

Diseño de una Red de Comunicaciones Inalámbricas para la Integración y Desarrollo Rural en el PERÚ

Designing a Wireless Communications Network Rural Integration and Development in PERU

Carlos Sotelo Lopez¹, Luis Milla Lostaunau², Lidia Sotelo Lopez³, Noemí Sotelo Lopez⁴, Miguel Hinostrroza Sotelo⁵

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima Perú

Resumen– El presente artículo muestra el diseño de una red de comunicaciones inalámbricas de bajo costo para la integración de zonas rurales del Perú. Este proyecto fue implementado en el distrito de Caraz, provincia de Huaylas, departamento de Ancash. Por la naturaleza de la aplicación, contó con el apoyo de ingenieros electrónicos, así como de psicólogos, logrando de esta manera un prototipo de solución. Como resultado, se desarrollaron módulos de comunicación, que incluye el servicio de Telefonía IP implementada sobre Linux, servicio de transmisión de datos inalámbrico desarrollado en la banda no licenciada de 2.4 Ghz. para enlazar las localidades involucradas. Como aplicación educativa se desarrolló e instaló el producto de software “La Casita Feliz” con la finalidad de desarrollar y motivar la lectura y escritura en niños de nivel primario, obteniendo resultados satisfactorios en lo tecnológico y educativo.

Abstract– This paper presents the design of a wireless communications network inexpensive for the integration of rural areas of Peru. This project was implemented in the Caraz district, Huaylas province, Ancash department. By the nature of the application, with the support of electronic engineers and psychologists, thus achieving a prototype solution. As a result, communication modules were developed, including IP telephony service implemented on Linux, service, wireless data transmission developed in the unlicensed band of 2.4 GHz to link the locations involved. As education primary school children, obtaining satisfactory results in technology and education.

Palabras clave- Inalámbrico, Linux, Telefonía IP, radio móvil.

Keywords- wireless, Linux, IP Telephony, mobile radio.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú existen 94,926 centros poblados rurales según el INEI a nivel nacional. Dichos centros poblados presentan alta dispersión geográfica y baja densidad poblacional. El 78% tiene menos de 100 habitantes y en su mayoría, carecen de energía eléctrica y presentan extrema pobreza.

Ante esta realidad, es evidente plantear soluciones de ingeniería y modelos económicos/técnicos eficientes. De lo contrario sería inviable atender la gran demanda de servicios de estas poblaciones. En este escenario, no es conveniente replicar soluciones urbanas al ámbito rural debido a sus elevados costos, y pretenderlos, simplemente implicaría utilizar los recursos del Estado en forma indebida e ineficiente, limitando las aspiraciones de contar con servicios de telecomunicaciones para un gran número de centros poblados.

Por otro lado el factor educación en nuestra sociedad, las últimas décadas no ha sido considerado como un factor relevante, puesto que el Estado y la ciudadanía no le otorgan la suficiente importancia, lo que se traduce en la carencia de acciones efectivas para mejorar las condiciones educativas a nivel nacional, y a ello se adiciona la falta de conciencia crítica al momento de implementar soluciones orientadas a mejorar el Sector Educación.

En la actualidad, en el Perú existe una educación calificada como deficiente, cuya base lectura- escritura

¹ Carlos Sotelo López, E-mail: csotelo@mtc.com.pe

² Luis Milla Lostaunau, E-mail: lmillal@yahoo.es

³ Lidia Sotelo López, E-mail: lidia_sotelo@hotmail.com

⁴ Noemí Sotelo López, E-mail: noesotelo2002@yahoo.es

⁵ Miguel Hinostrroza Sotelo, E-mail: miguel_hinostrroza@yahoo.es

Recibido: Marzo 2010 / Aceptado: Junio 2011

carece del nivel requerido para soportar un aprendizaje adecuado. Esta se basa en brindar cursos siguiendo a un currículo educativo que descuida el principal objetivo de la educación, tal como la afirma J. Piaget: "El principal objetivo de la educación consiste en formar personas que sean capaces de hacer cosas nuevas y no simplemente de repetir lo que en otras generaciones han realizado".

Como antecedente previo a este trabajo tenemos que el proyecto desarrollado por EHAS-PERÚ y la Pontificia Universidad Católica del Perú entre el 2000 y 2002, puso en marcha un proyecto piloto en la provincia de Alto Amazonas del departamento de Loreto, cuyo objetivo fue de implementar una solución de comunicaciones económico y evaluar su impacto. Dicho proyecto involucra al Hospital Provincial de Yurimaguas y a 40 establecimientos entre centros de salud y puestos de salud [1].

II. METODOLOGÍA

En la implementación del proyecto se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones: bajo costo de implementación, equipos de tecnología actual, implementación sencilla y aplicación orientada al sector educativo y de carácter motivador para los alumnos así como a los docentes.

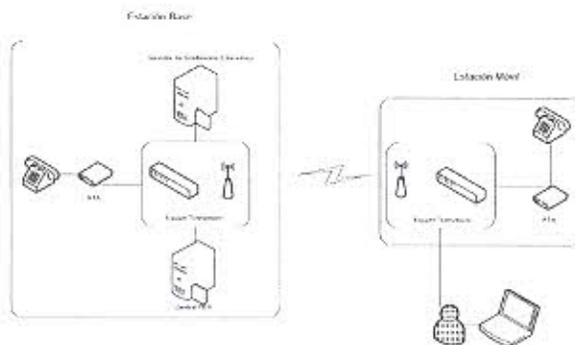


Fig. 1. Topología de la red planteada.

Desde el punto de vista técnico se propuso la topología de red mostrada en la Fig. 1, en el cual se observan 2 áreas, la primera corresponde a la Estación Base en la cual se encuentran el servidor de contenidos, la central de telefonía IPBX, un teléfono, un convertidor ATA, y un equipo transmisor de radio; y en la segunda área se encuentran la Estación Móvil, donde se encuentra un equipo transmisor de radio, un convertidor ATA, un teléfono, y una microcomputadora, la cual pertenece a la institución educativa participante del proyecto, y con acceso a todo el contenido educativo que ofrece el Servidor de Contenidos de la Estación Base.

La estación base cuenta con una antena

omnidireccional de 15 dBi para la cobertura de los centros poblados dentro del cual se encuentran todos los centros educativos involucrados en el proyecto.

Para el enlace entre la Estación Base y la Estación Móvil se utilizó un Access Point (AP), Kozumi Air Force 2, que es un equipo para comunicaciones inalámbricas exteriores, el cual dispone de una potencia máxima en la salida de 26 dBm. Fue configurado en el modo AP-WDS con la finalidad de mantener la escalabilidad de, de tal manera que si una persona que desee conectividad solo deberá conectar y configurar su AP en modo WDS, haciendo las veces de repetidora, y con muy pocos AP, seremos capaces de cubrir una población pequeña.

Los servidores están basados en el sistema operativo Linux, donde el primero corresponde una central de telefonía IPBX, cuya utilidad es la de mantener comunicados vía teléfono IP a los usuarios a nivel local y acceso gratuito. El segundo servidor está basado en el sistema operativo Linux-UBUNTU, en donde se ha desarrollado información educativa.

Seguidamente, el convertor de telefonía analógico-digital Linksys ATA, encargado de transformar un teléfono analógico a teléfono IP.

Por otro lado la Estación Móvil, está constituida por una antena Yagui de 14 dBi, Fig. 2. Un Acces Point inalámbrico AirNet de 30 dBm, un convertor Linksys ATA, y un teléfono analógico.



Fig. 2. Antena Yagui 13 dBi.

Con respecto al soporte de energía para la Estación Móvil se utilizó un cargador de batería, un regulador, una batería de 12 v, y un inversor DC/AC de 350 W.

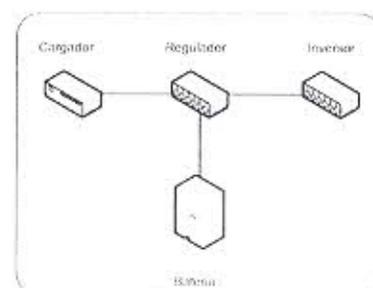


Fig. 3. Sistema de suministro de energía eléctrica.

Dicho sistema tiene doble función, donde la primera es de suministrar energía eléctrica a la Estación Móvil y la segunda como un sistema de suministro de energía eléctrica de respaldo en ausencia temporal de la misma, tal como se muestra en la Fig. 2.

En cada colegio perteneciente al ámbito del proyecto se instaló una Estación Móvil, a partir del cual se brindó servicio de acceso a Internet, comunicación telefónica, y servicios de información.

Finalmente, en la Fig. 4 se muestra las partes del equipo móvil desarrollado para los colegios participantes del proyecto.

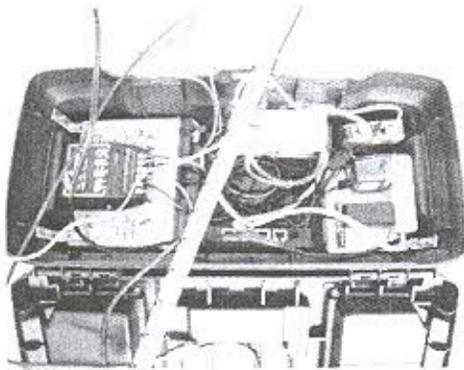


Fig.4. Equipo Móvil diseñado para colegios.

La Estación Base está constituida por los siguientes dispositivos y equipos: una antena omnidireccional de 15 dBi, un AP Kozumi Air Force V.2 para exteriores, una batería de 12 v, un regulador de voltaje, un inversor DC/AC de 350 W, un convertor de telefonía análogo-digital Linksys ATA, un teléfono analógico convencional, un cargador de batería y una central de telefonía IP IPBX sobre Linux – Elastix.

En forma similar, cada Estación Móvil del proyecto está constituida por los siguientes dispositivos y equipos: una antena Yagui de 14 dBi, un AP Air Net de 30 dBm, una batería de 12 v, un regulador de voltaje, un inversor DC/AC de 350 W, un convertor de telefonía análogo-digital Linksys ATA, un teléfono analógico convencional, un cargador de batería.

Respecto a la aplicación, se desarrolló el producto de Software educativo “La Casita Feliz”, utilizando para ello Visual Basic 6.0, debido al uso intenso de interfaces gráficas para simplificar la construcción de la interfaz de usuario [5]. La finalidad de este producto fue de desarrollar y motivar la Lectura-Escritura en los estudiantes de nivel Primario. En la Fig.5 se muestra la interfaz de usuario del producto.

Este producto de software no solo estimula la comprensión lectora, sino también ejercita los procesos de análisis y síntesis, enriquece el vocabulario, desarrolla el razonamiento verbal, y el razonamiento lógico.

También, útil para estimar el nivel funcional de la comprensión lectora con un medio específico surgido de la lectura, siendo varias las ventajas de esta técnica de servir como medio de evaluación de la comprensión lectora.

Evita el empleo de preguntas que a veces tienen más dificultad de ser comprendidas que la lectura misma.

Para poder adivinar la palabra omitida, el lector tiene el contexto como único apoyo y se evita el riesgo que adivine la respuesta por claves dadas por las mismas preguntas o por las ilustraciones.

Sirve, también, como un medio de desarrollo de la comprensión lectora, al permitirle al alumno adivinar las palabras que van suprimidas en el texto, gracias a su dominio sobre las estructuras semánticas y sintácticas del lenguaje y de sus conocimientos previos relacionados con el contenido del texto. Aumenta también el nivel de atención del lector en la medida que su lectura constituya un proceso activo y anticipatorio y no una mera recepción pasiva de la información. Por el hecho de que esta técnica posee un componente lúdico y de desafío, tiende a aumentar, y por ende, la motivación del niño por la lectura.



Fig.5. Portal de acceso a “La casita Feliz”

Como aporte, Lidia Sotelo participante del proyecto y una de las autoras del producto de software, “La Casita Feliz”, afirma que, este es un programa para entrenar la comprensión lectora desde niveles muy básicos, integra ejercicios que ejercitan la comprensión literal para después pasar a la comprensión de contenidos implícitos y la comprensión crítica. Y del punto de vista de Noemí Sotelo, también participante del proyecto y creadora de este producto, afirma que, La casita Feliz es un programa interactivo aplicable a diferentes contextos debido a la sencillez de su presentación, que además, favorece no solo a desarrollar la comprensión lectora sino también a otros

procesos cognitivos que van a facilitar el aprendizaje escolar.

En el diseño de los enlaces se utilizó el producto de software Radio Mobile, el cual es gratuito y de uso libre, con el cual se realizó todo el estudio de los enlaces, trabajando en la frecuencia de 2.4 Ghz.

Radio Mobile también proporciona un mapa satelital el cual ha permitido ubicar todas las estaciones conformantes del proyecto, tal como se muestra en la Fig. 6 la ubicación geográfica de los centros poblados de Pavas, Chungana, Ichio Huaylas y Cundayhuara ubicadas en el distrito de Caraz.

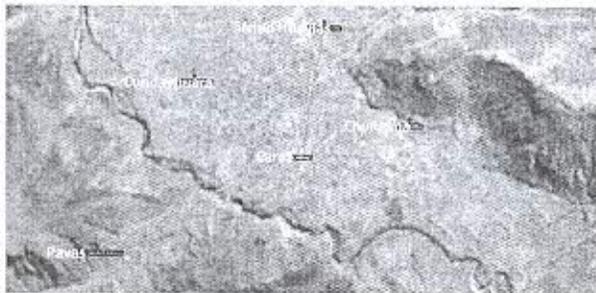


Fig. 6. Ubicación de las localidades beneficiadas.

III. ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES BASES

Para el análisis y diseño de las estaciones base, se ha utilizado el modelo de propagación de FRISS. Este modelo toma en consideración la total libertad en la línea de vista que une la antena de transmisión T con la de recepción R. La línea de vista requiere un área de despeje donde no debe existir obstáculos, esta área de despeje es conocida como zona de Fresnel [2], cuyas características se muestran en la Fig.7.

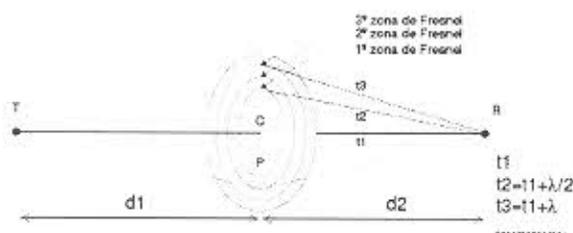


Fig. 7. Zona de Fresnell.

Para efectos de evaluación y cálculo de la zona de Fresnel se ha utilizado la siguiente expresión:

$$rf = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (1)$$

donde λ es la longitud de onda en metros, d_1 la distancia en Km desde la estación de transmisión hasta

el punto de análisis y d_2 la distancia desde el punto de análisis a la estación de recepción.

A. Modelo de FRISS

De acuerdo con el modelo de FRISS la atenuación de la señal en el espacio libre se puede calcular con la ecuación (2):

$$L_f = 32.4 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \quad (2)$$

donde f es la frecuencia en MHz y d es la distancia en Km.

A. Análisis de la Estación Base de Caraz

La estación base de Caraz es una estación que opera en la banda de 2.4GHz y atiende a 4 estaciones terminales ubicadas en:

- Pavas
- Chungana
- Ichio Huaylas
- Cundayhuara

La estación base presenta las características técnicas mostradas en la Tabla I:

TABLA I
CARACTERÍSTICAS ESTACIÓN BASE CARAZ

Estación Base:	CARAZ
Ubicación:	
Altura sobre el nivel del mar:	2,267 msnm
Longitud:	77° 48' 40.4" O.
Latitud:	9° 2' 52.8" S.
Componentes del Sistema:	
Ganancia de antena	15 dBi
Altura de la torre:	30 mts.
Rango de operación:	2.4 GHz.
Transmisión:	
Potencia	20 dBm.
Recepción:	
Sensibilidad:	-60 dBm a 54 Mbps; -90 dBm a 2 Mbps

B. Análisis de las estaciones terminales atendidas por la estación base de Caraz.

Teniendo en cuenta que la Estación Base de Caraz es la estación base que suministra el servicio de radio enlace con las estaciones de Pavas, Chungana, Ichio Huaylas y Cundayhuara, esta posee una huella de cobertura que cubre completamente a las estaciones terminales, el nivel de cobertura limite se ha considerado en -90 dBm, que es mostrada en la Fig.8.

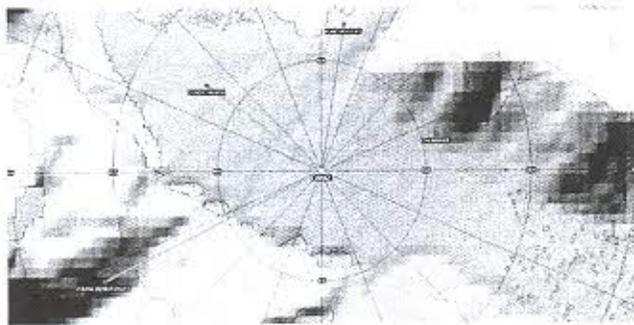


Fig. 8. Cobertura de las estaciones beneficiarias.

El **Terminal de Pavas**, suministra el servicio de radio enlace con la estación de Caraz, así como el servicio de conectividad de los servicios de comunicaciones local con un nivel de recepción límite considerado en -90 dBm que es mostrada dentro de las características técnicas del terminal en la Tabla II.

TABLA II
CARACTERISTICAS DEL TERMINAL PAVAS

Terminal:	PAVAS
Ubicación:	
Altura sobre el nivel del mar:	2,932 msnm
Longitud:	77° 49' 58.8" O.
Latitud:	9° 3' 25.2" S.
Componentes del Sistema:	
Ganancia de antena	17 dBi
Altura de la torre:	9 mts.
Rango de operación:	2.4 GHz.
Transmision:	
Potencia	20 dBm.
Recepcion:	
Sensibilidad:	-60 dBm a 54 Mbps; -90 dBm a 2 Mbps

Con respecto al enlace, este presenta una buena claridad, con un margen de desvanecimiento de 10.5 dB para una distancia de 2.31Km, lo que da una alta confiabilidad del enlace. En la Fig. 9 se muestra el resultado de los cálculos del enlace.

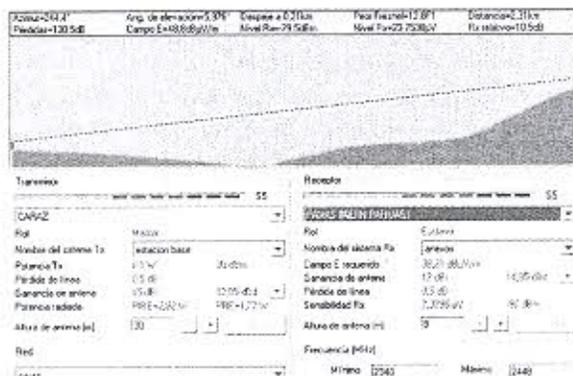


Fig. 9. Enlace Pavas – Caraz.

El **Terminal de Chungana**, en forma similar suministra el servicio de radio enlace con la estación de Caraz, así como el servicio de conectividad de los servicios de comunicaciones local con un nivel de recepción límite de -90 dBm, la que considera dentro de las características técnicas del terminal mostrada en la Tabla III.

TABLA III
CARACTERISTICAS DEL TERMINAL DE CHUNGANA

Estación Base:	CHUNGANA
Ubicación:	
Altura sobre el nivel del mar:	2,317 msnm
Longitud:	77° 48' 14.4" O.
Latitud:	9° 2' 42" S.
Componentes del Sistema:	
Ganancia de antena	17 dBi
Altura de la torre:	9 mts.
Rango de operación:	2.4 GHz.
Transmision:	
Potencia	20 dBm.
Recepcion:	
Sensibilidad:	-60 dBm a 54 Mbps; -90 dBm a 2 Mbps

En este caso, el enlace con el Terminal de Caraz presenta una buena claridad, con un margen de desvanecimiento de 23 dB para una distancia de 1.15Km, otorgándole una alta confiabilidad del enlace. En la Fig. 10 se muestran los datos de los cálculos del enlace.

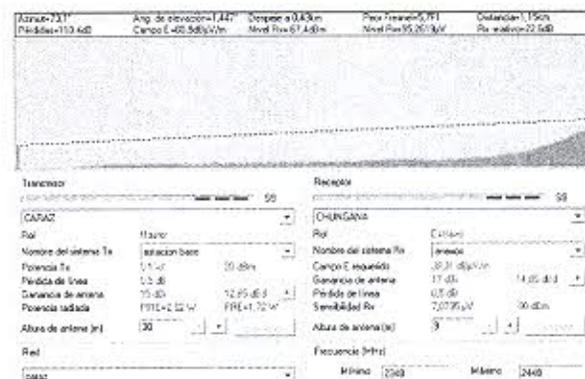


Fig. 10. Enlace CHUNGANA - CARAZ

El **Terminal de Ichio Huaylas**, que suministra el servicio de radio enlace con la estación de Caraz, así como el servicio de conectividad de los servicios de comunicaciones local considera un nivel de recepción límite de -90 dBm, establecida dentro de las

características técnicas del terminal mostrada en la Tabla IV.

TABLA IV
CARACTERISTICAS DEL TERMINAL ICHIO HUAYLAS

Estación Base:	ICHIO HUAYLAS
Ubicación:	
Altura sobre el nivel del mar:	2,347.1 msnm
Longitud:	77° 48' 43.2" O.
Latitud:	9° 2' 9.6" S.
Componentes del Sistema:	
Ganancia de antena	17 dBi
Altura de la torre:	9 mts.
Rango de operación:	2.4 GHz.
Transmisión:	
Potencia	20 dBm.
Recepción:	
Sensibilidad:	-60 dBm a 54 Mbps; -90 dBm a 2 Mbps

Respecto al enlace del Terminal de Ichio Huaylas, este presenta una buena claridad, con un margen de desvanecimiento de 14.5 dB para una distancia de 1.35Km respecto al Terminal de Caraz, lo que da una alta confiabilidad del enlace.

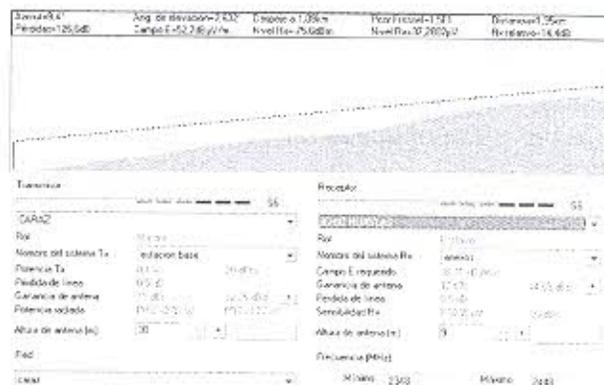


Fig. 11. Enlace ICHIO HUAYLAS - CARAZ

El Terminal de Cundayhuara, suministra el servicio de radio enlace con la estación de Caraz, así como el servicio de conectividad de los servicios de comunicaciones local con un nivel de recepción límite también de -90 dBm, es considerada dentro de las características técnicas del terminal mostrada en la Tabla V.

El enlace presenta una buena claridad, con un margen de desvanecimiento de 23 dB para una distancia de 1.34 Km lo cual muestra alta confiabilidad del enlace, mostrada en la Fig. 12.

TABLA V
CARACTERISTICAS DEL TERMINAL CUNDAYHUARA

Estación Base:	CUNDAYHUARA
Ubicación:	
Altura sobre el nivel del mar:	2,250 msnm
Longitud:	77° 49' 26.4" O.
Latitud:	9° 2' 27.6" S.
Componentes del Sistema:	
Ganancia de antena	17 dBi
Altura de la torre:	9 mts.
Rango de operación:	2.4 GHz.
Transmisión:	
Potencia	20 dBm.
Recepción:	
Sensibilidad:	-60 dBm a 54 Mbps; -90 dBm a 2 Mbps



Fig. 12. Enlace CUNDAYHUARA - CARAZ

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos en el presente trabajo, el resultado del proyecto propuesto es el resultado en conjunto de conocimientos de Ingeniería de Telecomunicaciones y de Psicología, habiendo obtenido la integración a nivel local los centros poblados del distrito de Caraz, de la provincia de Huaylas, departamento de Ancash, tanto por el lado educativo como de comunicación.

Una consecuencia importante es la posibilidad de desarrollar e implementar un modelo de conectividad inalámbrica de bajo costo para la integración de centros poblados a nivel distrital.

Se ha podido comprobar los estudios teóricos relacionados con la norma 802.11 b,g,n, con ADPCM relacionado a la calidad de voz con codecs G.711, G722, y GSM.

Se ha implementado una estación base y estaciones terminales para pruebas de campo.

Se ha desarrollado un producto de software de aplicación para propósitos educativos para desarrollo de la capacidad lectora.

Es posible el uso de esta plataforma de comunicaciones para el programa educativo OLPC.

REFERENCIAS

- [1] Grupo de Telecomunicaciones Rurales, Pontificia Universidad Católica del Perú, "Redes Inalámbricas para Zonas Rurales", GTR-PUCP. 2008.
- [2] César Bustamante, "Aprender a programar en Visual Basic Versión 6.0", Grap Peru 2da Edición. 2000.
- [3] Carlos Alberto Sotelo López, "Sistema de Comunicaciones Móviles", Editorial San Martín. 2009.