

# El proyecto LISN y su importancia en la región Suramericana

*M. Mosert<sup>1</sup>, C. Valladares<sup>2</sup>, R. Woodman<sup>3</sup>, J. Chau<sup>4</sup>, E. Silvestre<sup>4</sup>, O. Veliz<sup>4</sup>, J.L. Aballay<sup>1</sup>, C. Brunini<sup>5</sup>, M. Gende<sup>5</sup>*

*1 CASLEO-CONICET, San Juan Argentina.*

*2 Universidad de Boston, USA.*

*3 Instituto Geofísico de Peru, Peru.*

*4 Radio Observatorio de Jicamarca, Jicamarca, Perú.*

*5 Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Plata, UNLP, La Plata, Argentina.*

## Resumen

El proyecto LISN (Low –latitude Ionospheric Sensor Network) es un observatorio distribuido de sensores ionosféricos, en la mitad occidental de Sudamérica, para tratar de resolver cuestiones dominantes sobre la física de la ionosfera y la alta atmosfera ecuatorial. El observatorio contempla la instalación de 70 receptores GPS para medir parámetros de la ionosfera como el contenido electrónico total, centelleos de amplitud y fase y perturbaciones ionosféricas. El observatorio también contempla la instalación de 5 ionosondas y 5 magnetómetros que serán colocados a lo largo del mismo meridiano magnético. La totalidad del instrumental estará colocado en el continente Suramericano de Norte a Sur y al oeste del meridiano de 55° (Oeste). Los diferentes tipos de instrumentos permitirán llevar a cabo mediciones complementarias para el estudio de la dinámica de la región de baja latitud que permitirán entender el comportamiento de esta región latitudinal y hacer predicciones regionales de su estado.

Este trabajo describe brevemente la instrumentación, discute los beneficios científicos que ofrece el LISN en la región sudamericana. y presenta algunas mediciones ya realizadas.

**Palabras clave:** observatorio distribuido, parámetros ionosféricos, ionosfera baja altitud

## Abstract

The LISN Project is a distributed observatory that is being installed in the South American region to study the equatorial low-latitude ionosphere and upper atmosphere. The LISN distributed observatory will be comprised of nearly 70 GPS receivers with the capability to measure Total Electron Content, amplitude and phase scintillation and Traveling Ionospheric Disturbances. The network will include 5 ionosondes and 5 collocated magnetometers that will be placed along the same magnetic meridian. This network of GPS receivers and ionospheric sensors span from north to south in the South American continent and west of the 55° West meridian. The measurements obtained with the different instruments will be used to study the dynamics of the low latitude region and to make forecasts on regional basics.

This paper describes the instrumentation, presents the first measurements and discusses the scientific benefits of the LISN network.

**Key words:** distributed observatory, ionospheric parameters, low latitude region.

## 1. Introducción

Las fuentes principales de la ionización en la atmósfera son los rayos X solares, la radiación ultravioleta y la radiación corpuscular procedente del Sol (aunque no totalmente ausente a latitudes medias son mucho más importantes a altas latitudes donde puede ser a veces la principal fuente de ionización). Aunque se puede destacar al Sol como el principal contribuyente a la ionización, también cabría citar como responsables, aunque en menor medida, a los rayos cósmicos.

La ionosfera varía fundamentalmente con la situación geográfica, actividad solar, estación del año y hora del día. Es un sistema dinámico, en constante cambio, gobernado por múltiples parámetros, de los cuales tienen una influencia destacable todas las variaciones que se producen en la atmósfera, con la variación de las condiciones meteorológicas, las emisiones electromagnéticas y las variaciones que se producen en el campo geomagnético. Por lo tanto se puede considerar a la ionosfera como un monitor de gran precisión de los cambios atmosféricos. Los procesos típicos de la ionósfera de latitud media también operan en la zona de baja latitud y de alta latitud. Sin embargo en estas regiones se presentan además procesos adicionales que son importantes. Por ejemplo, la ionósfera ecuatorial y de baja latitud experimenta, durante la noche, una inestabilidad muy severa en el plasma que contiene. Esto resulta en una rápida transformación de un plasma básicamente homogéneo en una ionósfera altamente irregular y estructurada. (La comprensión de por qué esto ocurre en ciertas noches y no en otras no está aun entendido en la física de la atmósfera superior). Además, estas irregularidades producen fuertes fluctuaciones en la intensidad de las señales de radio que la atraviesan, denominadas centelleo ionosférico, que pueden llegar a causar interrupciones en los sistemas de radio-comunicaciones. En este trabajo se presenta un esquema del proyecto LISN en general y en particular en la Argentina.

## 2. La red instrumental del proyecto LISN

El proyecto LISN (Low-latitude Ionospheric Sensor Network) tiene como objetivo desarrollar y operar un observatorio distribuido de Norte a Sur en América del Sur al oeste del meridiano de  $55^\circ$ , para estudiar la electrodinámica de la ionosfera de baja latitud en condiciones quietas y perturbadas como así también para pronosticar el estado de la ionosfera en términos de contenido electrónico total (TEC), centelleo, densidades, etc. El proyecto es financiado por la National Science Foundation y es liderado por el Dr Cesar Valladares del Boston College (USA). El observatorio contempla la instalación de: 70 receptores GPS, 5 magnetómetros y 5 sondadores ionosféricos. Los primeros permitirán medir el contenido electrónico total, el centelleo de amplitud y fase y perturbaciones ionosféricas viajeras. Los magnetómetros, diseñados y construidos en el Radio Observatorio de Jicamatca por Oscar Veliz, permiten medir las 3 componentes del campo magnético (D, H y Z). Los modernos sondadores ionosféricos, completamente digitales, han sido construidos y diseñados por Terence Bullett y Robert Livingston. Por medio de ellos será posible obtener diversos parámetros ionosféricos y, lo que es más importante, medir la densidad de las capas E y E esporádica durante la noche. La totalidad del instrumental estará colocado en el continente Suramericano de Norte a Sur y al oeste del meridiano de  $55^\circ$  (Oeste). Los 5 magnetómetros y los 5 sondadores serán colocados a lo largo de la misma línea magnética que cruza el ecuador magnético en el meridiano de longitud  $-69^\circ$ . Los datos de cada instrumento serán transmitidos en tiempo real cada 15 minutos a un servidor central que se encuentra en las oficinas del Instituto Geofísico de Perú en Lima. La Figura 1 muestra el lugar donde están siendo instalados los receptores GPS, magnetómetros y sondadores.

Los diferentes tipos de instrumentos permitirán llevar a cabo mediciones complementarias para el estudio de la dinámica de la región de baja latitud que contribuirán a entender el comportamiento de esta región latitudinal y hacer predicciones regionales de su estado. En particular permitirá contribuir al entendimiento de cuestiones claves de la ionosfera ecuatorial tales como centelleo ionosférico, difusión en la región F, irregularidades ionosféricas tales como plumas o disminuciones de plasma, presencia de la capa E nocturna y esporádicas, variabilidad día a día, entre otras. La red LISN por otra parte se complementará con un modelo físico asimilativo que permitirá una predicción actual de las mediciones ionosféricas tales como la densidad electrónica, la conductividad y desplazamientos de plasma. Detalles del proyecto LISN y su estado de avance al 2008, pueden encontrarse en el trabajo de Valladares y Villalobos (2008).

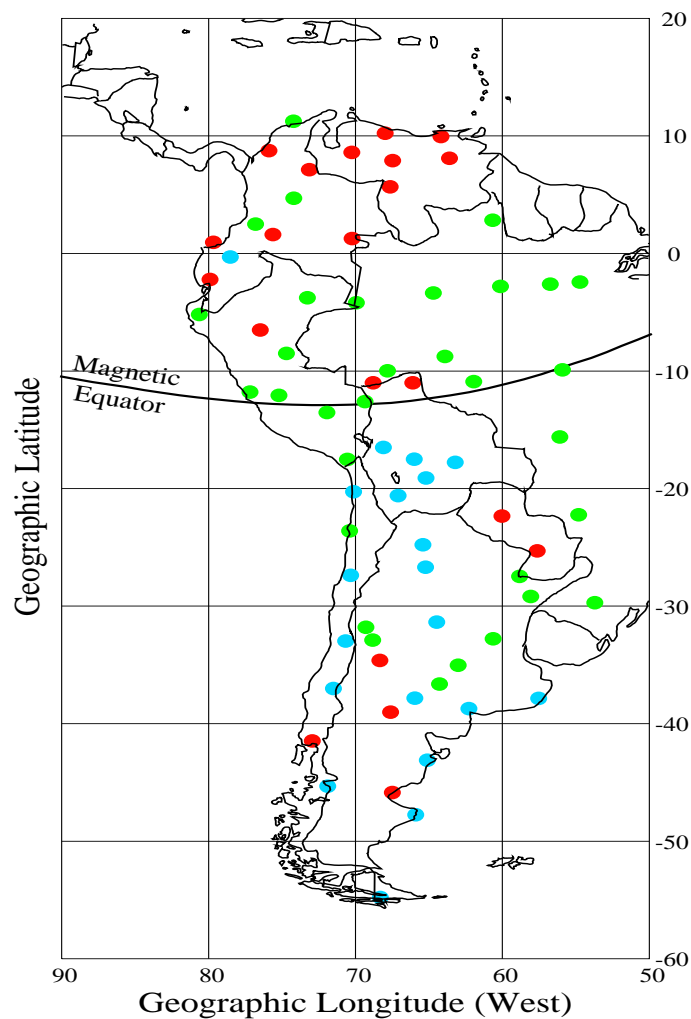


Figura 1. Mapa geográfico de distribución del instrumental del observatorio LISN.

### 3. Actividades en el CASLEO relacionadas con el proyecto LISN

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos del CASLEO es proveer observaciones astronómicas y aeronómicas desde tierra, su inserción en el proyecto LISN resulta de lo más adecuada si se tiene en cuenta además, las condiciones geográficas y la infraestructura con

cuenta el CASLEO. Recientemente se han instalado en el complejo un receptor GPS y un magnetómetro de la red LISN, que junto a los instrumentos aeronómicos ya existentes (cámaras todo cielo, entre otros) y a instalarse tales como la ionosonda LISN, riómetros, etc, proveerán un marco de observaciones muy completo para el estudio de la ionosfera de la región.

La Figura 2 muestra los 3 componentes del campo magnético medidos en El Leoncito el 15 de Octubre del 2008. El magnetómetro de El Leoncito está operando desde el 11 de septiembre del 2008 enviando los datos al servidor en Lima. Los gráficos diarios del campo magnético pueden obtenerse en la página Web de LISN.

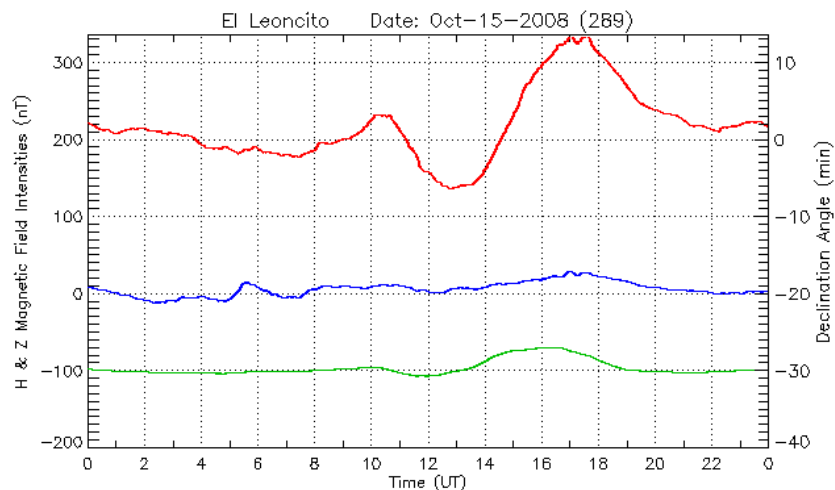


Figura 2. Componentes del campo magnético medido El Leoncito el 15 de octubre de 2008. La curva superior indica la variación de la componente D en minutos de arco. Las curvas intermedia e inferior(verde) corresponden a los valores H y Z respectivamente (medidos en nT).

Rastogi y Klobuchar (1990) demostraron que la intensidad de electrochorro ecuatorial podía ser medido usando 2 magnetómetros: uno situado en el ecuador magnético y otro desplazado alrededor de  $10^\circ$  hacia el Norte o Sur. Usando esta técnica ellos pudieron inferir si la velocidad de deriva  $E \times B$  en la región F era grande o pequeña.

Como se sabe una velocidad de deriva  $E \times B$  grande hacia arriba produce la anomalía ecuatorial (EA) con crestas en los picos de densidad electrónica máxima ( $N_{max}$ ) y de TEC a  $15^\circ$  dip a ambos lados del ecuador magnético, mientras que una velocidad de deriva pequeña no crea la EA. Comparando la diferencia de los valores en la componente horizontal (H) entre los dos magnetómetros con las observaciones del contenido electrónico total (TEC) medido por una cadena de polarímetros en función de la latitud y la hora local, los autores mencionados verificaron que un débil electrochorro ecuatorial (H chico) se caracterizaba por ausencia de EA, mientras que un electrochorro intenso (H grande) estaba acompañado por crestas en TEC a los  $15^\circ$  de latitud magnética.

Anderson et al. (1992) posteriormente, encontraron un excelente acuerdo entre días de electrochorro débil y fuerte con observaciones de TEC en el sector de la India.

Recientemente Anderson et al. (2002) presentaron una relación cuantitativa entre H y la velocidad de deriva  $E \times B$  en la región F ecuatorial. Dicha relación fue desarrollada usando datos de 2 magnetómetros localizados en Perú durante un período de alta actividad solar (Junio 1998 a Julio 1999), mientras que los valores de deriva vertical fueron obtenidos del ISR (Incoherent Scatter Radar) de Jicamarca.

Es importante hacer notar que la relación cuantitativa encontrada:  $h = 28.1 (\text{ExB}) \text{ drift-}11.4\text{nT}$  será diferente a diferentes longitudes y diferentes niveles de actividad solar. Estos mismos autores posteriormente (Anderson et al., 2004) usando otro período de observaciones (Agosto 2001 a Diciembre 2002) y diferentes técnicas confirmaron la existencia de esta relación cuantitativa entre  $h$  y la velocidad de deriva ExB.

La Figura 3 muestra los 3 componentes del campo magnético medidos en Jicamarca el mismo día: 15 de Octubre del 2008 del magnetograma mostrado en la Figura 5 de El Leoncito. El campo magnético presenta características diferentes en dichas estaciones. En particular, la componente horizontal H diurna, es mucho más pronunciada en Jicamarca que en El Leoncito.

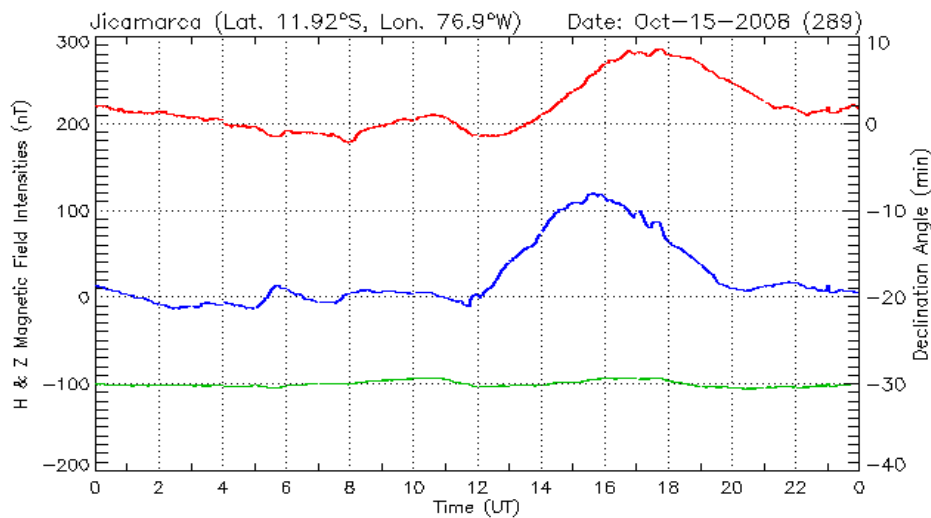


Figura 3. Componentes del campo magnético medido en Jicamarca el 15 de octubre de 2008. La curva superior indica la variación de la componente D en minutos de arco. Las curvas intermedia e inferior (verde) corresponden a los valores H y Z respectivamente (medidos en nT).

El nuevo instrumental de CASLEO se complementará con el del resto del LISN y contribuirá a obtener nuevas y más completas mediciones necesarias para esclarecer cuestiones científicas relacionadas con la ionosfera de baja latitud.

### 3. Comentarios finales

La instalación del observatorio LISN está avanzando rápidamente. Varios receptores GPS ya están instalados obteniendo datos de TEC casi a tiempo real. La primera ionosonda ya está terminada en el Observatorio de Jicamarca con el fin de realizar una serie de pruebas para ser instalada posteriormente en El Leoncito. En la página Web del LISN (<http://jro.igp.gob.p/lisn/>) se pueden encontrar algunos resultados de mediciones GPS y de magnetómetros. Se espera que el observatorio distribuido este prácticamente terminado en 2009.

El proyecto LISN pretende resolver cuestiones muy importantes aun no resueltas de la ionosfera de baja latitud. Los esfuerzos realizados hasta a fecha por un grupo internacional de investigadores ha permitido el despliegue de instrumental en una importante área en América del SUR que permitirá alcanzar los objetivos esperados del LISN.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a todos los participantes del equipo LISN que han hecho posible este trabajo en el Boston Collage y que tuvo el soporte financiero de NSF con el contrato ATM0521487, a la dirección y personal del CASLEO que facilitó la instalación del instrumental allí instalado.

## **Referencias**

- Anderson, D.N., A. Anghel, K. Yumoto, M. Ishitsuka, E. Kudeki, (2002). Estimating daytime vertical ExB drift velocities in the equatorial F-region using ground-based magnetometer observations, vol 29, N° 12, Geophysical Research Letter.
- Anderson, D.N., J.A. Klobuchar, P.H. Doherty, R.G. Rastogui, 1992. A comparison of Theoretical Modeling of the Low Latitude Ionosphere against TEC Data from the Indian Longitude during Solar Minimum, Int. Beacon Symposium, MIT, Boston, MA.
- Rastogi R.J., and Klobuchar, J.A., 1990. Ionospheric Electron Content within the Equatorial F2 Layer Anomaly Belt, J. Geophys. Res., 95, 19, 045-19-052.
- Valladares, C.E., J. Villalobos, (2008). LISN: una red para la caracterización del estado actual y pronóstico de la ionosfera en América del Sur, Física de la Tierra, Vol 20, 199-213.