



31
RAPAL

REUNIÓN DE ADMINISTRADORES
DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
ARGENTINA - OCTUBRE 2020

Tipo de Documento: (DI)
Presentado por: (Colombia)
Tipo de Sesión: (CACAT)
Punto de Agenda: (12.b)

**Cooperación entre Colombia y Argentina
sobre análisis magnetoeléctrico en
tectónica: Instalación de una Estación
Geofísica Permanente en la Base Antártica
Isla Marambio**



**31
RAPAL**

REUNIÓN DE ADMINISTRADORES
DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
ARGENTINA - OCTUBRE 2020

Resumen.

Entre el 10 y el 24 de enero de 2020, una comisión del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, integrada por el Profesor Carlos Alberto Vargas Jiménez, PhD. y el Ing. Juan Manuel Solano Fino, M.Sc., realizó la instalación de la Primera Estación Geofísica Permanente en la Isla Marambio, Antártida, con el fin de adquirir, almacenar y enviar datos de campo magnético, campo eléctrico y gases de efecto invernadero (metano y dióxido de carbono) hacia dependencias del Instituto Antártico Argentino y el LIG en Bogotá. Adicionalmente, se hicieron estudios de ruido sísmico en la Isla Marambio, con el fin de apoyar al Ejército Argentino y Fuerza Aérea Argentina para el mantenimiento de la pista aérea donde regularmente llegan aviones Hércules. La instalación se hizo con apoyo del Laboratorio Antártico Multidisciplinario en base Marambio (LAMBI) a cargo de la Dirección Nacional del Antártico - Instituto Antártico Argentino (DNA-IAA). El diseño, construcción e instalación de la estación fue realizado en el LIG.

Introducción.

El Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) ha estado activo por más de 13 años con labores orientadas al diseño, construcción, pruebas e instalación de instrumentos de medición de variables geofísicas, especialmente de equipos sismológicos, magnéticos y eléctricos. Desde 2008 opera la Red Sismológica de la Universidad Nacional de Colombia (RSUNAL), antes conocida como la Red Sismológica de la Sabana de Bogotá (RSSB), con ocho (8) estaciones sismológicas, tres de ellas multiparamétrico (incluyen sensores de campo magnético y eléctrico). Todos los datos adquiridos son enviados en tiempo casi real sobre la red de Colombia Móvil SA (Tigo) mediante módems 3G al servidor instalado en el LIG en la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

La Ministra Fernanda Millicay (Cancillería Argentina), extendió invitación al profesor Carlos Alberto Vargas Jiménez, Director del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) y al Ing. Juan Manuel Solano Fino, y estudiante del Doctorado en Geociencias, para participar en la Campaña Antártica de Verano (CAV) 2019/2020 con el grupo de Dosimetría del Instituto Antártico Argentino. Las diligencias de carácter técnico y logístico fueron coordinadas por la investigadora Prof. Adriana Gulisano, Ph.D., de la DNA-IAA. Los experimentos fueron planeados para desarrollarse en la Base de la Isla Marambio (también conocida como Isla Seymour), construida en 1969. Este sitio constituye la principal base científica y militar Antártica Argentina, y es operada logísticamente por la Fuerza Aérea Argentina. La Figura 1 muestra la ubicación de la Isla Marambio, mientras la Figura 2 muestra el mapa de la Isla y perspectiva aérea de la base científica. La isla cuenta con temperatura media entre -15°C y -1°C con mínimos y máximos de -36°C y 17°C respectivamente; el suelo es en su mayoría desértico de permafrost con extremadamente poca vegetación (algunas algas o musgo) y su fauna en tierra se restringe a aves como skuas y una colonia de pingüinos de Adela con aproximadamente 5000 ejemplares al SE de la Isla.

Descripción de la Instalación y puesta en funcionamiento de Estación Geofísica Permanente

Una vez instalados y con las debidas precauciones, se recorrió la base en busca de la mejor locación para la instalación de los sensores magnético, eléctricos y de gases. Si bien el plan inicial fue realizar instalaciones independientes para estos sensores, se concluyó que por acceso a energía eléctrica y facilidad de mantenimiento se instalarían todos en un mismo lugar, en el exterior del Laboratorio Antártico Multidisciplinario en base Marambio (LAMBI). La ubicación final de la estación se observa en la Figura 1.



Para este fin, se hizo modificación del diseño original para permitir que a un maletín de adquisición se conectaran todos los sensores. Como se observa en la Figura 2, se dispusieron en paralelo dos sistemas de adquisición alimentados a través de un convertor DC-DC de 12V a 5V, cada uno compuesto por:

- Raspberry Pi 3 (CPU)
- Tarjeta de adquisición (hasta 4 canales diferenciales)
- Tarjeta GPS con antena

Debido a que son 2 sistemas de adquisición independientes, a cada uno se le asignó un nombre diferente: MRB3 y MRB4, ambos pertenecientes a la red A0. Cada uno tiene capacidad de adquisición de hasta 4 canales diferenciales.

Figura 1.
Estación
Permanente
Marambio.
por sistemas
adquisición
MRB4. Las
amarillas
a dipolos
manera
NNE (124m)



Ubicación
Geofísica
en la Base
Compuesta
de
MRB3 y
dos líneas
corresponden
instalados de
ortogonal,
y EEN (80m).

Fuente: Fotografía tomada de Instrumentación Geofísica Geociencias de la Colombia

Figura 2. Maletín con adquisición, cada uno Raspberry Pi 3, tarjeta



por el Grupo del Laboratorio (LIG) del Departamento de Universidad Nacional de

doble sistema de
compuesto por
de adquisición y GPS.



Fuente: Fotografía tomada por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia

Sensores

Los sensores usados para la medición de campo magnético y campo eléctrico se observan en la Figura 5. Se trata de un magnetómetro triaxial Bartington Mag648L de bajo ruido y rango de $\pm 60\mu\text{T}$ y cuatro electrodos de polo a tierra de cobre de 70 cm cada uno. El magnetómetro fue enterrado en un agujero excavado a 75 cm de profundidad para evitar las drásticas variaciones de temperatura de la superficie, mientras los electrodos fueron enterrados por percusión a 80 cm de profundidad con su conexión superior protegida por silicona para evitar corrosión. Cada electrodo fue conectado a un cable de cobre de 1.2 cm de diámetro protegido por polímero resistente a temperaturas extremas. La disposición de los 4 electrodos que conforman los dos dipolos ortogonales NNE (124m) y EEN (80m), se observa en la Figura 3.



Figura 3. Sensores para campo electromagnético. A la izquierda electrodo polo a tierra de cobre, a la derecha magnetómetro Bartington Mag648L

Fuente: Fotografía tomada por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia

Para la medición de gases de efecto invernadero como dióxido de carbono y metano, se usaron los sensores MG811 y MQ-4 respectivamente, cuyo rango de trabajo operacional es 0 a 5 V, con una



31
RAPAL

REUNIÓN DE ADMINISTRADORES
DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
ARGENTINA, OCTUBRE 2020

sensibilidad entre 350 a 10.000ppm para el MG811 y de 300 a 10.000 ppm para el MQ-4. Ambos sensores se observan en la Figura 4.

Figura 4. Sensores de medición de gases. A la izquierda el sensor de dióxido de carbono (CO₂)



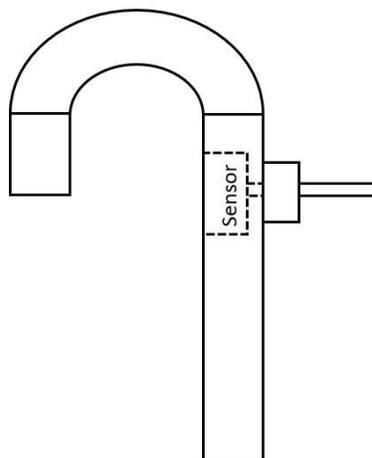
MG811 y a la izquierda el sensor de metano (CH₄) MQ-4

Fuente: Fotografía tomada por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia

Cada sensor de gas fue instalado en una estructura de J-invertida hecha con tubos PVC conectados, de tal manera que el sensor de gases quedara protegido adentro y se cree un diferencial de presión que permita la circulación de aire a través del sensor. La Figura 5 muestra la estructura construida y la Figura cómo fue dispuesta finalmente.

Figura 5. Estructura para sensores de gas fabricada en tubo PVC.

Fuente: Elaborado por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de



la Universidad Nacional de Colombia



31
RAPAL

REUNIÓN DE ADMINISTRADORES
DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
ARGENTINA - OCTUBRE 2020

Caja de protección

Para proteger el maletín, sus conexiones, la batería y regulador de carga, todos los elementos de la estación se han ubicado dentro de una caja de fibra de vidrio con revestimiento interior de espuma de polietileno para aislamiento térmico. Se hizo un agujero en una esquina para el ingreso de los cables y posteriormente se impermeabilizó con silicona. Las Figuras 6 y 7 muestran el exterior y el interior de la caja de protección de la estación geofísica permanente, respectivamente.



Figura 6. Exterior de la caja de protección de la Estación Permanente Geofísica.

Fuente: Fotografía tomada por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia

Figura 6.
caja de
Estación
Geofísica.



Interior de la
protección de la
Permanente



Los cables que conectan a los sensores de gas a los electrodos y al magnetómetro Mag648L son llevados hasta el maletín que contiene el sistema de adquisición. Especial cuidado se tuvo con el cable proveniente de cada uno de los 4 electrodos por su longitud de hasta 130 m y su diámetro completo de 3 cm, buena parte fue tendido bajo la pasarela que va del LAMBI a depósito (OMEGA) para los electrodos Norte (N), Este (E) y Sur (S), mientras que el cable del electrodo Oeste (W) fue tendido directamente en el suelo y un tramo de 5 metros de éste enterrado para dar lugar al paso de vehículos ocasionales sin que haya daños en el cable o en los vehículos.

Los siete (7) canales de información enviada desde Marambio se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Nomenclatura de variables adquiridas por la Estación Geofísica Permanente.

Canal	Nomenclatura	Señal	Sensor
1	A0.MRB3.02.HFN	Campo Magnético N-S	Mag648L
2	A0.MRB3.02.HFE	Campo Magnético E-W	Mag648L
3	A0.MRB3.02.HFZ	Campo Magnético Z	Mag648L
4	A0.MRB3.03.CO2	Dióxido de Carbono	MG811
5	A0.MRB4.01.HQN	Campo Eléctrico N-S	Dipolo electrodos cobre
6	A0.MRB4.01.HQE	Campo Eléctrico E-W	Dipolo electrodos cobre
7	A0.MRB4.03.CH4	Metano	MQ-4

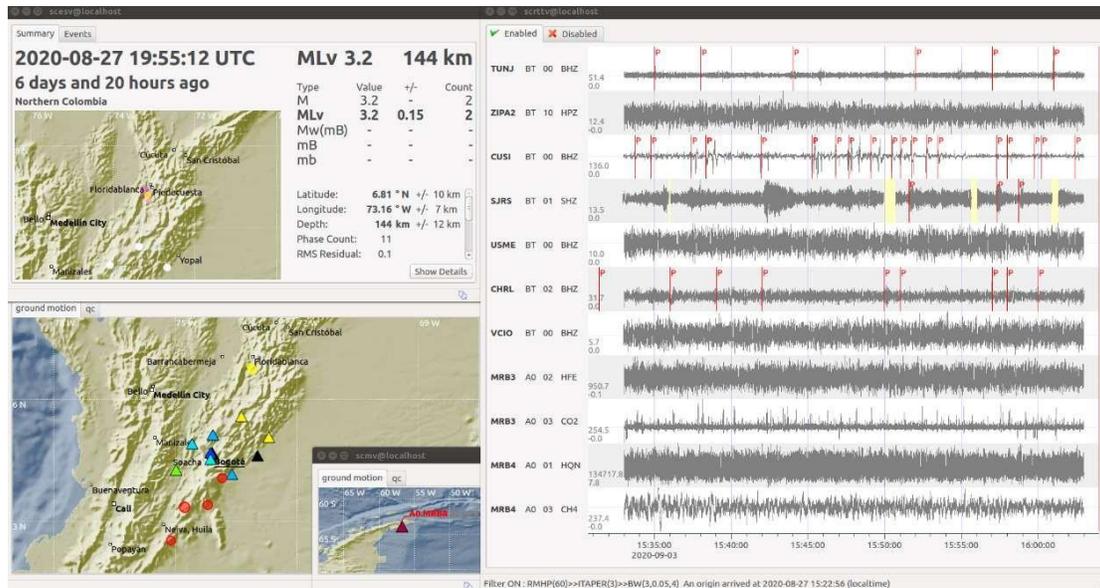
Fuente: Elaborado por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia

Transmisión en tiempo casi real

La información adquirida por cada estación se envía cada minuto al servidor ubicado en el Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) para su almacenamiento. La Figura 7 muestra el despliegue de la información en pantalla del servidor.



Figura 7. Visor en tiempo real de la Red Sismológica de la Universidad Nacional de Colombia



(RSUNAL) mostrando 4 de los 7 canales de información adquiridos en las estaciones MRB3 y MRB4, Isla Marambio, Antártica.

Fuente: Elaborado por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia

Para actualizar Actividad ir a: <http://redsismobogota.unal.edu.co/index.php?id=5501>.

Estudio Geofísico en la Pista de Aterrizaje. Ruido Sísmico

Para la medición del ruido sísmico de la Base Marambio, la pista de aterrizaje y sus alrededores, se usó una estación sismológica diseñada en el LIG denominada MRB1. Ésta consta de un sistema de adquisición con Raspberry Pi 3, tarjeta de adquisición de 24bit y una tarjeta GPS para sincronía de tiempo y posición alimentado todo con batería de 12 V @ 20 Ah. El sensor conectado es un geófono de frecuencia natural 4,5 Hz al que se le diseñó un circuito que incrementó el ancho de banda hasta 0,5 Hz mediante amplificadores operacionales. En la Figura 5 se observa la estación operando en uno de los puntos de adquisición cercanos a la plataforma de embarque de la pista de aterrizaje.

En total se hicieron 67 mediciones de ruido sísmico de 27 minutos cada una. Los puntos de medición se observan en la Figura 6. Resultados parciales del análisis fueron enviados a personal del Ejército de Argentina encargado del mantenimiento de la pista de aterrizaje, con el fin de evaluar variaciones elásticas y definir arreglos geotécnicos de largo plazo. Aunque los resultados finales del trabajo aún están en etapa de discusión entre los equipos de científicos de ambos países, se ha podido establecer alta variabilidad de propiedades, posiblemente asociadas a cambios laterales en el permafrost, posible presencia de acuíferos subterráneos o fallas geológicas que atravesarían la pista (ver figuras 13 y 14).



31
RAPAL

REUNIÓN DE ADMINISTRADORES
DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
ARGENTINA - OCTUBRE 2020

Los datos que actualmente se adquieren por la Estación Geofísica Permanente permitirán análisis a largo plazo sobre la variabilidad de la resistividad del subsuelo asociados a condiciones climáticas de la zona y/o perturbaciones tectónicas regionales. Por ahora, los equipos científicos de ambos países buscan que la estación adquiera datos para establecer líneas base de comportamiento de resistividad, y gases de efecto invernadero.

Figura 8. Medición de ruido sísmico en la plataforma de embarque de la pista de aterrizaje de la Base Marambio. Se observa el maletín de la estación MRB1 y al fondo el geófono triaxial de 4,5 Hz



Fuente: Elaborado por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia



31 RAPAL

REUNIÓN DE ADMINISTRADORES
DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
ARGENTINA - OCTUBRE 2020

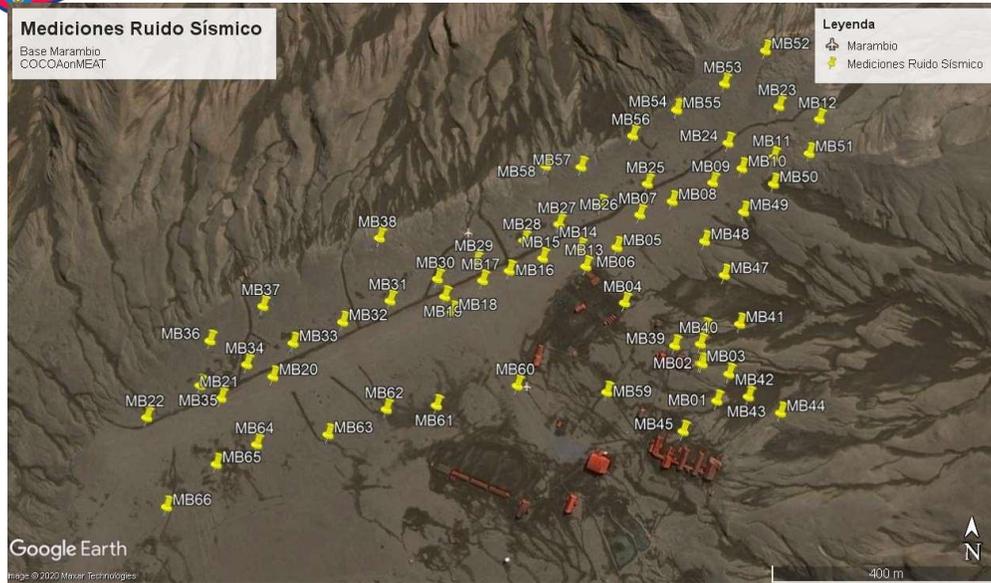
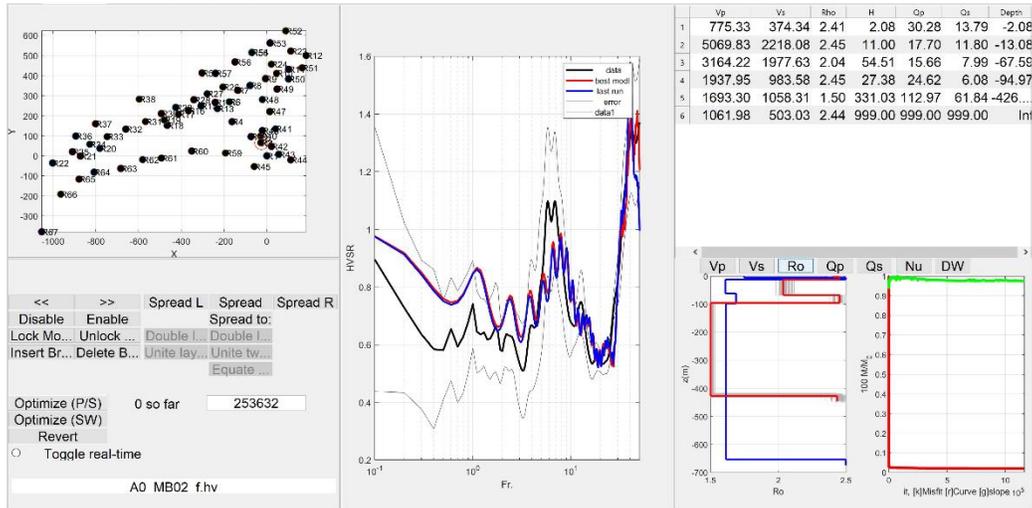


Figura 9. Mapa de mediciones de ruido sísmico con la estación MRB1.



Fuente: Elaborado por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia

Figura 10. Ejemplo de estimación de parámetros elásticos en estratos superficiales en la Isla Marambio. Estación MB02. El espectro de ruido sísmico ha sido utilizado para invertir valores de velocidades de ondas P, S, densidad, espesores de 7 capas, y datos de atenuación (Qp y Qs). En este caso, el ajuste entre datos observados (línea negra en el espectro) y modelo de ajuste (línea



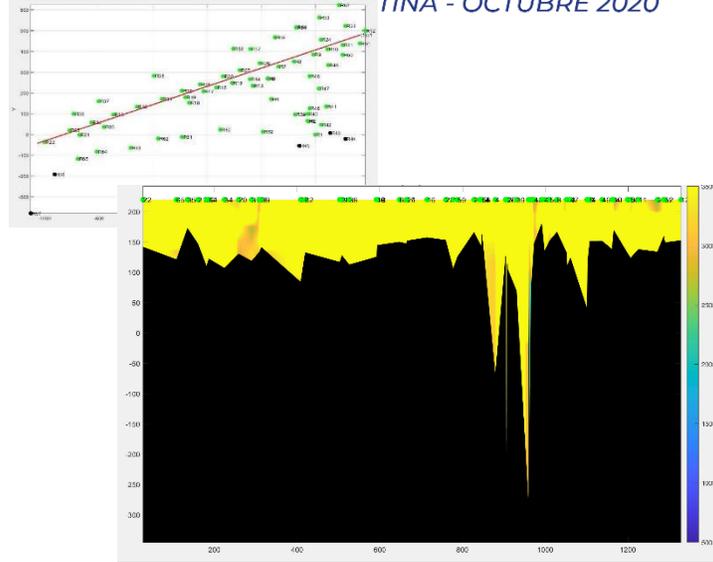
roja) es muy buena.

Figura 11. Perfil Vp a lo largo de la pista de aterrizaje. Obsérvese la gran irregular del basamento de la capa activa. Anomalías de Vp en el sector occidental podrían corresponder a acuíferos subterráneos.



31
DADA I

REUNIÓN DE ADMINISTRADORES
DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
ARGENTINA - OCTUBRE 2020



Fuente: Elaborado por el Grupo del Laboratorio de Instrumentación Geofísica (LIG) del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia.



31
RAPAL

REUNIÓN DE ADMINISTRADORES
DE PROGRAMAS ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
ARGENTINA - OCTUBRE 2020