



Figura 5. Antena de transmisión satelital Bogotá – Viena.

A continuación se describe el sistema de registro y digitalización de los datos, el sistema de comunicaciones, y por último el sistema de análisis de datos sísmicos.

#### 4.1 Sistema de registro y digitalización de datos

El sensor que registra la señal sísmica en El Rosal es marca Guralp modelo CMG - T3E007, con respuesta plana aproximadamente entre 0.01 y 50 Hz y período natural en las tres componentes de 0.9 segundos. Sus principales características son: permitir asegurar la masa de manera remota, ruido intrínscico de aproximadamente 220 Hz, consumo de energía de 0.75 watts, con mecanismo de autocontrol que permite evitar la saturación de la señal (Figura 1).

La estación cuenta con un digitalizador marca Nanometrics, modelo RD3-HRD24 que provee un muestreo simultáneo de tres canales, y resolución de 24 bits con una sensibilidad variable. Para eliminar el ruido, el digitalizador filtra inicialmente los datos con un filtro análogo de quinto orden de Bessel, luego estos son muestreados a una velocidad de 240 KHz. Posteriormente pasan por dos filtros: FIR (Finite Impulse Response) el cual elimina las bajas frecuencias, y un filtro pasa altos IIR (Infinite Impulse Response) que remueve el offset de los datos; por último, los datos son decimados para obtener la velocidad de muestreo de salida.

El digitalizador tiene conectado un GPS que introduce el tiempo a los datos muestreados y en el caso de que no exista conexión con el satélite, éste tiene un reloj interno que permite estampar el tiempo a los datos. Adicionalmente, el digitalizador cuenta con un "buffer" para almacenar información, la cual puede ser reenviada por solicitud del sistema de adquisición de datos debido a errores en la comunicación; los errores en comunicación pueden ser detectados gracias a que el digitalizador envía junto con los datos un paquete que permite realizar el chequeo de errores (CRC).

Por último, una vez que el paquete de datos ha sido generado, mediante un algoritmo estos se comprimen y se envían, alcanzando una comprensión máxima de 1.3 Bytes por muestra.

#### 4.2 Sistema de comunicaciones

Los datos digitalizados son enviados al RM4, dispositivo necesario para encapsular los datos en el protocolo UDP/IP (Protocolo para transferencia de datos usado en Internet) y para realizar el chequeo de errores; de aquí pasan al HUB quien coloca la información a disposición de los PC que hagan parte de la subred, a una velocidad máxima de 100 Mbytes por segundo. El software instalado en el PC reenvía los datos al IDC a través del ROUTER que enruta los datos a Viena y el VSAT que se encarga de convertir los datos UDP/IP en el formato satelital (Figuras 6 y 6a).

Paralelamente, los datos digitalizados son también enviados vía telemetría radio hasta el INGEOMINAS (Bogotá) en donde existe un radio receptor que convierte los datos al formato digital y los envía al RM4, quien cumple la misma función que en El Rosal, así como los demás dispositivos: HUB, ROUTER, VSAT; en el PC está instalado un software de características diferentes, que envía los datos cuando son solicitados desde el IDC o desde el INGEOMINAS (Figura 7).



Figura 6. Sistema de comunicaciones: UPS, ROUTER, HUB y VSAT.

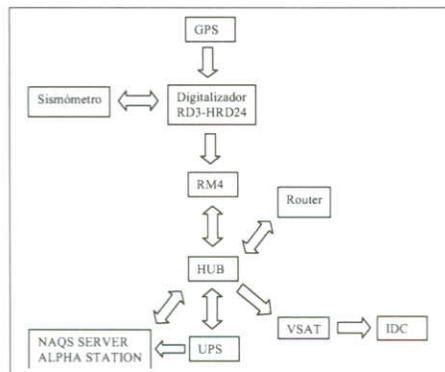


Figura 6a. Diagrama de comunicaciones El Rosal - Viena.

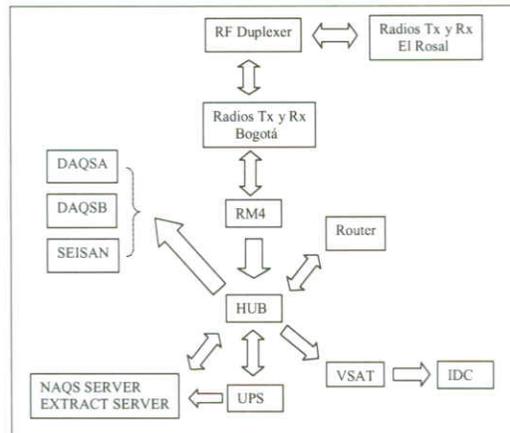


Figura 7. Diagrama de comunicaciones El Rosal - Bogotá.

#### 4.3 Sistema de análisis de datos sísmicos

Como se mencionó anteriormente, los datos llegan al PC por medio del adaptador de red encapsulados en protocolo UDP/IP; en el PC está instalado el sistema denominado NAQS SERVER corazón del sistema de adquisición de datos, encargado de leer la información que llegan en formato UDP/IP. Esta información contiene: estados de los sistemas de voltaje, temperatura, calidad del GPS, y datos sísmicos de las componentes existentes (Z, E, N). La información es luego almacenada en archivos denominados "ringbuffers" (archivos con un tamaño constante de tal manera que cuando se llenan, los datos empiezan a escribirse al comienzo de éste). Esta aplicación además de proveer el almacenamiento de la información declara la ocurrencia de un evento a partir del STA (Short Term Average) y LTA (Long Term Average) en un espectro de frecuencias y unos anchos de bandas determinados; además de solicitar la retransmisión de los datos al digitalizador y enviar los parámetros de calibración al sensor.

Aparte del sistema NAQS SERVER, en el PC se encuentra instalado el software ALPHA STATION que tiene como función enviar la información de manera continua al IDC en formato CD-1 (reciente estándar para el intercambio de datos sísmicos). En el INGEOMINAS no está instalado el software ALPHA STATION si no la aplicación EXTRACT SEVER la cual no transmite continuamente los datos, si no que está a la espera de que haya solicitud de los mismos (Figura 8).

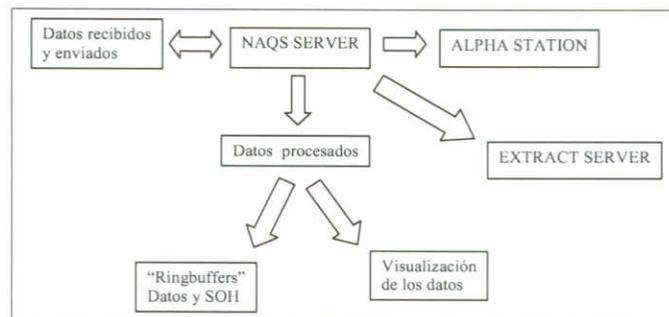


Figura 8. Diagrama del análisis de datos sísmicos.

Por otro lado, también existen aplicaciones cliente que se instalan en cualquier equipo que tenga acceso por red al PC donde está el programa NAQS SERVER; estas aplicaciones se utilizan para graficar la señal de la estación en las tres componentes, desplegar una interfaz gráfica para la configuración de los equipos tales como RM4, sensor, ROUTER, etc; y permitir la extracción de señal sísmica de un determinado periodo de tiempo para su posterior análisis.



El sistema de análisis de datos sísmicos que la RSNC emplea para procesar la sismicidad registrada por las estaciones sismológicas, incluyendo la estación El Rosal, es The Earthquake Analysis Software - SEISAN (Hasvkvov y Ottemoller, 2000). La estación sismológica El Rosal se encuentra en la tendencia mundial de crear redes sismológicas con sistemas de registro, comunicaciones y adquisición independientes; es decir el sensor y digitalizador se pueden conectar por ejemplo al RM4, y enviar los datos directamente al satélite por medio del VSAT o a un PC vía red LAN, todo esto sin necesidad de cambiar el software de adquisición de datos.

### **5. Ventajas para la RSNC al poseer una estación de banda ancha**

Las ventajas de registrar sismos con sismómetros de banda ancha son muchas, sin embargo a corto plazo la RSNC desea: a) Implementar una base de datos de sismos lejanos que permita realizar futuros estudios; b) Además de tener una estación más para localizar eventos sísmicos es posible implementar en la RSNC un método eficiente que localice con solo la información de la estación de El Rosal; c) Realizar un análisis basado en la teoría de las funciones receptoras para calcular un mejor modelo de la estructura de la corteza local de la zona donde está ubicado el sensor.

### **6. Conclusiones**

- Es importante para el país facilitar las herramientas que permitan instalar y operar la estación sísmica del CTBTO ubicada en El Rosal (Cundinamarca), ya que al entrar en funcionamiento, la RSNC contará con una estación más para localizar los eventos registrados en el territorio Colombiano.
- La tecnología que utiliza la estación sismológica El Rosal, introducirá a la RSNC en la tendencia mundial de crear redes sismológicas con sistemas de registro, comunicaciones y adquisición independientes; por medio del cual mediante el sensor y el digitalizador se pueden enviar datos a través de un satélite, a cualquier sitio.
- Es necesario recibir algunos de los productos del IDC tales como las formas de ondas de la estación secundaria que existe en Venezuela, con el fin de mejorar la localización de los sismos registrados por la RSNC ubicados al oriente del país, y el estudio de amenaza sísmica de la frontera colombo-venezolana.
- Se puede aprovechar el conocimiento del personal del IDC para el Centro Nacional de Datos del INGEOMINAS, en cuanto al manejo de comunicaciones satelitales, procesamiento y organización de la información.

### **7. Bibliografía y Referencias**

- Bermúdez, M.L. (2001). Informe de Comisión de Estudios al Exterior. Resolución del INGEOMINAS D-615 del 28 de septiembre de 2001. Curso Corto: Introductory Training Course for National Data Center for Technical Staff, Viena (Austria), 5 a 16 de noviembre de 2001. 7 pp.
- Bermúdez, M.L. (2001). Estación Sismológica del Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares (CTBTO) en El Rosal. (Actividades durante el año 2001). Informe Interno del INGEOMINAS. 22 pp.
- Comisión Preparatoria de la Organización del CTBTO (1998). Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (TPCE) y texto sobre el establecimiento de una Comisión Preparatoria de la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares. Viena (Austria). 151 pp.
- Hasvkvov, J. y Ottemoller, L. (2000). SEISAN: The Earthquake Analysis Software. Version 7.1. Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen. Norway.
- Nanometrics Inc., (2000). Digital Seismograph System. User's Guide. CTBTO, Rosal Network Colombia.
- Nanometrics Inc., (2000). Digital Seismograph System.. Reference Manual. CTBTO, Rosal Network Colombia.

