

## LA RED DE ESTACIONES DE MONITOREO SATELITAL GPS REMOS

José Napoleón Hernández  
[jhernandez@igvsb.gov.ve](mailto:jhernandez@igvsb.gov.ve)

Freddy Balcázar  
[fbalcazar@igvsb.gov.ve](mailto:fbalcazar@igvsb.gov.ve)

Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar  
Edificio Camejo, Camejo a Colón, Av. Este 6, CSB, El Silencio, Caracas, Venezuela. Tlf 58-212-5461268, Fax 58 212 5461225.

### RESUMEN

Actualmente, dentro de los proyectos nacionales de actualización del marco geodésico de referencia que adelanta el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), como organismo rector en esta materia, se encuentra el proyecto REMOS (Red de Estaciones de Monitoreo Satelital GPS), que tiene como objetivo la instalación de un conjunto de estaciones GPS permanentes, ubicadas en todo el territorio nacional, con el fin de brindar información satelital GPS para que los usuarios vinculen sus estudios, proyectos e investigaciones al Sistema Geodésico Nacional por medio de esta tecnología.

Para ello se ha diseñado la red REMOS, instalando y operando las estaciones permanentes, integrada cada una de ellas por un receptor satelital GPS de doble frecuencia, con antena geodésica o choke ring y una plataforma automatizada de almacenamiento y transmisión de los datos.

Todos los datos GPS (24 horas), se encuentran disponibles para los usuarios en la WEB (World Wide Web), todos los días a las 0 horas de TU (20 horas HLV). Los intervalos de captura de datos se encuentran definidos en 1, 5, 15 y 30 segundos, donde cada interesado usuario puede seleccionar el intervalo adecuado.

Para finales del año 2007 se ha planificado la instalación y operación de once (11) estaciones de un total de 20 que comprende la primera fase, para cubrir todo el territorio nacional, lo que permitirá encontrar siempre una estación REMOS a una distancia o radio máximo de 150 kilómetros para realizar el posicionamiento diferencial en post proceso.

**Palabras claves:** GPS, REGVEN, modo diferencial GPS, Sistema Geodésico Nacional, estación GPS permanente.

### 1.- INTRODUCCIÓN

El marco geodésico de referencia en Venezuela lo constituye la Red Geocéntrica Venezolana REGVEN, como la densificación de la red del Sistema de Referencia Geocéntrico para las América SIRGAS, con elipsoide asociado el GRS 80 – Geodetic Reference System 1980- adoptado a partir de 1999, en sustitución del datum PSAD 56 ó La Canoa.

El Control Geodésico Nacional lo materializa la Red Geocéntrica Venezolana (REGVEN) y el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, organismo rector de geodesia a nivel nacional, tiene como objetivo fundamental dentro de los programas anuales en esta materia, el establecimiento de una red nacional de estaciones satelitales GPS (Global Positioning System) permanentes denominada REMOS (Red de Estaciones de Monitoreo Satelital GPS). Este proyecto viene justificado por el uso creciente en la gran cantidad de proyectos que se ejecutan en el territorio nacional utilizando la técnica GPS.

Una estación REMOS está constituida por un receptor satelital capturando datos GPS continuos, con una plataforma que permita la administración, almacenamiento, distribución y disponibilidad para los usuarios.

Dentro de las fases de ejecución del proyecto se considera el diseño de la red, instalación de estaciones, disponibilidad de la información GPS a los usuarios y la evaluación de la información GPS.

En la primera etapa se considera la instalación de veinte (20) estaciones REMOS en el territorio nacional, considerando mayoritariamente que en cualquier parte del territorio nacional se encuentre por lo menos una estación GPS a una distancia máxima de 150 kilómetros.

Como resultado parcial, se encuentran operativas las estaciones REMOS de Caracas, Barinas, San Fernando de Apure, Maracaibo, Coro y San Carlos de Cojedes y en fase de instalación las de Pariaguán, Elorza, Cumaná, San Cristóbal y Carúpano.

## **2.- EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS**

Para el diseño de la red REMOS se utilizó el software ARC VIEW versión 3.4 para el estudio de la distribución geográfica de las estaciones. Considerando en la metodología una selección adecuada de la cantidad de estaciones que puedan hacer factible el proyecto, sin desmedro de la distribución homogénea de las estaciones GPS permanentes.

Se utilizó el mapa global a escala 1:100.000 como cartografía base para el diseño de la ubicación de las estaciones. Para la transformación de coordenadas REGVEN a cónico secante de Lambert se realizó por medio del software CARTOGEO.

Considerando los componentes de una estación GPS permanente, está conformada por un receptor GPS de doble frecuencia con capacidad de captar todos los satélites en vista, conectada a una antena del tipo choke ring ó geodésica. El receptor está conectado a un computador o miniservidor integrado que contiene un software de administración de la estación GPS, con un sistema de comunicaciones que permita enviar los datos a un computador central (Centro de Control), para que luego los datos estén disponibles a los usuarios. Cada estación REMOS está equipada con un receptor GPS con capacidad de medir código y fase en ambas frecuencias L1 y L2 con al menos 12 canales independientes para cada frecuencia y captura de datos a una rata mínima de 10 Hertz, con control del sistema de energía suplementario.

### **3.- METODOLOGÍA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE ESTACIONES REMOS**

La metodología de desarrollo de la red REMOS contiene las siguientes fases principales:

#### **3.1.- Diseño de la red REMOS**

De acuerdo a las metas planteadas en la primera etapa del estudio, se programó para la primera fase la instalación de 20 estaciones, considerando que siempre se encuentre en cualquier lugar, una estación REMOS a una distancia máxima de 150 kilómetros.

Considerando la distancia para ubicar una estación cada 150 kilómetros, se realizó el diseño conceptual de REMOS, tomando además, la ubicación ya planificada de la ubicación de una estación como Centro de Control en Caracas y otra adicional en Barinas.

Para la configuración de estaciones REMOS, se escogieron los sitios de ubicación de la cobertura de centros poblados y ciudades del mapa global. La selección se realizó, considerando que cada sitio debía poseer las principales facilidades logísticas para acceder

a la estación y que posea una importante infraestructura en cuanto a edificaciones seguras y que sean capitales de municipios, preferiblemente.

Sin embargo, es importante señalar que en la región sur del país es poco probable conseguir estas condiciones, debido a que es difícil encontrar poblados o ciudades para la instalación conveniente de las estaciones como en la región norte, así como lo complejo de la logística para acceder a esta región y la seguridad, además, de no contar con un sistema de comunicación electrónica que sea versátil y sencillo para la conexión de las estaciones.

En la configuración de estaciones en la región sur, se consideró entonces pertinente, debido a la inexistencia de instalaciones y facilidades logísticas, tanto de comunicaciones como de seguridad, colocar las estaciones GPS en aquellos lugares que cumplan en la mayoría con los criterios antes señalados. Sin embargo se realizó un análisis de los principales centros poblados y sus facilidades logísticas en los estados Amazonas y Bolívar.

En el estado Amazonas, se consideraron los principales centros poblados que son capitales de municipio en esa región, Río Negro, La Esmeralda, Maroa, San Fernando de Atabapo, Manapiare y Puerto Ayacucho, pero con la condición que cubrieran otros poblados de importancia. El resultado del diseño de la red generó la selección para la instalación de estaciones REMOS en Puerto Ayacucho, como capital de estado con acceso terrestre y aéreo y La Esmeralda, que presenta una pista de aterrizaje asfaltada y se encuentran además algunas instituciones que pueden prestar el apoyo para la operación de las estaciones. Para el estado Bolívar se seleccionaron los poblados de Santa Elena de Uairén, Canaima, Santa María de Erebató y Maripa.

En este sentido, a pesar que la mayoría de los centros poblados de la región sur ubicados en los estados Bolívar y Amazonas no reúnen las condiciones para la colocación de estaciones, se extendió este estudio de diseño espacial a esa zona, debido al alcance nacional de este proyecto.

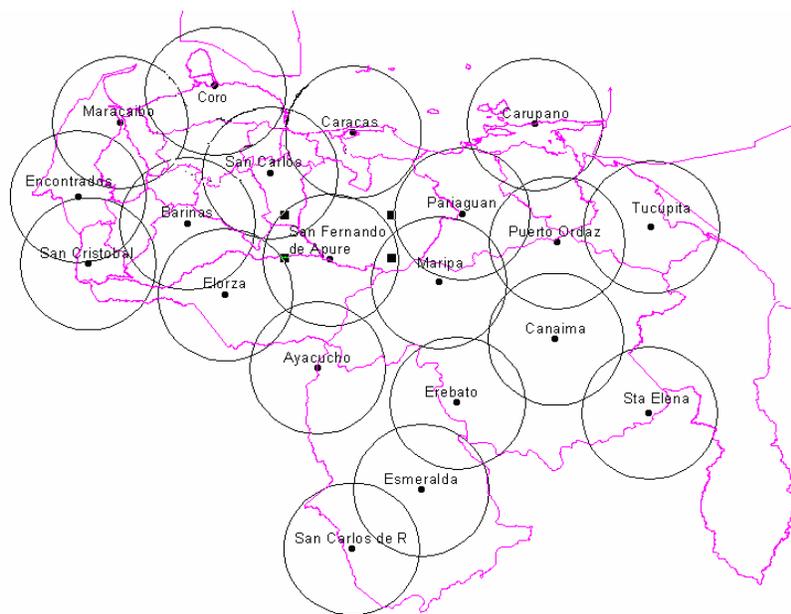


Fig. 1: Distribución geográfica de las estaciones REMOS

### 3.1.1.- Organización del sistema

La organización del sistema de la Red Nacional de Estaciones GPS Permanentes está compuesta por dos tipos de centros: Centros Operacionales y el Centro de Control.

Los Centros Operacionales de la red, funcionarán en cada uno de los lugares donde se encuentren las estaciones GPS permanentes. Tendrán por función operar, vigilar y mantener el sistema, encargándose de la captura, almacenamiento y envío de los datos GPS hasta el Centro de Control. Cada Centro Operacional, tiene sus operadores respectivos, quienes se encargan del normal funcionamiento de cada estación.

El Centro de Control de la red, está ubicado en la sede central del IGVSb en Caracas. Desde este Centro de Control se manejará y administrará todo lo concerniente a todas las estaciones en cuanto a las directrices técnicas y administrativas.

### 3.2.- Selección de sitios

Luego del diseño, se realizó una selección y visita a aquellos locales y edificaciones que cumplan con las condiciones para la instalación de las estaciones REMOS. Para ello, se ubicaron un conjunto de sedes de las instituciones que pueden prestar el apoyo, entre las que se encuentran PDVSA, CVG EDELCA, Universidades, Sistemas Hidráulicos, Institutos regionales, alcaldías, entre otras.

### 3.3. Construcción de estructuras rígidas para la instalación de las antenas GPS

Luego de seleccionar el sitio se procedió a la construcción de las torres o estructuras sólida que permita la colocación de la antena GPS. Estas se diseñaron de metal y de concreto armado.



Fig. 2: Tipos de estructuras construidas para las antenas GPS. A la izquierda estación Barinas (metálica), centro estación San Fernando de Apure (concreto armado) y a la derecha la estación Coro (concreto armado).

### 3.4.- Instalación de equipos

La fase siguiente contempla la instalación de los equipos receptores y antenas GPS, incluyendo la plataforma de transmisión de datos desde cada una de las estaciones hasta el Centro de Control en Caracas.

Los instrumentos instalados en las estaciones REMOS son receptores de doble frecuencia marca TRIMBLE modelo 5700 y SOKKIA modelo GSR2700 RS y antenas choke ring marca TRIMBLE y NOVATEL respectivamente.



Fig. 3: Tipos de receptores GPS y antenas de las estaciones REMOS

### 3.5.- Disponibilidad de la información

Todos los datos GPS captados en las diferentes estaciones REMOS son colocados diariamente a las 0 horas de TU (20 horas HLV) en la página WEB del IGVSb, para que sean descargados y utilizados por los usuarios de la tecnología satelital GPS en la dirección [www.igvsb.gov.ve/remos](http://www.igvsb.gov.ve/remos). Los intervalos de captura de los datos se encuentran definidos en 1, 5, 15 y 30 segundos, donde cada usuario puede seleccionar el intervalo que se ajuste al correspondiente monitoreo satelital.

### 3.6.- Manejo de datos

Las estaciones operan las 24 horas, todos los días. Los datos GPS son convertidos a formato RINEX y enviados al Centro de Control de REMOS ubicado en la sede central de IGVSb en Caracas, debido a que allí se centraliza toda la información básica del territorio, para luego colocarlos a disponibilidad de los usuarios.

Todos los datos GPS de las estaciones se encuentran disponibles en la página WEB durante un período de 90 días continuos.

## 4.- RESULTADOS

De las veinte estaciones que contempla la primera etapa, se han instalado siete (7) estaciones en Caracas, Barinas, Ciudad Guayana, San Fernando de Apure, Maracaibo, Coro

y San Carlos de Cojedes y en fase de instalación las de Pariaguán, Elorza, San Cristóbal y Carúpano.

## **5.- CONCLUSIONES**

Con la ejecución de este proyecto se moderniza el Sistema Geodésico Nacional de acuerdo a las últimas tendencias de materialización de los sistemas geodésicos de referencia a nivel mundial.

Se espera un gran impacto en cuanto al aprovechamiento y aumento del uso de la tecnología GPS, como apoyo a los proyectos de catastro, cartografía, geodesia, topografía, petróleo, minería, ambiente e investigación entre otros.

Como se observa en la figura 1, con la instalación en la primera fase de 20 estaciones REMOS, se cubre la mayor parte del territorio nacional. En la región norte cubre principalmente las zonas de mayor densidad poblacional de la franja centro norte costera, incluyendo la mayoría de las islas y costas.

En cuanto a la cobertura en la región sur, es importante señalar que sólo se ubicaron las estaciones en aquellos poblados que potencialmente pueden tener las mejores condiciones tanto de logística como de comunicaciones e infraestructura.

De esta manera se logra una buena disponibilidad de estaciones REMOS en todo el territorio nacional, considerando esta cantidad como aceptable desde el punto de vista económico para la factibilidad del proyecto en la primera fase.

Es importante señalar que en aquellos sitios donde no se encuentre alguna estación REMOS a una distancia próxima a 150 kilómetros, entonces las observaciones GPS se realizarán considerando tiempos mayores de observación GPS y/o con instrumentos de doble frecuencia, para obtener una calidad aceptable del geoposicionamiento, dependiendo de la calidad métrica del levantamiento o proyecto.

## **6.-REFERENCIAS**

J. Adam, W. Augath, C. Boucher, P. Bruyninx, P. Dunkley, E. Gubler, W. Gurtner, W. Hornik, H. Marel, W. Schluter, W. Seeger, M. Vermeer, J. Zielinsky, The European Reference System coming of age, International Association of Geodesy, Vol. 121, K.- P. Schwars (Eds): Geodesy Beyond 2000 – The Challenges of the first decade; Springer - Verlag Berlín, Heidelberg (2000).

J. Adam, W. Augath, C. Boucher, C. Bruyninx, A. Caporali, E. Gubler, W. Gurtner, H. Habrich, B. Harsson, H. Hornik, J. Ihde, A. Kenyeres, H. Marel, H. Seeger, J. Simek, G. Stangl, J. Agria, G. Weber, Status of the European Reference Frame, International Association of Geodesy, Vol. 125, J. Adám, K – P. Schwarz (Eds): Vistas for Geodesy in the New Millenium; Springer – Verlag, Berlín, Heidelberg (2001).

R. Duval, P. Héroux, N. Beck, Canadian Active Control System – Delivering the Canadian Spatial Reference System. Presentado en GIS'96, Vancouver (1996).

J. N. Hernández, D. Blitzkow, R. Luz, L. Sánchez, P. Sandoval, H. Drewes, Connection of the Vertical Control Networks of Venezuela, Brazil and Colombia, International Association of Geodesy, Vol. 124, Drewes, H., Dodson, A., Fortes L. P. S., Sánchez, L. (Eds), Vertical Reference Systems; Springer - Verlag, Berlín, Heidelberg, New York (2001).

J. N. Hernández, La materialización del Sistema Geocéntrico de Referencia en Venezuela dentro del marco del proyecto SIRGAS Revista Cartográfica, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Número 76– 77, México (2003).

J. N. Hernández, Propuesta de Diseño de la Red Nacional de Estaciones GPS Permanentes, Tesis de Postgrado, Universidad Central de Venezuela, Caracas (2005).

Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar: Proyecto Mapa Global, Informe Técnico, Metodología de trabajo para la generación de la información básica y temática, Caracas (2003).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: La Nueva Red Geodésica Nacional Activa, publicado en <http://www.inegi.gob.mx>, México (2000).

International GPS Service: Strategic Plan 2003 – 2007, IGS Central Bureau, Jet Propulsion Laboratory, California (2002).

J. F. G. Monico, J. A. S. Perez, Integration of a Regional GPS Network within ITRF Using Precise Point Positioning; International Association of Geodesy, Vol. 125, J. Adám, K – P. Schwarz ( Eds): Vistas for Geodesy in the New Millenium; Springer – Verlag, Berlín, Heidelberg (2001).

Ordnance Survey: Overview of the Ordnance Survey National GPS Network online services, publicado en <http://www.gps.gov.uk/over.asp>, Southampton (2001).

P. J. G. Teunissen, A. Kleusberg, GPS for geodesy, Second edition Walter de Gruyter, Berlín, New York (1997).

R. Snay, G. Mader, N. Weston, CORS/OPUS: Status & Future Prospects, publicado en <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/information5/>, USA (2004) .

E. Wildermann, M. Hoyer, G. Royero, M. Barrios, R. Ceballos, M. López, Análisis de los registros de las mediciones GPS en la estación permanente Maracaibo, Laboratorio de Geodesia Física y Satelital (LGFS), Departamento de Geodesia Superior, Escuela de Ingeniería Geodésica, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo (2004).