

UN RADIO-ENLACE POCO COMUN.

Ing. Paco Ortiz
Ing. Germán Vázquez
SIEMENS - Ecuador

Ing. Vanetto Cianferoni
ENTEL-Bolivia

RESUMEN

El presente artículo tiene como finalidad compartir algunas experiencias interesantes, suscitadas durante la concepción y puesta en marcha de un importante enlace de radio digital terrestre entre las montañas de los Andes y las selvas bolivianas.

ABSTRACT

The finality of this document consist in to share some interesting experiences related with a very large terrestrial digital radio link located between the Andes and the bolivian jungle.

INTRODUCCION

Como parte del acelerado proceso de modernización de las telecomunicaciones en Bolivia, desde hace algunos años la empresa ENTEL Móvil dentro de su plan de ampliación de la red de telefonía celular, había incluido como parte de su área de cobertura a la ciudad de Trinidad, capital del departamento del Beni. Esta ciudad de 200 metros de altura sobre el nivel del mar, está localizada en pleno corazón de la selva boliviana, la cual en general se halla poco poblada y donde los caminos de acceso son extremadamente difíciles. Que una ciudad como ésta conste en el listado de ciudades con cobertura telefónica es incluso una cuestión de prestigio para la empresa encargada del servicio celular y un buen punto a favor frente a la competencia. Pero cómo enlazar una radiobase (RBS) localizada en aquel lugar, con una buena calidad de servicio y a costo razonable?.

Se analizaron varias alternativas, una de ellas fue la interconexión de la radiobase con la central de conmutación celular (MSC) mediante enlace satelital en forma similar a como lo hacía la telefonía fija. Sin embargo esta solución no fue convincente debido a que los retardos debidos al satélite (250 ms) introducían baja calidad de inteligibilidad de la voz. Otra posibilidad era llevar

la conexión hacia la ciudad de Santa Cruz de la Sierra donde se halla la MSC, a través de un territorio completamente selvático, con torres de 100 metros de altura por la planitud del terreno, desarrollando a su paso toda la infraestructura necesaria incluso caminos y tendido eléctrico para 5 o 6 repetidores, los cuales de todos modos, al estar alejados y en un medio adverso, ocasionarían tiempos de respuesta muy largos frente a fallas y por lo tanto tiempos de fuera de servicio asimismo largos.

Por todos estos motivos, los esfuerzos se volcaron hacia el estudio de factibilidad de un enlace entre el sitio llamado Cerro Juno directamente con la estación de Trinidad, un salto de casi 290 Km!.

Cerro Juno por su parte es una estación repetidora muy importante localizada en la pared oriental de la cordillera de los Andes, a 4650 msnm donde es común el viento fuerte y el hielo, y a donde incluso para acceder es necesario caminar los últimos 200 metros por un sendero rocoso.

Al enlazar la radiobase Trinidad con Cerro Juno, la interconexión hacia la MSC está resuelta ya que Cerro Juno forma parte de la dorsal de transmisión digital del país que pasa cerca a la ciudad de Cochabamba.

ANTECEDENTES DEL RADIOENLACE.

Desde 1981 se hallaba instalado entre las localidades mencionadas, un radioenlace analógico con capacidad de 60 canales de marca OKI, operando a la frecuencia de 370 y 390 MHz. Dicho equipo tiene una potencia de transmisión de 10 W, un umbral de recepción de -90 dBm y trabaja con antenas de 1.2 m en Trinidad y de 1.8 m en Cerro Juno. Esto define una potencia media recibida de -59 dBm y un margen de desvanecimiento de 31 dB.

Para el estudio de factibilidad del radioenlace digital, se procedió a realizar la grabación de la

potencia recibida en el equipo de radio analógico, determinándose los siguientes resultados:

Tiempo total de grabación: 44640 segundos
Interrupción por desvanecimientos: 18 minutos
Interrupción por K adverso: 10 minutos
Total interrupción: 28 min. O sea 0.06% del tiempo.

Total tiempo de funcionamiento: 99.994%

De acuerdo con estos resultados y en base a un análisis de las zonas de Fresnel en las cartas $K = 4/3$, $K=1$, se estima que la ocurrencia de $K=1$ es de un 0.005% del tiempo y el $K = 4/3$ ocurre un 25 % del tiempo. Por otra parte, para un $K=1$, ni la conexión HF ni la microonda de 2.3GHz a la que está planificado el radio digital trabajarían. En cambio que para $K = 4/3$ estas frecuencias sufrirían atenuaciones entre 16 y 20 dB.

Estudios hechos anteriormente por el Ing. Vanetto Cianferoni en zonas subtropicales cercanas establecen que existe alrededor de un 80% del tiempo en que el K es de 1.55. Es decir que de acuerdo a previsiones teóricas, el enlace a 2.3 GHz trabajaría un 85-90 % del peor mes.

A estas consideraciones se añade el hecho de que los nuevos equipos digitales incluyen diversidad de frecuencia, diversidad de espacio y conmutación hitless entre los haces protegidos. Motivos por los cuales existe mucho optimismo por la instalación a realizar.

SE INSTALA UN ENLACE DE PRUEBA.

Dentro de la gama de productos de transmisión de Siemens se hallaba hasta hace poco el modelo CTR 190 radio digital PDH de 8 o 34 Mb/s. Este equipo que ha demostrado su nobleza y confiabilidad, en innumerables radioenlaces alrededor del mundo, tiene, en su versión comercial, las siguientes características:

Potencia de transmisión: +29 dBm
Umbral de recepción: -80 dBm @ ber =10E-6 para 34 Mb/s
Frecuencia IF = 70 MHz
Canales de servicio: 4 x 64 kb/s
Capacidad: 8 o 34 Mb/s
Configuración: N+1
Conmutación: tipo hitless

En base a estos antecedentes se escogió dicho modelo para efectuar un enlace de prueba (trial link) de 8 Mb/s, el cual tuvo las siguientes características:

Equipado con diversidad de frecuencia en la banda de 2.3 GHz.

Antenas de 3 metros de diámetro, tanto en Cerro Juno como en Trinidad.

Cable coaxial de 7/8 " para alimentar la antena.

Altura de ante de 12 m en Trinidad y de 6 M en Juno.

Con estas características se obtuvo un campo recibido promedio de -68 dBm con un margen de desvanecimiento de 21 dB. El resultado de este enlace arrojado por los datos de desempeño de la radiobase monitoreado por la MSC, era de que si bien los cortes en el radio eran breves, la RBS permanecía alrededor de un 5 % del tiempo fuera de servicio. Esto era muy alentador por lo cual se realizaron algunas mejoras como fue colocar en Trinidad una antena de 4 metros de diámetro, a una altura mayor, puesto que ya estaba terminada la nueva torre en este sitio. Este cambio solo arrojó una ligera mejoría, pero sirvió como estímulo para la concepción de un conjunto importante de arreglos.

CTR 190. DISEÑO ESPECIAL.

Como ya se había determinado que el oscurecimiento total de la señal prácticamente no ocurre en el trial link, el objetivo era cumplir con las recomendaciones de ITU en cuanto a calidad, para eso se acordaron con la casa fabricante en Italia las características del equipo definitivo que debía tomar a su cargo este enlace.

Dichas características son las siguientes:

Potencia de transmisión: +37.5 dBm es decir 5.6W
Capacidad: 34 Mb/s
Diversidad: de espacio y de frecuencia
Antenas: de 6 metros de diámetro en Trinidad y de 4 metros en Juno.

A principio de 1999, el equipo estaba listo para ser probado en fábrica. La alta potencia de este equipo fue conseguida en base al amplificador del radio SRT1 de 2 GHz desarrollado para la RAI italiana, y fue montado en un bastidor separado. Posteriormente se encontró que al compartir los circuladores de antena, una potencia muy alta en transmisión con otra muy débil en recepción, y debido a un fenómeno de intermodulación, la propia frecuencia de transmisión interfiere a la recepción originándole al receptor una degradación considerable del umbral de recepción (unos 3 dB). Por este motivo fue también desarrollado un montaje especial del branching es decir del sistema de filtros y circuladores en la salida del equipo hacia la antena, tal como se aprecia en la figura # 1.

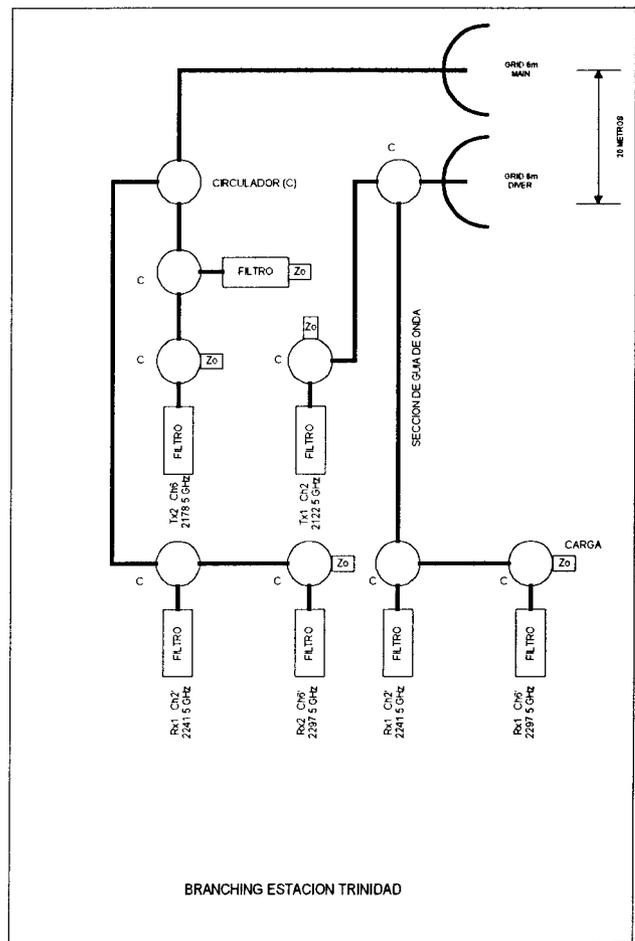
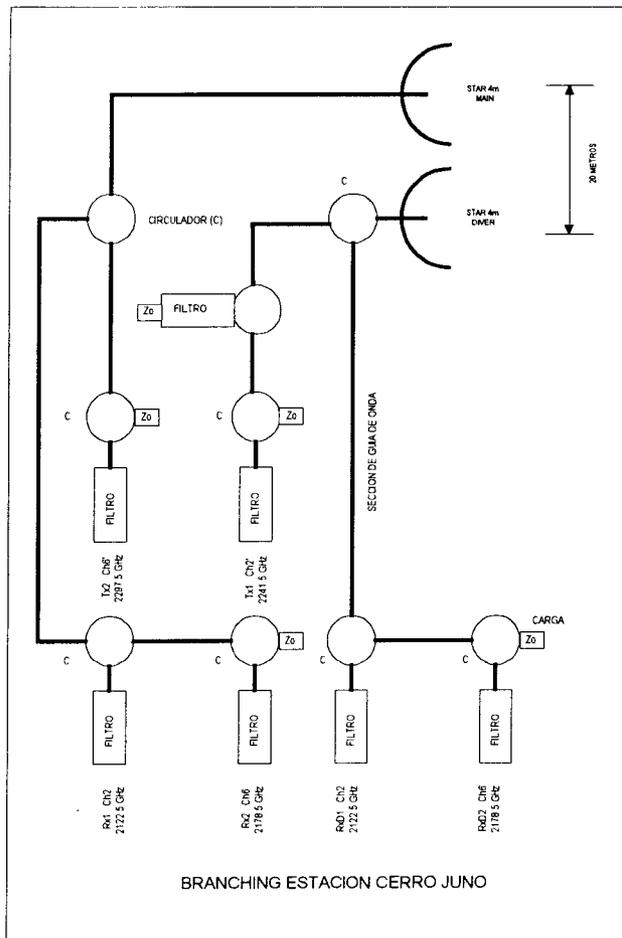


Fig. #1. Composición de los branching

CALCULOS DEL RADIOENLACE.

Los cálculos del radioenlace definitivo así como del perfil del mismo se presentan en la tabla y las figuras 2 y 3.

En la figura #3a hay que notar que el perfil corresponde al modelo de tierra plana y rayo curvado. El rayo dibujado representa pues la parte inferior de la primera zona de Fresnel, al K dado y con el porcentaje de despeje p de dicha primera zona.

RESULTADOS OBTENIDOS.

Inmediatamente de que empezó a funcionar el equipo se notó una excelente mejora de la calidad del servicio y del tiempo en aire de la radiobase, que incluso bordean el cumplimiento de la recomendación G.821 del ITU.

El radioenlace entró en funcionamiento el 20 de agosto de 1999 y ha sido monitoreado hasta fin de octubre, arrojando los siguientes resultados:

Tiempo total transcurrido: 6'336.000 segundos equivalentes al 100%

Segundos con error: 59.223 igual al 0.93% (<0.32%)

Segundos con BER de 10E-3: 1618 ó 0.0025% (<0.054%)

Minutos degradados e.d. BER = 10E-6: 562 ó 0.53% (0.4%)

Indisponibilidad: 7118 ó 0.11% (0.3%)

Entre paréntesis se ha colocado lo esperado por la G.821.

A pesar de que los cálculos arrojan una potencia recibida de -51 dBm aproximadamente, la potencia promedio medida varía entre -53 y -65 dBm el 50 % del tiempo. Se han registrado desvanecimientos profundos que llegan a anular la señal como puede verse en la figura # 4, cuyos efectos se compensan con las diversidades implementadas.

El enlace es sin embargo susceptible de mejorarse, si se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

Realizar la ecualización de linealidad y de retardo de grupo de la señal de IF, para lo cual se requiere de un MLA (microwave link analyzer) ya que en el caso del retardo de grupo, si éste sale fuera del rango, ocasionará una degradación del umbral de recepción. Subir la altura de la antena en Trinidad.

C A L C U L O D E L T R A M O

Longitud : 288.8 km Frecuencia: 2.3 GHz Cod. Equipo:136
 Equipo : CTR 190/2 Mod. : 4 PSK Capacidad: 34 Mb/s

LOCALIDADES

JUNO

TRINIDAD

Tipo de Antena	:	C-STAR40-019	C-GRID60-019
Ganancia	(dB) :	36.2	39.7
Tipo de Feeder	:	HF1 5/8"Cu2Y	HF1 5/8"Cu2Y
Perdida cada 100 m	(dB/100m) :	3.4	3.4
Longitud del Feeder	(m) :	40.0	60.0
Perdida del Feeder	(dB) :	1.4	2.0
Perdida del Branching	(dB) :	2.00	2.00
Atenuador en TX	(dB) :	.0	.0
Atenuador en RX	(dB) :	.0	.0

CALCULO DEL TRAMO

Rx: JUNO

Rx: TRINIDAD

Potencia de Equipo	(dBm) :	37.5	
Perdida de Espacio Libre	(dB) :	148.9	
Perdidas Adicionales	(dB) :	.0	
Perdidas por Obstruccion	(dB) :	8.0	
Perdida Neta del Tramo	(dB) :	88.4	88.4
Potencia Recibida	(dBm) :	-50.9	-50.9
Degr. de Umbral por Interf.	(dB) :	.0	.0
Degr. de Umbral por Reflex.	(dB) :	.0	.0

PREDICCIÓN DE COMPORTAMIENTO

BER = 10^{^-3}

Umbral	(dBm) :	-84.0	
Margen de Fading Plano	(dB) :	33.1	33.1
Outage (No Protejido)	(%) :	1.64E+00	1.64E+00
Outage con Diversidad	(%) :	2.09E-01	2.09E-01

BER = 10^{^-6}

Umbral	(dBm) :	-80.0	
Margen de Fading Plano	(dB) :	29.1	29.1
Outage (No Protejido)	(%) :	4.53E+00	4.53E+00
Outage con Diversidad	(%) :	1.11E+00	1.11E+00

CONFIGURACION DEL RECEPTOR

PARAMETROS DE PROPAGACION

Config. de Canales (P+R)	1 + 1	Rugosidad	42 m
Espac. entre Antenas	20.0 m	Expon. B de Frecuen.	1.00
Espac. entre Canales	28.00 MHz	Expon. C de Distan.	3.00
Int.Canal Adyac. no Considerada		Coefficiente Climatico	3.10E-05
		Factor de Ocurrencia	1.33E+01

TABLA # 1

JUNO (JUNO) Date: 10/03/00 Disco: MX

JUNO

PERFIL DEL VANO

TRINIDAD

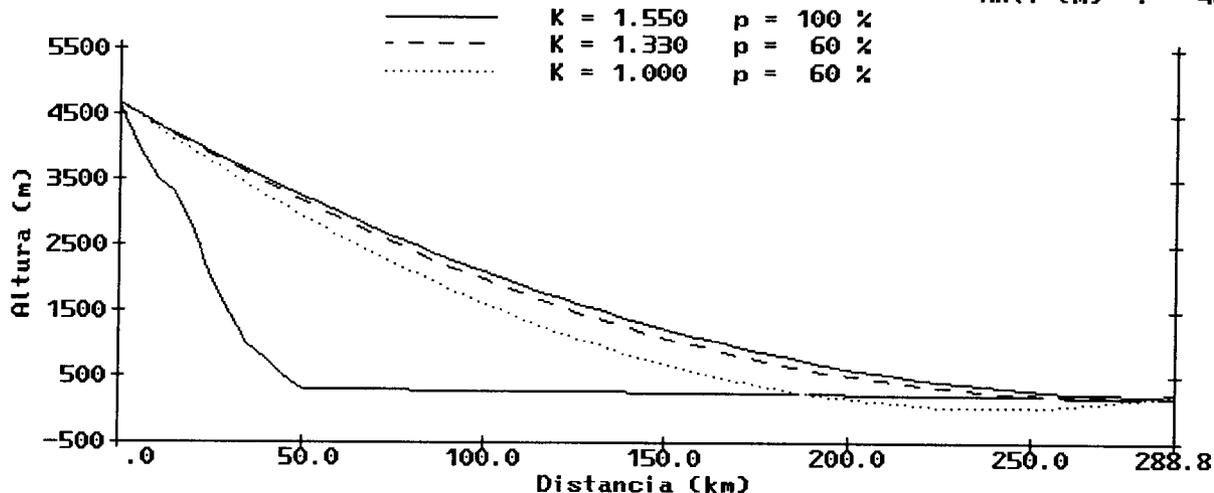
Cota (m) : 4650

2.3 GHz 288.8 km

Cota (m) : 200

Ant. (cm) : 18

Ant. (cm) : 48

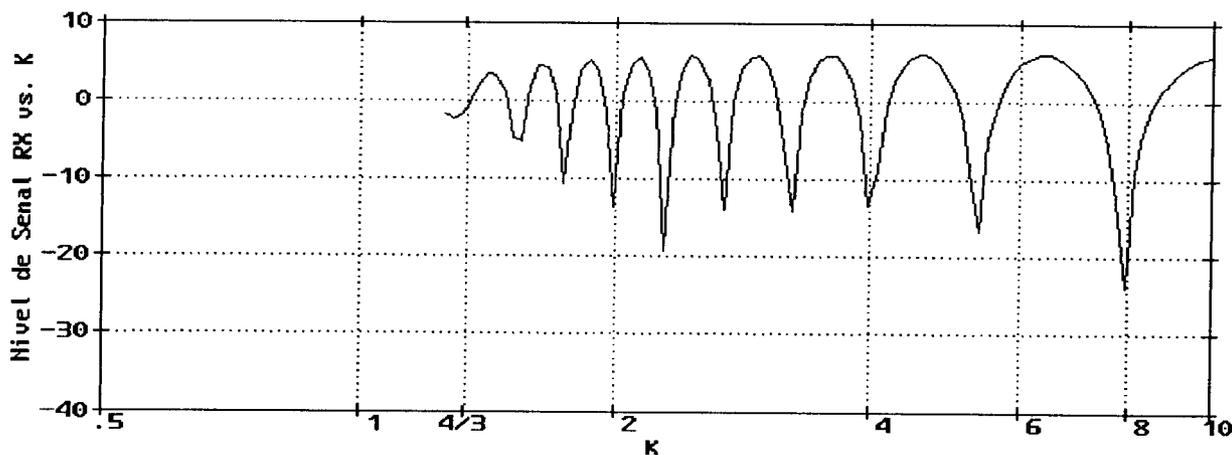


F1HELP 2 3 4 5 6 7 8EXIT 9 PLOT 10PRINT

Figura #3 a: Perfil del radioenlace.

NIVEL DE SENAL RX vs. K - TRINIDAD

Perdidas Refl. .0 dB



F1HELP 20NO RX 3HI DEF 4 5 6 7 8EXIT 9 PLOT 10PRINT

Figura # 3b: variación estimada de la potencia recibida VS factor K

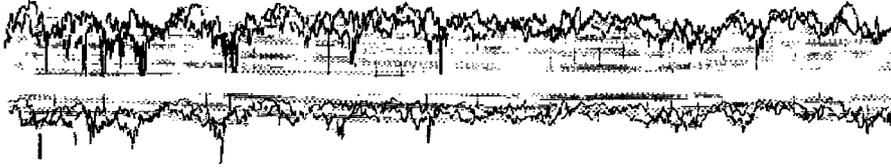


Fig. # 4: Potencia recibida VS tiempo. (10 cm/h)
Estación Trinidad. Nótese en el doble trazo que los
desvanecimientos no son simultáneos

Otra mejora consiste en asegurar la fijación de la antena con la torre en Cerro Juno ya que los vientos fuertes hacen que oscile toda la arista de la torre que contiene a la antena; y esto a pesar de que las antenas poseen radome aerodinámico.

CONCLUSION

Un enlace de radio digital de 34 Mb/s de esta naturaleza no es muy común en el mundo. Alguna vez se catalogó a un enlace en EE.UU de 160 Km. como el mas largo del mundo, mas no tenemos información adicional sobre aquél.

La ciudad de Trinidad en la selva boliviana está servida, ese era el objetivo principal. Pero el trabajo de investigación y desarrollo que ha demandado este proyecto ha arrojado experiencias muy interesantes en el aspecto profesional a los técnicos italianos, bolivianos y ecuatorianos que han trabajado directamente sobre el mismo. Por otra parte el esfuerzo físico que implica trabajar a 4700 metros de altura es digno de resaltar pues no resulta nada sencillo permanecer largas horas de trabajo en el frío y con poco oxígeno. Así mismo la casa fabricante de Siemens en Milán-Italia ha demostrado ser fiel a su tradición dentro del campo investigativo de la radio.

BIOGRAFIAS



Paco Ortiz: Nacido en Riobamba en 1968. Se graduó como bachiller en el colegio San Felipe Neri. Su título de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones, lo obtuvo en la Escuela Politécnica Nacional en julio de 1994. Actualmente se desempeña como Ing. de Transmisiones en Siemens del Ecuador. Ha realizado varios cursos en la fábrica de Milán Italia y ha colaborado en diversos proyectos de transmisión digital en varios países de Latinoamérica.



Germán Vázquez, nació en Quito en mayo de 1966. Se graduó como bachiller en el colegio Spellman. Su título de Ing. Electrónico lo obtuvo en la Escuela Politécnica del Ejército en 1995. Actualmente se desempeña como Responsable de Transmisiones en ITALTEL de Bolivia. Ha realizado varios cursos de telecomunicaciones en Italia, USA y Ecuador. Su área de interés son las redes de alta capacidad.



Cianferoni Vanetto, nacido en Florencia (Italia) el 4 de junio de 1935. Egresado del Instituto de Física y Microondas, Universidad de Florencia en 1956. Encargado de la implementación y gestión de sistemas de transmisión y conmutación en Telecom Italia desde 1956 a 1981. Responsable de proyectos de telecomunicaciones en Africa, Sur América, Asia y Rusia (1982 a 1992). Responsable de GSM para Grecia desde 1993 a 1996. Asesor para el desarrollo de telefonía celular AMPS en Bolivia desde 1996.