

## **ESTACIÓN PERMANENTE GPS “ACON”. INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO. MONTE ACONCAGUA. MENDOZA, ARGENTINA**

*Lenzano, Luis<sup>1,2,3</sup>; Mackern, M.V.<sup>1,3</sup>; Lenzano, María G<sup>1,2,3</sup>; Robín, Ana M.<sup>1</sup>;  
Cabrera, Gabriel<sup>1</sup>; Barón Jorge<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Unidad de Aplicaciones Geodésicas y Gravimétricas. IANIGLA, CONICET (CRICYT).  
e-mail: llenzano@lab.cricyt.edu.ar

<sup>2</sup> Instituto de Geodesia y Geodinámica. Facultad de Ingeniería, UNCuyo

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería. Universidad Juan Agustín Maza

<sup>4</sup> Instituto CEDIAC. Facultad de Ingeniería, UNCuyo

### **RESUMEN**

El Programa SIGMA (Sistema de Investigación GPS *Mauna* Aconcagua) es un esfuerzo dirigido hacia el desarrollo científico-tecnológico dentro del Parque Provincial Aconcagua, que vinculará a los procesos naturales y antrópicos con las variables a desarrollar para el control del medio ambiente.

El marco científico del proyecto SIGMA está sustentado por los proyectos de investigación PIP N° 5759/05 financiado por CONICET y el proyecto Investigación y Desarrollo N° 06/G358 financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNCuyo.

SIGMA comprende investigaciones en el campo de la geodesia y la geofísica y en forma indirecta en glaciología, geología y geomorfología. Desarrollará conocimientos básicos que permitirán programar y ejecutar medidas de manejo de ecosistemas de montaña, conducentes a la preservación y restauración para mitigar los riesgos naturales.

En la temporada 2006 se instalaron en el área de la cumbre, una Estación Permanente GPS, denominada ACON, y una estación meteorológica de altura.

En este trabajo se detallan la metodología empleada para realizar el montaje de la EP GPS ACON en la cumbre del Cerro Aconcagua, y las etapas de prueba que se realizaron con el equipamiento.

### **ABSTRACT**

The SIGMA project (Mauna Aconcagua GPS Research System) is an effort toward the scientific-technologic development within the Parque Provincial Aconcagua, that will link natural and anthropic processes with the variables to be developed for controlling the environment.

The scientific frame of the SIGMA project is funded by the research project PIP No. 5759/05 financed by CONICET, and the project Investigación y Desarrollo (Research and Development) No.06/G358 financed by the Secretaría de Ciencia y Técnica of the UNCuyo.

The SIGMA project comprises research in the fields of geodetics and geophysics, and indirectly in glaciology, geology and geomorphology. It will develop basic knowledge for the programming and executing of steps for the management of mountain ecosystems, leading to preservation and restoration to alleviate natural hazards.

A permanent GPS station, named ACON, and a height meteorological station were installed at the summit. This work gives account about the methodology used to install the GPS ACN PS in the summit of Mt. Aconcagua, and the trial stages carried out with the equipment.

### **INTRODUCCIÓN**

El concepto de geodinámica, es el motivador en la actualidad del desarrollo y análisis de los más diversos estudios, a diferentes escalas, de procesos naturales. Tectónica de placas, remoción en masa, dinámica glaciár, deslizamientos, fallas geológicas, eje de rotación terrestre, mareas, geoide, son algunos de los ejemplos que podemos citar.

Para comprender esta evolución del conocimiento en el concepto de “velocidades de coordenadas”, “geodinámica” debemos analizar el punto de inflexión que se produce en la década del 90, a partir de las observaciones GPS (Global Position System). En esta década, se discutió la posibilidad de materializar un nuevo marco de referencia geocéntrico. La Argentina no quedó fuera de esta circunstancia ya que también se planteó como objetivo la densificación de un marco de referencia

geocéntrico preciso, tan cercano como fuera posible al sistema global WGS84, mediante observaciones GPS.

Este objetivo se materializó en el proyecto POSGAR que se concretó entre 1993 y 1997. Durante ese período se realizaron las observaciones GPS y los cálculos que dieron lugar a las coordenadas definitivas del marco POSGAR'94, oficialmente adoptado por el IGM en mayo de 1997. La Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, FCAG de la UNLP permitió mejorar POSGAR'94 e integrarlo al Proyecto SIRGAS por medio de POSGAR'98, produciendo una materialización precisa del sistema de referencia terrestre internacional ITRS.

La puesta en marcha de EP GPS es de gran significación en la materialización de sistemas de referencias globales, en el cálculo de coordenadas y velocidades y en la Geodinámica de los procesos naturales. La Red Internacional del IGS (International GNSS Service) así lo demuestra.

En la Argentina las EP GPS se han incrementado en los últimos 10 años y se han fortalecido en su trabajo en conjunto integrando la Red Nacional de EP GPS.

En la provincia de Mendoza, la actualización de la infraestructura geodésica es de interés científico y tiene aceptación oficial por parte de las autoridades provinciales. Es ejemplo de ello la estación permanente GPS MZAC que opera desde el 2001, cuyo objetivo principal es materializar el Marco de Referencia Terrestre Internacional en la Provincia y servir de nexo para la Georreferenciación al mismo. Se encuentra integrada actualmente a la red nacional de EP GPS y a la red e IGS. En el sur de la Provincia,

Es fácil deducir que el incremento de las EP GPS resulta de fundamental importancia tanto para el sector científico como para el productivo. La ubicación de estas en sectores de los Andes Centrales propiciarán un aporte significativo para estudios de la Geodinámica en la Cordillera Central, en el estudio de la alta y media atmósfera, en el balance de masas de los cuerpos glaciares, como así también en la densificación de los marcos de referencia regionales.

En este sentido, el Programa SIGMA se propuso instalar una nueva EP GPS en el área de la cumbre del Cerro Aconcagua. Persigue realizar aportes a estudios de la geodinámica, mediante el seguimiento de las coordenadas de la EP GPS, surgidas de cálculos rigurosos a partir del procesamiento diferencial con otras EP distribuidas en otras zonas o placas. Se realizará también la densificación de un nuevo punto en el marco de referencia internacional.

La mencionada estación permanente GPS se identificará con el nombre "ACON". Su emplazamiento resulta de gran interés ya que no tiene antecedentes a nivel mundial, pues se trata de la instalación de instrumental científico permanente a 6963 metros de altura sobre el nmm.

Considerando su ubicación geográfica, equidistante a otras EP GPS de la región, se podría decir que se encuentra en un lugar estratégico desde el aporte que se pretende brindar a la geodinámica de los Andes Centrales. (Figuras 1 y 2).

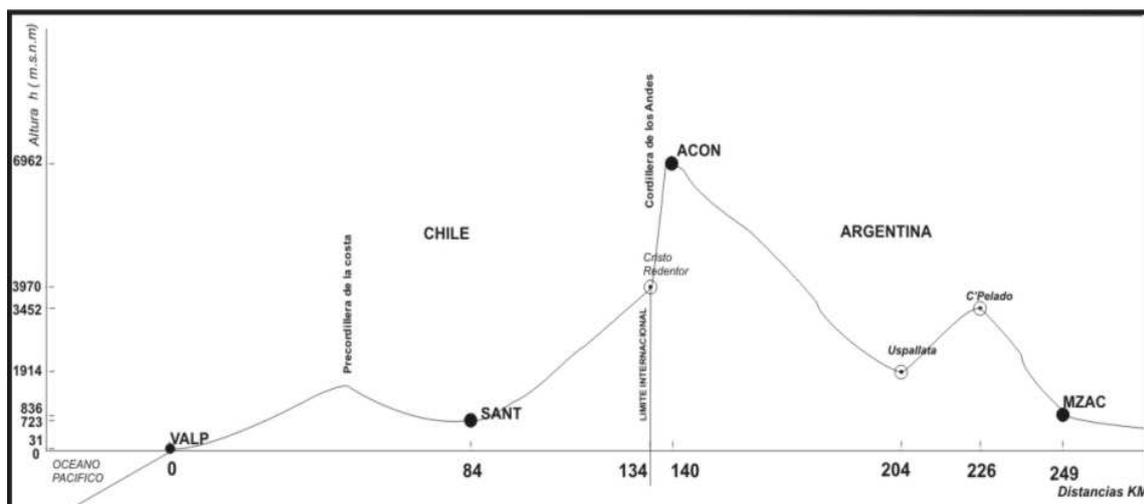


Figura 1 Perfil transversal desde la costa del Océano pacífico al pie de monte de la provincia de Mendoza

El proyecto, tiene varios objetivos a cumplir, entre otros evaluar la existencia de un movimiento diferencial del macizo con respecto a la cordillera central, fundamentalmente en su componente vertical. Estamos hablando de un cuerpo que tiene una media en altura de 2000 metros mayor que todo el contexto que le rodea.

### **ETAPAS DEL PROYECTO**

En este proyecto participan las siguientes instituciones: IANIGLA (CONICET - CRICYT), Instituto de Geodesia y Geodinámica (Facultad de Ingeniería – UNCuyo), Instituto CEDIAC (Facultad de Ingeniería – UNCuyo) y el Pacific GPS Facility (University of Hawaii).

El equipamiento que se adquirió fue principalmente un receptor GPS, marca TRIMBLE, modelo NetRS, doble frecuencia, un equipo de radio para transmisión de datos INTUICOM, modelo “Master Netid 1010” y una estación meteorológica DAVIS, modelo Wireless Vantage.

El desarrollo del proyecto se dividió en las siguientes etapas:

#### **Desarrollo tecnológico de los componentes de la EP GPS**

Esta etapa, de fundamental importancia, se basó en el desarrollo tecnológico del sistema óptimo para su traslado a la cumbre, su conexión por personas no idóneas y su operatividad en condiciones de temperatura y presión extremas.

El sistema se desarrolló principalmente en el Instituto CEDIAC, donde se establecieron tres instancias de prueba, funcionamiento en condiciones de laboratorio, funcionamiento en condiciones de bajas temperaturas y comunicación de las radios con su correspondiente descarga de datos a la distancia de 20 km.

Las comunicaciones entre el equipo GPS y el hardware se realizaron a través de la radio INTUICOM. Los archivos de datos se almacenaron en forma automática. Para ello se diseñó un programa específico, que habilita y establece la comunicación en forma automática, entre la PC y el equipo GPS. La bajada de datos automática se realiza diariamente a las 12 hs local.

El equipo GPS fue programado para guardar un archivo diario con un intervalo de registro de las observaciones GPS de un segundo.

#### **Reconocimiento del área cumbre donde se instalaría la EP GPS**

Una vez realizada las pruebas de los equipos, comenzaron las etapas de instalación del instrumental. Como condición fundamental, se debía hacer el reconocimiento del área de la cumbre y relevamiento de la misma, con el fin de decidir el lugar óptimo para la instalación del instrumental y las herramientas necesarias.

Esta primera campaña se realizó durante el mes de enero del 2006. Además del reconocimiento de la topografía de la cumbre, se seleccionó el lugar de anclaje, se instalaron los soportes de las antenas del equipo GPS y de radio. La ubicación de las mismas resultó sobre el borde de la pared Sur del cerro, donde el montaje del instrumental fue previsto en la zona alledaña al mismo y con una pendiente del 15%.(Figura 3).

La ubicación de los soportes tiene visual directa con la entrada al Parque Provincial Aconcagua, paraje conocido como “Laguna de los Horcones”, donde se encuentra la oficina de los Guardaparques. Esto fue también un condicionante al momento de elegir el sitio del emplazamiento ya que en este lugar se instaló la radio, con su correspondiente antena y modem y la PC que recibiría y almacenaría la información transmitida desde la cumbre. La distancia entre la cumbre y Laguna de los Horcones es de 18 km y las alturas de ambos lugares son: Cumbre del C° Aconcagua 6962 m snmm; Laguna de Horcones (Oficina de Guardaparques), 2980 m snmm. (Figura 2)



**Figura 2.** Imagen Landsat Conexión radial Acon –Laguna de los Horcones

### **Traslado del material e instrumental científico a la Cumbre**

En la segunda etapa, realizada durante la primera quincena del mes de febrero, se trasladó a la cumbre todo el instrumental y equipamiento (receptor GPS, radio, baterías, paneles solares, conectores, caja protectora, cables, etc.) Estos equipos, 65 Kg. en total, fueron llevados por 11 científicos y técnicos, que llegaron a la cumbre. La preparación del personal se hizo en la ciudad de Mendoza y luego se intensificó en el trayecto desde la localidad de Puente de Inca a Plaza de Mulas, campamento base, a 4380 m snmm.

Esta preparación no sólo fue física y psicológica, sino también técnica ya que se realizaron pruebas simulando la instalación en base a un minucioso manual de procedimientos, confeccionado a tal efecto.

Desde el Refugio Berlín, a 6300 m de altura, los científicos y técnicos llevaron a la cumbre el instrumental. Al llegar se comprobó que el soporte de la antena de radio no estaba en condiciones técnicas y debido a las condiciones climáticas adversas se decidió ordenar y dejar el instrumental en un sector seguro en las inmediaciones de la cumbre.

### **Instalación de la EP GPS en la zona de la Cumbre del C° Aconcagua**

La tercera etapa, tuvo lugar durante la segunda quincena del mes de marzo, se realizó con la participación de cuatro personas: porteadores y técnicos. Se encontró la totalidad del instrumental y se procedió a realizar la instalación del mismo, según el Manual de procedimientos.

El único inconveniente en la instalación fue la falla de la “pistola” que permitía colocar seguros sobre la roca para dejar fijos al suelo los paneles solares. Para salvar el problema se puso sobre los paneles una malla de alambre de trama hexagonal muy pequeña y se la sujetó con grandes rocas que se colocaron sobre la misma.

Los paneles se ubicaron sobre una pendiente del 15% y con orientación hacia el sur-oeste, ya que resultó ser la única posibilidad de instalación en ese sector de la cumbre. (Figura 3). De esta forma quedó instalada y operando el 21 de marzo la estación permanente ACON. (Figura 4)



**Figura 3.** Paneles Solares y malla de alambre que los sujeta



**Figura 4** Instalación de GPS en la cumbre del Co Aconcagua

El 24 de marzo, se comprobó la recepción de los datos desde la PC. La conexión fue inmediata y se obtuvieron por primera vez los archivos de observación. La conexión con el receptor de ACON permitió controlar que el receptor se encontraba operando al igual que el sistema de recarga de baterías. A partir de la primera semana del mes de abril, se mantuvo la conexión con ACON pero no se contaba con voltaje suficiente para la correspondiente descarga de observaciones GPS y la estación dejó de transmitir.

### **Evaluación de las fallas del sistema de alimentación**

El corte de la estación por falta de energía en los dos sistemas de potencia, se debe al mal funcionamiento de los paneles solares. Esto tiene dos explicaciones. La primera está relacionada con la “malla de alambre” que se colocó sobre éstos para protegerlos del viento. En este sentido y relacionando la tormenta de nieve del 28 de abril, que aportó gran cantidad de nieve y humedad, hizo que la malla se comportara como un elemento de cohesión de la nieve, y en consecuencia, se formó una capa muy consistente y homogénea de hielo sobre los paneles. Este efecto se lo denomina “iglú”, obviamente que este efecto no deja pasar la radiación solar. La segunda, está relacionada con la orientación y el plano topográfico en que se ubicaron los paneles. Haciendo un análisis, teniendo en cuenta latitud, longitud y época del año, y basándonos en la ecuación del sol, declinación, acimut y altura, se observa que la máxima altura del sol sobre el horizonte, durante el período del 21 de abril al 21 junio, varía desde a los 45.4° a los 33.9°, para la latitud de la EP GPS “ACON”. Y si el plano donde se instalaron los paneles tiene una inclinación de 10°, con orientación “norte – sur”, el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre los paneles, variará entre los 35.4° y los 23.9°. El máximo rendimiento de trabajo de los paneles es a partir de los 35° de incidencia de los rayos. Por debajo de estos valores, disminuye en forma exponencial su rendimiento. A los 25° su funcionamiento es nulo. Esto explica la falta de carga de las baterías.

Para la puesta en funcionamiento se debió realizar innovación tecnológica que permitiera su instalación en condiciones extremas de altura y meteorológicas. La estación *ACON* transmite la información de los observables GPS en forma normal, cuando las condiciones meteorológicas son buenas. La información de los observables es homogénea y estable.

El corte de la estación por falta de energía en los dos sistemas de potencia, se debió al mal funcionamiento de los paneles solares. La corrección de la orientación, su inclinación y el anclaje serán modificados en enero de 2007.

La estación *ACON* está operando en un proceso de prueba durante este periodo. Se espera que comience a transmitir los datos en forma normal a partir del mes de octubre de 2006. Una vez que la estación pase este período de prueba, los observables GPS se harán públicos. Esperamos que esta etapa se pueda poner en marcha a partir de febrero del 2007.

**Agradecimientos:** Dr. Benjamin Brooks. University of Hawaii; Empresa TRIMBLE; UNAVCO: Empresa MERCOBRAS; A los Ing. Mauro Blanco, Leonardo Euillades, al Téc. Gabriel Cabrera del Instituto CEDIAC. A LOS Dres. Ricardo Villalba, Federico Norte, Juan C. Leiva, a los Ing. Alberto Vich y Lidio López, a los Técnicos Roberto Bruce, Hugo Videla, Ernesto Corvalán, María E. Soler y José Hernández, al Ing. y al Lic Maximiliano Viale, pertenecientes al IANIGLA; A los Téc. Daniel Rosales, Rubén Soria e Isidoro Busquet del CRICYT; A la Dirección de Recursos Naturales, Gobierno de Mendoza, en especial al cuerpo de Guardaparques del Parque Provincial Aconcagua. Al Ing. Hernán Alvis Rojas de la Universidad Nacional de San Juan