

## Hydrometeorological network interconnectivity in Chimborazo Province, Ecuador

**Johanna E. Ayala, Celso G. Recalde, Daniel A. Sanaguano**

*Instituto de Ciencia Tecnología y Saberes, Universidad Nacional de Chimborazo. Av. Antonio José de Sucre Km 1 vía a Guano, Riobamba, Ecuador.  
anajhou@hotmail.com, crecalde672000@yahoo.com, dasm455@gmail.com.*

### Abstract

This article determines the hydrometeorological network interconnectivity in the province of Chimborazo-Ecuador, a high mountain andean-area and with an irregular landscape, analyzing the technical characteristics of data transmission and data reception via GPRS, GOES and radio links in 802.11. Using the technical field study to outline the best route to connect meteorological and hydrological stations, which will send real-time data. The result is that 24 stations can use GPRS whereas 11 stations must use GOES satellite transmission and 2 stations can use radio links in 802.11b. In conclusion, the radiolinks in 802.11b fulfill a 60% fresnel clearance and an adequate reception level. The average GPRS-GSM reception signal level is  $-76$  dBm, being acceptable for real-time transmission.

**Keywords:** GPRS, GOES, meteorological networks, real time transmission.

## Interconectividad de la Red Hidrometeorológica en la Provincia de Chimborazo-Ecuador

### Resumen

El presente artículo expone la interconectividad de una red hidrometeorológica en la provincia de Chimborazo-Ecuador zona montañosa alto andina con geografía irregular, se analizan las características técnicas para la transmisión y recepción de datos con tecnologías GPRS, GOES y Radioenlaces en el estándar IEEE802.11; determinándose la mejor ruta de conexión para el envío de datos en tiempo real con un estudio técnico de campo para cada estación meteorológica e hidrológica. Como resultado se definió que 24 estaciones utilizan GPRS, 11 estaciones transmisión satelital GOES y 2 estaciones mediante radioenlaces en 802.11b. Los radioenlaces en 802.11b cumplen con el 60% de despeje de la zona de Fresnel y un nivel de recepción adecuado. En GPRS-GSM el promedio de nivel de señal de recepción es de  $-76$  dBm siendo aceptable para la transmisión en tiempo real.

**Palabras clave:** GPRS, GOES, redes meteorológicas, transmisión en tiempo real.

### Introducción

La provincia de Chimborazo ubicada en la zona andina de Ecuador se caracteriza por su geografía irregular, abundante área de vegetación, con elevaciones desde 160 msnm hasta 6310 msnm, diversidad de climas por su complejidad atmosférica y temporadas de alta pluviosidad que alteran

la propagación de la energía electromagnética interrumpiendo la transmisión [1].

Las variables hidrometeorológicas describen fenómenos naturales que influyen en toda actividad humana; es inaplazable el monitorear, consultar de forma remota y predecir el estado del clima con fines agropecuarios, productivos, servicios integrados, disminución del riesgo, agua,

alimentos y energía [2], también diversidad y cambio climático [3]. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en la provincia de Chimborazo cuenta con un número escaso de estaciones convencionales y unas pocas estaciones automáticas con transmisión en tiempo real General Packet Radio Service (GPRS) y Global Online Enrollment System (GOES), los reportes son enviados diariamente por fax o vía telefónica. La colaboración de varias instituciones permitió obtener el diseño de la red en el año (2012), como una primera etapa para la instalación de la red de transmisión en tiempo real en los años (2013 y 2014), donde los datos colectados provienen de estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas con cobertura representativa de la provincia (Figura 1).

La interconectividad en redes meteorológicas ha evolucionado en los últimos años, la tec-

nología más difundida es GPRS, con la más alta tasa de transmisión superior a 100 kbps mediante conmutación de paquetes de radio GSM [4] y tiempos de acceso más cortos, además separa el tráfico de usuario mediante un control para un alto nivel de seguridad con menor impacto en la calidad de servicio Quality of Service (QoS) [5], el acceso al internet es por descarga de datos y no por tiempo de uso, bajando los costos [6]. Otra alternativa es la tecnología IEEE802.11Wi-Fi aplicada en zonas rurales, estos enlaces son empleados para largas distancias de hasta decenas de kilómetros [7]. La tecnología GOES, transmisión satelital empleada por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), usa el satélite GOES 13, trabaja en dos velocidades de transmisión que determinan un tiempo de transmisión muy corto, 0,5 o 0,25 segundos según el caso.

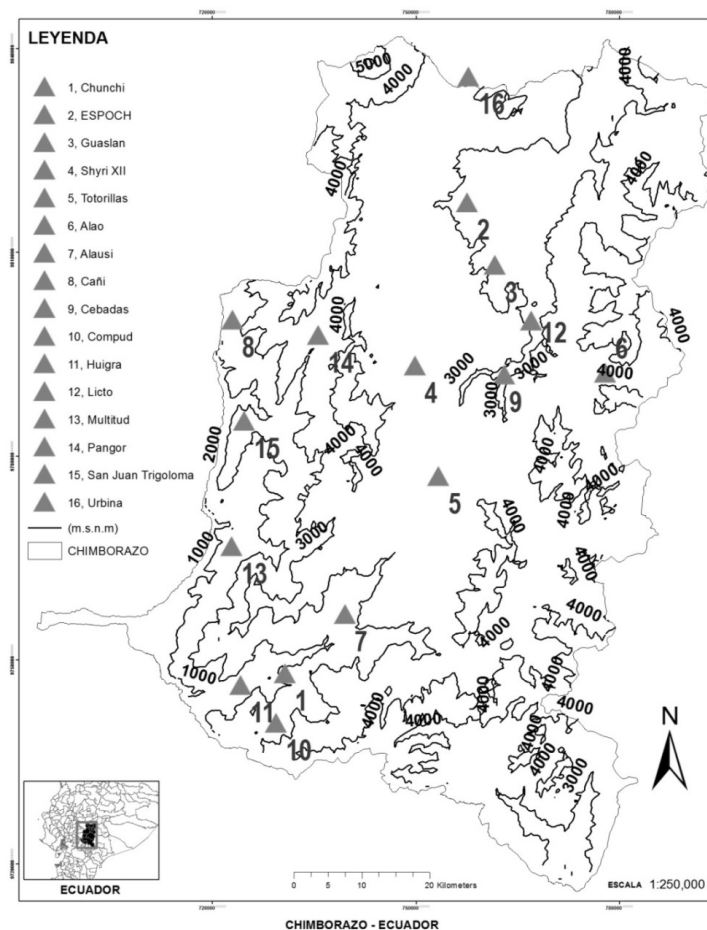


Figura 1. Estaciones meteorológicas del INAMHI en Chimborazo-2012.

## Procedimiento experimental

Se realizó una caracterización de la infraestructura tecnológica de transmisión de datos en tiempo real de las estaciones meteorológicas del INAMHI así como normativas de la Organización de Estándares Tropicales (OET), determinándose que las tecnologías GPRS y GOES permiten una conexión punto-multipunto, no así el radioenlace; además en una transmisión satelital la ventana de transferencia es baja pero ofrece cobertura global (Tabla 1), con esta información se procedió a las pruebas in situ y al modelamiento de los posibles enlaces en software. La arquitectura de red GPRS tiene dos subsistemas: Base Station Subsystem (BSS) y Network Switching Subsystem (NSS) [8], para analizar la factibilidad de Global System for Mobile (GSM) bajo la cual trabaja GPRS y su servicio en cada punto de estudio (Tabla 2) se utilizó

un modem GPRS como terminal MS (Movil Station) para conectar a la red celular definida (Tabla 3) utilizando la interfaz de radio.

Para los radioenlaces se usa el estándar IEEE 801,11 b [9], se trabajó en la banda 2,4 GHz.

El sistema GOES para la transmisión de datos se designa a 300 bps o 1200 bps. Además, GOES trabaja con un modo de reporte sea por unidad, auto-programada, aleatoria, o interrogada. Una combinación de dos modos de funcionamiento permite la prestación de todos los beneficios aplicables. La certificación oficial DCPRS (Data Collection Platform Radio Set) identificará los canales específicos, así como la dirección GOES ID /DCP y ranuras de tiempo que son necesarias para transmitir "al aire" o para "pruebas" GOES. El sistema GOES transmite en un tiempo total máximo de 3 segundos para 300 bps y 1,5

Tabla 1  
Características Generales de GPRS, Satélite mediante GOES y Radioenlaces

Tecnología	Conexión	Transmisión	Cobertura	Costo
GSM-GPRS	Punto Multipunto	Conmutación de paquetes	De acuerdo a la Operadora	Medio
Satélite-GOES	Punto Multipunto	Ventana de transmisión Baja	Global	Alto
Radioenlaces	Punto a Punto	Conmutación de paquetes	Línea de vista	Alto

Tabla 2  
Especificaciones técnicas de GPRS

GPRS	
Suma de una red + red GSM + Nuevos elementos (Nodos GSN)	
Velocidad de transmisión	21.4 Kbps MIN 144 Kbps MAX
Establece Conexión	t < 1 seg
Conexión	Permanente en transmisión
Transmisión	Mientras se establece el canal de transmisión de paquetes

Tabla 3  
Infraestructura para GPRS

Operadora/Tecnología	GPRS	3.5 G	Total estaciones
Estaciones OTECEL	26	14	38
Estaciones CONECEL	65	3	65

segundos para 1200 bps [10], estas ranuras de tiempo son asignadas aleatoriamente al transmisor GOES para el envío de datos.

**Esquema de la infraestructura para la interconectividad**

En la Figura 2 se muestra el esquema de interconexión de la red de estaciones de acuerdo a las tecnologías expuestas, las estaciones podrán transmitir los datos en tiempo real a través de GPRS y GOES, los enlaces punto a punto permitirán comunicar a estaciones que se encuentran a

una distancia corta y transmitir la información en tiempo real por la estación master, la cual enviará los datos mediante GOES o GPRS. Además se indican los sensores que se implementarán en estas estaciones meteorológicas e hidrológicas. La red hidrometeorológica consta de 19 estaciones meteorológicas y 18 estaciones hidrológicas, distribuidas según la homogeneidad de las cuencas, los parámetros geográficos andinos y según la normativa que rige en la OET.

En la Figura 3, se describe la metodología de análisis de campo, iniciando con la identifica-

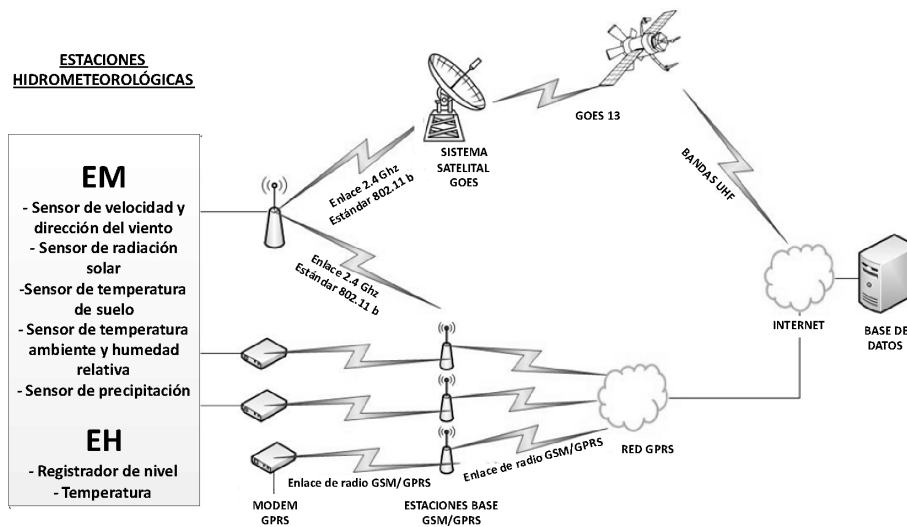


Figura 2. Infraestructura para Interconectividad de la Red.

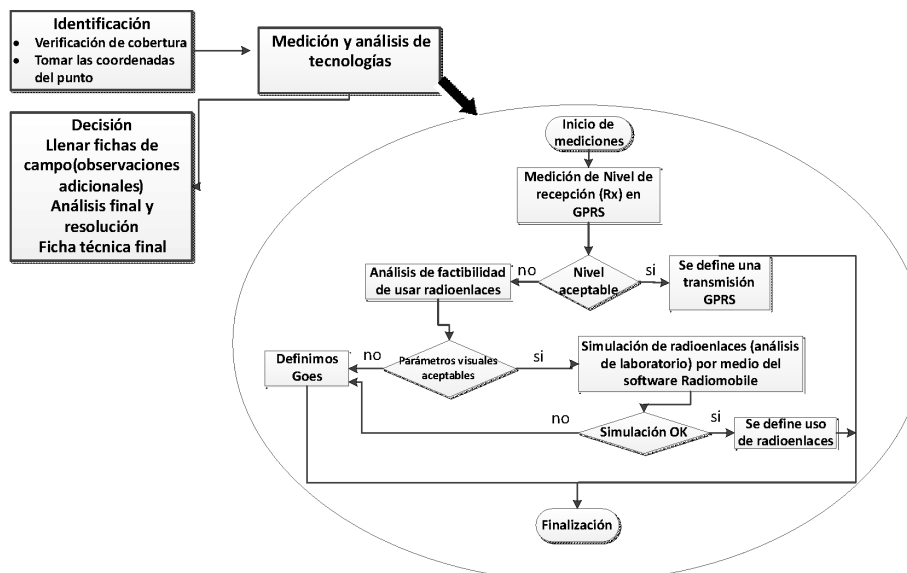


Figura 3. Metodología de análisis de campo y de laboratorio.

ción donde se evaluó la cobertura celular según la distribución de frecuencias en el Ecuador, las operadoras tienen una distribución de rangos de UHF (Ultra High Frequency) tanto para el enlace de subida como de bajada de datos. Se analizó la señal cruda en tiempo real con un analizador de espectros GINSEG 850P de rango de 9 KHz a 3 GHz y una antena omnidireccional de 9 dBi de ganancia, con una frecuencia central de 1,5 GHz, se marcó en cada pico de señal analizando frecuencias tanto de subida como de bajada de cada operadora para verificar su cobertura en el punto de análisis de cada estación meteorológica o hidrológica (Figura 4).

Se buscó la disponibilidad de la señal en el punto de análisis para la estación donde se presenten los puntos picos enumerados, la frecuencia en MHz y la potencia en dBm correspondiente. Por ejemplo: la estación hidrológica de Cebadas

A.J.Guamote, marca 6 en 850 MHz, lo cual está muy cerca del enlace de subida para OTECEL y en la marca 7 tenemos 901 MHz próximo al enlace de bajada de la misma operadora (Figura 5). Tomando en cuenta la sensibilidad de los equipos de medición se determinó que la señal pertenece a OTECEL (Tabla 4).

Se georreferenció cada punto de instalación de las estaciones que formarán parte de la red en coordenadas UTM datum WGS84 con la ayuda de un GPS tipo Trimble, el punto de instalación queda definido según las especificaciones óptimas para la medición adecuada de los sensores de las estaciones meteorológicas e hidrológicas. Se midieron los niveles de potencias de recepción en cada uno de los puntos de análisis para cada operadora utilizado un Modem GPRS/GSM programable FasttrackXtend de SIERRAS WIRELESS con una sensibilidad de recepción de -106 dBm,

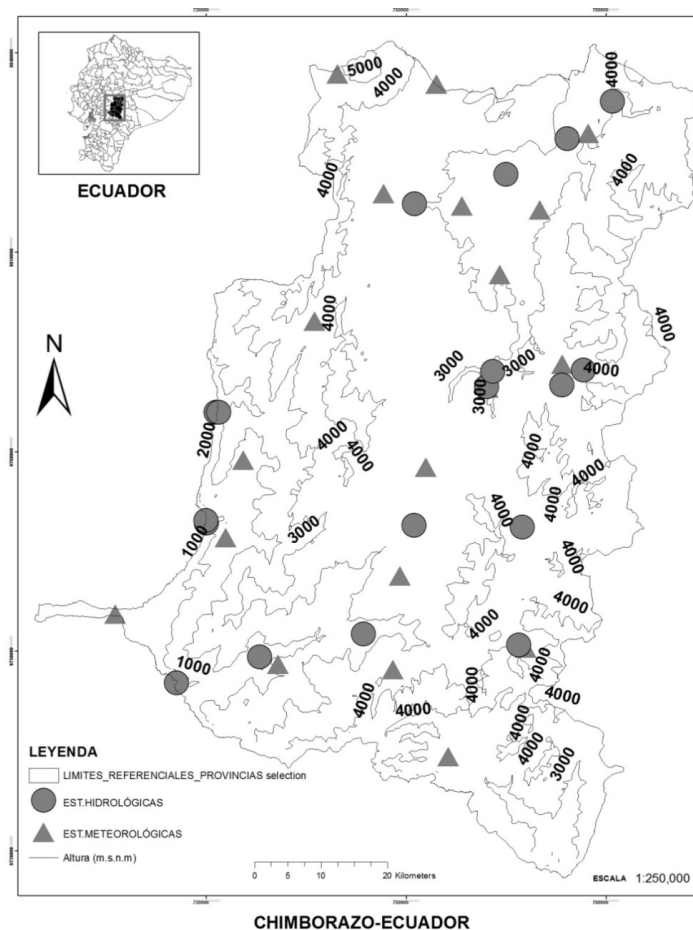


Figura 4. Nueva Red Hidrometeorológica de Chimborazo-Ecuador.

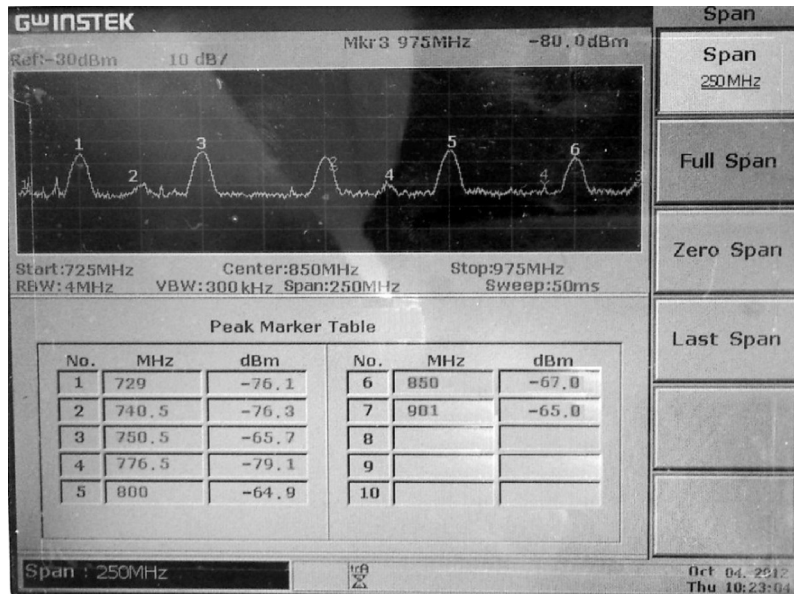


Figura 5. Señal cruda del punto Cebadas A.J. Guamote (fotografía capturada in situ).

Tabla 4  
Distribución de frecuencias de telefonía celular-Ecuador (Banda 800-900 MHz)

Operador	Banda de Frecuencias en el enlace de subida [MHz]	Banda de Frecuencias en el enlace de bajada [MHz]
CONECCEL	825-835	870-880
OTECCEL	835-845	880-890

Fuente: CONATEL 2009.

diseñado para las bandas 850MHz/900 MHz, 1800 MHz/1900MHz. Además, se usó un chip de datos por operadora, una antena Yagi de 14 dBi y una antena omnidireccional de 3 dBi con un rango de frecuencia de 800 a 900 MHz. Para las pruebas se utilizó el hiperterminal de Windows para establecer una conexión serial con el Modem GPRS, en el terminal por medio de comandos AT, que son cadenas de caracteres que empiezan con las letras AT y seguidos de caracteres que representan la instrucción. Se midió el nivel de señal obteniéndose un código en un rango de 0-99 con proporciones, se estableció el valor de potencias dBm de acuerdo a las especificaciones del fabricante (Tablas 5 y 6).

Por su cobertura global y considerando que la tasa de transmisión es muy baja se define GOES donde no existe cobertura GPRS. Por otro lado, donde no existe presencia de señal código 99 (Tabla 5), se realiza un estudio de radioenlaces

Tabla 5  
Relación de potencia de transmisión (Tx) de acuerdo al equipo

Valor Adimensional	Potencia [dBm]
0	-113
1	-111
2 a 30	-109 a 53
31	-51
99	Valor no detectado

Tabla 6  
Comandos AT utilizados en el hiperterminal

Comando	Función
AT	Verificar Conexión con el Modem
AT+CSQ	Medir el Nivel de Recepción

tomando en cuenta que tenga línea de vista directa entre la estación y el nuevo punto, verificando las características propias del estándar 802,11b (Figura 3), se usa el simulador Radio Mobile. Los resultados de las pruebas se registraron en fichas de campo, donde se especifica el nivel de recepción, operadora, características del sitio, cuenca hídrica a la que pertenece, coordenadas geográficas, potencia de las antenas y el azimut en el caso de la antena Yagi (Tabla 7).

Cuando existe cobertura de celular se usa GPRS si el nivel de recepción es menor a  $-109$  dBm y mayor a  $-53$  dBm. De acuerdo a las especificaciones técnicas del equipo, la elección de la antena depende del nivel de recepción. Cuando existe línea de vista y cumplan con el 60% de despeje de la primera Zona de Fresnel se considera enlaces 802,11b donde el nivel de recepción debe ser mayor a la sensibilidad del equipo en este caso  $-94$  dBm.

## Resultados y discusión

Se determinó que veinte y cuatro (24) estaciones enviarán sus datos mediante GPRS (Tabla 8), once (11) estaciones mediante transmisión satelital GOES (Tabla 9) y dos (2) enlaces de radio. Para algunos casos en el análisis de GPRS se establece coexistencia de señal de ambas operadoras como en el caso de la estación hidrológica Chimbo A.J. Coco donde los niveles de recepción encontrados están en el rango de  $-81,97$  dBm, se

deja abierta la opción de conexión con la operadora, para los otros casos se escoge la que tenga el mejor nivel de recepción.

El valor con menor potencia de recepción es  $-91,65$  dBm en la estación Guamote A.J. Cebadas debido a encontrarse en una depresión y la potencia de recepción con mayor señal es de  $-51$  dBm en las estaciones de Urbina y Pallatanga, la estación de Urbina se encuentra cerca de una estación base, mientras la estación de Pallatanga se encuentra en una zona plana cerca de la zona urbana.

Se determinó transmisión GOES en las estaciones hidrológicas, por cuanto los ríos andinos cruzan zonas irregulares, alejadas de las ciudades, de difícil acceso, sin cobertura celular ni línea de vista directa. Entre la estación hidrológica Chimbo D.J.Pangor y la estación hidrológica Pangor A.J. Chimbo se realizó un análisis con transmisor GOES interconectado con un radio enlace 802,11b entre las dos estaciones. Para la simulación en Radio Mobile de los radioenlaces se utilizaron los siguientes parámetros: potencia del equipo 0.6 Watts y sensibilidad de  $-94$  dB, antena direccional tipo grilla de 24 dBi con polarización vertical para el estándar IEEE 802.11, pérdidas de línea y de cable de 0,5 dB con una altura de la torre de 10 metros en cada punto.

En la Figura 6 se observa el radioenlace entre la estación hidrológica Chimbo D.J.Pangor y la estación hidrológica Pangor A.J. Chimbo en

Tabla 7  
Ejemplo ficha final de análisis de resultados

Nombre de la Estación	Estación Meteorológica en Ozogoché-UNACH
Provincia - Cantón	Chimborazo-Alausí
Parroquia - Comunidad	Achupallas-Ozogoché Alto
Fecha de Inspección	2012-11-06
Coordenadas UTM	N = 9750526,9 m; E = 767976,69 m
Altura	3790,40 m.s.n.m.
Tipo de estación	Meteorológica automática con transmisión en tiempo real, con parámetros: Velocidad y dirección del viento, Temperatura y Humedad Relativa, Precipitación, Radiación Solar, Temperatura y Humedad del Suelo.
Características Geográficas	Zona Montañosa, neblina y llovizna persistente.
Tipo de transmisión	Satelital – GOES
Conclusión	Debido a que en la zona geográfica no existe cobertura celular. Se requiere un DATALOGER /TRANSMISOR GOES

Tabla 8  
Conectividad de las estaciones hidrológicas con GPRS

Estaciones	Coordenadas UTM [m]	Altura [m.s.n.m.]	Operadora	Antena	Rx [dBm]
Coco A.J. Chimbo	9769309 N 719973 E	754	Conecel	YAGI	-80,03
Chimbo A.J. Coco	9769701,52 N 719865,55 E	771,41	Conecel	YAGI	-81,97
			Otecel	YAGI	-81,97
Atapo Pumachaca	9768969,74 N 751180,11 E	3180,00	Otecel	OMNI	-85,30
Chanchan D.J. Guataxi	9749188,54 N 727936,59 E	1497,00	Conecel	OMNI	-68,42
Alao en Hda. Alao	9792331,00 N 776670,00 E	3156,00	Conecel	YAGI	-83,90
Cebadas A.J. Guamote	9789787,00 N 762078,00 E	2895,00	Conecel	YAGI	-70,35
Chambo en Penipe	9827080,23 N 774213,96 E	2375,07	Conecel	YAGI	-66,48
Chibunga en Calpi	9817335,54 N 751214,68 E	3022,13	Conecel	OMNI	-62,61
			Otecel	OMNI	-62,61
Guamote A.J. Cebadas	9792124,00 N 763041,00 E	2856,00	Otecel	OMNI	-91,65
Guano A.B. Canal Chingazo	9821729,85 N 765621,51 E	2600,00	Conecel	OMNI	-62,61
			Otecel	OMNI	-62,61
Cebadas	9788474 N 762264 E	2957	Conecel	OMNI	-64,55
			Otecel	OMNI	-64,55
Totorillas-ESPOCH	9777100 E 753320 E	3193	Conecel	OMNI	-78,10
			Otecel	OMNI	-78,10
Alao-EERSA	9792290 N 777950	3193	Conecel	YAGI	-68,42
Hacienda la Politécnica-ESPOCH	9806678 N 764087 E	2738	Conecel	YAGI	-56,81
			Otecel	YAGI	-56,81
Energías Alternativas-ESPOCH	9816967,05 N 758398,29 E	2853	Conecel	YAGI	-58,74
			Otecel	YAGI	-58,74
Puruha en Quimiag	9816392,86 N 770083,61 E	2709	Conecel	YAGI	-58,74
			Otecel	YAGI	-58,74
San Juan	9818849 N 746596 E	3232	Conecel	OMNI	-78,10
			Otecel	OMNI	-78,10
Urbina	9835326 N 754533 E	3642	Otecel	ONMI	-51,00
Pallatanga	9778655 N 725475 E	1509	Conecel	YAGI	-51,00
			Otecel	YAGI	-51,00



Tabla 8 (Continuación)

Estaciones	Coordenadas UTM [m]	Altura [m.s.n.m.]	Operadora	Antena	Rx [dBm]
Cumanda	9755579,92 N	330,95	Conecel	YAGI	-52,94
	706262,40 E		Otecel	YAGI	-52,94
Atapo Santa Cruz	976827,4 N	3475	Conecel	YAGI	-81,97
	755978,45 E		Otecel	YAGI	-81,97
Chunchi	9748027,19 N	2312	Conecel	YAGI	-68,42
	730723,09 E		Otecel	YAGI	-68,42
Matus	9827889,70 N	2690,64	Conecel	YAGI	-51,00
	777400,53 E				
Achupallas-UNACH	9747233 N	3376	Conecel	OMNI	-58,74
	748006 E				

Tabla 9  
Conectividad de las estaciones con GOES

Estaciones	Coordenadas UTM [m]	Altura [m.s.n.m.]
Chimbo D.J. Pangor	9785924,69 N	1372,58
	771435,53 E	
Guasuntos en la Moya	9752619,62 N	2396,00
	743565,23 E	
Angas A.J. Chanchan	9745284,75 N	799,00
	715450,68 E	
Cebadas D.J. Yasipan	9768693,00 N	3257,00
	767430,00 E	
Guargualla D.B. Canal Licto	9789685,00 N	3136,00
	763164,00 E	
Puela A.J. Chambo	9832702,92 N	2456,61
	781041,50 E	
Ozogoche Meteorológica-UNACH	9750526,9 N	3790,40
	767976,69 E	
Atillo	9758048 N	3467
	772610 E	
Reserva Chimborazo	9836827,42 N	4884,56
	739658,66 E	
Pangor	9797832,66 N	3154,21
	735565,67E	
Juval-UNACH	9734269 N	3462
	756205	

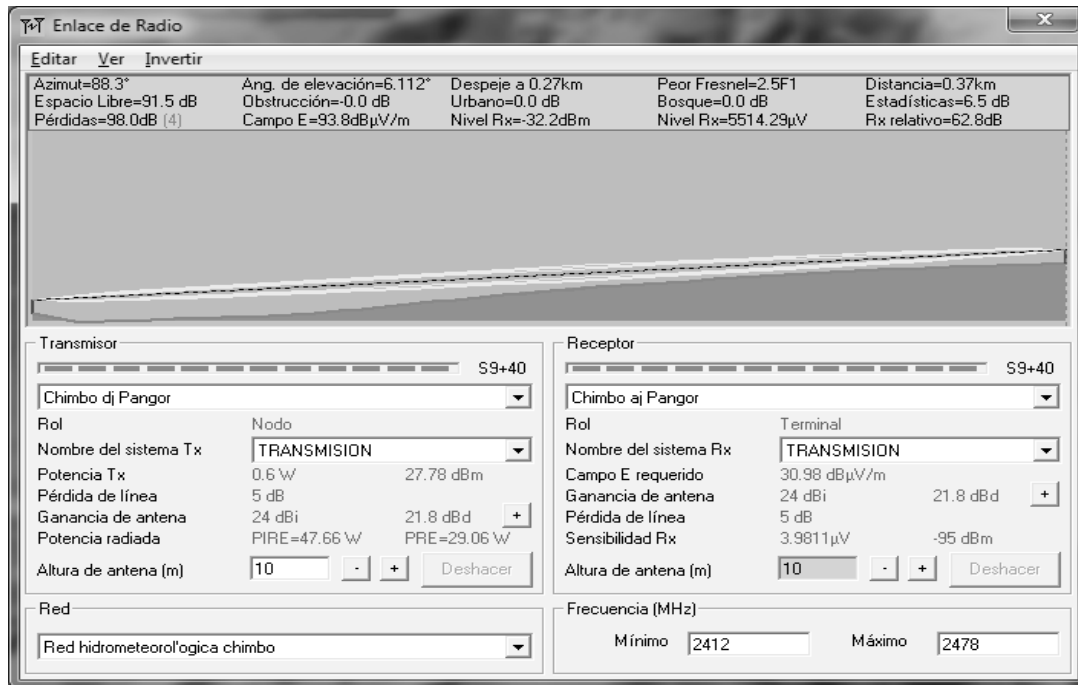


Figura 6. Radioenlace hidrológica Chimbo D.J. Pangor-Pangor A.J. Chimbo.

donde no hay perturbaciones causadas por interferencias geográficas determinando la existencia de línea de vista directa. En el caso de la zona de Fresnel se observó que no es afectada en términos mayoritarios con el 2,5F1 para el peor Fresnel, el nivel de recepción relativo es de 62,8 dB, la señal promedio es fuerte. Para este caso se determina la factibilidad de usar un radioenlace para la conexión entre estas dos estaciones.

Los Radioenlaces factibles son un primer enlace entre estaciones hidrológicas Chimbo D.J.Pangor y la estación hidrológica Chimbo A.J. Pangor y un segundo enlace entre la estación hidrológica Ozogoche en los Lagos y la estación meteorológica Ozogoche. De esta manera los radioenlaces suplen a dos sistemas de transmisión GOES ya que los datos conjuntos se enviarán por medio de un solo sistema GOES para cada enlace y no para cada estación.

## Conclusiones

GPRS ofrece mayores tasas de transmisión respecto a GOES que tiene ventanas de tiempo cortas lo que afectaría el envío de datos totales, siendo necesario priorizar la información previo envío.

La señal de recepción medida en las estaciones con GPRS se encuentra sobre el umbral de sensibilidad bajo las especificaciones de los equipos de transmisión usados en campo.

La irregularidad geográfica influye en el nivel de cobertura como en el caso de las estaciones hidrológicas Chimbo A.J. Coco y Coco A.J. Chimbo, donde se tiene un nivel de recepción bajo los -80 dBm, con mayor probabilidad de pérdidas de datos en la transmisión, no así en el caso de la estación meteorológica Urbina que al encontrarse en una zona alta sin interferencias geográficas obtuvo un nivel de recepción en el rango de los -50 dBm.

La precisión de los equipos tiene alta influencia en la obtención de resultados, en el analizador de espectros fue necesario usar los criterios de distribución de frecuencias para las operadoras en el Ecuador y determinar la correspondencia de las señales encontradas en los puntos de estudio.

Un estudio adicional podría determinar la calidad de transmisión mediante mediciones de ancho de banda basadas en análisis de paquetes de datos para subida y bajada con análisis de parámetros en niveles de recepción y cobertura.

## Agradecimiento

Al SENESCYT por haber considerado al proyecto código 200, como uno de los ganadores en la convocatoria 2010 y al Vicerrectorado de Postgrado e Investigación de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), en la persona de la Dra. Anita Ríos, la cual hizo posible el desarrollo de esta investigación.

## Referencias

1. Moncada D. y Fermin J.: "Atenuación por lluvia en un Sistema de Comunicación Estación Satélite", Rev. Télématique. Univ. Rafael Bellosillo Chacín. Venezuela, Vol. 7, No. 1 (2008) 29-40.
2. Principi M., Manno R., Bortis C., Escobar M., Urani C., Díaz D., Lucero G. y Peris F.: "Diseño Construcción y Desarrollo de Una Estación Meteorológica con Comunicación por Radioenlace y Posicionamiento Global", Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol.15, (2011) 57-64.
3. Cargua F., Rodríguez M., Recalde C. y Vinuesa M.: "Cuantificación del contenido de carbono en una plantación de pino insignne (*Pinus radiata*) y en estrato de páramo de Ozogoche Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador", Inf. Technol, Vol. 25, No. 3, en prensa (2014).
4. Mariño P., Fontán F., Machado F., Enjamio C. y Fernando V.: "Caracterización de Sistemas de Telecomunicación Inalámbricos Mediante el Despliegue de una Red de Estaciones Meteorológicas", Departamento de Tecnología Electrónica. Departamento de Teoría de Señal y Comunicaciones. Universidad de Vigo, Apdo. Oficial 36200 Vigo, Spain (2003).
5. Kamel S. y Wahba K.: "GPRS security as a QoS in the telecommunication industry case of Vodafone Egypt", Rev. International Journal of Information Management, Vol. 24, No.1 (2004) 5-27.
6. Jiménez J., Ramírez C., Ochoa A., Poveda G., Zapata C. y Marín M.: "Red piloto de información hidrometeorológica para el Valle de Aburrá", Rev. Avances en Recursos Hidráulicos. Univ. Colombia, No. 18 (2008) 57-66.
7. Sempere V., Alberio T. y Silvestre J.: "Analysis of communication alternatives in a heterogeneous network for a supervision and control system", Rev. Computer Communications, No.29 (2006) 1133-1145.
8. Ghribi B. y Logrippo L. "Understanding GPRS: The GSM Packet Radio Service", Rev. Computer Networks, Vol. 34, No. 5 (2000) 763-779.
9. Correa C., Godoy R., Grote W. y Orellana M.: "Evaluación de enlaces inalámbricos urbanos usando protocolo IEEE 802.11b", Rev. Fac. Ing. Univ. Tarapacá, Vol. 13, N° 3 (2005) 38-44.
10. NOAA/NESDIS: "GOES Data Collection Platform Radio Set (DCPRS) Certification Standards at 300 bps and 1200 bps", Version 2.0(2009).

Recibido el 10 de Julio de 2013

En forma revisada el 22 de Septiembre de 2014