

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES RURAL DE VOZ Y DATOS EN LA PROVINCIA DE HUAROCHIRI

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

STEVE REINHOLD PONTE FLORES

**PROMOCIÓN
2005- I**

**LIMA – PERÚ
2010**

**DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES
RURAL DE VOZ Y DATOS EN LA PROVINCIA
DE HUAROCHIRI**

Con mucho aprecio dedico este trabajo a mis padres Wilfredo y Antonia. Les estoy muy agradecido por todo el apoyo que me brindan, así como mis hermanos que siempre me han apoyado, a mi novia por su comprensión en todos estos tiempos juntos y a mis abuelos que me cobijaron durante mi formación profesional.

Agradezco a todos los profesores e ingenieros de mi universidad que me brindaron los conocimientos para lograr ser un profesional, en especial a mi asesor: Ing. Percy Fernández.

SUMARIO

El presente informe de suficiencia nos muestra un diseño de los servicios de telecomunicaciones esenciales en zonas rurales de la provincia de Huarochirí, así como aquello que se requiere en la implementación del diseño, aprovechando las ventajas que brinda la tecnología CDMA en 450 MHz, además de los beneficios que se logra a partir de la inversión en el proyecto.

El desarrollo del presente informe tiene 4 Capítulos, estructurados de la siguiente forma:

En el Capítulo I: Breve descripción del Planteamiento de Ingeniería del Problema

Se realiza la descripción del problema analizando, los objetivos y fines del trabajo extraídos a partir del árbol de problemas, también se definen algunos conceptos básicos sobre telecomunicaciones rurales, FITEC y tecnología CDMA en 450 MHz.

En el Capítulo II: Determinación de la Demanda

Se menciona la situación de las telecomunicaciones rurales en el Perú, el análisis de la evaluación socio económica para la determinación de la demanda, la determinación de los lugares a cubrir por el proyecto y los servicios a proporcionar por el proyecto.

En el Capítulo III: Ingeniería del Proyecto a implementar

Se desarrolla el dimensionamiento de la Red, Ingeniería de Detalle, Red de Transporte, Especificaciones Técnicas de equipamiento e Infraestructura necesaria.

En el Capítulo IV: Costos del Proyecto

Incluyen los costos de inversión, operación y mantenimiento

2.3	Determinación de los lugares a cubrir y servicios a brindar con el proyecto	43
2.3.1	Demanda de telefonía fija en la modalidad de abonados.....	43
2.3.2	Demanda de telefonía fija en la modalidad de teléfonos públicos	44
2.3.3	Demanda de acceso a Internet	45
2.4	Estudio del Tráfico	48

CAPÍTULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO..... 50

3.1	Estructura General de la Red	50
3.2	Diseño de la Red de Transporte.....	52
3.3	Análisis de Radio Propagación para los enlaces de la red de transporte	53
3.4	Diseño de la Red de Acceso	57
3.5	Especificaciones Técnicas del Equipamiento	59
3.6	Infraestructura Necesaria.....	64

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL PROYECTO.....67

4.1	Costos de Inversión (CAPEX).....	67
4.2	Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX)	69

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 70

BIBLIOGRAFIA72

INDICE

PROLOGO	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA Y FUNDAMENTOS	
TEÓRICOS	2
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Objetivos del Trabajo	2
1.3 Marco Teórico Conceptual Básico de Telecomunicaciones Rurales.....	3
1.3.1 Aspectos Normativos y Regulatorios	3
1.3.2 Lineamientos de Políticas.....	3
1.4 Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL)	6
1.5 Conceptos Básicos de la Tecnología CDMA	8
1.5.1 Acceso múltiple por división de código CDMA	8
1.5.2 Características de CDMA	9
1.5.3 Ventajas de CDMA.....	9
1.5.4 Entrelazado de datos	10
1.5.5 Proceso en el transmisor	11
1.5.6 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	12
1.5.7 Eficiencia Espectral	13
1.5.8 Capacidad de canal	13
1.5.9 Control de Potencia.....	14
1.5.10 Diversidad.....	15
1.5.11 Vocoder.....	17
1.5.12 Métodos de Dúplexación	18
1.5.13 Introducción a los Sistemas Móviles CDMA	19
1.5.14 Características Técnicas de CDMA2000	22
1.5.15 Arquitectura del Sistema CDMA2000 1X.....	23
1.5.16 Canales	26
1.5.17 Ensanchamiento y modulación	27
1.5.18 Procedimientos de la capa física.....	28
1.5.19 Canales dedicados.....	29
1.5.20 Control de potencia en CDMA2000	30
1.5.21 Selección de la célula.....	30
1.5.22 Traspaso y SHO	30
1.5.23 Arquitectura de la red de datos en modo paquete CDMA2000	31
CAPÍTULO II	
DETERMINACION DE LA DEMANDA	32
2.1 Situación de las Telecomunicaciones Rurales en el Perú.....	32
2.2 Evaluación socio económico de las localidades beneficiadas en la provincia	36

PROLOGO

Una de las mayores necesidades que el hombre tiene es la comunicación, siendo ésta necesaria para la integración y desarrollos de los pueblos e indispensable en las localidades carentes de los servicios esenciales de telecomunicaciones, como la telefonía e Internet, se desarrolla el presente informe que nos muestra el diseño de una red de telecomunicaciones en zonas rurales de la provincia de Huarochiri.

El contenido del presente informe nos muestra la importancia de los servicios esenciales de telecomunicaciones que se desarrollan en zonas rurales de la provincia de Huarochiri para que se reduzca la brecha digital existente y el rol que desempeña el estado como promotor de las inversiones privadas de los sistemas de telecomunicaciones para zonas carentes de servicios; logrando acceso universal mediante las diversas tecnología que existen en la actualidad, gestionando un desarrollo sostenible de los pueblos e invirtiendo a favor de los más necesitados.

El presente trabajo nos presenta como alternativa tecnológica a CDMA2000 en la banda de los 450 MHz, considerando sus características y aprovechando los beneficios que tiene como: tener una buena cobertura, una buena calidad y bajo costo de implementación en zonas de difícil acceso. Se detalla también aspectos como los fundamentos de la tecnología CDMA2000, la demanda de los servicios y los cálculos propios de ingeniería para la estimación de la cobertura y acceso a los servicios en las localidades beneficiarias de la provincia de Huarochiri.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Descripción del problema

A partir de las solicitudes de autoridades, consultas, sondeos y del diagnóstico realizado se ha elaborado el Árbol de Problemas que se muestra en la figura N° 1.1; el cual incluye causas del problema central y el problema central, y los efectos directos del problema central, así como el efecto final.

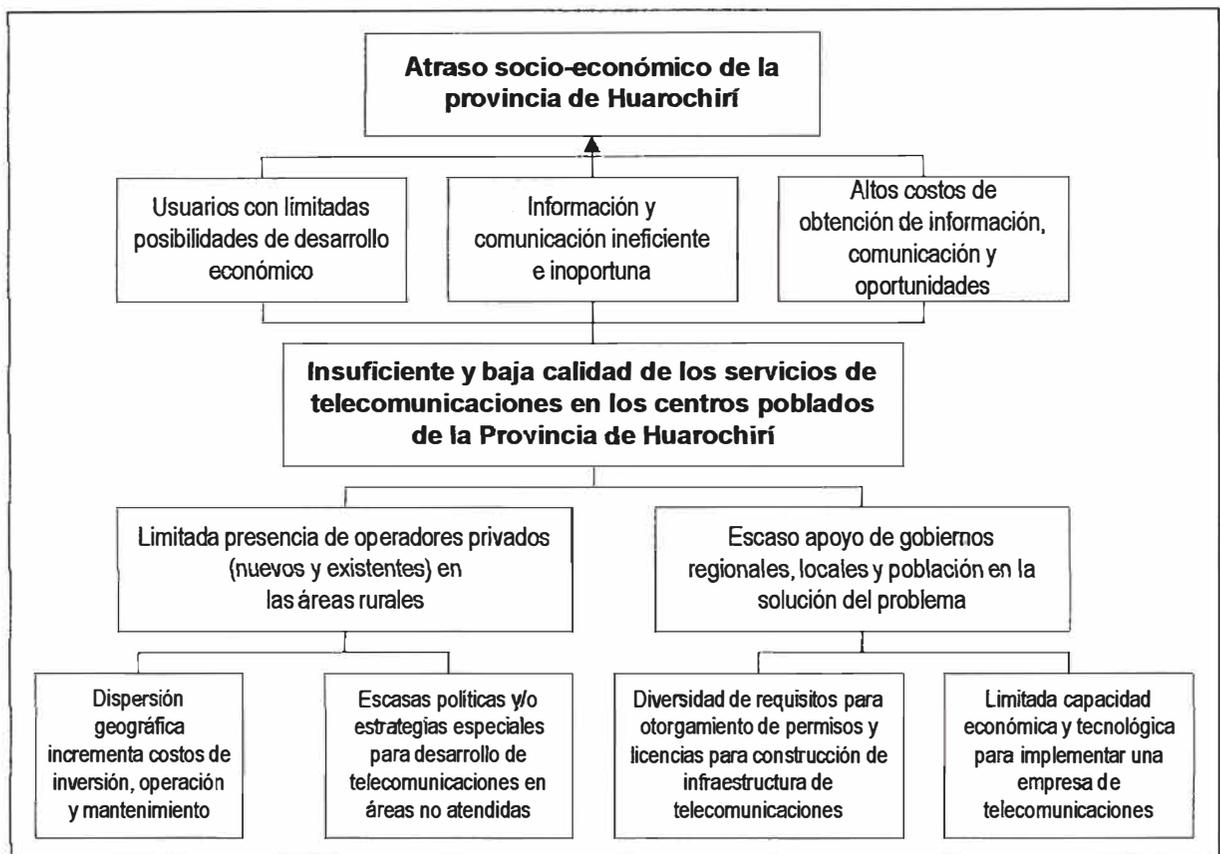


Fig. 1.1 Árbol de problemas – causas y efectos

1.2 Objetivos del Trabajo

A partir del Árbol de Problemas mostrado en la figura N° 1.1, se ha construido el Árbol de Objetivos o de Medios y Fines que se muestra en la figura N° 1.2. De este árbol se

extrae la información como los medios de primer nivel, el objetivo central y los fines directos, incluyendo el fin último.

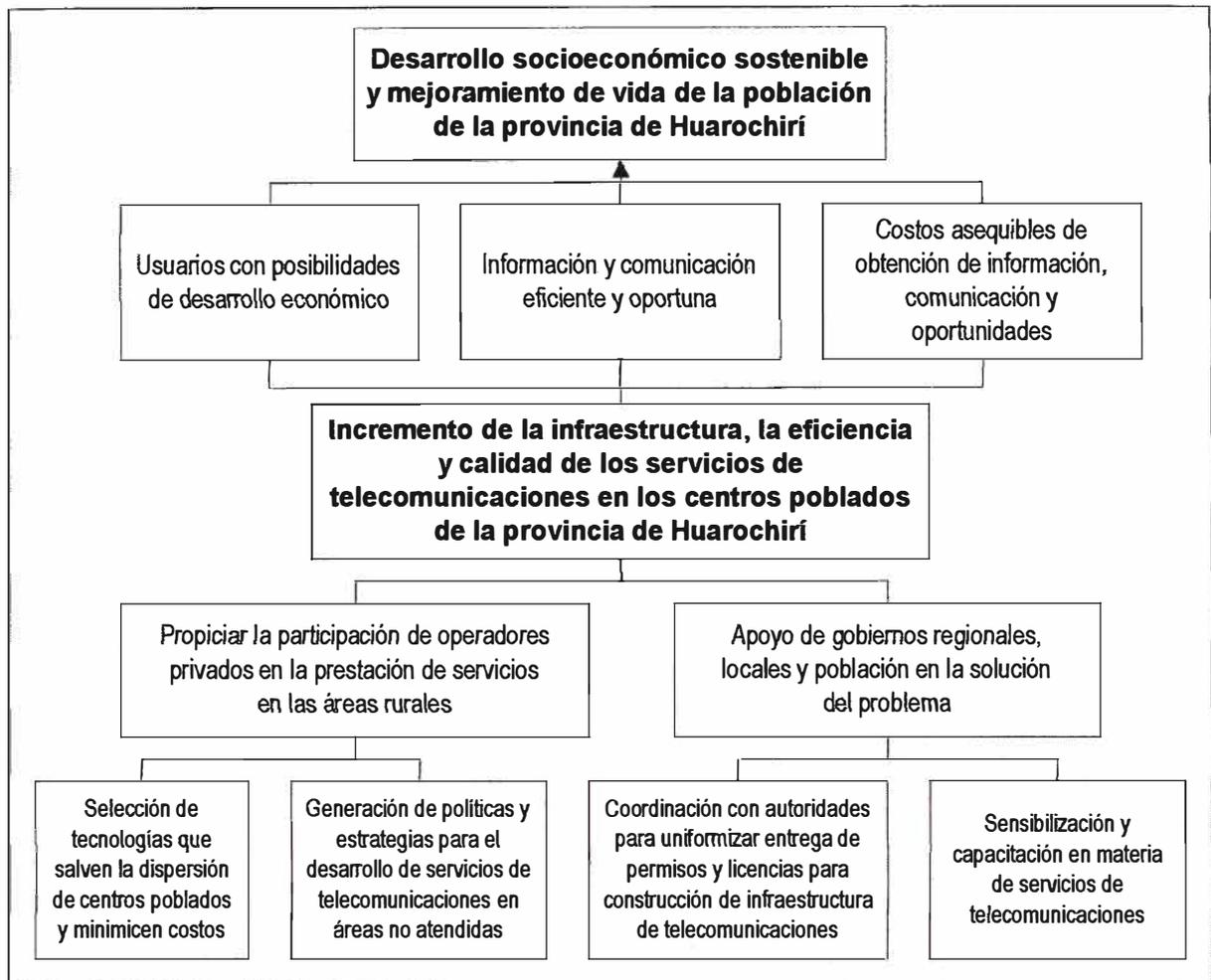


Fig. 1.2 Árbol de objetivos – medios y fines

1.3 Marco Teórico Conceptual Básico de Telecomunicaciones Rurales

1.3.1 Aspectos Normativos y Regulatorios

Los Aspectos Normativos y Regulatorios se establecen en los “Lineamientos de Políticas para Promover un mayor acceso a los Servicios de Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Lugares de Preferente Interés Social” que fueron dadas mediante decreto supremo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Éste lineamiento tiene como objetivo acelerar la incorporación, en condiciones de equidad, de las poblaciones de las áreas rurales y de preferente interés social, a las oportunidades que ofrecen las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), promoviendo su integración a la red pública de telecomunicaciones.

1.3.2 Lineamientos de Políticas

De acuerdo a su naturaleza los lineamientos se dividen en:

a) Lineamientos Técnicos

Políticas de Concesiones y Proyectos Rurales:

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) establecerán los incentivos adecuados y promoverán mejoras de las condiciones de mercado para la consolidación del acceso universal en las áreas rurales y de preferente interés social. Para tal efecto, se coordinará con los agentes involucrados en el tema. El MTC establecerá los criterios para la determinación de los lugares considerados como de preferente interés social, para lo cual el OSIPTEL presentará sus propuestas para la determinación de estos criterios, en función al desarrollo de mercado y/o de los estudios que se efectúen para tal efecto.

Políticas de uso compartido de infraestructura:

A fin de promover la eficiencia y la competitividad del sector el MTC fomentará y facilitará el uso compartido de infraestructura de los servicios de comunicaciones.

Asimismo, teniendo en cuenta la existencia de diversos tipos de infraestructura de comunicaciones, es conveniente que el MTC coordine con otros organismos y autoridades a fin de promover la integración de redes, optimizando su uso y reduciendo costos.

Políticas de recursos escasos y señalización:

Espectro radioeléctrico

El MTC establecerá bandas de frecuencia que no requieren de título habilitante para su uso en zonas rurales y lugares de preferente interés social, teniendo en cuenta las asignaciones realizadas a los operadores establecidos.

Numeración

El MTC adoptará, de acuerdo a lo establecido en el Plan Técnico Fundamental de Numeración (PTFN), las medidas necesarias, a fin de que se diferencie la numeración a ser utilizada por el servicio telefónico en las áreas rurales y en lugares de preferente interés social.

Señalización

Se considera básicamente dos tipos de señalización: La señalización entre centrales y la señalización usuario - red. De acuerdo a lo establecido en el Plan Técnico Fundamental de Señalización, sólo en el caso de una red rural que opere dentro de un área local de servicio de telefonía fija, el concesionario podrá optar por establecer una interconexión a la red de telefonía fija local, mediante enlace de líneas telefónicas.

Políticas sobre obligaciones de pago de derechos, tasas y canon

El MTC adoptará las medidas necesarias a efectos de establecer obligaciones de pago de derechos, tasas y canon reducidos para los operadores de servicios de telecomunicaciones en zonas rurales y lugares de preferente interés social.

Políticas de tarifas e interconexión

Considerando el mayor costo en la provisión de los servicios de telecomunicaciones en las áreas rurales y de preferente interés social y la trascendencia de éstos para el beneficio de dichas zonas, el Estado establecerá una política específica de tarifas e interconexión que incluya tales consideraciones en su análisis.

Políticas de promoción de pequeñas redes de telecomunicaciones

El Estado promoverá el desarrollo de pequeñas redes y empresas de telecomunicaciones en las áreas rurales y de preferente interés social, con la finalidad de incrementar el nivel de acceso a los servicios en dichas zonas. El MTC y el OSIPTEL evaluarán la desregulación de determinados servicios públicos de telecomunicaciones y de radiodifusión en zonas rurales y lugares de preferente interés social.

b) Lineamientos de Desarrollo Humano

Se promoverá que los beneficios de las TICs lleguen a todos en forma equitativa y en igualdad de oportunidades. En tal sentido, en coordinación con otras instituciones, se evaluarán y establecerán los mecanismos para la inclusión de estos beneficios en proyectos buscando que existan mecanismos de capacitación y entrenamiento, contribuyendo a la integración social de los grupos comúnmente marginados.

Se debe fomentar que las aplicaciones de las TICs lleguen a las zonas rurales y lugares de preferente interés social involucrando a los organismos competentes, de modo tal que se promueva el desarrollo de las micro y pequeñas empresas.

Políticas de Descentralización

El acceso a las telecomunicaciones podría constituir un instrumento descentralizador de los gobiernos locales y regionales. El Estado y la comunidad tendrán iniciativa y responsabilidad en el diseño y construcción de sistemas de información comunitaria, en ese sentido, el Estado puede apoyar el lanzamiento de iniciativas de la comunidad que faciliten la exposición de las actividades de los pueblos y negocios pequeños a través del Internet, favoreciendo aquellas que involucren a la comunidad en el mantenimiento de los sistemas de información.

Las políticas de Estado deben además fortalecer el marco jurídico para que éste contribuya al desarrollo de las áreas rurales de forma tal que faciliten las telecomunicaciones en dichos lugares, especialmente para pequeños y micro productores y comerciantes.

Por otro lado, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, estableció como normativa el **“Marco Normativo General para la Promoción del Desarrollo de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones en Áreas Rurales y lugares de preferente interés social”**. La presente norma tiene por objetivo promover el desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones mediante el establecimiento de nuevas disposiciones que faciliten e incentiven la expansión de las redes en áreas rurales y/o lugares de preferente interés social; así como consolidar en un solo texto normativo las normas aplicables a los referidos servicios en dichas zonas.

Dentro del ámbito de aplicación, la presente norma será de aplicación y observancia obligatoria, en todo el territorio nacional, por los Operadores de Telecomunicaciones y Operadores Rurales.

Principios de Telecomunicaciones

Se reconoce que las telecomunicaciones forman parte de un sector más amplio que incluye a las tecnologías de la información.

Las TICS pueden constituir un elemento para facilitar el proceso de descentralización del país y el desarrollo de las áreas rurales y lugares de preferente interés social.

El acceso a las TICS y el desarrollo de las telecomunicaciones tiene un carácter prioritario en la política general del Estado Peruano, tanto por su alto contenido social, como por sus efectos multiplicadores para impulsar el desarrollo socio-económico del país y la mayor integración de la población a la sociedad global de la información y del conocimiento.

Se deberá propiciar el acceso y el aprovechamiento de las TICs en forma equitativa, teniendo en cuenta aspectos tales como género, generación, discapacidad, etnia y cultura.

El desarrollo de las telecomunicaciones tendrá repercusiones significativas y mayores probabilidades de éxito si los proyectos locales y regionales forman parte de un esfuerzo coordinado que involucre a las micro y pequeñas empresas y alianzas estratégicas con los operadores y los consumidores.

1.4 Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL)

La creación del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones - FITEL se dio mediante el **Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones**, como un mecanismo de

equidad para financiar servicios de telecomunicaciones en áreas rurales o en lugares considerados de preferente interés social.

El 4 de noviembre de 2006 se promulgó la Ley N° 28900 – Ley que otorga al Fondo de Inversión en Telecomunicaciones – FITEL- la calidad de Persona Jurídica de Derecho Público, adscrita al Sector Transportes y Comunicaciones, y dispuso la transferencia del fondo administrado por OSIPTEL al FITEL de todos los activos, pasivos, obligaciones y derechos contractuales derivados de los contratos de financiamiento vigentes.

El rol de FITEL es la provisión del acceso universal a los servicios de telecomunicaciones, entendiéndose como tal, al acceso en el territorio nacional a un conjunto de servicios de telecomunicaciones esenciales, capaces de transmitir voz y datos.

Asimismo, el FITEL tiene como visión la organización líder en el Perú que integre las áreas rurales y lugares de preferente interés social al resto del país, contribuyendo a la reducción de la brecha digital a través de la mejora continua de los servicios de telecomunicaciones y de la participación activa de los sectores público y privado.

En tal sentido, la misión del FITEL es promover el acceso y uso de los servicios públicos de telecomunicaciones esenciales para los pobladores rurales y de lugares de preferente interés social, formulando y evaluando proyectos de inversión en telecomunicaciones y supervisando su correcta ejecución, contribuyendo así a la reducción de la brecha digital.

Entre los principales objetivos del FITEL, tenemos a continuación:

Reducir la brecha en el acceso a los servicios de telecomunicaciones en áreas rurales y en lugares de preferente interés social.

Disponer de infraestructura de telecomunicaciones adecuada para garantizar el desarrollo de la sociedad de la información.

Promover el desarrollo social y económico de las áreas rurales y lugares de preferente interés social, procurando el acceso a servicios de telecomunicaciones y la capacitación de la población en el uso de las tecnologías de las informaciones y comunicaciones.

Incentivar la participación del sector privado en la prestación de los servicios de telecomunicaciones en áreas rurales y en lugares de preferente interés social.

El Artículo 6° del Decreto Supremo que define el ámbito de intervención del FITEL, modifica el artículo 16° del Reglamento del FITEL, referido al ámbito de intervención del FITEL de la siguiente manera: **“El ámbito de intervención de FITEL incluye las áreas rurales y lugares de preferente interés social que carezcan de al menos un servicio público de telecomunicaciones esencial”**.

Para efectos de la aplicación del presente Reglamento se considerará Área Rural a aquella definida como tal en el Marco Normativo General para la promoción del desarrollo de las telecomunicaciones en áreas rurales y lugares de preferente interés social.

Asimismo, se considerarán lugares de preferente interés social, a aquellos que sean determinados como tales por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En el Artículo 8° del Marco Normativo General para la promoción del desarrollo de las Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Lugares de Preferente Interés Social, se define como Área Rural a los centros poblados que cumplan con las tres (3) siguientes condiciones:

Que no formen parte de las áreas urbanas según el INEI.

Que cuenten con una población de menos de 3000 habitantes, según el último censo poblacional del INEI o su proyección oficial, de ser ésta más reciente.

Que tengan escasez de servicios básicos.

Por otro lado, también se considera área rural a aquellos centros poblados con una tele densidad de menos de dos líneas fijas por cada 100 habitantes, los cuales no requieren cumplir con las condiciones del párrafo precedente del presente artículo.

En ese sentido, el FITEL publica anualmente en su página Web la relación de centros poblados que se encuentran en áreas rurales, basada en los datos remitidos al Ministerio de Transportes y Comunicaciones por las empresas concesionarias de servicios públicos de telecomunicaciones.

Adicionalmente, en aplicación al Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones, se dispone que los operadores de servicios portadores en general y de servicios finales públicos aporten al FITEL, como un derecho especial, el 1% del monto total anual de los ingresos brutos facturados y percibidos. Se suman a ellos, las asignaciones que se canalicen a través del Tesoro Público, los ingresos financieros que generen los recursos del FITEL; los créditos de fuente interna o externa; y los aportes, asignaciones, donaciones, legados o transferencias por cualquier título provenientes de personas, naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras.

1.5 Conceptos Básicos de la Tecnología CDMA

1.5.1 Acceso múltiple por división de código CDMA

En esta técnica varios usuarios comparten la misma frecuencia y tiempo, con diferente codificación de información emplean una misma portadora, los códigos

empleados tienen una cross correlación casi nula, lo que permite que la interferencia entre las comunicaciones

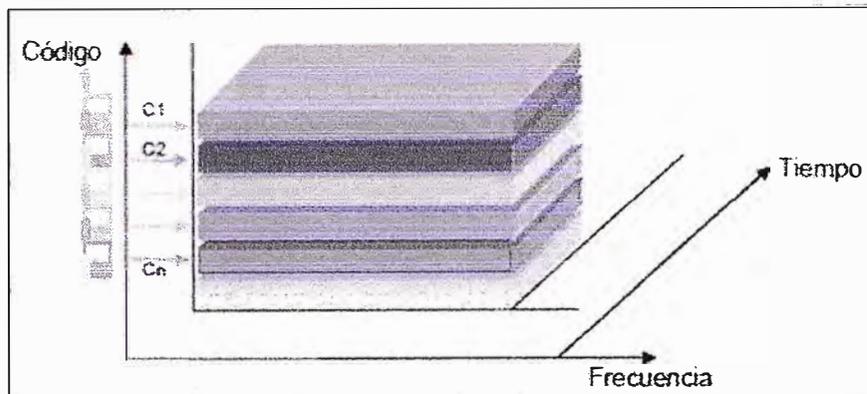


Fig. 1.3 Acceso múltiple por división de código

1.5.2 Características de CDMA:

Requiere que la información a transmitir esté digitalizada, siendo necesario utilizar modulaciones digitales. Realiza una expansión del espectro (Spread Spectrum).

Utiliza códigos matemáticos, en lugar de frecuencias o ranuras de tiempo para transmitir conversaciones inalámbricas.

Requiere una estricta sincronización temporal y control de potencia.

Mejor comportamiento frente a interferencias co-canal y distorsión debida a la propagación radioeléctrica.

1.5.3 Ventajas de CDMA

CDMA no requiere ecualización, tan solo correlator. Utiliza el multitrayecto en forma positiva.

Transferencia de celda sin interrupciones.

Soft capacity.

No necesita tiempo de guarda a diferencia de TDMA, que lo necesita entre ranuras (slots) de la ráfaga.

Bajos niveles de potencia empleados, incrementando el tiempo de uso de un teléfono celular.

Simplifica la planificación del sistema, pues usa el mismo espectro en cada sector de cada célula.

Alta resistencia a interferencias y menor desvanecimiento de la señal.

No requiere administración de frecuencias, ni asignaciones.

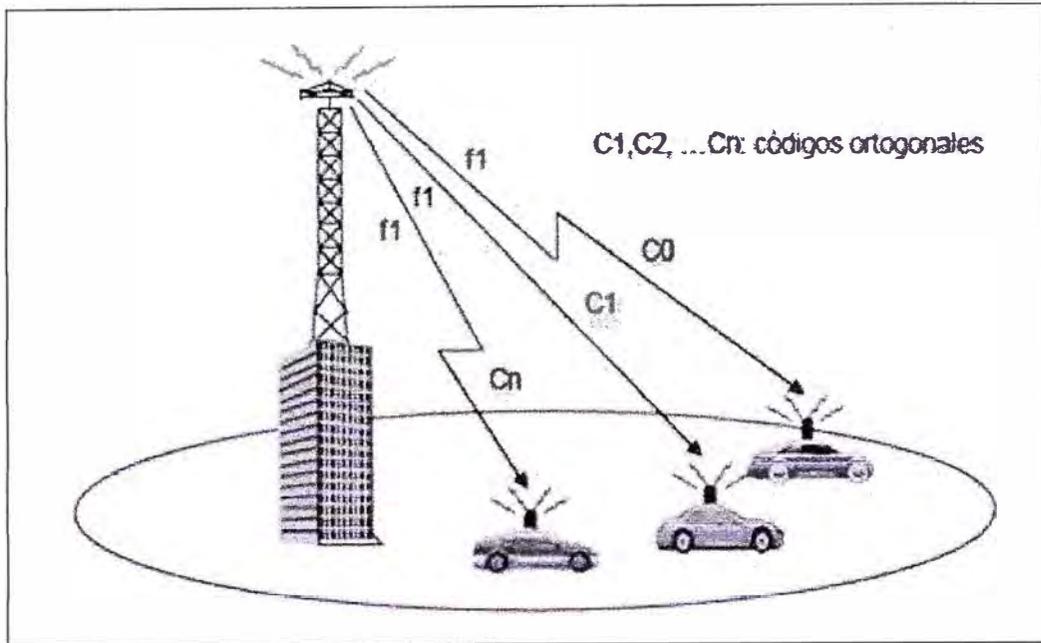


Fig. 1.4 Comunicaciones empleando acceso

1.5.4 Entrelazado de datos

El entrelazado de bits consiste en un reordenamiento de una secuencia de símbolos binarios o no binarios de una forma determinística y única.

Los códigos convolucionales o de bloque se diseñan para combatir errores independientes aleatorios, que ocurren normalmente en canales sin memoria. Para los canales con memoria se observa que las ráfagas de error se deben a la transmisión de señales dependientes.

Los errores en ráfaga o consecutivos se debe a la característica del canal radio móvil en el cual existen desvanecimientos por periodos del orden de 7 ms. para una velocidad de la móvil de 40 Km/h.

En este tiempo ocurren errores consecutivos que la codificación convolucional ni de bloque puede corregir.

Para superar esta deficiencia el entrelazado de datos transforma los errores consecutivos en errores dispersos independientes y aleatorios que debe ser corregido por el código del canal.

La idea que hay detrás del entrelazado es separar los símbolos de las palabras código en el tiempo.

A medida que se aumenta el período de entrelazado se consigue dispersar más las ráfagas de error.

Pero por el contrario se aumenta el retardo debido al entrelazado. Por lo tanto se ha de conseguir un compromiso entre retardo y el rendimiento en cuanto a corrección de errores.

1.5.5 Proceso en el transmisor

El entrelazado de datos es un proceso que se realiza en el transmisor previo a la modulación posterior a la codificación convolucional.

En este proceso los datos salientes del codificador ingresan a una matriz en la que se escribe en forma horizontal y se lee en forma vertical de tal modo que a la salida del entrelazador los datos ya no son secuenciales.

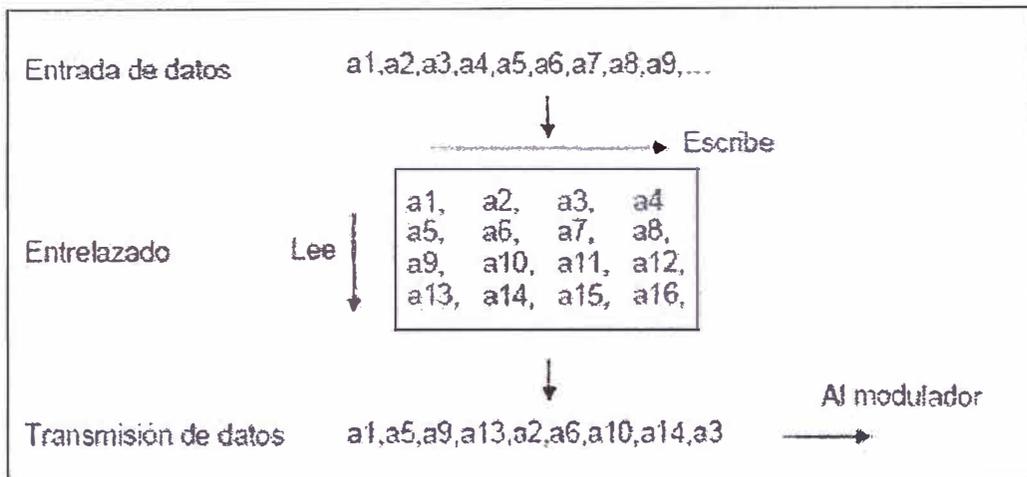


Fig. 1.5 Proceso en el transmisor

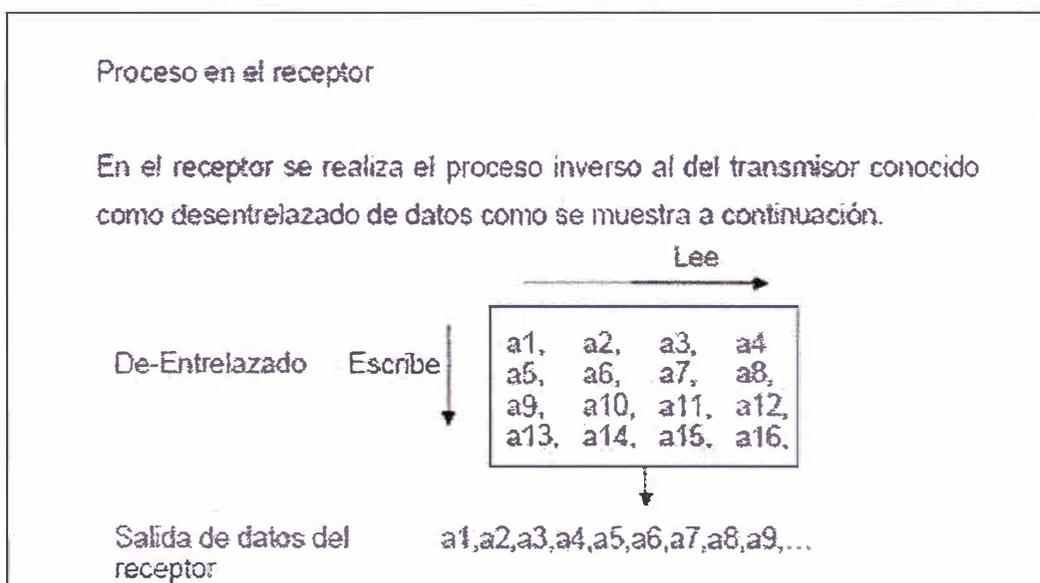
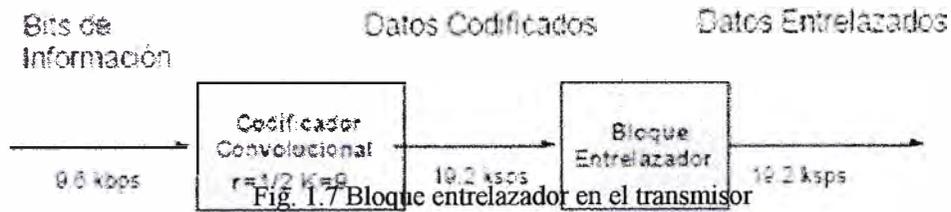


Fig. 1.6 Proceso en el receptor

A continuación se muestra la ubicación del bloque entrelazador en la unidad de transmisión de un equipo de comunicaciones. Nótese que el codificador convolucional incrementa la velocidad de datos mientras que el entrelazador sólo reordena los datos pero no tiene incidencia sobre la tasa de datos transmitidos.



1.5.6 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

La técnica de acceso DSSS pertenece al grupo de técnicas conocidas como de espectro ensanchado. Todas estas técnicas se generan, a partir de la señal en banda base, una señal moduladora de un ancho de banda mucho mayor que el de la banda base, utilizando un código de expansión espectral que permite la separación entre diferentes comunicaciones que comparten una misma portadora.

Esta operación proporciona una importante ventaja como es la mejora de la inmunidad frente a desvanecimientos selectivos en frecuencia: al ser el ancho de banda de coherencia del desvanecimiento mucho menor que el ancho de banda de la señal, el porcentaje de la señal transmitida que se ve afectado por el desvanecimiento es pequeño y tanto menor cuanto mayor es el ensanchamiento.

Por tanto mayor sea el ensanchamiento, existirá mayor inmunidad. Esta ventaja se da también frente a interferencias debidas a señales de banda estrecha.

En el caso de la DSSS, el ensanchamiento se consigue multiplicando la señal digital en banda base por una secuencia conocida por los extremos en comunicación.

Dicha secuencia posee una velocidad mucho mayor que la de la banda base. El producto modula a una portadora, con lo que se consigue una señal modulada cuyo ancho de banda es substancialmente mayor que el ancho de banda de la señal original.

En recepción se multiplica la señal demodulada por la misma secuencia, lo que permite la recuperación de la señal de banda base.

Esta operación restaura el ancho de banda de la señal útil, pero en cambio ensancha la de cualquier señal interferente de banda estrecha que pudiera recibirse, reduciendo la cantidad de energía de esta que interfiere con la señal útil, en proporción al ensanchamiento efectuado.

La figura a continuación muestra el procedimiento de generación y recepción de la señal ensanchada.

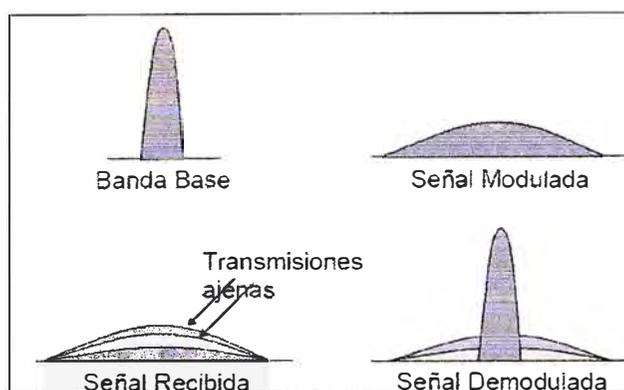


Fig. 1.8 Generación y recepción de la técnica DS-SS

1.5.7 Eficiencia Espectral

La eficiencia espectral de un sistema está relacionada con el tráfico que puede cursar un sistema dado un ancho de banda en una determinada área de servicio. Esta eficiencia puede darse en Erlang/MHz/Km² cuando se trata de medir el uso eficiente del espectro otorgado a un determinado operador por parte del administrador del espectro en una localidad o país. Esta medida también puede ser usada cuando se comparan los sistemas convencionales con los sistemas celulares.

Para el caso de sistemas celulares debido a que las celdas se sectorizan en 3 sectores y estos están en posibilidad de atender áreas aproximadamente iguales, la medida de comparación más adecuada es la de Erlang/MHz/Sector en el caso de comunicaciones en la modalidad de conmutación de circuitos y el caso de conmutación de paquetes Tasa máxima de servicio / sector.

1.5.8 Capacidad de canal

El canal de comunicaciones tiene límites en cuanto a la cantidad de información que pueda cursar por ella en la unidad de tiempo, el volumen máximo de información (bits) que se puede cursar por el canal en un segundo es la capacidad de canal y está directamente relacionado con el ancho de banda del canal y la relación señal a ruido (S/N).

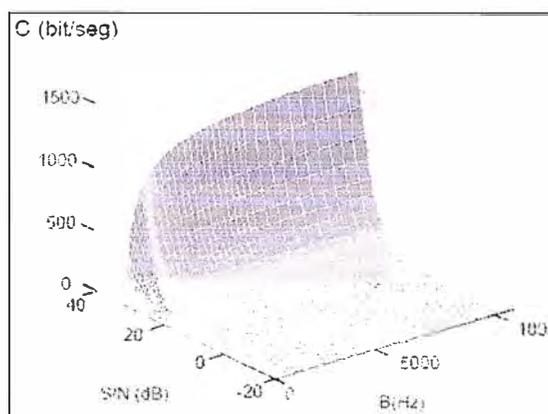


Fig. 1.9 Capacidad del Canal

1.5.9 Control de Potencia

El control de potencia es un factor importante en el acceso CDMA debido a que asegura la calidad de un enlace y es un componente básico en la gestión de los recursos de radio. Existen dos tipos de control de potencia uno rápido y otro en bucle abierto, que se incluyen con la finalidad de asegurar la calidad del enlace.

a) Control de Potencia rápido

El control de potencia evita el efecto cerca – lejos que se produce en cualquier enlace de radio en un ambiente móvil. Sin embargo, siendo CDMA un método de acceso en el cual la calidad la fija el nivel de interferencias generadas por otros usuarios que comparten los recursos y la banda de frecuencias asignada, la acción correcta del control de potencia adquiere un carácter crítico.

El control de potencia tiene por objeto, que la calidad de un enlace, especificada mediante una relación E_b/N_o objetivo, sea independiente de las condiciones de propagación de la propia señal útil y de las interferencias. La velocidad con que debe actuar debe ser lo suficientemente alta para contrarrestar los desvanecimientos rápidos asociados básicamente a vehículos en movimiento. La interfaz aire está diseñada para hacer actualizaciones en el valor de la potencia transmitida cada 666 microsegundos o razón de 1500 Hz. Por ello se le denomina control de potencia rápido. Su funcionamiento permite unas prestaciones satisfactorias hasta velocidades del móvil de 7080 Km/h.

Para velocidades superiores el control de potencia deja de ser efectivo, por lo que para mejorar la calidad hay que recurrir a estrategias combinadas de codificación y entrelazado. El mecanismo de funcionamiento del control rápido de potencia pretende convertir un entorno de propagación enormemente fluctuante, típicamente de naturaleza Rayleigh, en otro de carácter Gaussiano, al contrarrestar los desvanecimientos en la señal útil. Debe observarse que el control de potencia rápido se aplica tanto al enlace ascendente como al descendente, pero solo a los canales dedicados en modo circuito y a los canales comunes que habilitan reserva (CPCH)¹ en el modo paquete. La figura muestra esquemáticamente su comportamiento para el enlace ascendente. El valor de Δ especificado como usual es de 0.5 dB y puede ser de 1 dB, lo que permitiría en este caso la corrección de hasta 30 dB durante los 10 ms. de duración de la trama.

Si E_b/N_o es menor que E_b/N_o objetivo; entonces se debe disminuir (aumentar) la potencia de transmisión del móvil en Δ dB

¹ CPCH (Common Packed Channel)

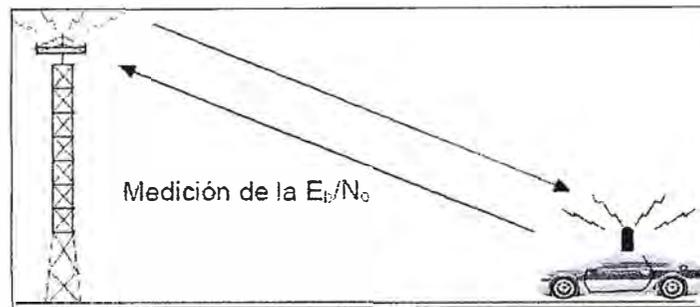


Fig. 1.10 Control de potencia rápido para el enlace ascendente

b) Control de potencia de Bucle Abierto o Lento

Este control de potencia permite, a través de la medida de un piloto o señal en el enlace descendente, estimar el valor medio de la atenuación de propagación y, en consecuencia, utilizar este valor para intentar compensar las fluctuaciones medias en el enlace ascendente. En esencia, el control de potencia medio trata de compensar las variaciones lentas de las pérdidas por propagación.

1.5.10 Diversidad

Los esquemas de diversidad son utilizados con el fin de reducir los efectos del fading (desvanecimiento) y la dispersión, existen diferentes esquemas de diversidad entre los cuales tenemos: diversidad de espacio, frecuencia y tiempo. Tales técnicas pueden ser utilizadas en la estación base y/o en la unidad móvil aunque diferentes dificultades tienen que ser resueltas para cada caso. La finalidad de la diversidad es tener dos o más señales alternas de comunicación que de tal modo que al producirse un desvanecimiento este solo sea afecte a una de ellas, lográndose tener buena comunicación a través de las señales alternas.

a) Diversidad de Espacio:

En este esquema de diversidad el cual es empleado por los sistemas celulares se hace uso de dos antenas receptoras separadas una distancia "D". La separación de las antenas puede ser en el plano horizontal o vertical. La separación verticalmente no es conveniente para sistemas de recepción celular debido a que la diferencia de altura, trae como consecuencia diferencia de cobertura, por lo cual la separación de antenas en el plano horizontal si es empleada.

Para la separación horizontal de antenas se tiene en consideración el factor N igual a la altura h dividido entre la separación de las antenas D. Dicho factor puede ser encontrado empíricamente siendo el más adecuado $N = 11$ para la banda de 850MHz altura h de correlación de recepción entre dos antenas separadas una distancia D. Este coeficiente puede ser obtenido empíricamente para diferentes frecuencias siendo para la frecuencia de

850MHz la distancia de la siguiente relación: $y = 11$, donde $y = h / D = 11$, en el cual h es la altura de la antena y D es la separación horizontal entre ellas, ambas magnitudes se encuentran en pies.

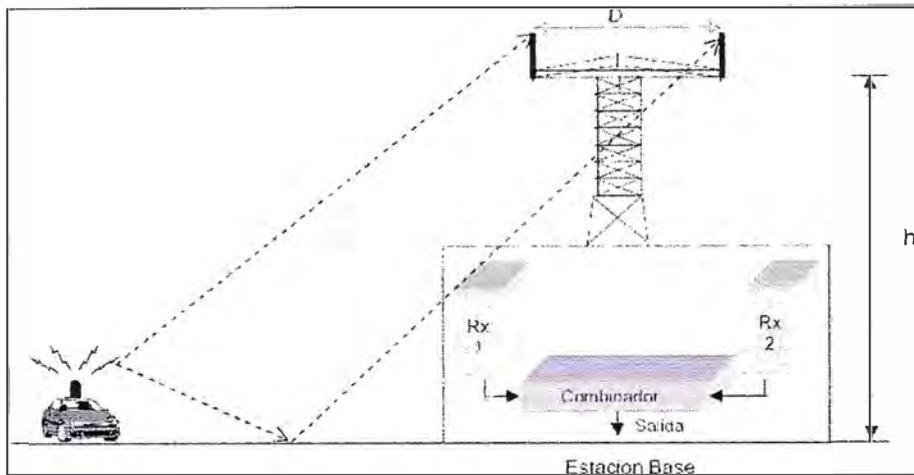


Fig. 1.11 Diversidad de Espacio

b) Diversidad de Frecuencia:

En este esquema de diversidad dos o más trayectorias de comunicación emplean diferentes frecuencias separadas por B (Hz), obteniéndose varias señales de recepción con diferente probabilidad de desvanecimiento debido a la diferencia de frecuencia.

El desvanecimiento selectivo con respecto a la frecuencia se debe al desvanecimiento por dispersión de retardo T . Por ejemplo para el caso ideal en el que T es igual a cero, no existe desvanecimiento, para T diferente de cero existirá desvanecimiento en el rango B_c definido como ancho de banda coherente. En la práctica la separación entre frecuencias B debe ser mayor que el ancho de banda de B_c , donde:

$B_c = 300$ kHz para $T = 0.5$ μ s en áreas suburbanas

$B_c = 50$ kHz para $T = 3$ μ s en áreas urbanas

$B_c = 0.8$ MHz para $T = 0.2$ μ s en áreas abiertas

c) Diversidad de Tiempo

En los sistemas de comunicaciones móviles existen señales de multitrayecto cada una ellas lleva la misma información y arriban al receptor en diferentes tiempos, en consecuencia dichas señales poseen en forma implícita diversidad de tiempo. Sin embargo estas señales en los receptores típicos FDMA, TDMA, se suman pudiendo anularse. En cambio los receptores CDMA tienen la capacidad de independizarlas y procesarlas separadamente, con lo que se reduce el efecto de desvanecimiento.

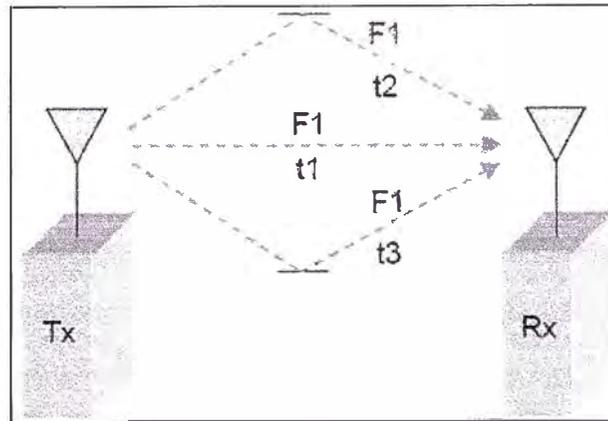


Fig. 1.12 Diversidad de Tiempo

Cuando las técnicas de diversidad no logran superar el desvanecimiento, se produce el desvanecimiento en un intervalo de T_d milisegundos durante el cual se presentan errores en ráfaga que no los pueden corregir los códigos correctores de error. Para ello se implementa una técnica conocida como “interleaving” que consiste en desordenar un bloque de bits en forma pseudoaleatoria antes de ser transmitidos. Dicho bloque de interleaving debe ser mayor que el intervalo de desvanecimiento probable.

1.5.11 Vocoder

El término Vocoder proviene de (voice = voz, encoder = codificador) “Codificador de voz”. Un vocoder codifica el habla y para ello hace uso de algoritmos, los cuales procuran describir el mecanismo de la producción de la voz usando las propiedades estadísticas más relevantes de las señales de voz que sirven como señales de referencia de información.

El modelo de vocoder considera que el sonido proveniente del tracto vocal. Dichos sonidos se clasifican en tres grupos: Sonidos de vocales (a, e, i, o, u); fricciones en el tracto (letras L, M, N,.....); y silencios.

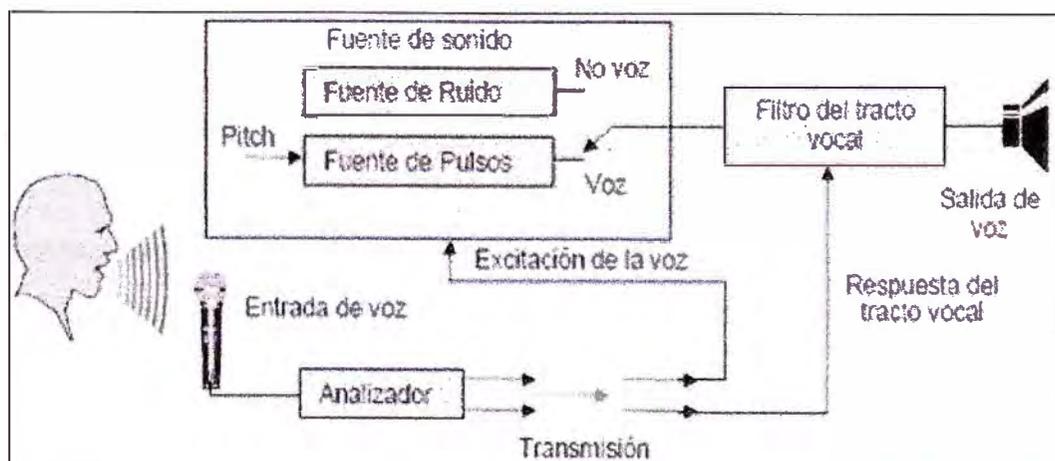


Fig. 1.13 Arquitectura de un Vocoder

En los vocoders la fuente de sonidos de voz se representa por un generador de pulsos periódicos caracterizados por el "Pitch", cuya frecuencia generalmente es inferior a 300 Hz. La generación de silencios o sonidos no calificables de la voz, se representa por una fuente de ruido aleatorio. Ambas fuentes son consideradas como mutuamente excluyentes.

Una de las razones fundamentales de la codificación de fuente es la maximización de la entropía de la información a transmitir eliminando la redundancia existente, ello puede ser evaluado a través de la eficiencia de código.

1.5.12 Métodos de Dúplexación

a) Dúplex por división de frecuencia (FDD)

Requiere la asignación de dos bandas de frecuencia: una para el enlace ascendente y otra para el enlace descendente. Este modo tiene la ventaja de poder transmitir y recibir al mismo tiempo. Además el tamaño de la celda no está limitado por retrasos de propagación como en el modo TDD debido a la ausencia de time slots y períodos de guarda, la cual hace que la sincronización entre la estación base y los móviles sea menos crítica que en el modo TDD. Debido a que la transmisión y recepción se producen al mismo tiempo, las unidades de radio FDD necesita duplexores a fin de separar las señales entrantes y salientes en la antena.

Los duplexores son hechos de filtros los cuales incrementan la complejidad y costo del hardware. Más aún, FDD no utiliza eficientemente el ancho de banda disponible para todos los tipos de servicio. El acceso a Internet requiere más ancho de banda en el enlace descendente que en el enlace ascendente. Por supuesto que ajustando el factor de ensanchamiento es posible usar solo la velocidad de datos requerida, pero es aun imposible cambiar el ancho de banda ascendente por el ancho de banda descendente.

b) Dúplex por división en el tiempo (TDD)

El modo de dúplex por división en el tiempo, puede usar la misma banda de frecuencia para el enlace ascendente y el descendente asignando diferentes time slots a los dos enlaces. El tiempo está dividido en tramas, las cuales están divididas en slots de corta duración.

Cada time slot, puede ser asignado al enlace ascendente o al descendente. En consecuencia, el modo TDD puede asignar más time slots en el enlace que requiera más ancho de banda y ajustarse continuamente, lo cual hace que sea más eficiente en el uso del ancho de banda que el modo FDD. En consecuencia, los terminales en modo TDD no necesitan duplexor, lo cual reduce la complejidad del hardware en comparación a los terminales FDD. Sin

embargo TDD requiere una mejor sincronización entre los usuarios, debido a su naturaleza de división en el tiempo; la estación base no puede transmitir al mismo tiempo que las estaciones móviles. Debido a que el tiempo que le toma a la señal para viajar de la estación base hacia el móvil o viceversa no es insignificante, se debe incluir un periodo de guarda en el protocolo para asegurar que sólo un enlace esté activo al mismo tiempo. Para estaciones móviles muy alejadas de la estación base, el tiempo que demora la señal en viajar puede volverse importante. Esto limita el tamaño de la celda. La interferencia entre símbolos puede también convertirse en un problema si el tamaño de la celda es muy grande.

1.5.13 Introducción a los Sistemas Móviles CDMA

a) Evolución de CDMA hacia 3G

Como podemos observar en la grafica los Sistemas Móviles CDMA presentan la siguiente evolución:

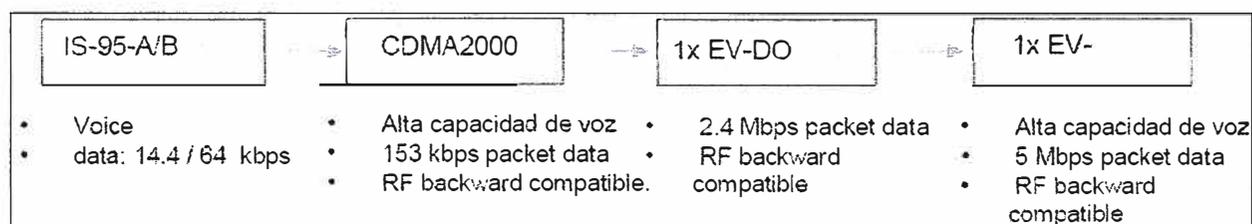


Fig. 1.14 Evolución CDMA

b) CDMA ONE (IS95)

Es el nombre comercial que reciben las aplicaciones de la norma TIA/EIA95. El sistema CDMAONE (IS95) fue el primero que incorporo la técnica CDMA, operando en las bandas de 800 MHz y 1900 MHz tuvo un gran desarrollo en América. La primera versión de la norma que describe la interfaz radio IS95 en la banda de 800 MHz se denomino IS95A y fue elaborada en 1995. La norma ANSI JSTD008 especifica la versión PCS, en 1900 MHz, que difiere de la IS95A básicamente en la banda de frecuencias y en algunas partes del proceso de llamada. Por otra parte, la norma TSB74 especifica el denominado Rate Set 2 para alcanzar velocidades de transmisión de 14.4 kbps.

La norma IS95B une las normas IS95A, ANSIJSTD008 y TSB74 y presenta mejoras frente a la norma IS95A en lo que se refiere al manejo de los SHO (SoftHandovers) pero sobre todo permite la transmisión de paquetes a velocidades relativamente elevadas: 115 kbps uniendo 8 canales de 14.4 kbps.

En IS95 la canalización del sistema es de 1.25 MHz y las implementaciones reales han mostrado que se pueden agrupar tres portadoras CDMA en 5 MHz, teniendo en cuenta las bandas de guarda. La red es síncrona, con una precisión del orden de microsegundos, lo

cual facilita el uso de secuencias de código con la misma longitud y diferentes desplazamientos de fase como secuencias piloto. Sin embargo, se necesita una señal de referencia externa, como GPS, para asegurar el sincronismo de todas las estaciones.

Centro de Conmutación Móvil (MSC): Utilizando la interfaz A, la MSC controla el tráfico interno entre las diferentes (BTS), así como también se encarga del control de llamadas desde y hacia otras redes. Entre las redes externas tenemos: La (RDSI) Red Digital de Servicios Integrados, la (PSTN) Red Telefónica Básica.

Controlador de Estación Base (BSC): El BSC se encarga de controlar el nivel de potencia de las BTS's y las unidades móviles, determinando cuando es necesario el procedimiento de handoff (Cambio de celda y canal). Una BSC se conecta a una MSC a través de la Interfaz A.

Estación Base Transceptora (BTS): La estación base transceptora se encuentra ubicada en cada celda e intercambia mensajes con las unidades móviles que se encuentran dentro de la celda, Las BTS's contienen módulos transreceptores (Tx / Rx), dependiendo del número de módulos se determinara el numero de canales de radio que podrán usarse por celda, diferenciándose los canales de radio entre celdas adyacentes para evitar interferencias.

Registro de Abonados Locales (HLR): Es una base de datos que registra información específica de usuario, así como también la ubicación actual de la unidad móvil, esta información cambia a medida que la unidad móvil se desplaza enviando información de su ubicación a su HLR.

Registro de Ubicación de Visitante (VLR): Es una base de datos asociado a una MSC, que se encarga de registrar la información de todas las Unidades Móviles que ingresan al área del MSC, si la unidad móvil ingresa a una nueva área de MSC, El VLR conectado a ese MSC solicitara información de la Unidad Móvil al HLR, de igual manera se le informara al HLR sobre el área del MSC donde esta ubicada la unidad móvil. Esto permite simplificar el proceso de llamada ya que el VLR tendrá la información necesaria sin tener que acudir al HLR.

La función InternetWorking (IWF): Se usa para proporcionar la conexión entre una red central de circuito conmutado (circuit switched core network) y diferentes tipos de redes de datos (tanto en paquetes como circuitos conmutados).

c) CDMA2000

CDMA2000 es un sistema de banda ancha que perfecciona el estándar móvil digital de segunda generación CDMAONE (IS95CDMA).

Permite al usuario obtener mayores velocidades de transmisión de datos y un uso más eficaz del espectro de radio que las técnicas de radio existentes en la actualidad. Este sistema fue desarrollado por el 3GPP² como una evolución del sistema de banda estrecha (1.25 MHz) IS95 también conocido como CDMAONE, esta compatibilidad es posible gracias a que IS95 emplea la técnica CDMA y por tanto, tiene muchos elementos en común con las técnicas CDMA de Tercera Generación.

CDMA2000 es un estándar móvil de 3G enmarcado dentro de la especificación IMT2000 de la UIT. Las redes CDMA2000 son compatibles con cdmaOne (IS95 CDMA), con lo que las inversiones del operador quedan protegidas y puede encontrar una vía de migración sencilla, rentable y eficaz hacia la 3G. Las redes CDMA2000 mejoran la calidad y la capacidad vocales, proporcionando a la vez servicios de datos multimedia de alta velocidad. El estándar CDMA2000 se divide en dos fases, conocidas generalmente como 1X y 3X. El IMT2000 sólo en la banda de 1,25 MHz del espectro, con una norma avanzada aún en fase de desarrollo conocida como 1xEV, mejorará las posibilidades que ofrecerá el CDMA2000 más allá del 1x. Los operadores CDMA de todo el mundo acaban de establecer los requisitos de este estándar a través del Grupo de desarrollo del CDMA (CDG).

Con el objeto de facilitar la evolución, el sistema CDMA2000 especifica dos soluciones CDMA2000 RTT1X. Este sistema ofrece una compatibilidad con los sistemas cdmaOne, proporcionando el doble de capacidad vocal y velocidades de hasta 144 kbps, emplea una portadora de 1.25 MHz y una tasa de chip de 1.2288 Mchip/s (igual que en IS95).

CDMA2000 RTT3X:

Empleando tres portadoras de 1.25 MHz (3.75 MHz en total). En RTT 3X, en el enlace descendente se demultiplexan los datos de usuario para ser transmitidos por tres portadoras de 1.25 MHz cada una con una tasa de chip por portadora de 1.2288 Mchip/s, mientras que en el sentido ascendente los datos son ensanchados con una tasa de chips de $3 \times 1.2288 = 3.6864$ Mchip/s, y se transmite con una única portadora de ancho de banda $3 \times 1.25 = 3.75$ MHz.

Diferencias del estándar con otros

La capacidad (eficiencia espectral) de CDMA 2000 1X es de 6 a 7 tiempos de la capacidad de GSM y es de 25 a 30 tiempos de la capacidad de PHS. CDMA 1X tiene la mejor eficiencia espectral, permitiendo aprovechar los recursos del espectro.

² 3GPP2 (Third Generation Project Partnership 2)

	GSM	CDMA	PHS
Ancho de banda disponible (MHZ)	5	5	5
Ancho de banda de canal (MHZ)	0.2	1.23	0.3
Numero de TRX	25	3	16
Multiplexación de frecuencia	7	1	
Max. configuración de single BS	9	9	4
Canales de single TRX	8	45	4
Numero de usuarios simultáneos	66	405	15
Support users (0.02Erl) of single	2300	18000	450

Tabla 1.1 Diferencias de CDMA2000 con otros estándares

1.5.14 Características Técnicas de CDMA2000

a) Requerimientos de ancho de banda

CDMA2000 1X ofrece servicios 3G ocupando una cantidad muy pequeña del espectro (1.25 MHz), haciendo así un buen uso del espectro.

CDMA 2000 1X requiere 1.25 MHz de ancho de banda (625 kHz de frecuencia central) cuando las portadoras RF adyacentes son otras portadoras CDMA. Sin embargo, requiere de 1.8 MHz de ancho de banda (900 kHz de frecuencia central) cuando ambas portadoras RF adyacentes son portadoras de banda estrecha GSM o TDMA.

Inicialmente en el estándar de CDMA2000, se especifican dos ratios de propagación:

1.25 MHz ancho de banda full duplex referido como “Spreading Rate 1” (SR1) o 1X.

3.75 MHz ancho de banda full duplex referido como “Spreading Rate 3” (SR3) o 3X.

b) Velocidades de Transmisión

CDMA2000 puede ser desplegado en varias fases. La primera fase, CDMA 2000 1X, soporta un promedio de 153 Kbps, la segunda fase de 1X sería, 1XEVD0 que soporta velocidades por encima de los 2 Mbps y finalmente 1XEVDV que soportara picos mayores, con voz y alta velocidad de datos simultáneas hasta 5 Mbps.

Los canales fundamentales y suplementarios pueden tener diferentes esquemas de codificación y entrelazado. En el enlace descendente los servicios de alta velocidad con diferentes requisitos de calidad de servicio se codifican en canales suplementarios.

En el enlace ascendente pueden transmitirse uno o dos canales suplementarios. La longitud de la trama para datos de usuario es de 20 ms. Para la transmisión de la información de control pueden utilizarse tramas de 5 y 20 ms en el canal fundamental. En dicho canal se usa un código convolucional con una longitud de 9 mientras que en los canales suplementarios se utiliza el código convolucional para velocidades hasta de 14.4 kbps y para velocidades superiores se emplean turbo códigos.

c) Capacidad de Voz

CDMA2000 1X, es la tecnología espectral más eficiente, enviando la mayor cantidad de voz y paquetes de datos. **CDMA 1X soporta 35 canales de tráfico por sector por RF (26 Erlangs/sector/RF) usando vocoder EVRC. La siguiente generación de vocoder es SMV que incrementara la capacidad de voz a 49 canales de tráfico por sector por RF (39 Erlangs/sector/RF).** La mejora de capacidad de voz en el enlace de transmisión contribuye a acelerar el control de potencia y diversidad de transmisión. En el enlace de recepción, la mejora en la capacidad se debe a un enlace de recepción coherente.

d) Potencia Máxima Estación Base

Una manera de superar el problema de la cobertura de la optimización de voz en el diseño, es estableciendo un intercambio entre el ratio de datos y la cobertura.

Cuando una estación móvil no puede alcanzar su pico de potencia antes de que se habilite el handoff a una BTS secundaria, el ratio en el que móvil puede transmitir debe ser reducido para mantener la calidad de conexión del enlace de recepción.

e) Modos de comunicación

CDMA2000 es sincronizado con Universal Coordinated Time (UTC). Los tiempos de enlace de transmisión de todas las estaciones base CDMA2000 en el mundo están sincronizadas en pocos microsegundos.

La sincronización de la estación base puede lograrse a través de varias técnicas, incluyendo sincronización por si misma (Self synchronization), o a través de sistemas basados en satélite como GPS.

Los beneficios de sincronizar todas las estaciones base son:

El tiempo de referencia común mejora la adquisición de canales y procedimientos de handoff ya que no hay ninguna ambigüedad de tiempo cuando se busca y se añade una nueva celda al grupo activo.

Esto permite al sistema operar algunos de los canales comunes en soft handoff, lo cual mejora la eficiencia del canal de operación común.

1.5.15 Arquitectura del Sistema CDMA2000 1X

La ITU define una red de tercera generación como una red que entrega varias capacidades nuevas, mejoramiento en la capacidad del sistema, eficiencia espectral, versus lo que ofrece una red de segunda generación.

Los estándares de sistemas inalámbricos de 3ra generación han tomado ventaja de las mejoras de la tecnología inalámbrica para optimizar el uso del limitado espectro disponible

por las compañías operadoras. Estas mejoras en la capacidad son resultado de un manejo más eficiente de la potencia RF y el reemplazo de conmutación de circuitos por paquetes.

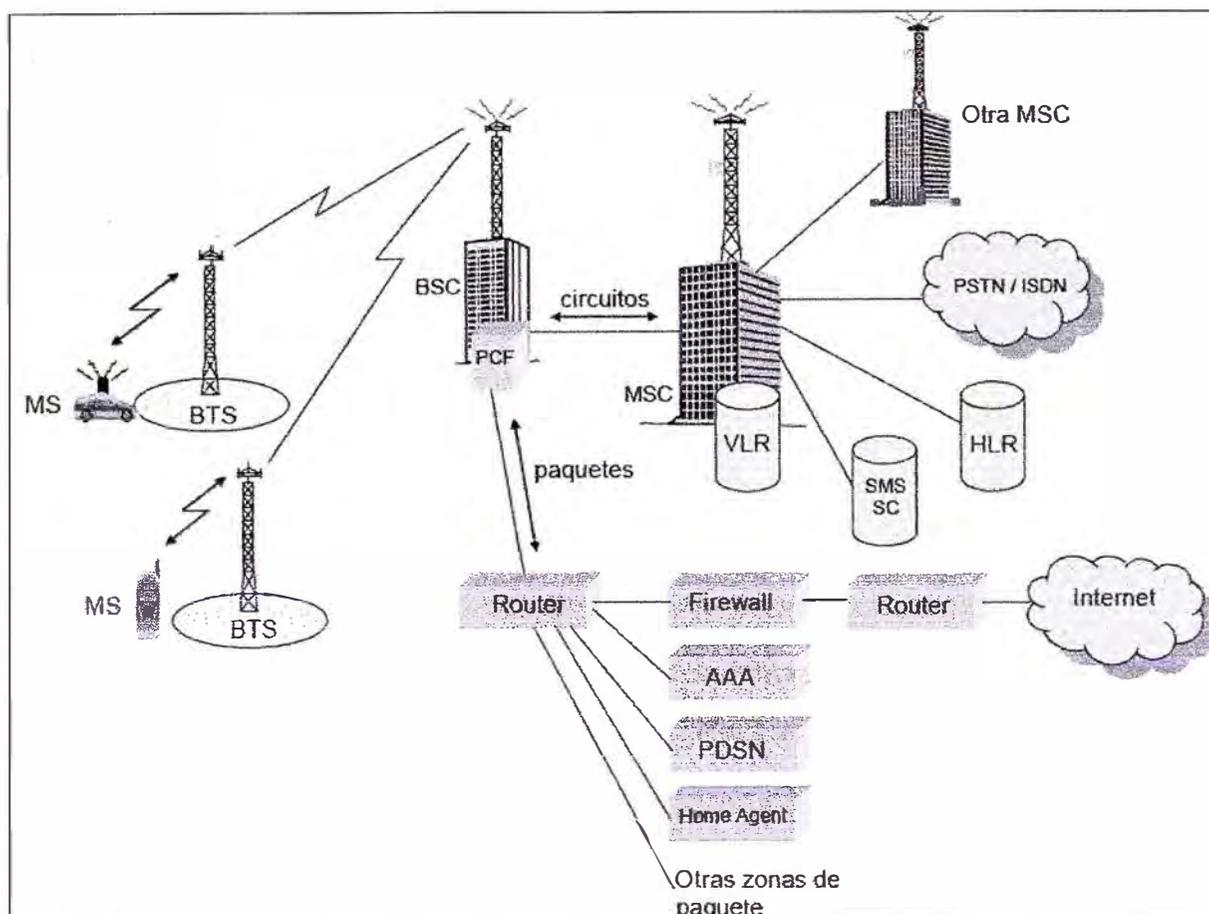


Fig. 1.15 Arquitectura del Sistema CDMA2000

a) PDSN (Packet Data Serving Node)

Es el elemento principal en el tratamiento de servicio de paquete de datos en el sistema CDMA2000 y soporta servicios de datos empaquetados, su capacidad es determinada por la tasa de datos y el número de sesiones PPP que se estén realizando, las funciones que cumple el PDSN son:

Establece, mantiene y termina las sesiones PPP (Point to Point Protocol) con el subscriptor. Soportar servicios de paquetes de IP Simple³ e IP Móviles⁴.

Establecer, mantener y terminar los enlaces lógicos a la Red de Radio a través de la interfase radiopaquete (R-P).

Iniciar la Autenticación, la Autorización y la contabilidad de la estación móvil en el Servidor AAA (Authentication, Authorization and Accounting).

³ IP Simple (En este tipo de servicio un proveedor asigna al móvil una dirección IP dinámica. El usuario puede mantener esta dirección dentro de una zona geográfica determinada)

⁴ IP Móvil (Esta IP, es la red IP local en la que está registrado el usuario la que provee de una dirección estática o dinámica. El usuario puede mantener esta dirección dentro de la red IMT2000 o por otras redes)

Recibir los parámetros de servicio del móvil desde el servidor AAA.

Enrutar los paquetes hacia y desde las redes externas de datos empaquetados.

Recoger los datos útiles correlacionados para el servidor AAA.

El PDSN por lo general tiene una funcionalidad Agente externo (Foreign Agent-F.A.), el cual almacena y usa la información de la ubicación para las móviles asociadas con otros PDSN que se encuentran temporalmente en la zona de paquete PDSN actual.

b) Servidor AAA (Autenticación, Autorización y Contabilidad)

Este elemento cumple las siguientes funciones:

Autenticación: Asociada con conexiones PPP e IP Móviles.

Autorización: Perfil de servicio, distribución y administración de la clave de seguridad.

Contabilidad: Permite contar los paquetes enviados.

Utiliza el protocolo RADIUS 11 (Servicio de Usuario de Acceso Remoto Dialin).

c) HA (Home Agent)

Este elemento cumple la función de seguir la ubicación del subscriptor IP móvil a medida que se mueve de una zona de paquete a otra y también asegura que los paquetes lleguen al móvil.

d) Router

Este elemento cumple la función de encaminar paquetes hacia / desde los varios elementos de la red, así como también enviar y recibir paquetes hacia / desde la red interna con redes externas a la red, para esto es necesario el uso de un Firewall que brinda la seguridad cuando se llevan a cabo aplicaciones Offset data (datos fuera de la red).

e) PFC (Función de Control de Paquete)

Este elemento es responsable de la asignación de recursos de radio para la sesión de paquete de datos.

f) BSC (Controlador de Estación Base)

Este elemento es responsable de controlar todas las BTSs que se encuentran dentro de su área. La BSC enruta los paquetes hacia / desde las BTS al PDSN. Enruta el tráfico TDM a la plataforma de conmutación de circuitos.

g) BTS (Estación Base Transceptora)

La estación base es la encargada de asignar el nivel de potencia y los códigos Walsh a la estación móvil, y consta de transmisor y receptor para transmitir y recibir señales, sirve como interfaz entre la red CDMA2000 y el subscriptor. Controla las múltiples portadoras que operan en una celda. Decide la mejor forma de asignar recursos al usuario. El proceso

de decisión no solo examina el servicio requerido sino también considera la configuración de radio, el tipo de abonado y si el servicio requerido es de voz o de paquetes.

1.5.16 Canales

a) Canales Lógicos

Entre los canales lógicos definidos en CDMA2000 tenemos:

Canal de Señalización dedicado (FLRDSCH): Es un canal lógico punto a punto que transporta tráfico de señalización de las capas superiores utilizando un canal físico dedicado. Se utiliza por un solo terminal.

Canal de Señalización común (FLRCSCH): Es un canal lógico punto a multipunto que transporta señalización de las capas superiores sobre un canal físico común, con acceso compartido entre varios terminales.

Canal de Tráfico dedicado (FLRDTCH): Es un canal lógico punto a punto que contiene voz o datos sobre un canal físico dedicado. Este canal es usado por un solo terminal.

Canal de control común (FLRCMCH CONTROL): Este canal es utilizado para transportar los mensajes de la capa MAC y se comparten por varios terminales.

b) Canales Físicos (Enlace descendente)

Entre los principales canales físicos en el enlace descendente tenemos:

Canales Comunes:

Canales piloto: este canal es utilizado por todos los usuarios adquieren la fase, intensidad de la señal y estimar el medio de propagación. Además del canal piloto básico, pueden existir una serie de canales lógicos adicionales para el manejo de diversidad de antenas.

Canales de sincronización: este canal es utilizado para la sincronización inicial del sistema.

Canales de aviso: el sistema CDMA2000 puede tener varios canales de aviso. La comunicación se realiza a 9600 bps o a 4800 bps.

Canales de control: Se utiliza para transmitir la información de nivel 3 hacia la estación móvil.

Canales de Datos: La información se transmite en una serie de canales de datos que pueden ser fundamentales o suplementarios, debido a la compatibilidad. Existen los siguientes canales:

Canal Fundamental: este canal es utilizado para transmitir información de usuario, cada canal emplea un código diferente (ortogonal). La trama puede ser de 20 ms para datos de usuario y de 5 y 20 ms para la transmisión de información de control.

Canal suplementario: este canal transmite información de usuario y tiene dos modos de funcionamiento. A velocidades de información inferiores a 14.4 kbps se puede transmitir sin indicar la velocidad, este modo es denominado sin scheduling. Y a velocidades mayores es necesario indicar la velocidad a la que se envía la información.

Canal piloto dedicado auxiliar: este canal es transmitido con cada canal de usuario de manera opcional, para el apuntamiento de antenas inteligentes.

Canal de control dedicado: este canal transmite información para controlar la capa física de cada usuario (especialmente el control de potencia).

Cada clase de canal físico tiene especificado un tipo de codificación (empleando normalmente turbo códigos). Los distintos canales se separan por secuencias ortogonales (código Walsh).

c) **Canales Físicos (Enlace ascendente)**

Entre los principales canales físicos en el enlace ascendente tenemos:

Canales Comunes: En el enlace ascendente existe un canal común que controla el acceso de los usuarios al sistema.

Canal de Acceso: este canal controla las peticiones de canal que realizan los usuarios.

Canales de Datos: Entre los canales de datos en el enlace ascendente tenemos:

Canal piloto ascendente: este canal indica el nivel de la señal recibida y es utilizada en el mecanismo de control de potencia.

Canal fundamental: este canal transmite la información del usuario y es similar al canal fundamental del enlace descendente. La trama puede ser de 20 ms o 5 ms según la tasa binaria de información a transmitir.

Canal suplementario: este canal es similar al canal equivalente en el enlace descendente.

Canal de control dedicado: este canal transmite información para controlar la capa física de cada usuario, en especial el control de potencia.

Existen dos alternativas para la modulación en el enlace descendente: DS y MC.

1.5.17 **Ensanchamiento y modulación**

a) **Enlace ascendente**

La modulación en el enlace ascendente, se asigna la rama I o Q a los diferentes canales con lo que la aleatorización (scrambling) compleja se realiza después de equilibrar las potencias en ambas ramas. Por ello, se necesitan características similares en cuanto a la linealidad del amplificador.

Respecto al ensanchamiento en el enlace ascendente, la diferenciación de usuarios se realiza mediante distintos desplazamientos de fase de secuencias – M de longitud 2 41 . La separación entre canales se consigue utilizando secuencias de Walsh con factores de ensanchamiento variables, que son ortogonales entre si. Los canales de acceso tienen un código de aleatorización específico con un periodo de 2 15 chips.

b) Enlace descendente

En el enlace descendente las portadoras pueden funcionar independientemente o el terminal puede demodular todas, consiguiendo diversidad de frecuencia si se transmite la información por todas ellas, tal como se indica anteriormente. Asimismo como cada portadora contiene un canal piloto para estimar las características de la misma, puede transmitirse desde varias antenas simultáneamente, consiguiéndose una mejora adicional.

La expansión se realiza mediante funciones de Walsh con un factor constante de ensanchamiento durante la conexión.

En el enlace descendente se realiza la diferenciación entre células mediante dos secuencias M de longitud 2 1 5, una para el canal I y otra para el canal Q, que están desplazadas en fase para células diferentes.

Así durante el proceso de búsqueda de célula solo se necesitan explorar estas secuencias.

1.5.18 Procedimientos de la capa física

a) Adquisición inicial

Al iniciar la conexión, el móvil busca un canal piloto (FPICH)⁵ que le va a permitir obtener una referencia de fase para los procesos de desmodulación subsiguientes. La secuencia de ensanchamiento del piloto tiene, además, un cierto desfase que le permite al móvil identificar la estación base (entre 512). También es posible averiguar si se transmite o no con diversidad a través de otro canal piloto auxiliar (FTDPICH)⁶.

Cuando se ha sincronizado con el piloto, el terminal móvil busca el canal de sincronización (FSYNC)⁷ que se demodula con la ayuda de la información de fase del piloto. Con este canal, el móvil obtiene información de la estructura de la trama.

Un tercer canal, el de difusión (FBCCH)⁸ le permite conocer los datos de la red y la configuración de la misma.

5 FPICH (Forward Link Pilot Channel)

6 FTDPICH (Forward Link – Auxiliary Transmit Diversity Pilot Channel)

7 FSYNC (Forward Link – Synchronization Channel)

8 FBCCH (Forward Link – Broadcast Channel)

Una vez que el terminal esta sincronizado, puede pasar de modo reposo (Idle). En este caso el móvil esta observando periódicamente los niveles de las estaciones cercanas y efectúa las reselecciones celulares que sean necesarias.

b) Canales ascendentes

Cuando el móvil ha adquirido todos los parámetros, puede proceder a registrarse, para lo que debe ponerse en contacto con la estación base por medio de un canal ascendente. Puesto que la demodulación del canal ascendente es coherente, es preciso enviar un canal piloto ascendente (RPICH)⁹, junto con un canal de control de potencia asociado.

c) Llamadas originadas en el móvil

El sistema CDMA2000 tiene cinco modos de acceso, de los cuales dos se utilizan solo para compatibilidad con el CDMAONE. Los tres modos restantes se denominan: modo básico, de reserva y designado. Cada uno de ellos tiene un modo de acceso diferente.

Modo básico: el móvil envía sobre el canal REACH¹⁰ un preámbulo con un nivel de potencia creciente (hasta conseguir el reconocimiento). En este preámbulo, puede incluirse una información de usuario de pequeño tamaño.

Modo de reserva: En lugar de enviar la información se solicita a la red un canal a través del FCACH¹¹. Esta lo concede, si hay recursos suficientes. En caso contrario, reconoce inmediatamente el mensaje para evitar colisiones. Este proceso así como la asignación de recursos, se realiza sobre el RCCCH¹². El terminal ajusta su potencia de acuerdo con las instrucciones del FCPCCH¹³.

Modo designado: Es una respuesta sobre el RCCCH a una petición rápida del sistema, por ejemplo de congestión.

En cualquiera de los casos, el móvil escucha el FCCCH¹⁴ para recibir el reconocimiento de su petición. Este proceso de escucha puede realizarse en canales FCCCH de otras células, realizándose lo que se denomina un traspaso en modo de acceso.

1.5.19 Canales dedicados

Una vez que la red ha decidido asociar un canal a una comunicación, de acuerdo con los recursos disponibles (en potencia y en transceptores) se procede a asociar un canal FFCH¹⁵ a la misma. Por el canal fundamental se transmite información con usuario de velocidad de

9 RPICH (Reverse Link Pilot Channel)

10 REACH (Reverse Link Enhanced Access Channel)

11 FCACH (Forward Link Common Assignment Channel)

12 RCCCH (Reverse Link – Common Control Channel)

13 FCPCCH (Forward Link – Common Power Control Channel)

14 FCCCH (Forward Link – Common Control Channel)

15 FFCH (Forward Link – Fundamental Channel)

hasta 14.4 kbps. Los canales suplementarios FSCH¹⁶ se asignan en cada trama, según las necesidades de las capas superiores. Al tiempo, un canal FDCCH¹⁷ de control soporta la señalización que pudiera existir en el proceso de la llamada (traspasos por ejemplo) y los canales FCAPICH y FDIAPICH envían los pilotos para estimación del canal de radio y para ayuda a las antenas directivas.

1.5.20 Control de potencia en CDMA2000

El sistema CDMA2000, al contrario del sistema CDMAONE utiliza un control de potencia en bucle cerrado en ambos enlaces. Los escalones utilizados son de 1 dB con una frecuencia de 800 Hz. La información correspondiente, en el caso del canal descendente, se transmite sobre el canal FFCH o FDCCH (dependiendo del servicio) y en el RPICH en el enlace ascendente.

En el enlace ascendente se utiliza también el bucle abierto. Este método actúa como mecanismo de seguridad si fallara el enlace en bucle cerrado.

Finalmente existe el bucle externo de control de potencia que sirve para garantizar que el control de potencia en bucle abierto se ajusta a los diferentes objetivos de QoS.

1.5.21 Selección de la célula

En el modo MC utiliza diferentes versiones desplazadas en el tiempo del código de aleatorización para las distintas estaciones base. Al encender el terminal comienza la búsqueda de la secuencia adecuada, hasta que se detectan más fases del código. Como todas las células están sincronizadas, solo se necesita una secuencia en la red y basta con que los terminales busquen las diferentes fases de dicha secuencia.

La búsqueda dependerá de si se trata de un acceso inicial o de un traspaso. En este caso, el terminal dispone de una lista de células vecinas y solo precisa conocer el grado de desplazamiento del código de ensanchamiento.

1.5.22 Traspaso y SHO

En el canal fundamental, el SHO funciona de la misma manera que en IS95. En IS95 el Active Set es el conjunto de estaciones base que se notifica al móvil. En el canal suplementario, el Active set puede ser un subconjunto del Active set del canal fundamental. Esto tiene dos ventajas:

Cuando no se necesita diversidad contra el desvanecimiento, es preferible transmitir desde menos estaciones base, con lo que se aumenta la capacidad del enlace descendente.

¹⁶ FSCH (Forward Link – Supplemental Channel)

¹⁷ FDCCH (Forward Link – Dedicated Control Channel)

Para la transmisión de paquetes se simplifican los procesos de control si el canal suplementario no realiza SHO.

1.5.23 Arquitectura de la red de datos en modo paquete CDMA2000

El cambio más significativo en la evolución de la red CDMA2000 es la introducción de una nueva arquitectura de red de datos en modo paquete para soportar las velocidades de datos IMT2000. Siempre que sea posible, la arquitectura utilizara los protocolos de Internet definidos por IETF (Internet Engineering Task Force) para reducir la introducción de nuevas especificaciones de protocolos y facilitar la interoperatividad con otras arquitecturas de red.

Esta filosofía ha dado lugar a la adopción de IP Móvil como mecanismo principal para la gestión de la movilidad entre los controladores de las estaciones base, el uso de soluciones AAA (por ejemplo, DIAMETER) como la base para la autenticación y el cálculo del costo de la llamada (accounting), y un marco de seguridad basado en IPSec.

Esta arquitectura proporciona dos servicios de acceso a redes de datos:

Acceso a redes públicas y Acceso a redes privadas

Métodos de acceso

El acceso a una red local es similar al acceso público a Internet. Con independencia de la naturaleza de la red a la que se acceda, la arquitectura define dos métodos de acceso a los servicios:

IP Simple: En este tipo de acceso, el servidor PDSN asigna al usuario una dirección DHCP (IP dinámica) desde un proveedor de servicios. La dirección IP que se asigna al usuario permanece con el mientras sea servido por la misma red de radio que mantiene conectividad con el nodo PDSN que asigno esa dirección IP. No provee terminaciones del móvil y por ello es un servicio basado en origen solamente, es decir un servicio PPP usando DHCP. Si el móvil cambia de área de cobertura del nodo PDSN la conexión IP se pierde y se debe reestablecer una nueva sesión.

IP Móvil: Es una especificación de la tecnología 3G, que me permite integrar los sistemas de telefonía móvil y los sistemas de transmisión de datos. La red IP pública provee el servicio de enrutamiento IP al móvil.

El nodo servidor de paquetes PDSN en la red visitada siempre termina el túnel IP-in-IP. El agente local (HA) entrega el tráfico IP al agente externo (FA) a través de un túnel IP. El agente externo FA realiza el enrutamiento al móvil y asigna la dirección IP usando el protocolo de configuración dinámica del host DHCP.

CAPITULO II

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

2.1 Situación de las Telecomunicaciones Rurales en el Perú

La evidencia sugiere que el uso de los servicios de telecomunicación constituye una vía eficiente en la reducción de costos de transacción, por otro lado proporciona un medio eficiente para hacer llegar servicios sociales tales como la salud y la educación a zonas alejadas en el Perú. También podemos mencionar que las telecomunicaciones son un instrumento de integración y cohesión social. En el caso rural peruano, donde la geografía es sumamente adversa, la difusión de los servicios de telecomunicación resulta ser necesaria con miras a un posible proceso de integración y desarrollo regional.

En nuestro País se creó el Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL) con el objetivo de financiar proyectos de inversión en servicios de telecomunicación en áreas rurales. En base a un listado de centros poblados, FITEL elabora un programa de proyectos a ser financiados en base a criterios de orden económico y de integración regional (FITEL 1999).

Para el año 2009, FITEL planificó gestionar un mínimo de diecisiete (17) proyectos o programas, de los cuales, actualmente, ocho se encuentran en etapa de supervisión, cinco en etapa de promoción y cuatro se encuentran actualmente en etapa de formulación.

En lo que respecta a los 8 proyectos que se encuentran en etapa de supervisión, estos son:

Proyectos Centro Sur, Selva Norte y Sur (FITEL 2 – GTH).

Proyectos Centro Oriente y Norte (FITEL 3 – GTH).

Proyecto Centro Norte (FITEL 3 - RT).

Proyecto Incremento de la penetración de teléfonos públicos comunitarios en el interior del país (FITEL 4 – GTH).

Proyecto Acceso a Internet en capitales de distrito del Perú (FITEL 5).

Programa Implementación del Servicio de Banda Ancha Rural a Nivel Nacional – BAR
Proyectos Centro, Centro Norte y Nor Oriente.

Programa "Implementación de Telecomunicación Rural - Internet Rural".

Proyecto Provisión de Servicios de Datos y Voz en Banda Ancha para Localidades Rurales del Perú – Banda Ancha para Localidades Aisladas.

La etapa de supervisión está referida al período durante el cual FITEL vela por el cumplimiento de las obligaciones contraídas contractualmente por las empresas que reciben el financiamiento otorgado por el FITEL. Dentro de esta etapa, un proyecto o programa puede encontrarse en la etapa de instalación o en la de operación y mantenimiento. En el primer caso, generalmente dura un año en los proyectos financiados por FITEL, en tanto que la segunda, suele ser de cuatro años. En tal sentido, la vigencia de los contratos de financiamiento suele ser de cinco años.

En cuanto a los proyectos que se encuentran actualmente en etapa de promoción, estos son:

Programa Implementación del Servicio de Banda Ancha Rural a Nivel Nacional – BAR
Proyectos Norte, Sur y Centro Sur.

Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Valle del Río Apurímac y el Ene – VRAE.

Servicio de Banda Ancha Rural – San Gabán - Puerto Maldonado.

Servicio de Banda Ancha Rural – Juliaca - San Gabán.

Servicio de Banda Ancha Rural – Buenos Aires - Canchaque.

La etapa de promoción se inicia con el encargo de la realización del concurso público a PROINVERSIÓN y culmina cuando el correspondiente contrato de financiamiento es suscrito.

Finalmente, los proyectos que actualmente se encuentran en etapa de formulación son:

Banda Ancha para Camisea.

Cobertura Universal de Telecomunicaciones en departamentos de la sierra del Perú.

Provisión de Servicios Públicos de Telecomunicaciones en Banda Ancha para localidades rurales del país – BALOR.

Integración en Banda Ancha Rural – IBAR.

La etapa de formulación considera la elaboración de los estudios de preinversión, en sus diferentes niveles, la obtención de la declaratoria de viabilidad hasta que el proyecto es remitido a la Agencia de Promoción de la Inversión Privada – PROINVERSIÓN, entidad encargada de realizar el concurso público y adjudicar el proyecto. Esta etapa también incluye, en los casos que se requiera, la suscripción de convenios con entidades o empresas, necesarios para la implementación de los mismos.

Con la adjudicación de estos proyectos, se estimó que hacia finales del año 2009, fueron atendidas entre 4,083 y 4,295 localidades con telefonía pública, entre 3,465 y 3,756 localidades con acceso a Internet y 599 localidades con telefonía domiciliaria.

Actualmente, FITEL posee los fondos para subsidiar nuevos proyectos y algunos anuncios del actual Gobierno indican que esos proyectos continuarán enfocándose más en brindar acceso a Internet y telefonía pública para zonas rurales.

De estos proyectos, la Secretaría Técnica del FITEL ha previsto que, antes de final de año, se suscribirá contrato de financiamiento con los ganadores de la Buena Pro de los concursos a realizar por la Agencia de Promoción de la Inversión Privada - PROINVERSIÓN para los proyectos Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Valle del Río Apurímac y el Ene – VRAE, Servicio de Banda Ancha Rural – San Gabán – Puerto Maldonado, Servicio de Banda Ancha Rural – Juliaca - San Gabán y Servicio de Banda Ancha Buenos Aires - Canchaque. La adjudicación de estos proyectos permitirá atender en el futuro a 942 localidades con telefonía pública, 282 localidades con acceso a Internet y 115 con telefonía domiciliaria.

Nº	Proyecto / Programa	S	P	F
1	Centro Sur, Selva Norte y Sur (FITEL 2)	x		
2	Centro Oriente y Norte (FITEL 3)	x		
3	Centro Norte (FITEL 3)	x		
4	Incremento de la penetración de teléfonos públicos comunitarios en el interior del país (FITEL 4)	x		
5	Acceso a Internet en capitales de distrito del Perú (FITEL 5)	x		
6	Implementación del Servicio de Banda Ancha Rural a Nivel Nacional – BAR. Proyectos Centro, Centro Norte y Nor Oriente	x		
7	Provisión de Servicios de Datos y Voz en Banda Ancha para Localidades Rurales del Perú – Banda Ancha para Localidades Aisladas (BAS)	x		
8	Implementación de Telecomunicación Rural – Internet Rural	x		
9	Implementación del Servicio de Banda Ancha Rural a Nivel Nacional – BAR. Proyectos Norte, Sur y Centro Sur		x	
10	Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Valle del Río Apurímac y el Ene – VRAE		x	
11	Servicio de Banda Ancha Rural – San Gabán – Puerto Maldonado		x	
12	Servicio de Banda Ancha Rural – Juliaca - San Gabán		x	
13	Buenos Aires – Canchaque		x	
14	Banda Ancha para Camisea			x
15	Cobertura Universal de Telecomunicaciones en departamentos de la sierra del Perú			x
16	Provisión de Servicios Públicos de Telecomunicaciones en Banda Ancha para localidades rurales del país – BALOR			x
17	Integración en Banda Ancha Rural – IBAR			x

Tabla 2.1: Situación de Proyectos y Programas a cargo de FITEL en el año 2009

Fuente: Secretaría Técnica del FITEL

Proyecto / Programa	Cantidad
Etapa de Supervisión	8
Etapa de Promoción	5
Etapa de Formulación	4
TOTAL	17

Tabla 2.2: Resumen de Proyectos y Programas a cargo de FITEC en el año 2009

Fuente: Secretaría Técnica del FITEC

No obstante, considerando todas las localidades comprendidas en los proyectos adjudicados durante el 2008, la cifra de cobertura se incrementa a alrededor de 76% en el caso de telefonía pública, a alrededor de 93% en el caso de acceso a Internet de banda ancha y a 14.9%, en el caso de telefonía domiciliaria. En cuanto a la población beneficiaria de las adjudicaciones, a inicios de 2009, aproximadamente ésta es 7 millones de personas, en tanto que serán unos 4 millones de pobladores adicionales de áreas rurales quienes se beneficiarán con las adjudicaciones a otorgarse durante este año. Es decir, a finales del año 2009, FITEC habría beneficiado unas 11 millones de personas que habitan en áreas rurales del país, lo que representa un incremento de 57% anual.

2.1.1 Proyectos Piloto de la Secretaría Técnica del FITEC

En el año 2008, la Secretaría Técnica del FITEC programó la ejecución del proyecto piloto Implementación de Telefonía Domiciliaria y Locutorios Telefónicos en los Distritos de Huayllay y Santa Ana de Tusi – Pasco.

Las localidades beneficiarias son dos, en las cuales unos 4,700 habitantes son beneficiarios de los servicios de telefonía fija y acceso a Internet.

2.1.2 Proyecciones de localidades atendidas a diciembre 2009

Centro, Centro Norte y Nor Oriente del Programa Implementación del Servicio de Banda Ancha Rural a Nivel Nacional – BAR en el mes de diciembre de 2009.

Considerando que los tres o cuatro primeros meses de la etapa de instalación, contados a partir de la suscripción del correspondiente contrato de financiamiento, están destinados a las actividades de adquisición de equipamiento, desde la realización de orden de compra hasta el internamiento y desaduanaje de equipos, la Secretaría Técnica del FITEC estima que para los Proyectos Sur, Norte y Centro Sur del Programa Implementación del Servicio de Banda Ancha Rural a Nivel Nacional – BAR y Provisión de Servicios de Datos y Voz en Banda Ancha para Localidades Rurales del Perú – Banda Ancha para Localidades Aisladas, las instalaciones serán de 20% de las localidades por cada servicio.

A diciembre de 2009, dadas las fechas estimadas de suscripción de contrato, se realizaría las instalaciones para los proyectos Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el

Valle del Río Apurímac y el Ene – VRAE, Servicio de Banda Ancha Rural – San Gabán – Puerto Maldonado, Servicio de Banda Ancha Rural – Juliaca – San Gabán, Servicio de Banda Ancha Buenos Aires – Canchaque y Banda Ancha para Camisea.

Respecto de las localidades rurales sin servicio, en atención al acuerdo de Directorio a través del cual se recomienda el uso de la base de datos del Ministerio de Educación a fin de definir número y nombre de localidades, el número de estas localidades asciende a:

Para el caso de telefonía pública: 16,835 localidades.

Para el caso de acceso a Internet: 5,987 localidades.

Para el caso de telefonía domiciliaria: 5,779 localidades.

Cabe señalar que la Secretaría Técnica del FIDEL emplea como criterio técnico para la instalación de los servicios de telefonía domiciliaria y acceso a Internet la existencia de energía eléctrica interconectada en la localidad a prestar el servicio.

A través de los proyectos en etapa de promoción cuyas instalaciones se realizaron en el año 2009, FIDEL atendió con servicios alrededor del 50% de las localidades que no contaban con telefonía pública, que se incrementó a más del 75%, una vez que la totalidad de las instalaciones de los proyectos adjudicados durante el año 2009 hayan culminado.

Estimado del 41.3% de las localidades que actualmente no cuentan con acceso a Internet de banda ancha, que aumentará a más del 91%, cuando las instalaciones de los proyectos adjudicados durante el año 2009 hayan culminado.

Aproximado del 4.6% de las localidades que actualmente no cuentan con telefonía domiciliaria, que se incrementará a 14.9%, una vez que la totalidad de las instalaciones de los proyectos adjudicados durante el año 2009 hayan culminado.

Por otro lado, la cantidad de pobladores que habitan en áreas rurales y lugares de preferente interés social que se ha beneficiado con los servicios públicos de telecomunicaciones instalados a través de proyectos y/o programas financiados con recursos del FIDEL asciende a casi 5.7 millones de personas, cifra que se elevaría a finales del presente año a aproximadamente 8.1 millones de personas, gracias a las instalaciones que se realizaron durante el año 2009. El incremento, aprox. 2.4 millones de personas, representa el 42.3% de los pobladores beneficiarios a diciembre de 2008.

2.2 Evaluación socio económico de las localidades beneficiadas en la provincia.

2.2.1 Población

La provincia de Huarochirí se encuentra ubicada en la parte central y oriental del departamento de Lima y su extensión territorial es de 5,657.9 km², que tiene una población

total de casi 73 mil habitantes según el último censo realizado por el INEI. Del total de la población, tenemos a continuación la población de las localidades que incluyen el diseño del proyecto, en el cual el 51% son varones y 49% mujeres.

N°	DISTRITO	POBLACIÓN			TOTAL	URBANA		TOTAL	RURAL	
		TOTAL	H	M		H	M		H	M
1	CALLAHUANCA	2405	1224	1181	1944	987	957	461	237	224
2	CARAMPOMA	1161	591	570	1101	556	545	60	35	25
3	SAN JOSE DE LOS CHORRILLOS	392	213	179	90	49	41	302	164	138
4	HUACHUPAMPA	1566	780	786	1470	732	738	96	48	48
5	HUANZA	1856	939	917	1459	745	714	397	194	203
6	LAHUAYTAMBO	837	440	397	383	203	180	454	237	217
7	LANGA	1056	535	521	548	277	271	508	258	250
8	LARAOS	1234	611	623	1208	595	613	26	16	10
9	RICARDO PALMA	5769	2887	2882	4920	2455	2465	849	432	417
10	SAN ANDRES DE TUPICOCHA	1423	713	710	705	362	343	718	351	367
11	SAN DAMIAN	1489	752	737	1146	584	562	343	168	175
12	SAN JUAN DE IRIS	1010	535	475	998	527	471	12	8	4
13	SAN JUAN DE LANCA	1833	942	891	114	55	59	1719	887	832
14	SAN PEDRO DE CASTA	1195	620	575	1005	512	493	190	108	82
15	SANTA EULALIA	10591	5309	5282	9553	4771	4782	1038	538	500
16	SANTIAGO DE TUNA	666	351	315	533	278	255	133	73	60
TOTAL		34483	17442	17041	27177	13688	13489	7306	3754	3552

Tabla 2.3: Población de localidades beneficiadas

Fuente: INEI

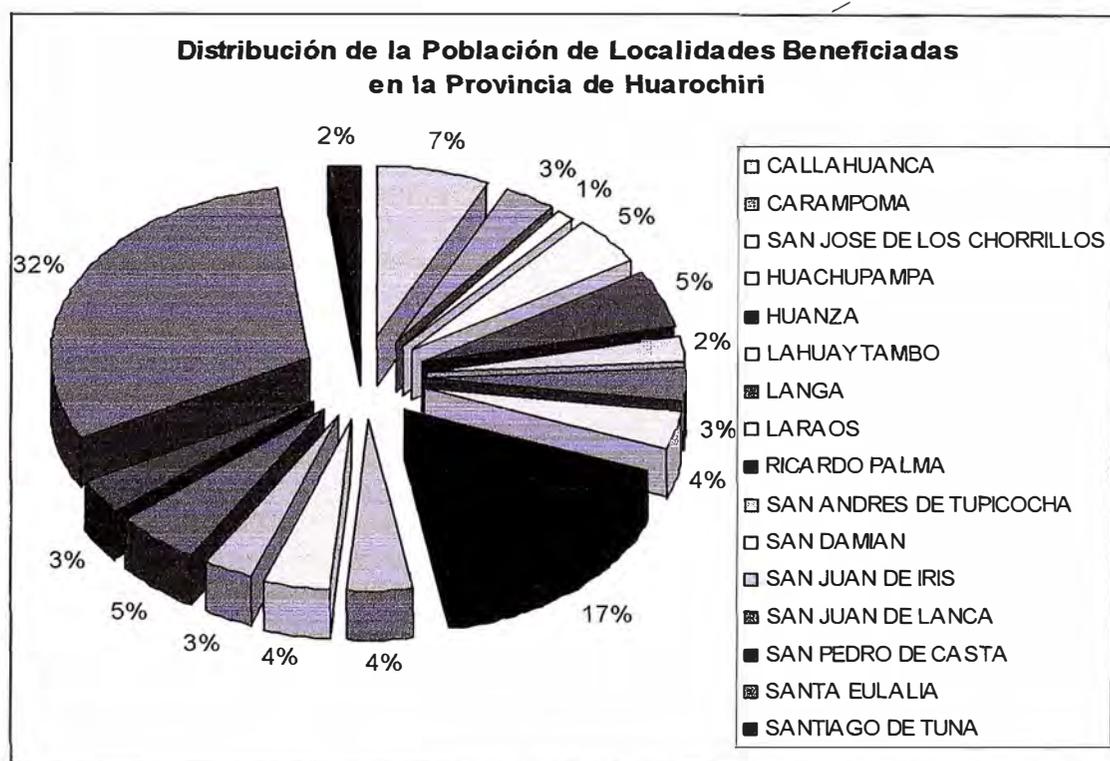


Fig. 2.1 Distribución de la Población Beneficiadas

Sin embargo, de acuerdo a la definición de área rural del Reglamento de FITEL¹⁸, los datos mostrados en la tabla N° 2.3 nos muestran una población rural de 58%, debido a que 14 capitales urbanas, pasarían a ser rurales bajo el criterio de FITEL.

El resumen de las principales características demográficas se señala a continuación:

Población total	34483	habitantes
Población urbana	14473	habitantes
Población rural	20010	habitantes
Población urbana (FITEL)	42%	
Población rural (FITEL)	58%	
Población de 15 años a más	71.8%	
Población menor de 15 años	28.2%	
Densidad poblacional	12.87	hab./km ²

Tabla 2.4: Principales características demográficas de Huarochirí

2.2.2 Principales características económicas

Según los datos de la Tabla N° 2.5, la provincia de Huarochirí cuenta con una superficie agrícola de algo más de 15 mil hectáreas. Los principales sembríos eran la papa y el maíz; en la producción pecuaria destacaba la producción de un stock de 25 mil cabezas de ganado vacuno, 61 mil cabezas de ganado ovino y en menor escala, 9 mil cabezas de ganado auquénido.

N°	Distritos	Altura (msnm)	Unidades Agropecuarias	Superficie Agrícola (ha)	Cabezas Ganado Vacuno	Cabezas Ganado Ovino	Cabezas Ganado Auquénido
1	Callahuanca	1,761	184	186	146	140	-
2	Carampoma	3,408	171	71	863	2,389	196
3	San José de los Chorrillos	2,780	134	214	206	89	-
4	Huachupampa	2,920	138	108	652	1,083	-
5	Huanza	3,408	167	208	1,034	6,044	1,421
6	Lahuaytambo	3,338	331	94	446	1,245	-
7	Langa	2,856	346	395	595	1,107	-
8	Ricardo Palma	966	111	96	26	55	51
9	San Andrés de Tupicocha	3,606	419	1,997	667	1,009	2
10	San Damián	3,235	573	734	1,770	4,100	10
11	San Juan de Iris	3,400	111	172	977	428	85
12	San Juan de Lanca	2,000	592	834	475	952	2
13	San Pedro de Casta	3,180	314	194	645	195	-
14	Laraos	3,660	131	131	944	3,407	761
15	Santa Eulalia	1,036	477	538	188	205	20
16	Santiago de Tuna	2,902	371	304	54	164	-
TOTALES			4,570	6,276	9,688	22,612	2,548

Tabla 2.5: Principal Características Económicas

Fuente: Ministerio de Agricultura

18 a) No formen parte de las áreas urbanas según el INEI.

b) Capitales de distrito y centros poblados menores que cuentan con 3000 habitantes o menos, según el último censo poblacional vigente del INEI o su proyección oficial, de ser ésta más reciente.

c) Tengan una teledensidad menor a dos (2) líneas del servicio de telefonía de abonado por cada (100) habitantes.

d) Capitales de provincia o distrito que no cuenten con algún servicio público de telecomunicaciones esencial. El conjunto de áreas rurales no contendrá más del diez por ciento (10%) del total de líneas fijas instaladas en el país

Sin embargo, en los últimos años, la actividad agrícola ha registrado una transformación alrededor de la actividad frutícola que se ha desarrollado utilizando las características climáticas de los pisos ecológicos de la provincia, habilitando una producción continua a lo largo del año, convirtiéndose en los últimos años en la fuente de producción, empleo e ingresos más importantes de la zona, debido a los mejores precios que tienen las frutas y al crecimiento de su demanda.

El principal producto de esta actividad es el Chirimoyo, desafortunadamente la inexistencia de un censo agropecuario actualizado impide saber con precisión la importancia de su cultivo y producción. Sin embargo se estima que en la provincia deben existir algo más de 1,500 hectáreas dedicadas a su cultivo, que producen más de 12 mil toneladas por año, aproximadamente el 36% de la producción nacional de chirimoya.

Por otro lado, lo perecedero de la fruta, la velocidad de cambio en los mercados y la necesidad de los pequeños agricultores de agruparse para disponer de producción acorde con el tamaño de los pedidos que solicita el mercado, hacen que la actividad sea intensiva en información, lo que generan una gran demanda potencial de servicios de telecomunicaciones, convirtiéndose en parte sustantiva del origen del PROYECTO.

Los productores de la zona también cultivan otros frutales como la manzana, durazno, palta y plátanos, entre otros, que completan la canasta de especialización frutícola de la provincia. Aunque estos productos son menos intensivos en información, comparten las mismas características de la oferta y la demanda y por tanto, contribuyen a justificar el financiamiento y ejecución del PROYECTO.

Por último, la provincia de Huarochirí destaca en la producción de flores, ya que cuenta con unos 60 centros de producción con un área de sembrío de aproximadamente 300 Ha¹⁹. Estos productos son altamente demandados en la ciudad de Lima y al igual que la chirimoya, utilizan intensivamente información para conseguir resultados adecuados para los agricultores de la provincia.

En conjunto, un gran porcentaje de la producción de la provincia de Huarochirí tiene su mercado en Lima Metropolitana; sin embargo, los productores tienen limitaciones en el conocimiento del mercado, los precios de venta y requieren comercializar volúmenes importantes de productos a través de organizaciones de productores individuales. Todos estos hechos determinan una gran movilidad de la población a Lima y gastos importantes

¹⁹ Fuente de todos los datos: Ministerio de Agricultura

de transporte. En ese sentido, los ahorros de tiempo, transporte y eficiencia en la comercialización de los productos de la provincia, justifican la ejecución del PROYECTO. Los servicios de telecomunicaciones a implementar mediante el PROYECTO beneficiaría a toda la población de la provincia: pobladores dedicados al agro, a la ganadería, a la minería, a la fruticultura y al cultivo de flores, etc. Asimismo, beneficiará a los profesionales de las diferentes especialidades, los estudiantes de la provincia y la población en general. Todos ellos, al contar con las herramientas de comunicaciones como son la telefonía y el acceso a Internet, ganarán competitividad sea cual sea la actividad que desempeñen, ya que tendrán disponible la información pertinente para su aplicación, el conocimiento del mercado, la tecnología agropecuaria, diferentes modalidades de educación, turismo, etc. Todo esto redundará finalmente en la mejora de sus ingresos y su bienestar.

2.2.3 Características de la demanda de servicios:

Los siguientes gráficos fueron elaborados en el sondeo de demanda realizado por en los distritos, anexos y centros poblados beneficiados de la provincia de Huarochirí.

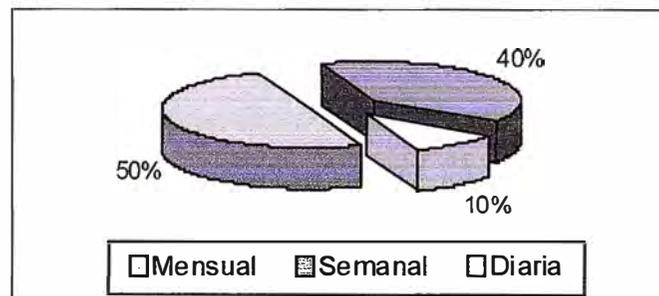


Fig. 2.2: Frecuencia de llamadas

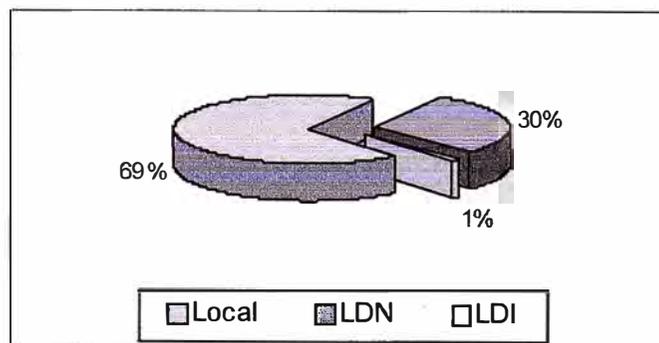


Fig. 2.3: Destino de llamadas

Observando el desarrollo de cada localidad, se ha estimado la demanda por los diferentes servicios de telefonía y del acceso a Internet. Para ello se ha considerado: el grado de educación del informante principal y su situación laboral, el tipo de viviendas (material de construcción) y la propiedad de las mismas, la tenencia de computadoras, entre otros.

Respecto al grado de educación de los informantes principales, se puede ver en la figura N° 2.4 que una gran mayoría (poco más del 58%) solo alcanzaron el nivel de educación primaria, mientras que menos del 10% cuenta con estudios superiores.

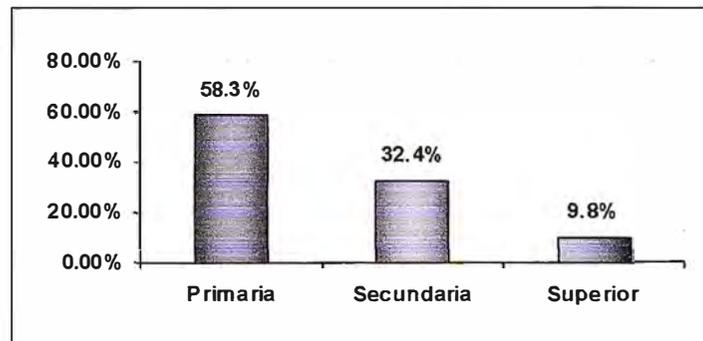


Fig. 2.4: Nivel de educación alcanzado por el informante principal

La situación laboral de estas personas se muestra en la figura N° 2.5. En él se puede observar que poco más del 57% de los entrevistados tiene una actividad independiente. En promedio, del total se determinó que los ingresos familiares son de aproximadamente S/. 720.00 mensuales, trabajando, también en promedio, dos personas por hogar.

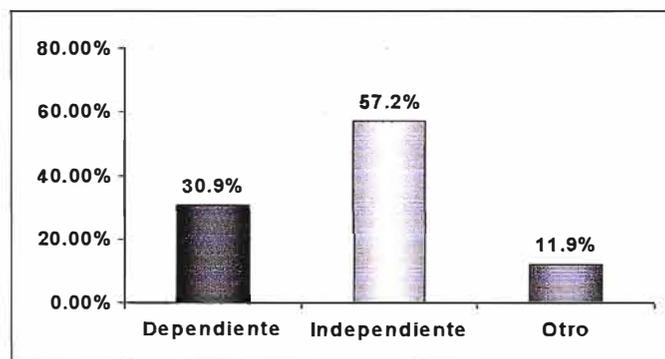


Fig. 2.5: Situación laboral del informante principal

Respecto a las viviendas, como puede observarse en la figura N° 2.6, la mayoría de la población entrevistada tiene la propiedad de la casa donde habita. Las personas que viven en casa alquilada manifestaron pagar por alquiler, en promedio, S/. 60.00 (los alquileres promedio más altos se registran en Matucana y Santa Eulalia, donde pueden llegar hasta los S/. 150.00).

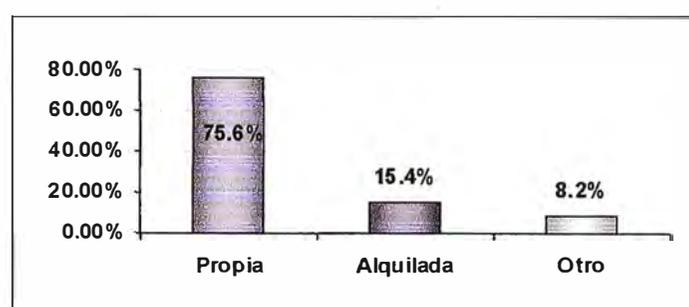


Fig. 2.6: Propiedad de la vivienda

En la figura N° 2.7, se puede ver que un buen porcentaje de las personas entrevistadas (casi el 90% de ellas) cuenta con el servicio de energía eléctrica en sus domicilios. Sin embargo, esto no se da en la totalidad de los distritos de la provincia de Huarochirí. Las empresas que prestan este servicio son Luz del Sur y/o ADINELSA, siendo el pago mensual promedio que los pobladores realizan por el uso de la energía eléctrica de S/. 20.00.

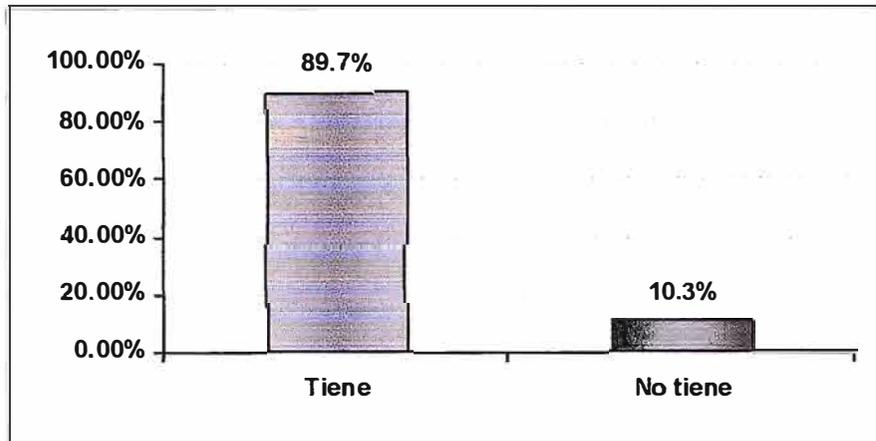


Fig. 2.7: Energía eléctrica en viviendas

Otros aspectos que se observaron en las entrevistas realizadas, fueron las posesiones con las que cuentan los pobladores así como los gastos corrientes que realizan, ya que estos son indicativos de la capacidad de gastos y aparentes signos de riqueza, más de la mitad de los entrevistados posee televisor (a color o blanco y negro) y/o refrigeradora, y como muestra la figura N° 2.8, uno de los gastos más importantes de las familias son las comunicaciones. Por otro lado, bajo el supuesto que los hogares que desarrollan algún tipo de actividad económica, son los que más se inclinarán por contar con las facilidades de los servicios de telecomunicaciones, se realizó un conteo de estos negocios y pequeñas industrias. Ambos resultados se muestran en la figura N° 2.8:

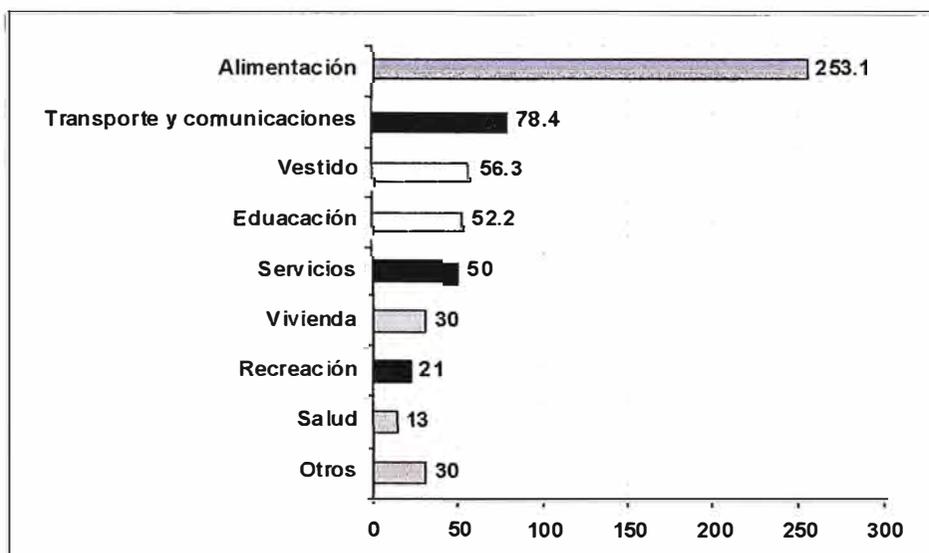


Fig. 2.8: Gastos mensuales en Nuevos Soles

También se tuvo en cuenta, a nivel de las capitales de distrito, la presencia de entidades públicas y privadas, ya que se considera que los trabajadores de estas entidades se constituirán en los primeros demandantes de los servicios a implementar.

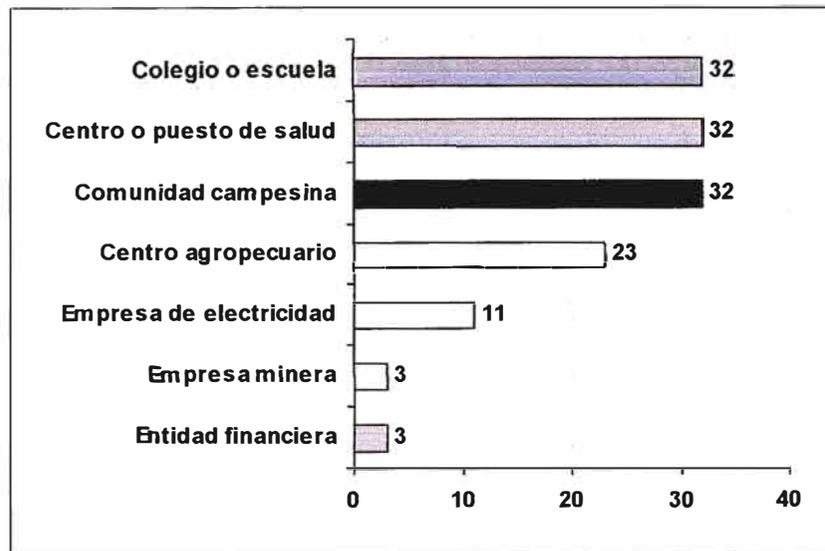


Fig. 2.9 Entidades públicas y privadas

2.3 Determinación de los lugares a cubrir y servicios a brindar con el proyecto.

2.3.1 Demanda de telefonía fija en la modalidad de abonados

En la tabla N° 2.6 se muestra el estimado del número de líneas que conformaría la demanda potencial por el servicio de telefonía fija en la modalidad de abonados. Para su determinación se ha seguido la siguiente metodología:

Distrito	Autoridad local	Consejo distrital	Centro educativo	Centro de salud	Comunidad	Centro agropecuario	Central hidroeléctrica	Centro minero	Organismo local	Sub Total (1)	Población (2)	Total (1+2)
Callahuanca	3	1	1	1	1	-	2	-	-	9	9	18
Carampoma	3	1	-	-	1	-	-	3	-	8	5	13
San José de los Chorrillos	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3	5	8
Huachupampa	3	1	-	-	1	-	2	-	-	7	5	12
Huanza	3	1	-	-	1	-	-	3	-	8	10	18
Lahuaytambo	3	1	-	1	1	-	-	-	-	6	13	19
Langa	3	1	-	-	1	-	-	-	-	5	17	22
Laraos	3	1	-	-	1	-	-	-	-	5	4	9
Ricardo Palma	3	1	2	1	1	1	-	-	1	10	55	65
San Andrés de Tupicocha	3	1	-	-	1	-	-	-	-	5	19	24
San Damián	3	1	-	-	1	-	-	-	-	5	24	29
San Juan de Iris	3	1	-	-	1	-	2	-	-	7	4	11
San Juan de Lanca	3	1	-	-	1	-	-	-	-	5	25	30
San Pedro de Casta	3	1	1	1	1	1	-	-	-	8	14	22
Santa Eulalia	3	1	2	2	1	1	-	-	1	11	81	92
Santiago de Tuna	3	1	-	1	1	-	-	-	-	6	6	12
Totales	47	16	6	7	15	3	6	6	2	108	296	404

Tabla 2.6: Demanda potencial por telefonía fija de abonados

En síntesis, al inicio de operaciones del PROYECTO la demanda total de líneas de telefonía fija de abonados sería de 404, distribuidos a lo largo de las localidades beneficiadas de la provincia de acuerdo a su importancia demográfica, económica y su desarrollo institucional.

2.3.2 Demanda de telefonía fija en la modalidad de teléfonos públicos

Por lo general, en las capitales distritales y en la mayoría de anexos y centros poblados menores existen mercados, áreas comerciales, organizaciones y/o entidades que son regularmente concurridos por los pobladores de cada localidad.

Por tanto, su existencia fue incluida como un criterio de selección de aquellas localidades en las que se instalarán los teléfonos públicos, prefiriéndose los sitios donde la demanda se muestra con mayores niveles de concentración, vale decir los:

- Mercados y centros comerciales.
- Centros o Puestos de Salud.
- Comisarias.
- Plaza de Armas o plaza principal.
- Locales de las comunidades campesinas

El Cuadro N° 14 muestra las localidades en las que se ha detectado una potencial demanda de servicios de telefonía pública, así como el número de teléfonos por localidad (indicados entre paréntesis cuando se trate de más de un teléfono público por pueblo):

Distritos	Localidades	Total Telf. Públicos
Callahuanca	Callahuanca (2), Barbiblanca.	3
Carampoma	Carampoma, Millo.	2
San José de los Chorrillos	San José de los Chorrillos, San Martín de Orcocoto, Lancha.	3
Huachupampa	Huachupampa, Vicas.	2
Huanza	Huanza, Collque, Acobamba, Cunyac.	4
Lahuaytambo	Lahuaytambo, Santa Ana, Cruz de Laya, Canlle, Shicaca, Pedrera, Huatiacava.	7
Langa	Langa, Escomarca, Matarache.	3
Laraos	Laraos.	1
Ricardo Palma	Ricardo Palma (4), Susana Parodi, Nuevo Cupiche, Cupiche.	7
San Damián	San Damián, Sunicancha, Santa Rosa.	3
San Juan de Iris	San Juan de Iris.	1
San Juan de Lanca	San Juan de Lanca, Cumbe, Taricara, Santa Cruz de Ucros, Salpin, Canchacalla, San Mateo de Otao, Caypuma.	8
San Pedro de Casta	San Pedro de Casta (2), San Antonio de Cumpe, Huinco, Mayhuay.	5
Santa Eulalia	Santa Eulalia (3), San José de Palle, Palle Nuevo, San Jerónimo de Punán, Parca, Bellavista, Huayoringa Alta, Huayoringa Baja.	10
Santiago de Tuna	Santiago de Tuna, Hualapunco.	2
Tupicocha	Tupicocha, Cullpe, San Juan de Pacota, San Pedro de Llanca, Champuana.	5
Totales		66

Tabla 2.7: Demanda potencial de teléfonos públicos

A la fecha, y tal como se indicó en el diagnóstico de la oferta, existen teléfonos públicos en todas las capitales de distrito, pero con los inconvenientes ya indicados²⁰. El PROYECTO propone atender la demanda de telefonía pública de la población, de manera que los usuarios que no tienen suficientes recursos para contar con una línea telefónica tengan la opción de conseguir comunicaciones pagando los servicios llamada por llamada.

2.3.3 Demanda de acceso a Internet

Acceso particular

Para la determinación de la demanda del acceso a Internet de uso particular, se ha tomado en cuenta a las personas y entidades que a la fecha del sondeo de demanda contaban con computadoras o planificaban la adquisición de una, ya que en este caso es necesario que los usuarios cuenten con dichos equipos antes de contratar el servicio.

Se ha considerado como usuarios particulares a los siguientes:

Residencial: personas naturales que cuentan con computadoras en sus domicilios (comprendidos principalmente por funcionarios de entidades, maestros, profesionales y comerciantes).

Comercial: comprendido por entidades públicas y privadas, e instituciones en general y afines.

Especial: comprendido prioritariamente por los colegios, a quienes se les otorgará el servicio a costos preferenciales.

Cabinas Públicas

Para la demanda de cabinas públicas (o Telecentros) se ha tenido en cuenta a los futuros usuarios, los cuales en una primera etapa lo conformarán la población escolar y los diversos profesionales de cada localidad, y posteriormente, dadas las acciones de difusión y sensibilización a desarrollarse, se espera vayan sumándose a este primer grupo los pobladores en general, de la zona y de los alrededores.

Se ha considerado instalar una cabina pública²¹ en cada una de las capitales de distrito de la provincia, en las cuales además del acceso a Internet se contará con el servicio de telefonía pública, así como con orientación y apoyo técnico para el uso óptimo de Internet.

En resumen, la demanda de cabinas alcanzaría a 99, distribuidas de acuerdo a las categorías arriba señaladas.

²⁰ Por ejemplo, existe un teléfono público en el distrito de Tupicocha y los pobladores de las localidades periféricas de Santa Rosa, Cosme, Cullpe, Pacota, Chinchaygoza, Charahuayqui tienen que viajar entre 4km a 10km para efectuar sus llamadas telefónicas, y muchas veces se dan con la sorpresa que el encargado del teléfono no se encuentra, o que se agotaron las tarjetas de pago, etc., ocasionando el malestar de estas personas. Con la red de telecomunicaciones que propone implementar el PROYECTO la mayor cantidad de localidades accederá a un teléfono público con una atención de 24 horas al día.

²¹ En Ricardo Palma y Santa Eulalia se consideró la instalación de más de una cabina de Internet, dado que son las localidades más grandes y que agrupan a mayor cantidad de usuarios potenciales (educandos, profesionales, etc.).

Localidades	Residencial	Comercial	Especial	Cabina Pública	Total
Callahuanca	2	1	2	1	6
Carampoma	1	1	2	1	5
Huachupampa	1	1	2	1	5
Huanza	1	1	2	1	5
Lahuaytambo	-	1	2	1	4
Langa	1	1	2	1	5
Laraos	-	1	2	1	4
Ricardo Palma	3	4	4	2	13
San Damián	1	2	2	1	6
San Juan de Iris	-	1	2	1	4
San José de los Chorrillos	-	1	2	1	4
San Mateo de Otao	1	1	2	1	5
San Pedro de Casta	2	1	2	1	6
Santa Eulalia	5	6	4	3	18
Santiago de Tuna	-	1	2	1	4
Tupicocha	1	1	2	1	5
Totales	19	25	36	19	99

Tabla 2.8: Demanda potencial de acceso a Internet

A manera de resumen, la tabla N° 2.9 muestra la demanda estimada para todos los servicios descritos en los párrafos anteriores, vale decir para la telefonía fija de abonados y pública y para el acceso a Internet.

Servicio	Numero de abonados
Telefonía fija	
- De abonados	404
- Teléfonos públicos	66
Acceso a Internet	99

Tabla 2.9: Demanda potencial consolidada

Tomando como base esta información y los datos de población, se ha estimado que la densidad telefónica²² a alcanzar por el PROYECTO en el primer año de funcionamiento será de 1.17 en total.

Población de la provincia proyectada	Fijas	Teledensidad
	Fijas de abonado	Fijas de abonado
34483	404	1.17

Tabla 2.10: Densidad telefónica del PROYECTO alcanzada en el primer año

²² Líneas en servicio por cada 100 habitantes. Cabe señalar que la densidad telefónica a nivel nacional (móvil mas fija de abonados) es de 22% al 2004. Fuente: OSIPTEL.

En la siguiente tabla N° 2.11 se muestra la proyección que tendría la demanda de los servicios provistos por el PROYECTO, configurados como el número de abonados en cada uno de los servicios indicados.

Año	Población proyectada	Líneas telefónicas	Teledensidad Total
	1/	Fijas de abonado 2/	Fijas de abonado
2008	35000	416	1.19
2009	35525	429	1.21
2010	36058	441	1.22
2011	36599	455	1.24
2012	37148	468	1.26
2013	37705	482	1.28
2014	38271	497	1.30
2015	38845	512	1.32

Tabla 2.11: Teledensidad proyectada

1/ Usando una tasa de crecimiento de 1.5% anual

2/ A una tasa de crecimiento de 3%

Para el caso del servicio de telefonía pública, se prevé que la demanda será cubierta con la instalación de los 66 teléfonos públicos en el primer año del PROYECTO. Para el caso del acceso a Internet, solo se considerará la instalación de un acceso adicional por año, el cual se estima estaría destinado a la instalación de una nueva cabina de Internet.

Servicios potencialmente demandados totales

Finalmente, en la siguiente tabla N° 2.12 se muestra la demanda potencial total consolidada que se espera alcanzar con el PROYECTO al finalizar el horizonte de evaluación del mismo.

Servicio	Número de abonados
Telefonía fija	
- De abonados	527
- Teléfonos públicos	75
Acceso a Internet	108

Tabla 2.12: Demanda potencial total consolidada

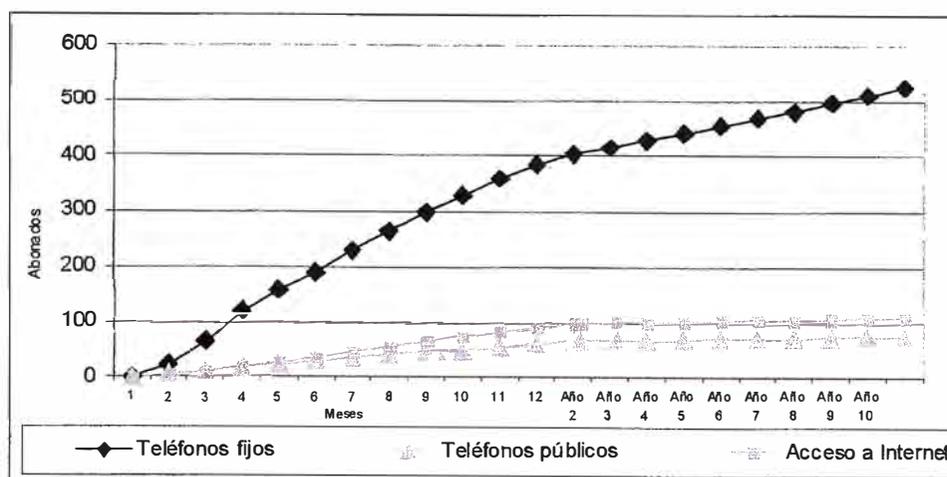


Fig. 2.10: Crecimiento del número de abonados durante el horizonte del PROYECTO

2.4 Estudio del Tráfico:

Luego del estudio de mercado, se procedió a determinar el tráfico de abonados e Internet, para lo cual se consideró la población demandante real y se consideró una probabilidad de bloqueo de 2%, el cual me permitió determinar el número de canales necesarios por celda:

$$\text{Tráfico de abonado} = \frac{\text{Tiempo Promedio}}{3600} \times N \quad (2.1)$$

N = Numero de veces en que el abonado realiza los intentos de llamada (Típico $N=1$)

Considerando que se usa en promedio un tráfico de 180 seg. (3 min.)

$$\text{Tráfico por abonado} = \frac{180}{3600} \times 1 = 0.05 \text{ Erlangs}$$

Para obtener el valor final del Tráfico Total se obtendrá de acuerdo:

$$\text{Tráfico Total} = T_{\text{abonado}} \times N_{\text{Loc}} \quad (2.2)$$

N_{Loc} : Numero de pobladores demandantes del servicio

Por lo que considerando el Tráfico de abonado es igual a 0.05 Erlangs y las cantidades demandadas en las 16 capitales de los distritos beneficiadas de la provincia de Huarochirí, tenemos el siguiente recuadro el cual indica los valores por cada localidad:

N°	DISTRITO	TRÁFICO PROMEDIO (Seg.)	NÚMERO DE INTENTOS POR LLAMADA	TRÁFICO POR ABONADO (Er/Abdo.)	DEMANDA REAL DE ABONADOS	TRÁFICO TOTAL POR LOCALIDAD	DEMANDA REAL DE TUPS	TRÁFICO TOTAL POR LOCALIDAD
1	CALLAHUANCA	180	1	0.05	18	0.90	3	0.15
2	CARAMPOMA	180	1	0.05	13	0.65	2	0.10
3	SAN JOSE DE LOS CHORRILLOS	180	1	0.05	8	0.40	3	0.15
4	HUACHUPAMPA	180	1	0.05	12	0.60	2	0.10
5	HUANZA	180	1	0.05	18	0.90	4	0.20
6	LAHUAYTAMBO	180	1	0.05	19	0.95	7	0.35
7	LANGA	180	1	0.05	22	1.10	3	0.15
8	LARAOS	180	1	0.05	9	0.45	1	0.05
9	RICARDO PALMA	180	1	0.05	65	3.25	7	0.35
10	SAN ANDRES DE TUPICOCHA	180	1	0.05	24	1.20	5	0.25
11	SAN DAMIAN	180	1	0.05	29	1.45	3	0.15
12	SAN JUAN DE IRIS	180	1	0.05	11	0.55	1	0.05
13	SAN JUAN DE LANCA	180	1	0.05	30	1.50	8	0.40
14	SAN PEDRO DE CASTA	180	1	0.05	22	1.10	5	0.25
15	SANTA EULALIA	180	1	0.05	92	4.60	10	0.50
16	SANTIAGO DE TUNA	180	1	0.05	12	0.60	2	0.10
SUBTOTAL DE TRAFICO (Erlang)						20.2		3.3

Tabla 2.12: Tráfico Total por Localidad

Teniendo en cuenta un factor de Bloqueo de 2% en hora pico y usando las tablas de Erlang B, obtenemos que en un E1 se pueden transmitir 21.9 Erlang, en ese sentido para el total de tráfico proyectado en el diseño se requieren **2 E1s**.

En el caso particular de Internet se determinó considerando un tráfico estimado de acuerdo a las estadísticas y reportes de tráfico cursadas en las redes de datos de zonas rurales con similares características y condiciones.

A continuación, el gráfico nos muestra un estado del servicio de Internet, brindado por la empresa Gilat to Home Perú mediante enlaces Satelitales, con la tecnología VSAT.

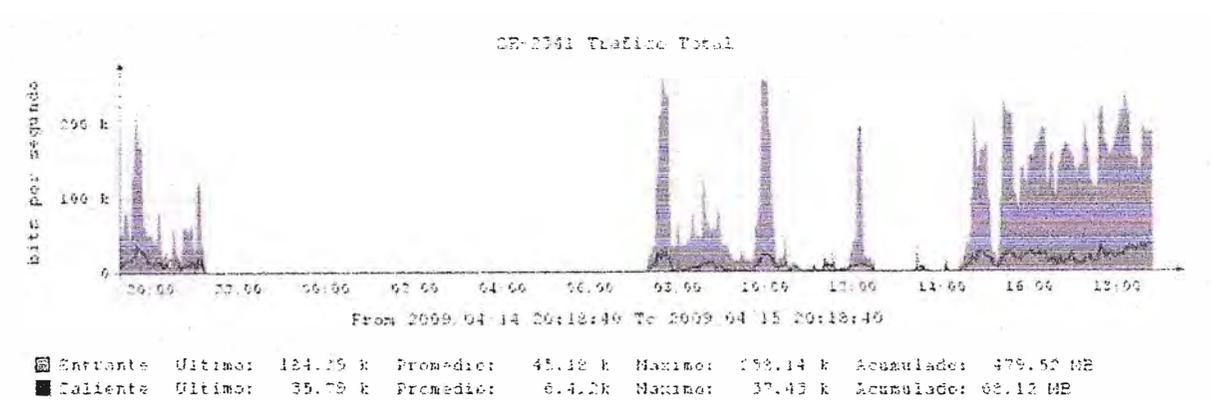


Fig. 2.11: Tráfico Total de Internet en 1 localidad rural

Para el presente proyecto, ofreceremos una velocidad nominal de 512/128 Kbps y cuya velocidad garantizada en la hora pico será el 10% de la velocidad nominal (teniendo en consideración un overbooking de 1:10)

De las consideraciones anteriores obtenemos la siguiente tabla:

Nº	DISTRITO	DEMANDA REAL DE INTERNET	DEMANDA DE VELOCIDAD (KBPS)	PORCENTAJE DE CAPACIDAD REQUERIDA (E1s)
1	CALLAHUANCA	6	384	18.75%
2	CARAMPOMA	5	320	15.63%
3	SAN JOSE DE LOS CHORRILLOS	4	256	12.50%
4	HUACHUPAMPA	5	320	15.63%
5	HUANZA	5	320	15.63%
6	LAHUAYTAMBO	4	256	12.50%
7	LANGA	5	320	15.63%
8	LARAOS	4	256	12.50%
9	RICARDO PALMA	13	832	40.63%
10	SAN ANDRES DE TUPICOCHA	5	320	15.63%
11	SAN DAMIAN	6	384	18.75%
12	SAN JUAN DE IRIS	4	256	12.50%
13	SAN JUAN DE LANCA	5	320	15.63%
14	SAN PEDRO DE CASTA	6	384	18.75%
15	SANTA EULALIA	18	1152	56.25%
16	SANTIAGO DE TUNA	4	256	12.50%

Tabla 2.13: Demanda de Velocidad de Internet

En total se requiere de 6336 Kbps, lo que significa que es necesario contratar al menos **3 E1s** para poder garantizar la demanda de conexión de Internet.

CAPITULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 Estructura General de la Red

El diagrama que se muestra a continuación es la estructura básica de la Red de Telecomunicaciones basada en la solución brindada por la compañía ZTE para el diseño de la red CDMA 450 MHz. en la provincia de Huarochirí.

En la práctica, una llamada telefónica de un abonado en una localidad será tomada por la estación base transmisora - BTS que la cubre, luego del cual será dirigida al Controlador de estación base - BSC, el cual según sea el tráfico dentro de la red o fuera de ella, la encaminará a la central de conmutación móvil - MSC, la cual a su vez si es tráfico externo, se conectará con otras centrales de otros operadores y así se cerrará el circuito. Si el abonado es un abonado de datos, la BSC dirigirá el pedido al PDSN, el cual brindará el acceso solicitado, a través de la nube de Internet.

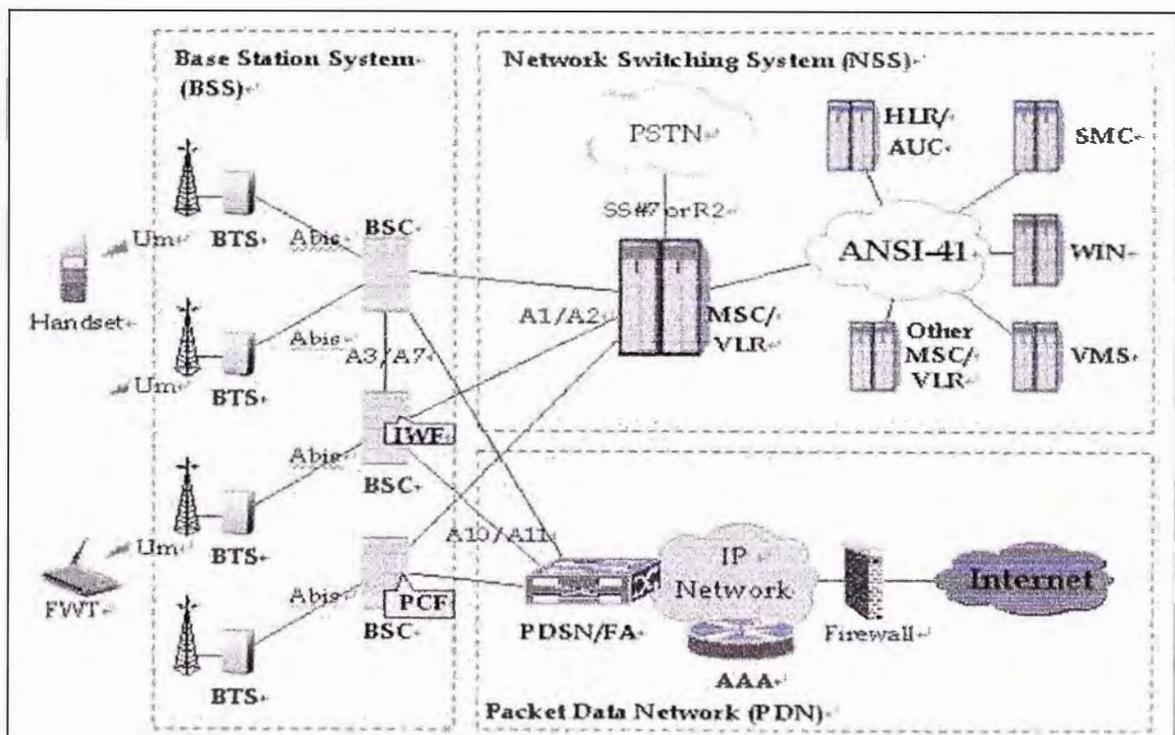


Fig. 3.1 Estructura de la Red CDMA 450 MHz.

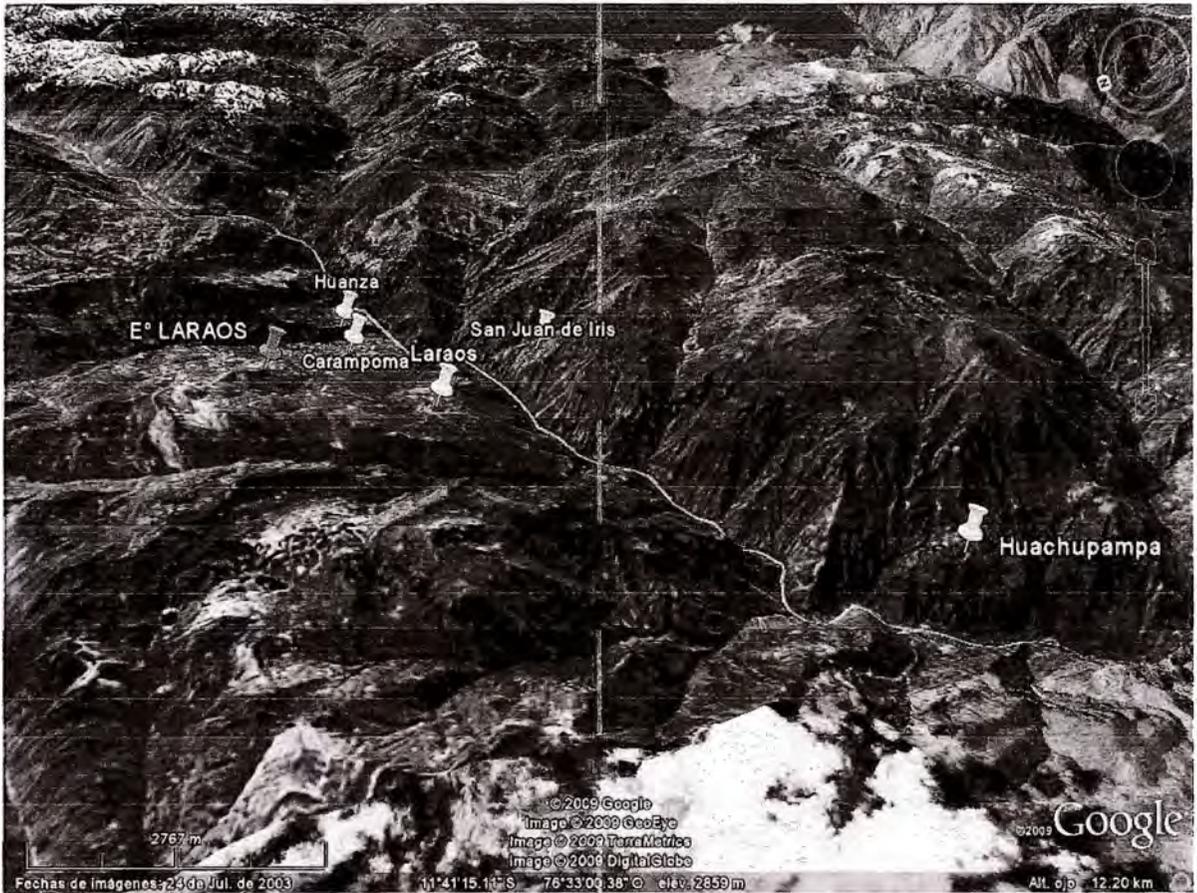


Fig. 3.2: Localidades interconectadas por la estación Laraos



Fig. 3.3: Localidades interconectadas por la estación La Cantuta



Fig. 3.4: Localidades interconectadas por la estación Tupicocha

3.2 Diseño de la Red de Transporte

La red de transporte es la encargada de llevar y permitir la comunicación entre la red de acceso (sistema de estaciones base) y los sistemas de conmutación de voz y datos, a través de repetidores, la red consistirá en un sistema de microondas desde la Ciudad de Lima hasta las estaciones bases de las localidades y la central se ubicará en la localidad de Callahuanca.

A continuación se detallan las coordenadas de las estaciones microondas para el cálculo del enlace.

ESTACIÓN	GRADOS DECIMALES		GRADOS MINUTOS SEGUNDOS		ALTURA
	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD	
TdP (LIMA)	-12.11135	-77.01552	-12° 6' 40.8594"	-77° 0' 55.8714"	117.25
E° LA CANTUTA	-11.90674	-76.68967	-11° 54' 24.2634"	-76° 41' 22.812"	1933.37
E° LARAOS	-11.64269	-76.53454	-11° 38' 33.6834"	-76° 32' 4.344"	4345.4
E° TUPICOCHA	-11.97345	-76.49153	-11° 58' 24.4194"	-76° 29' 29.5074"	3987.34

Tabla 3.1: Ubicación de las Estaciones Microondas



Fig. 3.5: Ubicación de las Estaciones en mapa de elevación de Radio Mobile

3.3 Análisis de Radio Propagación para los enlaces de la red de transporte

Si asumimos que son usados dos radiadores isotrópicos como antenas transmisora y receptora, entonces las pérdidas en el espacio libre entre ellas es:

$$L_P = 92.45 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dBm} \quad (3.1)$$

Donde: f : frecuencia en GHz y d : distancia en Km.

Potencia recibida o potencia en el receptor:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - L_{Tx} + G_{Tx} - L_P + G_{Rx} - L_{Rx} \quad (3.2)$$

Donde:

P_{Rx} : Potencia recibida

P_{Tx} : Potencia transmitida.

L_{Tx} : Pérdidas por cables y conectores del lado del transmisor.

G_{Tx} : Ganancia de la antena del transmisor.

L_P : Pérdidas por espacio libre.

G_{Rx} : Ganancia de la antena del receptor.

L_{Rx} : Pérdidas por cables y conectores del lado del receptor.

Margen de desvanecimiento

Considerando 30 dB como margen mínimo para una buena calidad de enlace en la práctica, entonces tenemos que el margen de desvanecimiento esta dado por:

$$MD = P_{RX} - S_{RX} \quad (3.3)$$

- MD = Margen de desvanecimiento (dB)
- P_{RX} = Potencia recibida o Nivel de recepción (N_{Rx}) (dBm)
- S_{RX} = Sensibilidad del receptor (dBm)

Disponibilidad	Margen requerido
90	10
99	20
99.9	30
99.99	40
999.999	50

Tabla 3.2: Valores prácticos de Margen de desvanecimiento

Los cálculos de los enlaces fueron simulados con Radio Mobile, un software libre especializado para el diseño de radio enlaces, pudiendo ser muy útiles debido a una buena aproximación a la realidad. Para el cálculo se tomó en cuenta las recomendaciones en el plan de frecuencia y elaboración de diseño de enlaces:

Bandas de Frecuencia	Rangos de distancias recomendadas
7 GHz	30 Km < d < 60 Km
13/15/18 GHz	15 Km < d < 30 Km
23/26 GHz	5 Km < d < 15 Km
38 GHz	d < 5 Km

Tabla 3.3: Rango de frecuencias recomendadas para el diseño

Los Cálculos se muestran a continuación en la simulación con Radio Mobile:

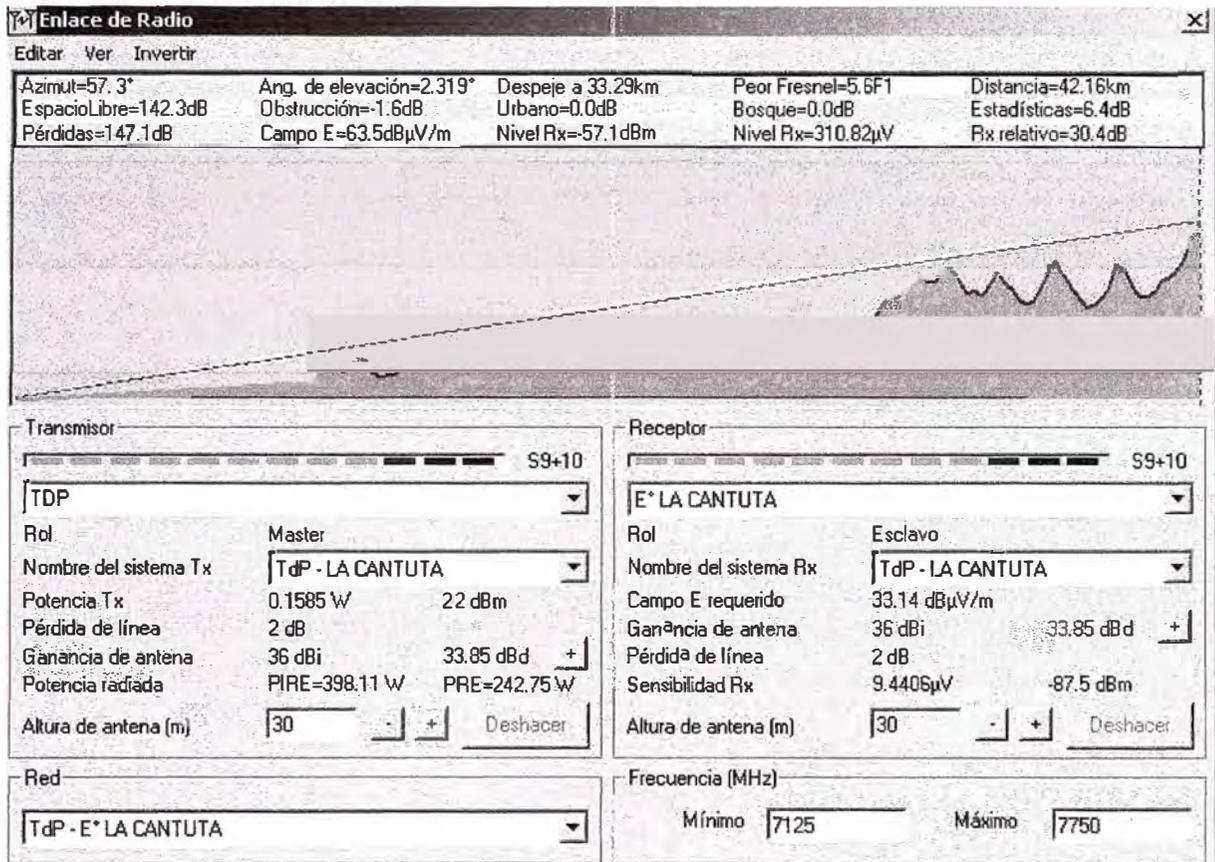


Fig. 3.6: Simulación del Enlace de Estación TdP – Estación La Cantuta

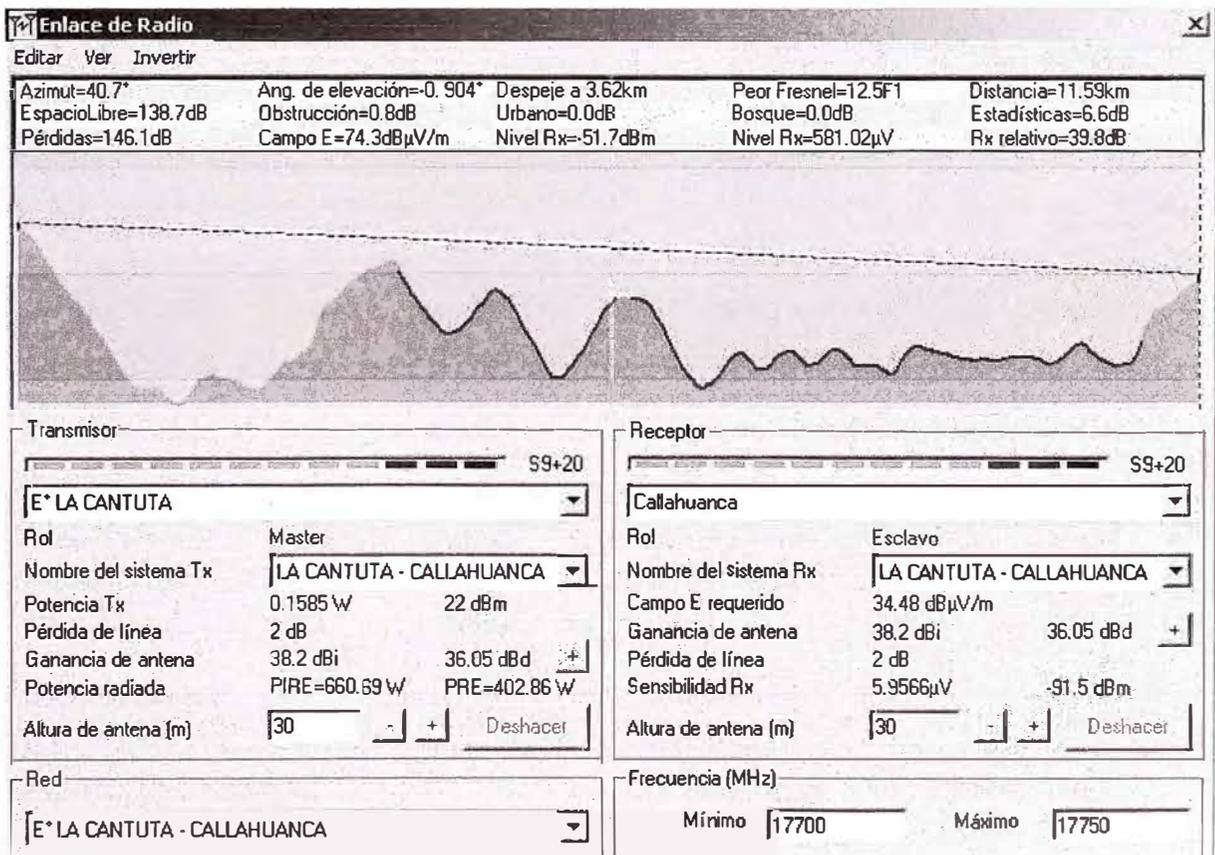


Fig. 3.7: Simulación del Enlace de Estación La Cantuta - Estación Callahuanca

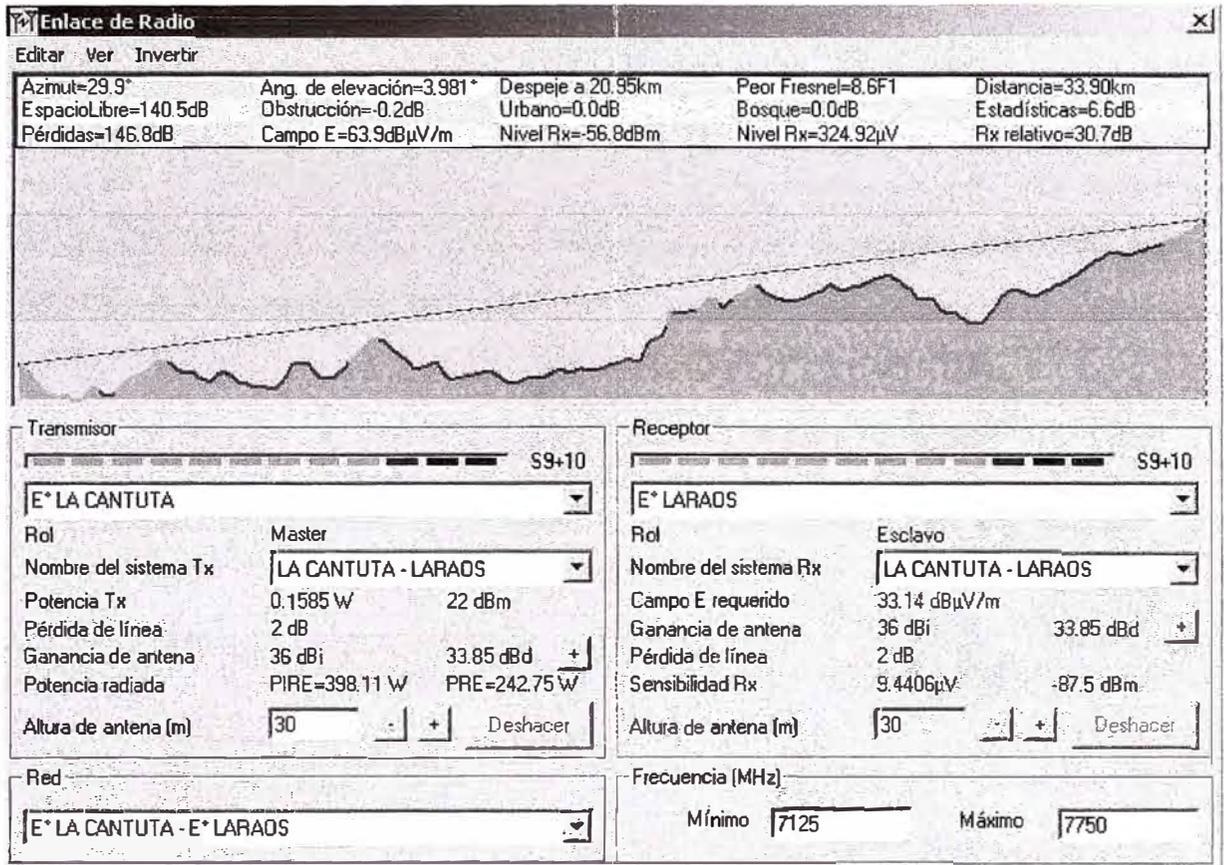


Fig. 3.8: Simulación del Enlace de Estación La Cantuta – Estación Laraos

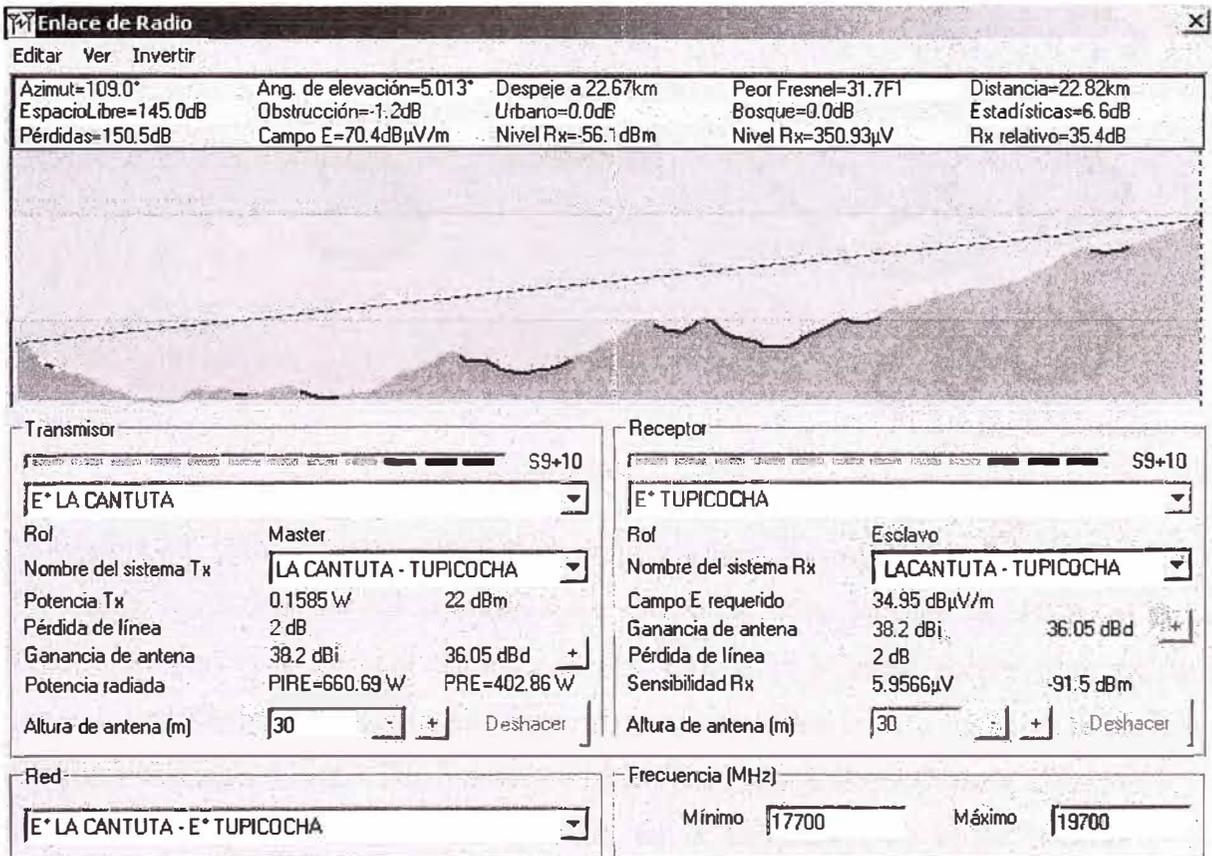


Fig. 3.9: Simulación del Enlace de Estación La Cantuta – Estación Tupicocha

3.4 Diseño de la Red de Acceso

La red de acceso está constituida básicamente por las estaciones base y la cobertura que estas tendrán sobre las localidades a ser beneficiadas, en el siguiente diagrama se muestran solo las localidades capitales de distrito por su importancia, pero vale resaltar que el servicio abarcará también a las poblaciones que se encuentren dentro del área de cobertura de cada una de las estaciones base.

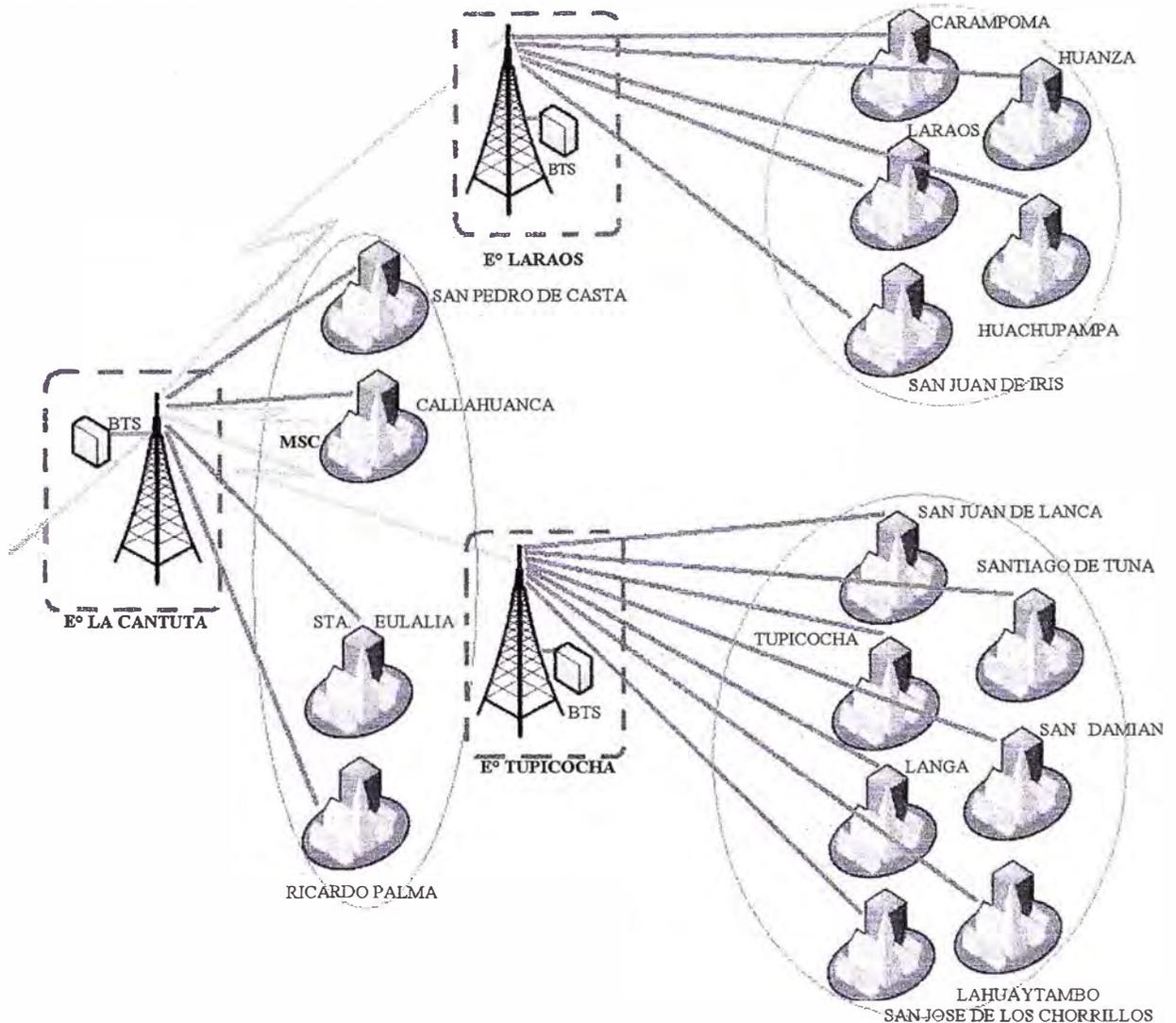


Fig. 3.10: Diagrama de la Red de Acceso

El modelo de Hata presenta una forma empírica para la predicción de pérdidas en la trayectoria basándose en los resultados de Okumura. Este modelo es válido para las frecuencias que se encuentren en el rango de 150 MHz a 1500 MHz. Es por eso, que Hata presenta una fórmula estándar para determinar las pérdidas en la propagación de zonas urbanas y una ecuación que brinda una corrección para aplicaciones en otras situaciones. La fórmula estándar para obtener las pérdidas en la trayectoria de zonas urbanas y las correcciones están dadas por:

Para zonas urbanas:

$$L_{50}(\text{urbano}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_b - a + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d \quad \text{dB} \quad (3.4)$$

Donde:

f_c : frecuencia en MHz

h_b : altura de la antena de la BTS.

h_t : altura de la antena del terminal en metros.

a : factor de corrección para la altura efectiva de la antena del terminal, en función del tipo de área de servicio.

d : distancia en Km.

En ese sentido realizamos el cálculo de a , teniendo en consideración el siguiente escenario para ciudades pequeñas y medianas:

$$a = (1.1 \log f_c - 0.7) h_t - (1.56 \log f_c - 0.8) \text{ dB} \quad (3.5)$$

Para zonas rurales

Consideraremos el valor de a obtenido con la fórmula para ciudades pequeñas y medianas:

$$L_{50}(\text{rural}) = L_{50}(\text{urbano}) - 4.78 (\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c - 40.94 \quad (3.6)$$

El modelo Hata es efectivo para calcular las pérdidas en la trayectoria para sistemas celulares con un área extensa y no para sistemas de comunicaciones personales PCS que tienen celdas con un radio de 1 Km.

Considerando los datos del fabricante de las antenas de las BTS y la frecuencia asignada de acuerdo al registro nacional de frecuencias para los Sistemas de Acceso Fijo Inalámbrico, tenemos:

$$P_{TX} = 20 \text{ Watts} = 43 \text{ dBm}$$

$$G_{a_{TX}} = 15 \text{ dBi}$$

$$G_{a_{RX}} = 3 \text{ dBi}^{23}$$

$$L_{acop} = 2 \text{ dB}$$

$$f_c = 463.975 \text{ MHz. (De la BTS al Terminal)}$$

$$h_b = 30 \text{ m}$$

$$h_t = 2 \text{ m}$$

$$S_{RX} = -127 \text{ dBm}$$

²³ Problemas de Comunicaciones Móviles: María Teresa Jiménez Moya

Entonces calculando el valor de **a**, tenemos que $a = 1.106556531$ dB

En base al valor obtenido y a lo mostrado anteriormente, usamos una hoja de cálculo y hallamos los valores de las pérdidas en zonas urbanas y zonas rurales para las distancias establecidas a continuación:

Nº	d (Km)	$L_{50(\text{urbano})}$ (dB)	$L_{50(\text{rural})}$ (dB)
1	10	153.0099817	126.96010
2	20	163.6137199	137.56384
3	30	169.8165091	143.76663
4	40	174.2174581	148.16758

Tabla 3.4: Valores de las pérdidas según el Modelo de Okumura-Hata

Sabemos que la Potencia Radiada es: $PIRE = P_{TX} - L_{acop} + G_a$ (3.7)

Asímismo, e Nivel de Recepción es: $N_{RX} = PIRE - L_{50(\text{rural})} + G_{aRX}$ (3.8)

Entonces hallamos los valores de N_{RX}

Nº	d (Km)	N_{RX} (dBm)
1	10	-67.960
2	20	-78.564
3	30	-84.767
4	40	-89.168

Tabla 3.5: Valores del Nivel de Recepción

Si consideramos en la práctica una buena calidad del enlace cuando se cumple con un **margen mínimo de 30 dB**, entonces usaremos la siguiente ecuación para calcular el margen de desvanecimiento:

$$MD = N_{RX} - S_{RX} \quad (3.9)$$

Para obtener el margen de desvanecimiento consideramos $S_{RX} = -127$ dBm

Nº	d (Km)	MD
1	10	59.0399
2	20	48.4362
3	30	42.2334
4	40	37.8324

Tabla 3.6: Valores del Margen de Desvanecimiento

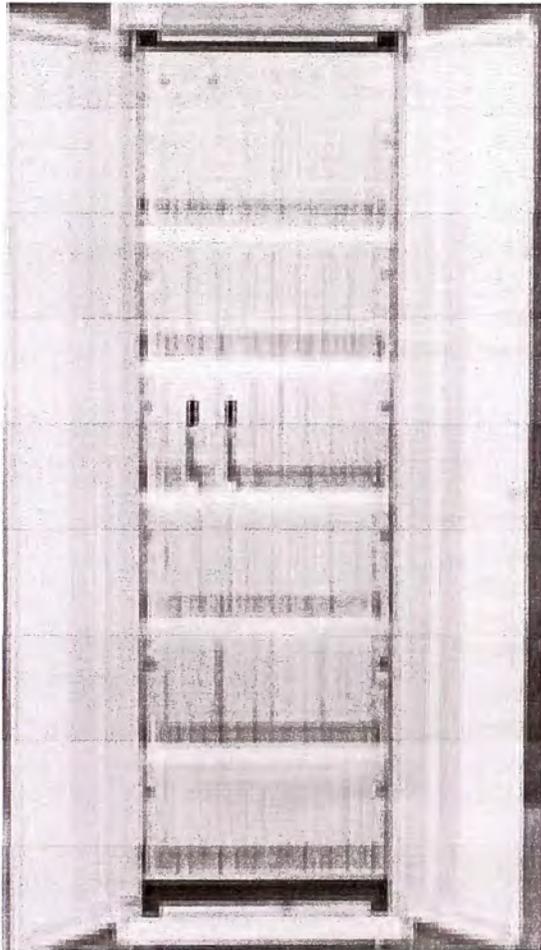
Por lo que se muestra que el margen de desvanecimiento es mayor que el margen mínimo requerido para tener una buena calidad del enlace, toda vez que las localidades a ser beneficiadas con el sistema están a menos de 30 Km de distancia desde la BTS.

3.5 Especificaciones Técnicas del Equipamiento

3.5.1 Equipamiento de red

Entre los equipos que describiremos

NSS (*Network Switching System*) o Sistema de conmutación de red, el cual se encarga de realizar la conmutación con la red de telefonía pública o PSTN. Contiene al *MSC Mobile Switching Centre* o *Centro de conmutación móvil*.



**MSS (MSC/VLR-HLR/AUC)
de ZTE Corporation**

Capacidad del sistema MSC:

Máx. (10 módulos): aprox. 600K Abonados
(0.03 Erlang/Abonado).

Módulo simple: 60K Abonados.

Procesamiento de llamadas por módulo: 500K
BHCA.

Máx. Erlang: 20 000 Erl.

Máx. Nº / link: 640 Links.

Capacidad del sistema HLR: 1 200K

Capacidad del sistema VLR: 800K

Capacidad del sistema AUC:

Soporta HLR a plena carga y procesa datos de
seguridad de usuario.

Dimensiones: 2000mm x 810mm x 600mm.

Peso: \leq 250Kg.

Energía: -48VDC.

Fig. 3.11: Especificaciones Técnicas del Network Switching System

PDN *Packet Data Network* o Red de paquetes de datos, encargada de brindar la conexión con Internet, incluye un *servidor AAA* *Authenticated, Authorization and Accounting* el cual se encarga de brindar al Protocolo de Internet IP, la funcionalidad de soportar autenticación, autorización y registro; además de conectarse a la *PSDN* *Public Switched Data Network*.

BSS *Base Station System* o Sistema de estaciones base, el cual es el encargado de interactuar directamente con los terminales de los clientes, incluye el *BSC* *Base Station Control* o Controlador de la estación base, el cual permite la interconexión con la MSC y la PSDN, además de incluir también la *BTS* *Base Transceiver Station*, es la interfaz de RF, la cual posibilita la comunicación entre los equipos de usuario (teléfonos fijos inalámbricos, routers inalámbricos, etc.) y la red.

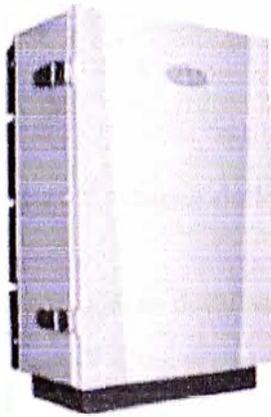


BSCB tipo ALL IP de ZTE Corporation

Características

240 enlaces E1 hacia el MSC.
 300 enlaces hacia las BTS's.
 7200 selector/vocoder.
 Vocoder: 8K, 13K , EVRC.
 5,040 Erlang de capacidad de tráfico.
 BSC/PCF soporta hasta 2400 sesiones activas y
 40000sesiones PPP tipo "dormant".
 MTBF>20años.
 Dimensiones: 2000 mm x 810 mm x 600 mm
 (Alto x Ancho x Profundidad).
 El Peso promedio de un Rack con su
 configuración completa es 310 kg.

Fig. 3.12: Especificaciones Técnicas del Base Station Controller



Micro BTS ZXC BTS M80x de ZTE Corporation

Entre las principales características se tiene:
 Soporta 1 puerto / 3 sectores.
 Banda de frecuencia 450/800/1900MHz.
 Máxima potencia de transmisión 40W (800MHZ),
 20W (450/1900MHz).
 Sensibilidad: -127 dBm
 Alimentación 220 Vac o 48 Vdc.
 Consumo de potencia: Hasta 150W.
 Dimensiones 800 mm x 400 mm x250 mm.

Fig. 3.13: Especificaciones Técnicas del Base Station Transceiver

Las antenas a utilizar serán unas antenas sectoriales de la marca Andrew modelo DB654DG65AC, el cual fue elegida de acuerdo a sus especificaciones técnicas que se presentan a continuación:



Especificaciones de antena

Frecuencia (MHz)	420-512
Ganancia dBd / dBi	12.9/15
Polarización	45°
Isolación	>30
VSWR	<1.4:1
FrontToBack Ratio	25
Tamaño:LxWxD (mm)	1981 x 483 x 229
Tipo de conector	716 DIN – Female (2)
Máxima potencia de entrada (Watts)	600
Impedancia (Ohms)	50
Angulo de azimut	68°
Angulo de elevación	17°
Peso (Kg.)	19

Fig. 3.14 Especificaciones Técnicas de la antena a 450 MHz

3.5.2 Equipamiento Microondas

Equipamiento Indoor de una Estación Microondas:

Rack

Radios de Microondas 7/18 GHz Harris

Aire Acondicionado

Banco de baterías

Puesta a Tierra

Tablero General

Equipamiento Outdoor de una Estación Microondas:

Antenas Microondas Andrew 7/18 GHz

Torre Autosoportada

Pozos de Tierra

Luz de balizaje

Pararrayos

Especificaciones Técnicas de los equipos

a) RADIOS:

A continuación se detallan los datos técnicos de los radios a microondas a utilizar en las frecuencias de 7 GHz y 18 GHz.

Especificaciones Técnicas	
Rango de Frecuencias	7.110 - 7.755
Separación de frecuencia entre Tx/Rx	119 MHz
Capacidad	4 E1
Ancho de banda del canal	7 MHz
Modulación	QPSK
Código de línea	HDB3 o AMI
Potencia de salida	+26.5 dBm \pm 2 dB
Interfaz de datos	RS232
Interfaz digital	E1: 120 ohmios
Estabilidad de frecuencia	\pm 7 ppm
Factor de ruido	5 dB
Sensibilidad	87.5
Consumo de Potencia	75 vatios
Temperatura en interior	10 °C a +55 °C
Temperatura en exterior	40 °C a +55 °C

Tabla 3.7: Especificaciones Técnicas de Radio Microondas a 7 GHz

Especificaciones Técnicas	
Rango de Frecuencias	17.700 – 19.700
Separación de frecuencia entre Tx/Rx	1092.5 MHz
Capacidad	4 E1
Ancho de banda del canal	7 MHz
Modulación	QPSK
Código de línea	HDB3
Potencia de salida	+22 dBm \pm 2 dB
Interfaz de datos	RS232
Interfaz digital	E1: 120 ohmios
Estabilidad de frecuencia	\pm 7 ppm
Factor de ruido	6.5 dB
Sensibilidad	91.5
Consumo de Potencia	60 vatios
Temperatura en interior	10 °C a +55 °C
Temperatura en exterior	40 °C a +55 °C

Tabla 3.8: Especificaciones Técnicas de Radio Microondas a 18 GHz

b) ANTENAS:

Las antenas a utilizar para los enlaces microondas son de la marca Andrew, y fueron elegidas de acuerdo a sus especificaciones técnicas que se presentan a continuación:

Especificaciones de la antena	
Modelo	HPX470
Rango de Frecuencia	7.125 - 7.750 GHz
Diámetro	4 pies (1.2m)
Polarización	Dual
Ganancia baja	36 dBi
Ganancia media	36.4 dBi
Ganancia alta	36.7 dBi
VSWR max.	1.08
Perdidas de retorno	28.3 dB
F/B Ratio	61 dB
Cross. Pol. Disc	26 dB

Tabla 3.9: Especificaciones Técnicas de la antena a 7 GHz

Especificaciones de la antena	
Modelo	VHLP2180
Rango de Frecuencia	17.700 – 19.700 GHz
Diámetro	2 pies (0.6 m)
Polarización	Simple
Ganancia baja	38.20 dBi
Ganancia media	38.70 dBi
Ganancia alta	39.10 dBi
VSWR máx.	1.3
Perdidas de retorno	17.70 dB
F/B Ratio	67 dB
Cross. Pol. Disc.	30 dB

Tabla 3.10: Especificaciones Técnicas de la antena a 18 GHz.

3.6 Infraestructura Necesaria.²⁴

Es necesario considerar como una parte importante del proyecto, la **infraestructura civil para la red de telecomunicaciones**, sobre la cual se encontrarán los equipos de comunicaciones y equipos eléctricos que deben garantizar el normal funcionamiento del sistema, cumpliéndose con los estándares establecidos.

Para estos casos se implementarán **casetas** construidos con ladrillos macizos, la **instalación de alambres de púas** y **concertinas** como medios disuasorios de seguridad. Así como la construcción de las **lozas armadas** y **pisos**, dentro de la **sala de equipos** y en la parte exterior a esta mediante el tendido de grava.

También se tienen las **instalaciones eléctricas**, en las cuales se tienen las interconexiones con la red eléctrica en todas las localidades beneficiadas del proyecto, los **sistemas de protección eléctrica**, la instalación de los **tableros de control** así como el sistema de tomacorrientes e interruptores.

Otros factores indispensables son las **estructuras metálicas** mayores, en éstas consideramos principalmente la **torre** que soportará el sistema de radiocomunicación, se trata de una **torre auto soportada** triangular, así como todos los aditamentos necesarios para la instalación de las **antenas** de RF.

A continuación se muestra el diagrama de la infraestructura para la estación base que consideramos en la implementación del proyecto.

²⁴ Tomado de: Diseño de una Red Rural CDMA 450 en la Cuenca de los Ríos Apurímac, Paruro y Acomayo. Cap. 3.4.2 “Determinación de la Infraestructura Necesaria”

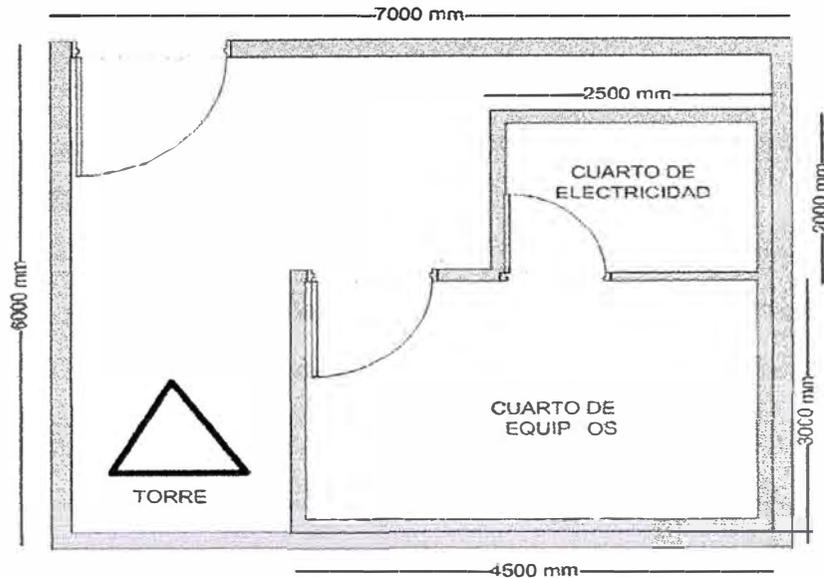


Fig. 3.15: Diagrama de la infraestructura para una estación base

Sistemas de Protección

Pararrayos:

Debido a que las estaciones se encontraran ubicadas en las zonas rurales en donde existen considerables descargas eléctricas se hace necesario hacer uso de sistemas de protección de rayos para evitar las descargas eléctricas que pueden dejar inoperativos los equipos.

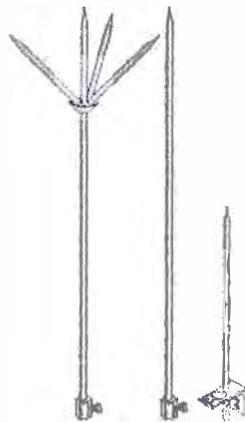


Fig. 3.16: Tipos de Pararrayos Tetrapuntal y Bayoneta

Sistema de Puesta a tierra

Un sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de los equipos eléctricos y electrónicos a tierra, para evitar que se dañen los equipos en caso de una corriente transitoria peligrosa. Los objetivos principales de un sistema de puesta a tierra son:

Brindar seguridad a las personas.

Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección.

Establecer la permanencia de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo las condiciones normales de operación.

Para realizar un sistema de puesta a tierra se necesitan electrodos de tierra, los cuales existen de muchos tipos, algunos mejores que otros en ciertas características.

A continuación se muestra los materiales necesarios para la implementación de un sistema de protección eléctrica de una BTS:

<i>MATERIAL</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>METRADO</i>
REGISTRO O CAMARA DE INSPECCION PARA VARILLA O JABALINA DE PUESTA A TIERRA.	UN	3
SOLDADURA CUPROALUMINOTÉRMICA O CADWELD® O EXOTÉRMICA, PARA UNIONES CABLE-CABLE 50 MM ² (AWG 0).	UN	16
SOLDADURA CUPROALUMINOTÉRMICA O CADWELD® O EXOTÉRMICA, PARA UNIONES JABALINA 3/4"-CABLE 50 MM ² (AWG 0).	UN	3
CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO CALIBRE 0 AWG – (50 MM ² DE SECCIÓN).	ML	113
CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO CALIBRE 2/0 – (70 MM ² DE SECCIÓN).	ML	42.53
CONDUCTOR DE COBRE FORRADO O DE AISLACIÓN SIMPLE DE PVC (COLOR VERDE Y AMARILLO) CALIBRE 0 – (50 MM ² DE SECCIÓN).	ML	132.06
BARRA. PLETINA O BUS BAR DE COBRE PARA TOMA GENERAL DE TIERRAS.	KG	15
PARARRAYOS TIPO FRANKLIN.	UN	1
VARILLA O JABALINA DE COBRE DE 2.40 X 5/8"	UN	3

Tabla 3.11: Materiales requeridos para implementación de un Sistema de Protección de BTS
Fuente: System Backbone SAC

CAPITULO IV

ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL PROYECTO

Para determinar los costos del proyecto, estimaremos los costos de los equipos que nos permiten implementar la red, así como lo necesario para cubrir la instalación, operación y mantenimiento de los servicios.

4.1 Costos de Inversión (CAPEX).

Costos de Equipamiento:

Existen una gran variedad de marcas de equipos para la implementación de la red, sin embargo se consideró la opción del Proveedor Chino de Telecomunicaciones ZTE, debido a que tiene una gran experiencia en el sector, presencia global y por considerarla como la opción más rentable, a un bajo costo de inversión.

EQUIPO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
MSC	170,000	1	170,000
BSC	125,000	1	125,000
OMC	45,000	1	45,000
BTS (INCLUYEN ANTENAS)	30,000	3	90,000
PDSN + Servidor AAA	100,000	1	100,000
Equipos Terminales			70,000
Equipamiento de Transporte			-
Tx. Microondas a 7 Ghz	65,000	2	130,000
Tx. Microondas a 18 Ghz	30,000	2	60,000
Antenas Microondas a 7 Ghz	4,710	4	18,840
Antenas Microondas a 18 Ghz	860	4	3,440
Subtotal			812,280
Costo de Aduanas (43%)			349,280
IGV (19%)			154,333
Costo total (US \$)			1,315,894

Tabla 4.1: Costos de Equipamiento

Costos de Infraestructura:

Consta de dos partes importantes: la infraestructura civil y las torres con sus respectivas instalaciones. A su vez la infraestructura civil consta de obras preliminares,

construcción de los muros, cimentación de la torre, las losas armadas y pisos, sistemas de pozo a tierras, instalaciones eléctricas y estructuras metálicas menores.

En las instalaciones de las torres o estructuras metálicas mayores comprenden el suministro de torre autoportada y la instalación de la misma, el suministro de la escalerilla para los cables, la instalación de soporte tubular para las antenas de RF y soporte para antena de Tx.

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Infraestructura Civil en las Estaciones Bases	30,000	3	90,000
Estructuras Metálicas	11,285	4	45,140
Subtotal			135,140
IGV (19%)			25,677
Total (US \$)			160,817

Tabla 4.2: Costos de Infraestructura

Costos de Interconexión:

Para determinar los costos de interconexión totales, consideraremos los cálculos de capacidad de datos requerida, realizados en el capítulo 2 del presente informe, así como la tarifa actual que Telefónica del Perú brinda para la transmisión de datos.

DESCRIPCION	CARGO UNITARIO POR ADECUACIÓN DE RED	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Telefonía (TUP+Abonado)	13,050 ²⁵	5 Els	65,250
Internet			
Subtotal		65,250	
IGV (19%)		12,397.5	
Total (US \$)		77,647.5	

Tabla 4.3: Costos de Interconexión

A continuación, el recuadro muestra un resumen final de los montos de inversión realizados para la implementación del proyecto.

DESCRIPCIÓN	MONTO EN U.S. \$
Costos de equipamiento	1,315,894
Costos de infraestructura	160,817
Costos de Interconexión	77,648
TOTAL (Inc. IGV)	1,554,359

Tabla 4.4: Costos Totales

²⁵ Según Resolución N°064-2000-GG/OSIPTEL

4.2 Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX).

Los costos de operación y mantenimiento están referidos a cubrir los gastos que garantizan el buen funcionamiento y operación de la red, así como los gastos del personal, reparación de equipos, pago del transporte de datos a otro operador de telecomunicaciones y pagos administrativos a personal responsable del mantenimiento de la red.

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO MENSUAL	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Enlace San Isidro – La Cantuta (Tx de Datos)	2,200	3 EIs	11,000
Enlace de Interconexión (EIs)	80	2 EIs	160
Pago a personal	2,000	2	4,000
Alquiler de Local	1,000	1	1,000
Otros gastos	500	1	500
Subtotal			16,660
IGV (19%)			3,165.4
Total (US \$)			19,825

Tabla 4.5: Costos Mensuales de Operación y Mantenimiento

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El desarrollo e integración de las localidades rurales beneficiadas de la provincia de Huarochirí a la sociedad de la información con tecnología CDMA450 MHz resultó satisfactorio y demuestra que es una buena alternativa para ampliar la cobertura de la red celular de un operador.

El uso de la tecnología CDMA 450 permite brindar servicios de mejor calidad y a un menor costo que los servicios con los que actualmente cuentan, generalmente basados en soluciones VSAT, caracterizadas principalmente por ser bastante costosas y muy sensibles a las condiciones atmosféricas.

El diseño de una red de telecomunicaciones rurales, en adición a los aspectos propios de la ingeniería, contiene también los aspectos de sensibilidad y responsabilidad social el cual debe verse reflejado en la búsqueda del desarrollo de los pueblos. En ese sentido, el presente diseño nos indica que es posible la implementación de proyectos destinados a reducir la brecha digital en zonas rurales mediante el apoyo de Entidades Gubernamentales como FITEL.

RECOMENDACIONES

Para la empresa de telecomunicaciones que implemente el Sistema Celular CDMA 450 MHz, es importante contar con la ubicación de las estaciones repetidoras que tiene la empresa Operadora que brinda arrendamiento, para poder disminuir los costos de implementación de las estaciones microondas, de esta manera se podría alquilar la infraestructura ya implementada.

Se recomienda brindar la difusión de los servicios de telecomunicaciones a brindarse, la sensibilización de la población beneficiaria y la selección y capacitación de los administradores, técnicos y personal de atención a clientes de la red por parte de la empresa que implemente el diseño del proyecto de red de telecomunicaciones rurales.

Es recomendable incidir en las localidades beneficiadas sobre el concepto de pertenencia de la infraestructura de la red, generando un sentimiento de conservación y cuidado de toda la

población hacia el equipamiento de la red de telecomunicaciones, lo cual se verá reflejado en un mejor uso y en la seguridad de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Samuel C. Yang, “3G CDMA2000 Wireless System Engineering”, Artech House, 2004
2. Jaime Pilco Vargas, “Diseño de una Red Rural CDMA 450, en las cuencas de los ríos Apurímac, Paruro y Acomayo”, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009
3. Javier de la Cruz, “Análisis y Diseño de un sistema CDMA 450 MHz para el acceso, desarrollo e integración de las zonas rurales del departamento de La Libertad a la Sociedad de la Información”, Universidad Particular Antenor Orrego – La Libertad, 2005
4. CDMA Development Group. “CDMA2000”,
<http://www.cdg.org/technology/cdma2000.asp>, 2009
5. INEI. “Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda”. Sistema de consulta de datos, Perú, 2007
6. FITEL “Situación de las Telecomunicaciones Rurales”, Informe de Área de Formulación”, Perú, 2009