of growth and decay in the main and recovery phases of the most intense geomagnetic storm corresponding were calculated. By considering geomagnetic values and physical characteristics of the pipeline placed in the zone of Armprior (Canadá), the pipe-soil voltage and the induced currents were determined. The obtained results show that during the disturbed period of the March, 2015, this pipeline would be unprotected and the effects of corrosion originated by the induced currents would diminish its life utility.

Keywords: Geomagnetic storms, pipeline, corrosion, solar wind speed, Dst: geomagnetic index

RESUMEN

Los parámetros interplanetarios correspondientes al período del 16 al 19 de marzo de 2015 fueron analizados. Los parámetros considerados fueron, velocidad y presión del viento solar, componente horizontal de Campo Magnético Interplanetario y, el índice geomagnético Dst. La intensa tormenta solar del 17 de marzo de 2015, afectó el planeta generando un riesgo potencial para redes de distribución de energía, gasoductos y sistema de comunicaciones satelitales. Se calcularon los tiempos de crecimiento y decaimiento en las fases principal y de recuperación de la tormenta geomagnética más intensa, correspondiente a la fase de descenso del ciclo solar 24. Al partir de los valores geomagnéticos y las características físicas de una cañería colocada en la zona de Armprior (Canadá), se determinaron la diferencia de potencial caño-suelo y las corrientes inducidas. Los resultados obtenidos muestran que durante el período perturbado de marzo de 2015, esta tubería estaría desprotegida y los efectos de la corrosión originada por las corrientes inducidas disminuirían su vida útil.

Palabras clave: Tormentas geomagnéticas, gasoducto, corrosión, velocidad de viento solar, índice geomagnético Dst.

1. Introducción

Pudovkin *et al.* (1988) estudiaron las variaciones del índice Dst y su dependencia con los parámetros del viento solar. También analizaron los tiempos de decaimiento del anillo ecuatorial de corriente considerando las dos fases de una tormenta geomagnética. En general, el decaimiento del anillo de corriente es rápido en los comienzos de la fase de recuperación y lento en su finalización (Zossi de



Artigas y Manzano, 1995). En el presente trabajo se estudia el decaimiento del anillo de corriente considerando, individualmente, las fases de una tormenta. También se analiza la correlación entre las fluctuaciones del campo geoelectrico y las variaciones PSP (potencial gasoducto-suelo). Las variaciones PSP observadas generalmente responden con la componente del campo geoelectrico este-oeste (E_y), que es la que está orientada en la dirección de la tubería. Cuando las variaciones PSP fluctúan fuera del rango nominal, se ve comprometida la protección catódica. Muchas veces las corrientes telúricas hacen exceder ese rango. En 2003, se analizaron datos acerca del gasoducto de la compañía de gas Transcanadá (Larocca y Silbergleit, 2007; Fernberg *et al.*, 2007). A partir de las mediciones efectuadas del registro de las variaciones del campo magnético terrestre (obtenidos en el Observatorio Geomagnético de Ottawa), y usando un modelo unidimensional de la superficie terrestre, fue evaluado el campo eléctrico inducido sobre el gasoducto. Del análisis efectuado se obtuvo una alta correlación entre los PSP medidos y la componente del campo eléctrico inducido en la dirección paralela a la tubería; esto permitió obtener una función respuesta del gasoducto para puntos específicos.

2. Estudio de los tiempos característicos de decaimiento

Se analizaron los datos del índice geomagnético Dst, la velocidad (v) y la presión (p) del viento solar, la componente z del campo magnético interplanetario (B_z) y su variabilidad (σ) y los resultados obtenidos para el potencial PSP. La Figura 1 muestra los datos utilizados para el período seleccionado del 16 al 19 de marzo de 2015, donde el índice Dst (Disturbance Storm Time) tuvo una caída de -223 nT a las 22:00 horas (TU) el 17 de marzo de 2015. Esto debido a una tormenta geomagnética clasificada como G4 (severa) que comenzó a las 14 horas (UT) del día 17 de marzo de 2015 con una duración de 18 horas, la cual estuvo acompañada de una eyección de masa coronal, con velocidad supersónica de 680 km/s entre las 02:0 y 02:30 horas (TU), tipo Halo (potencialmente dirigida hacia la Tierra). Se considera que este tipo de tormentas, afectaron no solo a latitudes altas, sino que también lo hicieron a latitudes intermedias, mostrando auroras en el hemisferio norte de Michigan a Alaska.

De acuerdo con Pudovkin *et al.* (1988) y Silbergleit *et al.* (1997), para el caso de la fase principal se consideró:

$$\frac{Dst_{min}}{t_p} = v (0.5\sigma - B_z) \quad (1)$$

siendo: Dst_{min} el valor absoluto del mínimo Dst corregido por las variaciones de presión del viento solar y t_p el tiempo característico de la fase principal. El tiempo de decaimiento característico (t_r) para la fase de recuperación se obtuvo a partir de:

$$Dst \sim \exp\left(-\frac{t_r}{t_p}\right) \quad (2)$$

3. Estudio de los PSP

Para proteger los sistemas de largos conductores, se usa la protección catódica que mantiene un nivel de diferencia de potencial conductor-suelo constante para inhibir los procesos de corrosión (Región segura: -0.85 V a -1.45 V). Los valores PSP se determinaron a partir de los modelos matemáticos de la respuesta del gasoducto a las variaciones geomagnéticas formulados en el Laboratorio Geomagnético de Ottawa, <http://www.spaceweather.gc.ca/service-pipeline/> (Trichtchenko *et al.*, 2004).

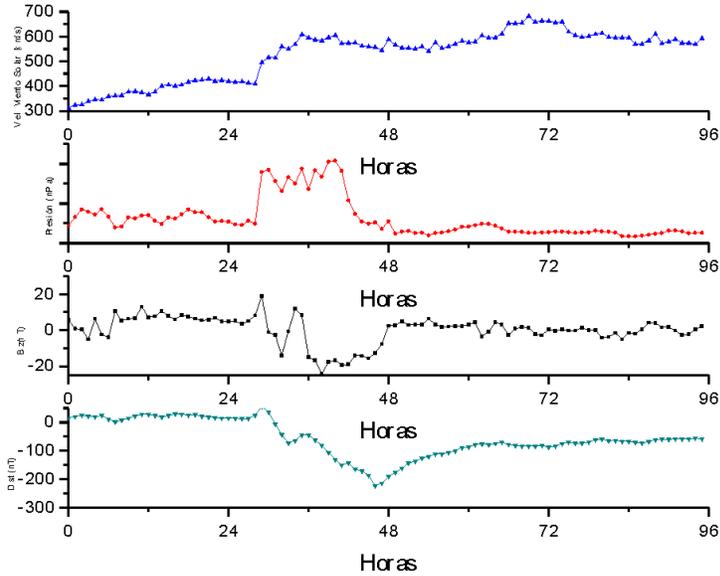
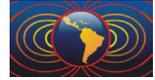


Figura 1. Gráficos (de arriba hacia abajo) correspondientes a: velocidad del viento solar, km/s, presión, nPa, Bz, nT (GSM), y Dst index, nT para los días 16 a 19 de marzo de 2015 (extraído de http://omniweb.gsfc.nasa.gov/data_orbits.html).

Se calcularon las diferencias de potencial suelo-cañería para el período correspondiente a 16-19 de marzo de 2015. Los resultados obtenidos para el 17 de marzo de 2015 se muestran en la Figura 2.

4. Resultados

Para la tormenta geomagnética seleccionada se obtuvieron los tiempos característicos t_p y t_r que se muestran en la Tabla 1.

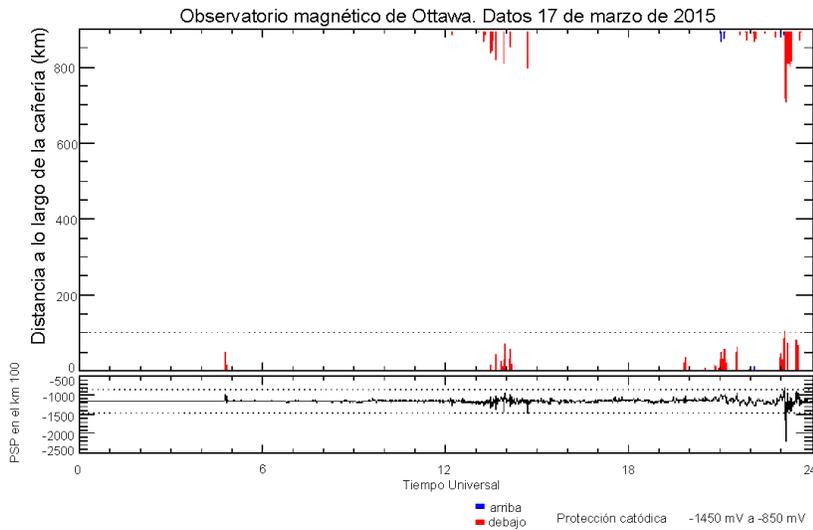


Figura 2. Los datos graficados corresponden al 17 de marzo de 2015. Se presentan las diferencias PSP calculadas, mostrando los períodos en los cuales el gasoducto sufrió posibilidades de aumentos corrosivos de su estructura.

Tabla 1. Se presentan los resultados de los tiempos de decaimiento característicos para las fases principal y de recuperación.

Período	t_p	t_r
16-19 de marzo de 2015	4.25h	1.22h



5. Discusión y Conclusiones

Los valores publicados por distintos autores relacionados con el tiempo de decaimiento del anillo de corriente, generalmente resultan pequeños en el momento del máximo de la perturbación, además de no estar en concordancia con las vidas medias correspondientes al intercambio de cargas de las especies más abundantes en el anillo ecuatorial de corriente. Los valores obtenidos en el presente trabajo resultan más realistas, ya que no es posible estimarlos de la misma forma a lo largo de toda la perturbación pues la rapidez de deposición de energía en el anillo de corriente varía entre las dos fases de una tormenta. Para el caso de la fase de recuperación se ha considerado despreciable la energía entrante al mismo. Los resultados obtenidos para el período de marzo de 2015 (Fig. 2) muestran que, aproximadamente, desde las 23 h hasta las 23.30 h del 17 de marzo y desde las 02.30h hasta las 03.10h del 18 de marzo, los PSP toman valores considerados de riesgo para el gasoducto. Esta tormenta de nivel 4, es considerada severa en la escala de 1 al 5 de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica para efectos geomagnéticos. Se trata de la tormenta solar más poderosa que golpea a la Tierra desde finales de 2013. Ya casi pasó una década desde que se registrara una tormenta de categoría 5.

Agradecimientos

Los autores agradecen a D. Boteler y L. Trichtchenko por facilitar los datos geomagnéticos correspondientes al Observatorio de Ottawa. Este trabajo se realizó con fondos correspondientes al proyecto UBACyT.

Referencias

- Fernberg P., Samson C., Boteler D., Trichtchenko L., and Larocca P., 2007. Earth Conductivity Structures and their Effects on Geomagnetic Induction in Pipelines. *Annales Geophysicae* 25, 1–12.
- Larocca P. A., and Silbergleit V. M., 2007. Estudio de las variaciones geoeléctricas en una tubería de gas en el área de Arnprior- Ottawa Canadá, *GeoActa* 32, 27-32.
- Pudovkin M. I., Grafe A., Zaitseva S. A., and Usmanov A. V., 1988. Calculating the Dst-variation field on the basis of solar wind parameters. *Gerlands Beitr. Geophysik- Leipzig* 97, 525-531.
- Silbergleit, V. M., Zossi de Artigas M. M., and Manzano J.R., 1997. Energy dissipation in substorms: plasmoids ejection. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 59, 1355-1358.
- Trichtchenko, L., Boteler, D.H., Larocca P., 2004 Modeling the effect of the electromagnetic environment on pipelines. *Geological Survey of Canada Open file No. 4826*.
- Zossi de Artigas M. M., and Manzano J. R., 1995. Another way of deriving the ring current decay time during disturbed periods. *Annali di Geofisica* 38, 2, 151-159.