

Dimensionado de una Red para la Prestación del Servicio Público de Telefonía Fija Inalámbrica en la Banda 450 MHz

Dimensioning of a network to provide of the Public Service Fixed Wireless Telephony in 450 MHz band

Rómulo Alfonso Miguel Ato¹, Hever Luis Rodríguez Espinoza²

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

Resumen— El presente trabajo tiene como finalidad mostrar la forma de planificar una plataforma de red de telecomunicaciones para la prestación del servicio público de telefonía fija local inalámbrica en la modalidad de abonados, en localidades que no cuenten con este servicio, para lo cual se describen las características técnicas de cada sistema que interviene en el diagrama de red formulado para la prestación del referido servicio, así como las metas de uso de espectro radioeléctrico y el plan de cobertura para los primeros años de operación.

Para tal fin, el esquema de red propuesto, basado en la tecnología de Bucle de Lazo Cerrado (Wireless Local Loop – WLL) con Acceso Múltiple por División de Código (Code Division Multiple Access – CDMA) utiliza la Banda A de 450 MHz para sistemas de acceso fijo inalámbrico (Fixed Wireless Access – FWA). De este modo, se emplea esta tecnología que viene brindando soluciones en zonas rurales del mundo, como una alternativa tecnológica en lugares de geografía accidentada para brindar el servicio de telefonía fija. Finalmente, presentamos el cronograma de actividades de desarrollo y la proyección de la inversión estimada para el presente proyecto.

Abstract— This paper aims to show how to plan a platform for telecommunications network for the provision of public fixed telephone service wireless local in the form subscriber in locations that do not have this service, in which the features described techniques of each system involved in the proposed provision of said service network diagram, and the goals of use of radio spectrum and coverage plan for the first years of operation. To this end, the scheme proposed network, based on the (Wireless Local Loop - WLL) technology Loop Closed Loop with code division multiple access (Code Division Multiple Access - CDMA) uses the Band A 450 MHz for fixed wireless access systems (Fixed Wireless Access - FWA). Thus, this technology uses the same that has been providing solutions in different rural areas of the world as a technological alternative to a

rugged geography to provide fixed telephony service. Finally, the timing of development activities and the projection of the estimated investment for this project is presented.

Palabras claves— Telefonía fija, bucle de lazo cerrado, CDMA, FWA, espectro radioeléctrico, plan de cobertura.

Keys words— Fixed telephone, Loop Closed Loop, CDMA, FWA, Radioelectric Spectrum, coverage plan.

I. CONSIDERACIONES REGULATORIAS

Con el fin de promover la inversión, la asignación racional y uso eficiente del espectro radioeléctrico y la expansión de redes y servicios públicos de telecomunicaciones prioritariamente en áreas rurales y zonas desatendidas del interior del país, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) atribuyó el uso de la Banda A de 450 MHz para la prestación de servicios de telefonía fija, telefonía móvil, acceso a internet de banda ancha y transmisión de datos, mediante aplicaciones de acceso fijo inalámbrico.

El MTC es el organismo gubernamental que tiene la facultad de otorgar y/o revocar, entre otras, concesiones y permisos, y supervisar su correcta utilización así como el de incentivar el desarrollo de la industria de las Telecomunicaciones sustentados en base a servicios públicos de telecomunicaciones en orden al desarrollo tecnológico del país, conforme a lo establecido en los numerales 3 y 8 del artículo 75° del Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones (TUO de la Ley) [1].

Asimismo, de acuerdo al artículo 58° del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones (TUO del Reglamento) [2], el área mínima para el otorgamiento de una concesión de este servicio es la provincia, donde además se especifica que el servicio de telefonía fija local en lugares apartados de los centros urbanos, el área de concesión será de ámbito rural, definido como el

¹ Rómulo Alfonso Miguel Ato, E-mail: rmiguel@unmsm.edu.pe

² Hever Luis Rodríguez Espinoza, E-mail: 10190198@unmsm.edu.pe
Recibido: Noviembre 2015 / Aceptado: Diciembre 2015

establecido entre usuarios de una área rural determinada en la concesión respectiva.

Conforme al artículo 6° del TUO del Reglamento, los servicios de telecomunicaciones se prestan en un régimen de libre competencia, donde además se explica que en ningún caso los titulares de concesiones podrán aplicar prácticas monopólicas restrictivas que impidan una competencia sobre bases equitativas, con otros titulares de concesiones de servicios públicos de telecomunicaciones.

II. OBJETIVOS

Cubrir parte del sector rural del Perú brindando el servicio público de telefonía fija local en la modalidad de abonados en aquellos lugares que no cuentan con el servicio, utilizando para tal fin redes de acceso fijo inalámbrico.

De esta manera, los objetivos específicos son los que se enumeran a continuación:

- Proponer una red de acceso fijo inalámbrico para abonados en aquellas áreas rurales, actualmente sin servicio de telefonía fija, del departamento de Junín.
- Describir los sistemas de conmutación y señalización, acceso, transporte y gestión de red, así como la relación y características técnicas de los equipos que intervienen en cada sistema.
- Formular el plan de cobertura para los cinco (5) primeros años tomando como unidad geográfica a las provincias del departamento de Junín.
- Proponer las metas de uso de espectro radioeléctrico en la banda 450 MHz.
- Elaborar un cronograma de actividades para la implementación del servicio a brindar.
- Determinar la inversión estimada de los cinco (5) primeros años de operación.

III. ARGUMENTO TEÓRICO

La propagación de ondas en el espacio libre sin obstáculos es tal, que manteniendo constante la potencia en la antena transmisora, al igual que las ganancias y las alturas de las antenas transmisora y receptora, la potencia recibida será inversamente proporcional a la frecuencia y a la distancia. De ahí que, si se reduce la frecuencia a la mitad, entonces se cubrirá el doble de distancia y se tendrá 4 veces más el área de cobertura, así como también se logrará mayor penetración en edificios [3].

En tal sentido, considerando las ventajas de propagación de la banda 450 MHz, que ha sido atribuida por el MTC para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones en zonas con baja densidad poblacional –áreas rurales y lugares de preferente interés social, en éstas, el número de abonados y el tráfico cursado por Estación Base (BTS)

es mucho menor en comparación con las zonas urbanas, por lo que se deberá incrementar la cobertura para optimizar las inversiones en BTS, siendo el uso de esta banda la alternativa más eficiente en términos de cantidad de BTS necesarias para brindar el servicio requerido. Esto permitirá reducir los costos de capital, CAPEX, y operativos, OPEX, de las redes de conmutación, acceso y transporte (backhaul).

Por otra parte, esta tecnología define la transferencia de información desde un punto de conmutación en la red fija hacia los abonados mediante la interface de radio. El número de BTS instaladas dependerá del tráfico cursado, capacidad del sistema, disponibilidad del site, rango de cobertura, características de propagación local, tecnología de acceso y su respectiva frecuencia, así como del ancho de banda a ser utilizado por la red WLL.

Técnicamente se trata de utilizar una red de BTS que cubra una determinada área, la cual concentre el tráfico enviado de los diferentes terminales fijos instalados, mediante enlaces inalámbricos. Las BTS llevarán dicho tráfico hasta la central de conmutación a través de redes de transporte basadas en fibra óptica o radioenlaces.

Los sistemas WLL deben optimizar el uso de los canales de radio, proporcionando la mayor capacidad posible al máximo número de abonados con enlaces punto-multipunto, para un ancho de banda dado. Las redes WLL, según la tecnología utilizada, se clasifican en:

- Plataformas WLL basadas en protocolos digitales móviles como GSM,
- TDMA, CDMA.
- Plataformas WLL basadas en protocolos inalámbricos como DECT, CT-2.
- Plataformas WLL basadas en varios esquemas de modulación.

Los sistemas de WLL no necesitan ofrecer servicios básicamente móviles, sin embargo algunos sistemas proporcionan servicios móviles limitados. Por ejemplo, no hay un Registro de Localización de Usuarios del “Home” y “Visitor” (HLR/VLR) en un sistema WLL, por lo que su arquitectura total puede ser más simple que la de los sistemas móviles; sin embargo, la central de conmutación asume las funciones de estos equipos, y por consiguiente genera un ahorro de equipamiento y de inversión al operador.

El sistema CDMA 450 es un sistema EIA/TIA/IS de la familia de CDMA 2000 desplegado en la banda 450 MHz que a su vez incluye una serie de estándares¹ desarrollados por 3GPP2, publicado por TIA y aprobado por ITU para IMT-2000.

CDMA 450 viene siendo utilizado como tecnología

¹ CDMA-2000 1X y CDMA 2000 1xEV-DO disponible comercialmente para la banda 450 MHz.

de acceso en algunas regiones de Europa, Asia, África y América del Sur, específicamente en zonas rurales donde la infraestructura de red para un servicio es de difícil acceso o en el peor de los casos no existe.

CDMA 450 puede configurarse para datos y/o voz, así como para servicios fijos o portátiles (móviles), pero en nuestro país, la banda 450 MHz está destinada para FWA, por lo se aplica para el servicio de telefonía fija inalámbrica [4].

La combinación CDMA 2000 y la banda 450 MHz proporciona las siguientes ventajas en relación al servicio de telefonía fija:

- CDMA 450 provee un tamaño de celda más grande, mayor cobertura por ser de menor frecuencia, comparado con los tamaños de celdas en otras bandas, lo que permite menores costos de infraestructura y de operación, ya que con una sola celda puede abastecer a una zona rural determinada.
- CDMA 450 ofrece voz de buena calidad, con una capacidad de voz de hasta 20 Erlangs por sector/portadora.
- CDMA 450 es una atractiva tecnología de telecomunicaciones en zonas rurales porque las señales son menos afectadas a la absorción de la lluvia, se adapta en forma ideal a la cobertura rural de base amplia y baja densidad, con una propagación de hasta 100 kilómetros.
- CDMA 450 requiere solamente una pequeña cantidad del espectro, 1,25 MHz por portadora, y de ser aplicado en zonas rurales, no se requiere de concurso público de ofertas.

IV. DESCRIPCIÓN DE LA PLATAFORMA DE RED

A. Sistema de Conmutación y Señalización

El centro de conmutación es el sistema encargado de establecer el enlace entre dos abonados que desean establecer una comunicación, por lo cual es necesario la presencia de los sistemas de conmutación y de señalización y funciones propias de un enlace telefónico.

La central de conmutación permite el tráfico de voz entre abonados de diferentes lugares de una ciudad. Asimismo, realiza la conmutación con la red de telefonía pública o PSTN. Debido a la baja demanda de abonados a nivel distrital de las provincias del departamento de Junín, se considerará a esta central como una central de conmutación principal y única. Ésta se interconectará con el Controlador de Estaciones Base (BSC) el cual administra el tráfico proveniente de las BTS de cada distrito. Asimismo, se complementa con la función del HLR, que almacena toda la información sobre los abonados y la respectiva tarificación de telefonía fija, y cuenta con la función de un Centro de Autenticación de Usuario (AUC). A este sistema se le atribuye las siguientes funciones

típicas:

- Procesamiento de llamadas.
- Administración y asignación del tiempo de llamada.
- Servicios suplementarios.

Asimismo, el sistema de señalización permite el intercambio de control entre terminales de abonado y la red. Las unidades de control indican el establecimiento de llamadas y liberación de llamadas. Este sistema emite señales análogas que indican acciones necesarias para iniciar, conectar o terminar llamadas, como el tono de marcar, tono de llamada en espera, teléfono colgado / descolgado y tono de ocupado.

Los tipos de señalización trabajan con la central de conmutación para procesar los distintos requerimientos de una llamada, como detención de un circuito disponible, conexión y liberación de un circuito para una llamada de voz.

El protocolo o interfaz V5.2 permite la conexión entre la central de conmutación de la red y el BSC, permitiendo dar el servicio a los abonados con WLL mediante el BSC. Esta interface suministra al sistema mayor control operacional y eficiencia y puede ser implementado a un menor costo. A continuación se detallan las características de este tipo de señalización:

- Soporta multiplexación y la concentración de canales utilizando el protocolo dedicado Bearer Channel Connection (Conexión de Canal Portador – BCC), que es el encargado de asignar canales portadores bajo demanda de tráfico.
- Puede utilizar hasta 16 E1 de 2 048 Mbps cada uno en una sola interface.

La central de conmutación se instalará en el distrito de Huancayo. Aquí conjuntamente se instalarán los BSC. En la Tabla I se presenta el equipamiento con que contará el sistema de conmutación.

TABLA I
EQUIPOS DEL SISTEMA DE CONMUTACIÓN

Descripción	Central de conmutación de red MSS+HLR/AUC
Marca	ZTE
Modelo	ZXC10-MSS
Cantidad	1

B. Sistema de Transporte

Sistema que hace posible la comunicación entre los abonados del sistema de acceso mediante las BTS ubicadas en cada distrito hacia la central de conmutación de red a través del BSC. Este sistema soporta el tráfico de voz de los abonados de distintos puntos distritales, el cual está conformado por enlaces de fibra óptica tipo monomodo.

El BSC tiene la función de agrupar y de controlar un conjunto de BTS ubicadas en distintos distritos de una provincia. Es la interface entre las BTS y el sistema de conmutación el cual se interconectan a

través del sistema de transporte. Se puede decir que el BSC es la frontera del núcleo de la red. Las funciones principales para este elemento son las siguientes:

- Funciones de manejo de recursos.
- Administración y mantenimiento del sistema.
- Procesamiento de las llamadas.
- Codificación de la voz.

Asimismo, la red de fibra óptica permitirá la conexión del sistema de conmutación ubicado en el distrito de Huancayo hacia los sistemas de acceso ubicados en cada distrito de los abonados. Se utilizará la tecnología PDH de 1 E1 por enlace de fibra óptica para transportar los canales de tráfico de voz. En la Tabla II se presenta el equipo principal del sistema de transporte.

TABLA II
EQUIPOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Descripción	Controlador de estaciones base BSC
Marca	ZTE
Modelo	ZXC10-BSC
Cantidad	3

C. Sistema de Acceso

El sistema de acceso fijo inalámbrico CDMA 450, última milla, emplea la interface radioeléctrica entre las BTS y estaciones fijas, sustituyendo a la tradicional conexión alámbrica de pares de cobre por la tecnología FWA perteneciente a la familia WLL. La frecuencia de operación es la Banda A de 450 MHz, destinada para tecnologías FWA.

Las BTS son equipos encargados de emitir y recibir señales desde y hacia los terminales fijos o fijos inalámbricos, haciendo uso de un canal de radiofrecuencia con un respectivo código. Debido a la capacidad de cobertura que ofrece la banda 450 MHz en CDMA y al uso de antenas de propagación omnidireccional, no será necesario instalar una BTS por distrito. En tal sentido, las BTS se instalarán únicamente en los distritos de Colca y Cullhuas en la provincia de Huancayo, en los distritos de Pomacancha y Ricrán en la provincia de Jauja y en el distrito de Llaylla en la provincia de Satipo.

Por otro lado, las estaciones fijas comprenden a los terminales fijos inalámbricos, que son los equipos encargados de la transmisión y recepción de la señal de voz en banda base mediante canales de radiofrecuencia, ubicados en las viviendas de los abonados de cada distrito y que cuenta con una antena omnidireccional de alta ganancia.

En la Tabla III se presentan los equipos principales del sistema de acceso.

D. Sistema de Gestión de Red

Es un sistema centralizado encargado de proporcionar funciones de gestión y monitoreo para la operación, administración y mantenimiento de red para

la prestación del servicio telefónico fijo inalámbrico. A continuación se describe las funciones esenciales de este sistema:

- Administración de abonados.
- Administración de la tarificación.
- Gestión de tráfico.
- Gestión del acceso de abonado.
- Gestión de la red de conmutación.
- Gestión de equipos.
- Gestión del sistema de señalización por canal común.
- Administración de la calidad de servicio (QoS) y funcionamiento de la red.

TABLA III
EQUIPOS DEL SISTEMA DE ACCESO

Descripción	Estación base MICRO BTS
Marca	ZTE
Modelo	ZXC10-BTS
Cantidad	1
Descripción	Antena Omnidireccional
Marca	ANDREW
Modelo	ASP 750K
Cantidad	1
Descripción	Teléfono fijo inalámbrico
Marca	HUAWEI
Modelo	ETS CDMA SERIES
Cantidad	Según la localidad

El sistema de gestión de red estará ubicado de manera conjunta con el centro de conmutación en el distrito de Huancayo. En la Tabla 4 se presenta el equipo principal del sistema de gestión.

TABLA IV
EQUIPOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RED

Descripción	Sistema de gestión Manager
Marca	HUAWEI
Modelo	M 2000
Cantidad	1

V. USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro radioeléctrico es el medio por el cual pueden propagarse las ondas radioeléctricas sin guía artificial y constituye un recurso natural limitado que forma parte del patrimonio de la Nación; asimismo establece que corresponde al MTC la administración, atribución, asignación y control del espectro de frecuencias radioeléctricas y, en general, cuanto concierne al espectro radioeléctrico².

Asimismo, la asignación de espectro radioeléctrico es el acto administrativo por el que el Estado otorga a una persona el derecho de uso sobre una determinada porción del espectro radioeléctrico, dentro de una determinada área geográfica, para la prestación de servicios de telecomunicaciones, de acuerdo con lo

² Artículo 199° del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones.

establecido con el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF)³

Por otra parte, el PNAF [5] es el documento técnico normativo que contiene los cuadros de atribución de frecuencias y la clasificación de usos de espectro radioeléctrico, así como las normas técnicas generales para la utilización de espectro radioeléctrico⁴.

La Nota P48 del PNAF dispone que las bandas comprendidas entre 452,5 – 457,5 MHz y 462,5 – 467,5 MHz están atribuidas a título primario para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones utilizando sistemas de acceso fijo inalámbrico en todo el territorio de la República del Perú, con excepción de la provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao. Asimismo, están asignadas principalmente para telefonía fija inalámbrica. La asignación no es a nivel nacional⁵.

En consecuencia y al no existir restricciones establecidas en el TUO del Reglamento corresponde solicitar la asignación del espectro en los rangos 452,5 – 457,5 MHz y 462,5 – 467,5 MHz en áreas rurales de las provincias de Junín que no brinden el servicio de telefonía fija local. En tal sentido, según la canalización para los servicios de telecomunicaciones aprobadas mediante Resolución Viceministerial N° 268-2005-MTC/03, se precisa en la Tabla V la canalización vigente.

TABLA V
BANDAS 452,5 – 457,5 MHz Y 462,5 – 467,5 MHz

Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 1,25 MHz	
	Ida	Retorno
1	453,975	463,975
2	455,225	465,225
3	456,475	466,475

VI. CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE OPERACIÓN

La operación del servicio de telefonía fija local en los distritos de las provincias del departamento de Junín, es consecuencia de las dos siguientes consideraciones:

- Distritos de las provincias del departamento de Junín que no cuentan con servicio telefónico fijo: Según el MTC⁶, actualmente, existen 12 distritos en donde ninguna empresa concesionaria de telecomunicaciones viene prestando el servicio de telefonía fija, esto como consecuencia de la complicada geografía del país. Esto se resume en la Tabla VI que se muestra a continuación:

TABLA VI
DISTRITOS DEL DEPARTAMENTO DE JUNÍN SIN SERVICIO

Provincia	Distrito
Huancayo	Colca
	Cullhuas
Concepción	Heroínas Toledo
	San José de Quero
Chanchamayo	San Luis de Shuaro
Jauja	Pomacancha
	Ricrán
Satipo	Llaylla
Tarma	Huaricolca
Yauli	Huay-Huay
	Santa Bárbara de Carhuacayan
	Suitucancha

- La banda 450 MHz disponible en el departamento de Junín: En el PNAF se ha asignado bandas de frecuencia para la operación de servicios públicos con acceso fijo inalámbrico, de las cuales, su aplicación en zonas rurales no exige del concurso público, como si es el caso de las provincias de Lima y Callao⁷.

Al respecto, el MTC mediante el Registro Nacional de Frecuencias, en la sección de servicios públicos, muestra a las empresas operadoras que actualmente están operando en las bandas 452,5 – 457,5 MHz y 462,5 – 467,5 MHz, Banda A para sistemas de acceso fijo inalámbrico, verificándose que de las 9 provincias del departamento de Junín, solo en las provincias de Huancayo, Jauja y Satipo no existen empresas que operen en la banda 450 MHz.

En la Tabla VII se muestra la asignación de frecuencias en la Banda 450 MHz⁸.

TABLA VII
ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS BANDA A 450 MHz⁹

Provincia	Canal 1		Canal 2		Canal 3	
	Up (MHz)	Down (MHz)	Up (MHz)	Down (MHz)	Up (MHz)	Down (MHz)
	453,975	463,975	455,225	465,225	456,475	466,475
Huancayo	Libre		Libre		Libre	
Chanchamayo	Valtron E.I.R.L.		Valtron E.I.R.L.		Valtron E.I.R.L.	
Chupaca	Restricción técnica		Restricción técnica		Restricción técnica	
Concepción	Restricción técnica		Restricción técnica		Restricción técnica	
Jauja	Libre		Libre		Libre	
Junín	Valtron E.I.R.L.		Valtron E.I.R.L.		Valtron E.I.R.L.	
Satipo	Libre		Libre		Libre	
Tarma	Valtron E.I.R.L.		Valtron E.I.R.L.		Valtron E.I.R.L.	
Yauli	Valtron E.I.R.L.		Valtron E.I.R.L.		Valtron E.I.R.L.	

De acuerdo con estas consideraciones, siendo la segunda consideración predominante sobre la primera,

⁷ Nota P48 del PNAF, según RM 094-2007-MTC/03 publicada el 4 de marzo de 2007.

⁸ http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/interes/NP_ESPECTRO.pdf

⁹ P48A PNAF incorporado según RM 377-2008-MTC/03 publicada el 10 de mayo de 2008: La Dirección General de Concesiones en Comunicaciones adoptará las medidas necesarias en la asignación de las bandas 450 – 452,5 MHz / 460 – 462,5 MHz y 452,5 – 457,5 MHz / 462,5 – 467,5 MHz en una misma área geográfica, a fin de evitar interferencias perjudiciales.

³ Artículo 201° del TUO del Reglamento.

⁴ Artículo 200° del TUO del Reglamento.

⁵ <http://comunicaciones.mtc.gob.pe>

⁶ http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/concesiones/no_atendidos.pdf

se implementará inicialmente el servicio telefónico fijo inalámbrico en los distritos de la provincia de Huancayo en el primer año del plan de cobertura y posteriormente, se ampliará la cobertura a los distritos de las provincias de Jauja y Satipo. En la Tabla VIII se precisan los distritos que tendrán acceso al servicio de telefonía fija.

TABLA VIII
DISTritos DONDE SE PRESTARÁ EL SERVICIO DE TELEFONÍA

Provincia	Distrito
Huancayo	Colca
	Cullhuas
Jauja	Pomacancha
	Ricrán
Satipo	Llaylla

A diferencia del servicio de telefonía móvil donde el número de abonados corresponde aproximadamente con el número de personas que se encuentran en una zona, región o celda determinada, para el servicio de telefonía fija, ha de considerarse el número total de viviendas, instituciones, colegios, municipios, entre otros, como el número total de terminales donde tienen acceso un determinado número de personas.

La información presentada en la Tabla IX se basa en el documento publicado por el INEI¹⁰.

TABLA IX
CANTIDAD APROXIMADA DEL NÚMERO DE VIVIENDAS

Provincia	Distrito	Número de viviendas	
		Distrito	Provincia
Huancayo	Colca	410	583
	Cullhuas	173	
Jauja	Pomacancha	20	367
	Ricrán	347	
Satipo	Llaylla	231	231
Total		1 181	1 181

En la tabla precedente se ha estimado solo la cantidad de viviendas particulares para centros poblados urbanos o aquellas que puedan considerarse dentro de una BTS, sin considerar a aquellas viviendas dispersas de cada distrito. En total se tienen un aproximado de 1,181 viviendas particulares; no obstante, la información de la Tabla X será estimada para tener una referencia sobre el número aproximado de abonados por distrito, incluyendo a aquellas instituciones tales como colegios, iglesias, municipios, centros de salud y otras que no cuenten con el servicio. Esta aproximación es necesaria para determinar el cálculo de tráfico de cada BTS en particular.

Con la información estadística precedentemente indicada, se procederá a estimar el tráfico requerido para la red del servicio de telefonía fija, para ello se considerará que un 40% del total de abonados en un distrito (N) establecerán llamadas telefónicas en la

hora pico, que es lo mismo a decir que de cada 100 abonados, 40 de ellos están utilizando el servicio durante un intervalo de tiempo determinado. La unidad de tráfico es el Erlang¹¹ que representa la cantidad de tiempo de ocupación en un grupo de canales por una hora (60'), por lo que para obtener el valor de tráfico con un 40% de abonados en la hora pico, ha de considerarse la siguiente relación:

$$A = \frac{Q \cdot t'}{60} \quad \text{o} \quad A = \frac{Q \cdot t''}{3600} \quad (1)$$

donde:

A: tráfico de llamadas de voz en Erlangs (E) por BTS.

Q: cantidad de llamadas, para telefonía fija se considera 40% N.

N: número estimado de abonados en un distrito.

t': Tiempo de llamadas en minutos.

t'': Tiempo de llamadas en segundos.

TABLA X
CANTIDAD ESTIMADA DEL NÚMERO DE ABONADOS

Provincia	Distrito	Número de usuarios por distrito (N)	Número de usuarios por provincia
Huancayo	Colca	450	650
	Cullhuas	200	
Jauja	Pomacancha	50	430
	Ricrán	380	
Satipo	Llaylla	250	250
Total		1 330	1 330

En la Tabla XI se presenta el grado de servicio (GoS), que representa el porcentaje de llamadas que no se podrán establecer, el cual se diferencia de acuerdo al tipo de servicio público a brindar. Por lo tanto, se considerará un GoS igual al 5% para el servicio de telefonía fija rural.

TABLA XI
BLOQUEO DE LLAMADAS (GoS)

Servicio público	GoS
Telefonía fija	1%
Telefonía móvil	2%
Telefonía rural (fija y móvil)	5%

Asimismo, el tiempo promedio de llamadas considerado para telefonía fija es 3 minutos (180''). Por lo tanto, se determina el número de canales de tráfico, utilizando la relación (1) con el 40% de los abonados de cada distrito y el 5% de GoS en las Tablas de Erlangs B.

Por lo tanto, de la relación (1) se obtiene la relación (2).

$$A_{\text{Distrito}} = \frac{(Q_{40\%N_{\text{Distrito}}}) \cdot (t')}{60} = \frac{(0.40 \cdot N_{\text{Distrito}}) \cdot (t')}{60} \quad (2)$$

En consideración a ambas relaciones, se determina el tráfico en Erlangs por cada distrito; y una vez

¹⁰ INEI - Directorio de Centros Poblados y Población dispersa en el departamento de Junín (2007).

¹¹ Numéricamente, 1 Erlang representa una llamada de una hora en la hora punta.

obtenidos estos valores de tráfico, se procede a determinar el número de canales de tráfico en función a las Tablas de Erlangs B. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla XII.

TABLA XII
NÚMERO DE CANALES DE TRÁFICO DE VOZ EN CADA BTS

BTS	Número de usuarios por distrito ¹² (N)	40% N	Tráfico de voz por BTS (A) ¹³	Canales de tráfico (TCH)
Colca	450	180	9,0 E	14
Cullhuas	200	80	4,0 E	8
Pomacancha	50	20	1,0 E	4
Ricrán	380	152	7,6 E	12
Llaylla	250	100	5,0 E	9

Nota: Para todas las BTS se considera t' = 3' (180 s) y Q = 40%

Adicionalmente, se considera los canales de control (CCH) a los canales de tráfico de voz (TCH) teniendo en cuenta que para un número menor o igual a 21 TCH se añade un solo un canal de control y en el caso de que sea mayor a 21 TCH se considera dos canales de control. De la Tabla XII se observa que el número de canales de voz por BTS es inferior a 21 TCH, por lo tanto será necesario añadir solamente 1 CCH. Con estos valores, se calcula el número de TRX por BTS considerando 8 canales por TRX. Los resultados se muestran en la Tabla XIII.

TABLA XIII
NÚMERO DE TRX NECESARIOS EN CADA BTS

BTS	A (E)	TCH ¹⁴	CCH	Total de canales por BTS (CH)	Número de canales por TRX	Número de TRX
Colca	9	14	1	15	8	2
Cullhuas	4	8	1	9	8	2
Pomacancha	1	4	1	5	8	1
Ricrán	6	12	1	13	8	2
Llaylla	5	9	1	10	8	2

De la tabla anterior, se observa que se necesitarán 2 TRX en la mayoría de las BTS. Esto significa que se necesitarán 2 portadoras de la banda 450 MHz indicadas en la Tabla V. Por lo tanto, se utilizarán las dos primeras portadoras (canal 1 y canal 2)¹⁵ con un ancho de banda de 1,25 MHz, tal como se señala en la Tabla XIV.

CDMA permite a las BTS y a los terminales fijos comunicarse mediante una misma portadora o TRX pero con la asignación de un código en particular que los diferencia de otras BTS y terminales fijos. Para las BTS, se tiene un total de 2¹⁵ códigos diferentes que identificarán a cada BTS; del mismo modo, para los terminales fijos, se tiene un total de 2⁶⁴ códigos

diferentes, utilizando la misma portadora o canal de radiofrecuencia, con un ancho de banda de 1,25 MHz para CDMA 450. Por ello, en la Tabla XV se presenta la codificación para las BTS y terminales fijos.

TABLA XIV
CANALES RADIOELÉCTRICOS ASIGNADOS PARA CADA TRX

BTS	Nº TRX	CANAL 1		CANAL 2	
		Up (MHz)	Down (MHz)	Up (MHz)	Down (MHz)
Colca	2	453,975	463,975	455,225	465,225
Cullhuas	2	453,975	463,975	455,225	465,225
Pomacancha	1	453,975	463,975	-	-
Ricrán	2	453,975	463,975	455,225	465,225
Llaylla	2	453,975	463,975	455,225	465,225

TABLA XV
CODIFICACIÓN EN BINARIO DE BTS Y TERMINALES FIJOS CDMA

BTS	Código BTS	Códigos para terminales asignados
COLCA	000 ... 0000	Terminal 1: 0000 ... 0000 0000
		Terminal 2: 0000 ... 0000 0001
		Terminal 3: 0000 ... 0000 0010
		...
		Terminal 450: 0000 ... 0001 1100 0001
CULLHUAS	000 ... 0001	Terminal 1: 0000 ... 0000 0000
		Terminal 2: 0000 ... 0000 0001
		Terminal 3: 0000 ... 0000 0010
		...
		Terminal 200: 0000 ... 0001 1000 0111
POMACANCHA	000 ... 0010	Terminal 1: 0000 ... 0000 0000
		Terminal 2: 0000 ... 0000 0001
		Terminal 3: 0000 ... 0000 0010
		...
		Terminal 50: 0000 ... 0000 0011 0001
RICRÁN	000 ... 0011	Terminal 1: 0000 ... 0000 0000
		Terminal 2: 0000 ... 0000 0001
		Terminal 3: 0000 ... 0000 0010
		...
		Terminal 380: 0000 ... 0001 0111 1011
LLAYLLA	000 ... 0100	Terminal 1: 0000 ... 0000 0000
		Terminal 2: 0000 ... 0000 0001
		Terminal 3: 0000 ... 0000 0010
		...
		Terminal 250: 0000 ... 0000 1111 1001

En la Fig. 1 se muestra el diagrama de conectividad de la red propuesta para el servicio de telefonía fija inalámbrica basado en WLL sobre CDMA 450; donde se incluyen los sistemas de acceso, transporte, conmutación y gestión de red, en los distritos de Colca y Cullhuas de la provincia de Huancayo; los distritos de Pomacancha y Ricrán de la provincia de Jauja; y finalmente, el distrito de Llaylla de la provincia de Satipo, del departamento de Junín.

VII. PLAN DE COBERTURA

Para el plan de cobertura de conformidad a la Ley de Demarcación y Organización Territorial – Ley N°

¹² Basado en la Tabla X.

¹³ Para hallar el número de canales, se ha comparado con las Tablas de Erlang B para un Grado de Servicio o Factor de Bloqueo - GoS igual al 5% para Telefonía Fija.

¹⁴ Ver Tabla XII.

¹⁵ Ver Tabla V.

27795, se considerará el uso de unidades geográficas provinciales (precisando los distritos en donde efectivamente se brindará el servicio) para la prestación del servicio de telefonía fija en los 5 primeros años. En la Tabla XVI se precisan las provincias (distritos) en donde se brindará el servicio.

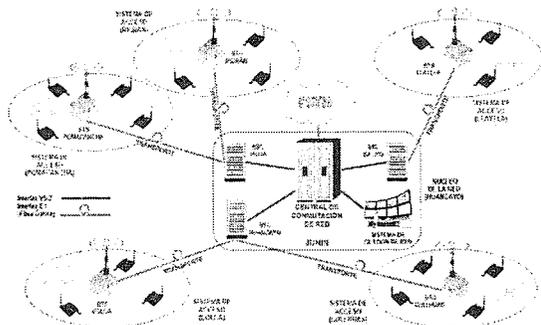


Fig. 1. Diagrama de configuración de red

Tabla XVI
PLAN DE COBERTURA PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO

Plan de Cobertura	Unidades geográficas ¹⁶				
	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
Anual	Huancayo (Colca)	Huancayo (Cullhuas)	Jauja (Pomacancha)	Jauja (Ricrán)	Satipo (Llaylla)
Acumulado	Huancayo (Colca)	Huancayo (Colca Cullhuas)	Huancayo (Colca Cullhuas) Jauja (Pomacancha)	Huancayo (Colca Cullhuas) Jauja (Pomacancha Ricrán)	Huancayo (Colca Cullhuas) Jauja (Pomacancha Ricrán) Satipo (Llaylla)

Provincia de Huancayo (distritos de Colca y Cullhuas); provincia de Jauja (distritos de Pomacancha y Ricrán); y provincia de Satipo (distrito de Llaylla), todos pertenecientes al departamento de Junín.

VIII. METAS DE USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Como se mencionó anteriormente, el espectro radioeléctrico constituye un recurso natural limitado y corresponde al MTC, entre otros, la asignación del espectro radioeléctrico. En tal sentido, la asignación del espectro radioeléctrico otorga el derecho de uso sobre una determinada porción del espectro, dentro de una área geográfica determinada, para la prestación de servicios de telecomunicaciones, de acuerdo con lo establecido por el PNAF.

Por otra parte, la asignación de espectro para servicios públicos, estará sujeta al cumplimiento de metas de uso de espectro, las cuales estarán contempladas en el instrumento que lo asigna. Asimismo, debe entenderse por metas de uso de espectro a la obligación y compromiso que tiene la empresa concesionaria de utilizar en forma efectiva el espectro asignado, de tal manera que se garantice el

uso eficiente de dicho recurso.

Conforme a la Resolución Jefatural N° 023-2002-MTC/15.03.UECT¹⁷, modificada por Resolución Directoral N° 2377-2006-MTC/17, que aprobó los formatos de metas de uso de espectro radioeléctrico de los servicios públicos de telecomunicaciones, se presenta en la Tabla XVII las metas de uso para el servicio de telefonía fija en la banda 450 MHz.

Tabla XVII

1. Banda de Operación

Rango de Tx de la estación base	Rango de Rx de la estación base
462,5 – 467,5 MHz	452,5 – 457,5 MHz

2. Ancho de banda del canal radioeléctrico: 1,25 MHz.

3. Cantidad de canales de tráfico / canal RF

N = 52 canales de tráfico

4. Tráfico expresado en:

Provincia: Huancayo (Distrito de Colca)					
Periodo	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
Erlangs/Canal RF	9/2	9/2	9/2	9/2	9/2

Provincia: Huancayo (Distrito de Cullhuas)					
Periodo	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
Erlangs/Canal RF	---	4/2	4/2	4/2	4/2

Provincia: Jauja (Distrito de Pomacancha)					
Periodo	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
Erlangs/Canal RF	---	---	1/1	1/1	1/1

Provincia: Jauja (Distrito de Ricrán)					
Periodo	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
Erlangs/Canal RF	-	-	-	7,6/2	7,6/2

Provincia: Satipo (Distrito de Llaclla)					
Periodo	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
Erlangs/Canal RF	-	-	-	-	5/2

5. Ancho de Banda por Año:

Provincia	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
Huancayo	5 MHz				
Jauja	5 MHz				
Satipo	5 MHz				

IX. PROYECCIÓN DE LA INVERSIÓN ESTIMADA

Por otra parte, se ha propuesto un cronograma de actividades que tiene como objetivo principal describir los diversos procesos previos al inicio de operaciones del servicio. En la Tabla XVIII se presentan las

¹⁷ Normas Legales – Diario “El Peruano”. Pág. 221657

Fuente: <http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/mlegal/ntecnicas/metadatos.pdf>

¹⁶ Provincias.

actividades a realizarse así como el periodo de tiempo estimado por actividad necesaria para el inicio de operaciones del servicio en los distritos antes mencionados, en el transcurso máximo de 12 meses.

TABLA XVIII
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Nº	Cronograma de actividades	T.E.	T.A.
1	Planificación anticipada de actividades, trámites internos y asignación de personal profesional para las respectivas funciones a realizarse en el departamento de Lima y Junín.	1 mes	1 mes
2	Encuestas a los residentes de cada distrito sobre la necesidad del servicio telefónico fijo.	1 mes	2 meses
3	Reconocimiento, análisis espectral y/o estudio de campo en cada distrito para la banda de 450 MHz en los distritos donde se prestará el servicio.	2 meses	4 meses
4	Estudio teórico de cobertura en cada distrito y determinación de cantidad y ubicación de las estaciones base.	1 mes	5 meses
5	Cálculo de distancias entre los distritos y la central de conmutación y determinación del tipo de tecnología más conveniente para el sistema de transporte.	1 mes	6 meses
6	Adquisición del local donde se instalará la central de conmutación y el sistema de gestión. Adquisición e instalación de equipos de telecomunicaciones y equipos de alimentación en la central de conmutación.	1 mes	7 meses
7	Adquisición e instalación de equipos de telecomunicaciones y equipos de alimentación en las respectivas estaciones Base.	2 meses	9 meses
8	Instalación de la red de fibra óptica entre los distritos y la central de conmutación.	2 meses	11 meses
9	Pruebas de cobertura en cada estación base y verificación de conectividad de la red en general.	1 mes	12 meses
Inicio de Operaciones			

Nota: T.E.: Tiempo Estimado, T.A.: Tiempo Acumulado

X. PROYECCIÓN DE LA INVERSIÓN ESTIMADA

La inversión a ser efectuada en dólares americanos durante los cinco (5) primeros años, se indica en la Tabla XIX.

TABLA XIX
INVERSIÓN TOTAL

Años	Ítems	Inversión (USD)	% Anual
1°	Equipamiento	324 500,00	36,29
	Infraestructura	48 800,00	
	Interconexión Central - BTS	3 500,00	
	Energía	2 640,00	
	Operación y mantenimiento	33 000,00	
	Canon	3 193,82	
	Subtotal 1° año	415 633,82	
2°	Equipamiento	114 500,00	15,25
	Infraestructura	18 800,00	
	Interconexión Central - BTS	2 500,00	
	Energía	1 320,00	
	Operación y mantenimiento	33 000,00	
	Canon	4 497,42	

	Subtotal 2° año	174 617,42	
3°	Equipamiento	102 500,00	14,62
	Infraestructura	18 800,00	
	Interconexión Central - BTS	7 000,00	
	Energía	1 320,00	
	Operación y mantenimiento	33 000,00	
	Canon	4 823,32	
	Subtotal 3° año	167 443,32	
4°	Equipamiento	128 900,00	17,16
	Infraestructura	18 800,00	
	Interconexión Central - BTS	7 200,00	
	Energía	1 320,00	
	Operación y mantenimiento	33 000,00	
	Canon	7 300,16	
Subtotal 4° año	196 520,16		
5°	Equipamiento	118 500,00	16,88
	Infraestructura	18 800,00	
	Interconexión Central - BTS	10 500,00	
	Energía	1 320,00	
	Operación y mantenimiento	33 000,00	
	Canon	8 929,66	
Subtotal 5	191 049,66		
TOTAL		1' 1456 264,38	100 %

Asimismo, la proyección de la inversión detallada correspondiente al primer año se indica en la Tabla XX.

TABLA XX
INVERSIÓN DEL PRIMER AÑO DE OPERACIÓN

Primer año			\$415 633,82
Descripción	P. Unit (\$)	Cant.	P. Total (\$)
Equipamiento			
MSS+HLR/AUC ZXC10 - ZTE	130 000,00	1	130 000,00
BSC ZXC10 - ZTE	70 000,00	1	70 000,00
Micro BTS ZXC10 - ZTE	27 000,00	1	27 000,00
Antena Andrew ASP 750K	500,00	1	500,00
Manager M2000 Huawei	60 000,00	1	60 000,00
Teléfonos Inalámbricos Huawei	80,00	450	36 000,00
Cables y conectores	1 000,00	1	1 000,00
Subtotal			\$324 500,00
Infraestructura			
Local para central en Huancayo	30 000,00	1	30 000,00
Terreno BTS 40 m	500,00	1	500,00
Torre autosoportada 30 m	7 500,00	1	7 500,00
Cimentación de torre	4 000,00	1	4 000,00
Caseta de BTS y mano de obra	3 800,00	1	3 800,00
Sistema a tierra	1 500,00	1	1 500,00
Instalación de torre	1 500,00	1	1 500,00
Subtotal			\$ 48 800,00
Interconexión central - BTS			
Fibra óptica/Km Huancayo-Colca	100,00	30	3 000,00
Conectores y accesorios	500,00	1	500,00
Subtotal			\$ 3 500,00
Energía para central y BTS Colca			
Sistema AC	400,00	2	800,00
Rectificador	500,00	2	1 000,00
Banco de baterías	420,00	2	840,00
Subtotal			\$ 2 640,00
Operación y mantenimiento			

Servicios profesionales	1 500,00	10	15 000,00
Mantenimiento mensual	1 500,00	12	18 000,00
		Subtotal	\$ 33 000,00
Canon (UIT= S/. 3 950 = \$1 316,70)			
Por BTS	260,72	1	260,72
Por terminal fijo	6,52	450	2 933,10
		Subtotal	\$ 3 193,82
		TOTAL	\$415 633,82

REFERENCIAS

- [1] MTC. *Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones*. Decreto Supremo N° 013-93-TCC del 28 de abril de 1993.
- [2] MTC. *Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones*. Decreto Supremo N° 020-2007-MTC del 4 de julio de 2007.
- [3] Omar de León. *“La banda de 450 MHz para LTE en América Latina: situación actual y recomendaciones de política”*. División de desarrollo productivo empresarial: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. 2013.
- [4] C. Fernando Weinschenk. *“CDMA 450MHz Una red de 3era Generación”*. Lucent Technologies. 2014.
- [5] MTC. *“Plan Nacional de Atribución de Frecuencias”*. Resolución Ministerial N° 187-2005-MTC/03 del 3 de abril de 2005.