

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UNA RED SINGLE RAN PARA LA PROVINCIA  
DE CHOTA EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

**DAVID JOSEPH JULCA HERRERA**

**PROMOCIÓN**

**2010– II**

**LIMA – PERÚ**

**2013**

**DISEÑO DE UNA RED SINGLE RAN PARA LA PROVINCIA DE CHOTA EN EL  
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis:

A Jehová Dios, que debido a su bondad amorosa estamos vivos.

A mi padre Don Jesús, por ser el motor de mis éxitos y un modelo a seguir.

A mi madre Doña Teresa, por brindarme su amor incondicional y los principios necesarios de la vida.

A mis hermanas Jessica, Jacqueline, Kelly y Wendy; por su apoyo y comprensión en cada etapa de mi vida.

A Carol; por la paciencia y el cariño que la caracteriza, compartiendo su vida con la mía.

Al Ing. Percy Fernández, por enseñarme que debemos poner empeño en cada objetivo que nos trazamos.

Al Ing. Montes por ser un amigo, compartiendo su enseñanza y experiencia profesional.

Al Ing. Atalaya por el apoyo constante en mi etapa académica.

## SUMARIO

El siguiente proyecto se trata de la implementación de una red de tercera generación en el departamento de Cajamarca, la provincia de Chota. El uso de la telefonía móvil ha aumentado a través de los años siendo este servicio el más usado a nivel nacional. Sin embargo, muchas zonas alejadas de sus respectivas capitales no gozaban de un servicio de calidad; incluso no existiendo en muchas partes del país. Debido a esta brecha tecnológica; en el año 2012, el gobierno ha implementado proyectos de telecomunicaciones enfocados al servicio de telefonía móvil mediante el FITEC. Estos proyectos se basan en la tecnología GSM, el cual satisface la necesidad de comunicarse.

Sin embargo, actualmente se aprecia en los indicadores que el servicio de datos está aumentando de forma agresiva. Por lo tanto, este proyecto implementa la tecnología UMTS que con sus respectivas mejoras (HSDPA, HSPA+ y DC-HSDPA) son una solución muy apropiada para brindar el servicio de banda ancha.

Se realizará una explicación de las tecnologías existentes y las que se van a implementar, así como la evaluación económica del proyecto, que suele ser un factor muy importante. Se tiene como objetivo de que este proyecto sea un modelo para ejecutarlo en cualquier sitio donde se implementó los proyectos del FITEC; además, que pueda ser ejecutado por cualquier operador móvil del país.

## INDICE

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>PROBLEMÁTICA DEL PROYECTO .....</b>	<b>10</b>
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	10
1.2 ÁRBOL DE PROBLEMAS .....	11
1.3 DIAGNÓSTICO .....	12
1.4 ÁRBOL DE OBJETIVOS .....	13
1.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....	14
1.6 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO.....	14
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>16</b>
2.1 TECNOLOGÍAS MÓVILES.....	16
2.2 ORGANISMOS DE ESTANDARIZACIÓN.....	26
2.3 TECNOLOGÍAS DE TERCERA GENERACIÓN.....	28
2.4 ARQUITECTURA DE LA RED.....	60
2.5 TECNOLOGÍA 3G EN EL PERÚ.....	64
<b>CAPITULO III</b>	
<b>DETERMINACION DE LA DEMANDA.....</b>	<b>66</b>
3.1 UBICACIÓN Y ESTUDIO SOCIODEMOGRÁFICO.....	66
3.2 SITUACIÓN Y PROYECCIÓN ECONÓMICA DE LA ZONA.....	80
3.3 SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES ACTUALES.....	85
3.4 ESTUDIO DE MERCADO.....	87
3.5 ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	92
3.6 ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	108
3.7 SERVICIOS FINALES A OFRECER.....	108
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>INGENIERIA DEL PROYECTO.....</b>	<b>109</b>
4.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	109
4.2 TOPOLOGÍA DE LA RED.....	111
4.3 DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA.....	112
4.4 DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE.....	117
4.5 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO.....	125
4.6 DISEÑO DE LA INTERCONEXIÓN.....	136
4.7 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPAMIENTO.....	139

## **CAPITULO V**

### **COSTOS DEL PROYECTO..... 155**

5.1 COSTOS DE INVERSIÓN E INSTALACIÓN..... 155

5.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO..... 159

5.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA..... 160

## **CAPITULO VI**

### **IMPLEMENTACION DEL PROYECTO..... 171**

6.1 REALIZACIÓN DE LOS EXPEDIENTES TÉCNICOS..... 171

6.2 CRONOGRAMAS DE EJECUCIÓN..... 172

6.3 ACEPTACIÓN DEL PROYECTO..... 178

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 181**

### **LISTA DE ABREVIATURAS..... 183**

### **BIBLIOGRAFIA..... 187**

### **ANEXOS..... 188**

## INTRODUCCION

Sin lugar a dudas, las comunicaciones desempeñan un papel fundamental en la humanidad. Los beneficios que esta brinda no solo son sociales, sino que también son de índole económicos; y más importante, son de índole cultural. Por lo tanto, contar con el acceso a los servicios de las comunicaciones es trascendental para el desarrollo de las comunidades.

En el principio disfrutamos del servicio de telefonía fija, luego se agregó el servicio de banda ancha y por último, el servicio móvil, logrando cubrir la demanda de los clientes respecto al servicio de voz. Sin embargo, debido a nuestra geografía y al alto costo que ello demanda, es muy difícil implementar las tecnologías en la totalidad del país.

Sin embargo, algo que se debe considerar es que la implementación de la telefonía móvil resulta más económica que los demás servicios. Este último ha llegado a ser una solución viable en nuestro país, debido a que nuestra geografía no se ajusta para la implementación de los servicios fijos, siendo el servicio móvil el más rentable.

Actualmente, las empresas están invirtiendo en la expansión de sus redes de telefonía móvil, por ejemplo, América Móviles S.A. anunció que invertirá en el Perú un billón de dólares entre 2011 - 2014. Por otro lado, internacionalmente se nos ve como un país con oportunidades de crecimiento, según el Business Monitor Institute (BMI); en su reporte Perú Telecommunication Q2 2012, indica lo siguiente:

*“Esperamos que el Mercado móvil continúe creciendo fuertemente a través del periodo previsto, la penetración aún se mantiene por debajo de la saturación con un 85.9%”*

*“Perú tiene un fuerte potencial en el crecimiento en el mercado Pre pago, debido a la gran cantidad de población rural que aún no cuenta con el servicio móvil. Esperamos que*

*los operadores, particularmente Viettel, tengan como objetivo estos clientes y prevemos que los suscriptores Pre pago aumenten significativamente”.*

Dado a las circunstancias en que vivimos y a la necesidad de integrar a todo al país con la misma oportunidad de disfrutar de un servicio conforme, nace este proyecto en el cual se enfoca en la implementación de una red de tercera generación con la capacidad de migrar a otras tecnologías de mayor velocidad.

## CAPITULO I

### PROBLEMÁTICA DEL PROYECTO

El lugar donde se implementara el proyecto es en tres poblados de la provincia de Chota, en el departamento de Cajamarca. Cabe resaltar que dichos lugares son considerados rurales. Debido a la geografía de nuestro país es muy difícil poder brindar servicios tal como se brindan en zonas urbanas. Sin embargo, el adelanto tecnológico permite utilizar algunas soluciones y de esta forma llegar a nuestro objetivo.

#### 1.1 Identificación del problema

Es importante mencionar que las empresas prevén que en el futuro la demanda de la voz va a disminuir, pero el servicio de datos aumentará sucesivamente. Además, los reportes del BMI Perú Telecommunications Report Q2 2012 indican lo siguiente:

- a) Muchas áreas remotas y rurales aún no cuenta con los servicios básicos
- b) A pesar de la gran oferta de servicio post-pago, el gran crecimiento aún se mantiene en el pre-pago.
- c) Existe un nuevo crecimiento de las áreas rurales.
- d) Existe un espacio de crecimiento en el mercado móvil del Perú, esto se debe a que la penetración es bajo a comparación de otros países de la región, en un 89.5%, siendo la penetración rural muy inferior.

Tabla 1.1. Proyección del mercado móvil (e/p = estimado/pronostico)

	2009	2010	2011e	2012p	2013p	2014p	2015p	2016p
<b>Número de suscriptores de teléfonos móviles ('000)</b>	20,610	23,321	26,819	29,348	30,942	31,638	32,337	33,375
<b>Número de suscriptores móviles/100 habitantes</b>	71.7	80.2	91.2	98.7	102.9	104.0	105.1	107.3
<b>Número de suscriptores del servicio 3G ('000)</b>	103	272	900	1,972	3,845	4,883	5,713	6,17
<b>Mercado 3G como un porcentaje del mercado total</b>	0.5	1.2	3.4	6.7	12.4	15.4	17.7	18.5

Fuente: BMI, Peru Telecommunications Report Q2 2012

Según la tabla 1.1, muestra que el mercado móvil en cuanto al servicio de tercera generación aumentará a grandes pasos, y siendo la penetración del servicio de datos muy baja en las zonas rurales; es necesario que se realicen e implementen proyectos que den solución a la demanda de dicho servicio. De esta manera, aseguraremos de que todas las personas reciban un servicio conforme y que cumplan con las necesidades actuales.

## **1.2 Árbol de problemas**

A continuación se realizará un análisis de los problemas, esta es una herramienta fundamental en la planificación de proyectos. El análisis del árbol de problemas, llamado también análisis situacional, ayuda a encontrar soluciones a través del mapeo del problema. Identifica en la vertiente superior, las causas o determinantes y en la parte inferior las consecuencias y efectos.

Analizando el problema central y las causas de ésta, planearemos una solución en la cual se tenga en cuenta todos los parámetros relacionados al proyecto. Para ello, realizaremos el árbol de objetivos.

Según la figura 1.1, las causas se deben al aumento de la demanda en las zonas rurales, los nuevos servicios requieren mayor ancho de banda, la ubicación de los lugares son muy agrestes, y los equipos son muy caros.

El problema central es: “Baja tasa de transmisión en los servicios de telecomunicaciones en localidades rurales”. Al no existir este servicio de tercera generación, produce efectos contraproducentes. Personas con bajas tasas de transmisión, desacuerdo con el servicio de datos y menor oportunidad de disfrutar de la globalización. Tomando en cuenta los efectos secundarios que provienen del problema central, se puede conocer el efecto final que genera un impacto negativo a las ciudades rurales, el efecto final es: “Ausencia de un servicio de datos que sea de calidad y que esté al alcance de los pobladores”.

## **1.3 Diagnostico**

Todas las ciudades principales disfrutan de varios servicios tales como: Banda ancha fija, banda ancha móvil, servicio de voz. Sin embargo al viajar a las zonas más adentradas del país se observa una gran diferencia, lo que se conoce como la “brecha digital”. Esto se debe por muchos factores sean estos técnicos, sociales o económicos. Incluso en las ciudades principales de muchas provincias, los servicios son limitados.

Según el árbol de problemas analizado en la parte 1.2, las ciudades rurales del Perú tienen un problema común: “Ausencia de servicio de datos que sea de calidad y que esté al alcance de los pobladores. El principal problema radica en la geografía de nuestro país lo que hace imposible desplegar una red transporte de alta disponibilidad y capacidad.

Por lo tanto, en esta tesis se tiene que analizar las posibles soluciones que se pueda aplicar a nuestras ciudades objetivos. Por lo tanto hemos de cumplir con lo siguiente:

- Cumplir con la demanda de la población.
- La red debe soportar servicios de banda ancha.
- Debe implementarse una tecnología que se adecue a la geografía local.
- Contratar proveedores de equipamiento.

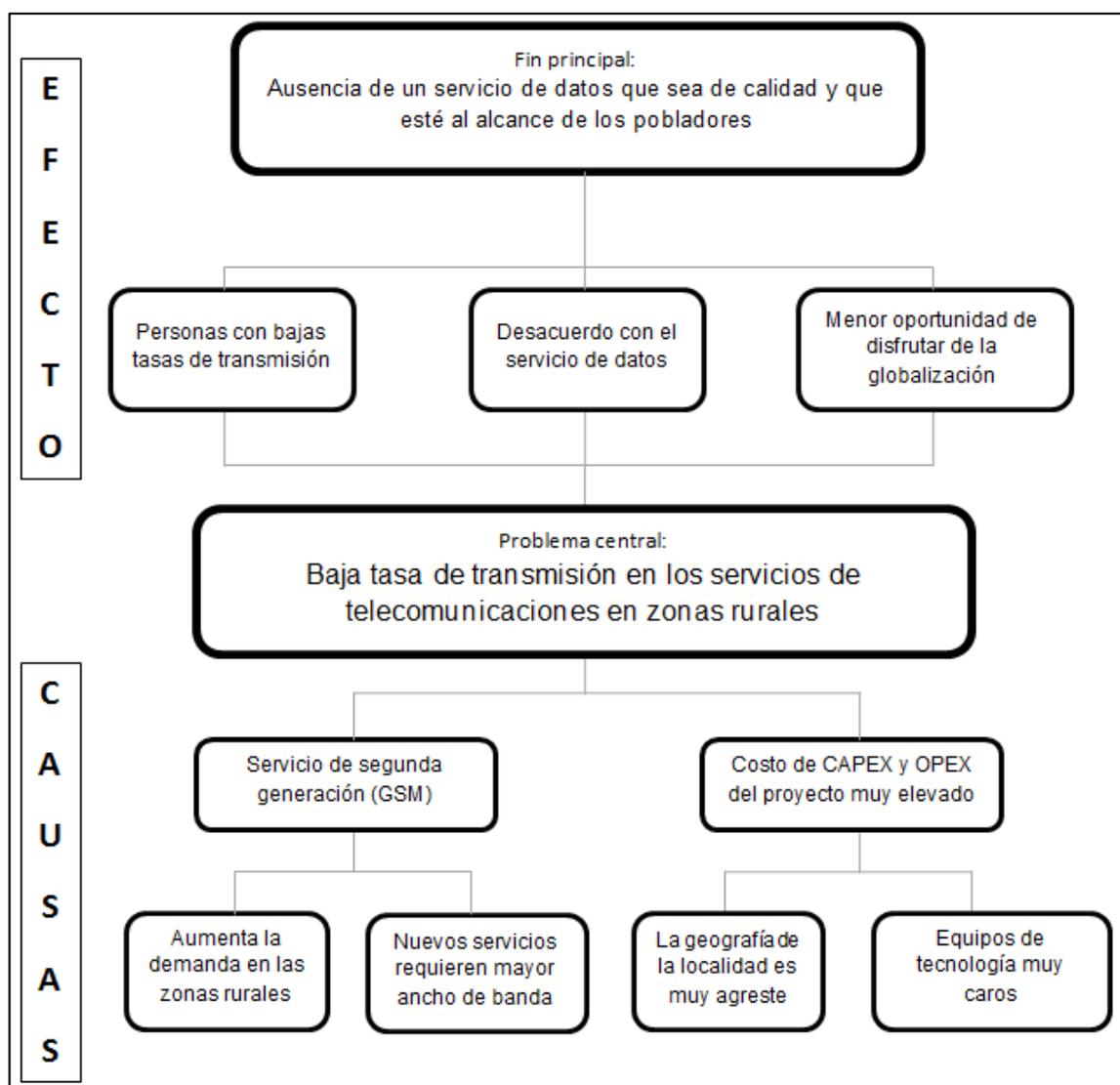


Fig. 1.1: Árbol de problemas: Causas y efectos  
Fuente: Elaboración propia

#### 1.4 Árbol de objetivos

El árbol de objetivos es la versión positiva del árbol de problemas. Permite determinar las áreas de intervención que plantea el proyecto.

Para elaborarlo se parte del árbol de problemas y el diagnóstico. Es necesario revisar cada problema (negativo) y convertirlo en un objetivo (positivo) realista y deseable. De esta manera las causas se convierten en medios y los efectos en fines.

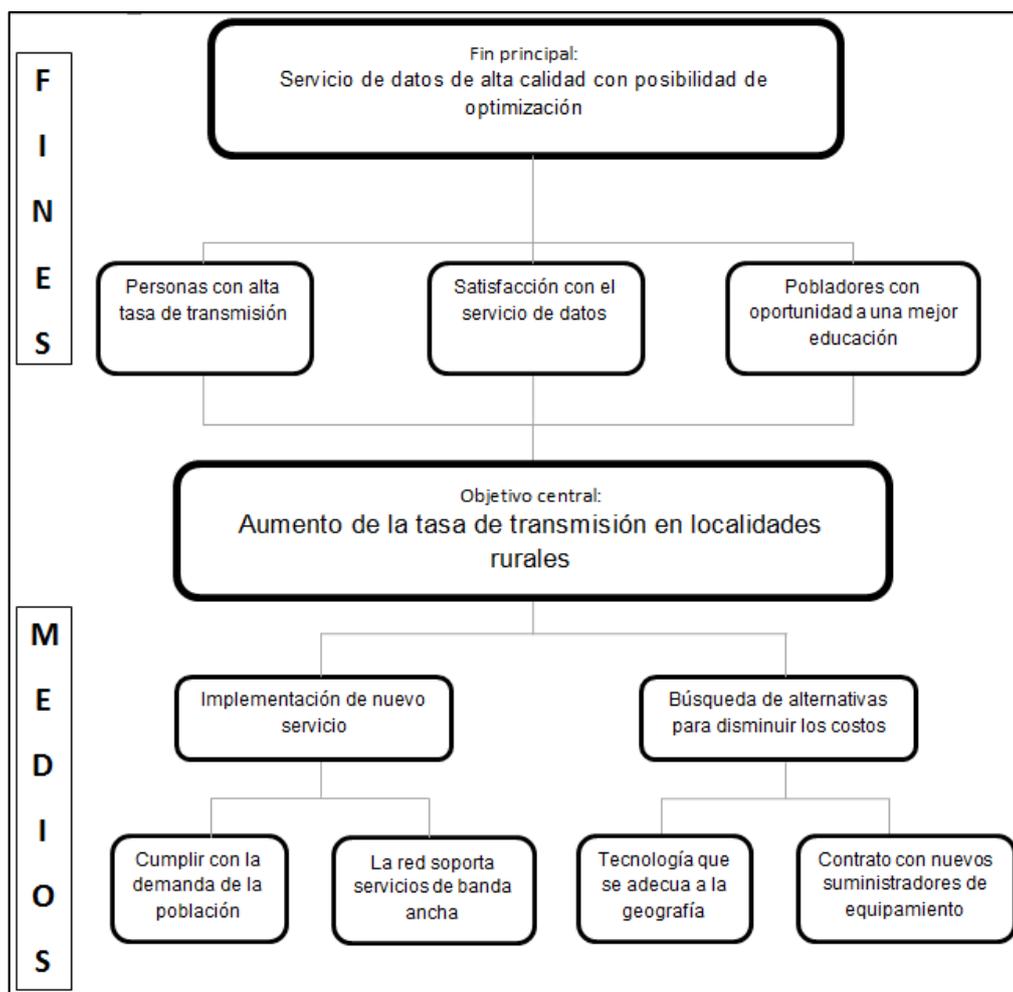


Fig. 1.2: Árbol de objetivos: Medios y fines  
Fuente: Elaboración propia

El objetivo principal de este proyecto es la implementación del servicio de tercera generación, esta red podrá soportar servicios de banda ancha y tendrá la posibilidad de mejorar la tecnología de acceso incrementando la tasa de transmisión, capaz de soportar la demanda a futuro.

### 1.5 Alternativas de solución

Para poder llegar a distintas partes del país, se pueden utilizar varios medios de transmisión. Cada medio de transmisión es una tecnología diferente y cumple con distintos escenarios. Por lo tanto cada solución significa una alternativa:

- Utilizando una red de transporte vía enlace microonda
- Utilizando una red de transporte vía enlace satelital
- Utilizando una red de transporte mediante fibra óptica

El análisis de las alternativas mencionadas se realizará en un capítulo posterior.

## **1.6 Objetivos y alcances del proyecto**

### Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es la implementación del servicio de tercera generación, la cual permitirá a los pobladores contar con un servicio de datos de alta disponibilidad. Además, se obtendrá lo siguiente:

- Estándar a nivel mundial
- Alta tasa de transmisión
- Soporte de servicios multimedia
- Calidad de servicio en la red móvil
- Integración de la red terrestre
- Uso más eficiente de los recursos de radio

### Alcances

Para definir el alcance de una red de tercera generación hay que tener en cuenta una variedad de factores que afectan su cobertura. Algunos de estos factores son:

- La potencia de transmisión
- El tipo de ganancia de la antena
- La ubicación de la estación base
- El terreno donde se encuentra la cobertura de la celda

La apropiada revisión de los sitios, la correcta instalación, y una selección óptima de los equipos optimizará la capacidad de cobertura del servicio. Se realizarán cálculos que son de gran utilidad para analizar y tomar decisiones acerca del alcance de este proyecto.

A continuación, los alcances del proyecto:

- Red móvil con calidad de servicio
- Mejora en la tasa de transmisión
- Oportunidad de migrar a la tecnología HSDPA
- Oportunidad de migrar a la tecnología HSPA+
- Oportunidad de migrar a la tecnología DC-HSDPA

La red de tercera generación tiene muchas ventajas, ya que se pueden realizar actualizaciones con la cual mejora y optimiza los servicios.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

A continuación procederemos a realizar una descripción de las tecnologías, comenzando con un resumen de las tecnologías móviles, luego se mencionara a los organismos de estandarización, la arquitectura de la red de la cual se implementara en el proyecto; por ultimo una introducción de la tecnología 3G en el Perú.

#### **2.1 Tecnologías móviles**

Las redes celulares han ido evolucionando a través de los años. Los sistemas iniciales, las cuales son conocidas como “primera generación”, han sido remplazados con las soluciones de segunda y tercera generación. Sin embargo, hoy en día en el país, se está implementando las redes de cuarta generación.

##### **2.1.1 Sistemas móviles de primera generación**

Los sistemas móviles de primera generación no eran digitales, utilizaban técnicas de modulación analógica. Los principales sistemas incluyen:

AMPS (Advance Mobile Telephone System) – Esta apareció en 1976 en los Estados Unidos y fue principalmente implementado en las Américas, Rusia y Asia. Debido a la poca seguridad hizo que el sistema sea propenso a la clonación de celulares y al hacking del servicio.

TACS (Total Access Communication System) – Esta es conocida como la versión europea del AMPS pero con ligeras modificaciones como la operación en diferente banda de frecuencia.

ETACS (Extended Total Access Communication System) – Esta provee una versión mejorada del TACS. Permitiendo mayor número de canales y por ende, mayor capacidad de usuarios.

Estos sistemas analógicos eran basados en los sistemas FM y así mismo, éstas carecían de seguridad, servicio de datos significativos y roaming internacional.

##### **2.1.2 Sistemas móviles de segunda generación**

Los sistemas 2G utilizan tecnologías de acceso múltiple digital, tales como TDMA (Time Division Multiple Access) y CDMA (Code Division Multiple Access). La figura 1-1 ilustra algunos de los sistemas móviles 2G.

GSM (Global System for Mobile communications) – Es la tecnología de sistema 2G más exitosa. Al principio fue desarrollado por el ETSI para Europa y diseñada para operar en las bandas de frecuencias 900MHz y 1800MHz. Actualmente está implementado de

forma global y está disponible para implementarse en otras bandas de frecuencia, tales como 850MHz y 1900MHz. GSM utiliza el TSMA de tal forma que emplea 8 time slots en una portadora con un ancho de banda de 200KHz.

CdmaOne - Es un sistema CDMA (Code Division Multiple Access) basado en el IS-95, Usa una técnica de ensanchamiento de espectro, el cual incorpora una combinación de códigos y tiempo para identificar las celdas y canales. El ancho de banda es de 1.25MHz.

D-AMPS (Digital – Advanced Mobile Phone System) – Este un sistema basado en el IS-136 y es efectivamente una mejora del AMPS. Soporta una técnica de acceso TDMA. Fue usado al principio en Norte América, así como en Nueva Zelanda y partes de la región Asia-Pacífico.

Además de ser un sistema digital, existe una mejora tanto en capacidad y seguridad, estos sistemas digitales 2G también ofrecen servicios como SMS (Short Message Service) y servicio de datos de circuitos conmutados.

### 2.1.2.A Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema GSM ha sido probado ser muy exitosa, muchos de los nombres e ideas han sido adoptadas por otros sistemas. Sus conceptos básicos han sido incorporados en el nuevo sistema UMTS/W-CDMA 3G.

Los elementos principales del sistema son la Estación de Transceptor Base (BTS), el Controlador de Estación Base, el Centro de Conmutación Móvil (MSC) y las áreas de registro y autenticación (Fig. 2.2). Estos incluyen el registro de abonados locales (HLR), el registro de abonados visitantes (VLR), el registro de identidad de equipo (EIR) y el centro de autenticación (AuC).

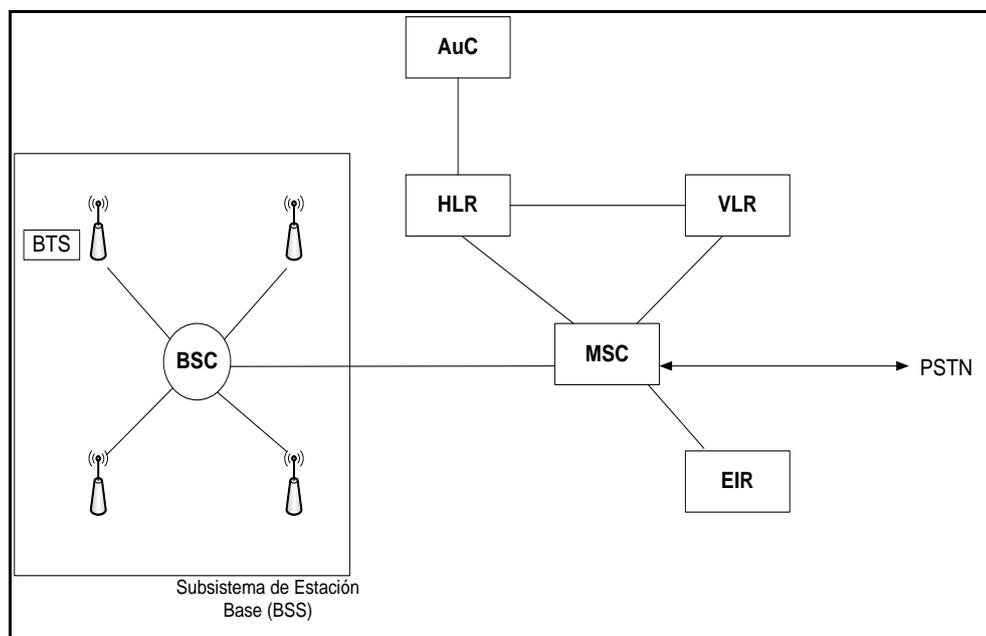


Fig. 2.2 Configuración de la Red GSM

Fuente: Creación propia

La BTS es el área de comunicación primaria con los móviles. La BTS transmite y recibe las señales de éstos utilizando los protocolos de interfaz. Luego, la BTS se enlaza con el BSC, el cual controla un pequeño grupo de BTS's. Este enlace se realiza mediante la interfaz conocida como interfaz A-bis. Así como las otras interfaces de los elementos de la red GSM, ahora está bien definido para permitir que equipos de diferentes fábricas funcionen conjuntamente.

La BSC gestiona una o más BTS's. Maneja la configuración del canal de radio, control de salto de frecuencia y los handovers. Se enlaza con el MSC mediante una interfaz conocida como la interfaz A. Una tarea adicional que maneja la BSC, es el traslado desde la velocidad de datos de 13Kbps usada en el radio enlace hacia el estándar de 64Kbps usada por la PSTN.

El núcleo del subsistema de red es el MSC, que actúa como un nodo de conmutación de la PSTN; además, éste se enlaza con el AuC para proveer autenticación permitiendo el acceso hacia la red solo a los usuarios. Se enlaza con el HLR y VLR para proveer información de ubicación para la red, por lo tanto, las llamadas pueden ser dirigidas a la BTS correcta.

### 2.1.3 Sistema móviles 2.5G

Muchos de los sistemas de 2G han llegado a evolucionar. Por ejemplo, GSM fue ampliado con el GPRS (General Packet Radio System) para soportar los servicios de paquete de datos de forma eficiente, así como el incremento de las velocidades de datos.

Debido a que estas mejoras no cumplen con los requisitos del 3G, GPRS es conocido como 2.5G. Se ha realizado una comparación de entre los sistemas 2G y 2.5G en la tabla 2.1.

Sistema	Servicio	Velocidad de datos teórico	Velocidad de datos típico
2G GSM	Circuit Switched	9,6kbit/s or 14.4kbit/s	9,6kbit/s or 14.4kbit/s
2.5G GPRS	Packet Switched	171.2kbit/s	4kbit/s to 50kbit/s

Tabla 2.1. Comparación entre tecnologías

Fuente: Creación propia

#### 2.1.3.A Fundamento teórico del sistema GPRS

Debido a que el uso de la tecnología celular se hizo muy amplio, era obvio que el servicio de datos llegaría a ser el mayor generador de ingresos. A pesar de que muchos sistemas de segunda generación eran capaces de transportar información, el servicio era de baja velocidad. Para GSM, la máxima velocidad era de 14.4Kbps.

Como resultado, los desarrollos fueron hechos para permitir datos de mayor velocidad para ser transportadas sobre las redes. La primera fue conocida como High Speed Circuit Switched Data (HSCSD). A pesar de que nunca fue ampliamente desplegado, permitió que la velocidad de los datos sea más de 64Kbps mediante la combinación de slots de tiempo. Aunque esto permitió tener datos de alta velocidad, el concepto no fue tomado totalmente porque no hacía un uso eficiente de la red.

La mayor parte de la transferencia de datos ocurre en lo que es conocido como 'ráfagas' de tiempo. La transferencia ocurre en picos bajos, y permanece en reposo durante un tiempo. Esto significa que el canal se mantiene inactivo, aun cuando esta capacidad pueda ser usada para transferir datos por otros usuarios. Para solucionar este problema, un sistema llamado General Packet Radio Service (GPRS) fue creado. En lugar de utilizar un esquema de circuito conmutado, donde un circuito completo es dedicado a un usuario, este esquema usa paquete de datos y permite obtener un gran nivel de eficiencia.

Además, el mundo de la información está muy enfocado al Internet y los protocolos que este adopto. Los servicios de 3G tienen una estructura basada en IP, y con este sistema es mucho más fácil migrar a los estándares 3G como UMTS/W-CDMA.

### 2.1.3.B Estructura de la red GPRS

GPRS procura utilizar la infraestructura de red GSM en la medida que sea posible. Sin embargo, deben introducirse nuevos elementos y actualizar algunos de los ya existentes con el fin de soportar la conmutación de paquetes (Tabla 2.2). La red entre BSC y BTS es similar, pero detrás de ello, se necesita una nueva estructura que soporte el paquete de datos.

Elemento	Modificación necesaria
BTS	Actualización del <i>software</i>
BSC	Además de la actualización del <i>software</i> , se necesita la instalación de un nuevo <i>hardware</i> llamado <b>Packet Control Unit (PCU)</b> que encamina el tráfico de datos por la red GPRS
Red Troncal	Implementación de nuevos elementos de red (SGSN y GGSN)
Bases de datos	Actualización del <i>software</i> para soportar los nuevos modelos de llamada y las nuevas funcionalidades

Tabla 2.2. Modificaciones exigidas por GPRS en la red GSM

Fuente: Creación propia

La BTS no necesita incluir ningún hardware nuevo pero si de una modernización del software que ejecuta. El tráfico de usuario llega a la BTS a través del medio radioeléctrico y de ésta viaja a la BSC de la misma manera en que lo hacen las llamadas GSM. En la salida de la BSC se realiza la discriminación entre voz y datos, de manera que la voz se envía a la MSC convencional de GSM mientras que los datos se llevan a una nueva entidad llamada SGSN.

Cada BSC requiere de la instalación de una o más PCU y de una actualización del software. La PCU constituye la interfaz del BSS, desde el punto de vista lógico y físico, para el tráfico de datos. Los datos desde la BSC son encaminados a través de lo que se llama Serving GPRS Support Node (SGSN), se trata de una MSC que puede conmutar paquetes y se encarga enviarlos a las terminales móviles (MS) de su área de servicio y de las funciones de gestión de la movilidad. Además, el SGSN constituye la puerta de enlace a los servicios dentro de la red.

La SGSN brinda un número de funciones a los móviles que cuentan con un servicio de datos. Permite la autenticación, luego hace un seguimiento de la ubicación del móvil dentro de la red y asegura que la calidad del servicio está de acuerdo a lo requerido.

El Gateway GPRS Support Node (GGSN), el cual constituye la puerta de enlace al mundo exterior, son los enlaces a redes externas u otros proveedores de servicios GPRS. Realizan labores de encaminamiento de los paquetes de usuario y la traducción de direcciones.

Las terminales de usuario son completamente distintas a los de GSM. Los terminales GPRS pueden ser de 3 tipos, en función a los servicios que soportan. En primer lugar, tenemos a los terminales de Clase A que son capaces de realizar o recibir llamadas de los dos tipos de servicio simultáneamente. Los terminales de Clase B monitorizan los canales GSM y GPRS a la vez pero no pueden establecer una conmutación simultánea. Y los terminales de clase C en los que el usuario debe seleccionar el tipo de servicios al que quiere conectarse.

Para los protocolos de red existen 2 capas que son usadas y soportadas por GPRS, estas son IP y X25. En operación, los protocolos asignan direcciones (Packet Data Protocol o PDP addresses) a los dispositivos en la red, con el propósito de encaminar los datos sobre el sistema. Por lo tanto, el GGSN aparece como puerta de enlace de datos hacia la red de paquetes publica, y por consiguiente los usuarios que son móviles no pueden ser identificados.

En operación, el móvil debe ingresar al SGSN y activar su dirección PDP. Esta dirección es suministrada por el CGSN, el cual está asociado con el SGSN. Como resultado, el móvil puede ingresar solo a un SGSN, una vez asignada su dirección, este

puede recibir datos desde múltiples GGSNs usando múltiples direcciones PDP. A continuación mostraremos la figura 2.3 donde se aprecia la Red GPRS.

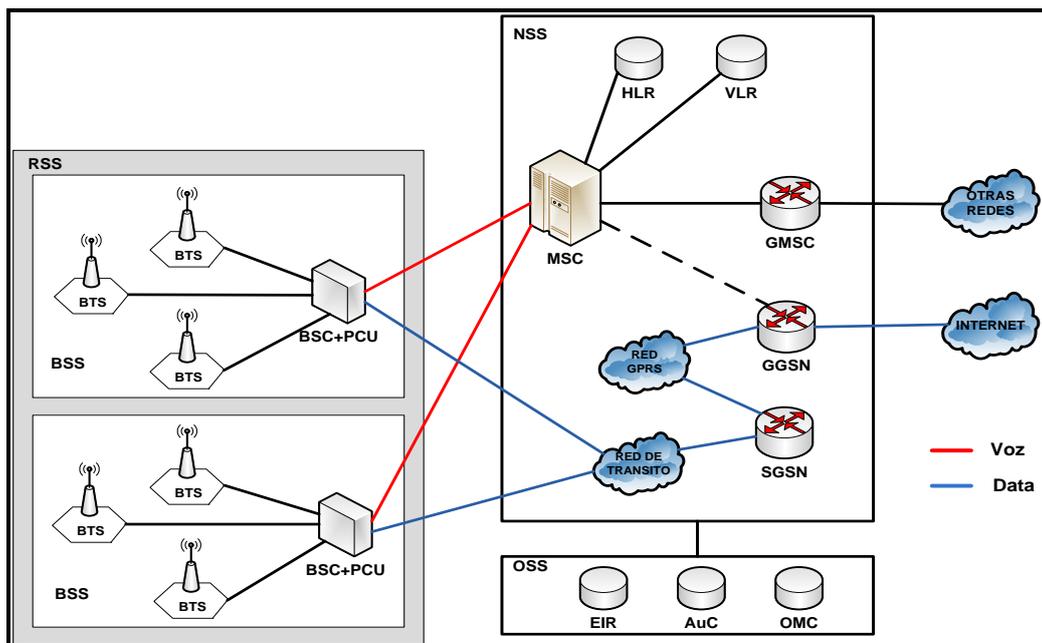


Fig.2.3 Red GPRS  
Fuente: Creación propia

## 2.1.4 Sistemas móviles 2.75G

Los sistemas GSM/GPRS también añadieron el EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution). Este sistema casi cuadruplica el throughput del GPRS. La velocidad de datos teórico es de 473.6kbit/s provee los servicios multimedia de forma eficiente. EDGE es considerado como un sistema 2.75G porque no cumple los requerimientos de un sistema 3G.

### 2.1.4.A Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE)

EDGE es una evolución de GSM, teniendo velocidad de datos más altos pero usando sustancialmente el mismo equipo de la red. Efectivamente, es una actualización de GPRS. Aunque las actualizaciones son requeridas en la estación base, así como las diferencias que hay en la interfaz de radio, la capacidad de la red central permanecen virtualmente sin cambios, permitiendo la migración hacia el nuevo estándar.

Una de las grandes diferencias entre EDGE y GPRS, es que EDGE usa una forma diferente de modulación. GPRS usa el GMSK (usado en GSM), mientras que EDGE, para obtener grandes velocidades, utiliza un formato de modulación de más alto orden en la forma de 8PSK. Esto significa que en vez de una carga útil máxima de 116 bits, como en el caso de GPRS, este llega a 464 bits.

La tecnología de paquetes usada en GPRS es llevada hacia EDGE, y esto significa que las actualizaciones requeridas se realizaran dentro de la BTS para que pueda transmitir y recibir la modulación 8PSK.

EDGE ofrece una mejora en la velocidad más que GPRS, pero esta solo se consigue en condiciones ideales. Las condiciones óptima de radio solo ocurre cuando la señal en ambas direcciones son suficientemente fuertes, y esto normalmente implica que el móvil este razonablemente cerca de la estación base. Una vez que el móvil empiece a moverse, ocurren variaciones en el nivel de la señal y estos degradan la calidad del enlace.

A pesar de que 8PSK es un formato de modulación de orden más alto, permite un incremento de tres veces en la velocidad de datos, y esto afecta a la resistencia al ruido. Se encontró de que 8PSK es considerablemente más sensitivo al ruido que el GMSK, y esto es el por qué la velocidad más alta ocurre solo en buenas condiciones de la señal.

Los móviles equipados con EDGE pueden ser usados tanto por el circuito de voz conmutada y paquete de datos conmutados. Estos también pueden operar en redes GPRS. En realidad, el móvil usará la modulación 8PSK de más alto orden solo cuando las condiciones son ideales, regresando a la modulación GMSK cuando el enlace no es óptimo para 8PSK.

Los móviles son agrupados en grupos dependiendo de sus capacidades. EL equipo Clase 'A' puede soportar voz GSM simultaneo con datos GPRS/EDGE; el equipo de Clase 'B' puede soportar voz GSM y datos GPRS/EDGE, pero no simultáneamente; y el equipo de Clase 'C' solo puede soportar servicios de datos GPRS/EDGE pero no servicios de voz.

<b>Sistema</b>	<b>Servicio</b>	<b>Velocidad de datos teórico</b>	<b>Velocidad de datos típico</b>
2G GSM	Circuit Switched	9,6kbit/s o 14.4kbit/s	9,6kbit/s o 14.4kbit/s
2.5G GPRS	Packet Switched	171.2kbit/s	4kbit/s to 50kbit/s
2.75 EDGE	Packet Switched	473.6kbit/s	120kbit/s

Tabla 2.3. Comparación entre los sistemas 2G, 2.5G y 2.75G

Fuente: Creación propia

#### **2.1.4.B Operación**

La operación completa de una red EDGE es virtualmente idéntica a la de GPRS. Se usan los mismos componentes principales de la red, ya que es una migración de una a otra permitiendo mayor velocidad de datos. En realidad, las diferencias están en la interfaz de radio. El nuevo esquema envía datos más rápido y es más adaptativo en términos del esquema de modulación y de codificación usados, de esta manera se

consigue el mejor rendimiento. Es posible para en una red operen simultáneamente llamadas GSM, GPRS y EDGE. Las principales actualizaciones están en la estación base, donde requiere nuevo hardware para habilitar la transmisión de 8PSK así como la modulación GMSK.

### **2.1.5 Sistemas móviles de tercera generación**

Los sistemas de 3G, los cuales están definidos por el IMT2000 (International Mobile Telecommunication - 2000), establece que éstos deben ser capaces de proveer transmisiones de alta velocidad. Las principales tecnologías 3G están ilustradas en la figura 2.4, estas incluyen:

WCDMA (Wideband CDMA) – Esta tecnología fue desarrollada por el 3GPP (Third Generation Partnership Project) Existen muchas variaciones en este estándar, incluyendo el TD-CDMA y TD-SCDMA. WCDMA es la siguiente evolución de las redes GSM/GPRS. Es un sistema basado en FDD (Frequency Division Duplex) y ocupa una portadora de 5MHz. WCDMA soporta servicios de voz y multimedia con una velocidad teórica de 2Mbps; sin embargo, muchos proveedores de servicios ofrecen 384Kbps por usuario. Esta tecnología sigue evolucionando y las últimas publicaciones del 3GPP muestran un aumento de la velocidad de hasta unos 40Mbps.

TD-CDMA (Time Division CDMA) – Esta tecnología se la conoce como UMTS TDD (Time Division Duplex) y es parte de las especificaciones del UMTS; sin embargo, tiene limitaciones. El sistema utiliza una combinación de CDMA y TDMA para habilitar recursos.

TD-SCDMA (Time Division Synchronous CDMA) – Fue desarrollado conjuntamente con Siemens y el CATT (China Academy of Telecommunications Technology). TD-SCDMA tiene semejanzas a las especificaciones del UMTS y se le identifica como UMTS-TDD LCR.

CDMA2000 – Es una tecnología de portadora múltiple el cual utiliza el CDMA.

Actualmente es un conjunto de estándares, incluyendo CDMA2000 EV-DO, cual tiene muchas revisiones. Cabe indicar que el CDMA2000 es compatible con cdmaOne.

Debido a que el proyecto se basa en este sistema, se realizará una descripción detallada de este sistema móvil en una sección posterior de este capítulo.

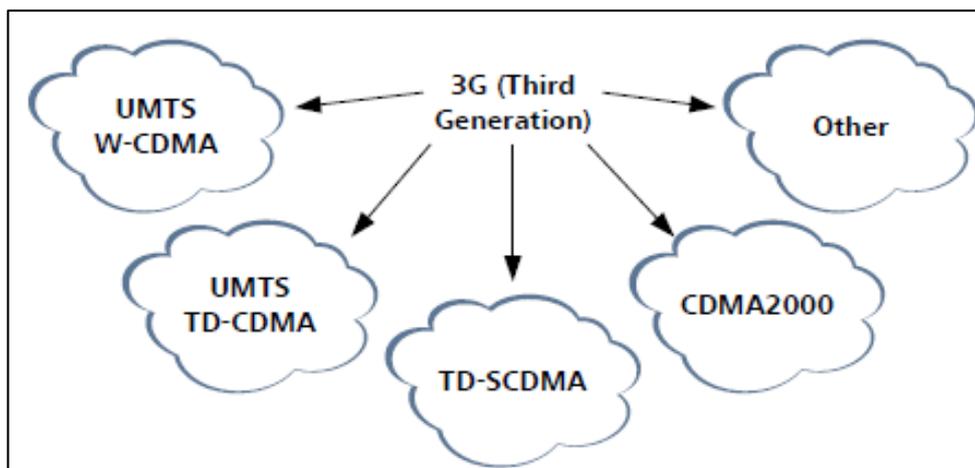


Fig. 2.4 Sistemas móviles de tercera generación  
Fuente: LTE/SAE System overview, Huawei Technologies

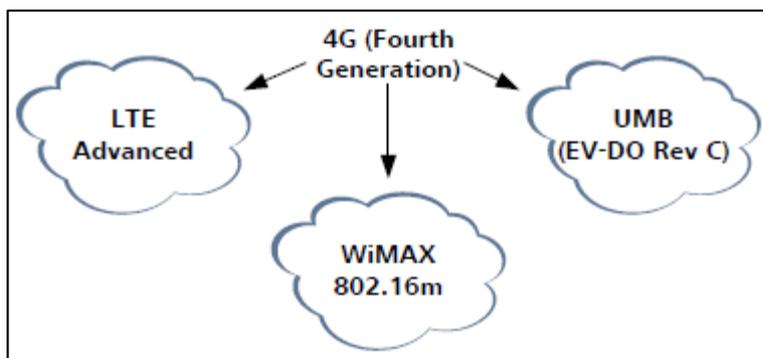
WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) – Esta tecnología satisface los requerimientos 3G del IMT2000. La interface de aire es parte del estándar 802.16 de la IEEE la cual originalmente está definida como sistemas PTP (Point-To-Point) y PTM (Point-To-Multipoint). Luego fue mejorado para proveer movilidad y más flexibilidad. El éxito de WiMAX se debe principalmente al “WiMAX Forum”, una organización formada para promover conformidad e interoperabilidad entre los fabricantes.

### 2.1.6 Sistemas móviles de cuarta generación

Los sistema celulares 4G necesitan cumplir ciertos requisitos antepuestos por la ITU (International Telecommunication Union) como parte del IMT Advanced. En la tabla 2.4 se aprecia los requisitos para cubrir las necesidades cambiantes del usuario.

Características claves del IMT Advanced
Un alto grado de funcionalidad global y reteniendo la flexibilidad para soportar un gran rango de servicios y aplicaciones de una manera eficiente.
Compatibilidad de los servicios dentro del IMT y las redes fijas.
Capacidad de interconexión con otros sistemas de radio acceso.
Servicio de alta calidad.
Un equipo móvil adecuado.
Servicios, equipos, aplicaciones fáciles de usar.
Capacidad de roaming a nivel mundial.
Velocidad de datos mejorado para soportar servicios y aplicaciones.

Tabla 2.4 Características claves del IMT Advanced  
Fuente: LTE/SAE System overview, Huawei Technologies



Cuadro 2.5 Sistemas móviles de cuarta generación

Fuente: LTE/SAE System overview, Huawei Technologies

LTE (Long Term Evolution) – LTE es parte de la familia de especificaciones 3GPP, sin embargo, esta no necesita cumplir con todas las características del IMT Advanced. Por otro lado, LTE Advanced es parte de los últimos release del 3GPP y ha sido diseñado específicamente para cumplir los requisitos de 4G.

WiMAX 802.16m – La IEEE y el WiMAX Forum han identificado el 802.16m como su oferta para el sistema 4G.

UMB (Ultra Mobile Broadband) – Esta tecnología se identifica como EV-DO Rev C. Es parte del 3GPP2, sin embargo, muchos fabricantes y proveedores de servicios han decidido promover el LTE.

### 2.1.7 Releases del 3GPP

El desarrollo de GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSPA y LTE está en estados conocidos como Releases. Los fabricantes de hardware y desarrolladores de software utilizan los releases como parte de su guía de desarrollo. La figura 2.6 ilustra los principales releases del 3GPP, que incluye las mejoras principales de la interfaz de radio. Además, se presenta el aumento de la tasa de velocidad de forma progresiva como producto de la evolución de las tecnologías.

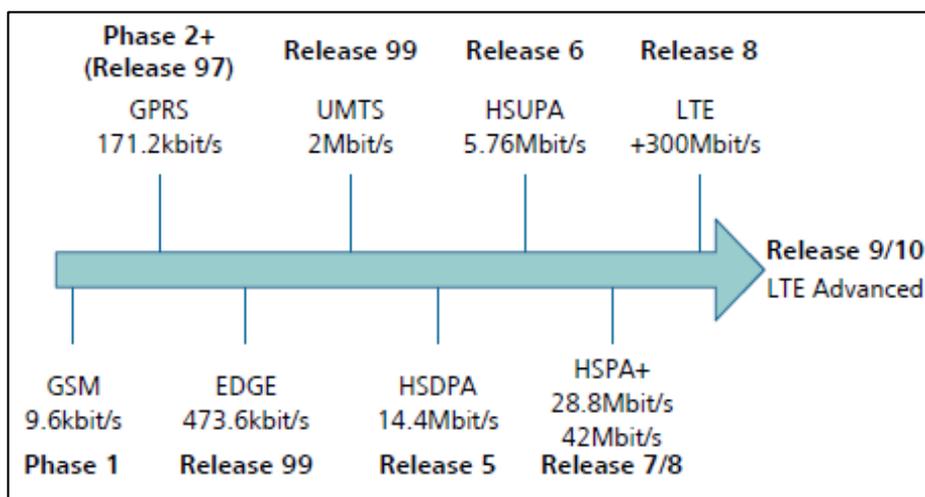


Fig. 2.6 Releases del 3GPP

Fuente: LTE/SAE System overview, Huawei Technologies

## 2.2 Organismos de estandarización

En la actualidad los organismos de estandarización se han asegurado que las tecnologías, que cada vez se modifican y evolucionan a través del tiempo, cumplan ciertos requisitos con el objetivo de poder ser utilizadas de forma internacional.

La estandarización es la redacción de normas que se establecen para poder garantizar la funcionalidad de los elementos fabricados independientemente.

La normalización es un proceso, en el cual se elabora, aplica y mejora las normas que se aplican a ciertas actividades científicas, industriales o sean estas económicas con el fin de ordenarlas y mejorarlas. A continuación hablaremos de los organismos de estandarización más reconocidos:

.Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS, Estados Unidos).

ATIS es una organización de desarrollo y planificación técnica que tiene como compromiso el rápido desarrollo y promoción de estándares técnicos y operativos para las comunicaciones y relacionados con la industria mundial usando un enfoque pragmático, flexible y abierto.

European Telecommunications Standards Institute (ETSI, Europa)

ETSI es una organización de estandarización independiente, sin fines de lucro, en la industria de las telecomunicaciones en Europa. ETSI tuvo mucho éxito al estandarizar Radio de Baja Potencia, Equipo de Poco Alcance, sistema celular GSM y el sistema de radio móvil profesional TETRA. ETSI es oficialmente responsable de la estandarización de Tecnologías de Información y Comunicación (ICT) dentro de Europa. Estas tecnologías incluyen telecomunicaciones, radiodifusión y electrónica médica.

Entidad normativa 3GPP

El foro 3rd Generation Partnership Project, conocido por sus siglas 3GPP, es un acuerdo que surgió de la colaboración entre diferentes organismos de estandarización para el desarrollo y evolución de especificaciones técnicas del estándar WCDMA de IMT-2000, que es la base del sistema UMTS.

El objetivo principal del 3GPP es la elaboración de especificaciones del sistema UMTS, pero no de la definición de las normas finales, a cargo de los pertinentes organismos de estandarización, aunque en la práctica las recomendaciones del 3GPP suelen ser adoptadas y normalizadas por dichos organismos.

El 3GPP se compone de un denominado Project Coordination Group, que se encarga de las tareas de gestión general del 3GPP, y a cuyas reuniones asisten los representantes de las entidades constituyentes. Junto con ellos habitualmente se admite

la presencia y participación, aunque sin derecho a voto, de organizaciones orientadas a algún aspecto concreto del mercado de telecomunicaciones. De este modo organizaciones como GSA (Global Mobile Suppliers Association), GSM Association, UMTS Forum, o IPv6 Forum participan de los debates.

Junto con el grupo de coordinación, el 3GPP cuenta con diferentes grupos para desarrollar especificaciones técnicas, que a su vez se dividen en varios grupos de trabajo.

#### Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Es una asociación mundial dedicada a la estandarización. Tiene cerca de 400,000 miembros y voluntarios en 160 países; es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de distintas ramas como ingeniero eléctricos, ingenieros electrónicos, ingenieros de informática, ingenieros de mecánica, científicos de la computación. La IEEE aprobó el estándar del WiMAX MÓVIL, el 802.16e, que permite utilizar este sistema de comunicaciones inalámbricas con terminales en movimiento. Cabe indicar que el WiMAX Forum; un consorcio de empresas que certifica y promueve la compatibilidad e interoperabilidad de productos inalámbricos de banda ancha, se basa en el estándar IEEE 802.16.

### **2.3 Tecnologías de tercera generación**

Los sistemas 3G, los cuales están definidos por el IMT2000 (International Mobile Communication 2000), establece de que deben cumplir con la capacidad de proveer velocidades de transmisión más altas, por ejemplo: 2Mbit/s.

UMTS es el sistema de tercera generación, sucesor de la segunda generación basada en tecnología GSM, incluyendo GPRS y EDGE. A pesar de que UMTS usa una interfaz de radio totalmente diferente, los principales elementos de la red han estado migrando hacia los requerimientos de UMTS con la introducción de GPRS y EDGE. De esta manera, la transición de GSM a UMTS no requiere una gran inversión.

UMTS, el cual utiliza banda ancha CDMA (WCDMA), ha tenido una historia muy larga. A pesar de que los primeros sistemas 2G fueron los primeros en desplegarse, se tenía muy claro que no iba abastecer la demanda por siempre. Por lo tanto, se requerirían nuevas tecnologías que fueran capaces de proveer nuevos servicios y facilidades.

El próximo paso en el desarrollo surgió cuando la Unión Internacional de Telecomunicaciones comenzó a definir el sistema, y el Sistema de Telecomunicaciones Móviles Internacional 2000 (IMT 2000) comenzó a tomar forma. Con el objetivo de manejar el nuevo estándar, un grupo conocido como el 3GPP fue establecido. En realidad, 3GPP (Third Generation Partnership Project) es una cooperación global entre 6

organizaciones que son reconocidas como los principales grupos de estandarización en el mundo.

### 2.3.1 Servicios de la tecnología UMTS

Compatible con la amplia variedad de servicios y aplicación 2G, el sistema 3G tiene una plataforma de servicio integrada que provee una gama de servicios.

En una nueva arquitectura, se generan más capacidades para los nuevos servicios, y más tipos de servicios son disponibles. La característica de los servicios varían grandemente, por lo tanto las características difieren. Las características de los servicios son los siguientes:

- Compatible con todos los servicios prestados por GSM
- Los servicios de tiempo real (conversational) tales como el servicio de voz, generalmente cumple un requisito de QoS.
- Se introduce el concepto de servicio multimedia (streaming, interactive, background).

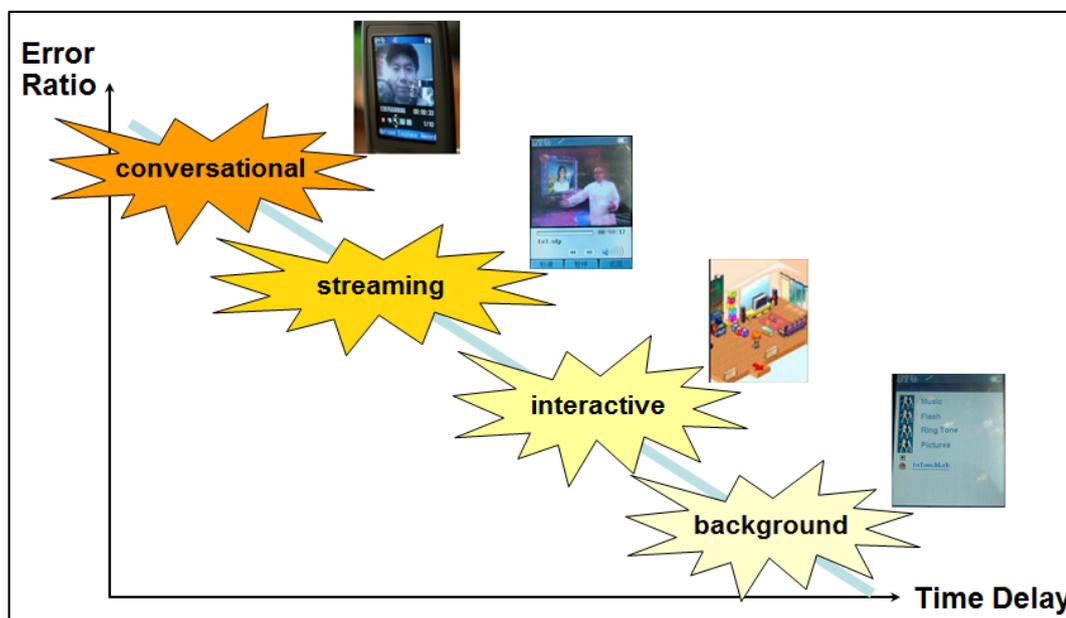


Fig. 2.7 Tipos de servicios del sistema 3G  
Fuente: HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

### 2.3.2 Capacidades

UMTS utiliza el W-CDMA como estándar de radio transmisión. Emplea un canal de 5MHz de ancho de banda (más amplio que el ancho de banda de 1.25MHz del canal cmdaOne/CDMA2000 1XRTT), y como tal tiene la capacidad de llevar más de 100 llamadas simultáneas, o llevar datos a velocidades más de 2Mbps en su forma original. Sin embargo, con las últimas mejoras incluidas en versiones posteriores al estándar, las

nuevas tecnologías (incluyendo HSDPA y HSUPA) han permitido velocidades de transmisión de 14.4Mbps.

Acceso Mejorado	Ofrece un acceso de banda ancha con las siguientes características: -Transmisión a 2Mbps para uso fijo, 384Kbps garantizados -Transmisión en tiempo real -El usuario está conectado a la red continuamente
Servicios avanzados	-Video streaming y videoconferencia -servicios multimedia -Internet de alta velocidad -Aplicaciones multimedia con gráficos, sonidos y videos. -Personalización y adaptación por perfil, lugar y tiempo
Calidad de servicio	-Velocidad/calidad de servicio garantizada. -Posibilidad de ofrecer datos y voz en paralelo. -Tecnología más resistente a interfaces lo que implica un índice menor de error para aplicaciones de datos.

Tabla 2.5. Características básicas de UMTS

Fuente: Creación propia

Muchas de las ideas que fueron incorporadas en GSM han sido tomadas y mejoradas en UMTS. Elementos como el SIM ha sido transformado a USIM (universal SIM). Además, La red ha sido diseñada tal que las mejoras empleadas para GPRS y EDGE pueden ser usadas para UMTS. De esta manera, la inversión requerida se hace mínima.

En UMTS existen especificaciones que permiten los modos FDD y TDD. Los primeros modos a ser empleadas son los modos FDD, donde el uplink y el downlink están en frecuencias diferentes. El espacio entre ellas es de 190MHz para las redes de Banda 1, siendo actualmente usadas y desplegadas. Sin embargo, el modo TDD, donde el uplink y el downlink están divididas en el tiempo con las estaciones bases, y los móviles transmiten alternativamente en la misma frecuencia obteniendo una variedad de aplicaciones. Una ventaja adicional surge debido a que más datos son transportados en el downlink como resultado de la navegación en Internet, descarga videos y cosas como estas. Esto nos da a entender que muchas veces es mejor dar más capacidad al downlink pero esto no es posible si usamos el espectro pareado. Sin embargo, cuando se usa un sistema TDD es posible alterar el balance entra las transmisiones del uplink y downlink para acomodar este desbalance y de tal modo mejorar la eficiencia. De esta manera, los sistemas TDD pueden ser altamente eficientes cuando usa pico celdas para transporte de datos de Internet.

### 2.3.3 Arquitectura de la red

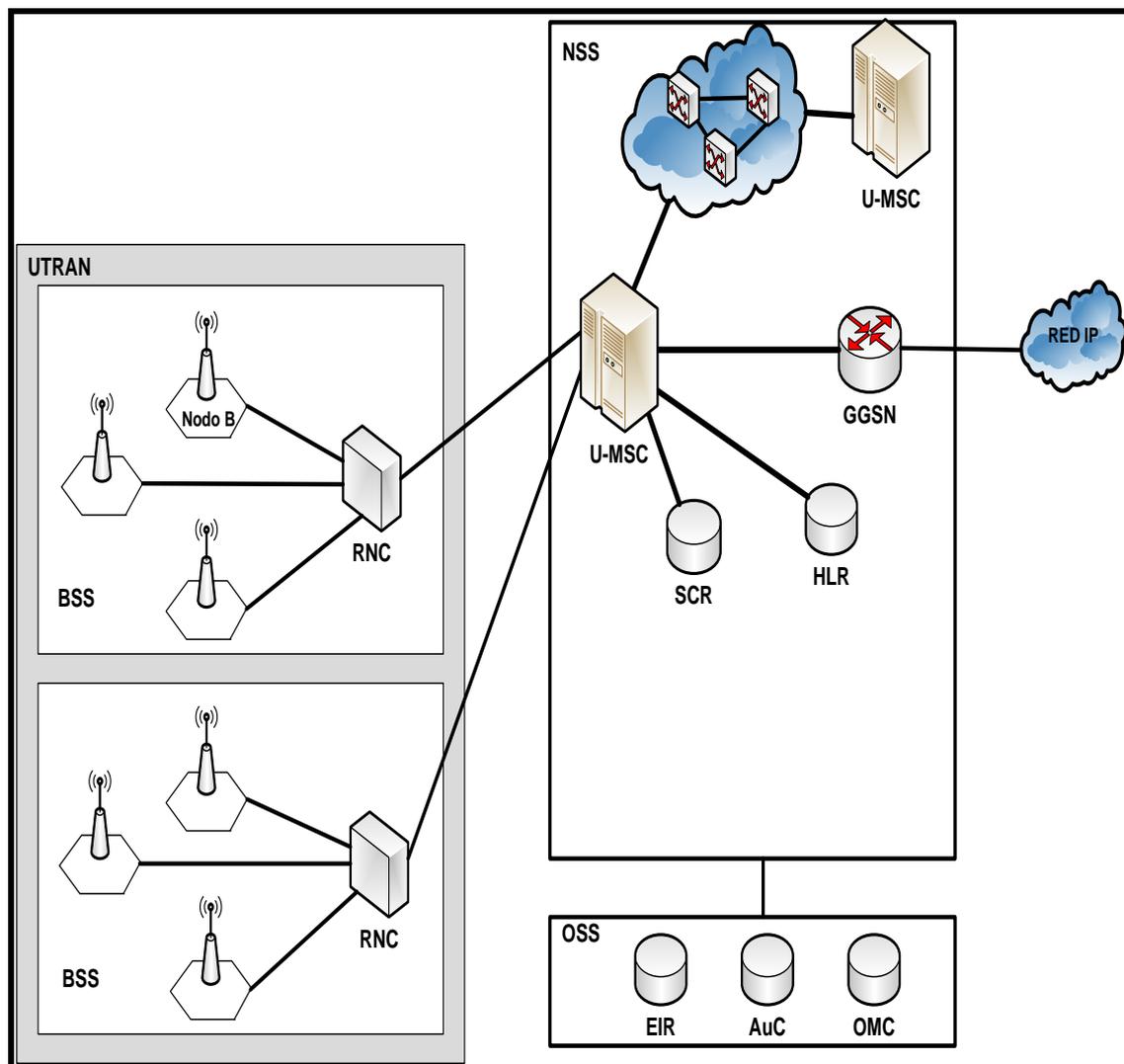


Fig. 2.8 Red UMTS  
Fuente: Creación propia

Un sistema UMTS está compuesto por 3 subredes de características diferentes: la red de acceso radio (RNS, Radio Network System), la red de transporte (CN, Core Network) y la red de nodos que soporta los servicios. El estándar contempla que la red de acceso pueda ser de dos tipos, terrestre y vía satélite, aunque en estos momentos se están desplegando únicamente las terrestres (UTRAN, UMTS Terrestrial Radio Access Network), y se observan en la figura 2.8

Como se puede observar, esta arquitectura es una evolución de las redes de transporte GSM/GPRS, con una arquitectura partida con conmutadores MSC/GGSN/U-MSC de circuitos y paquetes ATM. Sin embargo, su elemento diferenciador del UMTS es su red de acceso y esta determina las características de los servicios. Hablamos de una

red de acceso radioeléctrico que realiza la asignación y liberación de recursos radio para permitir la comunicación con los UE (User Equipment). Está formada por un conjunto de nodos B distribuidos por la zona de cobertura, cada una de las cuales puede controlar varias células. Existe una amplia variedad de nodos B que permiten escalar la capacidad del sistema a las necesidades concretas de cada ubicación; de esta forma, encontramos nodos B tanto interior como exterior, micro, mini y macro celdas.

Los nodos B están controlados por unos nodos de control denominados RNC (Radio Network Control). Los RNC se conectan a centros de conmutación U-MSC para la conexión con otras redes y se encargan de gestionar y optimizar los recursos de radio, establecer y liberar las conexiones, realizar el handover, el control de potencia y de la movilidad de los terminales.

Entre todos estos elementos funcionales, se define una serie de interfaces y esta se aprecia en la tabla 2, la interfaz más característica es la que conecta el UE con el nodo B ya que esta definirá la capacidad del acceso y el verdadero cuello de botella de la red.

<b>Interfaz</b>	<b>Descripción</b>
Uu	Interfaz entre el UE y el nodo B
Iub	Interfaz entre el nodo B y el RNC
Iur	Interfaz de conexión entre RNC distintos
Iu	Interfaz entre RNC y UMSC

Tabla 2.6 Interfaz de conexión UMTS  
Fuente: Creación propia

### **2.3.3.A Nodo B**

El nodo B viene a ser la estación base del sistema WCDMA, y es interconectado con el RNC a través de la interface Iub para procesar los protocolos de capa física de la interface Uu. La función principal del nodo B es realizar el spreading/de-spreading, modulación/demodulación, codificación de canal/recodificación y conversión entre la señal de banda base y la señal RF.

### **2.3.3.B RNC (Radio Network Controller)**

El RNC implementa funciones tales como establecimiento y liberación de conexiones, handover, macro diversidad, gestión y control de los recursos de radio. Los detalles son los siguientes:

- Provee el sistema de información broadcast y funciones del sistema de control de acceso.
- Provee funciones de gestión de movilidad así como handover y transición de RNC.
- Provee gestión de recursos de radio y funciones de control tales como combinación de macro diversidad, control de potencia y ubicación de recursos de radio.

### **2.3.3.C Equipo de Usuario (UE)**

El equipo de usuario es muy parecido al equipo móvil de GSM. Consiste de una variedad de elementos diferentes, incluyendo circuitos RF, procesamiento, antena, batería y cosas así. El estándar UMTS/WCDMA, con muchas otras características y aplicaciones que funcionan, requiere niveles más altos de procesamiento que los que se necesitaban en GSM, GPRS y EDGE. En consecuencia, el desarrollo de programas tomó más tiempo de lo esperado y por tal motivo los teléfonos se demoraron en aparecer. Los niveles de integración requeridos fueron mucho más que los anteriores, y esto resultó en más gasto de la batería. Por este motivo, muchos circuitos integrados combinaron tanto RF análogo y áreas digitales del teléfono para reducir el número de componentes en los teléfonos.

El UE también contiene la tarjeta SIM, aunque en el caso de UMTS esta se conoce como USIM. Esta es una versión más avanzada de la tarjeta SIM usada en GSM y otros sistemas, pero tiene el mismo tipo de información.

### **2.3.3.D Subsistema de la Red de Radio**

La red de acceso de radio en su totalidad es conocida como UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). La UTRAN está dividida en Nodo B y RNC.

Esta es la sección que interconecta el UE con la red central. Contiene lo que aproximadamente equivale a la Estación Base (BTS) y el Controlador de Estación Base (BSC). Bajo la terminología UMTS, el transceptor de radio es conocido como el nodo B, esta se comunica con los diferentes UEs, y con el Controlador de la Red Radio (RNC) y se lleva a cabo a través de una interfaz conocida como Iub.

El RNC, componente de la Red de Acceso Radio (RAN), se conecta hacia la red central. Realiza funciones tal como el establecimiento y liberación de los recursos de radio, handover y gestión del control de los recursos de radio.

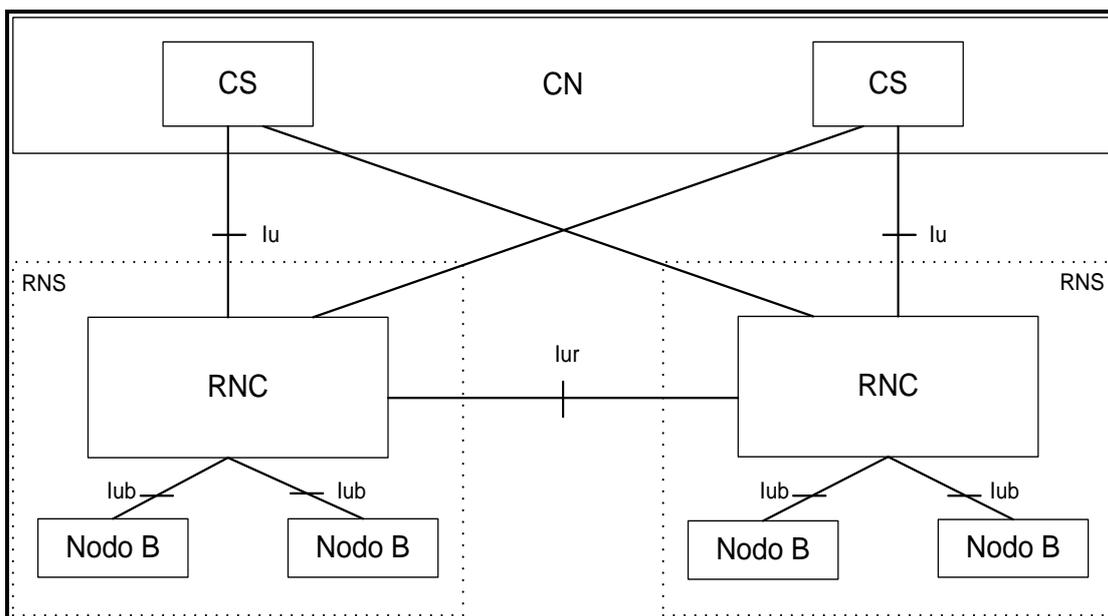


Fig. 2.9 Arquitectura de UMTS

Fuente: Creación propia

### 2.3.3. E La red central

La red central (CN) usada para UMTS, está basada en la combinación de elementos de conmutación de circuitos; usados para GSM, más los elementos de conmutación de paquetes que son usados en GPRS y EDGE. Por lo tanto, la red central está dividida en dominios de conmutación de circuito y conmutación de paquete. Alguno de los elementos de circuito conmutado son servicios de la MSC, VLR y GMSC. Los elementos del paquete conmutado son del SGSN y GGSN. Algunos elementos de la red, como EIR, HLR, VLR y AuC son compartidos por ambos dominios y operan en la misma manera como en GSM. Debemos resaltar que en el Release 4 (R4), la red central es la misma que en el R99, pero la diferencia es que la función del MSC del R99 es implementada por dos entidades separadas: MSC server y el MGW.

El Core Network R99 tiene los siguientes componentes y funciones:

MSC/VLR

	Interfaz	Elemento de Red
MSC/VLR	Iu-cs	UTRAN
	PSTN/ISDN	Redes externas (PSTN/ISDN)
	C/D	HLR/AuC
	E	MSC/VLR, GMSC o SMC
	CAP	SCP
	Gs	SGSN

Tabla 2.7 Interfaz de conexión del MSC/VLR

Fuente: Creación propia

Es un nodo funcional del dominio de Circuito Conmutado (CS) en una red WCDMA, sus principales funciones son las de control de llamada, gestión de movilidad, autenticación y encriptación del dominio CS. En la tabla 3, se muestra mediante que interfaces se conecta la MSC/VLR con otros elementos de la red.

#### GMSC

Es la puerta de enlace entre el dominio CS de una red WCDMA y una red externa, implementa funciones de enrutamiento de llamadas entrantes utilizando la función de VMSC. En la tabla 4, se muestra mediante que interfaces se conecta la GMSC con otros elementos de la red.

	<b>Interfaz</b>	<b>Elemento de Red</b>
GMSC	C	HLR
	PSTN/ISDN	Redes externas (PSTN/ISDN)
	CAP	SCP

Tabla 2.8 Interfaz de conexión del GMSC

Fuente: Creación propia

#### SGSN

Es un nodo funcional del dominio de Conmutación de Paquete (PS) en una red WCDMA, sus principales funciones son las de enrutamiento, gestión de la movilidad, autenticación y cifrado del dominio PS. En la tabla 5, se muestra mediante que interfaces se conecta la SGSN con otros elementos de la red.

	<b>Interfaz</b>	<b>Elemento de Red</b>
SGSN	Iu-PS	UTRAN
	Gn/Gp	GGSN
	Gr	HLR/AuC
	Gs	MSC/VLR
	CAP	SCP
	Gd	SMC
	Ga	CG

Tabla 2.9 Interfaz de conexión del SGSN

Fuente: Creación propia

#### GGSN

Es un nodo funcional del dominio PS en una red WCDMA. Provee enrutamiento y encapsulamiento de los paquetes de datos entre la red WCDMA y la red de datos externa; además, actúa como un ruteador de todos los usuarios IP de la red WCDMA, y

es necesario para intercambiar información con las redes externas. En la tabla 6, se muestra mediante que interfaces se conecta la SGSN con otros elementos de la red.

	Interfaz	Elemento de Red
GGSN	Gi	Redes de datos externos
	Gn/Gp	SGSN

Tabla 2.10 Interfaz de conexión del GGSN

Fuente: Creación propia

## HLR

Es un nodo funcional compartido para los dominios CS y PS en una red WCDMA. Sus principales funciones son la de almacenar la información de los suscriptores, soportar nuevos servicios y proveer una función mejorada de autenticación.

	Interfaz	Elemento de Red
HLR	C	MSC/VLR o GMSC
	Gr	SGSN
	Gc	GGSN

Tabla 2.12 Interfaz de conexión del GGSN

Fuente: Creación propia

La arquitectura de la red central podría cambiar debido a los nuevos servicios y características introducidas. La base de datos de la Portabilidad Numérica (NPDB) será usada para permitir a los suscriptores cambiar el proveedor del servicio manteniendo su número telefónico. El Gateway de Registro de Ubicación (GLR) podría ser usado para optimizar el manejo de los usuarios entre los límites de la red. MSC, VLR y SGSN se pueden combinar para llegar a ser un MSC de UMTS.

### 2.3.4 Interfaz de Radio UMTS

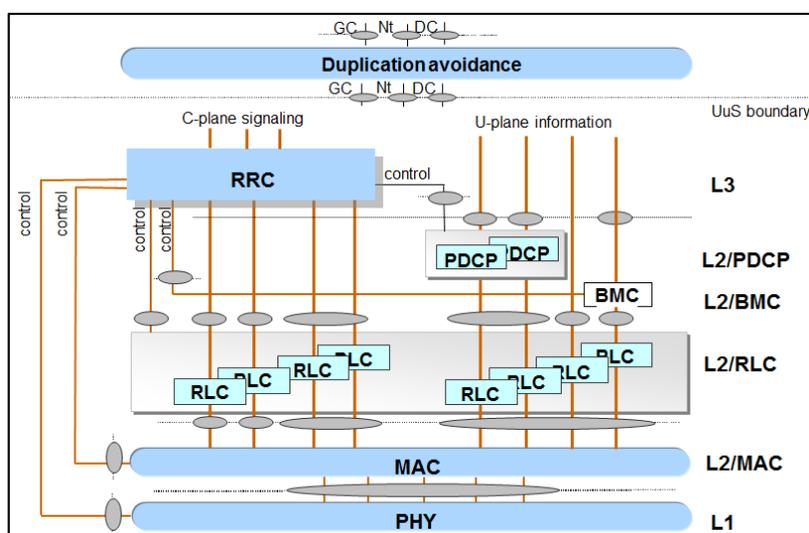


Fig. 2.10 Estructura del protocolo de la interfaz Uu

Fuente: HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

La interfaz Uu, basada en el acceso radio CDMA, presenta dos modos de funcionamiento (UTRA-FDD y UTRA-TDD) y en una nueva interfaz, denominada lu, la cual conecta el subsistema de radio con la red de transporte.

El modo de acceso UTRA-FDD o acceso radio CDMA de banda ancha (WCDMA) reparte todo su espectro en portadoras de 5MHz en dos bandas pareadas una para el uplink (1920 – 1980MHz) y otra para el downlink (2110 - 2170MHz) haciendo así posible la comunicación bidireccional sobre frecuencias separadas.

Sin embargo, en el modo UTRA-TDD, la comunicación bidireccional se consigue mediante la división temporal de 15 slots de 667  $\mu$ s de cada portadora. El RNC se encarga de determinar el sentido de la comunicación en cada slot. Como se explicó anteriormente, esta sería adecuada para tráfico asimétrico, como en el caso del acceso a Internet. Las bandas reservadas para portadoras de este modo son 1900 - 1920MHz y 2010 - 2025MHz.

Estructura del protocolo de la interfaz Uu

- a) La capa 1 soporta todas las funciones requeridas para la transmisión de flujos de bits en el medio físico. Está a cargo de las funciones de medida que consiste en indicar a las capas superiores; por ejemplo, errores de tramas, interferencia de señales, interferencia de potencia y potencia de transmisión.
- b) El protocolo de capa 2 es responsable de proveer funciones tales como asignación, cifrado, retransmisión y segmentación. Está compuesta por 4 sub capas: MAC (Control de Acceso al Medio), RLC (Control de Enlace de Radio), PDCP (Protocolo de Convergencia de Paquete de Datos) y BMC (Control de Broadcast/Multicast).
- c) La capa 3 está dividida en dos partes: el “estrato acceso” y el “estrato no acceso”. El estrato de acceso es parte de la entidad RRC (Radio Resource Control).

### 2.3.5 Recursos del UTRAN

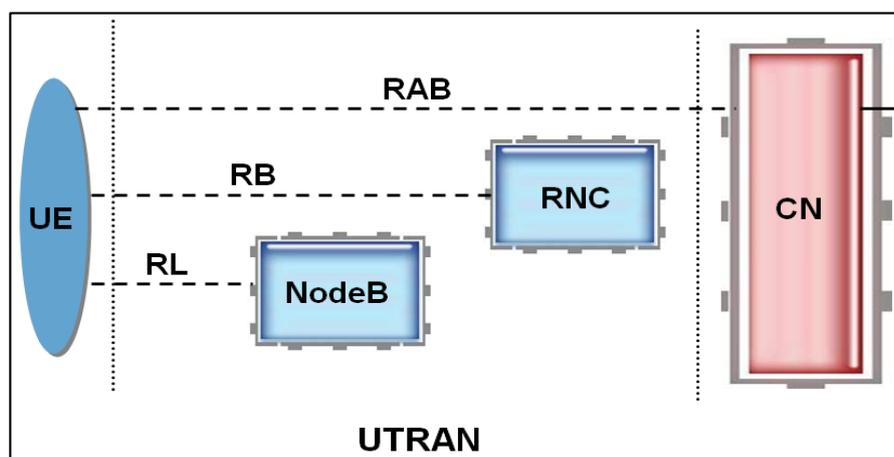


Fig. 2.11 Recursos del UTRAN

Fuente: Transmission Resource management SRAN 6.0, Huawei Technologies

**RAB (radio Access Bearer)** – Es el recurso que provee servicio el estrato acceso hacia el estrato no acceso para transferir da datos de usuario del UE y el Core.

**RB (Radio Bearer)** – El servicio que provee la capa 2 para transferir datos de usuario entre UE u la RNC.

**RL(Radio Link)** – Un enlace de radio es una asociación lógica entre un UE y el punto de acceso del UTRAN. Físicamente se comprime uno o más transmisiones de recursos de radio.

### 2.3.6 Canales de comunicación

En términos de los protocolos de capa, la interfaces de radio de WCDMA tiene tres tipos de canales: canal físico, canal de transporte y canal lógico.

#### 2.3.6.A Canal lógico

Lleva los servicios de usuario directamente. De acuerdo a los tipos de servicio, se divide en dos tipos: canal de control y canal de servicio.

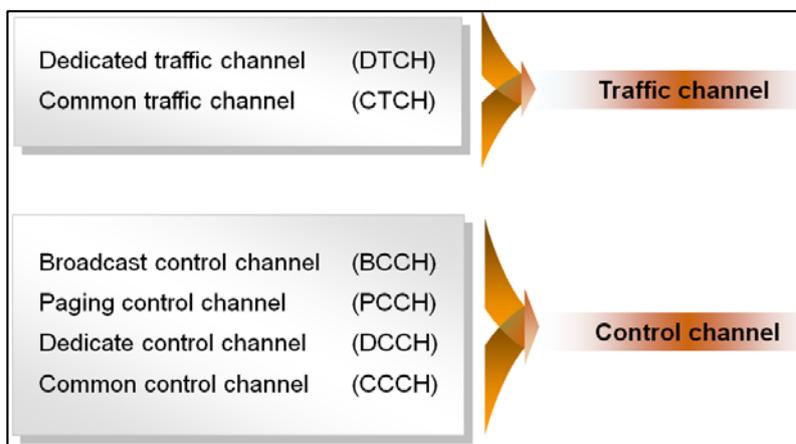


Fig. 2.12 Canales lógicos

Fuente: Transmission Resource management SRAN 6.0, Huawei Technologies

#### 2.3.6.B Canales de tráfico

**Canal de tráfico dedicado (DTCH):** Canal punto a punto bidireccional, que transmite información de usuario dedicado entre el UE y la red. Esta información puede ser voz, data de conmutación de circuito o data de conmutación de paquetes. La carga de bits en este canal viene de capa superior de aplicación. Los bits de control pueden ser añadidos por el RLC (protocolo de información) en el caso de una transferencia no transparente. La sub capa MAC también agregara una cabecera al PDU del RLC.

**Canal de tráfico común (CTCH):** canal downlink punto a multipunto para transferir información de usuario dedicado a todo un grupo de UEs. Este canal se usa para mensajes broadcast.

### 2.3.6.C Canales de control

Canal de control broadcast (BCCH): es un canal downlink que envía todo tipo de información del sistema. Por ejemplo, la información del sistema *tipo 3* muestra la identidad de la celda. El UE descifra la información del sistema a través del BCH excepto cuando se encuentra en modo DCH. En ese caso, el UE puede descifrar la información del sistema *tipo 10* con el FACH u otro tipo de información enviada a través del DCCH.

Canal de control paging (PCCH): Es un canal downlink que transfiere información del paging. Se usa llegar al UE en caso de que se encuentre en modo *idle* o en modo *conectado*. El mensaje de *paging tipo 1* se envía en el PCCH. Cuando un UE recibe un mensaje desde el PCCH cuando este se encuentre en estado conectado, el UE debe entrar al estado FACH y realizar una actualización de celda.

**Canal de control dedicado (DCCH):** Es un canal de punto a punto bidireccional que transmite información de control dedicado entre el UE y la red. Este canal se usa para señalización dedicada después de que se ha establecido una conexión RRC. Por ejemplo, cuando se realiza el handover, actualización de celda, control de reporte de mediciones.

**Canal de control común (CCCH):** Es una canal bidireccional para transmitir información de control entre la red y los UEs. Se usa para enviar mensajes relacionados a la conexión RRC, actualización de celda y actualización de URA. Este canal se parece un poco al DCCH, pero se usa cuando el UE aún no ha sido identificado por la red. Por ejemplo, cuando un UE se quiere conectar a la red, envía un mensaje de solicitud RRC CONNECTION, el cual a primera instancia es enviado por el UE mediante el CCCH y la red responderá a través del mismo canal. Sin embargo, una vez terminado estos mensajes iniciales se utilizara el DCCH.

### 2.3.6.D Canal de transporte

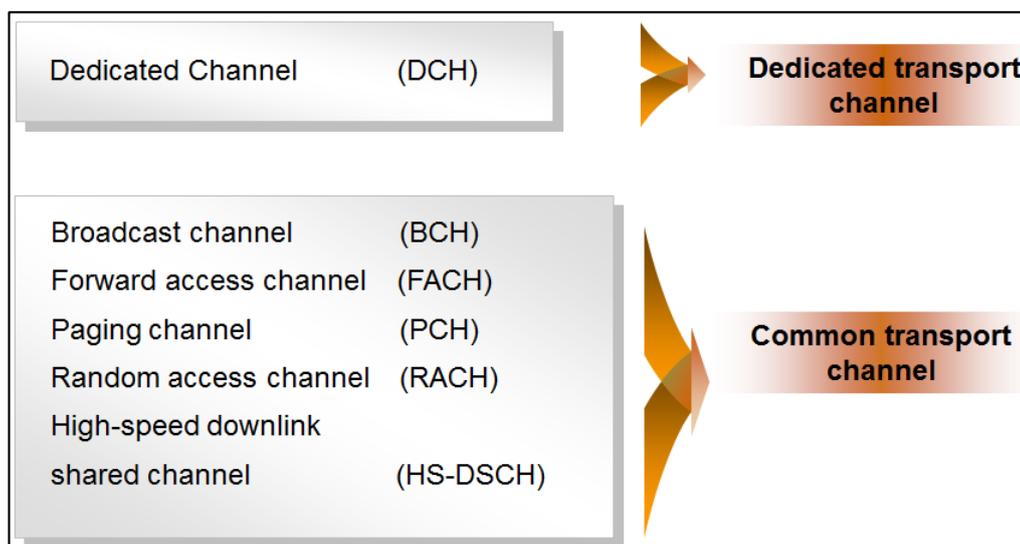


Fig. 2.13 Canales de transporte

Fuente: Transmission Resource management SRAN 6.0, Huawei Technologies

Es la conexión entre la interfaz de radio de la capa 2 y la capa 1, y es el servicio provisto por la capa física hacia la capa MAC. Según sea la “información dedicada” para un usuario o “información común” para todos los usuarios, por lo tanto se divide en canal dedicado y canal común.

Con el objetivo de transferir los canales lógicos, se definen muchos canales de transporte.

**Canal broadcast (BCH):** Es un canal downlink usado para difundir la información del sistema en la totalidad de la celda.

**Canal paging (PCH):** Es un canal downlink usado para difundir información de control en la totalidad de la celda, así como el paging.

**Canal de acceso aleatorio (RACH):** Es un canal uplink usado para el acceso inicial o para transmitir una cantidad de data muy pequeña.

**Canal de acceso forward (FACH):** Es un canal downlink común usado para señalización dedicada, o para transmisión de pequeñas cantidades de datos.

**Canal dedicado (DCH):** Es un canal dedicado a un solo UE tanto para uplink y downlink.

### 2.3.6.E Canal físico

Es la última etapa de todo tipo de información cuando se transmite en la interfaz radio. Este es el canal más importante y el más complejo, y cada uno de estos está definido por una frecuencia de portadora específica, código y fase relativa. Muchos canales consiste en las tramas de radio y slots de tiempo, y cada trama de radio lo componen 15 slots. Hay dos diferentes tipos de canales físicos: Uplink y downlink.

Canales físicos de bajada

**Canal físico dedicado (DPCH):** Es el que transporta los canales dedicados DCH.

**Canal físico dedicado de datos (DPDCH):** Se utiliza esta canala para la transferencia de data dedicada que proviene de la capa 2.

**Canal físico dedicado de control (DPCCH):** Se utiliza este canal para transferir informacion de control dedicado generado en la capa 1.

**Canal físico de control común primario (P-CCPCH):** Esta canal se utiliza para llevar la informacion de control comun tales com el codigo de codificacion de bajada. Existen los tipos primarios y secundarios.

**Canal de sincronización (SCH):** Esta canal se utiliza para la búsqueda de celdas 3G, existen dos tipos de canales de sincronizacion los primarios y los secundarios.

**Canal indicador de paging (PICH):** Este canal lleva los indicadores para informar al UE que la informacion del paging esta disponible en S-CCPCH

**Canal indicador de adquisición (AICH):** Se utiliza este canal para para informar al UE que la red ha recibido la solicitud de acceso.

**Canal común piloto (CPICH):** Se utiliza esta canal para la detección coherente de canales comunes. Estos canales indican la referencia en cuanto a la fase.

**Canal de bajada compartido de alta velocidad (HS-PDSCH):** Se utiliza este canal para llevar los servicios de datos de los suscriptores, estos se añadieron para la tecnología HSDPA.

**Canal de control compartido de alta velocidad (HS-SCCH):** Se utiliza este canal para llevar mensajes de control hacia los HS-PDSCH, respecto al esquema de modulación, identidad del UE, etc.

### 2.3.6.F Canales físicos de subida

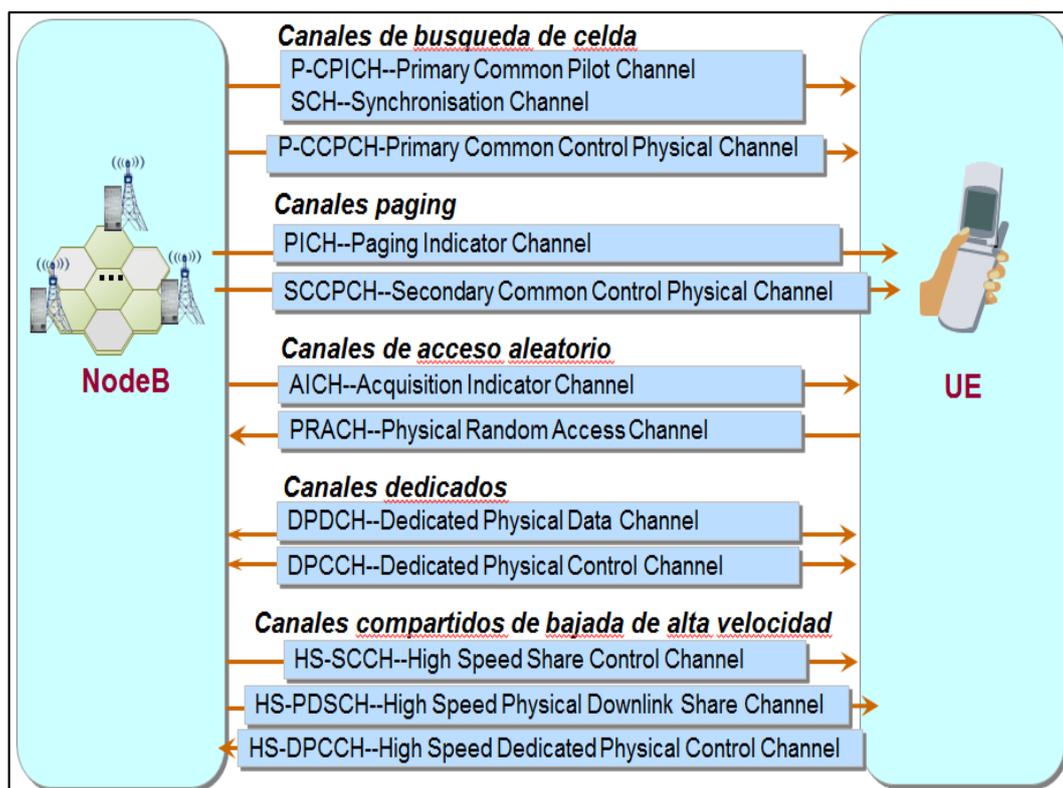


Fig. 2.14 Función de los canales físicos

Fuente: Transmission Resource management SRAN 6.0, Huawei Technologies

**Canal físico dedicado de datos de subida (Uplink DPDCH):** Este canal se utiliza para llevar datos dedicados que provienen de la capa 2.

**Canal físico dedicado de control de subida (uplink DPCCH):** Este canal se utiliza para llevar información de control dedicado generado en la capa 1.

**Canal físico de acceso aleatorio (PRACH):** Se utiliza este canal para llevar información de acceso aleatorio cuando un UE quiere ingresar a la red.

**Canal de control físico compartido de alta velocidad (HS-DPCCH):** Este canal se utiliza para llevar mensajes de seguimiento hacia el HS-PDSCH tales como CQI, ACK/NACK.

En resumen:

**Canal lógico:** contiene la información, se define por *el tipo de información* transferida.

**Canal de transporte:** características de transmisión, describe *cómo* y con *qué características* la información se transmite sobre la interfaz de radio.

**Canal físico:** especificación del contenido de la información, provee los recursos de transmisión, como la frecuencia, códigos y fase.

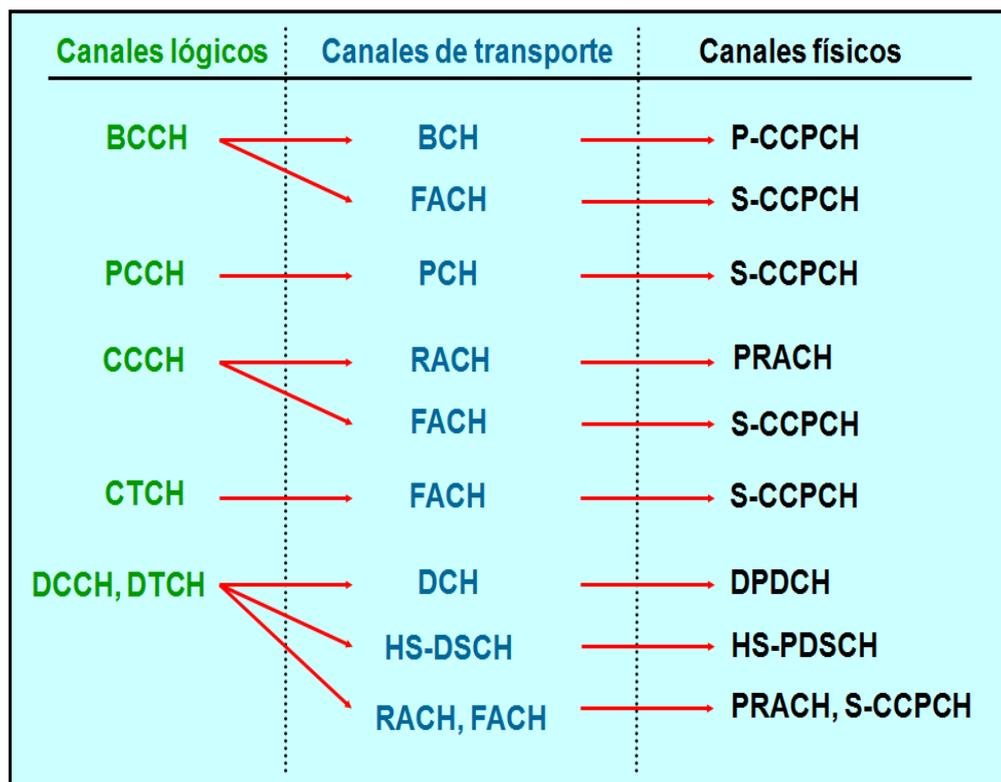


Fig. 2.15 Esquema de los canales físicos

Fuente: Transmission Resource management SRAN 6.0, Huawei Technologies

### 2.3.7 High Speed Packet Access (HSPA)

HSPA es la tecnología empleada en las conexiones de Internet móvil. Como se viene dando con las tecnologías, HSPA es una mejora del estándar UMTS con el que funcionan las redes 3G. Utiliza de forma más eficiente el espectro radioeléctrico que tienen asignado las operadoras, mejorando la velocidad y latencia en la transferencia de datos. HSPA está formado por HSDPA y HSUPA.

Las especificaciones de HSPA están incluidas en Release 5 (Downlink) y Release 6 (Uplink) de las especificaciones de 3GPP.

Las mejoras de HSPA en la eficiencia del espectro UMTS se logran a través:

- Nueva técnicas de modulación (16QAM)
- Reducción del tamaño de la trama de radio
- Nuevas funciones dentro de las redes de radio

### **2.3.7.A High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)**

HSDPA es un gran desarrollo de actualización para envío de paquete de datos que viajan a velocidades teóricas de 14Mbps. Especificado como parte del Release 5 de 3GPP; además, HSDPA es compatible con UMTS Release 99 y cualquier aplicación desarrollada para Release 99 funcionara con HSDPA. La misma portadora de radio puede dar servicio a los usuarios de voz y datos UMTS así como también a los usuarios de datos HSDPA.

HSDPA llega a su más alta velocidad a través de técnicas similares, las cuales hicieron que EDGE supere a GPRS, incluyendo un orden de modulación más alto y codificación variable, así como a través de la adición de nuevas técnicas poderosas y de instalación rápida. HSDPA eleva el nivel rendimiento de la tecnología WCDMA para proveer servicio de banda ancha.

HSDPA alcanza su rendimiento debido a las siguientes características radio:

- Canales compartidos de Alta-velocidad tanto en el dominio de código y de tiempo
- TTI (Transmission Time Interval) corto
- Organización rápida y diversidad de usuario
- Orden de modulación más alto
- Adaptación de enlace rápida
- HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request) rapid

Estas características funcionan como sigue:

*Canales compartidos de alta velocidad e intervalo de tiempo de transmisión (TTI) corta*, HSDPA usa canales de datos de alta velocidad llamados HS-PDSCH (High Speed Physical Downlink Shared Channels). Hasta 15 de estos canales pueden operar en canal de radio WDCMA de 5MHz. Las transmisiones de los usuarios son asignadas a uno o más de estos canales por un corto TTI de 2mseg, el cual es significativamente menos que los 10 a 20mseg que se usan en el Release 99 de WCDMA.

*Organización rápida y diversidad de usuario*, organiza rápidamente la asignación de canales de usuarios que tienen las mejores condiciones instantáneas del canal. Debido a que las condiciones de los canales varían aleatoriamente entre los usuarios, a muchos usuarios se les puede dar servicio de condiciones óptimas de radio y de esta manera se obtiene un throughput de datos óptimo. Teniendo 30 usuarios activos en un sector, la red

alcanza una diversidad de usuario significativa y eficiencia espectral significativamente alta. El sistema también asegura que cada usuario reciba un nivel mínimo de throughput. *Orden de modulación más alta*, HSDPA utiliza tanto la modulación usada en WCDMA (llamada QPSK) y, bajo buenas condiciones de radio, un esquema de modulación avanzado (16QAM). El beneficio de 16QAM es que 4 bits de datos son transmitidos en cada símbolo de radio en comparación a los 2 bits con QPSK. El throughput de datos aumenta con 16QAM, mientras que QPSK está disponible bajo condiciones adversas.

Para compensar las variaciones de canal, el DCH desarrolla un control de potencia. Para lograr este objetivo, HSDPA también desarrolla una rápida adaptación de modulación y codificación (AMC), esto significa, que ajusta el esquema de modulación y velocidad de codificación en cada TTI. El AMC está basado en indicador de calidad del canal (CQI) que es reportado por el UE, su propósito es seleccionar una velocidad de transmisión apropiada para cumplir con las condiciones de canal. Cuando las condiciones de canal son apropiado, se utiliza el 16QAM para proveer velocidades altas. Sin embargo, cuando las condiciones de canal no son óptimas, se utiliza el QPSK para asegurar la calidad en la transmisión.

*Adaptación de enlace rápida*, dependiendo de la condición del canal de radio, pueden implementarse diferentes niveles de corrección de error (codificación de canal). *Fast HARQ (Hybrid automatic repeat request)*, se trata de otra técnica de HSDPA. Se utiliza para solicitar rápidamente la retransmisión de datos recibidos con error. Cuando el UE (User equipment) detecta datos erróneos en la transmisión, guarda esta data recibida y solicita al nodo B retransmitir la data original a nivel de capa física. Antes de decodificar, el UE desarrolla una leve combinación de la data guardada junto con la data reenviada. De esta manera se incrementa la velocidad exitosa de decodificación.

Canales HSDPA

**HS-DSCH (High speed downlink shared channel)**. Tiene un TTI fijo de 2ms. Puede ser colocado en uno o más HS-PDSCHs.

**HS-PDSCH (High speed physical downlink shared channel)**. Su SF tiene un valor fijo de 16. Según la 3GPP TS 25.433, un máximo de 15 HS-PDSCHs puede ser asignado a un usuario en un mismo tiempo. El número de estos canales puede ser configurado por celda.

El uso de un TTI de 2ms reduce el RTT en la interfaz Uu y, junto con el AMC, mejora el seguimiento del cambio de los canales. Además, el uso del TTI 2ms permite una rápida programación y ubicación de recursos, así mismo, mejora el uso de los recursos de transmisión. En cada TTI, HSDPA asigna los HS-PDSCHs en el cual se colocara los HS-

DSCH. Por lo tanto, a más canales HS-PDSCH mayores será la velocidad de transmisión.

A diferencia del DCH, el HS-DSCH no puede soportar el soft handover. La razón es que este tipo de handover requiere que las diferentes celdas usen el mismo recurso de radio para enviar la misma data al UE, pero la función de programación solo puede ser realizada en una celda.

**HS-SCCH (High speed shared control channel).** Este canal lleva la información de control relacionado al HS-PDSCH. Esta información de control incluye la identidad del UE, información relacionada al HARQ, y acerca del formato de transporte y combinación de recurso (TRFC). Para cada transmisión del HS-DSCH, un HS-SCCH se requiere para llevar la información de control. Una celda puede ser configurada con muchos de estos canales.

**HS-DPCCH (High speed dedicated physical control channel)** En el uplink, cada usuario de HSDPA debe ser configurado con un HS-DPCCH. Este canal es usado principalmente por el UE para reportar el CQI y si es que un bloque de transporte fue recibido correctamente. La información del bloque de transporte es usada para la pronta retransmisión a nivel de capa física. EL CQI se usa para el AMC y programación para colocar los recursos en la interfaz Uu.

**DPCCH (Dedicated physical control channel).** Es un canal utilizado en el uplink, y el DPCH es un canal utilizado en el downlink, F-DPCH es un canal fraccional utilizado en el downlink.

El usuario HSDPA debe ser configurado con canales de control físicos dedicado tanto en el downlink y el uplink. El DPCCH se usa para el control de potencia closed-loop utilizando el DPCH y F-DPCH. Además, la potencia del DPCCH se usa como referencia de la potencia del HS-DPCCH. El DPCH se usa para el control de potencia inner-loop y como referencia para la potencia de HS-PDSCH.

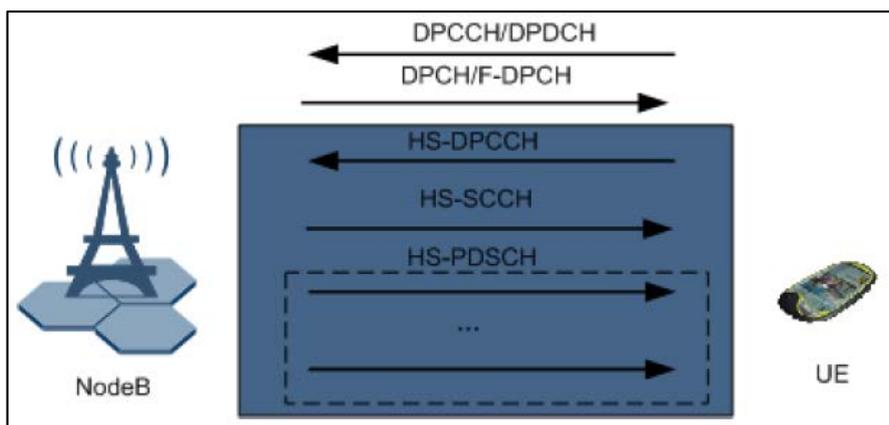


Figura 2.16. Canales HSDPA

Fuente: HSDPA RAN14.0 Feature Parameter Description, Huawei Technologies

#### Impacto de HSDPA en los elementos de la red

HSDPA tiene un impacto en la RNC, el Nodo B y el UE. En el plano de control el lado de la red, la RNC procesa la señalización de la celda HSDPA, configuración de los canales relacionados al HS-DSCH, y gestión de movilidad. En el plano de usuario por el lado de la red, la capa RLC y MAC-d de la RNC no cambian. En el nodo B, se agrega el MAC-hs para implementar la programación HSDPA, ubicación de recursos Uu, AMC, y control de flujo en el lub. El MAC-hs implementa estas gestiones de función en un corto tiempo. Así mismo, esto reduce tanto los retardos innecesarios y la complejidad de procesamiento causado por el intercambio de mensajería en la interfaz lub.

En el lado del UE, el MAC-hs es añadido entre el MAC-d y la capa física con el objetivo de recepción de datos. Para soportar HSDPA, 3GPP define 12 categorías de UE. Estos UEs soportan diferentes velocidades en la capa física, desde los 912Kbit/s hasta los 14Mbit/s. El UE de categoría 10 soporta la velocidad más alta.

#### Funciones de HSDPA

Las funciones de HSDPA son implementados tanto en el plano de control como en el plano de usuario.

#### Funciones en el plano de control

El plano de control es responsable para configurar y mantener las conexiones HS-DSCH y gestionar los recursos de la celda.

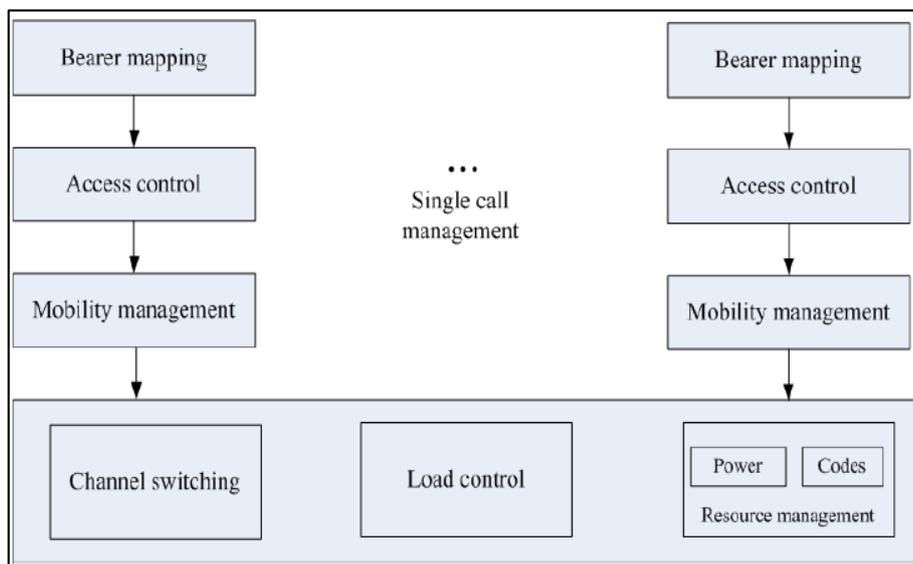


Figura 2.17. Funciones del plano de control HSDPA

Fuente: HSDPA RAN14.0 Feature Parameter Description, Huawei Technologies

### Asignación de recurso

La asignación de recurso es usada por el lado de la red para configurar el RAB durante la configuración de una conexión de servicio en la celda. Luego, la red configura los canales de recurso para el UE basado según el tipo de servicio solicitado, velocidad de servicio, capacidad del UE, y capacidad de la celda.

### Control de acceso

Control de acceso, es una sub función de control de carga, revisa si es que los recursos utilizados en la celda son suficientes para la configuración de conexión de servicio. Si los recursos fueran insuficientes, se activa un control de acceso inteligente.

### Gestión de movilidad

Para establecer la conexión HS-DSCH, la gestión de movilidad decide cuando conmutar a un usuario a otra celda con el objetivo de brindar mejores servicios, esta técnica se basa según la calidad del canal reportado por el UE.

### Conmutación de canal

La conmutación del canal es responsable para conmutar el canal de transporte a través del HS-DSCH, DCH, y el FACH según los requerimientos de gestión de movilidad y control de carga.

### Control de carga

Cuando una celda incrementa su carga, el algoritmo de control de carga ajusta los recursos configurados en las conexiones establecidas para evitar la sobrecarga de la celda.

### Gestión de recursos

La gestión de recursos coordina la potencia entre el HS-DSCH con el DCH, y el recurso de códigos entre el HS-SCCH con el HS-PDSCH. La potencia de downlink y los códigos son el cuello de botella de los recursos de la celda. La gestión de recursos puede incrementar la capacidad HSDPA.

### Funciones en el plano de usuario

Después de que se configura el servicio, el plano de usuario es responsable de implementar la transmisión de datos. La figura 2.18 muestra las funciones del plano de usuario basado en el procedimiento de procesamiento.

El servicio de datos es enviado a la capa RLC y MAC-d de la RNC para el procesamiento y encapsulación. Luego, se forma la PDU del MAC-d y es enviado a

través de la interfaz Iub/Iur hacia el nodo B/RNC. Para evitar la congestión, las funciones de control de flujo y control de congestión controlan el tráfico en la interfaz Iub/Iur a través del protocolo de trama HS-DSCH.

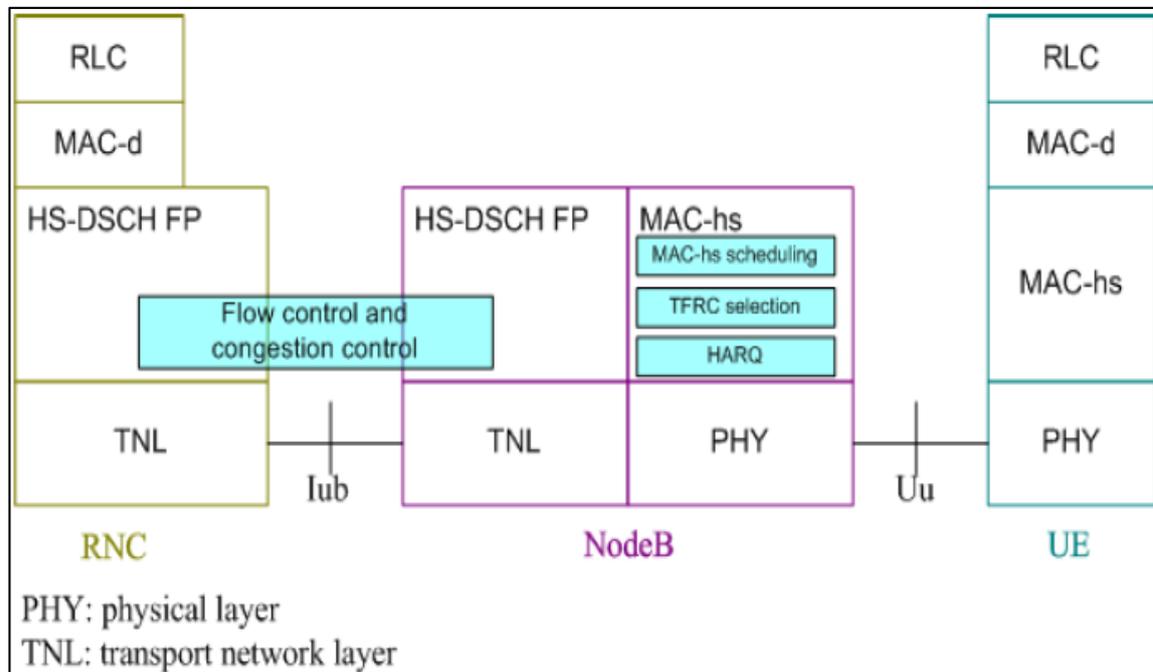


Figura 2.18. Funciones del plano de usuario HSDPA

Fuente: HSDPA RAN14.0 Feature Parameter Description, Huawei Technologies

Después que el nodo B recibe el PDU del MAC-d, esta es enviada a través del MAC-hs hacia la capa física para luego ser enviada a través de la interfaz Uu. El Mac-hs provee la programación MAC-hs, selección de TRFC y HARQ. La programación MAC-hs determina los usuarios HSDPA en la celda para la transmisión de datos. La selección de TRFC determina las velocidades de transmisión y los recursos en la interfaz Uu para ser asignados a los usuarios HSDPA. HARQ se usa para implementar la función de solicitud de retransmisión automática.

### 2.3.8 HSPA Evolution

HSPA+ es introducido en el 3GPP Release 7, es una mejora del HSPA porque aumentan las velocidades de transmisión sea en uplink o downlink. Las características del HSPA+ son las siguientes:

MIMO (Multiple Input Multiple output)

La descarga en MIMO incrementa la velocidad de transmisión a través de la multiplexación espacial y mejora la calidad del canal por medio de la diversidad de

espacio. Por el lado de la red puede dinámicamente seleccionar una sola trama de transmisión o doble trama de transmisión basado en las condiciones del canal. La velocidad pico que puede alcanzar en la capa MAC es de 28Mbit/s.

### 64QAM

El uso de la modulación en 64QAM en el HSDPA incrementa el número de bits por símbolo y de esta forma se obtiene velocidades de alta transmisión. La velocidad pico que puede alcanzar en la capa MAC es de 21Mbit/s.

Los requerimientos del 64QAM son:

- EL Core Network necesita soportar el 3GPP Release 7.
- El 64QAM depende del Downlink enhanced L2, lo cual requiere que la RNC soporte tamaños flexibles del PDU de la RLC. Además, necesita controlar el uso del 64QAM durante la configuración, reconfiguración y handover de los recursos de radio.
- El nodo B necesita seleccionar un esquema de modulación para cada TTI a través de la selección de TFRC.
- El UE necesita soportar la categoría HS-DSCH 13, 14, 17, 18, 19 o 20.

La modulación de alto orden incrementa significativamente las velocidades de datos de los usuarios que estén en condiciones favorables de radio. De esta forma, el UE con bajo SNR (Signal to Noise Ratio) puede asignársele más recursos.

El AMC (Adaptative Modulation and Coding) introducido en el HSDPA permite la adaptación de la modulación y codificación cuando se genera una variante en las condiciones de radio.

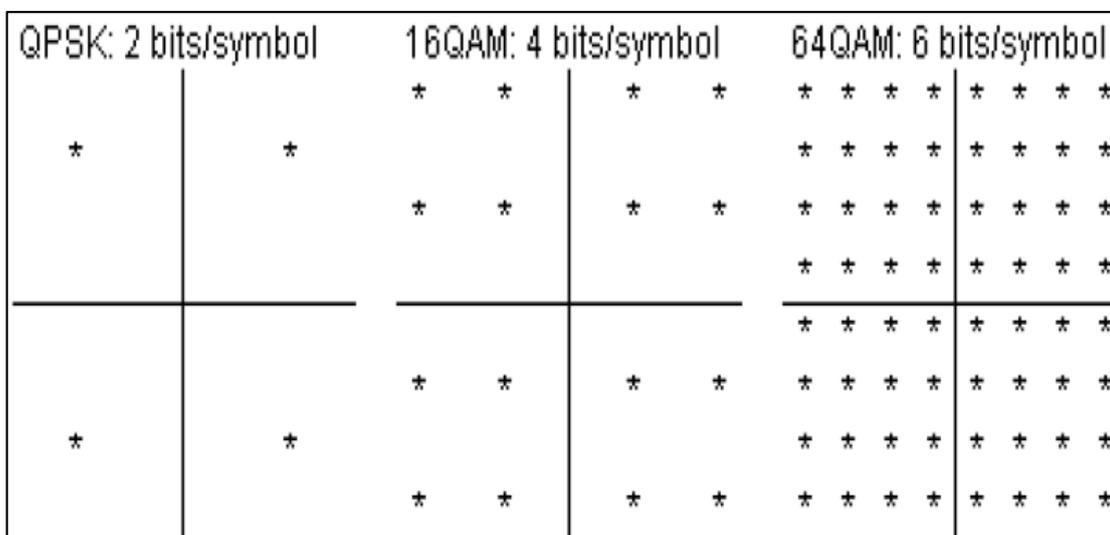


Fig. 2.19 Esquemas de modulación para HSPA+

Fuente: HSDPA RAN14.0 Feature Parameter Description, Huawei Technologies

Como se muestra en la figura 2.19, la capacidad de data (bits/symbol) de 16QAM es 2 veces la del QPSK. La capacidad de data del 64QAM es 1.5 veces la del 16QAM.

#### Proceso de selección del downlink 64QAM

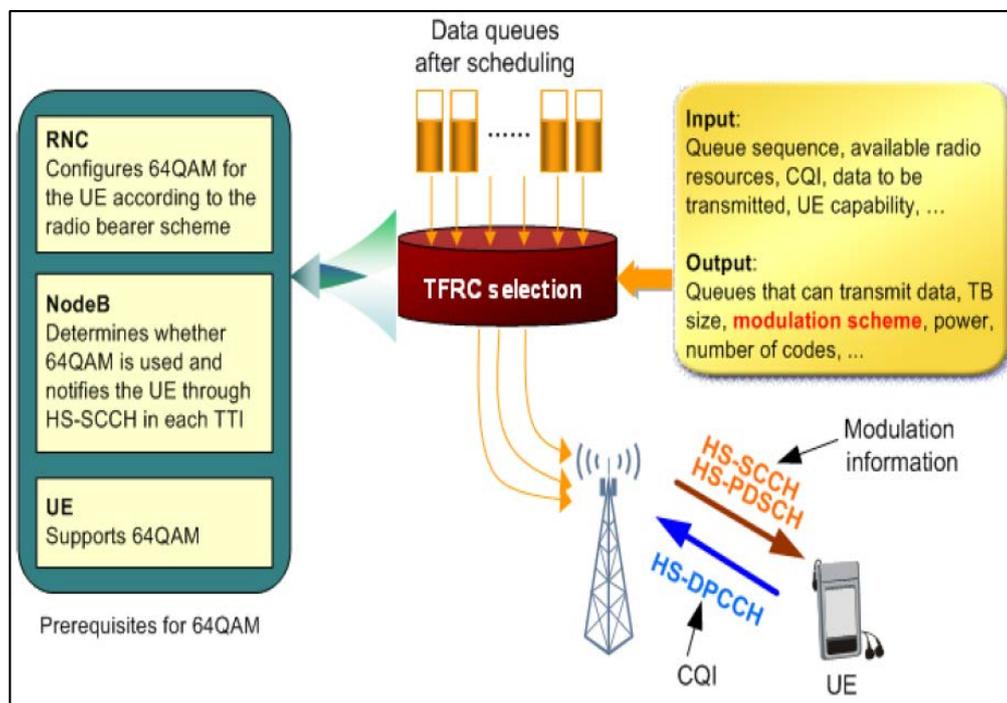


Fig. 2.20 Proceso de selección del downlink 64QAM

Fuente: HSDPA RAN14.0 Feature Parameter Description, Huawei Technologies

Como se muestra en la figura 2.20, la selección del downlink 64QAM es determinado por la RNC, Nodo B, y el UE. El proceso de selección es el siguiente:

- Basado en la clase de tráfico y el esquema de recurso de radio, la RNC determina si se configura el downlink 64QAM al UE. Si la RNC determina configurar el downlink 64QAM, este indica al nodo B asignar los recursos al UE.
- Basado en el CQI, recurso de potencia, y recurso de código, la selección de TRFC del nodo determina si se utiliza el downlink 64QAM.
- El UE utiliza el downlink 64QAM si el nodo B determina usar este esquema y si el equipo soporta dicho esquema.

#### Downlink enhanced L2

Las características de HSPA+ tales como MIMO y 64QAM incrementa las velocidades de descarga en la interfaz Uu. La función original "downlink L2" no puede adaptarse a tales velocidades. Para prevenir el cuello de botella de la red, 3GPP introduce mejoras a la capa L2.

Esta característica permite un flexibilidad en los tamaños del PDU en la capa RLC y de segmentación en la capa MAC de la interfaz Uu. Esta característica evita que la capa L2 se convierta en cuello de botella en la interfaz UU por causa de la aplicación de MIMO y 64QAM.

La capa L2 inicialmente uso tamaños fijos de PDU de la capa RLC, estos valores típicos son de 336 bits y 356 bits. Estos no pueden cumplir los requerimientos de transmisión a alta velocidad para tamaños más grandes de PDU o el requerimiento de borde de cobertura para tamaños más pequeños del PDU. Las razones son las siguientes:

- Un tamaño pequeño de PDU de la capa RLC, limita la velocidad de transmisión de la capa RLC. La figura 21 muestra un ejemplo típico, en el cual la tasa bit máximo (MBR) en la capa RLC está limitado a 13.4Mbit/s. Esta velocidad es más pequeña que las velocidades picos alcanzados con la tecnología MIMO y 64QAM.

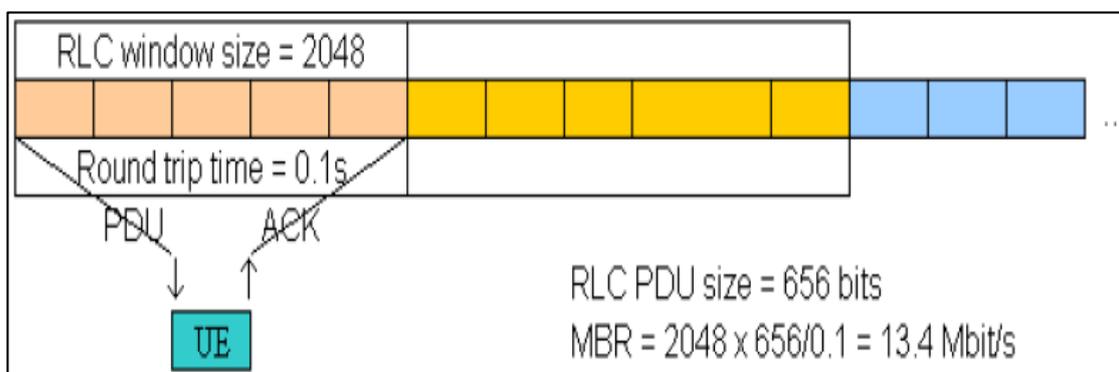


Fig. 2.21 MBR limitado por un tamaño fijo de PDU.

Fuente: HSDPA RAN14.0 Feature Parameter Description, Huawei Technologies

- Un tamaño largo del PDU de la capa RLC pero que sea fijo limita la cobertura de la celda porque no se podría segmentar el PDU de la RLC bajo dicha capa.

Las mejoras en la capa L2 del downlink son las siguientes:

- Mejoramiento de la entidad RLC para soportar los tamaños flexibles de PDU de la capa RLC.
- Añadiendo una entidad MAC, el cual viene a ser MAC-ehs, para la segmentación de datos en la capa MAC y para la multiplexación de colas de diferentes prioridades.
- Después de la introducción de los tamaños flexibles del PDU de la capa RLC, esta capa no segmentara los paquetes de capas superiores cuales tamaños son más pequeños que el máximo PDU. La capa RLC puede adaptarse flexiblemente a las variaciones de volumen de tráfico y reducir la sobrecarga de la cabecera del PDU

de la capa RLC. El campo indicador del tamaño en el PDU consiste de 7 o 15 bits. 7 bits son usados para transmitir una pequeña cantidad de datos; 15 bits son usados para transmitir gran cantidad de datos.

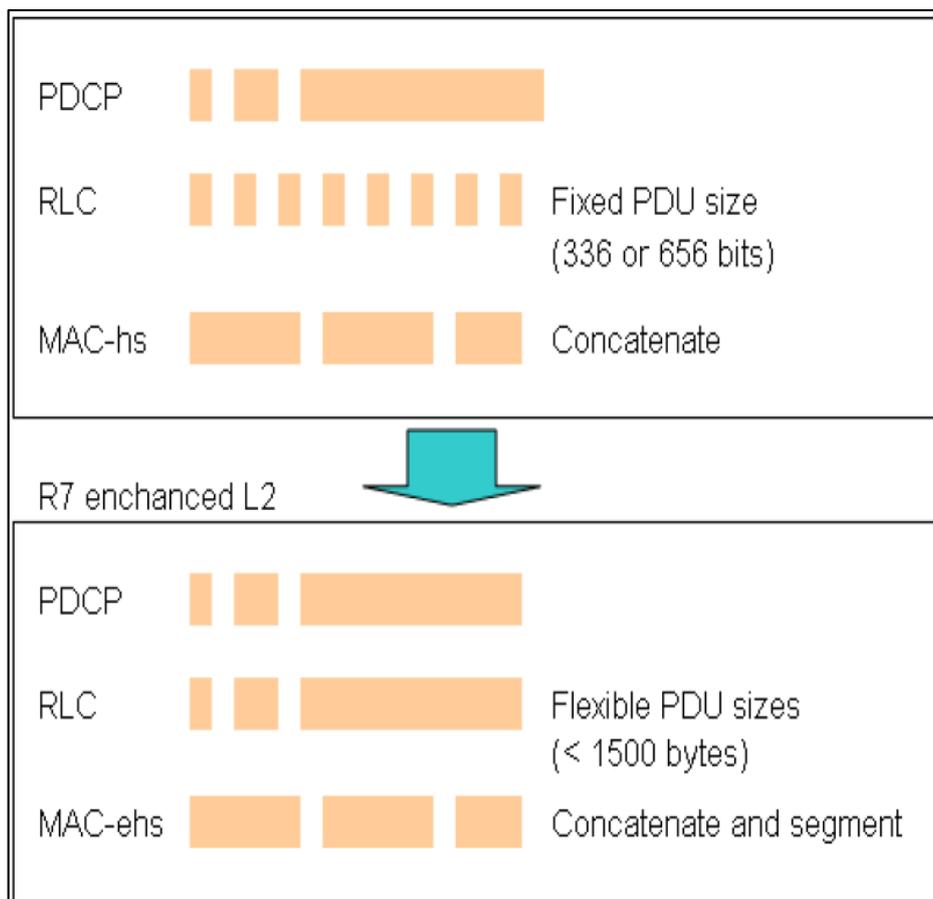


Fig. 2.22 Principio básico del Downlink Enhanced L2

Fuente: HSDPA RAN14.0 Feature Parameter Description, Huawei Technologies

Cuando el PDU de la RLC llega a la capa MAC, el MAC-ehs del nodo determina si es que segmenta el PDU en tamaños más pequeños según las condiciones de radio. Cuando las condiciones de canal del UE son muy bajas y la interfaz Uu falla al transmitir un PDU completo del RLC, el MAC-ehs puede segmentar el PDU en tamaño más pequeño para transmitir a bajas velocidades y asegurar la continuidad del servicio.

### 2.3.9 Dual Carrier HSDPA

Similar al Long Term Evolution (LTE), la tecnología HSPA también es influenciada por la adición de portadoras. EL rendimiento y el throughput del HSPA puede ser mejorado usando más ancho de banda lo cual se obtiene con mas portadoras. El throughput de los usuarios finales puede ser el doble o más a comparación de cuando usas solo una portadora.

En el 3GPP Release 8 o antes, el UE solo puede usar una portadora para la transmisión en HSDPA. La segunda portadora de aquí en adelante se le puede mencionar como SC-HSDPA.

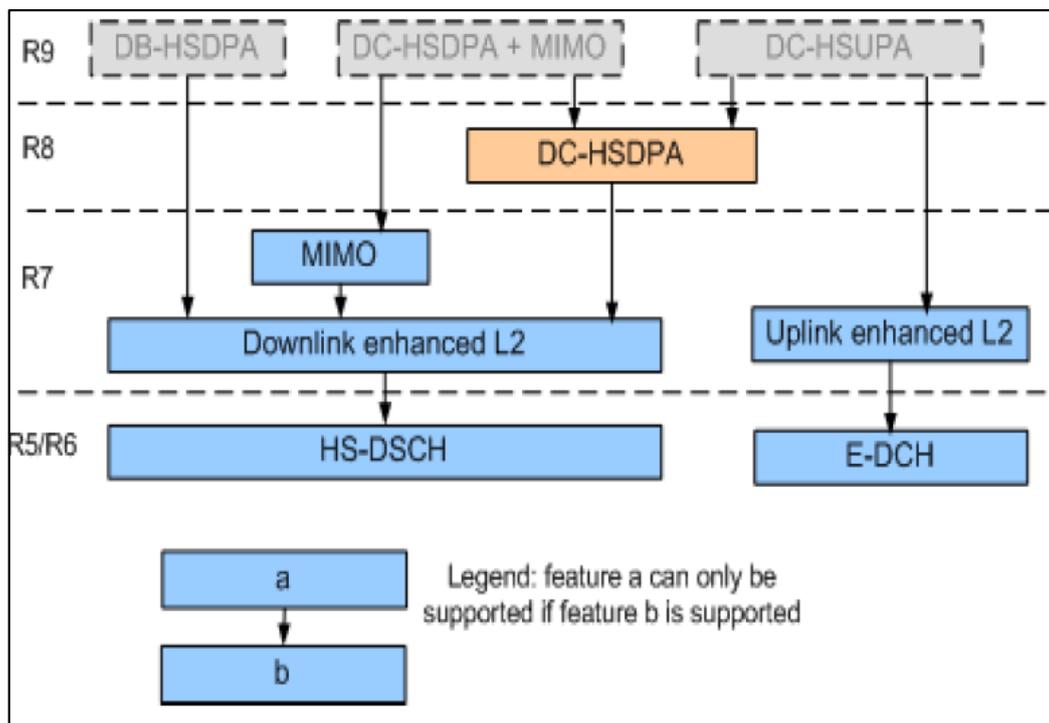


Fig. 2.23 Evolución 3GPP MC-HSDPA  
Fuente: DC-HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

#### Requerimientos en la red

- El Core network necesita soportar velocidades de descarga pico de 42Mbit/s provisto por el DC-HSDPA con 64QAM.
- La RNC necesita soportar el downlink enhanced L2 y proveer esquema de recurso de radio para DC-HSDPA.
- El DC-HSDPA requiere que el Nodo B soporte MAC-ehs. Una sola entidad de MAC-ehs soporta la transmisión de HS-DSCH en más de una celda perteneciente al mismo nodo.
- El UE puede monitorear un máximo de 6 HS-SCCHs en dos celdas de DC-HSDPA. En cada celda, el UE puede monitorear un máximo de tres HS-SCCHs al mismo tiempo. Se añaden las categorías 21, 22, 23, 24 del UE para soportar DC-HSDPA.

#### Principios del DC-HSDPA

Esta mejora permite al UE configurar conexiones HSDPA con 2 celdas síncronas de inter-frecuencia y que tienen la misma cobertura. En el downlink, el UE puede recibir

diferente data a través de los HS-DSCHs desde las dos celdas simultáneamente. En el uplink, el UE solo envía data a través de la celda primaria.

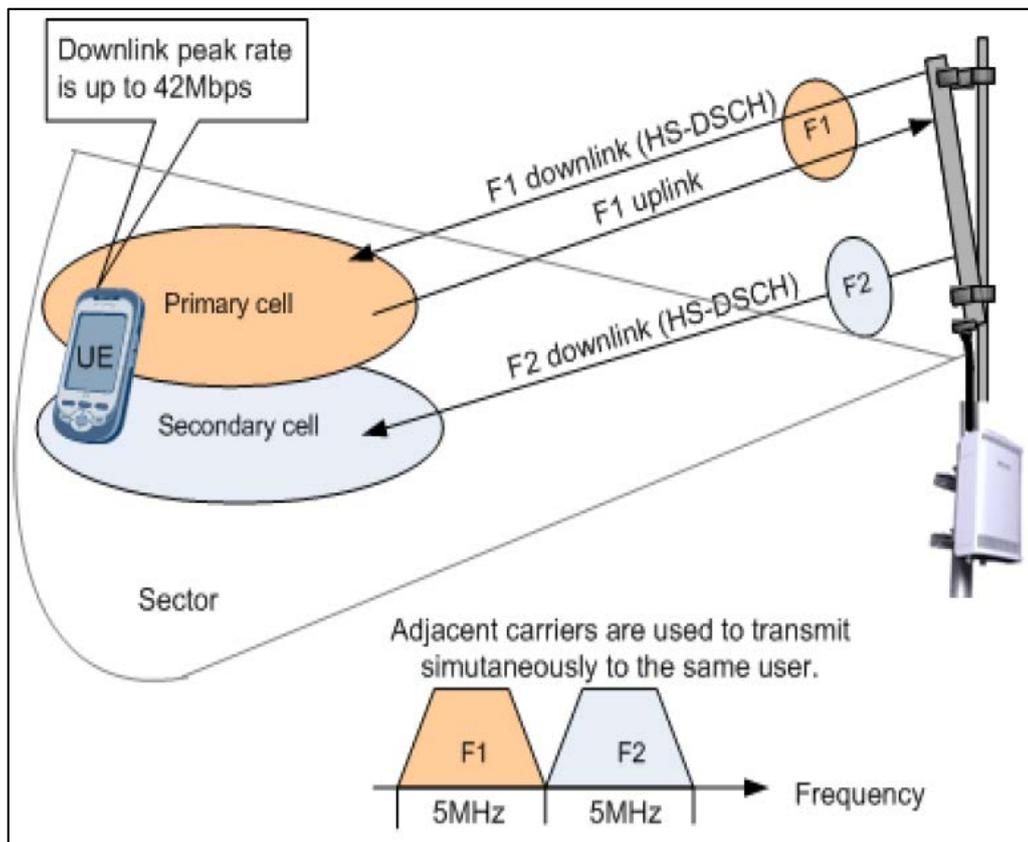


Fig. 2.24 Principios de DC-HSDPA

Fuente: DC-HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

Las dos celdas del DC-HSDPA mantienen las siguientes restricciones:

- Las dos celdas pertenecen al mismo sector de un nodo B y de diferentes portadoras con la misma cobertura.
- Las dos celdas deben pertenecer al mismo grupo de recursos de downlink del nodo B.
- Las dos celdas operan en portadoras adjuntas con un ancho de banda menos que o igual a 5MHz en la misma banda de frecuencia.
- Las dos celdas soportan HSDPA y enhanced L2.
- Las dos celdas pertenecen al mismo operador.
- La transmisión de doble celda solo aplica a los canales físicos del HSDPA.

El uplink del UE con DC-HSDPA está solo en la celda primaria pero no en la secundaria.

El DC-HSDPA mejora el throughput y el QoS de los usuarios finales en toda el área de la celda aun en las fronteras. Teóricamente, el DC-HSDPA con 64QAM puede llegar a

un pico de velocidad de 42Mbit/s en el downlink. Esta velocidad es el doble del pico de velocidad provista solo con 64QAM.

#### Configuración de la celda

El grupo de celda DC-HSDPA consiste de 2 celdas: Una celda primaria y una celda secundaria.

Desde la perspectiva del UE:

- La celda primaria lleva todos los tipos de canal para el UE. Cada UE solo tiene una celda primaria.
- La celda secundaria lleva solo 3 tipos de canales downlink para un UE. Cada UE solo tiene una celda secundaria. En la figura 25 se muestra los canales.
  - Los tres tipos de canales DL son los siguientes:
    - ✓ High-speed shared control channel (HS-SCCH)
    - ✓ High-speed physical downlink shared channel (HS-PDSCH)
    - ✓ Primary common pilot channel (P-CPICH)

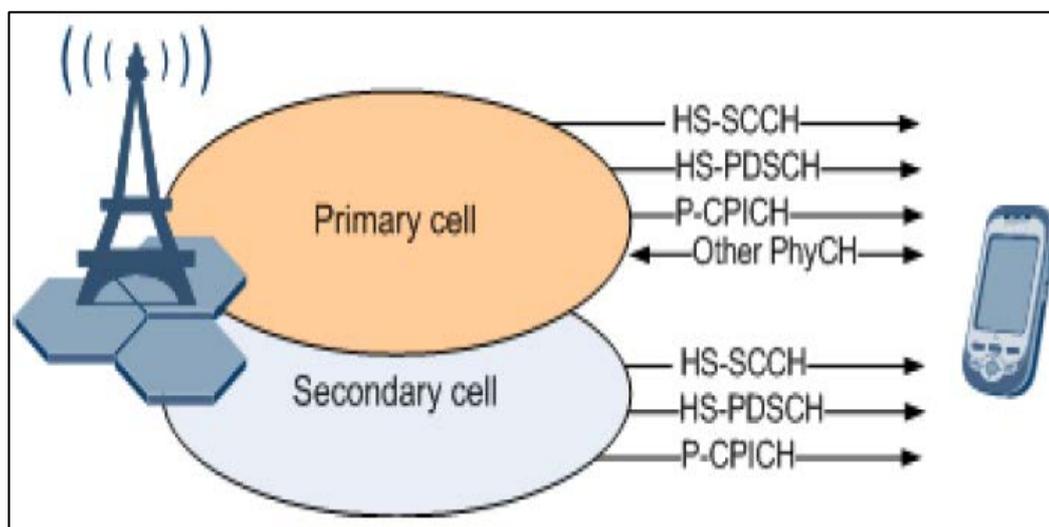


Fig. 2.25 Configuración de celda según la perspectiva del UE  
Fuente: DC-HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

Desde la perspectiva del RAN, ambas celdas pueden trabajar como celda primaria y celda secundaria. Las dos celdas pueden configurar de manera equivalente con la misma configuración, tal como se muestra en la figura 2.25.

La implementación de manera equivalente de las celdas primaria y secundaria, la RNC selecciona la celda primaria para los UEs basado en la carga y el esquema de recurso de radio. Ambas celdas pueden trabajar independientemente para los usuarios que no soportan el DC-HSDPA.

Alternativamente, la celda primaria está configurada con todos los canales; sin embargo, la celda secundaria está configurada solo con HS-PDSCH, HS-SCCH y P-CPICH. La celda secundaria no puede trabajar independientemente.

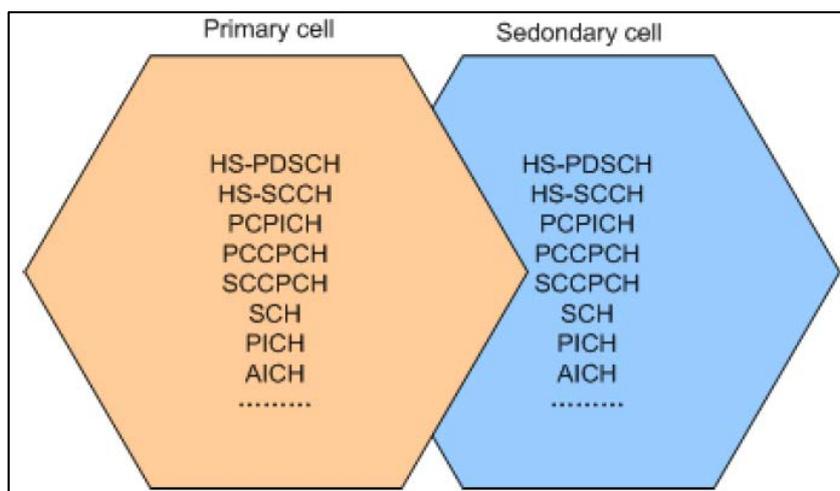


Fig. 2.26 Implementación equivalente en la celda primaria y secundaria  
Fuente: DC-HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

#### Configuración de los canales

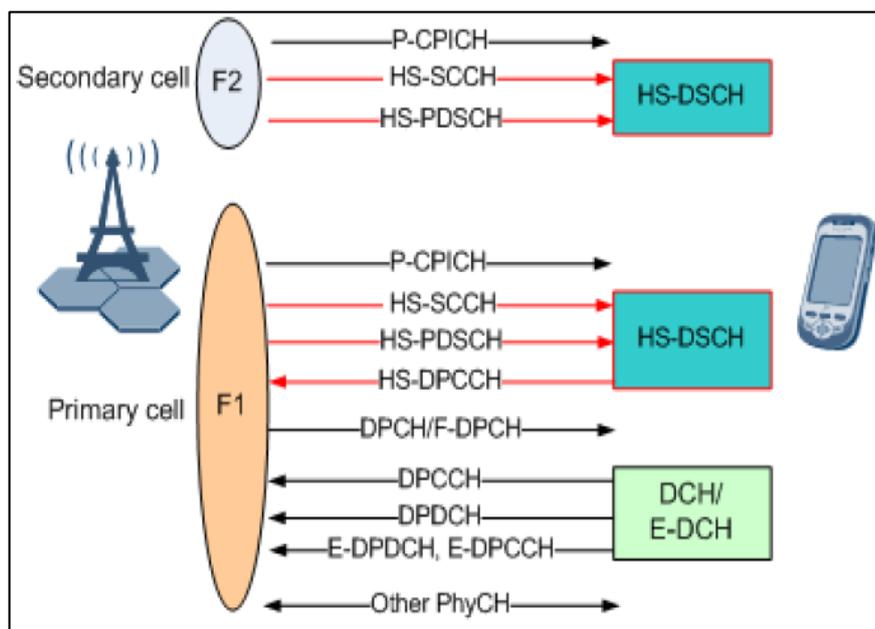


Fig. 2.27 Configuración de canales del DC-HSDPA  
Fuente: DC-HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

El UE DC-HSDPA recibe 2 canales de transporte HS-DSCH desde las celdas del mismo nodo B. Cada HS-DSCH está configurado en un HS-SCCH y muchos canales físicos HS-PDSCH.

Los canales de uplink DCH o E-DCH del DC-HSDPA

Todos los canales de control físicos dedicados DPCCH y DPCH/F-DPCH en el downlink y uplink son configurados en la celda primaria.

#### HS-SCCH

En el 3GPP Release 8 o antes, un UE puede monitorear un máximo de 4 canales HS-SCCH al mismo tiempo, de acuerdo con el 3GPP TS 25.331. En la celda de grupo DC-HSDPA, los HS-SCCHs en la celda primaria son independientes de los que están en la celda secundaria. Un UE puede monitorear un máximo de 6 canales HS-SCCH al mismo tiempo. En cada celda, el UE puede monitorear un máximo de 3 canales HS-SCCH al mismo tiempo.

#### HS-DPCCH

El UE entrega reportes de CQI y HARQ ACK/NACK sobre las dos celdas mediante el canal HS-DPCCH de la celda primaria. El HS-DPCCH usa un nuevo formato de trama que le permite llevar información respecto del CQI y HARQ ACK/NACK de las dos celdas en un Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI).

#### Categorías del UE

En 3GPP Release 8, las categorías UE 21, 22, 23 y 24 del HS-DSCH son agregados para soportar DC-HSDPA, tal como se menciona en la tabla 2.13. Cabe resaltar que en 3GPP Release 9 y superiores a esta, se agregan más categorías UE de HS-DSCH.

<b>Categoría HS-DSCH</b>	<b>Número máximo de códigos HS-DSCH recibidos</b>	<b>TTI mín.</b>	<b>Número máximo de bits de un bloque de transporte HS-DSCH recibido dentro del TTI</b>	<b>Número total de bits de canal soft</b>	<b>Modulación que soporta con DC-HSDPA</b>
Categoría 21	15	1	23370	345600	QPSK, 16QAM
Categoría 22	15	1	27952	345600	QPSK, 16QAM
Categoría 23	15	1	35280	518400	QPSK, 16QAM, 64QAM
Categoría 24	15	1	42192	518400	QPSK, 16QAM, 64QAM

Tabla 2.13. Categorías de la capa física del canal HS-DSCH

Fuente: DC-HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

### MAC-ehs del nodo B

El DC-HSDPA requiere que el nodo B soporte MAC-ehs. Una sola entidad MAC-ehs soporta la transmisión de HS-DSCH en más de una celda brindada por el mismo nodo B. Las colas de un UE DC-HSDPA son comunes para ambas celdas. Se organiza en el nodo B las colas de transmisión de datos en las dos celdas. Las transmisiones DC-HSDPA pueden ser consideradas transmisiones independientes sobre dos canales HS-DSCH. Existe una entidad HARQ separada en cada canal HS-DSCH, esto es, un proceso HARQ por TTI para una portadora de transmisión y dos procesos HARQ por TTI para transmisión de doble portadora.

El MAC-ehs selecciona un Formato de Transporte y Combinación de Recurso (TRFC) para los PDUs del MAC-ehs de cada celda independiente basado en los recursos disponibles de las celdas y el CQI reportado por el UE.

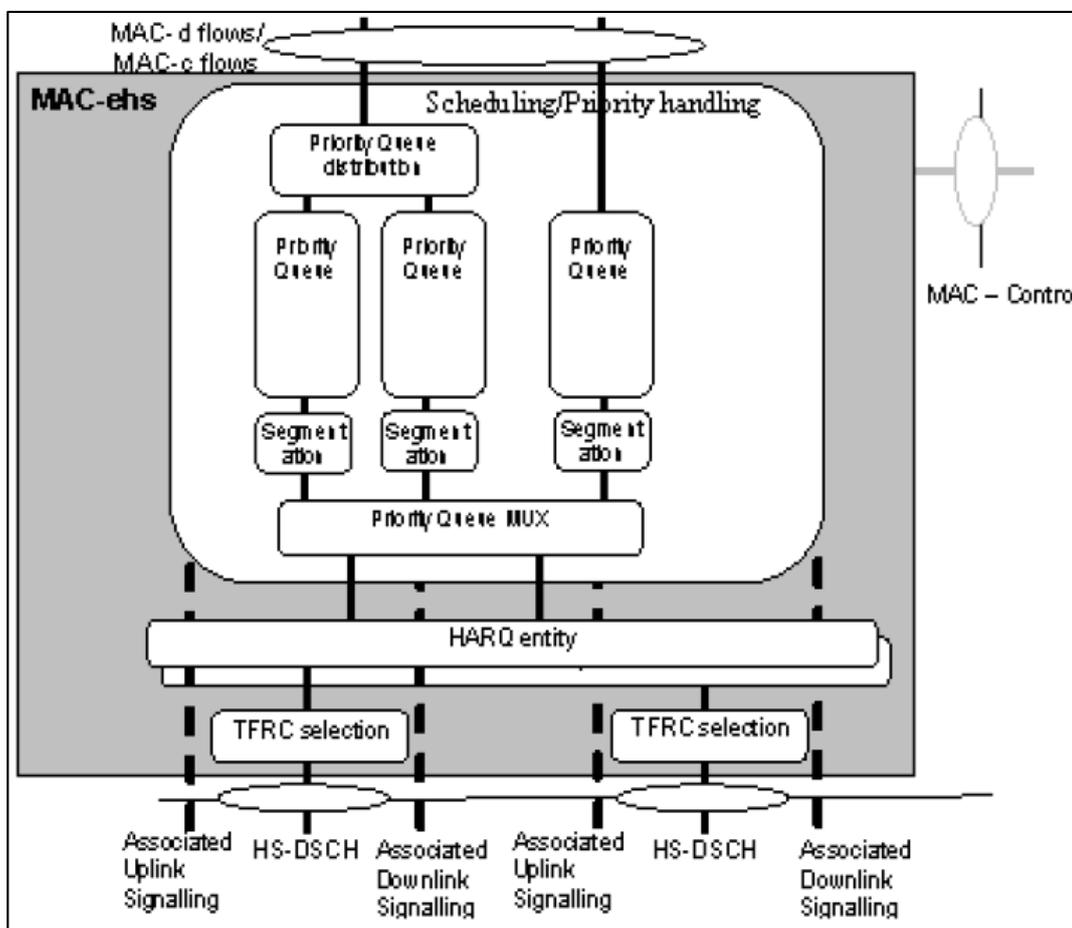


Fig. 2.28 Arquitectura MAC-ehs

Fuente: DC-HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

En un nodo B, dos PDUs de MAC-ehs puede ser programado al mismo tiempo. La figura 2.28 muestra un ejemplo de flujo de tráfico hacia un UE DC-HSDPA.

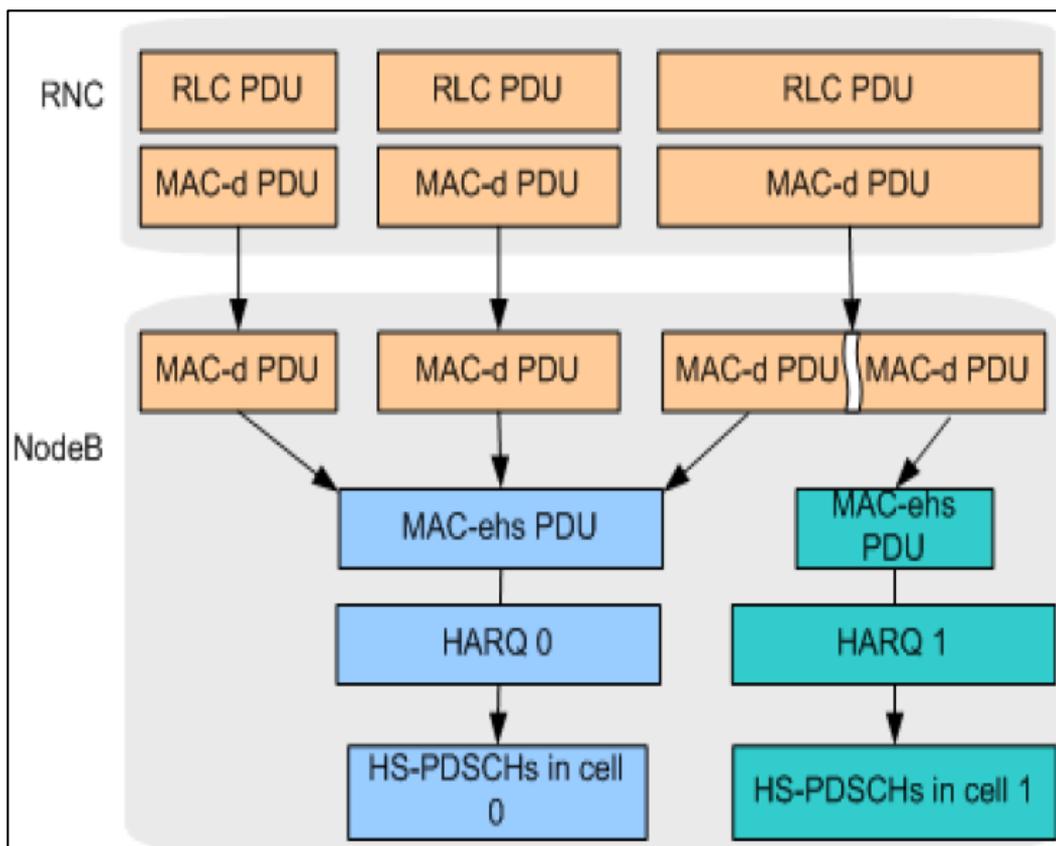


Fig. 2.29 Ejemplo de flujo de tráfico hacia un UE DC-HSDPA  
Fuente: DC-HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies

#### Impacto en las interfaces

Para soportar el DC-HSDPA, nuevos Elementos de Información (IE) son añadidos para los mensajes de señalización.

UEs y las celdas pueden reportar sus capacidades de DC-HSDPA a la RNC a través de las interfaces Iub y Uu. La RNC ordena a las celdas configurar o reconfigurar enlaces de radio con DC-HSDPA a través de la interfaz Iub. La RNC ordena a los UEs configurar o reconfigurar los recursos de radio con DC-HSDPA a través de la interfaz Uu.

#### Impacto en el Iub

Cuando una celda recibe el mensaje AUDIT REQUEST o cuando una celda nueva se configura o se cambia la capacidad de la celda, el nodo B reporta la capacidad de la celda hacia la RNC en un mensaje AUDIT RESPONSE o RESOURCE STATE INDICATION.

- Cuando una celda soporta DC-HSDPA, el nodo B configura la información de capacidad de celda múltiple a las celdas en el mensaje AUDIT RESPONSE, el cual es enviado a la RNC.

- Si la celda es una celda primaria, toda celda secundaria que se encuentra en el mismo sector deber puesta en la lista información de elemento de posible celda secundaria.

Cuando la RNC ordena a una celda configurar un enlace de radio con DC-HSDPA, la información de la celda secundaria se añade al procedimiento de REDIO LINK SETUP o al procedimiento RADIO LINK ADDITION.

#### Impacto en la interfaz Uu

En el mensaje de RRC CONNECTION REQUEST, la información de elemento sobre soporte de múltiples celdas se añade con el objetivo de indicar la capacidad del UE.

En el mensaje RRC CONNECTION SETUP COMPLETE y en el de UE CAPABILITY INFORMATION, la capacidad del canal físico se extiende para indicar que el UE soporta DC-HSDPA.

La información de downlink de la celda secundaria en los siguientes mensajes de señalización indica el uso de la celda secundaria y los parámetros relacionados a esta:

- RRC CONNECTION SETUP
- ACTIVE SET UPDATE
- CELL UPDATE CONFIRM
- PHYSICAL CHANNEL RECONFIGURATION
- TRANSPORT CHANNEL RECONFIGURATION
- RADIO BEARE RECONFIGURATION
- RADIO BEARE RELEASE
- RADIO BEARE SETUP

## 2.4 Arquitectura de la red

La zona de implementación de nuestro proyecto se ubica en zonas rurales, los cuales se encuentran muy alejados de la capital. Debido a la geografía accidentada, es difícil poder implementar servicios de telefonía y banda ancha fija. Utilizando las herramientas como el Google Earth, podemos observar las características geográficas de las localidades objetivo. Las figuras 2.30, 2.31 y 2.32 resaltan el difícil acceso a dichas localidades.

En la figura 2.30 se muestra la imagen geográfica de una de los lugares en donde se implementara el proyecto. En esta ocasión se trata de la localidad rural de Licupis; en la figura 2.31 se muestra la ubicación en la localidad rural de San Luis de Lucma. Por último, en la figura 2.32 se muestra la ubicación de la localidad rural de Llama.

Estos tres lugares son considerados rurales debido a la cantidad de la población y de lo alejado que se encuentran de la capital. La ubicación de las estaciones base son estratégicos para atender de forma optima a la población según lo necesario.

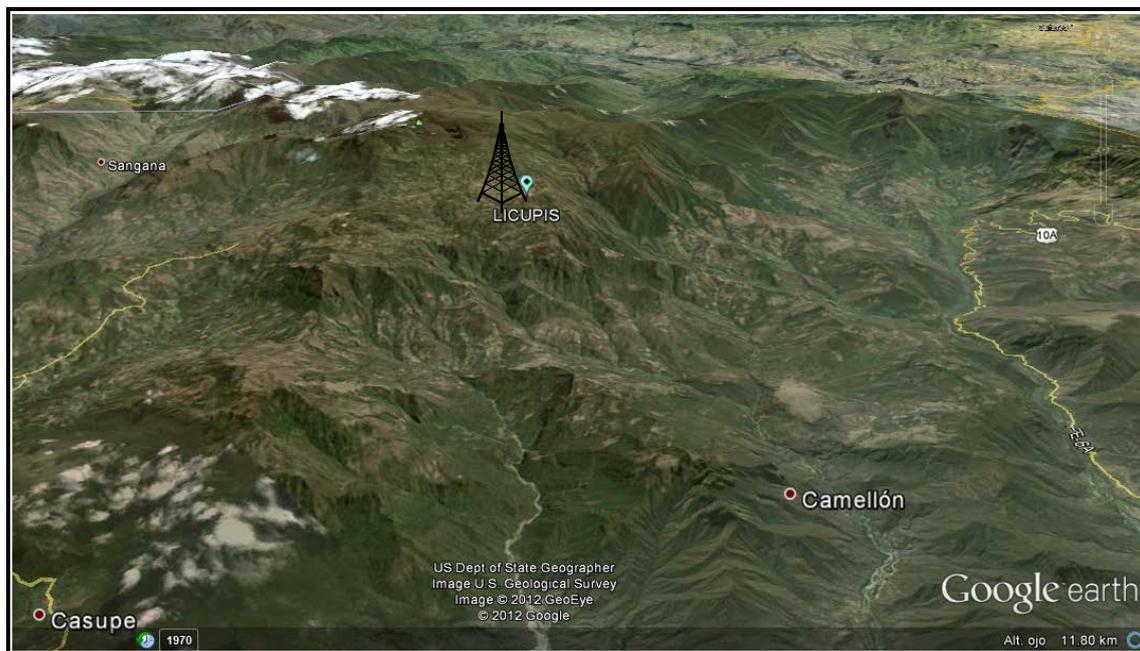


Fig. 2.30 Ubicación de la estación base “LICUPIS\_3G”  
Fuente: Creación propia, Google earth

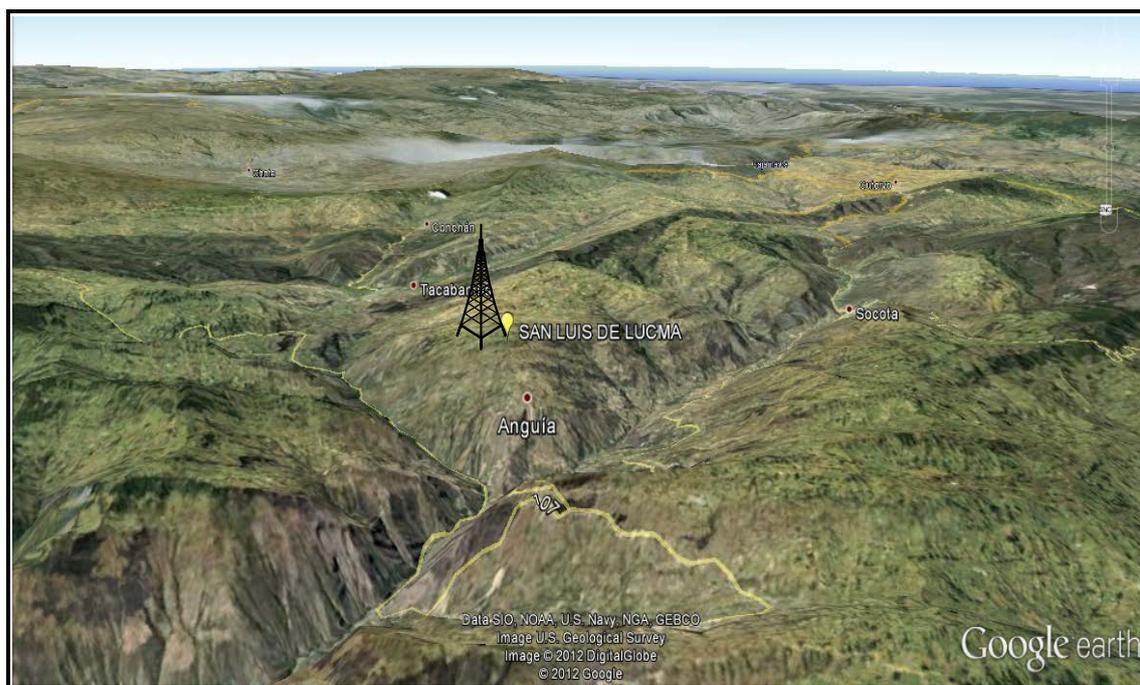


Fig. 2.31 Ubicación de la estación base “LUIS DE LUCMA\_3G”  
Fuente: Creación propia, Google earth



Fig. 2.32 Ubicación de la estación base “LLAMA CAJAMARCA\_3G”

Fuente: Creación propia, Google earth

#### 2.4.1 Gestión de los recursos de transmisión

Para escoger un medio de transporte como solución a este proyecto, debemos tener en cuenta ciertos requisitos los cuales aseguran de que nuestra red beneficie de forma satisfactoria a las personas que utilizaran dicho servicio

##### Asegurar la calidad del servicio

La calidad de los servicios de tiempo real (RT) se asegura cuando no existe el retardo, jittering o pérdida de paquetes.

- Es necesario que la latencia cumpla con los requerimientos del QoS de un servicio sin afectar a otros usuarios.
- La pérdida de paquetes debería ser nula.

##### La más alta capacidad posible garantizando una buena experiencia al usuario

- Se debe permitir el acceso a una gran cantidad de usuarios.
- Los servicios que no son en tiempo real (Non-RT) deben tener los mejores recursos del ancho de banda.
- Cuando el ancho de banda de la transmisión está limitado o sobrepasa el umbral permitido, se debe asegurar que la cantidad de usuarios conectados a la red no disminuya.

Igualdad y servicios diferenciados para los usuarios BE (Best Effort)

- Igualdad: Entre todos los usuarios con la misma prioridad, la tasa de envío efectivo es el mismo para los usuarios con suficientes recursos de transmisión. Primero, se debe garantizar la igualdad entre suscriptores en el nodo B. Luego, se debe considerar la igualdad entre nodos B.
- Servicio diferenciado: Entre todos los usuarios con diferente prioridad, la tasa de envío efectivo cumple con los requisitos de un servicio diferenciado para un usuario con suficiente recurso de transmisión.

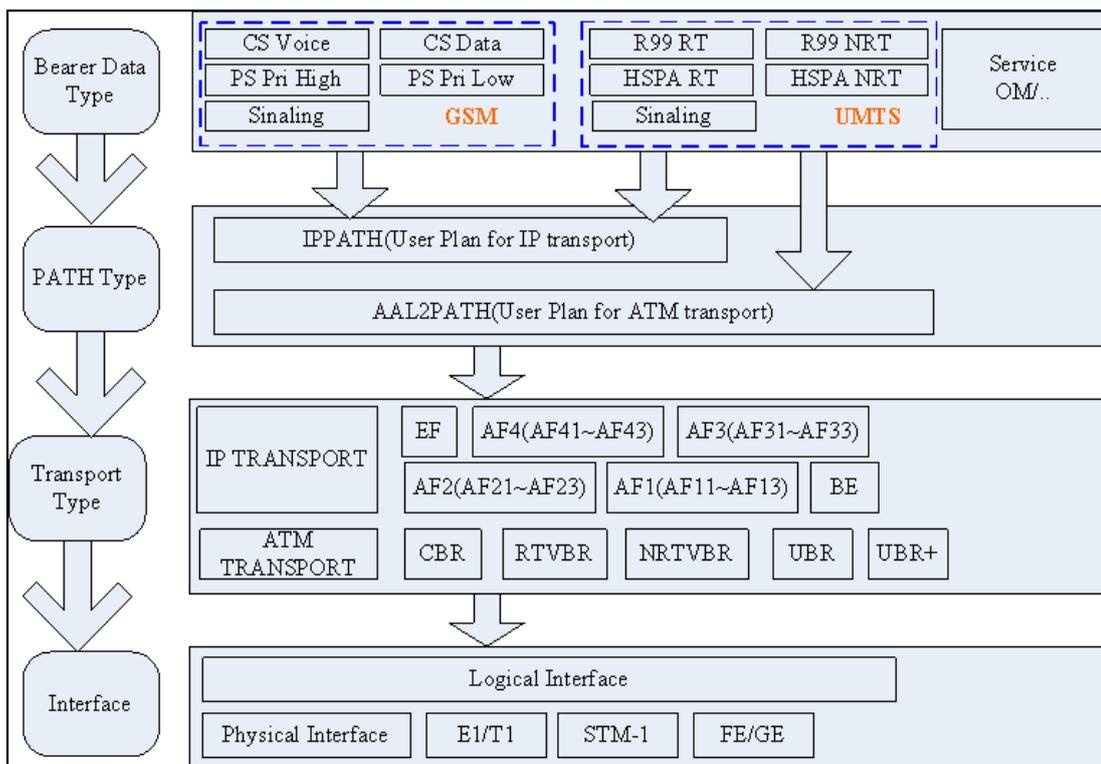


Fig. 2.33 Configuración básica de los recursos de transmisión

Fuente: Transmission Resource management SRAN 6.0, Huawei Technologies

## 2.4.2 Propuesta de solución

Utilizar una red de transporte mediante enlaces satelitales resultaría en un costo elevado para obtener el ancho de banda necesario y para el mantenimiento de la red. Además, tratamos de entregar un servicio de alta disponibilidad y capacidad, lo cual no se lograría fácilmente vía satélite debido a que esta necesita un máximo retardo de 600ms, lo cual afectaría en la entrega de recursos a los usuarios. Debemos tomar en cuenta de que en las redes de transporte se configura el QoS, y estas deben cumplir ciertos requisitos respecto a cada servicio.

Por lo tanto, proponemos utilizar otra solución para la problemática de nuestro proyecto. Los enlaces vía microondas son muy utilizadas como medio de transporte en los distintos escenarios aplicados en el Perú. Esta solución se utiliza comúnmente como

medio de transporte hacia la última milla y otras veces como redes de respaldo. En esta oportunidad, utilizaremos el medio de transporte a través de enlaces microondas para poder conectar nuestros equipos de tercera generación hacia el controlador.

A continuación, mostramos la arquitectura de la red que se aplicara en las localidades donde tenemos como objetivo implementar las redes de tercera generación.

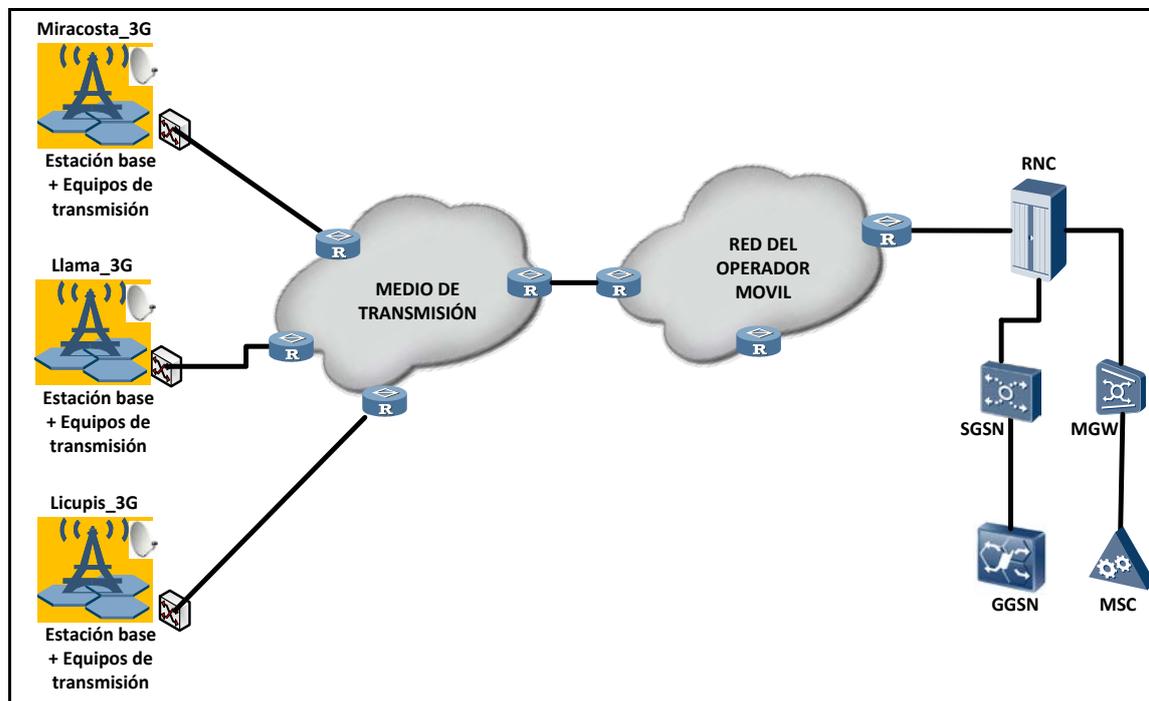


Fig. 2.34 Acceso a la red de transporte  
Fuente: Creación propia

En la figura 2.34 se muestra el enlace vía microondas desde la estación base a implementar hacia el siguiente salto, siendo este salto el medio de acceso a la red de transporte del operador móvil.

## 2.5 Tecnología 3G en el Perú

Actualmente, los mercados de telecomunicaciones se han ampliado a través de los años. En un principio se ofreció el servicio de línea fija permitiendo una comunicación fiable y de calidad a todos los abonados. Luego, apareció el servicio de banda ancha fija haciéndose más accesible a la información. Sin embargo, la demanda por un servicio personalizado en cualquier lugar y momento hizo que la tecnología cambiara rápidamente. De esta manera comenzó a traerse la tecnología de segunda generación; teniendo una gran cantidad de usuarios en la actualidad, para poder subsanar la demanda del país.

Sin embargo, el uso del internet hizo que muchas personas puedan comunicarse mediante los correos electrónicos, el chat y las redes sociales. Además, aparecieron

nuevos servicios como el video streaming y los blogs. La aparición de estos servicios hizo que cada vez más personas deseen tenerlos al alcance de sus manos.

Es por eso que se vio la necesidad de fabricar equipos que puedan soportar estos servicios; sin embargo, la utilización de aplicaciones en los móviles tendría que tener un ancho de banda suficiente para poder soportar la transmisión de los servicios sean estos interactivos, background o streaming. De esa manera, se comenzó a implementar la tecnología de tercera generación.

Actualmente existen 3 operadores que brindan el servicio de tercera generación, obteniendo una gran cantidad de clientes. El espectro radioeléctrico ha sido asignado de la siguiente manera:

Frecuencia	Banda	Rango de Frecuencias				Total (MHz)	Empresa
		Ida (MHz)		Retorno (MHz)			
850 MHz	A	824	835	869	880	25	Telefónica Móviles
		845	846.5	890	891.5		
	B	835	845	880	890	25	América Móvil
		846.5	849	891.5	894		
	B1	846.5	847.75	891.5	892.75	2.5	Disponible
B2	847.75	849	892.75	894	2.5	Disponible	
1900 MHz	A	1850	1865	1930	1945	30	América Móvil
	D	1865	1870	1945	1950	10	Nextel
	B	1870	1882.5	1950	1962.5	25	Telefónica Móviles
	E	1882.5	1895	1962.5	1975	25	Nextel
	F	1895	1897.5	1975	1977.5	5	Viettel
	C	1897.5	1910	1977.5	1990	25	

Tabla 2.14 Asignación del espectro radioeléctrico  
Fuente: Creación propia

## CAPITULO III

### DETERMINACION DE LA DEMANDA

En este capítulo analizaremos la situación actual del lugar donde se implementara este proyecto, empezando como departamento y luego a nivel distrito. Analizaremos la información socioeconómica, la tecnología existente sea este de acceso o de transporte, y la demanda actual. Por último, haremos hincapié en el beneficio social que se obtiene. Como hemos visto anteriormente, la arquitectura de UMTS permite realizar mejoras en la red sin la necesidad de una gran inversión haciendo posible la migración a nuevas tecnologías de mayor velocidad, por lo tanto, se hará mención de como dichas migraciones implica mejoras en la vida de las personas beneficiadas.

#### 3.1 Ubicación y estudio socio demográfico

El Perú es un país que está compuesto por 24 departamentos, con diferentes climas y tipos de suelo. El departamento de Cajamarca se le caracteriza por ser uno de los departamentos que cuenta con yacimiento de minas de oro. La minería ha impulsado en la mejora de la calidad de vida de las personas pero a la vez también ha generado problemas ambientales los cuales últimamente genera un malestar a la población afectada.



Fig. 3.1 Distritos con mayor y menor población  
Fuente: INEI – Perú: Proyecciones de población 2011

Además, Cajamarca se le conoce por ser un lugar turístico siendo esta un agregado positivo para la economía de los pobladores.

La figura 3.1 nos muestra los distritos que cuentan con mayor y menor población, el distrito de Cajamarca destaca como el distrito que concentra la mayor población del departamento con una población de 222 mil 275 habitantes, mientras que Sexi con 560 habitantes se constituye el distrito con menor población.

La figura 3.2 nos muestra la densidad poblacional a nivel provincia, como primer lugar la provincia de Hualgayoc con una densidad de 127.59 Hab./ Km<sup>2</sup>. En quinto lugar tenemos a la provincia de Chota con 44.40 Hab./ Km<sup>2</sup>; y por ultimo la provincia de Contumaza con 15.85 Hab./ Km<sup>2</sup>.

**CAP: Indicar a qué mes del 2011 corresponde población**

<b>CAJAMARCA: DENSIDAD POBLACIONAL Y ALTITUD, SEGÚN PROVINCIA, 2011</b>					
Departamento y Provincia	Superficie (Kilómetros cuadrados)	Población proyectada 30/Jun./2011 (Habitantes)	Densidad poblacional (Habitantes por kilómetro cuadrado)	Capital de provincia	
				Nombre	Altitud (Metros sobre el nivel del mar)
<b>Dpto. Cajamarca</b>	<b>33 317,54</b>	<b>1 507 486</b>	<b>45,25</b>		
Cajamarca	2 979,78	361 991	121,48	<b>Cajamarca</b>	<b>2 720</b>
Cajabamba	1 807,64	79 957	44,23	Cajabamba	2 654
Celendin	2 641,59	96 275	36,07	Celendin	2 620
Chota	3 795,10	168 513	44,40	Chota	2 388
Contumazá	2 070,33	32 806	15,85	Contumazá	2 674
Cutervo	3 028,46	144 560	47,73	Cutervo	2 649
Hualgayoc	777,15	99 159	127,59	Bambamarca	2 526
Jaén	5 232,57	197 962	37,83	Jaén	729
San Ignacio	4 990,30	144 398	28,94	San Ignacio	1 324
San Marcos	1 362,32	54 609	40,09	San Marcos	2 251
San Miguel	2 542,08	58 033	22,83	San Miguel de Pallaques	2 620
San Pablo	672,29	24 062	35,79	San Pablo	2 365
Santa Cruz	1 417,93	46 161	32,56	Santa Cruz de Suchabamba	2 035

Fig. 3.2 Densidad Poblacional y altitud según provincia.  
Fuente: INEI – Perú: Proyecciones de población 2011

La figura 3.3 nos muestra la población proyectada de Cajamarca, esta indica que para el año 2025 el departamento contara con una población de 1 millón 548 mil 584 habitantes con un incremento anual de 7 mil 425 y crecerá una tasa promedio anual de 0.5%.



Fig. 3.3 Población proyectada.

Fuente: INEI – Perú: Proyecciones departamentales de población

La figura 3.4 nos muestra la fuerza de trabajo o población económicamente activa en el departamento de Cajamarca. Se toma en cuenta a las personas que son mayores de 14 años de edad. El PEA compone el 79.1% de la población, de los cuales el 98.4% está calificados como ocupados.



Fig. 3.4 Participación en la actividad económica, 2010.

Fuente: INEI – Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) Continua, 2010.

La figura 3.5 nos muestra las actividades económicas que se desarrollan en Cajamarca, en el 2010 la PEA ocupada se concentraba en el sector agricultura, pesca, minería (55.9%), comercio (9.7%), seguido por manufactura (8.2%) entre otras actividades.

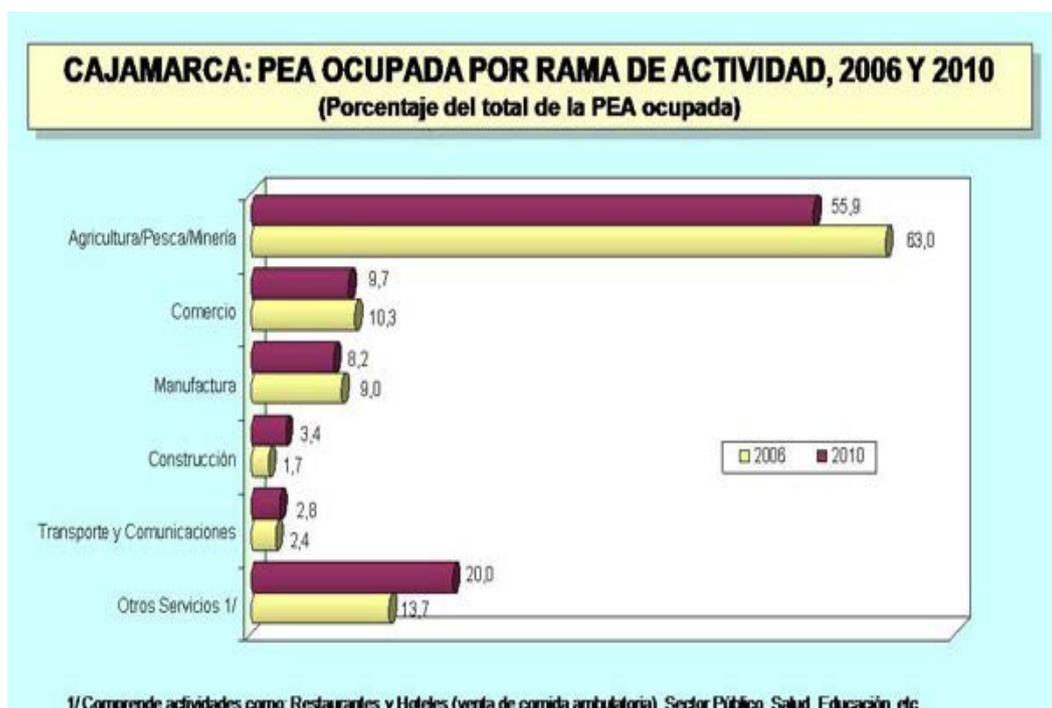


Fig. 3.5 PEA ocupada por rama de actividad.

Fuente: INEI – Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) Continua, 2010.

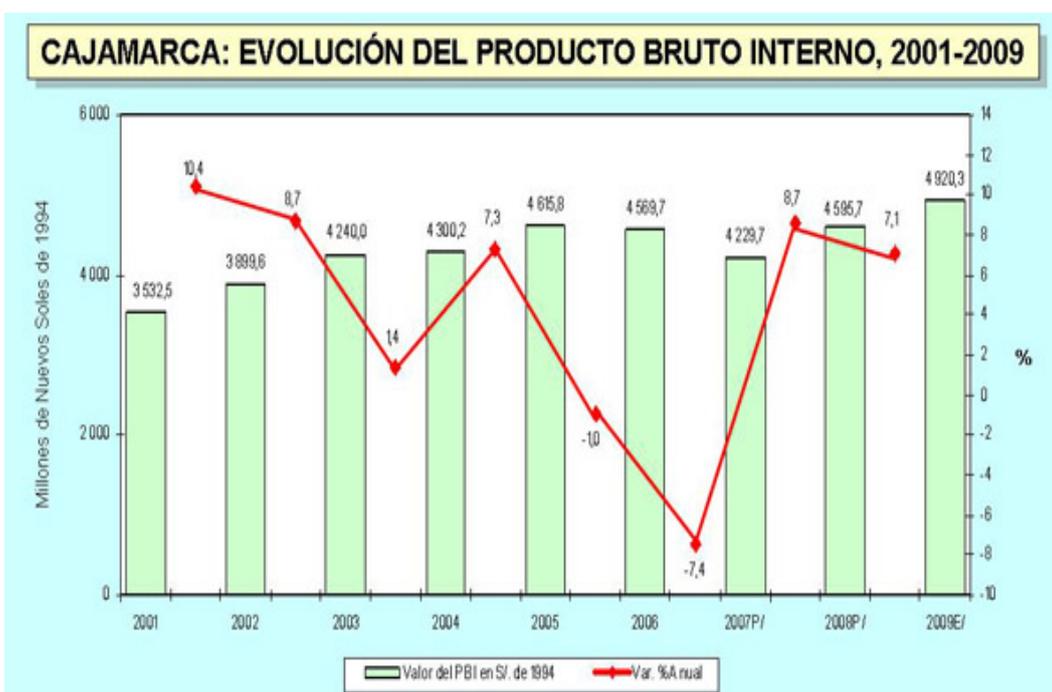


Fig. 3.6 Evolución del Producto Bruto Interno, 2001 - 2009.

Fuente: INEI – Dirección nacional de Cuentas nacionales.

El PBI (Producto Bruto interno), es un indicador macroeconómico que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de un país durante un periodo determinado de tiempo. El PBI es usado como un indicador del bienestar material de una sociedad. En la figura 3.6 se muestra la evolución del PBI en Cajamarca, dentro del

periodo de 2001 – 2009, el cual ha registrado un crecimiento promedio anual de 173.5 millones de nuevos soles.

La provincia de Chota es la que elegimos como lugar de implementación. Según los censos nacionales realizados el 2007, se obtuvo cuadros estadísticos en los cuales nos indica el tipo de vivienda, población, y la PEA de las provincias y sus respectivos distritos.

En el cuadro 3.1 se muestra la población de la provincia de Chota, según lo siguiente:

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, ÁREA URBANA Y RURAL, SEXO Y TIPO DE VIVIENDA	TOTAL	GRANDES GRUPOS DE EDAD					
		MENOS DE 1 AÑO	1 A 14 AÑOS	15 A 29 AÑOS	30 A 44 AÑOS	45 A 64 AÑOS	65 A MÁS AÑOS
<b>Provincia CHOTA</b>	<b>160447</b>	<b>2868</b>	<b>52092</b>	<b>40117</b>	<b>29728</b>	<b>23113</b>	<b>12529</b>
Hombres	77987	1430	26364	19334	13979	10832	6048
Mujeres	82460	1438	25728	20783	15749	12281	6481
<b>Viviendas particulares</b>	<b>159146</b>	<b>2861</b>	<b>52040</b>	<b>39687</b>	<b>29208</b>	<b>22845</b>	<b>12505</b>
Hombres	76955	1425	26338	19008	13544	10609	6031
Mujeres	82191	1436	25702	20679	15664	12236	6474
<b>Viviendas colectivas</b>	<b>1196</b>	<b>5</b>	<b>46</b>	<b>417</b>	<b>478</b>	<b>232</b>	<b>18</b>
Hombres	950	4	21	318	400	193	14
Mujeres	246	1	25	99	78	39	4
<b>Otro tipo</b>	<b>105</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>6</b>
Hombres	82	1	5	8	35	30	3
Mujeres	23	1	1	5	7	6	3

Cuadro 3.1 – Número de habitantes de la provincia de Chota

Fuente: INEI, Sistema de consulta de resultados censales, Censos Nacionales 2007

En los cuadros 3.2 y 3.3 nos indican el número de habitantes de la provincia de Chota pero dividido por zonas urbanas y rurales. El resultado obtenido es que la población rural de Chota comprende el 79.8% de la población total, dejando con un 20.2% como población urbana. Estos resultados apoyan en la aplicación de este proyecto porque tiene a la mayoría de los habitantes en zonas rurales quienes serán beneficiadas.

<b>URBANA</b>	<b>32301</b>	<b>517</b>	<b>8962</b>	<b>8352</b>	<b>6927</b>	<b>5185</b>	<b>2358</b>
Hombres	15777	257	4567	3901	3284	2599	1169
Mujeres	16524	260	4395	4451	3643	2586	1189
<b>Viviendas particulares</b>	<b>31640</b>	<b>510</b>	<b>8920</b>	<b>8159</b>	<b>6689</b>	<b>5023</b>	<b>2339</b>
Hombres	15334	252	4551	3781	3114	2480	1156

Mujeres	16306	258	4369	4378	3575	2543	1183
<b>Viviendas colectivas</b>	<b>557</b>	<b>5</b>	<b>36</b>	<b>180</b>	<b>196</b>	<b>126</b>	<b>14</b>
Hombres	361	4	11	112	135	89	10
Mujeres	196	1	25	68	61	37	4
<b>Otro tipo</b>	<b>104</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>5</b>
Hombres	82	1	5	8	35	30	3
Mujeres	22	1	1	5	7	6	2

Cuadro 3.2 – Número de habitantes en zona urbana

Fuente: INEI, Sistema de consulta de resultados censales, Censos Nacionales 2007

<b>RURAL</b>	<b>128146</b>	<b>2351</b>	<b>43130</b>	<b>31765</b>	<b>22801</b>	<b>17928</b>	<b>10171</b>
Hombres	62210	1173	21797	15433	10695	8233	4879
Mujeres	65936	1178	21333	16332	12106	9695	5292
<b>Viviendas particulares</b>	<b>127506</b>	<b>2351</b>	<b>43120</b>	<b>31528</b>	<b>22519</b>	<b>17822</b>	<b>10166</b>
Hombres	61621	1173	21787	15227	10430	8129	4875
Mujeres	65885	1178	21333	16301	12089	9693	5291
<b>Viviendas colectivas</b>	<b>639</b>		<b>10</b>	<b>237</b>	<b>282</b>	<b>106</b>	<b>4</b>
Hombres	589		10	206	265	104	4
Mujeres	50			31	17	2	
<b>Otro tipo</b>	<b>1</b>						<b>1</b>
Mujeres	1						1

Cuadro 3.3 – Número de habitantes en zona rural

Fuente: INEI, Sistema de consulta de resultados censales, Censos Nacionales 2007

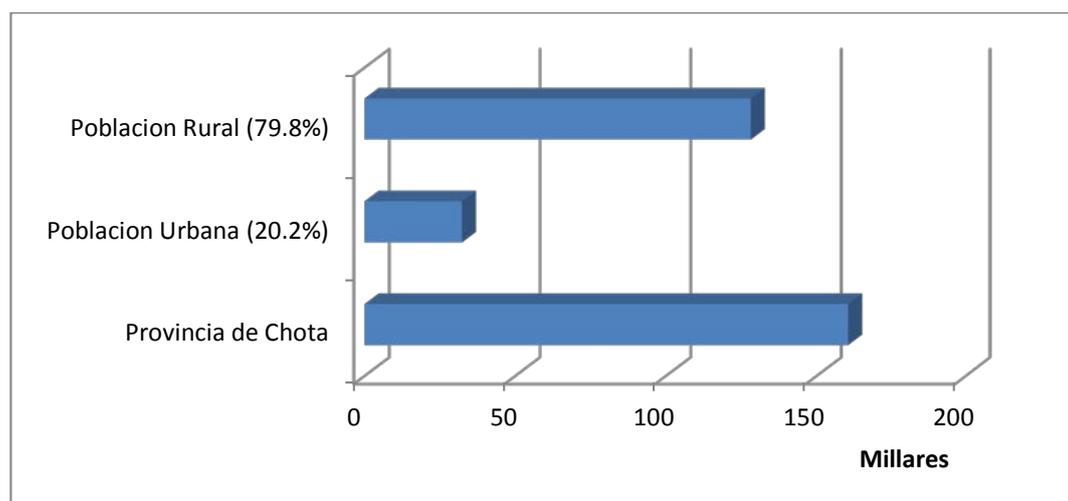


Fig. 3.7 Población rural y urbana

Fuente: Creación propia

Este proyecto tiene como finalidad beneficiar a la población rural ya que muchas veces estas no cuentan con el mismo tipo y calidad de servicio. En el cuadro 3.4 se aprecia el número de habitantes que pertenecen al PEA de la provincia de Chota dividida en grandes grupos de edad.

	<b>TOTAL</b>	<b>GRANDES GRUPOS DE EDAD</b>
--	--------------	-------------------------------

		<b>6 A 14 AÑOS</b>	<b>15 A 29 AÑOS</b>	<b>30 A 44 AÑOS</b>	<b>45 A 64 AÑOS</b>	<b>65 Y MÁS AÑOS</b>
<b>Provincia CHOTA</b>	<b>47431</b>	<b>832</b>	<b>15410</b>	<b>15656</b>	<b>11243</b>	<b>4290</b>
Agric., ganadería, caza y silvicultura	31579	621	10101	9435	7785	3637
Explotación de minas y canteras	338		128	159	50	1
Industrias manufactureras	1659	22	647	570	326	94
Suministro de electricidad, gas y agua	48		12	24	11	1
Construcción	954	5	277	384	262	26
Comerc., rep. veh. autom., motoc. efect. pers.	2414	39	652	931	610	182
Venta, mant.y rep. veh.autom. y motoc.	106	2	45	40	13	6
Comercio al por mayor	63		18	21	20	4
Comercio al por menor	2245	37	589	870	577	172
Hoteles y restaurantes	603	20	229	171	148	35
Trans., almac. y comunicaciones	902	8	460	317	108	9
Intermediación financiera	23		14	5	4	
Activid. inmovil., empres. y alquileres	422	1	163	172	80	6
Admin.pub. y defensa; p. segur.soc afile	810		204	346	245	15
Enseñanza	2754		453	1585	705	11
Servicios sociales y de salud	591		158	311	115	7
Otras activ. serv.comun.soc y personales	399	7	136	139	99	18
Hogares privados con servicio doméstico	662	37	372	134	92	27
Actividad económica no especificada	1238	6	399	392	297	144
Desocupado	2035	66	1005	581	306	77

Cuadro 3.4 – PEA de la provincia de Chota

Fuente: INEI, Sistema de consulta de resultados censales, Censos Nacionales 2007

<b>RURAL</b>	<b>35296</b>	<b>705</b>	<b>12079</b>	<b>10927</b>	<b>8102</b>	<b>3483</b>
Agric., ganadería, caza y silvicultura	28717	588	9387	8624	6900	3218
Explotación de minas y canteras	318		123	151	43	1
Industrias manufactureras	994	15	471	313	157	38

Suministro de electricidad, gas y agua	31		8	17	6	
Construcción	495	4	151	196	135	9
Comerc., rep. veh. autom., motoc. efect. pers.	648	15	209	249	146	29
Venta, mant.y rep. veh.autom. y motoc.	19	1	9	5	2	2
Comercio al por mayor	23		7	8	8	
Comercio al por menor	606	14	193	236	136	27
Hoteles y restaurantes	163	3	73	47	32	8
Trans., almac. y comunicaciones	286		160	97	29	
Intermediación financiera	4		2	1	1	
Activid. Inmobil., empres. y alquileres	171		75	73	23	
Admin.pub. y defensa; p. segur.soc afil	136		52	51	31	2
Enseñanza	632		197	329	106	
Servicios sociales y de salud	108		43	53	11	1
Otras activ. serv.comun.soc y personales	115	2	32	46	31	4
Hogares privados con servicio doméstico	289	14	154	67	44	10
Actividad económica no especificada	714	3	215	213	180	103
Desocupado	1475	61	727	400	227	60

Cuadro 3.5 – PEA de la provincia de Chota, zona rural

Fuente: INEI, Sistema de consulta de resultados censales, Censos Nacionales 2007

Ahora realizaremos un análisis a nivel distrital lo que nos ayudara en tener conocimiento de la población que brindaremos dicho servicio, los distritos en donde se implementara este proyecto son los siguientes:

### 3.1.1 Distrito de San Juan de Licupis

El distrito de San Juan de Licupis en un inicio fue un caserío en el año 1656 que pertenecía al distrito de Santiago de Cachén (Miracosta). Luego el pueblo de Licupis reunido en asamblea general en el año de 1977, decidieron independizarse de Miracosta

por la forma en que los trataban las autoridades de dicho distrito. En 1987 logran su objetivo creándose de esta manera el 17 distrito de la provincia de Chota, siendo presidente de la República el Dr. Alan García Pérez quien decreta la Ley de Creación N° 24720.

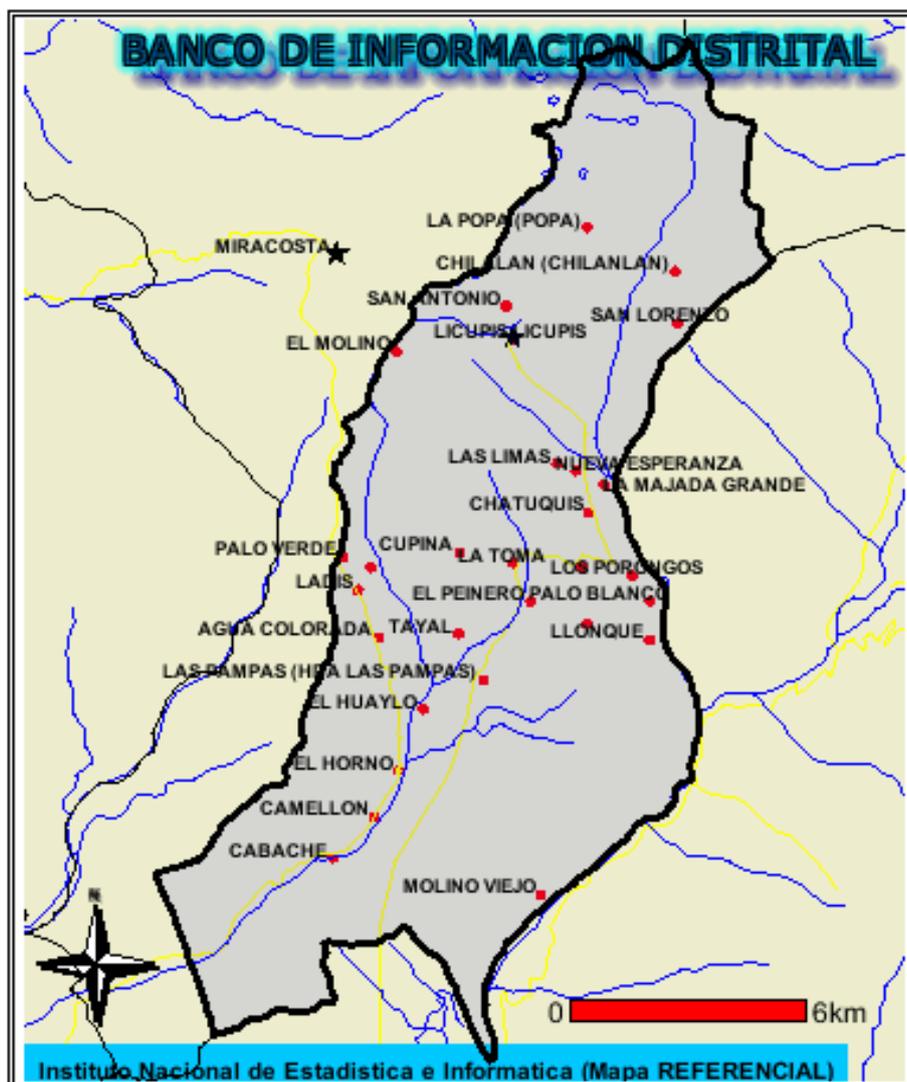


Fig. 3.8 Mapa geográfico de San Juan de Licupis.

Fuente: Pagina web – <http://www.chota.org>

En el cuadro 3.6, se observa el número de habitantes en el distrito de San Juan de Licupis teniendo un 17.5% como población urbana y el 82.5% como población rural.

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, ÁREA URBANA Y RURAL, SEXO Y TIPO DE VIVIENDA	TOTAL	GRANDES GRUPOS DE EDAD					
		MENOS DE 1 AÑO	1 A 14 AÑOS	15 A 29 AÑOS	30 A 44 AÑOS	45 A 64 AÑOS	65 A MÁS AÑOS
		<b>Distrito SAN JUAN DE LICUPIS</b>	<b>1101</b>	<b>10</b>	<b>320</b>	<b>244</b>	<b>197</b>

Hombres	577	5	164	146	104	93	65
Mujeres	524	5	156	98	93	114	58
<b>Viviendas particulares</b>	<b>1101</b>	<b>10</b>	<b>320</b>	<b>244</b>	<b>197</b>	<b>207</b>	<b>123</b>
Hombres	577	5	164	146	104	93	65
Mujeres	524	5	156	98	93	114	58
<b>URBANA</b>	<b>193</b>	<b>3</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>34</b>	<b>24</b>
Hombres	95		23	22	23	15	12
Mujeres	98	3	28	19	17	19	12
<b>Viviendas particulares</b>	<b>193</b>	<b>3</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>34</b>	<b>24</b>
Hombres	95		23	22	23	15	12
Mujeres	98	3	28	19	17	19	12
<b>RURAL</b>	<b>908</b>	<b>7</b>	<b>269</b>	<b>203</b>	<b>157</b>	<b>173</b>	<b>99</b>
Hombres	482	5	141	124	81	78	53
Mujeres	426	2	128	79	76	95	46
<b>Viviendas particulares</b>	<b>908</b>	<b>7</b>	<b>269</b>	<b>203</b>	<b>157</b>	<b>173</b>	<b>99</b>
Hombres	482	5	141	124	81	78	53
Mujeres	426	2	128	79	76	95	46

Cuadro 3.6 – Número de habitantes en zona rural del distrito de San Juan de Licupis  
Fuente: INEI, Sistema de consulta de resultados censales, Censos Nacionales 2007

### 3.1.2 Distrito de Miracosta

El Pueblo Santiago de Cachén, fue fundado el 25 de julio de 1559, por el religioso Fray Juan Ramírez, de la orden religiosa de los Agustinos. Los escritos de la Fundación y Bendición impartida en esta fecha a los fieles de este pueblo, se hallan en los archivos de la parroquia del mismo distrito.

Miracosta es el nombre último de este antiguo pueblo. Por ley N° 09820 del 21 de setiembre de 1943, desaparece el nombre de Santiago de Cachén, el cual le fue difícil acostumbrarse a este nuevo nombre de Miracosta.

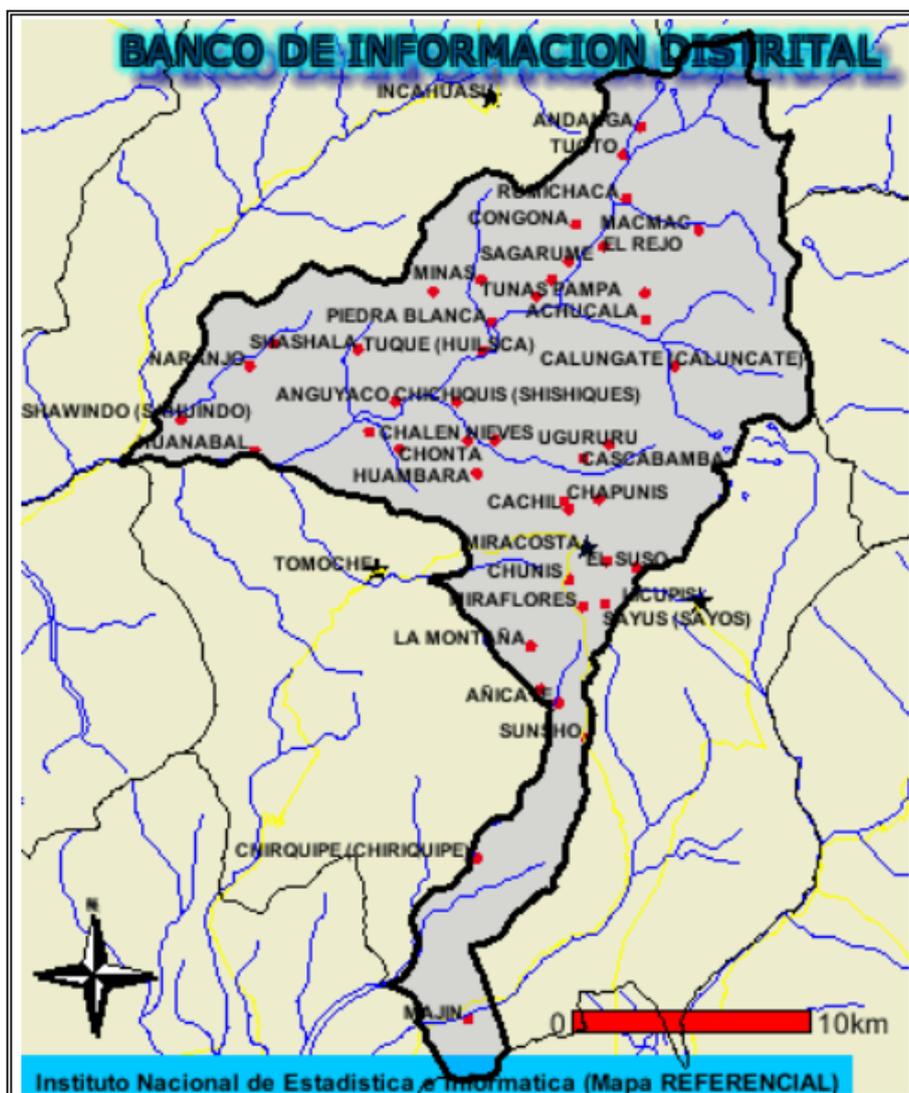


Fig. 3.9 Mapa geográfico de Miracosta.  
Fuente: Pagina web – <http://www.chota.org>

En el cuadro 3.7 se muestra el número de habitantes del distrito de Miracosta, es apreciable la gran diferencia que hay entre el número de la población urbana (5%) con la población rural (95%).

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, ÁREA URBANA Y RURAL, SEXO Y TIPO DE VIVIENDA	TOTAL	GRANDES GRUPOS DE EDAD					
		MENOS DE 1 AÑO	1 A 14 AÑOS	15 A 29 AÑOS	30 A 44 AÑOS	45 A 64 AÑOS	65 A MÁS AÑOS
<b>Distrito MIRACOSTA</b>	<b>3717</b>	<b>73</b>	<b>1412</b>	<b>800</b>	<b>626</b>	<b>512</b>	<b>294</b>
Hombres	1939	43	720	439	322	257	158

Mujeres	1778	30	692	361	304	255	136
<b>Viviendas particulares</b>	<b>3713</b>	<b>73</b>	<b>1412</b>	<b>798</b>	<b>624</b>	<b>512</b>	<b>294</b>
Hombres	1935	43	720	437	320	257	158
Mujeres	1778	30	692	361	304	255	136
<b>Viviendas colectivas</b>	<b>4</b>			<b>2</b>	<b>2</b>		
Hombres	4			2	2		
<b>URBANA</b>	<b>180</b>	<b>3</b>	<b>40</b>	<b>52</b>	<b>27</b>	<b>40</b>	<b>18</b>
Hombres	95	2	19	32	13	18	11
Mujeres	85	1	21	20	14	22	7
<b>Viviendas particulares</b>	<b>180</b>	<b>3</b>	<b>40</b>	<b>52</b>	<b>27</b>	<b>40</b>	<b>18</b>
Hombres	95	2	19	32	13	18	11
Mujeres	85	1	21	20	14	22	7
<b>RURAL</b>	<b>3537</b>	<b>70</b>	<b>1372</b>	<b>748</b>	<b>599</b>	<b>472</b>	<b>276</b>
Hombres	1844	41	701	407	309	239	147
Mujeres	1693	29	671	341	290	233	129
<b>Viviendas particulares</b>	<b>3533</b>	<b>70</b>	<b>1372</b>	<b>746</b>	<b>597</b>	<b>472</b>	<b>276</b>
Hombres	1840	41	701	405	307	239	147
Mujeres	1693	29	671	341	290	233	129
<b>Viviendas colectivas</b>	<b>4</b>			<b>2</b>	<b>2</b>		
Hombres	4			2	2		

Cuadro 3.7 – Número de habitantes en zona rural del distrito de Miracosta

Fuente: INEI, Sistema de consulta de resultados censales, Censos Nacionales 2007

### 3.1.3 Distrito de Llama

El origen de Llama, sobre este particular e importante punto no se puede precisar con verdadera exactitud la fe de su nacimiento como pueblo, pero consideramos que fue creado el 10 de agosto de 1648 en la categoría de caserío o comunidad y estaba ubicado en un lugar llamado Checopón y que después fue comprensión de la hacienda “San Juan de Cojín” con su patrono San Lorenzo, siendo dueño de esta hacienda en ese entonces, el español Don Juan Alonso de Paz, quien dejó seis hijos como herederos legítimos.

Posteriormente el 22 de marzo de 1839 al ratificarse la creación de la provincia de Chiclayo, Llama ya no fue incluida en ella, retornando por tanto a la jurisdicción de Chota. Dicha integración fue efectuada por decreto del 11 – 02- 1855 y por ley del 02 – 01 –

1857, luego por el Congreso de la República por ley N° 10008 firmado por el presidente Dr. Manuel Prado Ugarteche el 13 de Noviembre de 1944 se le otorga la categoría de ciudad y capital de la misma.

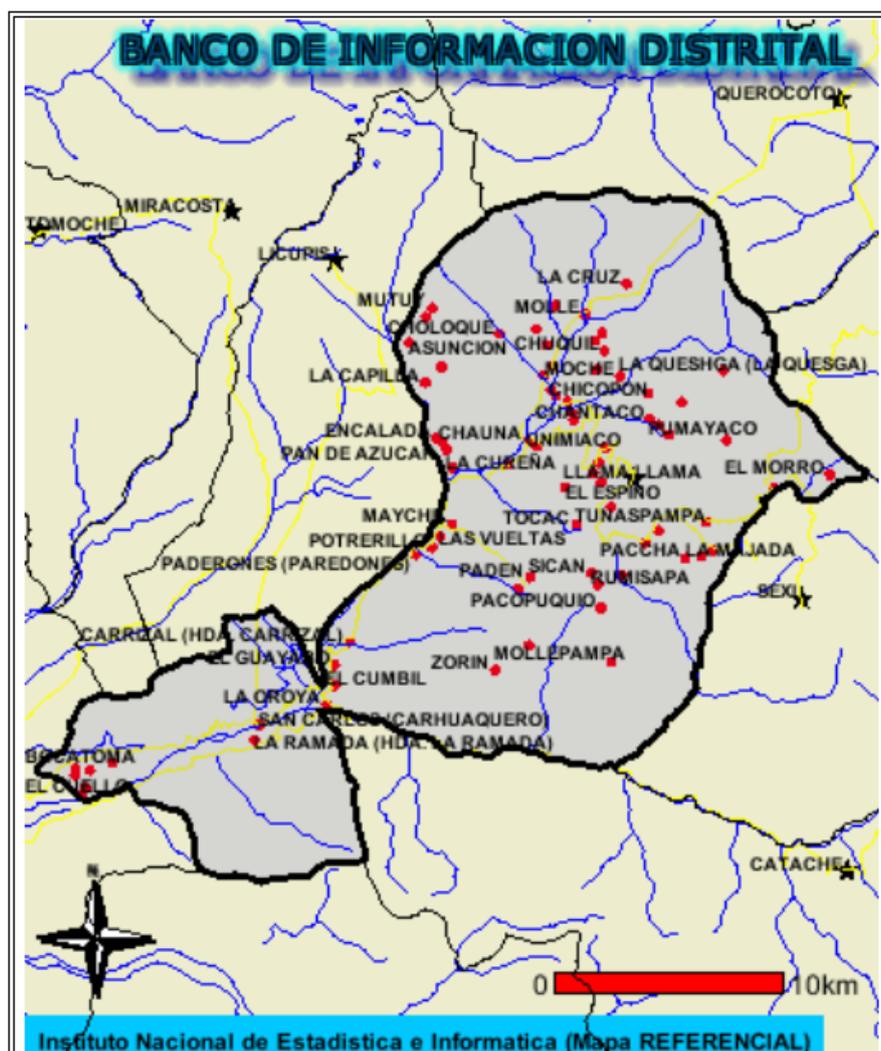


Fig. 3.10 Mapa geográfico de Llama.

Fuente: Pagina web – <http://www.chota.org>

En el cuadro 3.8 se aprecia el número de habitantes del distrito de Llama, una vez más la diferencia del número de habitantes entre la zona rural (88%) y la zona urbana (12%) es muy grande.

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, ÁREA URBANA Y RURAL, SEXO Y TIPO DE VIVIENDA	TOTAL	GRANDES GRUPOS DE EDAD					
		MENOS DE 1 AÑO	1 A 14 AÑOS	15 A 29 AÑOS	30 A 44 AÑOS	45 A 64 AÑOS	65 A MÁS AÑOS
<b>Distrito LLAMA</b>	<b>8102</b>	<b>161</b>	<b>2330</b>	<b>1884</b>	<b>1561</b>	<b>1359</b>	<b>807</b>
Hombres	4079	80	1144	991	787	675	402

Mujeres	4023	81	1186	893	774	684	405
<b>Viviendas particulares</b>	<b>8024</b>	<b>161</b>	<b>2320</b>	<b>1853</b>	<b>1539</b>	<b>1344</b>	<b>807</b>
Hombres	4015	80	1135	970	767	661	402
Mujeres	4009	81	1185	883	772	683	405
<b>Viviendas colectivas</b>	<b>51</b>		<b>10</b>	<b>29</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	
Hombres	37		9	19	5	4	
Mujeres	14		1	10	2	1	
<b>Otro tipo</b>	<b>27</b>			<b>2</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	
Hombres	27			2	15	10	
<b>RURAL</b>	<b>7134</b>	<b>153</b>	<b>2044</b>	<b>1688</b>	<b>1389</b>	<b>1169</b>	<b>691</b>
Hombres	3604	77	1003	883	708	583	350
Mujeres	3530	76	1041	805	681	586	341
<b>Viviendas particulares</b>	<b>7108</b>	<b>153</b>	<b>2035</b>	<b>1671</b>	<b>1389</b>	<b>1169</b>	<b>691</b>
Hombres	3578	77	994	866	708	583	350
Mujeres	3530	76	1041	805	681	586	341
<b>Viviendas colectivas</b>	<b>26</b>		<b>9</b>	<b>17</b>			
Hombres	26		9	17			

Cuadro 3.8 – Número de habitantes en zona rural del distrito de Llama  
Fuente: INEI, Sistema de consulta de resultados censales, Censos Nacionales 2007

Al observar la información socioeconómica del departamento, la actividad económica de la provincia y el número de habitantes de cada distrito, podemos concluir que las personas beneficiadas será una gran cantidad y podrán costear el servicio ofrecido.

## 3.2 Situación y proyección económica de la zona

### 3.2.1 Situación actual de la zona

#### Actividad económica regional

El indicador de actividad económica de Cajamarca creció 4.5%, respecto al mismo periodo de 2011. Esto se debe a la expansión de casi todos los sectores, con ciertas excepciones. En la figura 3.11 se detalla lo siguiente:

<b>Indicador de Actividad Económica Regional</b> <sup>1/2/</sup> (Variación porcentual respecto a similar período año anterior)			
<b>Sector</b>	<b>Ponderación</b> <sup>3/</sup>	<b>Enero - Agosto 2012</b>	
		<b>Var.%</b>	<b>Contribución</b> <sup>4/</sup>
<b>Agropecuario</b>	<b>21,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>
Agrícola		1,0	
Pecuario		-1,1	
<b>Minería</b>	<b>20,2</b>	<b>15,4</b>	<b>3,1</b>
<b>Manufactura</b>	<b>13,7</b>	<b>-5,6</b>	<b>-0,8</b>
<b>Construcción</b>	<b>5,7</b>	<b>7,9</b>	<b>0,5</b>
<b>Electricidad y agua</b>	<b>1,8</b>	<b>15,8</b>	<b>0,3</b>
<b>Servicios gubernamentales</b>	<b>8,9</b>	<b>13,8</b>	<b>1,2</b>
<b>Servicios financieros</b>	<b>1,8</b>	<b>9,8</b>	<b>0,2</b>
<b>TOTAL</b>	<b>73,6</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>

Fig. 3.11 Indicador de Actividad Económica Regional

Fuente: BCRP

#### Actividad minera

Según el BCRP, la actividad minera decreció en agosto 5% respecto al mismo mes del año pasado, por la menor extracción de los minerales como el cobre (-24.9%), plata (-6%) y oro (-2.6%).

#### Actividad agrícola

Los pobladores se dedican mayoritariamente a labores de cultivo de papa, maíz, cereales, ganado vacuno. En agosto, se inició la fase de siembras correspondiente a la campaña agrícola 2012-2013. Sin embargo, la cantidad de hectáreas instaladas difiere en un 17.2% menos respecto a igual mes de la campaña anterior.

#### Infraestructura de sanidad

Los pobladores cuentan con Puesto de Salud, además cuentan con un Hospital Central de Chota. Brindando un buen servicio a todos los pobladores.

<b>Campaña agrícola - Superficie sembrada 1/</b> (Hectáreas)				
	<b>Campaña agrícola 2/</b>		<b>Variación</b>	
	<b>2011/2012</b>	<b>2012/2013</b>	<b>Absoluta</b>	<b>Porcentual</b>
<b>CULTIVOS TRANSITORIOS</b>	<b>7 475</b>	<b>6 186</b>	<b>-1 289</b>	<b>-17,2</b>
Arroz	840	790	- 50	-6,0
Cebada	15	38	23	153,3
Frijol grano seco	236	240	4	1,7
Maíz amarillo duro	408	381	- 27	-6,6
Maíz amiláceo	545	593	48	8,8
Papa	2 711	2 577	- 134	-4,9
Trigo	0	4	4	-
Otros	2 720	1 563	-1 157	-42,5
<b>CULTIVOS PERMANENTES</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>
Café	0	0	0	-
<b>Total</b>	<b>7 475</b>	<b>6 186</b>	<b>-1 289</b>	<b>-17,2</b>

Fig. 3.12 Campaña agrícola

Fuente: BCRP

### Infraestructura vial

Chota cuenta con caminos y carreteras: Chota – Chiclayo, Chota-Bambamarca-Cajamarca y muchos caminos y trochas. La construcción de carreteras han sido de vital importancia para el desarrollo de muchas ciudades, entre las principales obras de inversión pública destacan la rehabilitación y mejoramiento de carreteras.

<b>Cajamarca: Ejecución de la inversión pública no financiera</b> (Millones de Nuevos Soles)						
	<b>Agosto</b>			<b>Enero - Agosto</b>		
	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Var.% 1/</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>Var.% 1/</b>
Gobierno Nacional	49,4	72,1	41,1	337,1	418,0	19,3
Gobierno Regional	26,7	42,2	52,9	226,8	203,7	-13,6
Gobiernos locales	45,0	94,4	102,4	220,1	422,8	84,8
<b>Total</b>	<b>121,0</b>	<b>208,6</b>	<b>66,5</b>	<b>784,0</b>	<b>1.044,4</b>	<b>28,1</b>

Fig. 3.13 Ejecución de la inversión pública no financiera

Fuente: BCRP

### Manufactura

La manufactura decreció en agosto 3.6% con relación a similar mes de 2011 siendo una evolución desfavorable. Este retroceso se generó en todas las ramas industriales, por ejemplo, los productos lácteos disminuyó 3% por dificultades en el acopio de leche fresca ante los conflictos sociales producidos en la provincia de Cajamarca.

### Actividad agropecuaria

Esta actividad creció en agosto 1.3%, esto se debe a la producción de trigo, café, alfalfa, arveja, maíz amarillo. Lo que disminuyó el resultado fue la caída de carne de vacuno, frijol grano seco, carne de porcino, entre otros productos.

Producción de principales productos agropecuarios <sup>1/</sup>							
(Miles de toneladas)							
	Estructura Porcentual 2011 <sup>2/</sup>	AGOSTO		ENERO - AGOSTO			
		Var.% anual	Contribución al crecimiento 2/	2011	2012	Var.% anual	Contribución al crecimiento 2/
<b>PRODUCCIÓN AGRÍCOLA</b>	<b>64,6</b>	<b>4,8</b>	<b>3,0</b>			<b>1,0</b>	<b>0,7</b>
Orientada al mercado externo y agroindustria <sup>3/</sup>	<u>16,9</u>	<u>1,6</u>	<u>0,3</u>			<u>-7,9</u>	<u>-1,7</u>
Café	15,0	1,1	0,2	59,3	54,2	-8,6	-1,6
Maíz amarillo duro	1,9	6,9	0,1	55,5	54,4	-2,1	0,0
Orientada al mercado interno <sup>3/</sup>	<u>47,6</u>	<u>6,5</u>	<u>2,7</u>			<u>5,0</u>	<u>2,3</u>
Papa	8,7	-1,0	0,0	203,0	212,4	4,6	0,4
Arroz cáscara	5,6	-3,8	-0,1	122,7	128,0	4,4	0,2
Yuca	2,3	29,5	0,4	53,1	48,5	-8,6	-0,2
Alfalfa	2,1	7,6	0,2	110,5	125,1	13,3	0,2
Maíz amiláceo	1,5	21,8	0,1	29,1	30,0	3,3	0,1
Frijol grano seco	0,0	-40,4	-0,6	13,1	13,4	2,2	0,0
Arveja grano verde	0,0	12,4	0,2	12,8	14,4	12,3	0,1
Maíz choclo	0,0	-	-	31,6	28,0	-11,4	-0,1
Trigo	1,1	14,8	0,7	25,7	27,8	8,2	0,1
Arveja grano seco	1,2	-0,5	0,0	4,3	4,7	8,5	0,0
<b>PRODUCCIÓN PECUARIA</b>	<b>35,4</b>	<b>-4,6</b>	<b>-1,7</b>			<b>-1,1</b>	<b>-0,3</b>
Carne de vacuno <sup>4/</sup>	18,6	-6,9	-1,4	19,6	18,9	-3,7	-0,6
Leche	11,4	-0,9	-0,1	208,8	215,4	3,1	0,3
Carne de porcino <sup>4/</sup>	1,7	-10,4	-0,2	3,4	3,2	-4,0	-0,1
Carne de ovino <sup>4/</sup>	1,4	-0,5	0,0	1,1	1,0	-7,6	-0,1
<b>SECTOR AGROPECUARIO</b>	<b>100,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>			<b>0,3</b>	<b>0,3</b>

Fig. 3.14 Producción de principales productos agropecuarios

Fuente: BCRP

### Consumo privado

Algunos indicadores como el crédito personal y venta de automóviles nuevos, tuvieron un desempeño favorable. Las ventas de automóviles nuevos sumaron en agosto 108 unidades. Obteniendo una suma total en agosto de 907 unidades, 57.2% más frente al mismo periodo del 2011.

El BCRP afirma que el crédito a personas naturales creció 10.7%, frente al mismo mes del año pasado, por expansión del crédito hipotecario (21.7%) y de consumo (7.3%).

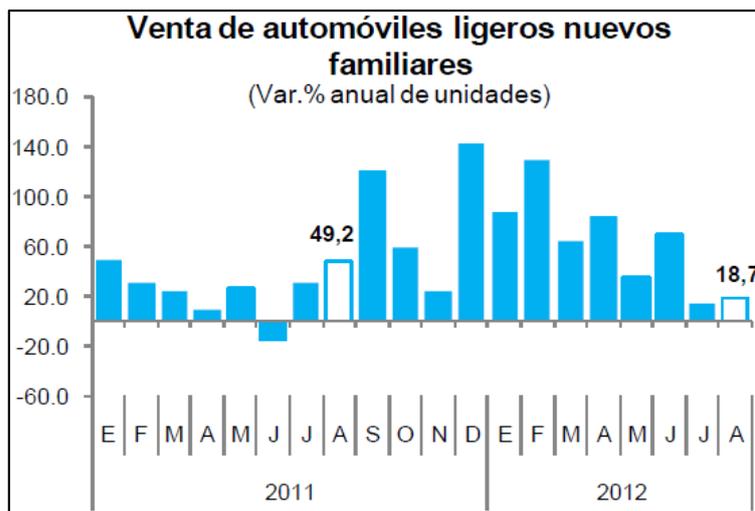


Fig. 3.15 Venta de automóviles ligeros nuevos familiares

Fuente: BCRP

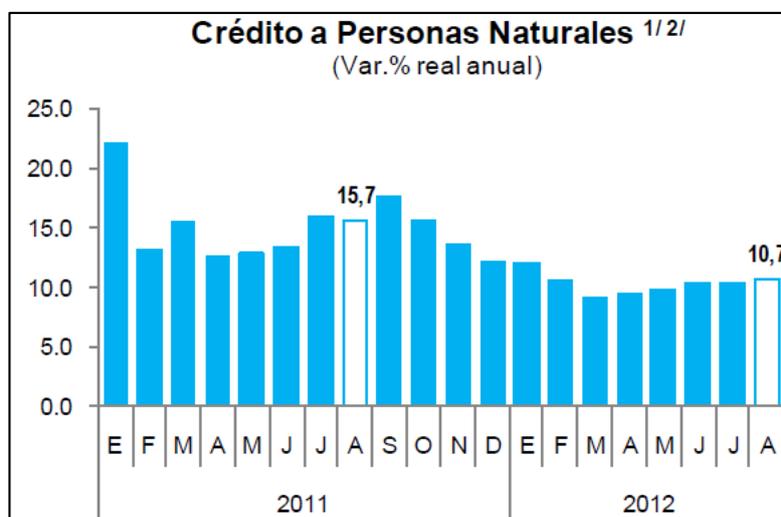


Fig. 3.16 Crédito a personas naturales

Fuente: BCRP

#### Infraestructura de agua potable

Muchas comunidades ya cuentan con servicio de agua en tubería hasta sus domicilios. Los proyectos de agua potable aún siguen en curso y se pretende obtener una gran cantidad de beneficiados.

#### Servicio de electrificación

Hasta el año pasado contaba con red pública con un pendiente de 40% de la población, sin embargo, se están generando proyectos para ampliar la cobertura de este servicio que permita mejorar la calidad de vida.

En este año se aumentará el número de personas beneficiadas del servicio de luz. Se viene desplegando un proyecto de electrificación rural de 24 comunidades que pertenecen al distrito de Chota.

#### Servicio de telefonía móvil

Hasta el año 2011, muchas zonas rurales de Chota no contaban con cobertura del servicio de telefonía móvil. Sin embargo este año, se ha implementado la tecnología GSM en muchas ciudades mediante el proyecto que el FITEL implemento en muchas partes del país.

### 3.2.2 Proyección de la zona

Durante este año y los anteriores, Cajamarca ha experimentado una variación de la Actividad Económica. A continuación presentamos un el cuadro 3.9 que muestra la variación en los últimos años de dicha actividad.

Sector	Ponderación	Enero - Agosto			
		2012	2011	2010	2009
		Variación (%)	Variación (%)	Variación (%)	Variación (%)
Agropecuario	24,5	0,3	-3	0,6	4,9
Minería	20,2	15,4	-4,5	-20	26,7
Manufactura	13,7	-5,6	3,9	5,2	8,6
Construcción	5,7	7,9	8,6	9,2	-1,2
Electricidad y agua	1,8	15,8	-12	-9,1	2,5
Servicios gubernamentales	8,9	13,8	5	5,1	3,1
Servicios financieros	1,8	9,8	22,6	6	20,6
<b>Total</b>	<b>73,6</b>	<b>4,5</b>	<b>0,1</b>	<b>-2,3</b>	<b>8,2</b>

Cuadro 3.9 Variación de la Actividad Económica

Fuente: BCRP

Según el cuadro 3.9, se puede verificar que a partir del 2011 Cajamarca ha comenzado a reportar un crecimiento en varios sectores. Justamente, el cuadro en referencia hace resumen de cómo es la variación en los periodos semestrales de cada año. Se proyecta que este crecimiento sea positivo en los años posteriores permitiendo una economía sostenible.

### 3.3 Servicios de telecomunicaciones actuales

El Fondo de Inversión en telecomunicaciones – FITEL fue creado como un mecanismo de equidad que tiene por objetivo financiar, servicios de telecomunicaciones en áreas rurales o en lugares considerados como de interés social, y aplicando también en la infraestructura de comunicaciones necesaria para garantizar el acceso a dichos servicios.

Para cumplir con su propósito, el FITEL ha ejecutado varios proyectos, en la actualidad el FITEL está en etapa de supervisión de los siguientes proyectos:

1. Banda Ancha rural (Centro – Norte – Nororiente).
2. Telecomunicación rural – Internet rural.
3. Banda ancha para localidades aisladas – BAS
4. “Servicio de banda ancha rural San Gabán – Puerto Maldonado” y “Servicio de banda ancha rural Juliaca. San Gabán”.
5. “Implementación de servicios integrados de telecomunicaciones Buenos Aires – Canchaque, región Piura”.
6. Proyectos integrados: Banda ancha para el desarrollo del valle de los Rios Apurimac y Ene – VRAE y banda ancha para el desarrollo de las comunidades de Camisea (Camisea - Lurín).
7. “Integración de las áreas rurales y lugares de preferente interés social a la red del servicio móvil – Selva”
8. “Integración de las áreas rurales y lugares de preferente interés social a la red del servicio móvil – Centro Sur”.
9. “Integración de las áreas rurales y lugares de preferente interés social a la red del servicio móvil – Centro Norte”.
10. “Tecnologías de la información para el desarrollo integral de las comunidades de la provincia de Candavare”.

Nuestro interés radica en el proyecto “Integración de las áreas rurales y lugares de preferente interés social a la red del servicio móvil – Centro Norte”, este proyecto tiene como departamentos beneficiados: Ancash, Cajamarca, Pasco, La Libertad, Lima, Huánuco y Piura.

Ciertamente, muchas provincias de Cajamarca han sido beneficiadas con este proyecto en mención. Actualmente, muchos poblados rurales ya cuentan con servicio de telefonía móvil con tecnología GSM. La utilización de dichos servicios ha sobrepasado los resultados estimados. Los equipos existentes son:

	Descripción
BBU3900	<p>Unidad de control banda base que transfiere las señales entre la estación base y la BSC/RNC. Realiza las siguientes funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo de señales entre la estación base y la BSC/RNC.</li> <li>• Provee sistema de referencia.</li> <li>• Gestiona el sistema de la estación base en función de operación, mantenimiento y procesamiento de señales.</li> </ul>
GTMU	<p>Es una tarjeta que se instala en la BBU3900 cuando se instala el modo GSM, es la tarjeta principal de control y transmisión. Tiene las siguientes funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Provee los puertos CPRI para conectar los módulos RF</li> <li>• Procesa las señales de referencia.</li> <li>• Provee gestión OM para la red GSM.</li> <li>• Provee 4 E1s/T1s, 1 puerto eléctrico FE, y 1 puerto óptico FE.</li> </ul>
UPEU	<p>Es el módulo de alimentación de la BBU3900. Soporta respaldo 1 + 1 y tiene las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Convierte -48 V DC o +24 V DC como voltaje de alimentación.</li> <li>• Provee 2 señales de monitoreo RS485.</li> <li>• Provee 8 contactos secos para alarmas internas.</li> </ul>
FAN	<p>Es la unidad de ventilación de la BBU3900, disipa el calor, realiza ajustes a la velocidad del ventilador, y detección de problemas de funcionamiento.</p>
RECTIFICADOR VALERE POWER FLATPACK 2 HE	<p>Incluye: 02 Rectificadores FlatPack2 HE 48/2000W, 02 Bancos de Baterías Narada x 4 unidades 100Ah 48V con placas de conexión, pernos M6, tuercas, arandelas, grasa antioxidante, kit de ventilación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 01 Gabinete Outdoor de aluminio con 2 compartimientos internos; uno de Ventilación Forzada con Sistema Rectificador de Alta Eficiencia</li> <li>• HE Flatpack 2, 6KW y un compartimiento con Aire Acondicionado (250W) para Baterías, Incluye candado y placas blink. Incluye manual de instalación, operación y mantenimiento.</li> </ul>
Infraestructura	<p>Torre auto soportada de 30 metros (Licupis), 30 metros (Miracosta) y 60 metros (Llama). Cada torre está ubicada dentro de una estación base de material noble, con su respectivo sistema a tierra y alimentación.</p>
Empresa Eléctrica	Electro Norte, conexión aérea

Cuadro 3.10 Equipos existentes en las localidades

Fuente: Propia, vista a campo

### 3.4 Estudio de mercado

Ahora procederemos a analizar el estado actual de las telecomunicaciones en el departamento de Cajamarca. El cuadro y9 nos muestra que el departamento de Cajamarca se ubica en el 10mo puesto como departamento con más líneas de servicio móvil cuenta. Esta cantidad de líneas en servicio viene a ser de 1 millón 64 mil 339 líneas. El crecimiento de líneas en servicio en Cajamarca ha ido aumentando de forma favorable, la figura 3.17 nos muestra el incremento anual.

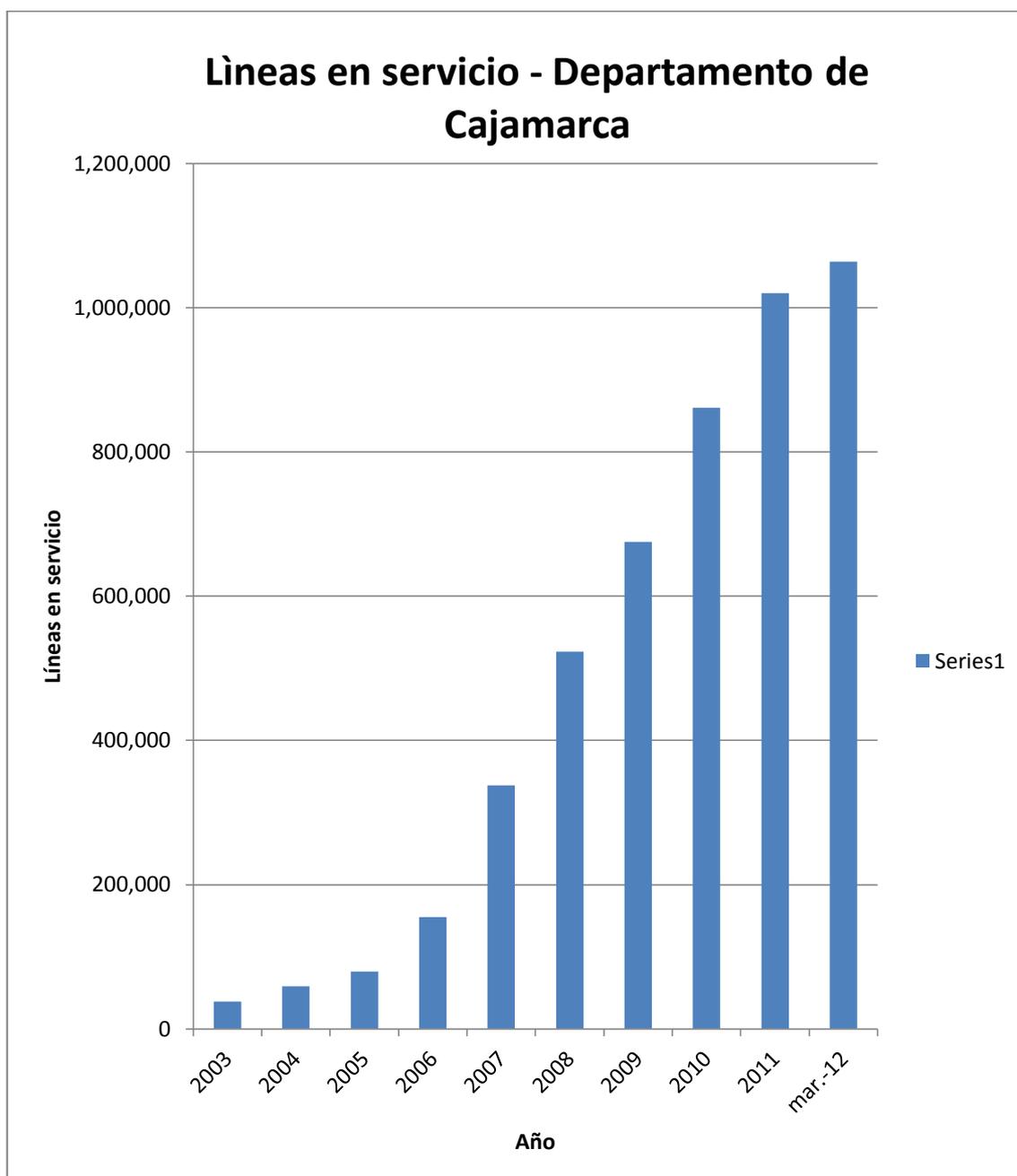


Fig. 3.17 Líneas en servicio – Departamento de Cajamarca

Fuente: Creación propia

Líneas en Servicio por Departamento	ene-12	feb-12	mar-12
Amazonas	209.675	211.143	213.109
Ancash	1.040.453	1.052.787	1.065.994
Apurímac	264.158	267.740	273.461
Arequipa	1.680.891	1.694.677	1.716.639
Ayacucho	558.149	560.375	564.877
<b>Cajamarca</b>	<b>1.029.816</b>	<b>1.048.035</b>	<b>1.064.339</b>
Cusco	1.206.486	1.225.681	1.240.979
Huancavelica	118.548	120.766	123.720
Huánuco	481.399	486.741	493.842
Ica	950.939	957.927	966.658
Junín	1.282.858	1.289.194	1.302.112
La Libertad	1.854.458	1.885.079	1.913.102
Lambayeque	1.335.030	1.345.005	1.355.176
Lima y Callao	14.973.791	15.156.414	15.244.110
Loreto	418.427	419.803	424.564
Madre de Dios	163.276	165.877	168.628
Moquegua	211.562	211.632	212.602
Pasco	193.885	194.209	196.777
Piura	1.500.281	1.518.286	1.534.951
Puno	1.321.512	1.346.072	1.372.720
San Martín	602.174	603.650	607.000
Tacna	450.458	452.297	455.021
Tumbes	262.373	263.875	265.928
Ucayali	392.989	396.900	401.639
<b>Total Perú</b>	<b>32.503.588</b>	<b>32.874.165</b>	<b>33.177.948</b>

Cuadro 3.11 – Líneas en Servicio por Departamento

Fuente: OSIPTEL, Información estadística de telecomunicaciones, Indicadores



Fig. 3.18 Líneas en Servicio por Departamento

Fuente: Creación propia.

En la figura 3.18 podemos observar de forma gráfica la cantidad de líneas en servicio por departamento. El departamento de Lima es donde se concentra casi la mitad de líneas de todo el país.

El Perú cuenta con cuatro operadores que disponen de licencia de operación a nivel nacional; aunque el 4to operador Viettel está en proceso de implementación. Sin embargo, Telefónica Móviles, América Móviles y Nextel trabajan desde años atrás brindando el servicio de telefonía móvil. A continuación presentamos en el cuadro 3.12 donde especifica la cantidad de líneas en servicio por empresa.

Operador	2007	2008	2009	2010	2011	mar-12
Telefónica Móviles	9.436.371	13.114.150	15.600.558	18.447.245	19.872.705	20.326.344
Nextel	472.809	659.879	834.986	1.069.241	1.378.736	1.393.839
América Móvil	5.508.188	7.177.805	8.266.516	9.486.305	11.054.014	11.457.765
<b>Total Perú</b>	<b>15.417.368</b>	<b>20.951.834</b>	<b>24.702.060</b>	<b>29.002.791</b>	<b>32.305.455</b>	<b>33.177.948</b>

Cuadro 3.12 – Líneas en Servicio por Operador

Fuente: OSIPTEL, Información estadística de telecomunicaciones, Indicadores

En la figura 3.19 se puede apreciar que Telefónica Móviles cuenta con la mayor cantidad de suscriptores, y que América Móviles sigue aumentando la cantidad de clientes.

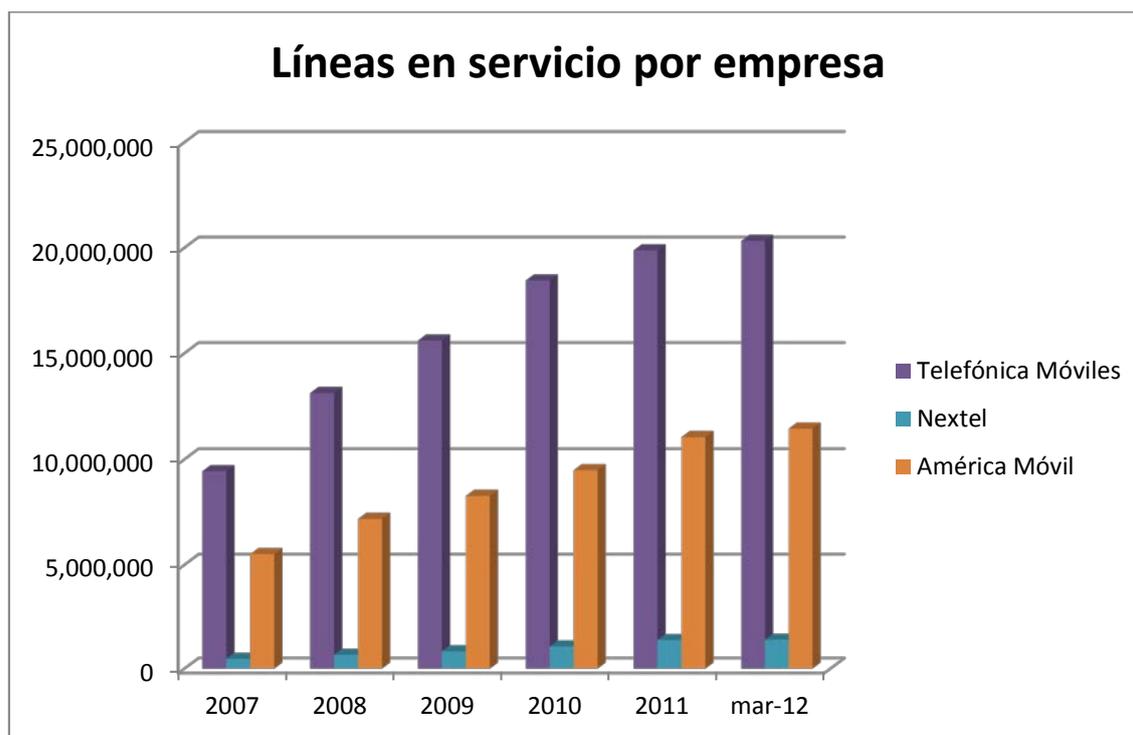


Fig.3.19 Líneas en Servicio por empresa

Fuente: Creación propia.

Los operadores ofrecen dos tipos de servicio, estos son el post-pago y el pre-pago. En la figura 3.20 se muestra como está dividido el mercado de telefonía móvil post-pago entre los operadores en funcionamiento. El cuadro 3.13 nos da más detalle en cuanto a la cantidad de líneas post-pago en el país.

<b>Operadores</b>	<b>Líneas post-pago</b>
<b>Telefónica Móviles</b>	2.612.270
<b>América Móvil</b>	2.008.585
<b>Nextel</b>	129.875

Cuadro 3.13 – Líneas post-pago por Operador

Fuente: OSIPTEL, Información estadística de telecomunicaciones, Indicadores



Fig. 3.20 Líneas post-pago por empresa

Fuente: Creación propia

En el cuadro 3.14 se aprecia la cantidad de suscriptores en la modalidad pre-pago por operador, resultando telefónica móviles como la empresa de mayor participación en el mercado.

A continuación se presenta a detalle la cantidad de suscriptores pre-pago por cada operador, este cuadro nos muestra a Telefónica Móviles como la empresa con mayor participación en el mercado móvil pre-pago.

<b>Operadores</b>	<b>Líneas pre-pago</b>
<b>América Móvil</b>	9.434.559
<b>Telefónica Móviles</b>	17.258.581
<b>Nextel</b>	639.637

Cuadro 3.14 – Líneas pre-pago por Operador

Fuente: OSIPTEL, Información estadística de telecomunicaciones, Indicadores

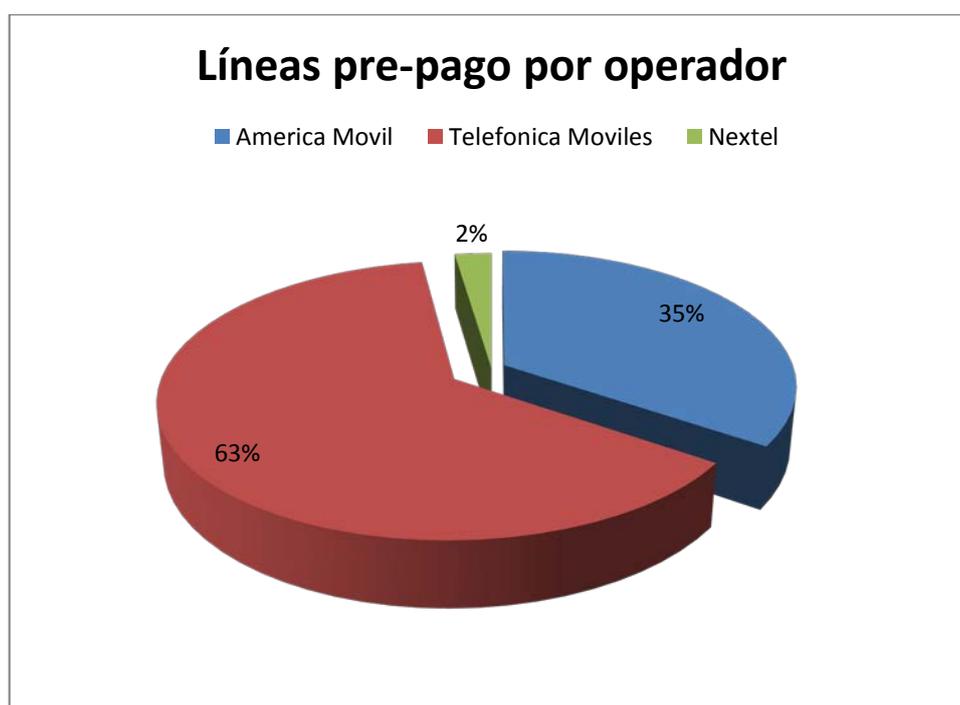


Fig. 3.21 Líneas post-pago por empresa

Fuente: Creación propia.

Según el reporte del BMI, la tecnología de tercera generación mantendrá un escenario muy prometedor durante los próximos años. A continuación se muestra un estimado sobre cómo se desarrollara el mercado de servicio de telefonía móvil en nuestro país. EL cuadro 3.15 nos muestra como crecerá la cantidad de suscriptores del servicio 3G. El mercado peruano se ha expandido en los últimos años reflejando las acciones agresivas por parte de los operadores por cuidar su posicionamiento.

	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011e</b>	<b>2012p</b>	<b>2013p</b>	<b>2014p</b>	<b>2015p</b>	<b>2016p</b>
--	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

<b>Número de suscriptores de teléfonos móviles ('000)</b>	20,610	23,321	26,819	29,348	30,942	31,638	32,337	33,375
<b>Número de suscriptores móviles/100 habitantes</b>	71.7	80.2	91.2	98.7	102.9	104.0	105.1	107.3
<b>Número de suscriptores del servicio 3G ('000)</b>	103	272	900	1,972	3,845	4,883	5,713	6,170
<b>Mercado 3G como un porcentaje del mercado total</b>	0.5	1.2	3.4	6.7	12.4	15.4	17.7	18.5

Cuadro 3.15. Proyección del mercado móvil

Fuente: BMI, Peru Telecommunications Report Q2 2012

### 3.5 Análisis de la demanda

Se detalló anteriormente que FITEC dio marcha al proyecto “Integración de las áreas rurales y lugares de preferente interés social a la red del servicio móvil – Centro Norte”, este proyecto tiene como departamentos beneficiados: Ancash, Cajamarca, Pasco, La Libertad, Lima, Huánuco y Piura; en los cuales se implementó el servicio de GSM. A continuación, mostraremos una aproximación de la cantidad de tráfico cursado en estos sitios lo cual nos dará una idea del mercado potencial que existe en la actualidad.

Tal como indicamos, estos distritos cuentan con el servicio de GSM. La cobertura implica tres sectores en la cual cada una tiene una celda 2G. Esta celda 2G la compone una cantidad determinada de TRX's lo cual tienen una frecuencia determinada y con ancho de banda de 200KHz. Además, cada TRX la componen 8 time slot las cuales son un medio físico en donde se ubican los canales físicos. Estos canales pueden ser FR (Full rate) o HR (Half rate).

**Erlang.-** Unidad de intensidad de tráfico, cuyo símbolo es Erl. Un erlang es la intensidad de tráfico en un conjunto de órganos, cuando solo uno de ellos está ocupado de manera continua.

**TCH.-** (Traffic Channel) Es el canal físico por el cual se transmite los servicios de voz.

A continuación, procedemos a mostrar las siguientes gráficas, en el cual podemos obtener la cantidad de tráfico que cursa en cada sector. Se podrá comprobar que invertir en zonas rurales no es una pérdida de dinero; sino más bien todo lo contrario.

#### **Distrito de San Juan de Licupis**

El gráfico 3.1 muestra que las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora.

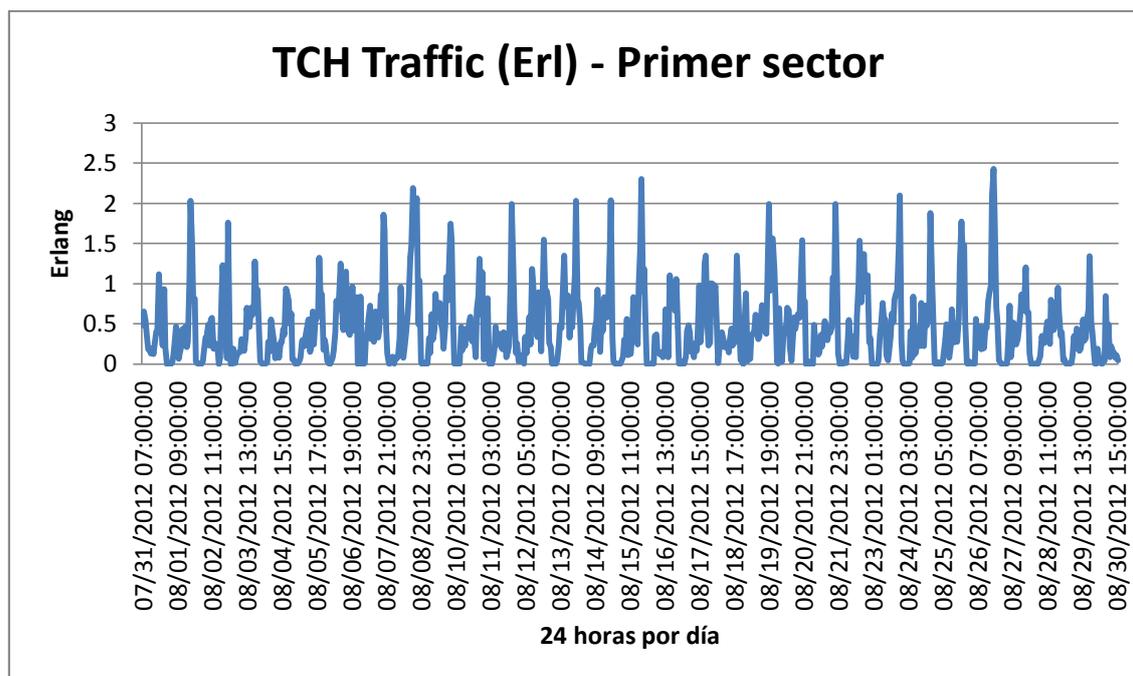


Gráfico 3.1 – Tráfico del primer sector de una celda 2G en San Juan de Licupis

Fuente: Creación propia

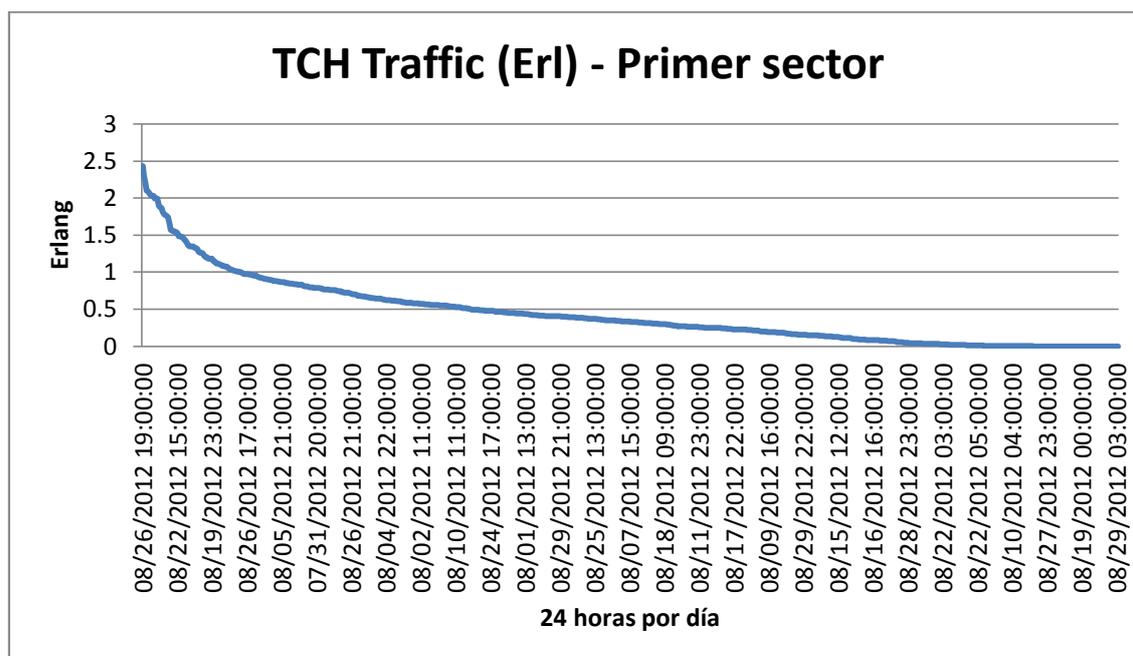


Gráfico 3.2 – Tráfico del primer sector en San Juan de Licupis, de mayor a menor

Fuente: Creación propia

Se puede observar en el gráfico 3.2 que el máximo tráfico cursado en una hora fue el día 26 de agosto entre las 18:00 y 19:00 horas con un tráfico de 2.432 Erl.

El gráfico 3.3 muestra que las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora.

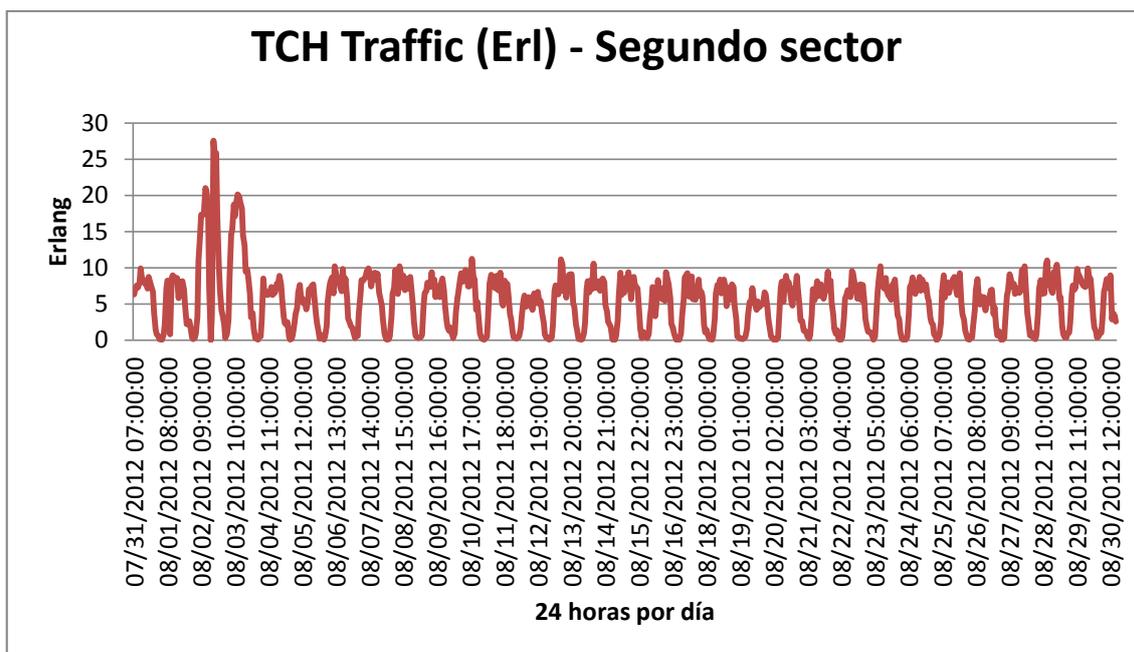


Gráfico 3.3 – Tráfico del segundo sector de una celda 2G en San Juan de Licupis

Fuente: Creación propia

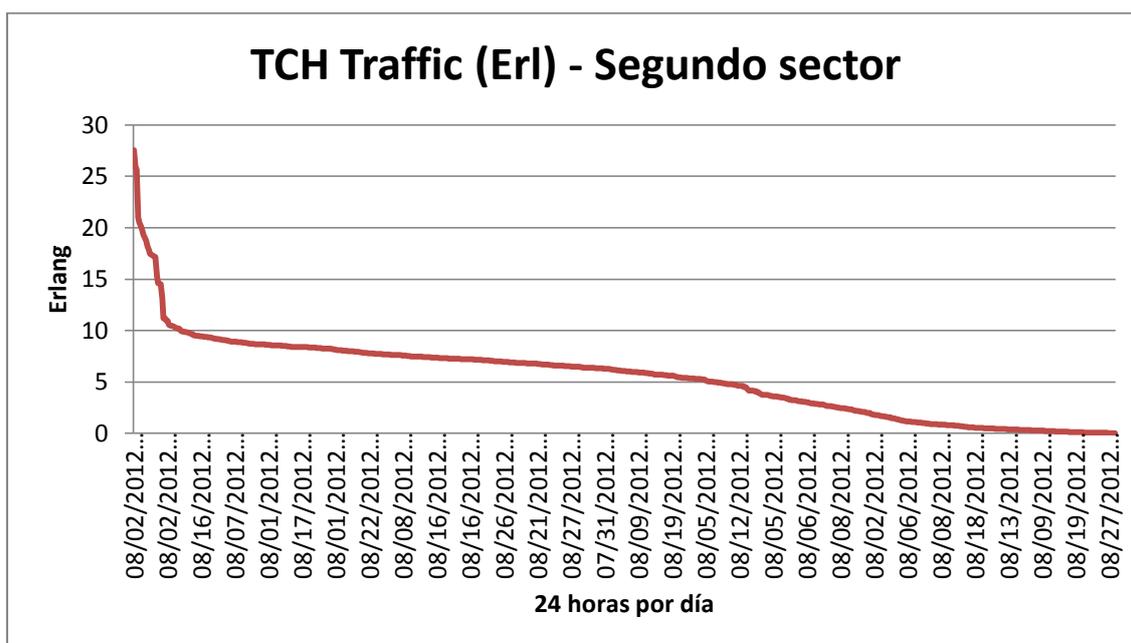


Gráfico 3.4 – Tráfico del segundo sector en San Juan de Licupis, de mayor a menor

Fuente: Creación propia

Se puede observar en el gráfico 3.4 que el máximo tráfico cursado en una hora fue el día 02 de agosto entre las 17:00 y 18:00 horas con un tráfico de 27.563 Erl.

El gráfico 3.5 muestra que las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora.

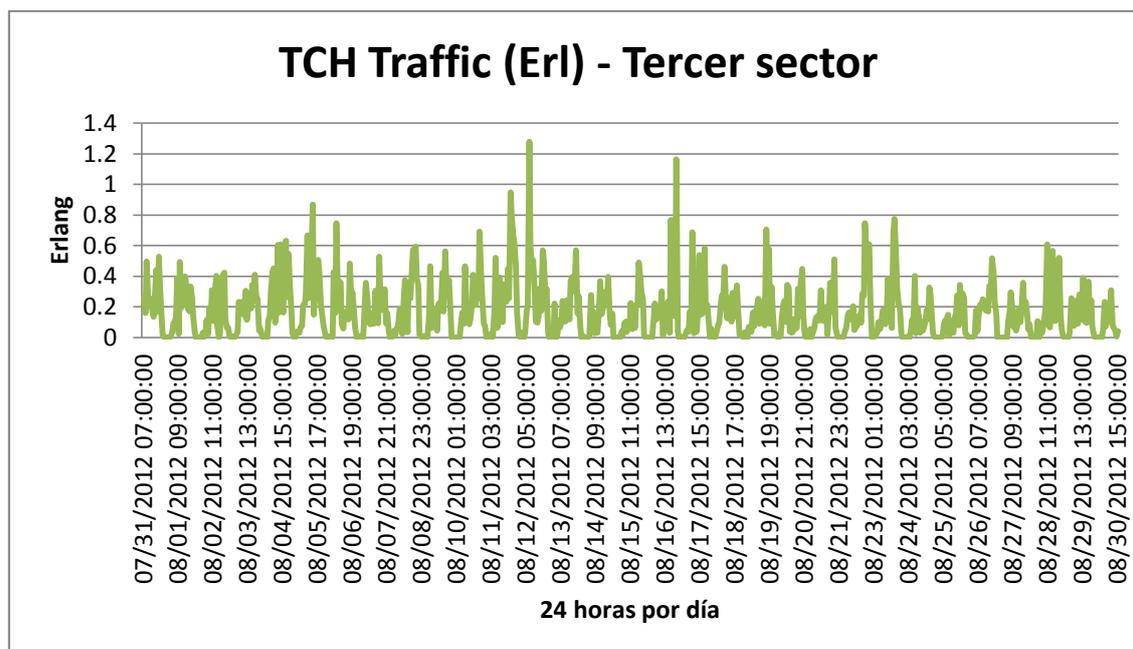


Gráfico 3.5 – Tráfico del tercer sector de una celda 2G en San Juan de Licupis

Fuente: Creación propia

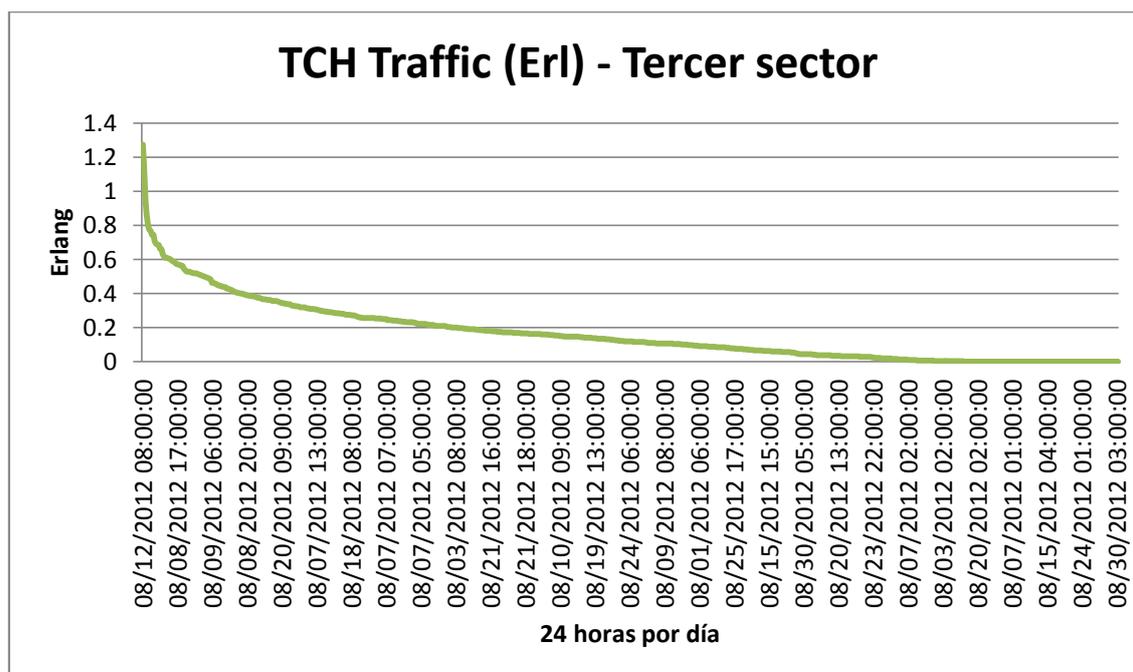


Gráfico 3.6 – Tráfico del tercer sector en San Juan de Licupis, de mayor a menor

Fuente: Creación propia

Se puede observar en el gráfico 3.6 que el máximo tráfico cursado en una hora fue el día 12 de agosto entre las 07:00 y 08:00 horas con un tráfico de 1.277 Erl.

**Distrito de Llama**

El gráfico 3.7 muestra que las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora.

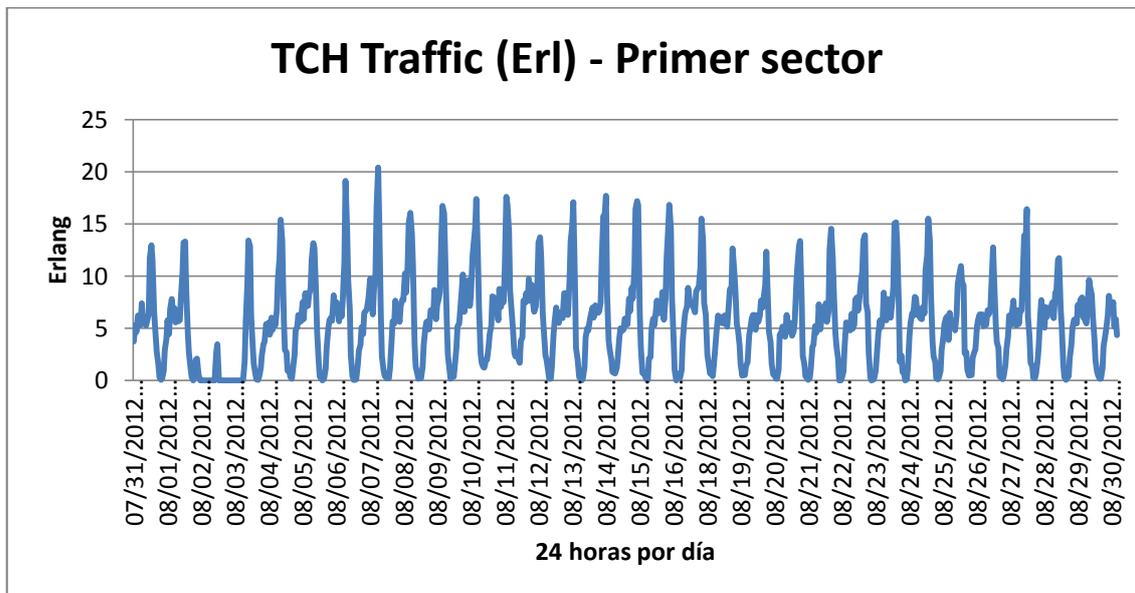


Gráfico 3.7 – Tráfico del primer sector de una celda 2G en Llama

Fuente: Creación propia

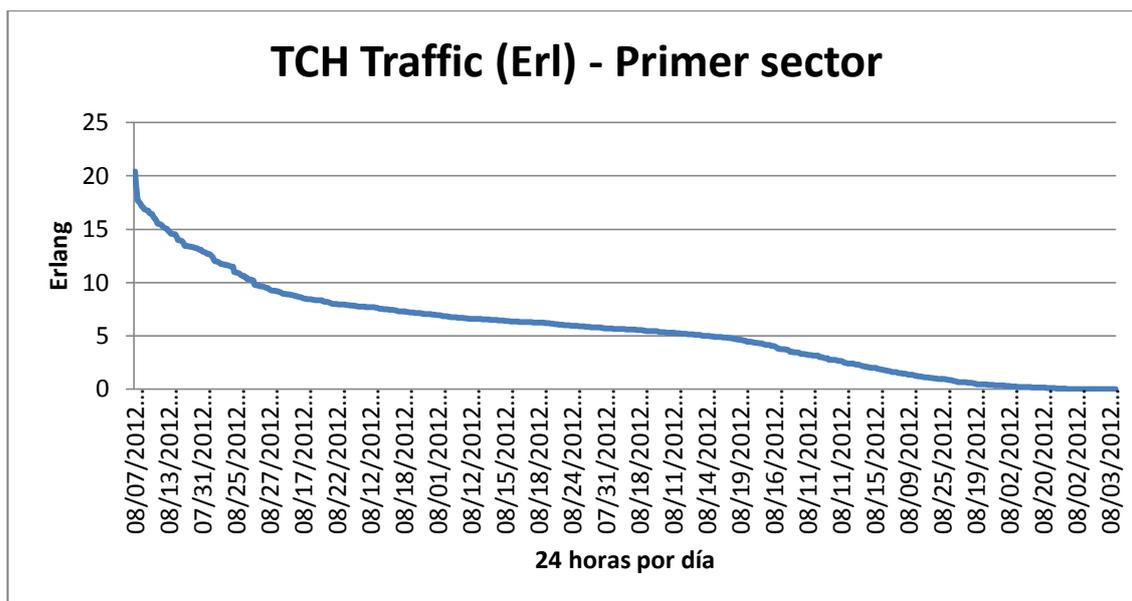


Gráfico 3.8 – Tráfico del primer sector en Llama, de mayor a menor

Fuente: Creación propia

Se puede observar en el gráfico 3.8 que el máximo tráfico cursado en una hora fue el día 07 de agosto entre las 19:00 y 20:00 horas con un tráfico de 20.417 Erl.

El gráfico 3.9 muestra que las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora.

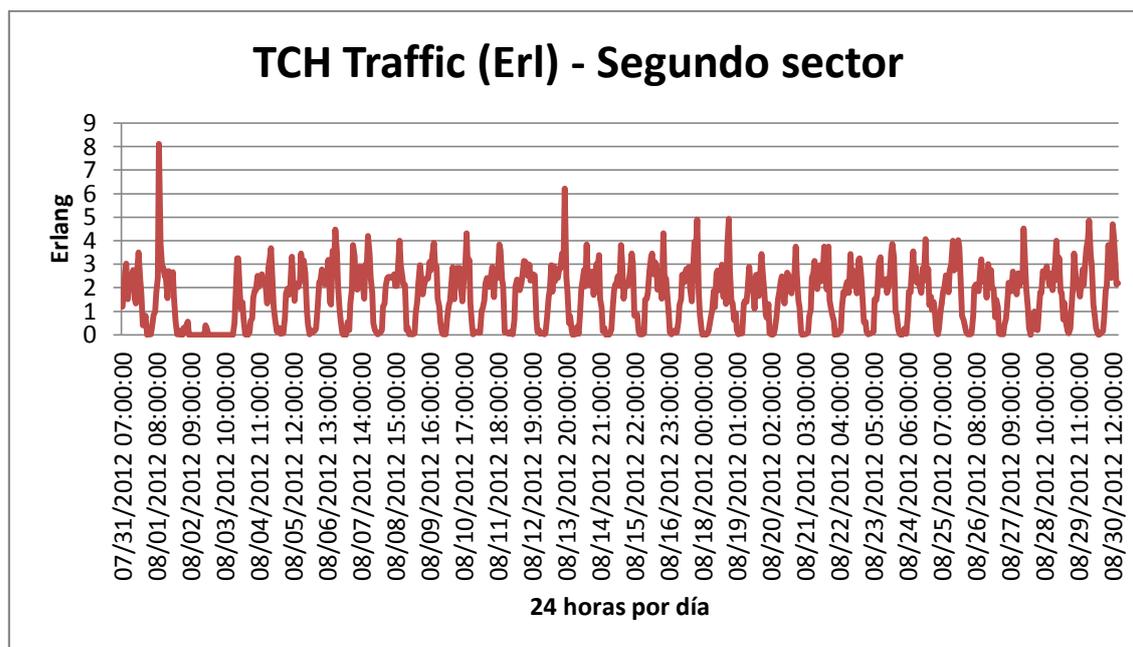


Gráfico 3.9 – Tráfico del segundo sector de una celda 2G en Llama

Fuente: Creación propia

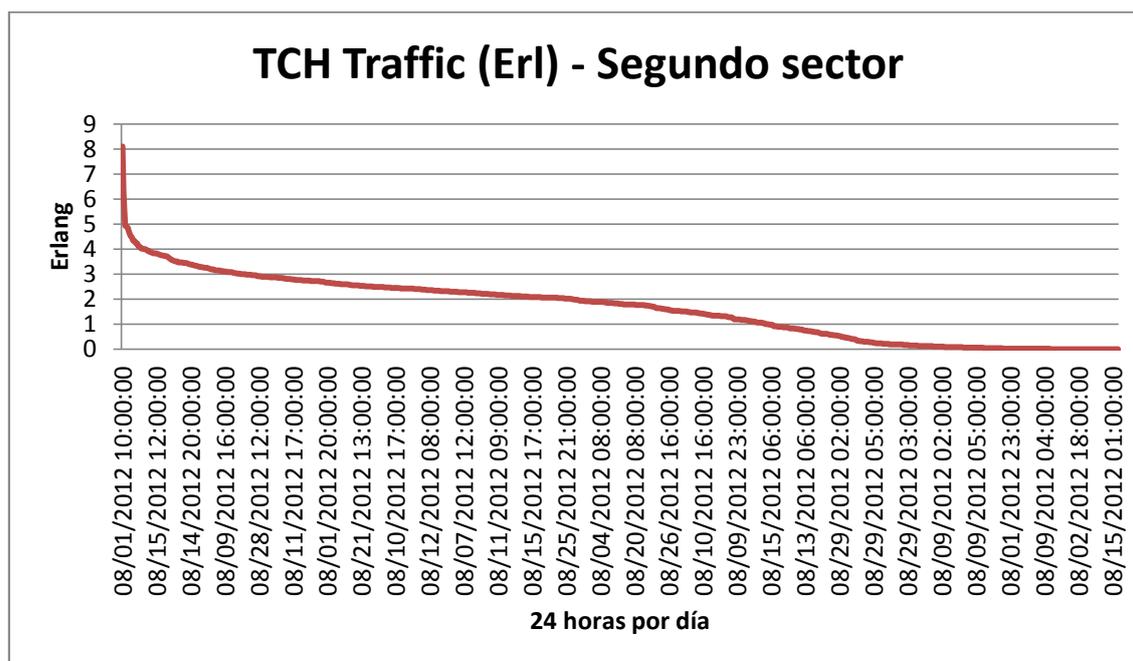


Gráfico 3.10 – Tráfico del segundo sector en Llama, de mayor a menor

Fuente: Creación propia

Se puede observar en el gráfico 3.10 que el máximo tráfico cursado en una hora fue el día 01 de agosto entre las 09:00 y 10:00 horas con un tráfico de 8.114 Erl.

El gráfico 3.11 muestra que las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora.

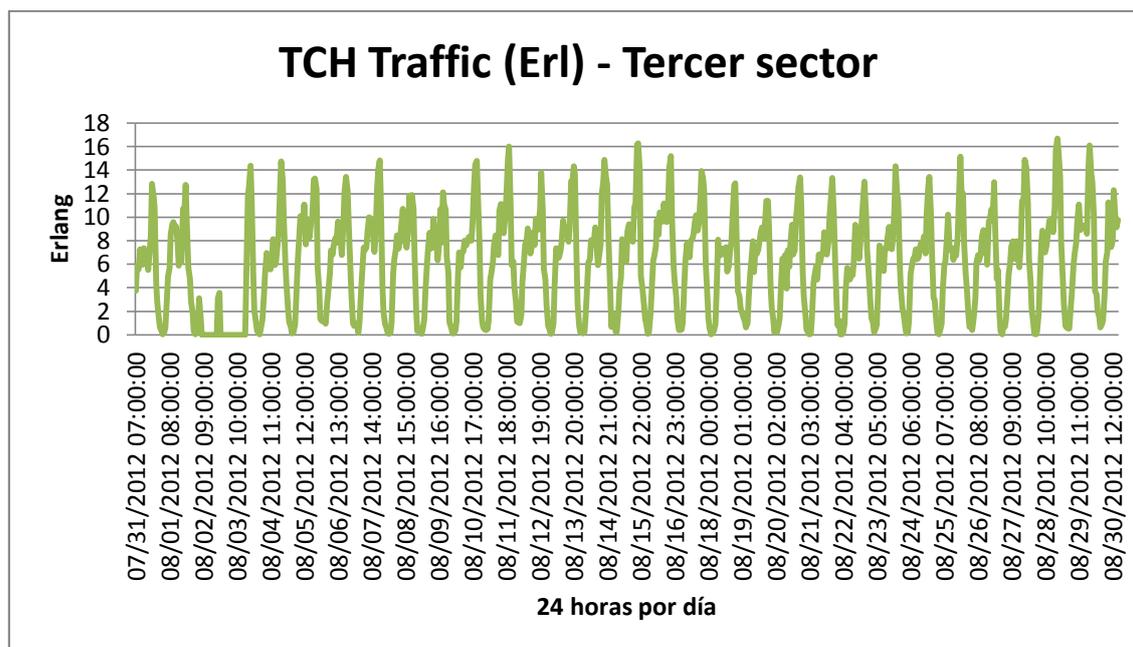


Gráfico 3.11 – Tráfico del tercer sector de una celda 2G en Llama

Fuente: Creación propia

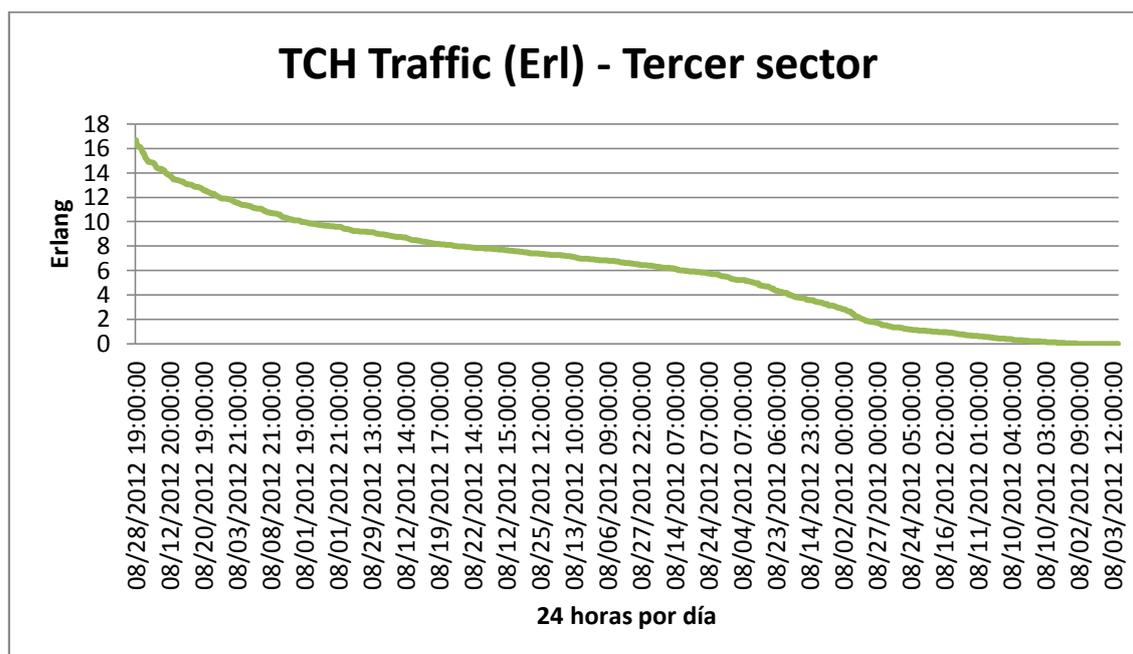


Gráfico 3.12 – Tráfico del tercer sector en Llama, de mayor a menor

Fuente: Creación propia

Se puede observar en el gráfico 3.12 que el máximo tráfico cursado en una hora fue el día 28 de agosto entre las 19:00 y 20:00 horas con un tráfico de 16.674 Erl.

### Distrito de Miracosta

El gráfico 3.13 muestra que las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora.

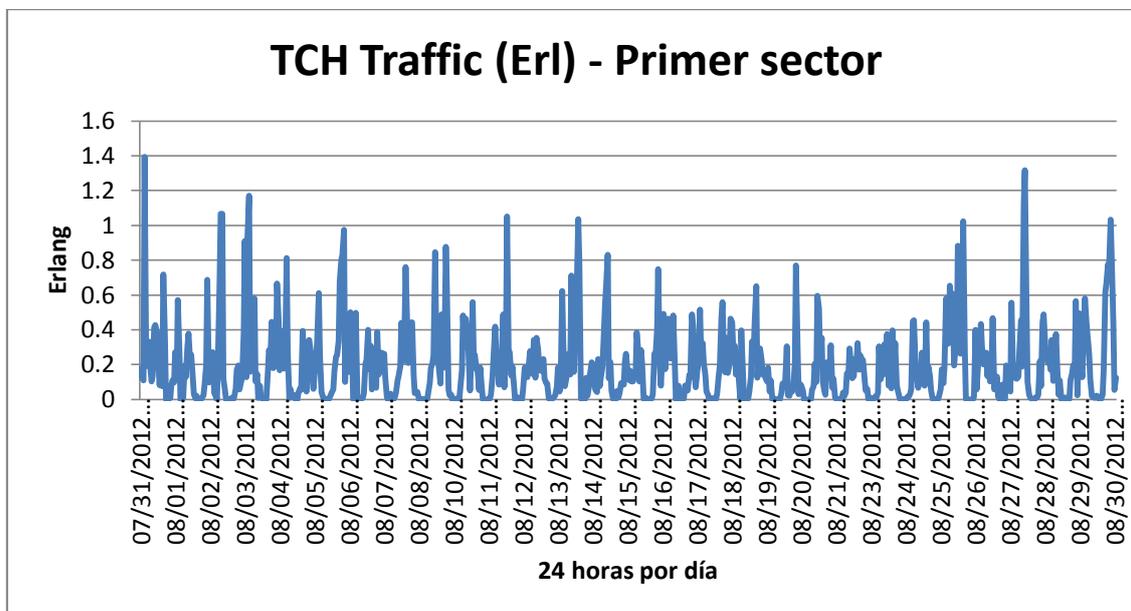


Gráfico 3.13 – Tráfico del primer sector de una celda 2G en Miracosta

Fuente: Creación propia

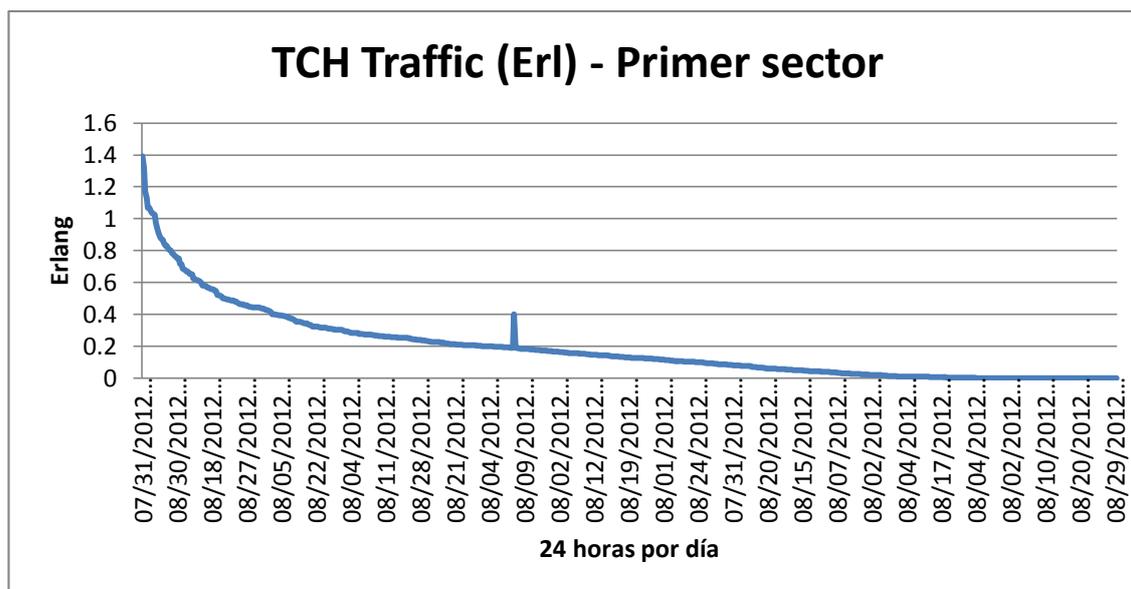


Gráfico 3.14 – Tráfico del primer sector en Llama, de mayor a menor

Fuente: Creación propia

Se puede observar en el gráfico 3.14 que el máximo tráfico cursado en una hora fue el día 31 de Julio entre las 19:00 y 20:00 horas con un tráfico de 1.393 Erl.

El gráfico 3.15 muestra que las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora.

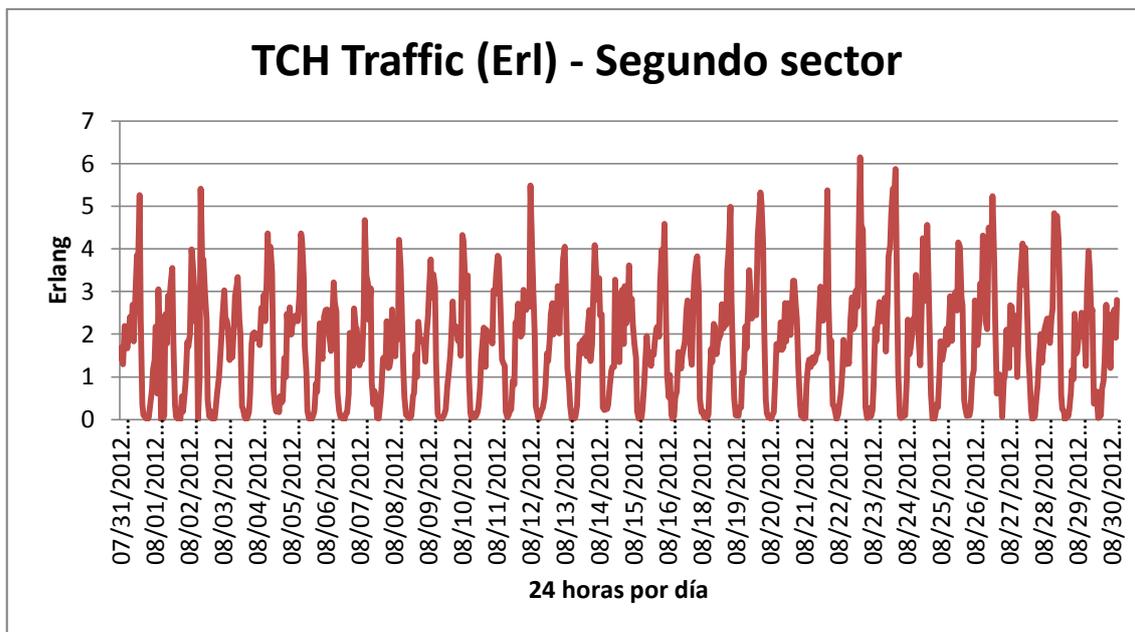


Gráfico 3.15 – Tráfico del segundo sector de una celda 2G en Miracosta

Fuente: Creación propia

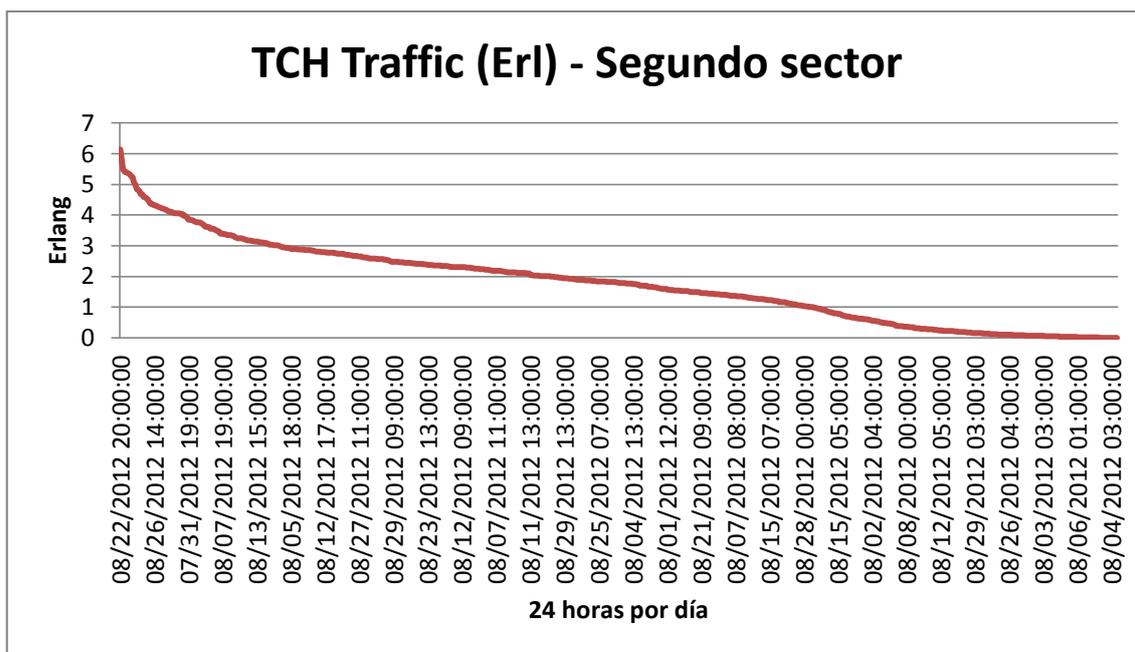


Gráfico 3.16 – Tráfico del segundo sector en Miracosta, de mayor a menor

Fuente: Creación propia

Se puede observar en el gráfico 3.16 que el máximo tráfico cursado en una hora fue el día 22 de Agosto entre las 19:00 y 20:00 horas con un tráfico de 6.147 Erl.

El gráfico 3.17 muestra que las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora.

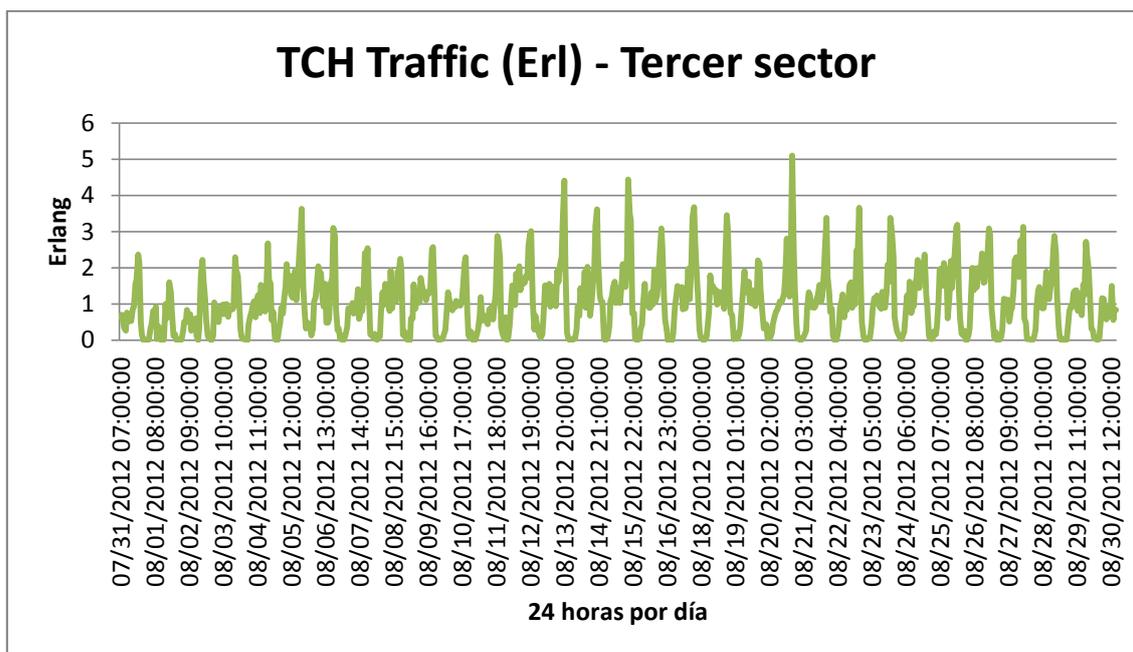


Gráfico 3.17 – Tráfico del tercer sector de una celda 2G en Miracosta

Fuente: Creación propia

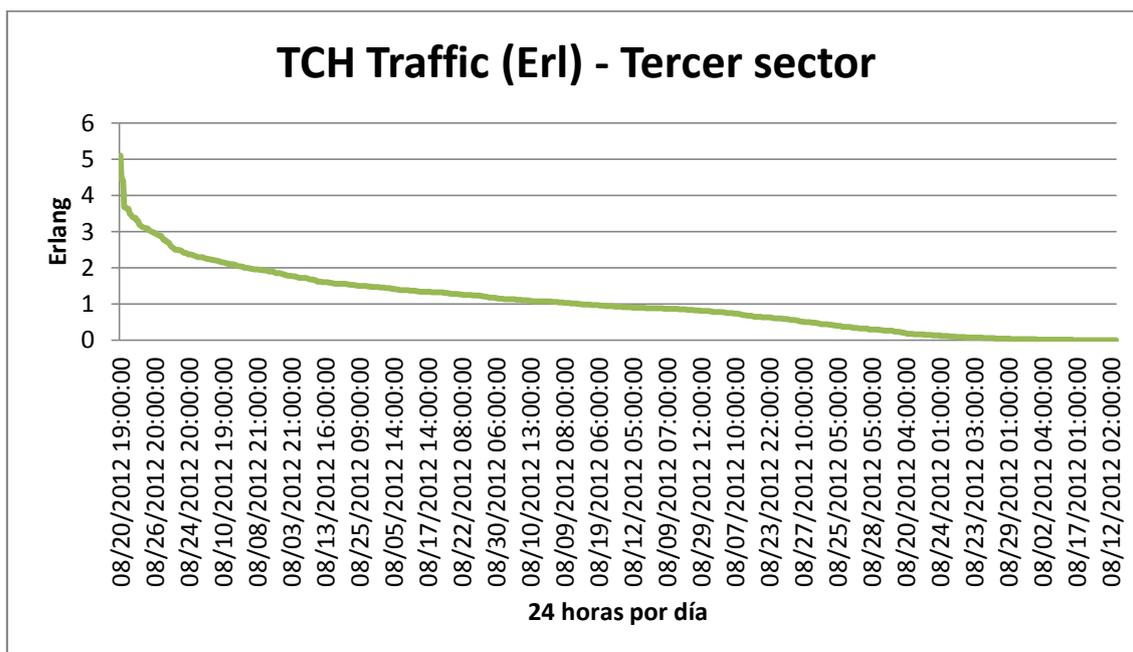


Gráfico 3.18 – Throughput promedio del tercer sector en Miracosta, de mayor a menor

Fuente: Creación propia

Se puede observar en el gráfico 3.18 que el máximo tráfico cursado en una hora fue el día 20 de Agosto entre las 18:00 y 19:00 horas con un tráfico de 5.103 Erl.

Las gráficas anteriores eran estadísticas del tráfico del servicio de voz en estos distritos. No olvidemos que la tecnología GSM también brinda el servicio de datos, pero utilizando las tecnologías adicionales como el GPRS y el EDGE. A continuación presentaremos el throughput promedio de los sectores de cada distrito.

**Distrito de San Juan de Licupis, servicio de datos**

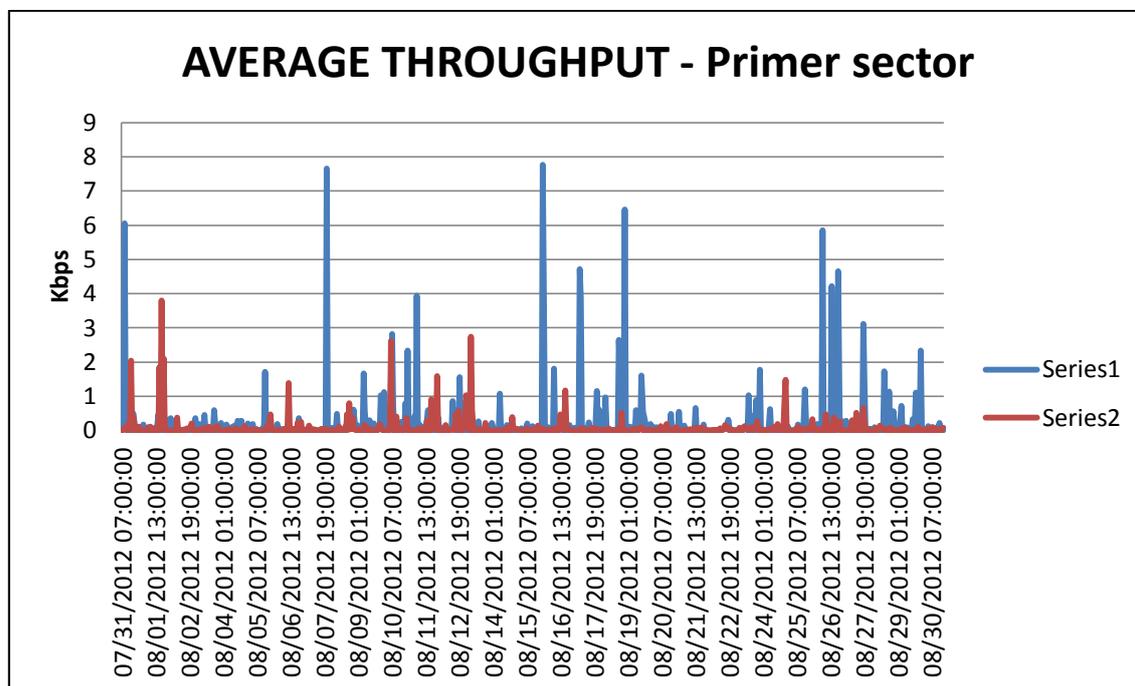


Gráfico 3.19 – Throughput promedio del primer sector de una celda 2G en Licupis

Fuente: Creación propia

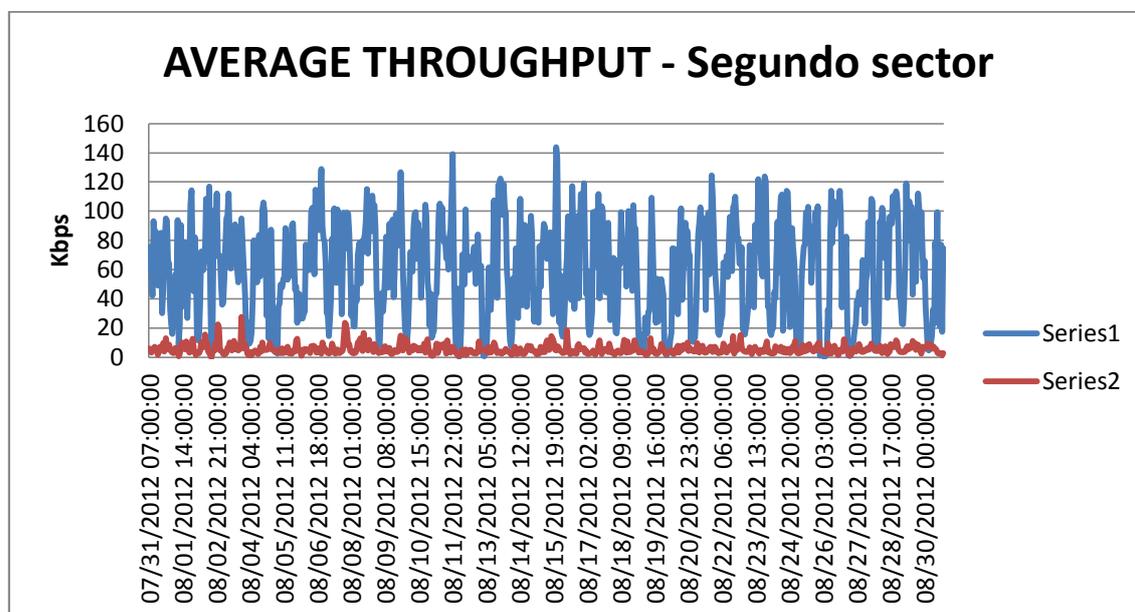


Gráfico 3.20 – Throughput promedio del segundo sector de una celda 2G Licupis

Fuente: Creación propia

La gráfica 3.19 nos indica los dos tipos de tecnologías utilizadas para disfrutar de la descarga de datos. La serie 1 viene a ser la tecnología EDGE, y la serie 2 la tecnología GPRS. Las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora. El máxima throughput promedio de descarga fue realizado el día 15 de Agosto entre las 20:00 y 21:00 horas con una velocidad de 7.769Kbps (EDGE), y el 1 de agosto entre las 17:00 y 18:00 horas con una velocidad de 3.806Kbps (GPRS).

La gráfica 3.20 nos indica los dos tipos de tecnologías utilizadas para disfrutar de la descarga de datos. La serie 1 viene a ser la tecnología EDGE, y la serie 2 la tecnología GPRS. Las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora. El máxima throughput promedio de descarga fue realizado el día 15 de Agosto entre las 20:00 y 21:00 horas con una velocidad de 143.711Kbps (EDGE), y el 3 de agosto entre las 19:00 y 20:00 horas con una velocidad de 27.683Kbps (GPRS).

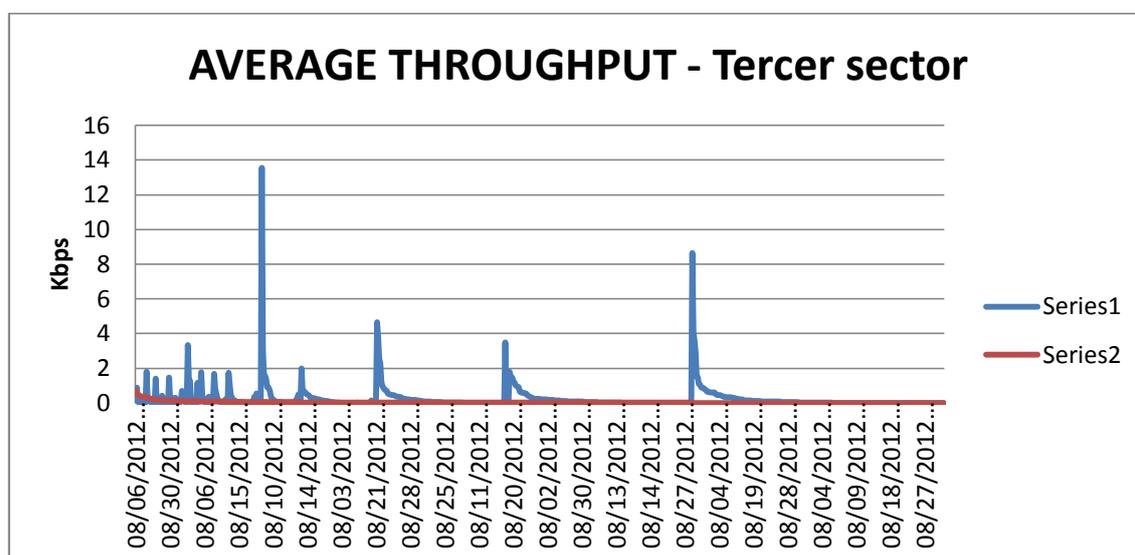


Gráfico 3.21 – Throughput promedio del tercer sector de una celda 2G en Licupis

Fuente: Creación propia

La gráfica 3.21 nos indica los dos tipos de tecnologías utilizadas para disfrutar de la descarga de datos. La serie 1 viene a ser la tecnología EDGE, y la serie 2 la tecnología GPRS. Las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora. El máxima throughput promedio de descarga fue realizado el día 28 de Agosto entre las 14:00 y 15:00 horas con una velocidad de 13.558Kbps (EDGE), y el 6 de agosto entre las 19:00 y 20:00 horas con una velocidad de 0.705Kbps (GPRS).

### Distrito de Llama, servicio de datos

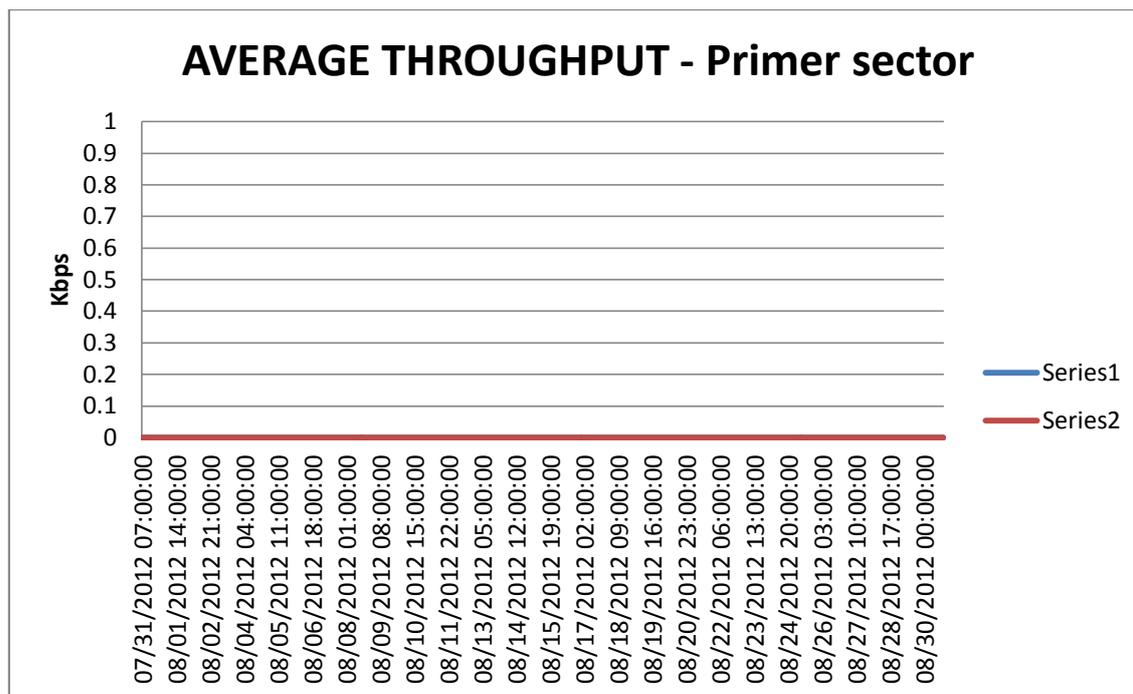


Gráfico 3.22 – Throughput promedio del primer sector de una celda 2G en Llama

Fuente: Creación propia

La gráfica 3.22 nos indica los dos tipos de tecnologías utilizadas para disfrutar de la descarga de datos. La serie 1 viene a ser la tecnología EDGE, y la serie 2 la tecnología GPRS. Las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora. En este caso no se obtuvo resultado alguno. Quizás se deba porque en la zona los usuarios que residentes aún no han utilizado los servicios o no saben cómo utilizarlos.

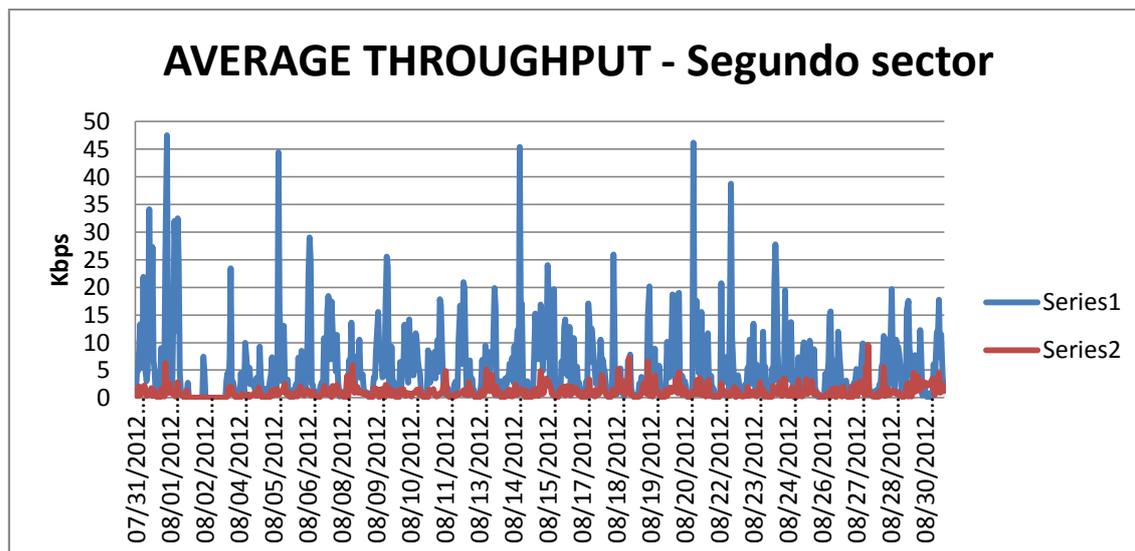


Gráfico 3.23 – Throughput promedio del segundo sector de una celda 2G en Llama

Fuente: Creación propia

La gráfica 3.23 nos indica los dos tipos de tecnologías utilizadas para disfrutar de la descarga de datos. La serie 1 viene a ser la tecnología EDGE, y la serie 2 la tecnología GPRS. Las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora. El máxima throughput promedio de descarga fue realizado el día 1 de Agosto entre las 10:00 y 11:00 horas con una velocidad de 47.515Kbps (EDGE), y el 27 de agosto entre las 20:00 y 21:00 horas con una velocidad de 9.572Kbps (GPRS).

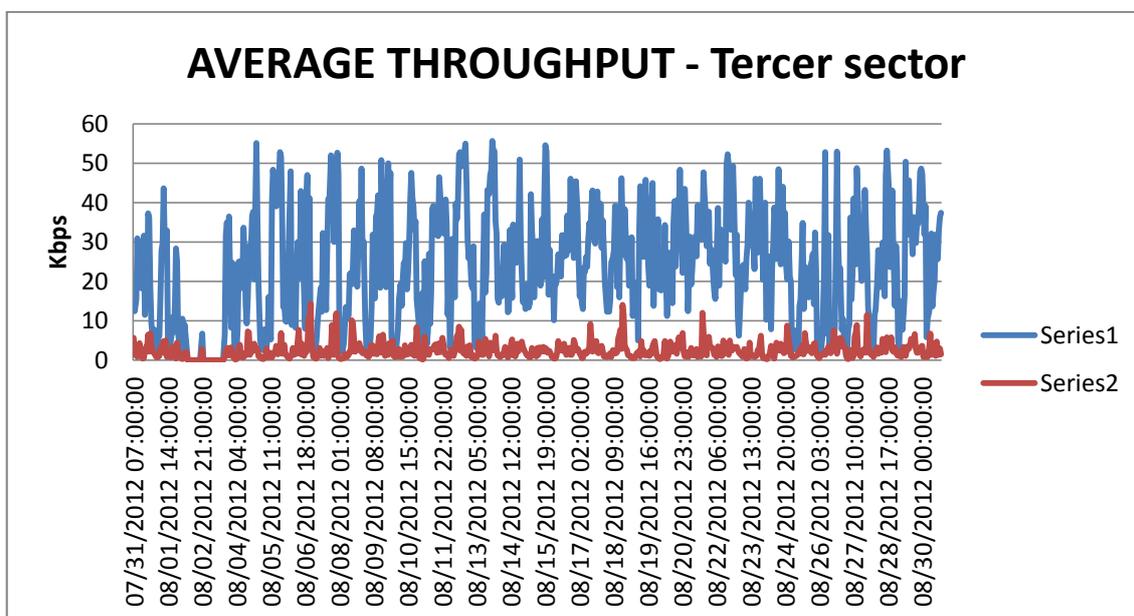


Gráfico 3.24 – Throughput promedio del segundo sector de una celda 2G en Llama

Fuente: Creación propia

La gráfica 3.24 nos indica los dos tipos de tecnologías utilizadas para disfrutar de la descarga de datos. La serie 1 viene a ser la tecnología EDGE, y la serie 2 la tecnología GPRS. Las mediciones realizadas fueron hechas a partir desde el 31 de Julio del 2012 hasta el 30 de Agosto del presente año. Estas mediciones fueron realizadas durante todo el día y la muestra fue tomada en cada hora. El máxima throughput promedio de descarga fue realizado el día 13 de Agosto entre las 18:00 y 19:00 horas con una velocidad de 55.598Kbps (EDGE), y el 6 de agosto entre las 22:00 y 23:00 horas con una velocidad de 14.340Kbps (GPRS).

En el caso del distrito de Miracosta, no hubo resultado alguno cuando se realizaron las mediciones respectivas.

Después de presentar el tráfico que cursa en las estaciones base instaladas en los distritos objetivos, procedemos a calcular la cantidad de suscriptores que utilizan la tecnología GSM.

<b>Distrito</b>	<b>Max. Tráfico sector 1</b>	<b>Max. Tráfico sector 2</b>	<b>Max. Tráfico sector 3</b>	<b>Total</b>
<b>San Juan de Licupis</b>	2,432	27,563	1,277	<b>31,272</b>
<b>Llama</b>	20,417	8,114	16,674	<b>45,205</b>
<b>Miracosta</b>	1,393	6,147	5,103	<b>12,643</b>

Cuadro 3.16 – Tráfico del servicio de voz en cada distrito.

Fuente: Creación propia

Por lo general se considera que una persona en promedio consume 5mErl; por lo tanto, para poder obtener una idea de cuantas personas pueden utilizar la tecnología UMTS procedemos a realizar ciertos calculas. Consideramos los siguientes requisitos:

- Debemos tomar el máximo tráfico obtenido, para basar la capacidad de la red en dicho resultado.
- Considerar como tráfico promedio de una persona la cantidad de 5mErl.
- Para obtener la cantidad de suscriptores utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Número de Suscriptores} = \frac{\text{Max. Tráfico (Erl.)}}{5\text{mErl.}}$$

A continuación, en el cuadro 3.17 se presenta los resultados de los suscriptores en los distritos objetivos.

<b>Distrito</b>	<b>Número de suscriptores</b>
<b>San Juan de Licupis</b>	6253
<b>Llama</b>	9041
<b>Miracosta</b>	2528

Cuadro 3.17 – Cantidad de suscriptores aproximado por distrito.  
Fuente: Creación propia

Los resultados obtenidos en el cuadro 3.17 nos dan una cantidad aproximada de los suscriptores que utilizan la tecnología GSM por cada distrito. Sin embargo, es probable que no todos se migren a la nueva tecnología UMTS. Por lo tanto, asumimos que la probabilidad; que una persona que utiliza la tecnología 2G migre a la tecnología 3G, es igual a 0.5.

A continuación mostraremos el cuadro x12 en el cual detalla la cantidad de personas que utilizarían la tecnología UMTS.

<b>Distrito</b>	<b>Número de suscriptores</b>
<b>San Juan de Licupis</b>	3126
<b>Llama</b>	4520
<b>Miracosta</b>	1264

Cuadro 3.18 – Cantidad de suscriptores por distrito con una probabilidad de 0.5  
Fuente: Creación propia

Actualmente las operadoras utilizan una gran variedad de equipos para implementar la red de transporte y de acceso, por ejemplo, Telefónica Móviles utiliza en Lima los equipos de Nokia-Siemens y para provincia los equipos de Ericsson. Sin embargo, últimamente está realizando un proyecto denominado “SWAP 2G3G” en el cual migran desde los equipos de NSN y Ericsson hacia los equipos Huawei. Además, La red de acceso de América Móviles, está desplegada en todo el Perú utilizando los equipos Huawei. Esto es de gran interés porque nos indica que la solución y los equipos brindados por la compañía asiática dan seguridad y confianza en cuanto a funcionamiento. Es por ello que en este proyecto utilizaremos los equipos de la empresa Huawei tanto para la red de transporte como para la red de acceso.

### **3.6 Análisis de la oferta**

Actualmente, tal como se indico anteriormente, la empresa América Móviles S.A. brinda el servicio de GSM tanto para voz el servicio de datos lo realiza mediante la tecnología GPRS y EDGE conjuntamente.

El servicio de voz está cumpliendo su objetivo, comunicar a las personas con un servicio de calidad. Sin embargo el servicio de datos es muy restringido debido a que la tecnología GPRS y EDGE no brindan una gran velocidad de descarga.

El detalle de las tarifas y los planes de pago, son parte de la oferta, pero serán tratados en el análisis económico del proyecto.

### 3.7 Servicios finales a ofrecer

Los servicios a ofrecer mediante la implementación de este proyecto son:

- Multimedia de banda ancha
- Conexiones múltiples con diferentes velocidades 2Mbps, 12Mbps, 17Mbps y 35Mbps.
- Conmutación de circuitos y paquetes
- Servicios conversacionales, voz (12.2Kbps) y video llamada (64kbps)
- Servicio afluentes (Streaming), video
- Servicios interactivos, navegación de internet
- Servicio diferidos (background), correo electrónico

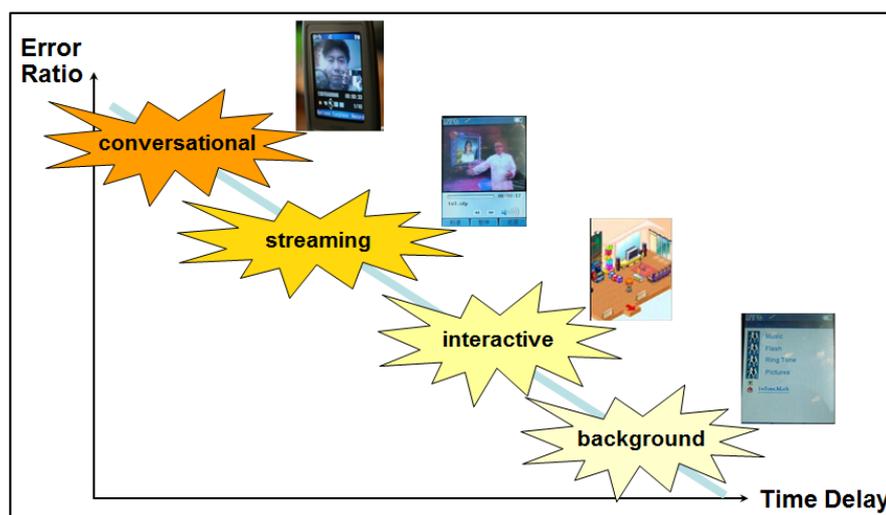


Figura 3.22. Tipos de servicio de UMTS

Fuente: HSDPA RAN14.0 Feature Parameter Description, Huawei Technologies

## CAPITULO IV

### INGENIERIA DEL PROYECTO

En este capítulo presentaremos el diseño de la red de transporte y la red de acceso. Debido a la geografía de nuestro país proponemos utilizar una red de transporte vía microondas. Actualmente, los operadores cuentan con dorsales implementadas con enlaces de fibra óptica y enlaces microondas. Estas dorsales serán de mucha ayuda para poder conectar nuestras estaciones bases con las redes IP y de esta manera poder alcanzar la comunicación con el core.

#### 4.1 Análisis de alternativas

En el capítulo se definió las siguientes alternativas:

- Utilizando una red de transporte vía enlace microonda
- Utilizando una red de transporte vía enlace satelital
- Utilizando una red de transporte mediante fibra óptica

Analicemos cada una de ellas y de esa forma adoptaremos con la solución que se adapte mejor a nuestra realidad.

#### Transporte vía enlace microondas

Actualmente muchos operadores utilizan los sistemas de microondas para brindar acceso cuando la geografía viene a ser un impedimento. En nuestro caso, los distritos donde se desea aplicar la red Single Ran, son lugares remotos y considerados rurales. Si observamos la figura 4.1 se aprecia que nuestros lugares objetivos se encuentran alejados de la capital de la provincia de Chota.

La distancia promedio de los tres lugares hacia la capital es de 63Km, esto es mediante la utilización de trazas en línea recta. A continuación mostramos las distancias utilizando líneas rectas detalladas en el cuadro 4.1.

Distrito	Distancia en línea recta (Km)
San Juan de Licupis	71,5
Llama	67,7
Miracosta	52,9

## Cuadro 4.1 – Distancias en línea recta

Fuente: Creación propia



Fig. 4.1 Medición con línea recta

Fuente: Creación propia

Incluso utilizando enlaces microondas, las distancias son muy grandes y esto no asegura que exista una línea de vista apropiada entre ambos sitios. Por lo tanto buscamos otras estaciones de cierto operador en donde nuestros nodos se puedan interconectar.

En este caso encontramos dos estaciones base, estas dos estaciones pertenecen a un operador y por motivos de confidencialidad lo llamaremos con el nombre “site1” y el “site2”. Utilizando estos dos sitios mencionados la factibilidad del radio enlace es mejor; mediante el site1 y el site2 podemos acceder a la red del operador y podemos tener conexión en cualquier parte del país como nodo destino.

Los gastos de OPEX no son tan altos a comparación a los gastos de CAPEX.

#### Transporte vía enlace satelital

Los enlaces satelitales aun son empleados en zonas muy alejadas del país, muchas de estas funcionan como red de respaldo. La solución es aplicable a nuestro proyecto. Sin embargo, esta solución tiene 2 inconvenientes:

- El gasto del OPEX es muy elevado.
- El ancho de banda que se dispone no es lo suficiente para soportar el tráfico objetivo de la tecnología UMTS. Además, el tiempo de retardo llega a los 600ms, y para obtener un servicio de calidad se espera obtener un retardo de 10ms.

#### Transporte mediante fibra óptica

La fibra óptica es uno de los medio de transmisión que brinda una gran capacidad, desde años atrás se utilizan las tecnologías SDH y DWDM las cuales brindan

capacidades de hasta 10G (en el caso de SDH) y de lambdas de 40G y últimamente de 100G (DWDM). Sin embargo, utilizar esta tecnología tiene algunos inconvenientes:

- Gastos de CAPEX muy elevado por la compra de equipos tanto en la estaciones bases y el distrito.
- La capital de Chota no cuenta con llegada de la fibra óptica, se tendría que añadir una inversión para llevar la fibra óptica desde Cajamarca lo cual elevaría los costos de implementación. Para lograr este objetivo se debe contar con el alquiler de postes del servicio eléctrico o de torres de líneas de alta tensión para tender la fibra óptica.
- Gastos de OPEX es elevado para brindar mantenimiento de los postes.
- Riesgo de corte fibra óptico por accidentes o vandalismo.

Evaluando todas las tecnologías anteriormente presentadas, la más adecuada a nuestro proyecto es la utilización de los enlaces microondas. Cabe recordar que todas las tecnologías pueden ser puntos de ataque vandálico. Nuestra decisión se basa en que los enlaces microondas son fácil de implementar, tiene bajo costo de OPEX, y se ajusta a la geografía de las ciudades objetivo.

## **4.2 Topología de la red**

A continuación mostraremos la topología de la red que implementaremos en nuestro proyecto, en la figura 4.2 se muestra los enlaces microondas los cuales serán los medios de transporte para transferir los datos de usuario y la señalización correspondiente a la tecnología 3G.

La topología de la red nos muestra que las tres estacione base deberán contar con los equipos de acceso a la red, los cuales comprende el nodo B, cables coaxiales, fibra óptica, unidades de radio, antenas, torre auto soportada, equipos de energía, equipos de transmisión.

Cada estación base tendrá un enlace de microondas con un diferente sitio, mantendremos los nombres de las estaciones de la ultima milla como información confidencial de la empresa operadora. Estas estaciones de la última milla están enlazadas y conectadas a la red dorsal del operador. Una vez ingresado a la red dorsal, la conectividad hacia el core es sencillo tan solo siguiendo una rutas que se configuran tanto en el nodo como en el controlador.

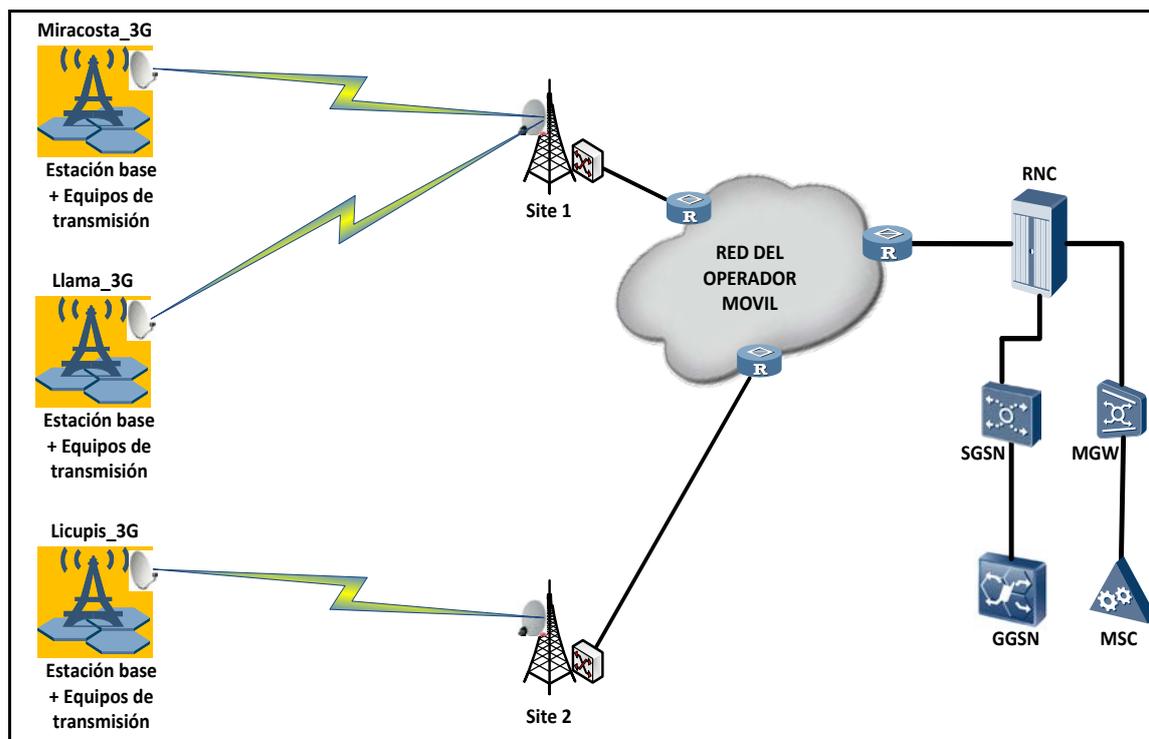


Fig. 4.2 Topología de la red

Fuente: Creación propia

### 4.3 Diseño de la infraestructura

En esta parte del capítulo, hacemos referencia a la infraestructura necesaria que debe contar cada ciudad, en la cual se instalaran los equipos de telecomunicaciones. Es importante indicar, que estas adecuaciones son importantes para desplegar la tecnología escogida para brindar acceso a la población. Se deberá contar con los siguientes requisitos:

#### 4.3.1 Sistema de Energía

El sistema eléctrico es muy esencial para el despliegue de la tecnología, existiendo diferentes tipos de soluciones que se pueden aplicar según el escenario en el cual se implemento la solución. En lugares rurales suele utilizarse los paneles solares, los cuales se recargan durante el día y en la noche se mantiene con su sistema autónomo. Otra solución que se suele emplear es mediante un generador de electricidad, implicando un gasto adicional para la recarga de combustible; y de un mantenimiento periódico de la estación base.

Sin embargo, en este proyecto contamos con el soporte de las empresas eléctricas, en coordinación con la población, entreguen las facilidades para contar con el servicio de energía eléctrica en lugar donde se instalaran los equipos.

Una vez obtenida la energía comercial (220 AC), se procede a instalar el tablero eléctrico el cual recibe dicha energía y la reparte en el interior de la infraestructura.



Fig. 4.3 Tablero eléctrico

Fuente: Experiencia laboral

Una vez realizado el cableado respectivo, se procederá a transformarse la corriente alterna de 220V a -48 VDC. Será necesario instalar un rectificador de 220VAC/-48VDC, para cual se dispondrá de unos rectificadores VALERE.

El rectificador cuenta con 2 compartimientos internos, uno de ventilación forzada y otro compartimiento con aire acondicionado (250W) para baterías. Estas baterías podrán trabajar de forma autónoma las primeras 4 horas de corte de energía.

Incluye: 02 Rectificadores FlatPack2 HE 48/2000W, 02 Bancos de baterías Narada x 4 unidades 100Ah 48V con placas de conexión, pernos M6, tuercas, arandelas, grasa antioxidante, kit de ventilación. En las figuras 4.4 y 4.5 se muestran el aspecto físico de estos rectificadores.



Fig. 4.4 Gabinete de rectificador VALERE

Fuente: Experiencia laboral



Fig. 4.5 Gabinete de rectificador VALERE

Fuente: Experiencia laboral

### 4.3.2 Sistema de protección

#### Suministro de aterramiento

Se propone la instalación de un sistema de aterramiento conformado por 02 pozos a tierra horizontales interconectada con el sistema de tierra existente y con todas las estructuras metálicas cuya unión en todos los casos será con soldadura exotérmica. La

resistencia final del sistema en conjunto no deberá exceder a 5 ohmios. Forma de ejecutar el pozo a tierra:

- Los pozos a ejecutar deben ser horizontales con las dimensiones de 2.20x1.00x1.00m
- Saturar de agua el pozo promedio de tiempo 4 horas.

#### Pararrayos

Sera de bronce cromado del tipo desarmable tetra puntal de tipo Franklin DHFT (Mástil de tubo con fierro galvanizado en caliente, aislador para unir pararrayo-mástil en bakelita). Dicho pararrayos deberá estar encima de las antenas para evitar cualquier tipo de interferencia y en la parte más alta de la torre.

El soporte del pararrayos deberá tener una altura de tal manera que forme un ángulo de 45° con respecto al soporte de antenas más alejado.

#### 4.3.3 Infraestructura

En el proyecto será necesario contar con una infraestructura adecuada para dar espacio suficiente tanto para instalar y resguardar los equipos de telecomunicaciones. Se trata de una obra civil, donde se ubicaran los sistemas antes descritos y la instalación de una torre auto soportado que cumplirá 2 funciones importantes, el primero es para brindar una solución a los radioenlaces y la segunda es para brindar solución al acceso.

En la infraestructura tendrá un piso de ripio tipo confitillo, con losas de cemento en el ingreso a la estación base, muro de cerco de 3 metros de altura, losa para los gabinetes de los equipos, pozo a tierra, posición para el tablero eléctrico. Se deberá colocar una red alambre encima del cerco para prevenir el ingreso de personal ajeno al proyecto; sirviendo como una medida de seguridad.

A continuación se mostrara el diseño de la infraestructura de cada estación base con un gráfico en 3D.

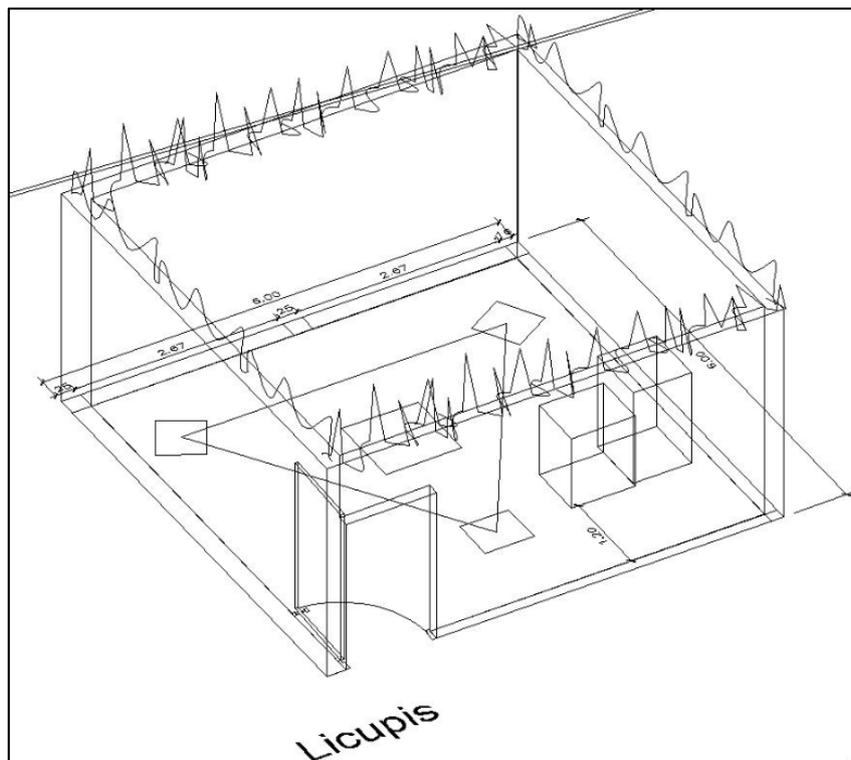


Fig. 4.6 Infraestructura de la estación base Licupis

Fuente: Creación del autor

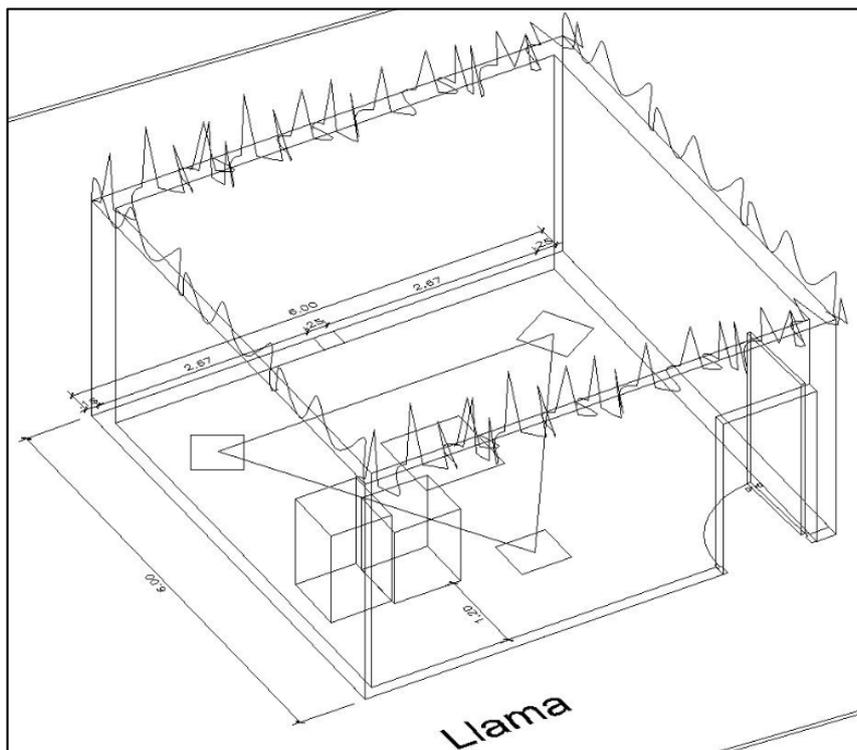


Fig. 4.7 Infraestructura de la estación base Llama

Fuente: Creación del autor



El nodo B es un equipo que tiene diferentes funciones, cuenta con sistemas de banda base, módulo de energía, control UMTS y un sistema de transporte UMTS. Este sistema de transporte trabaja con E1's y Fast Ethernet (FE). Los equipos de radio cuentan con un puerto FE el cual tiene una velocidad de 100Mbps e interconecta al nodo B.

En la tabla 4.1 se muestra el plan de la red de transporte, se especifica la ubicación geográfica de los nodos que forman dicha red. Las bandas de frecuencia que se utilizarán son las de 7425 – 7725 MHz y 7725 – 8275 MHz, las cuales son las disposiciones de radiocanales especificados por el MTC para los servicios de telecomunicaciones. Los equipos a utilizar provienen del fabricante Huawei, este equipo de radio enlace es el modelo RTN 910.

	<b>LICUPIS</b>	<b>MIRACOSTA</b>	<b>Site1-M</b>	<b>LLAMA</b>	<b>Site2</b>
<b>Latitud</b>	6°25'35.8"S	6°23'49.13"S	6°40'52.50"S	6°31'48.5"S	6°34'47.89"S
<b>Longitud</b>	79°14'37"O	79°16'17.33"O	79°23'57.7"O	79°07'19.42"O	79°02'25.69"O
<b>Elevación</b>	3030 m.s.n.m.	3190 m.s.n.m.	344 m.s.n.m.	2693 m.s.n.m.	2723 m.s.n.m.
<b>Azimut</b>	211°	204°	24°	121°	301°
<b>Tipo de antena</b>	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2
<b>Frecuencia de transmisión</b>	7554.00 MHz	7442.00 MHz	7596.00 MHz	7708.00 MHz	7554.00 MHz
<b>Banda</b>	C	A	A	C	C
<b>Tipo de enlace</b>	RTN 950	RTN 950	RTN 980	RTN 910	RTN 910
<b>Polarización</b>	Vertical	Vertical	Vertical	Horizontal	Horizontal
<b>Altura de la antena</b>	26.0 m	24.0 m	45.0 m	30.0 m	28.0 m
<b>Modulación (32QAM)</b>	108Mbps	108Mbps	108Mbps	108Mbps	108Mbps

Tabla 4.1 Plan de transmisión de los enlaces de radio

Fuente: Visita a campo

LICUPIS	Site1-L	MIRACOSTA	Site1-M	LLAMA	Site2
Frecuencia (MHz)		Frecuencia (MHz)		Frecuencia (MHz)	
Ida	Retorno	Ida	Retorno	Ida	Retorno
<b>7554</b>	<b>7708</b>	<b>7442</b>	<b>7596</b>	<b>7708</b>	<b>7554</b>
Banda 7425 - 7725 MHz		Banda 7425 - 7725 MHz		Banda 7425 - 7725 MHz	
Canal 5 (BW=28MHz)		Canal 1 (BW=28MHz)		Canal 5 (BW=28MHz)	

Tabla 4.2 Plan de frecuencias de la red de transporte

Fuente: Creación propia

Las estaciones bases se consideran como la “última milla”, estas se conectarán con los nodos que permiten el acceso a la red de transporte de cierto operador. Una vez conectados a la red de transporte, es factible la comunicación de los nodos con el controlador. A continuación, la figura 4.2.1 muestra la ubicación geográfica de las estaciones base.

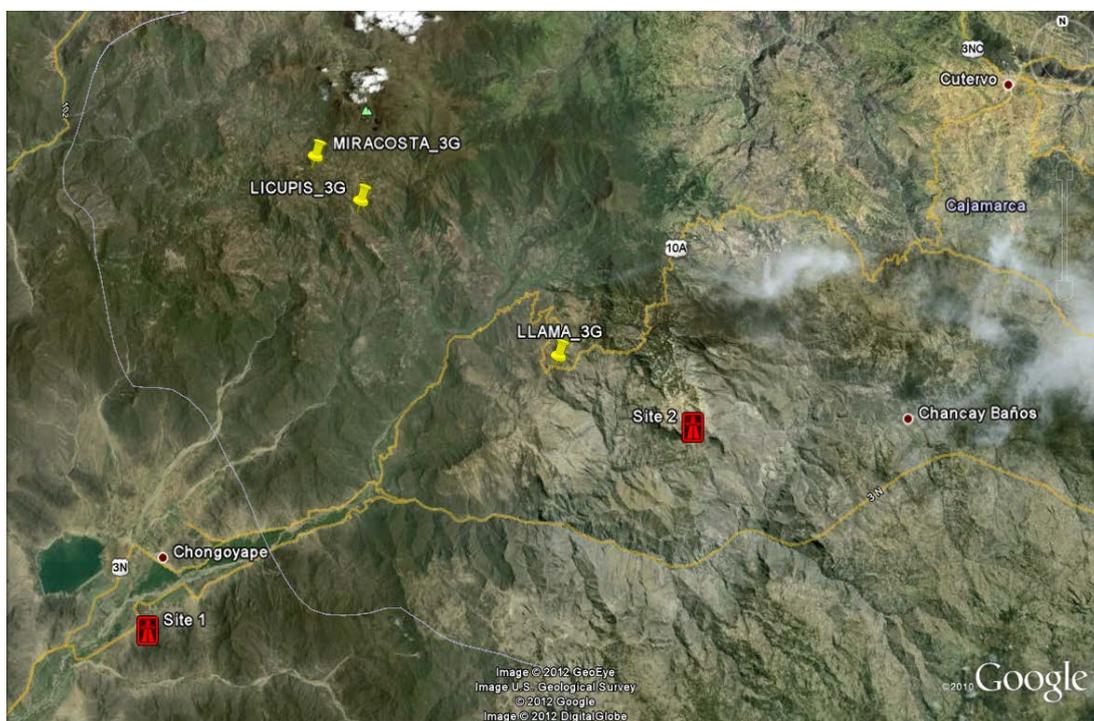


Fig. 4.9 ubicación geográfica de los nodos de la red de transporte

Fuente: Creación propia utilizando Google earth

En la figura 4.9 se observa que las estaciones base de Miracosta y Licupis se interconectan al nodo llamado Site1 y la estación base de Llama se interconecta con el

nodo Site2. Aunque las tres estaciones cuentan con línea de vista hacia el nodo Site1, es preferible que estas no se centralicen en un solo punto por motivo de contingencia.

Para la creación de los enlaces microondas, utilizamos ciertos parámetros que nos ayudaran a resolver las ecuaciones respectivas para el cálculo de los enlaces.

Ecuación 4.1 – Potencia de recepción:

$$P_r = P_t - L_t + G_t - L_p + G_r - L_r$$

Ecuación 4.2 – Pérdida por espacio libre:

$$L_p = 32.4 + 20 * \log[F_{C(MHz)}] + 20 * \log[d_{(Km)}]$$

$P_r$ : Potencia de recepción

$P_t$ : Potencia de transmisión

$G_t$ ,  $G_r$ : Ganancia de las antenas de transmisión y recepción

$L_p$ : Pérdida de espacio libre

$L_t$  y  $L_r$ : Pérdida de en los cables

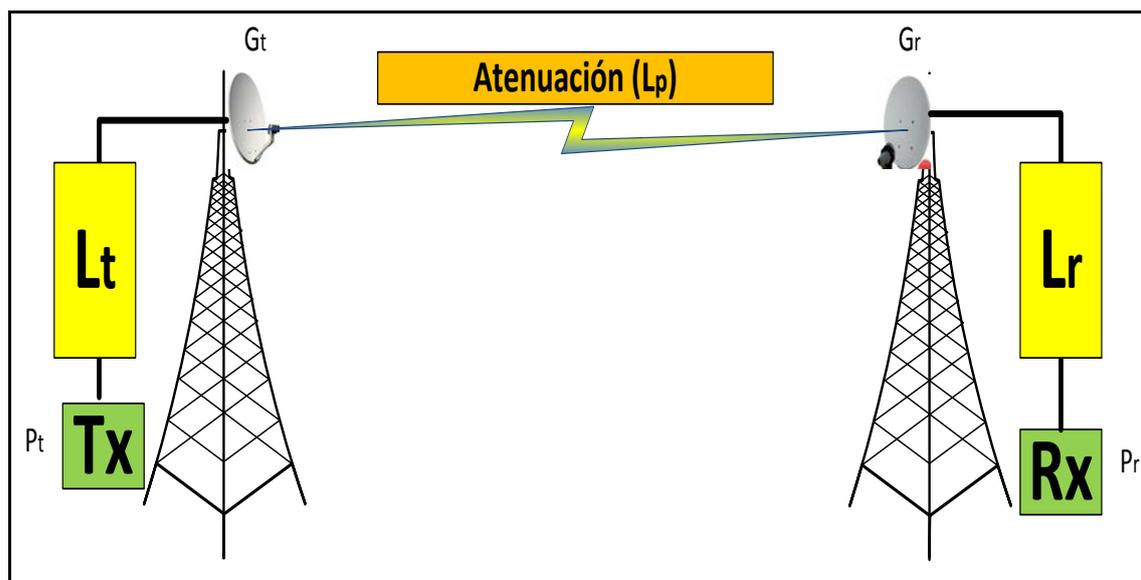


Fig. 4.10 Radio enlace simplificado

Fuente: Creación propia, Pagina web: <http://aniak.uni.edu.pe>, Ing. Marcial López Tafur

Teniendo las ecuaciones para un radio enlace, procedemos a mostrar los valores que remplazan las incógnitas de la ecuación:

		Enlaces		
		LICUPIS Site1	MIRACOSTA Site1	LLAMA Site2
Frecuencia central	GHz	7.631	7.519	7.631
Potencia de transmisión	dBm	25.5	25.5	25.5
Distancia	Km	33.09	34.57	10.55
Ganancia de la antena Tx	dB	40.8	40.8	40.8
Ganancia de la antena Rx	dB	40.8	40.8	40.8
Pérdida en espacio libre	dB	140.3	140,7	130.4
Cables y conectores	dB	5	5	5
Sensibilidad del receptor	dBm	-85	-85	-85
Total (margen)	dB	46,8	46.4	56.7

Tabla 4.3 Valores de los detalles técnicos del radio enlace

Fuente: Creación propia

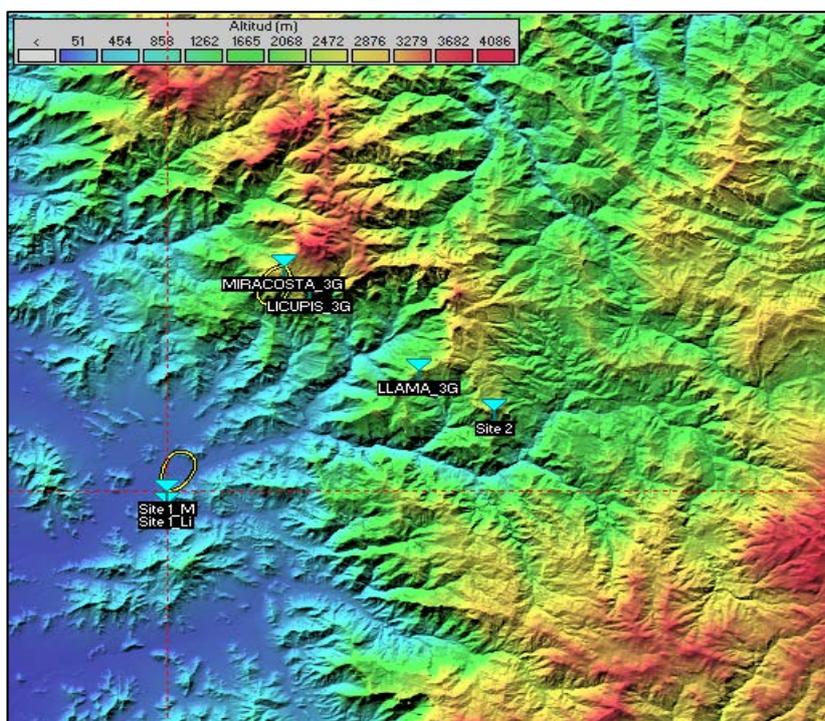


Fig. 4.11 Ubicación de los sitios en el mapa de Radio Mobile

Fuente: Creación propia

El software Radio Mobile, es un software libre el cual utiliza mapas digitales y nos da una aproximación sobre la factibilidad del enlace. En el proyecto utilizamos dicho

software, y con los valores de los detalles técnicos de la tabla 4.3 obtuvimos los siguientes resultados.

**Distrito de Miracosta**

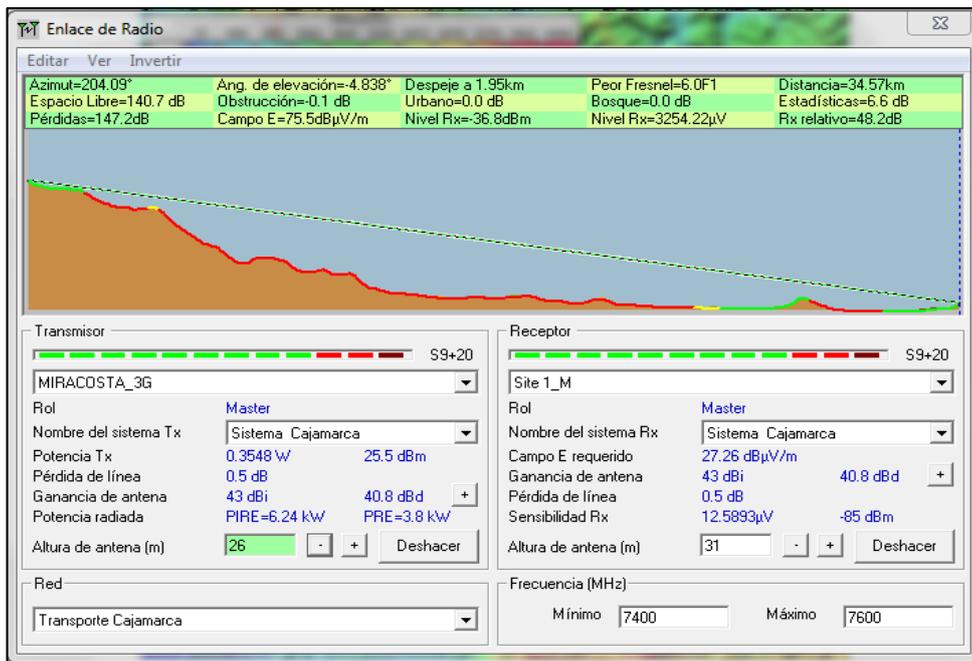


Fig. 4.12 Radio enlace de Miracosta hacia Site1 – Radio Mobile

Fuente: Creación propia

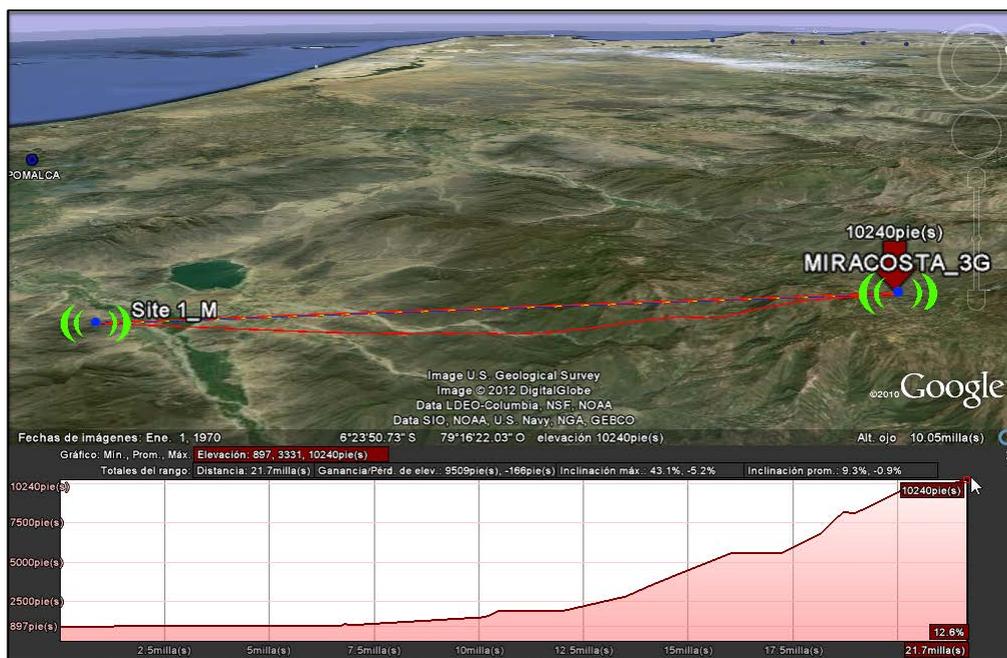


Fig. 4.13 Radio enlace de Miracosta hacia Site1 – Google earth

Fuente: Creación propia

**Distrito Llama**

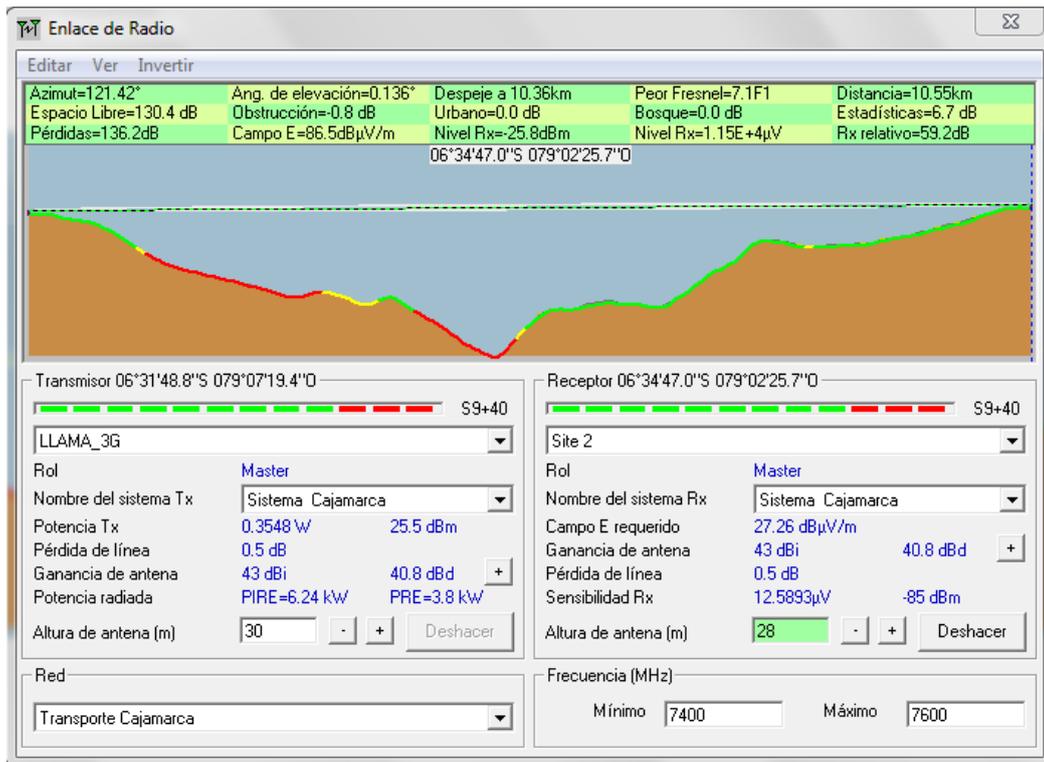


Fig. 4.14 Radio enlace de Llama hacia Site2 – Radio Mobile

Fuente: Creación propia

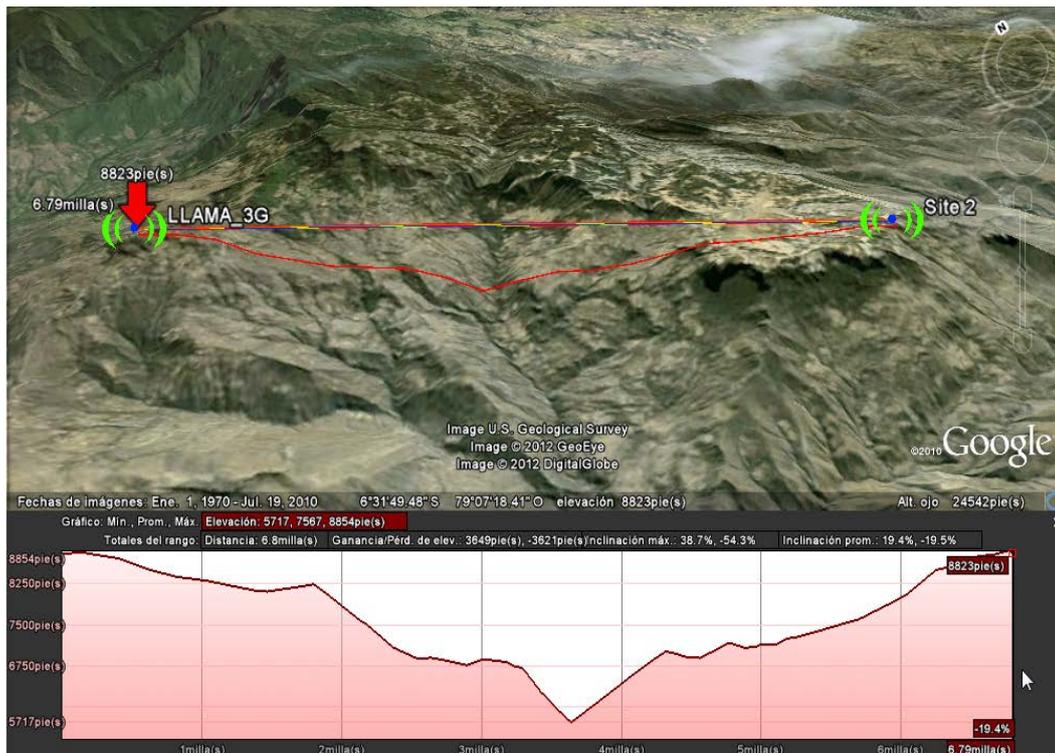


Fig. 4.15 Radio enlace de Llama hacia Site2 – Google earth

Fuente: Creación propia

### Distrito Licupis

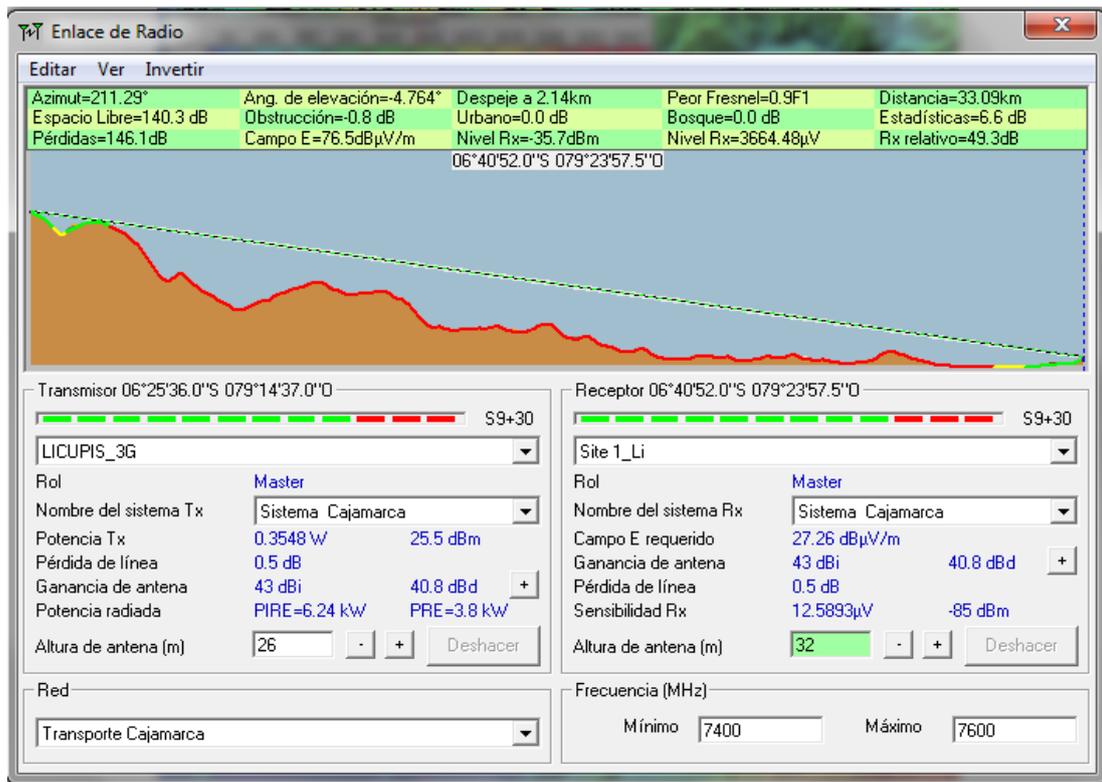


Fig. 4.16 Radio enlace de Licupis hacia Site1 – Radio Mobile

Fuente: Creación propia

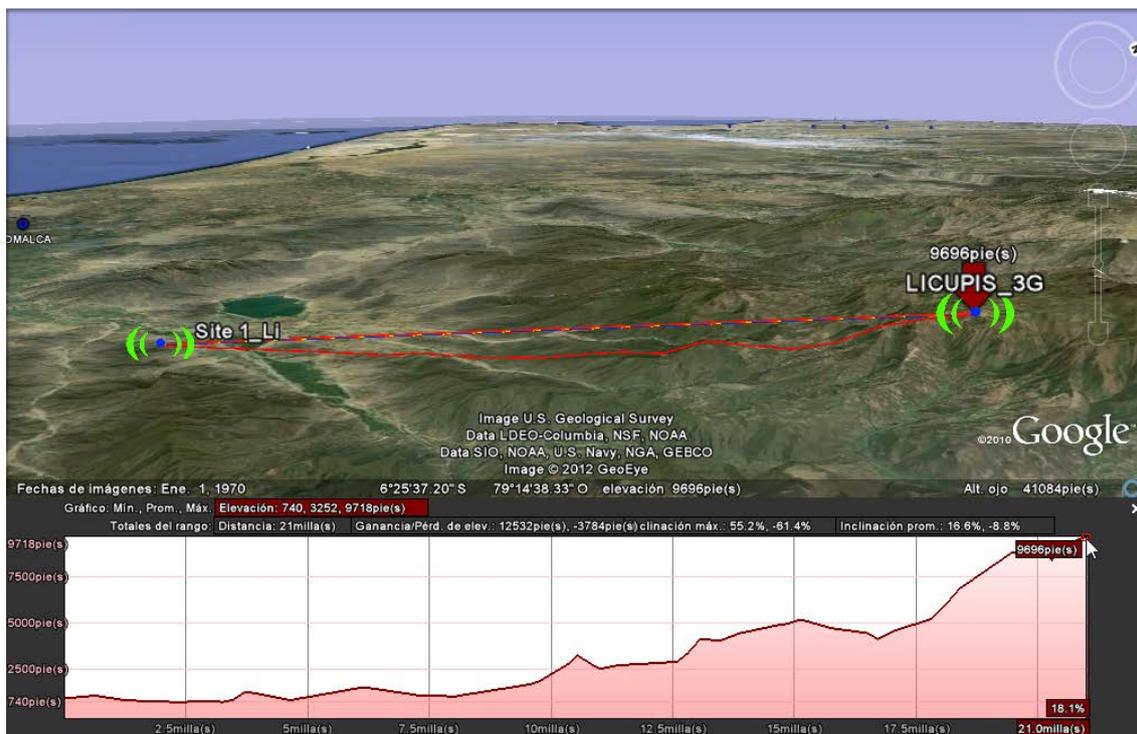


Fig. 4.17 Radio enlace de Licupis hacia Site1 – Google earth

Fuente: Creación propia

Según las imágenes capturadas del Radio Mobile, nos indican que los tres enlaces cuentan con línea de vista. Además, en la tabla 4.3 se obtienen resultados favorables a la implementación de dichos enlaces.

#### 4.5 Diseño de la red de acceso

El ciclo de vida de una red se representa en tres pasos: Primero la red se planifica, luego se implementa; en ese momento empieza la optimización inicial. Cuando se llega a obtener un QoS aceptable; la red entra en operación comercial, y comienza el proceso continuo de optimización. Este proceso asegura el cumplimiento de las necesidades tanto como rendimiento y capacidad.

##### Planificación de la red de radio

La planificación de la red implica que los propios elementos de la red sean seleccionados según el objetivo de la red, requisitos de evolución, costo, calidad, configuración. Esta planificación se enfoca en los elementos de la red de radio acceso.

Para realizar la planificación de la red de radio, debemos tener en cuenta lo siguiente:

- WCDMA utiliza la tecnología de espectro ensanchado, multiplexación de frecuencia sin necesidad de realizar un plan de frecuencias.
- La capacidad de cada portadora en WCDMA es “ligera” debido a que está relacionada a ciertos factores tales como el entorno y la interferencia.
- La cobertura del sistema WCDMA está relacionada a la carga del sistema. Si la carga del sistema incrementa, la cobertura y la calidad decrecen.
- El sistema WCDMA soporta servicios con diferentes velocidades y QoS, incluyendo el servicio de voz y siendo diferente la capacidad de la cobertura. En la planificación de la red, el rendimiento del sistema debe ser optimizado a través de una planificación y gestión de recursos de radio razonable.

##### Capacidad – Cobertura – Calidad

El sistema WCDMA es un sistema de auto interferencia, y su capacidad, cobertura y calidad están fuertemente relacionadas uno del otro.

**Capacidad y cobertura** - Si la carga aumenta, la capacidad e interferencia se incrementan y la cobertura se reduce.

**Capacidad y calidad** – La capacidad del sistema puede incrementar mediante la disminución de la calidad de algunas conexiones.

**Cobertura y calidad** – La cobertura puede aumentar, disminuyendo la calidad de algunas conexiones.

## Banda de frecuencia

Para realizar la planificación de la red acceso, es necesario escoger una banda de frecuencia. La banda que escogemos es la banda V, la cual tiene las siguientes características:

Número de Banda	Banda de frecuencia	Frecuencias UPLINK	Frecuencias DOWNLINK	Número de canal (UARFCN) UL	Número de canal (UARFCN) DL
V	850	824 - 849	869 - 894	4132 - 4233 adicional 782, 787, 807, 812, 837, 862	4357 - 4458 adicional 1007, 1012, 1032, 1037, 1062, 1087

Tabla 4.4 - Banda V de frecuencias para UMTS

Fuente: Creación propia, [http://en.wikipedia.org/wiki/UMTS\\_frequency\\_bands](http://en.wikipedia.org/wiki/UMTS_frequency_bands)

Los nodos que se instalaran en este proyecto se conectaran al CORE de la empresa América Móviles, esta elección se debe a que dicha empresa cuenta con la configuración de dos celdas por sector; en otras palabras cuentan con una segunda portadora por cada sector. El poseer dos portadoras nos será de mucha ayuda para implementar el servicio de Dual-Carrier.

Las frecuencias a utilizar para cada celda serán de la siguiente manera:

	Banda de frecuencia	Canal UPLINK	Canal DOWNLINK
<b>Celda 1</b>	850	837	1062
<b>Celda 2</b>	850	862	1087

Tabla 4.5 Canales UARFCN para el proyecto

Fuente: Creación propia

### 4.5.1 Modelo de Propagación

Para realizar la planificación de la red de acceso es fundamental conocer los niveles de señal y cobertura; para cumplir este objetivo se adopta un modelo de propagación para predecir el valor medio de la señal y las pérdidas que se generan en la trayectoria. El modelo Okumura - Hata es mayormente usado en modelos de cálculo de propagación; por lo cual será utilizado en este proyecto. Para determinar el radio de cobertura de las celdas, se debe considerar la dirección del enlace, el entorno, tipo de servicio y la velocidad de transferencia.

Para este modelo de propagación se considera los siguientes parámetros:

- Altura promedio de los edificios
- Altura de antenas receptoras

Debido a que este proyecto se implementara en zona rural, aplicaremos la siguiente formula según el modelo de propagación:

Ecuación 4.3 – Pérdidas cuando existe línea de vista, método Okumura - Hata

$$L_{urbano(dB)} = 69.55 + 26.16 * \text{Log}(f_c) - 13.82 * \text{Log}(h_{te}) - \alpha(h_{re}) + [44.9 - 6.55 * \text{Log}(h_{te})] * \text{Log}(d)$$

$d$  : Distancia entre transmisor y receptor, expresada en Kilómetros.

$h_{te}$  : Altura efectiva de la antena del transmisor (30m)

$h_{re}$  : Altura del receptor móvil (2m)

$\alpha(h_{re})$  : Factor de corrección de la altura del usuario.

$f_c$  : Frecuencia de la portadora (850MHz)

Ecuación 4.3.1 – Factor de corrección en una ciudad media-pequeña.

$$\alpha(h_{re}) = [1.1 * \text{Log}(f_c) - 0.7] * h_{re} - [1.56 * \text{Log}(f_c) - 0.8]$$

Ecuación 4.3.2 – Perdidas en una zona rural semiabierto.

$$L_{rural-semiabierto(dB)} = L_{urbano(dB)} - 4.78 * [\text{Log}(f_c)]^2 + 18.33 * \text{Log}(f_c) - 35.94$$

Resolviendo la ecuación 4.3.2; reemplazando los valores especificados, se obtiene la siguiente ecuación:

Ecuación 4.3.3 – Perdidas en una zona rural semi abierto simplificada

$$L_{rural-semiabierto(dB)} = 100.7 + 35.22 * \text{Log}(d)$$

La ecuación 4.3 se utiliza cuando la antena de la estación base se encuentra en cierta ubicación haciendo posible que todos los usuarios tengan línea de vista con dicha estación. Además, en zonas rurales no existen edificios los cuales intercepten la línea de vista.

#### 4.5.2 Link Budget

Los Link Budgets estiman niveles de potencia aceptables de la señal, calculando la máxima pérdida de trayecto permitido (MAPL). En este proceso se realizan muchas suposiciones, estas suposiciones se centran en un escenario que representa el área en

donde se implementara el proyecto. Sin embargo, este método no permite calcular la cobertura ni la capacidad de la celda.

#### Uplink Budget

El resultado de los cálculos para el Link Budget es la máxima pérdida de propagación de trayecto permitida, este es un valor muy importante para determinar el radio de la celda. Para realizar este cálculo, se realizo las siguientes suposiciones:

	Speech terminal	Data terminal
Maximum transmission power	21 dBm	24 dBm
Antenna gain	0 dBi	2 dBi
Body loss	3 dB	0 dB

Fig. 4.18 Valores asumidos para el terminal móvil

Fuente: WCDMA for UMTS, Third Edition – Página 177.

Noise figure	5.0 dB
Antenna gain	18 dBi (3-sector base station)
$E_b/N_0$ requirement	Speech: 5.0 dB 144 kbps real-time data: 1.5 dB 384 kbps non-real-time data: 1.0 dB
Cable loss	2.0 dB

Fig. 4.19 Valores asumidos para el terminal móvil

Fuente: WCDMA for UMTS, Third Edition – Página 178

Estos valores serán reemplazados en la tabla 4.6, en la cual se detalla el resultado de la pérdida por propagación permitida.

En la tabla 4.6 se observa que la pérdida por propagación permitida varía según el tipo de servicio. A continuación procederemos a calcular el radio de la celda UMTS resolviendo la ecuación 4.3.3 con los valores obtenidos en la tabla 4.6.

Móvil	Velocidad de transferencia	Kbps	12,2	64,0	384,0
	Potencia máxima	dBm	21,0	21,0	24,0
	Ganancia de Antena	dBi	0,0	0,0	2,0
	Pérdida de cuerpo	dB	3,0	3,0	0,0
	EIRP	dBm	18,0	18,0	26,0

<b>Estación base</b>	<b>Densidad de ruido térmico</b>	dBm/Hz	-174,0	-174,0	-174,0
	<b>Ruido en la estación base</b>	dB	5,0	5,0	5,0
	<b>Densidad de ruido</b>	dBm/Hz	-169,0	-169,0	-169,0
	<b>Potencia del ruido</b>	dBm	-103,2	-103,2	-103,2
	<b>Margen de interferencia (rural)</b>	dB	3,0	3,0	3,0
	<b>Ruido efectivo + interferencia</b>	dBm	-100,2	-100,2	-100,2
	<b>Ganancia de proceso</b>	dB	25,0	17,8	10,0
	<b>Eb/N0</b>	dB	5,0	5,0	1,0
	<b>Sensitividad</b>	dBm	-120,1	-112,9	-109,2
	<b>Ganancia de antena</b>	dB	15,0	15,0	15,0
	<b>Pérdida en cable</b>	dB	2,0	2,0	2,0
	<b>Margen de Fasta fading</b>	dB	0,0	0,0	0,0
	<b>Máxima pérdida por trayectoria</b>	dB	151,1	143,9	148,2
	<b>Margen de normal fading</b>	dB	7,3	7,3	7,3
	<b>Ganancia soft-handover</b>	dB	2,0	2,0	2,0
	<b>Pérdida indoor</b>	dB	8,0	8,0	8,0
<b>Pérdida por propagación permitida</b>	dB	137,8	130,6	134,9	

Tabla 4.6 Resultados del Uplink Budget según tipo de servicio

Fuente: Creación propia

<b>Velocidad de transmisión</b>	12.2Kbps	64Kbps	384Kbps
<b>Radio de la celda UMTS (Km)</b>	11.30	7.06	9.35

Tabla 4.7 Radio de la celda UMTS

Fuente: Creación propia

Los resultados son radios muy extensos, debemos recordar que estos son valores teóricos; además, el valor considerado como potencia de transmisión no es un valor constante sino mas bien es el valor máximo que el equipo móvil puede emitir. Recordemos también que otro factor importante es la capacidad, si la cobertura de la celda UMTS fuera demasiada extensa la capacidad de la celda sería muy baja.

#### Downlink Budget

En este cálculo de cobertura se analizará en el sentido descendente, para lo cual tomaremos en cuenta los siguientes valores.

### 4.5.3 Capacidad de la celda

En cada distrito se procederá instalar un nodo respectivamente, la distribución será de la siguiente manera:

Distrito	Nodo	Capacidad (CE)	Códigos HS-PDSCH
San Juan de Licupis	LICUPIS_3G	384	90
Llama	LLAMA_3G	384	90
Miracosta	MIRACOSTA_3G	384	90

Tabla 4.9 Distribución de nodos

Fuente: Creación propia

Los servicios que se ofrecerán son los siguientes: voz, internet móvil, video llamada. Esto nos servirá para definir la capacidad de la celda por cada nodo.

Para cada nodo estamos colocando una capacidad de 384CE, este valor se usa en la implementación de las redes 3G en las operadoras móviles. Luego de implementar estos nodos de acceso, procederemos con el proceso optimización. Durante este proceso de optimización, podremos observar si la capacidad colocada en estos nodos es la suficiente o necesita una ampliación

#### 4.5.3.A Capacidad de WCDMA

Para calcular la capacidad en una zona rural debemos tomar en cuenta la siguiente ecuación tomada de [14]:

Ecuación 4.4

$$M_w = \left(1 + \frac{W/R}{\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{(Req)}} * \frac{1}{\gamma}\right) * \frac{1}{(1+f)} * \left(1 - \frac{1}{r}\right) * \frac{\lambda}{3}$$

$M$  : Máximo número de usuarios activos simultáneos

$W$  : Tasa de chips del sistema

$R$  : Tasa de bits del servicio

$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{(Req)}$  : Energía de bit sobre densidad de potencia de ruido requerida para el servicio

$\gamma$  : Factor de actividad

$f$  : Factor de interferencia del sistema

$r$  : Factor de incremento de ruido del sistema

$\lambda$  : Factor de sectorización

Ahora, asumiremos ciertos valores para resolver la ecuación 4.4:

Parámetros	Zona Rural	
	Voz (12,2Kbps)	Datos (384Kbps)
$W$	3,84Mcps	3,84Mcps
$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{(Req)}$	4dB $\leftrightarrow$ 2,5	1dB $\leftrightarrow$ 1,25
$R$	12,2Kbps	384Kbps
$f$	0,88	0,88
$\gamma$	0,67	0,67
$\lambda$	2,9	2,9

Tabla 4.10 Valores asumidos en WCDMA

Fuente: Tabla 3.5 de [14]

El valor de  $f$  es debido a que el nodo cuenta con 3 sectores usando antenas de 65°. El valor de  $R$  se debe a los distintos tipos de servicio que brindara la red.

Resolviendo la ecuación 4.4 resulta que  $M_{(12,2Kbps)}$  tiene un valor de 72, esto equivale al número de usuarios por sector. En el caso de  $M_{(384Kbps)}$  resulta un valor de 5, siendo la cantidad de usuarios por sector. Estos valores se obtuvieron asumiendo  $r = 4(6dB)$  considerando que el sistema está al 75% de su carga ( $n=0.75$ ). Dado que el valor de  $n$  se obtiene de la ecuación 4.5.

Ecuación 4.5

$$n = 1 - \frac{1}{r},$$

Fuente: Ecuación 1.2 de [14]

La expresión de  $M_{(384Kbps)} = 5$  usuarios, se puede asumir como un throughput de 1.920Mbps. Esto es porque el servicio de datos se trata de un servicio de conmutación de paquetes.

#### 4.5.3.B Capacidad de HSDPA

Mayormente, en las celdas HSDPA y WCDMA utilizan una portadora con potencia de 20W (43dBm) y cuando desean realizar pruebas de aceptación estas suelen realizarse con una potencia máxima de 46dBm; además, se configura para que el nodo simule la utilización de los 15 códigos HS-PDSCH y de esta forma alcanza la potencia máxima.

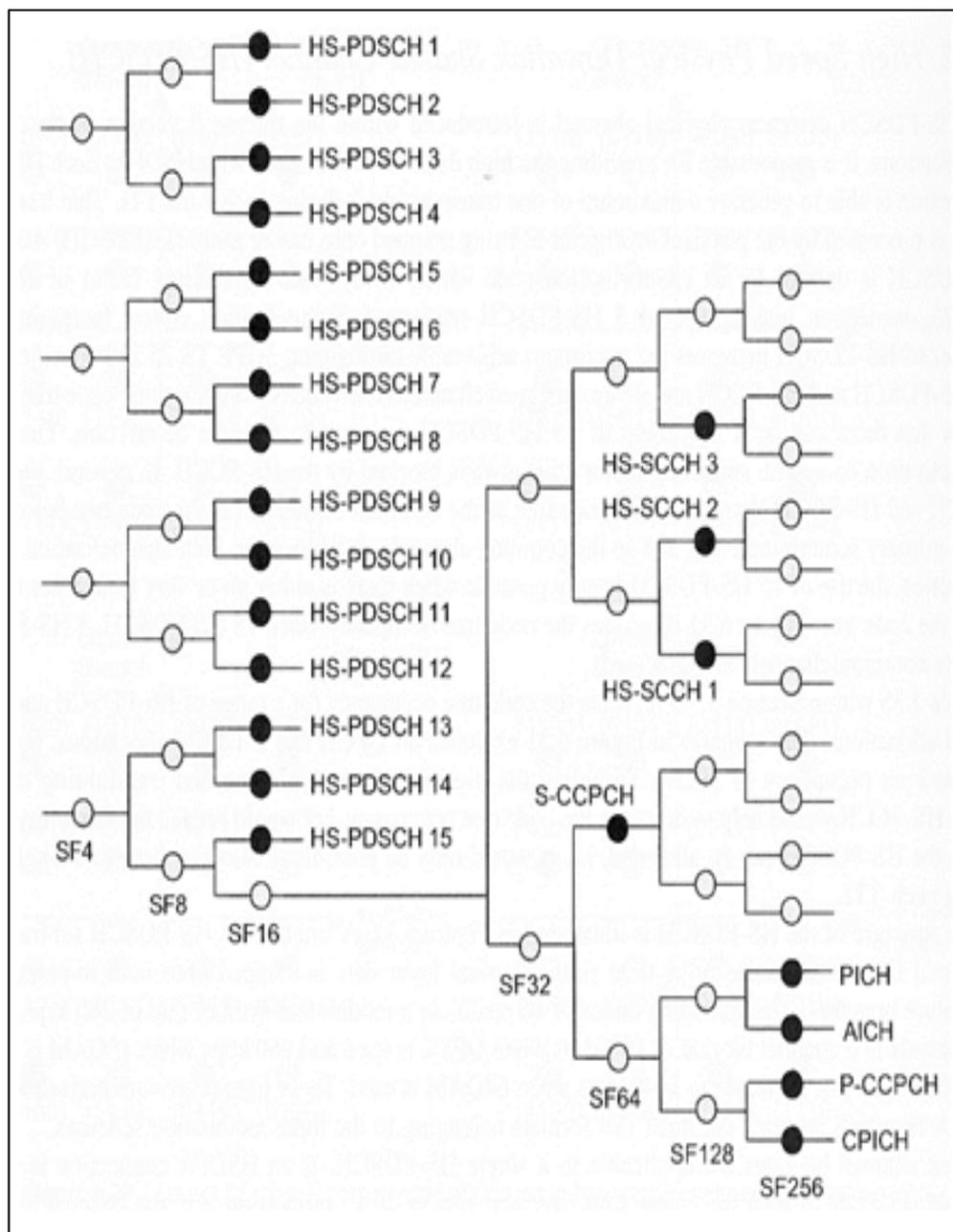


Fig. 4.20 Utilización de los 15 códigos HS-PDSCH  
Fuente: internet

A continuación presentaremos la ecuación que define la potencia de la tecnología HSDPA:

Ecuación 4.6

$$P_{HSDPA} = \frac{\eta_{DCH_{max}} \left( \frac{P_{DCH} + P_{CCH}}{P_{MaxCell}} \right)}{1 - \frac{\eta_{DCH_{max}}}{\frac{P_{MaxCell} - P_{DCH}}{P_{MaxCell} - P_{CCH}}}}$$

Fuente: Ecuación 1.10 de [14]

En la referencia [14] se asume lo siguiente: El valor del factor de carga es 0.7 ( $\eta_{DCH_{max}} = 0.7$ ),  $P_{DCH} + P_{CCH} = 7.5W$ ,  $P_{CCH} = 2W$ ,  $P_{DCH} = 5.5W$ ,  $P_{MaxCell} = 20W$ . Al remplazar estos valores en la ecuación 4.6 se obtiene que el valor  $P_{HSDPA} = 6.2W$ . De esta cantidad obtenida se utilizara 5W como potencia de los canales HS-PDSCH.

Ecuación 4.7

$$SINR = SF_{16} * \frac{P_{HS-DSCH}}{(1-\alpha) * P_{propia} + P_{otraCelda} + P_{ruido}}$$

Fuente: Ecuación 1.3 de [14]

$SF_{16}$  : Factor de ensanchamiento

$P_{HS-DSCH}$  : Potencia total de todos los códigos activos HS-PDSCH

$P_{propia}$  : Interferencia recibida en la propia celda

$P_{otra}$  : Potencia recibida de otra celda.

$P_{ruido}$  : Potencia de ruido.

$\alpha$  : Factor de ortogonalidad.

La ecuación 4.7 nos muestra como calcular el SINR el cual depende del factor de ortogonalidad, cuando se trata de un peatón el valor suele ser  $\alpha = 0.9$ , el autor de [14] asume un valor teórico de  $\alpha = 1$  indicando transmisiones totalmente ortogonales entre usuarios. Sin embargo el SINR puede depender del factor de geometría (G), y asumiendo un  $G = 20dB$  se obtiene un valor aproximado de 5.8Mbps para 10 códigos HS-PDSCH. Sin embargo, utilizar este tipo de servicio hará que la cobertura de la celda disminuya notablemente.

Para calcular los valores del radio de cobertura, debemos tomar en cuenta ciertos parámetros:

Parámetro	HSDPA
Potencia de TX Nodo B (43dBm)	43
Frecuencia (MHz)	852,5
Frecuencia usuarios múltiples(MHz)	882,5
Numero de códigos	10
Ganancia de antena del móvil [dBi]	0
Ganancia de antena del nodo [dBi]	17
Pérdida de usuario (datos) [dB]	1

Pérdida entre el transmisor y antena [dB]	3
Figura de ruido [dB]	9
Ganancia de SHO [dB]	0
Margen de interferencia	6
Factor de ortogonalidad en DL	0,75
Porcentaje de la potencia usada para el tráfico [%]	0,65
Porcentaje de la potencia de señalización y control [%]	0,35

Tabla 4.11 Valores para el cálculo de la cobertura del HSDPA  
Referencia: Tabla 3.9 de [14]

Ecuación 4.8, pérdida total del trayecto

$$L_p[dBm] = EIRP_{[dBm]} - P_{r[dBm]} + G_{r[dBi]}$$

Fuente: Ecuación 3.10 de [14]

Donde:  $P_{r[dBm]} = -113 + SINR$  , por lo tanto,  $L_p[dBm] = 43 + 113 - SINR$  .

Obteniendo la siguiente ecuación:

Ecuación 4.9

$$L_p[dBm] = 156 - SINR$$

Fuente: Ecuación 3.18 de [14]

Dónde: Se asume  $SINR = 25dB$  . Utilizando la misma ecuación de pérdida en el espacio libre, se obtiene los siguientes resultados.

	Indoor	Peatón
$L_{P-total}[dBm]$	109,4	121,4
Cobertura (Km)	1,76	3,87

Tabla 4.12 Pérdida total según escenario  
Fuente: Calculo del autor

Recordemos que en este proyecto se está considerando la tecnología DC-HSDPA, el cual utiliza 2 celdas lógicas de forma paralela brindándonos el doble de capacidad. Por ejemplo, la máxima capacidad que obtendríamos al utilizar una celda HSDPA es de 5.8Mbps, utilizando el DC-HSDPA obtendríamos una velocidad de 11.6Mbps.

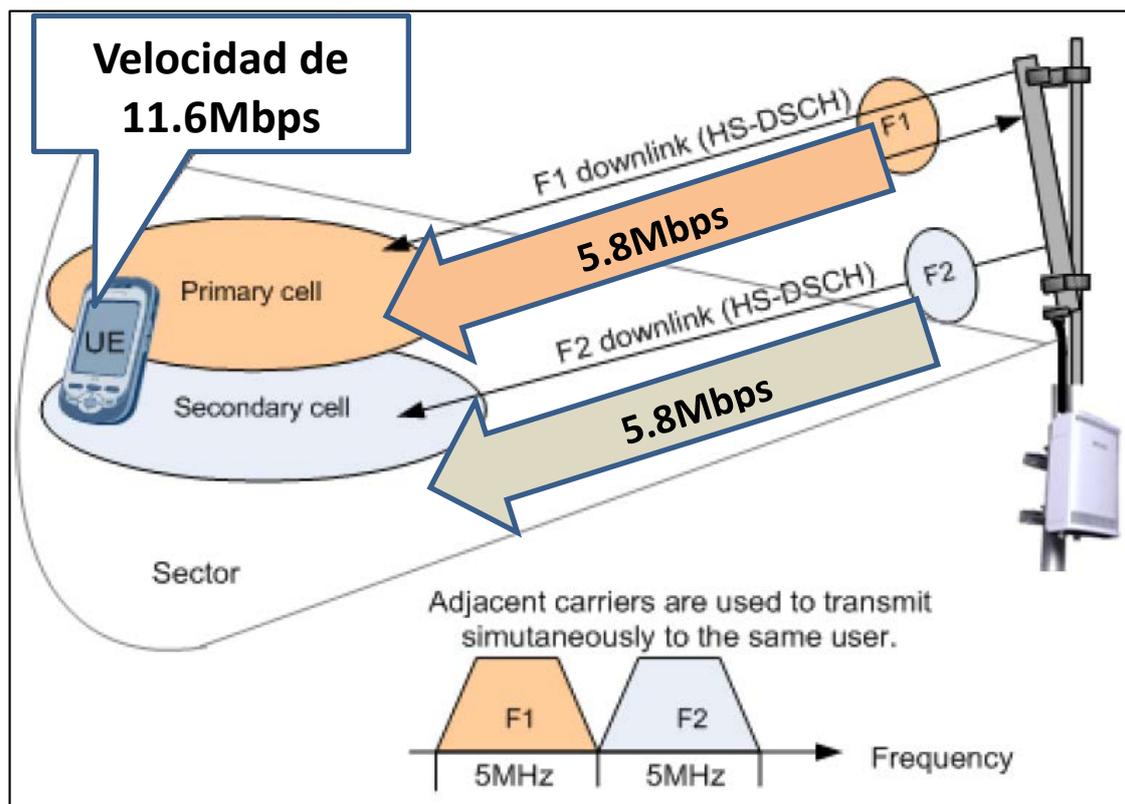


Fig. 4.21 Principios de DC-HSDPA

Fuente: internet

Para realizar la configuración de esta solución, se debe tener las licencias de dos portadoras. En este caso, la empresa América Móviles dispone de dos portadoras:

	Banda de frecuencia	Canal UPLINK	Canal DOWNLINK
<b>Celda 1</b>	850	837	1062
<b>Celda 2</b>	850	862	1087

Tabla 4.13 Dos portadoras disponibles

Fuente: Calculo del autor

Además, es necesario contar con la habilitación de la licencia tanto en el nodo B y en el controlador. Se debe realizar la configuración en el nodo B para que se active las funciones de esta tecnología. El funcionamiento de esta tecnología se trata en el capítulo 2

#### 4.6 Diseño de la interconexión

En la figura 4.21 se observa la topología completa de nuestra red de tercera generación. Actualmente el operador América Móviles Perú S.A.C cuenta con controladores tanto en Lima como en provincia. Estas se conectan a través de su red IP

RAN mediante el cual las estaciones bases se pueden conectar de forma remota hacia el controlador. Además, estos controladores cumplen con los recursos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos.

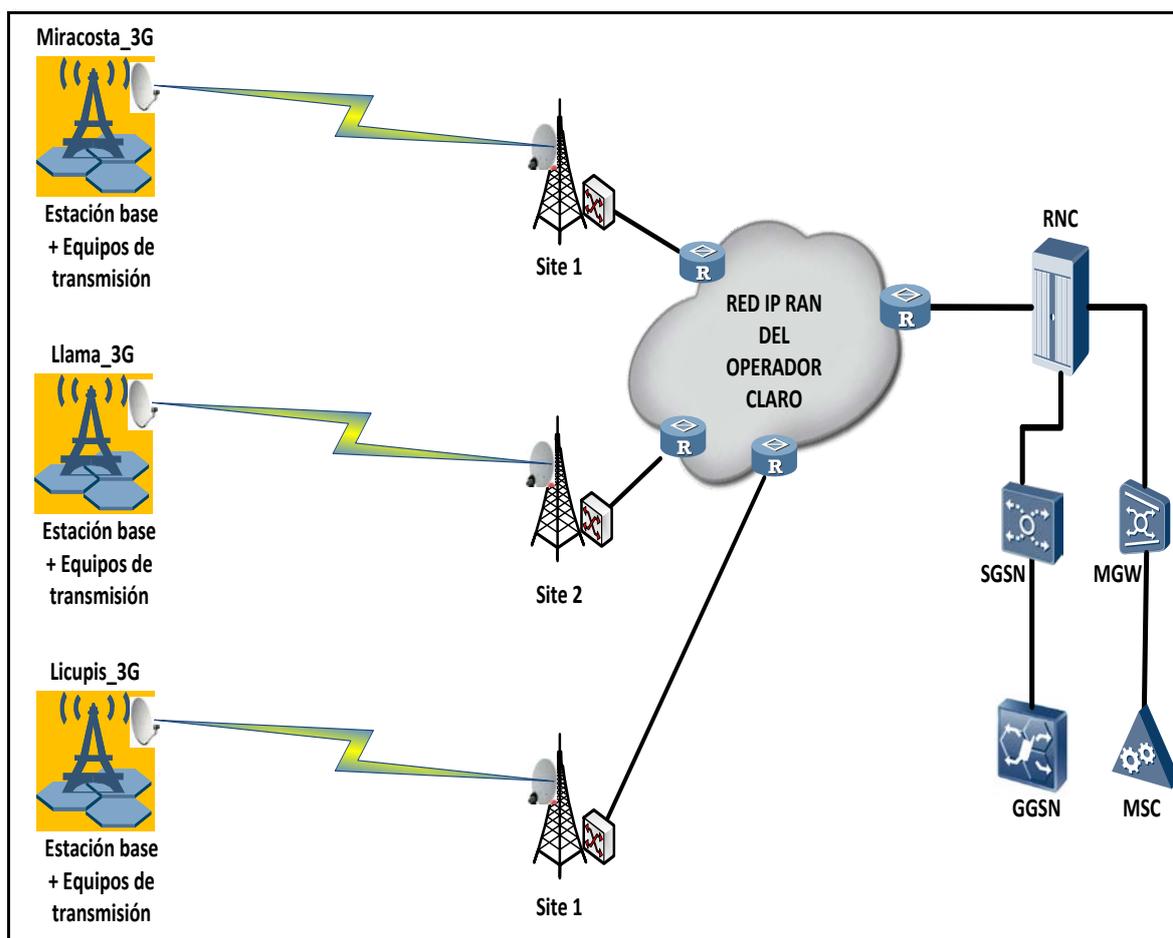


Fig. 4.22 Arquitectura de la red del proyecto

Fuente: Creación propia

Para lograr la conexión de nuestros nodos realizaremos la interconexión con la red IP RAN de Claro, de esta forma los controladores tendrán una conexión lógica establecida con los nodos B.

Para lograr esta interconexión; se implementará tres enlaces microondas entre las estaciones bases instaladas con las estaciones bases existentes del operador CLARO. A continuación se realizará el diseño de la interconexión de cada nodo B con su respectivo enlace.

### Distrito de San Juan de Licupis

Se indicó anteriormente que el nodo B "Licupis\_3G" se conectaría a la red IP RAN por medio del "site1". En esta ocasión estamos asignando un ancho de banda de 30Mbps los cuales son destinados al Licupis\_3G. Este ancho de banda es suficiente para soportar el tráfico que produce el nodo. A pesar de con la red HSDPA se puede brindar una

velocidad de 5.8Mbps debemos recordar que el nodo B cuenta con sistema de multiplexación interno. En capítulos posteriores se explicara mediante las especificaciones técnicas del equipo. La figura 4.23 detalla el diagrama de interconexión del nodo B Licupis\_3G.

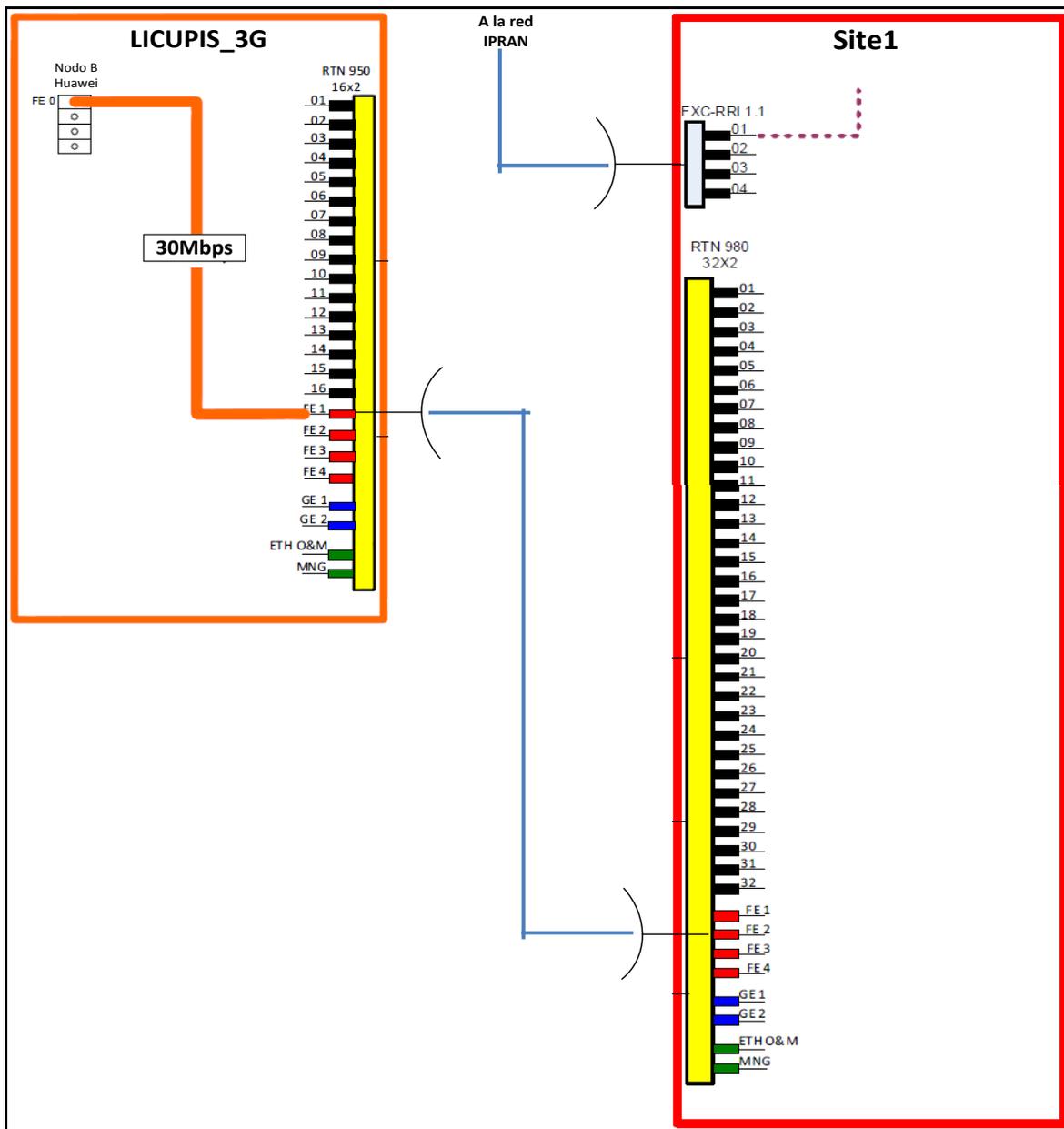


Fig. 4.23 Interconexión del Nodo B Licupis\_3G a la red IPRAN de CLARO

Fuente: Creación propia

**Distrito de Miracosta**

El nodo B “Miracosta\_3G” se conectará a la red IP RAN por medio de la estación base denominada “Site1”. La figura 4.24 muestra el diagrama de interconexión del nodo B Miracosta\_3G.

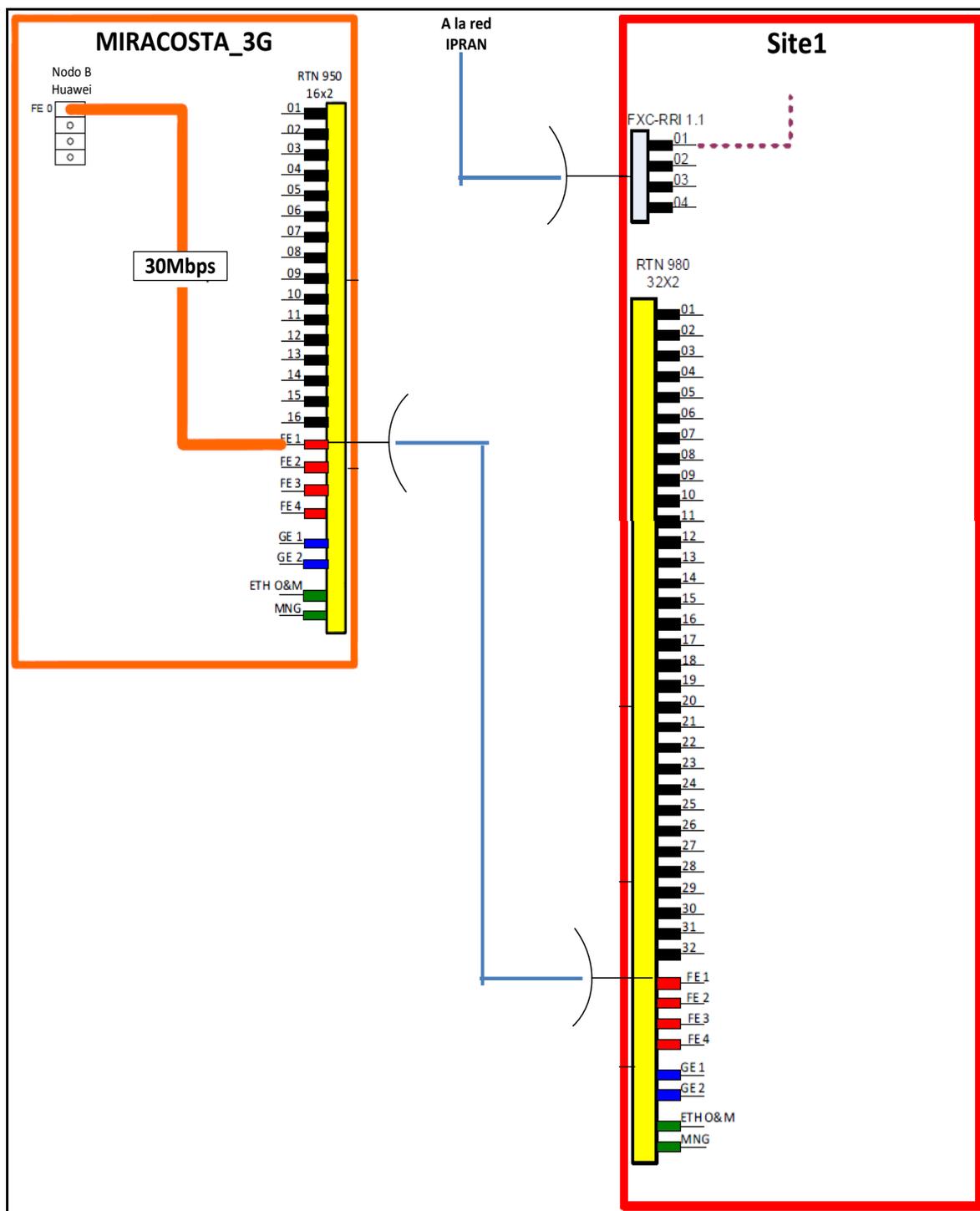


Fig. 4.24 Interconexión del Nodo B Miracosta\_3G a la red IPRAN de CLARO

Fuente: Creación propia

### Distrito de Llama

El nodo B “Llama\_3G” se conectará a la red IP RAN por medio de la estación base denominada “Site2”. La figura 4.25 muestra el diagrama de interconexión del nodo B Llama\_3G. Los costos de interconexión se detallarán en el capítulo 5.

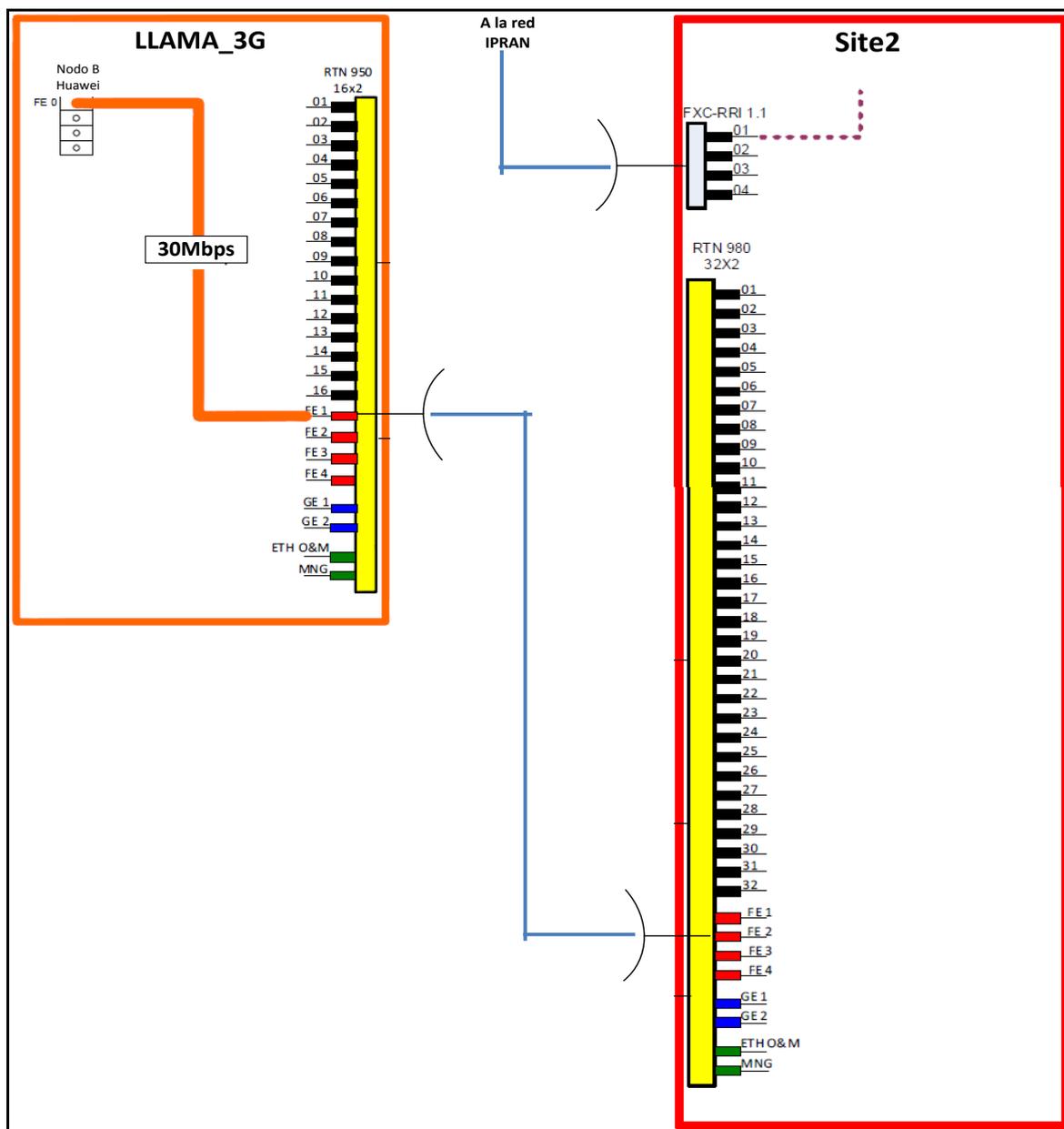


Fig. 4.25 Interconexión del Nodo B Llama\_3G a la red IPRAN de CLARO

Fuente: Creación propia

#### 4.7 Especificaciones técnicas del equipamiento

En esta parte del capítulo procederemos a mostrar las especificaciones técnicas de los equipos que utilizaremos para el despliegue de nuestro proyecto. Tanto los equipos de radio de los enlaces microondas y los nodo B pertenecen al proveedor HUAWEI. La marca HUAWEI esté presente en muchos mercados del mundo entero. En el Perú tanto la empresa América Móviles y Telefónica Móviles, utilizan la marca de estos productos Empezaremos con la descripción técnica de los equipos de transporte.

Principios de los equipos Microondas

La figura 4.26 muestra la evolución de los equipos de microondas de la marca HUAWEI, al principio se hablaba del modelo RTN 605 R1 y RTN 910 R2, ahora se están utilizando los equipos RTN 910 R1 y el RTN 950 R1. Estos últimos son utilizados en las redes actuales de muchos operadores alrededor del mundo.

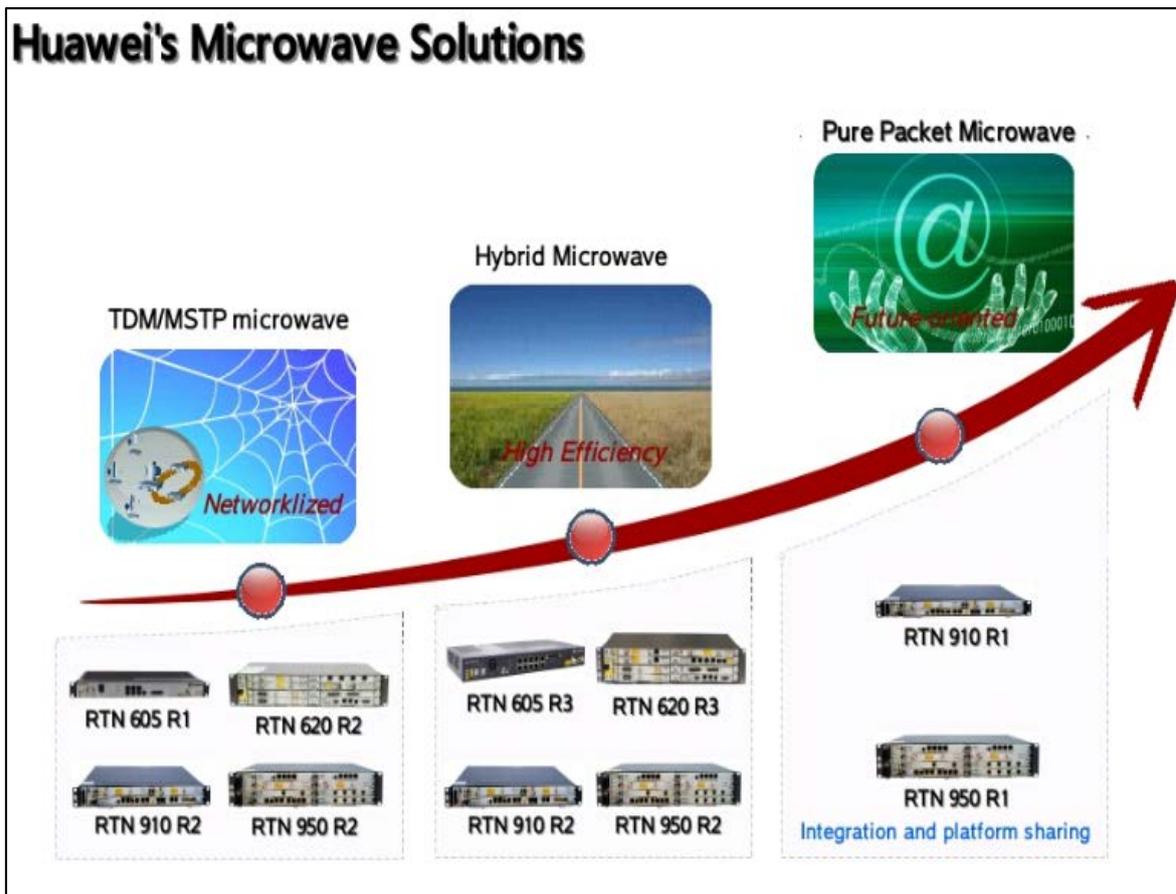


Fig. 4.26 Evolución de los sistemas de microondas

Fuente: Digital Microwave Product Principle, Huawei Technologies

#### 4.7.1 Equipo microondas de montaje dividido

Esta solución es muy utilizada en los enlaces microondas, la unidad de RF es un equipo outdoor (ODU). La frecuencia intermedia, el procesamiento de señal y el MUX/DEMUX son integrados mediante un equipo indoor (IDU). Tanto la ODU como la IDU son conectados mediante un cable IF. La ODU puede ser conectado detrás de la antena o conectado mediante una guía de onda. A pesar de que la capacidad es más pequeña que un troncal; debido a que es rápida para instalar y dar mantenimiento, es la solución más usada en todo el mundo. La figura 4.27 muestra este tipo de solución, los componentes, el cableado, la adecuación y la forma como se instala.

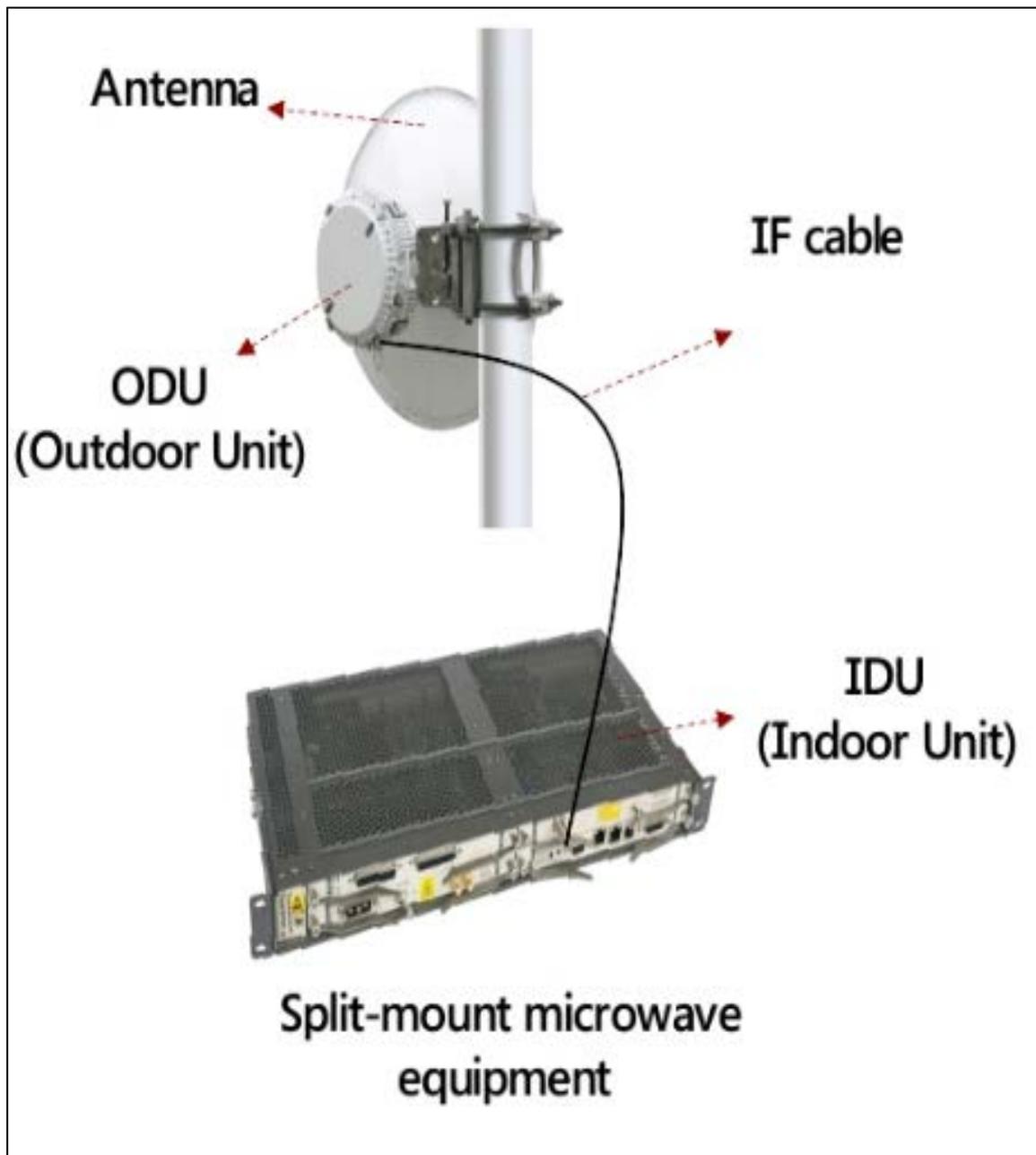


Fig. 4.27 Montaje dividido

Fuente: Digital Microwave Product Principle, Huawei Technologies

#### Funciones de las unidades

**Antena:** Se enfoca en las señales RF transmitidas por la ODU y del incremento de la ganancia de la señal.

**ODU:** Se encarga del procesamiento de RF, conversión de las señales IF/RF.

**Cable IF:** se utiliza para la transmisión de las señales IF, señales de gestión y proveer de energía a la ODU.

**IDU:** Permite el acceso, envío, multiplexación, demultiplexación, modulación, demodulación, de los servicios.

### Especificaciones técnicas del transmisor

- Banda de frecuencia: Los troncales mayormente utilizan las bandas de frecuencia de 6, 7 y 8GHz.
- Potencia de salida: La potencia en el puerto de un transmisor esta en el rango de 15dBm hasta los 30dBm.
- Estabilidad de la frecuencia local: Si la frecuencia de operación del transmisor fuera inestable, aumentaría la proporción del error de bit. El rango de la estabilidad de la frecuencia local es de 3 a 10ppm.
- Packet radio: Es un enlace microondas totalmente enfocado a través de los paquetes, soporta el esquema de modulación desde QPSK hasta el 256QAM. Se utiliza las redes de 3G como solución All-IP.

### Características del hardware

Tenemos dos equipos: Optix RTN910 (1RU) y el Optix RTN950 (2RU). Tanto las tarjetas de servicio y la tarjeta IF son usados para ambos equipos.

- Capacidad de conmutación del RTN910: 6.5G
- Capacidad de conmutación del RTN950: 8G

Estos equipos pueden proveer diferentes funciones mediante la configuración de diferentes tarjetas.

### Optix RTN910

- Tiene una unidad de rack de altura
- Soporta otros enlaces microondas de hasta dos direcciones.
- Soporta la protección 1+1 (HSB, SD, FD)
- Soporta la configuración 2+0
- Soporta la configuración XPIC,



Fig. 4.28 RTN910

Fuente: Digital Microwave Product Principle, Huawei Technologies

### Optix RTN950

- Tiene dos unidades de rack de altura
- Soporta otros enlaces microondas de hasta seis direcciones.
- Soporta la protección 1+1 (HSB, SD, FD)
- Soporta la configuración N+0, ( $N \leq 5$ )
- Soporta la configuración XPIC,



Fig. 4.29 RTN910

Fuente: Digital Microwave Product Principle, Huawei Technologies

## ODU

- La unidad outdoor realiza la conversión entre la señal analógica IF y la señal RF.

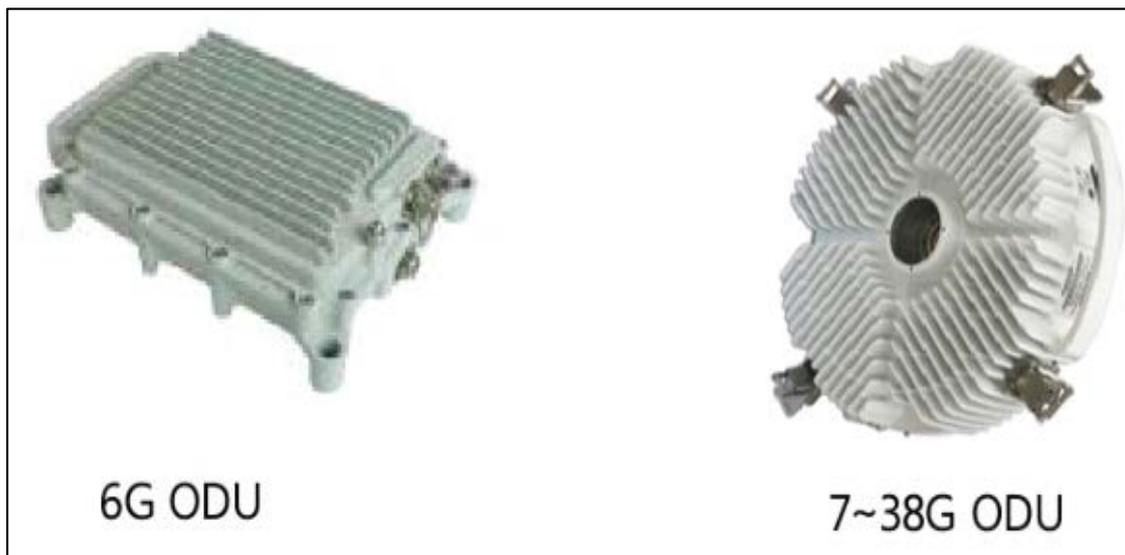


Fig. 4.30 ODU

Fuente: Digital Microwave Product Principle, Huawei Technologies

## Acoplador híbrido

- Cuando dos ODUs comparten una sola antena, las ODUs deben estar conectadas a un acoplador/divisor de señal RF. Luego, este se conecta a la antena.

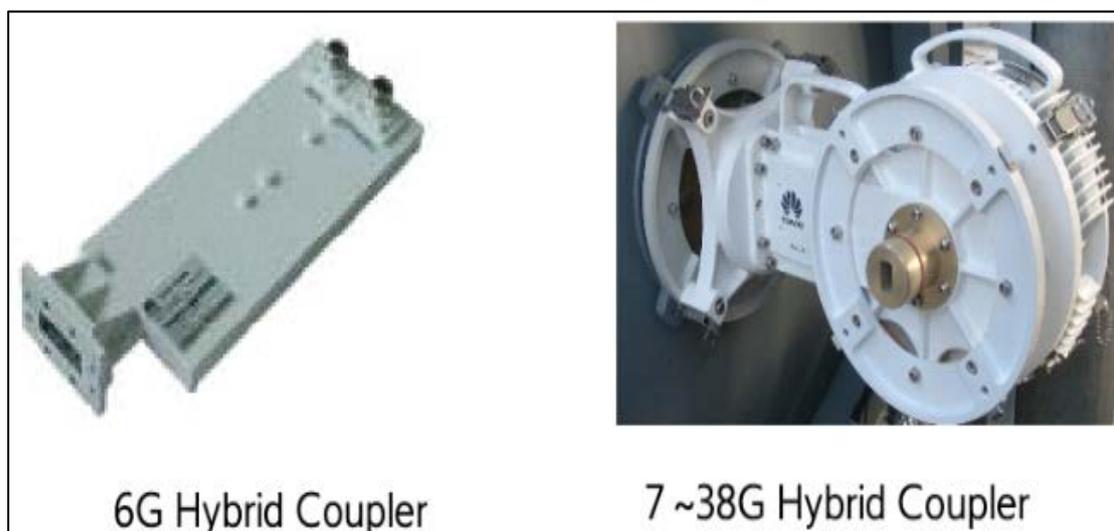


Fig. 4.31 Acoplador/divisor

Fuente: Digital Microwave Product Principle, Huawei Technologies

## Antena

- La antena desarrolla la transmisión y recepción de las señales RF. Los parámetros principales son la banda de frecuencia, el diámetro y la ganancia de la antena.

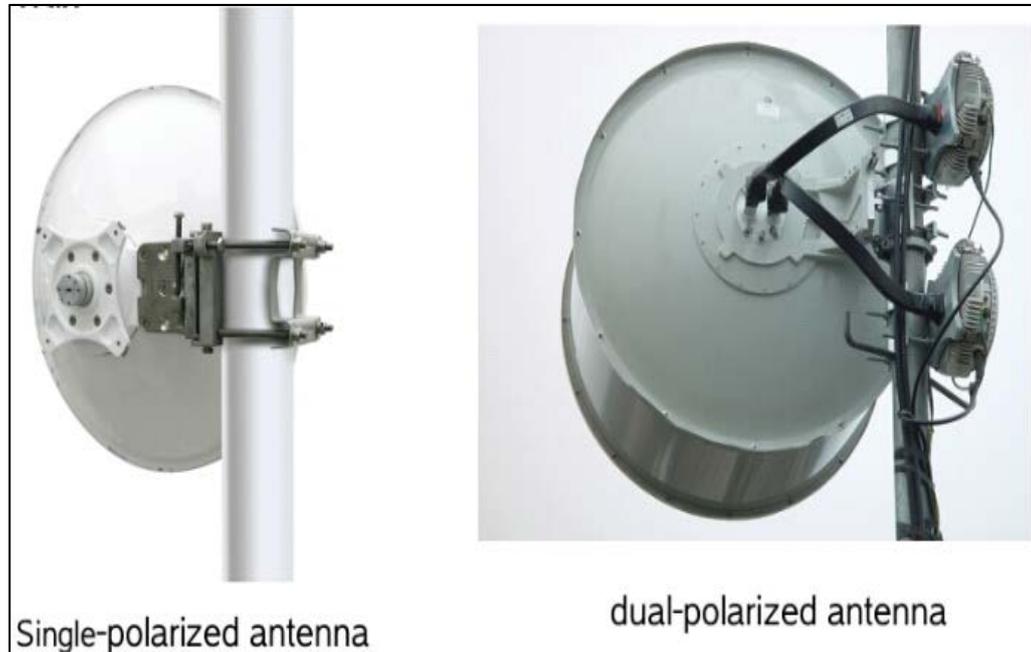


Fig. 4.32 Antenas

Fuente: Digital Microwave Product Principle, Huawei Technologies

### 4.7.2 Equipos wireless

Los equipos wireless son las BTS y el Nodo B, dichos equipos brindan el acceso al medio para que los usuarios se puedan conectar a la red móvil. Empezaremos con los equipos de la tecnología 2G, luego la 3G y por último se explicara la tecnología Single Ran.

#### 4.7.2.A GSM, equipo wireless – BTS

La compañía Huawei ha diseñado varios tipos de BTS los cuales han estado en constante mejora tanto en capacidad como espacio. Actualmente se utilizan los equipos BTS3900A.

Especificaciones técnicas del BTS3900A (BTS)

Tipo	Parámetros
Dimensiones	600(W)*900(H)*450(D)
Peso con una configuración completa	≤ 160Kg
Voltaje de alimentación	-48V DC:-38.4V DC to -57V DC
	+24 DC:+21.6 V DC to +29 V DC
	220 AC: Single-phase or three-phase power cable
	220 AC: Single-phase or three-phase power cable

Tabla 4.14 Especificaciones de la BTS3900A  
Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

Componentes de la BTS3900:

- BBU versión 3900
- RFU o RRU 3804
- DCDU
- PMU
- FAN Box

BBU (Unidad de Banda Base)

La BBU es un rack que se instala dentro de la BTS3900, y dentro de este rack se instala las tarjetas que desempeñan varias funciones fundamentales de la BTS. La figura 4.33 nos muestra su estructura lógica.

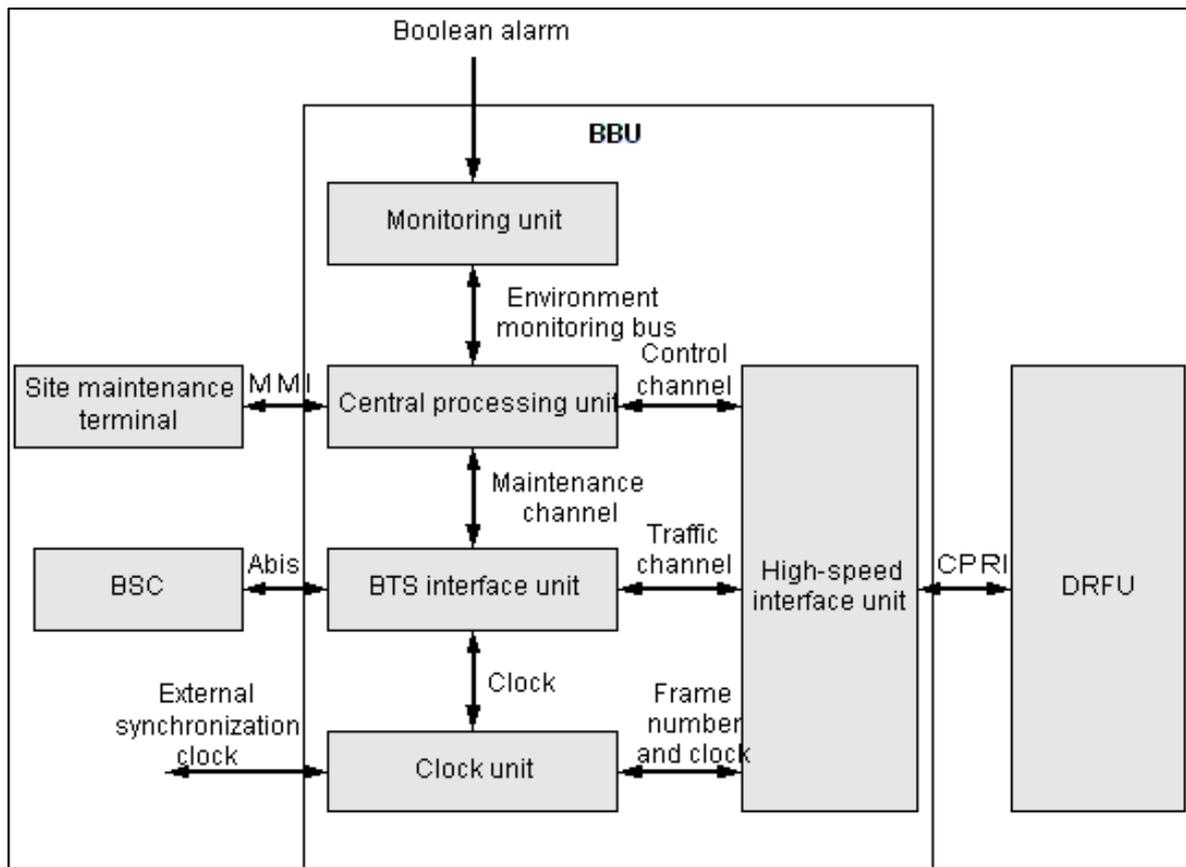


Fig. 4.33 Estructura lógica de la BBU-BTS

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

#### Estructura de Hardware

El consumo de potencia típico es de 50W, se trata de una caja pequeña con todos los puertos externos ubicados en la parte delantera. Las tarjetas de la BBU3900 son: FAN, UEIU, GTMU y UELP.

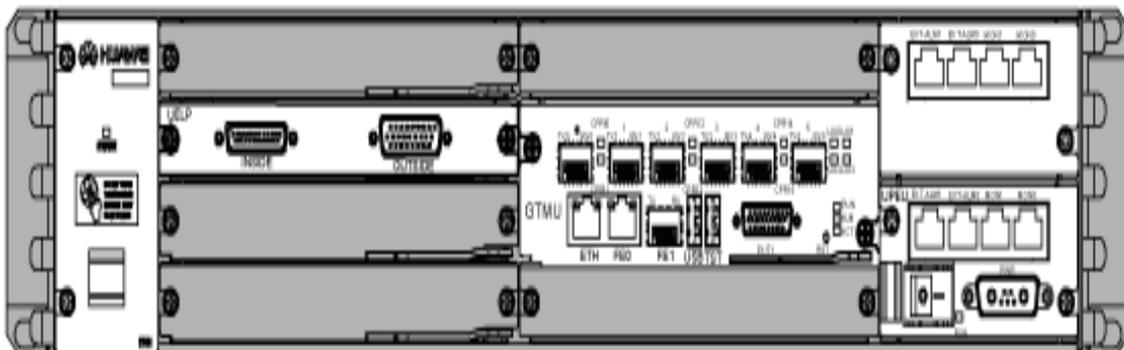


Fig. 4.34 Tarjeta de la BBU3900

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

FAN	0	4	POWER
	1	5	
	2	6	POWER
	3	7	

Fig. 4.35 Ubicación de tarjetas

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

En la figura 4.35 se manifiesta el orden numérico de los slots disponibles de la BBU3900, la tarjeta GTMU se coloca en los slots 5 y 6. La tarjeta UPEU se coloca en el slot que indica "POWER" de la parte inferior.

#### Tarjeta GTMU

La tarjeta GTMU se encarga de la transmisión del GSM, temporizador, y como unidad de gestión de la BBU. Controla y gestiona de forma completa la BTS. Provee interfaces relacionados a la sincronización, proveedor de energía, y recolección de alarmas interna y externa.

#### Funciones:

- Control, mantenimiento, y operación de la BTS
- Gestiona las fallas, la configuración, el rendimiento, y la seguridad.
- Monitores el funcionamiento de la ventilación, y el modulo de alimentación.
- Provee puertos CPRI para comunicarse con las unidades de RF.

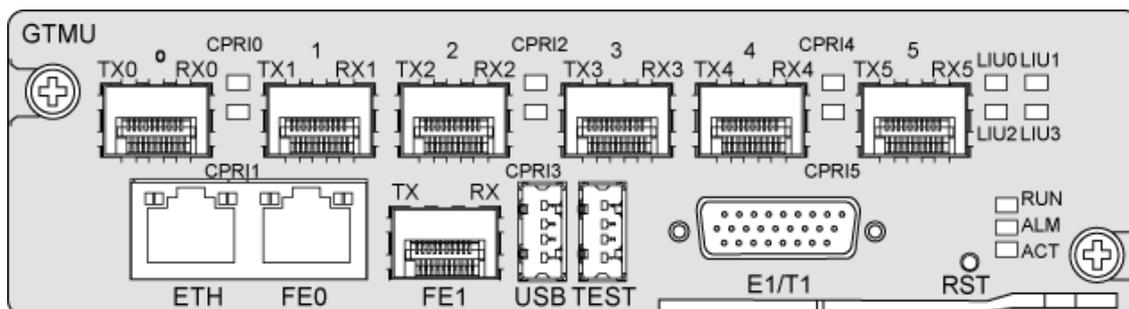


Fig. 4.36 Tarjeta GTMU

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

Es la unidad de radio remota de tipo outdoor, procesa las señales banda base y las señales RF. Cada RRU3804 soporta 8 portadoras obteniendo un total de 80W.

El RRU3804 convierte las señales banda base, realiza la conversión analógica a digital, y luego convierte la señal IF a la banda de frecuencia con la que opera GSM.

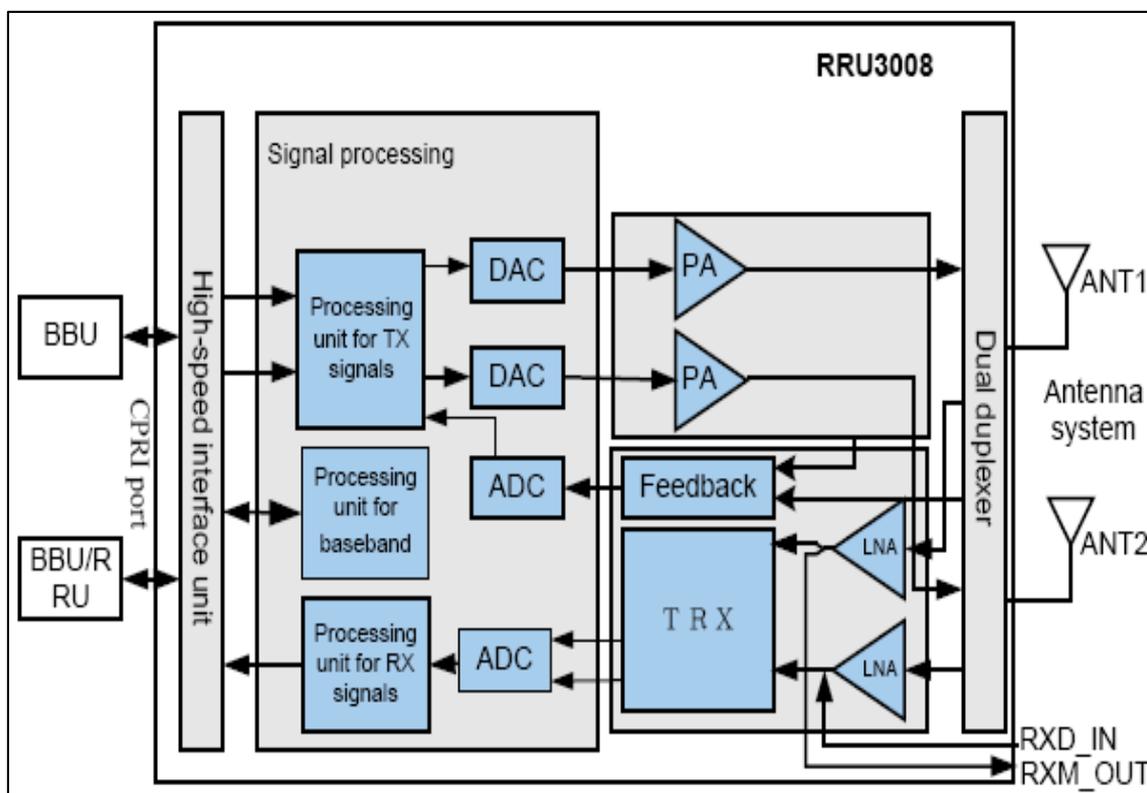


Fig. 4.37 Estructura lógica de la RRU

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies



Fig. 4.38 RRU 3804

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

Funciones:

- Provee puertos CPRI para comunicarse con la BBU.

- Control de potencia y detección de VSWR.
- Generación y recuperación de la circuitería del clock, y detección de alarma.
- Provee compartición de potencia, mejora la cobertura de la red, reduce la interferencia y el consumo de energía eléctrica y ahorra en el costo del equipo.
- Soporta alimentación de AC y -48VDC.

#### Cableado de la BTS3900A

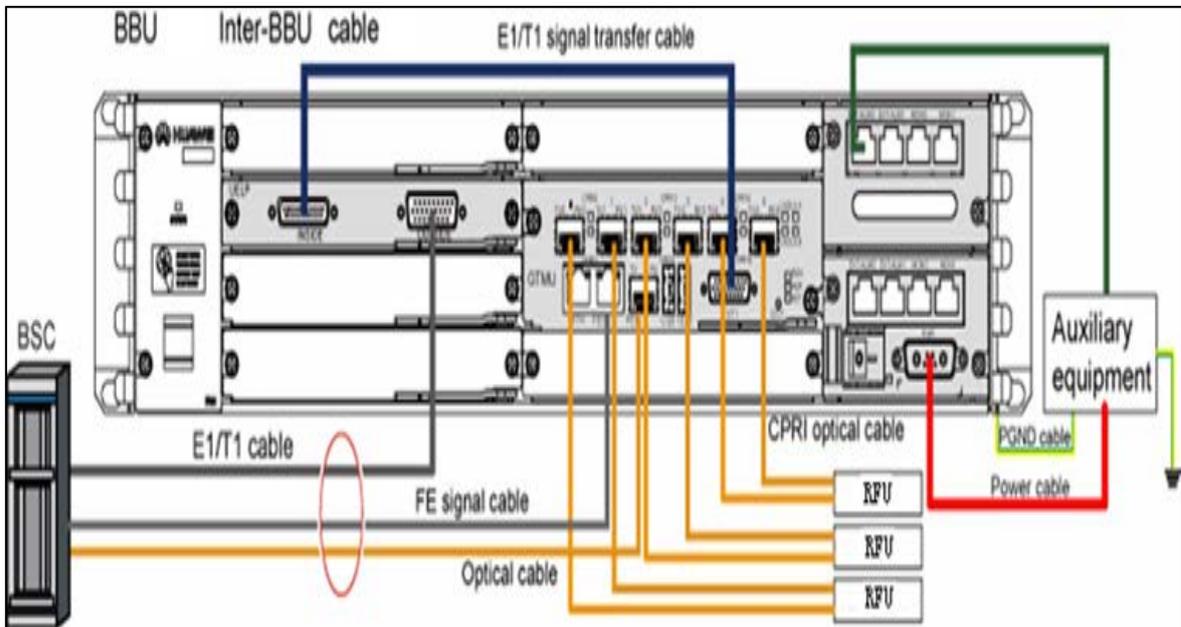


Fig. 4.39 Cableado de BTS3900A

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

En la figura 4.37 se observa los diferentes cableados que se instalan en dentro de la BTS. Los cables que provienen de la tarjeta GTMU, se tratan de fibra óptica los cuales terminan conectándose a la RRU.

#### 4.7.2.B UMTS, equipo wireless – Nodo B

Para la instalación del nodo B, es necesario ciertos componentes que vimos en la tecnología anterior (GSM). Por lo tanto utilizaremos la misma BBU y RRU. Sin embargo, lo que difiere en esta ocasión son los tipo de tarjetas que se utilizan para el nodo B.

Las tarjetas que se utilizan son las tarjetas WBBP y la WMPT. Estas tarjetas se instalaran en los slots que indica la figura 4.39.

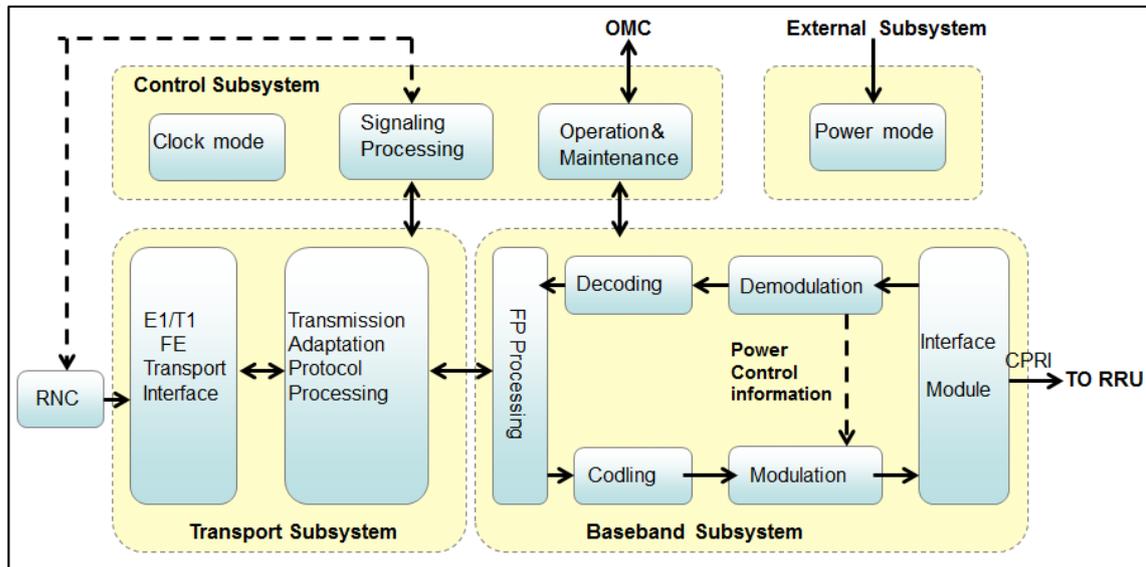


Fig. 4.40 Estructura lógica de la BBU-Nodo B

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

Especificaciones de capacidad DBS3900

- El DBS3900 puede soportar hasta 1536 channel elements uplink y 1536 channel elements downlink.
- Puede soportar la configuración: 3x8celdas y 6x4 celdas

Características de la DBS3900

- Tipo de transmisión: E1/T1, FE (puerto eléctrico), FE (puerto óptico).
- Modo de configuración: estrella, cadena, ramificado e híbrido.
- Fuentes de sincronización: Clock de la interfaz luB, GPS, clock interno.
- Servicios: servicios CS y servicios PS
- Funciones de mejora: HSDPA, HSUPA, HSPA+.

B F A	WBBP	UTRP	PEU/ EIU
	WBBP	UTRP	
	WBBP	WMPT	PEU/ EIU
	WBBP	WMPT	
<b>Definición de los slots</b>			

Fig. 4.41 Slots de la BBU para el nodo B

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

Tarjeta WMPT

## Funciones:

- Provee funciones de O&M
- Controla otras tarjetas del rack y provee la sincronización
- Provee puertos USB para realizar una actualización de software.
- Provee puerto de transmisión para la interfaz lub.
- Provee cables de O&M.

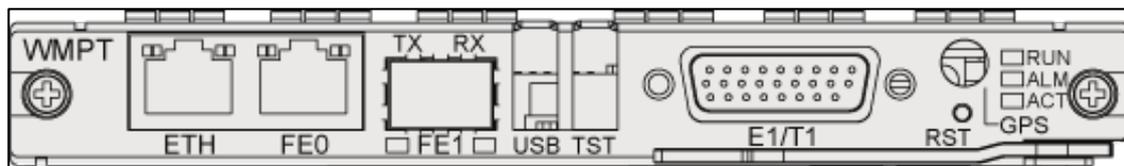


Fig. 4.42 Tarjeta WMPT

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

## Tarjeta WBBP

## Funciones:

- Provee la interfaz CPRI para comunicar la BBU con la RRU.
- Procesa las señales banda base tanto de subida como de bajada y soporta las funciones de HSDPA y HSPA+.
- Soporta el respaldo 1+1 de la interfaz CPRI
- Según la capacidad de procesamiento de chip de la tarjeta, la WBBP incluye siete especificaciones.

Tipo	Celdas	Uplink R99 /HSUPA CE	Downlink R99 CE	Capacidad HSDPA
WBBPa	3 cells	128	256	45 HS-PDSCH codes
WBBPb1	3 cells	64	64	45 HS-PDSCH codes
WBBPb2	3 cells	128	128	45 HS-PDSCH codes
WBBPb3	6 cells	256	256	90 HS-PDSCH codes
WBBPb4	6 cells	384	384	90 HS-PDSCH codes

Tabla 4.15 Especificaciones de la tarjeta WBBP

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies



Fig. 4.43 Tarjeta WBBP

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

## Cableado del DBS3900

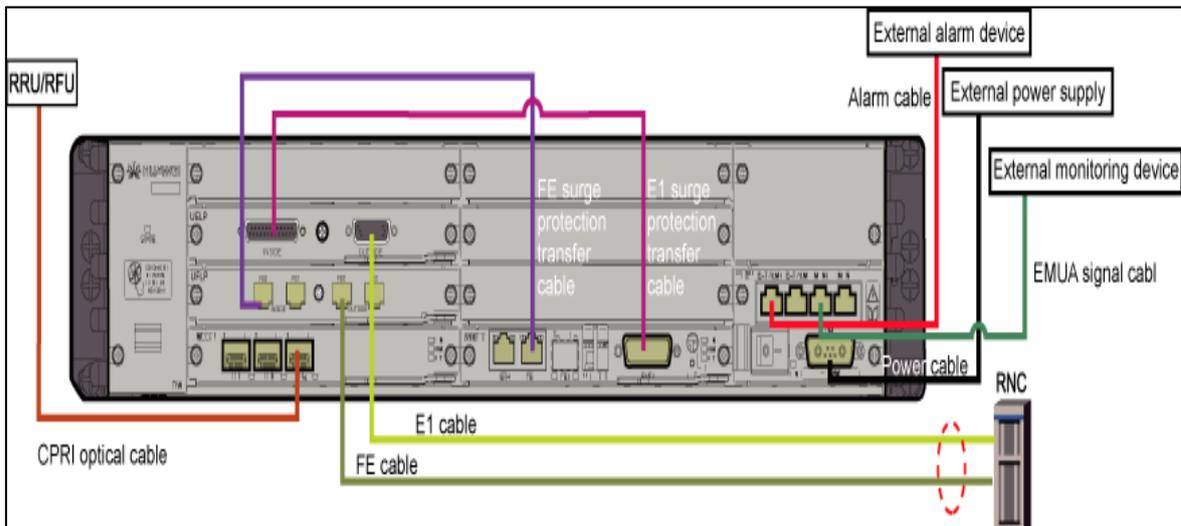


Fig. 4.44 Cableado de BTS3900A

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

#### 4.7.2.C UMTS & GSM, equipo wireless – tecnología Single Ran

Habiéndose explicado las dos tecnologías, se observa que ambas tienen equipos en común. Por lo tanto, aplicaremos la solución que nos brinda la tecnología Huawei. La tecnología Single Ran nos permite que tanto el Nodo B y la BTS puedan coexistir usando el mismo rack (BBU3900) y si es el caso, también se puede usar la misma RRU.

A continuación mostramos la figura 4.45, el cual nos explica de forma resumida que comprende la solución Single Ran. En esta se observa que se han utilizado los slots 2 y 3 para colocar la tarjeta WBBP, los slots 5 y 6 para la tarjeta GTMU y por último el slot 7 para la tarjeta WMPT.

Dicha configuración necesita realizarse ciertos trabajos previos:

- Actualización de software
- Cableado de la BBU hacia la RRU, CPRI\_W se utiliza para GSM y el CPRI\_E se utiliza para el UMTS.

- Asegurarse que los TRXs configurados no sobrepasen los 40W como suma total de las potencias de cada una de ellas.
- El software tanto en el GTMU y la WMPT coincidan en la versión.
- Obtener la licencia por parte del trabajador.
- Probar la con transmisión.

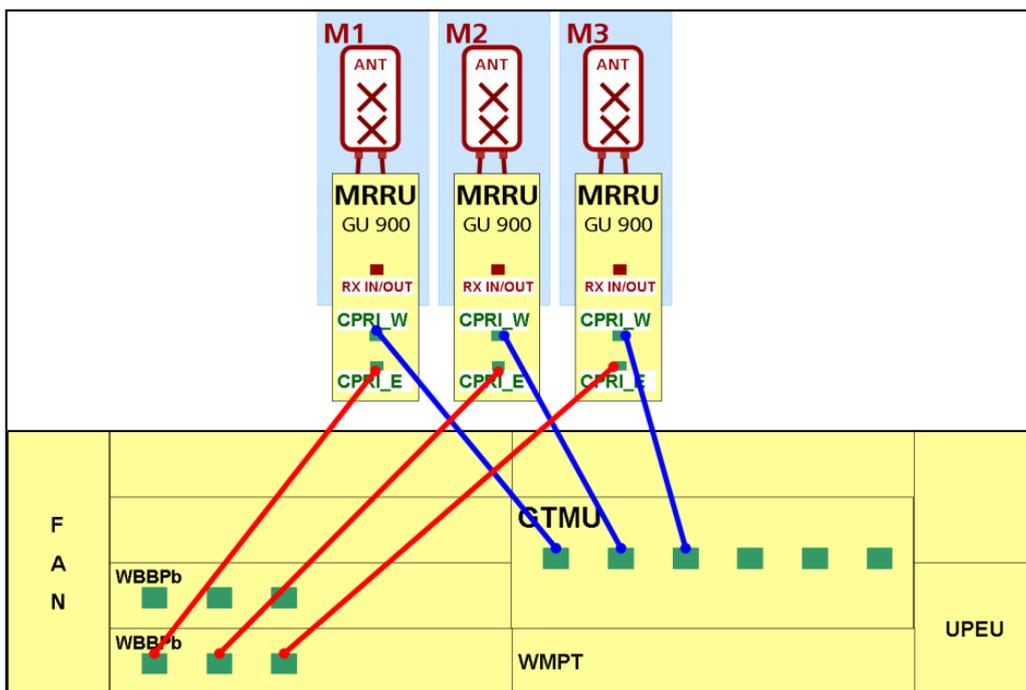


Fig. 4.45 Solución Single Ran

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

Esta tecnología es muy apropiada para nuestro proyecto por la misma razón que se puede reutilizar los equipos ya instalados en otros proyectos; generando ahorro en la compra de un nuevo bastidor. Es indispensable que compartan la misma BBU, sin embargo, utilizar el mismo RRU ya dependerá de la planificación que se realice. El resultado será un ahorro tanto en compra de equipos y mantenimiento.

#### 4.7.2.D Co transmisión

Esta solución nos ayuda bastante en el ahorro de recursos de transmisión; ya que permite que tanto la interfaz Abis como lub compartan el mismo enlace de transmisión, generando ahorro en la implementación de un enlace nuevo. Sin embargo, es necesario realizar una visita a campo y realizar modificaciones en la configuración en las tarjetas.

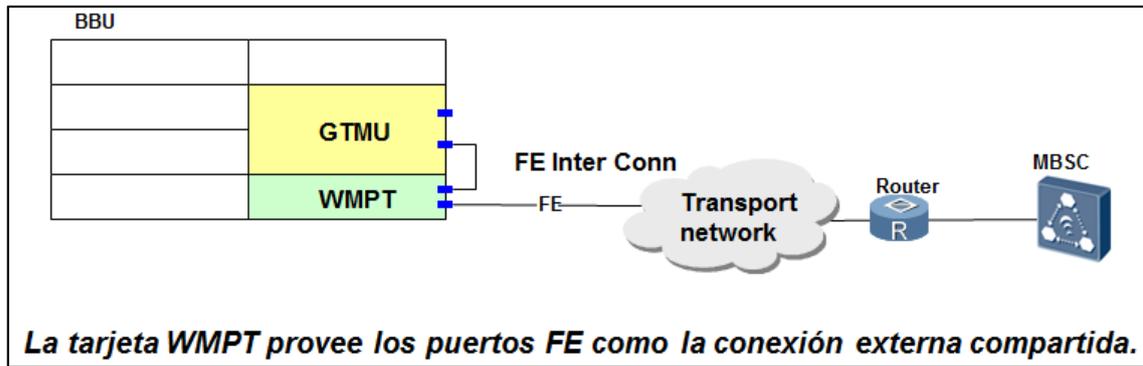


Fig. 4.46 Solución co transmisión

Fuente: BTS3900A hardware structure, Huawei Technologies

Dicha configuración necesita realizarse ciertos trabajos previos:

- Actualización de software
- Cableado desde la tarjeta WMPT hacia la GTMU.
- El software tanto en el GTMU y la WMPT coincidan en la versión.
- Obtener la licencia por parte del trabajador.
- Probar la co transmisión.

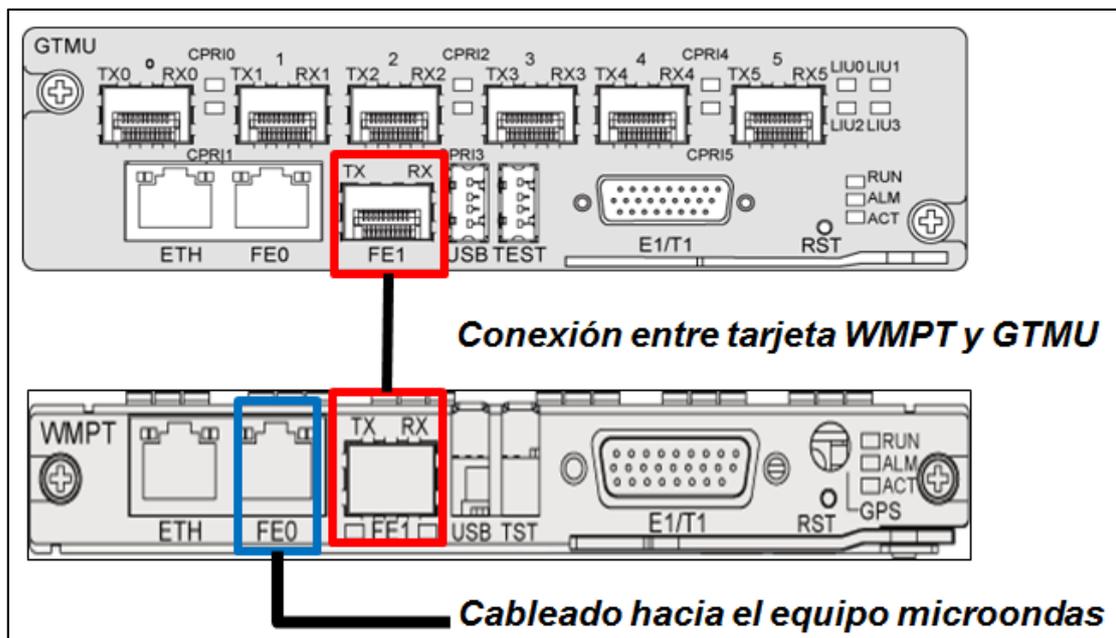


Fig. 4.47 Solución co transmisión

Fuente: Introduction to the IP Co transmission feature, Huawei Technologies

## CAPITULO V

### COSTOS DEL PROYECTO

En este capítulo se realizara el análisis económico del proyecto, como se trató en capítulos anteriores, existe una variedad de equipos, tecnología, y estudios que se debe realizar para implementar este proyecto. Sin embargo, para cumplir con lo propuesto se requiere inversión no solo por la compra de equipos sino también por el mantenimiento de estos.

#### 5.1 Costos de inversión e instalación

##### 5.1.1 Infraestructura

En esta parte del capítulo haremos mención de la inversión necesaria para desplegar nuestro proyecto. Comenzaremos con la infraestructura.

Ítem	Descripción		Subtotal		
	Rubro	Detalle	US\$.	TC	S/.
01	Adquisición de sitios	Estudio técnico	\$4.007,52	2,7	S/. 10.820,30
		Saneamiento	\$11.761,20	2,7	S/. 31.755,24
		Inst. Eléctricas	\$8000,00	2,7	S/. 21.600,00
		Contrato	\$7.000,00	2,7	S/. 18.900,00
		Rembolso	\$1.000,00	2,7	S/. 2.700,00
02	Obra asociada en sitios		\$67.900,83	2,7	S/. 183.332,24
03	Estructura metálica		\$38.627,35	2,7	S/. 104.293,86
04	Acarreo y transporte	OA y EM	\$130.000,00	2,7	S/. 351.000,00
06	Supervisión		\$7.560,52	2,7	S/. 20.413,40
<b>Total (Sin IGV)</b>			<b>\$439.698,08</b>		<b>S/. 744.815,04</b>
<b>US\$ \$.</b>					

Fuente: Experiencia laboral

Tabla 5.1 Gastos de infraestructura

En la tabla 5.1 se observa el gasto que demanda realizar la construcción de una estación base, esta construcción implica gastos de adquisición de sitios, gastos de obra, estructura metálica, acarreo y transporte, y la supervisión de una persona calificada con experiencia en este tipo de obras. A simple vista se observa que el gasto más elevado es el acarreo. A continuación, veremos cuáles son las condiciones de este presupuesto:

- Se considera un área de 6x6 m<sup>2</sup> para el emplazamiento del cerco perimétrico, además se está considerando la completa disponibilidad del mismo previo saneamiento.
- No se considera ningún tipo de desnivel en el terreno donde se ubicara el emplazamiento, no se considera ningún muro de contención.
- Se está considerando terreno del tipo bueno y utilizar el material propio como material de relleno.
- Se está considerando \$7000.00 de costo por contrato y \$1000 reembolso.
- Se está considerando costo por gestión de CIRA y LICENCIA.
- Se está considerando costo por proyecto ejecutivo.
- Se está considerando 2km acarreo.
- Se considera que existe acceso vehicular.
- No se está considerando realizar un acceso peatonal.
- Se está considerando sólo transporte terrestre.

Debido a que las tres estaciones base que construiremos son iguales, a continuación mostraremos el cuadro con el gasto total por los tres sitios:

ÍTEM	SUBTOTAL		
	Licupis	Miracosta	Llama
1	S/. 10.820,30	S/. 10.820,30	S/. 10.820,30
	S/. 31.755,24	S/. 31.755,24	S/. 31.755,24
	S/. 21.600,00	S/. 21.600,00	S/. 21.600,00
	S/. 18.900,00	S/. 18.900,00	S/. 18.900,00
	S/. 2.700,00	S/. 2.700,00	S/. 2.700,00
2	S/. 183.332,24	S/. 183.332,24	S/. 183.332,24
3	S/. 104.293,86	S/. 104.293,86	S/. 164.293,86
4	S/. 351.000,00	S/. 351.000,00	S/. 642.000,00
6	S/. 20.413,40	S/. 20.413,40	S/. 20.413,40
<b>Total</b>	<b>S/. 744.815,04</b>	<b>S/. 744.815,04</b>	<b>S/. 1.095.815,04</b>

Tabla 5.2 Gastos de infraestructura del proyecto

Fuente: Experiencia laboral

Se observa en la tabla 5.2 que el sitio de Llama tiene un gasto mayor, esto se debe a que el tamaño de la torre auto soportada es mucho mayor (60m) y lo que implica mayor gasto en materiales y en el acarreo.

### 5.1.2 Equipos de tecnología

A continuación, se muestran las tablas 5.3, 5.4 y 5.5 donde se muestran los costos de los equipos de la tecnología UMTS, radio enlace y su respectivo transporte a los sitios objetivos.

Nodo B - HUAWEI				
Ítem	Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total
1	Node B Huawei			
1.1	1 BBU + 3 RRU + Filtros por cada sector	\$ 10.000,00	3	\$ 30.000,00
2	Licencias			
2.1	Licencia HSDPA por nodo de 6 celdas	\$ 8.000,00	3	\$ 24.000,00
2.2	Licencia HSDPA+ por nodo de 6 celdas	\$ 8.000,00	3	\$ 24.000,00
2.3	Licencia DC-HSDPA por nodo de 6 celdas	\$ 8.000,00	3	\$ 24.000,00
3	Servicio de instalación y configuración			
3.1	Instalación de Nodo	\$ 2.700,00	3	\$ 8.100,00
3.2	Desplazamiento de equipo técnico	\$ 2.200,00	3	\$ 6.600,00
3.3	Ingeniero Supervisor y Project Manager	\$ 800,00	3	\$ 2.400,00
4	Optimización			
	Servicio de optimización RF	\$ 5.000,00	3	\$ 15.000,00
	Total (sin IGV)			<b>\$ 134.100,00</b>

Tabla 5.3 Gastos de Nodo B

Fuente: Experiencia laboral

En la tabla 5.3 se indica los costos del nodo B, estos costos implica los gastos de cableado como la FO y de alimentación. Además, se está tomando en cuenta los gastos de licencia (HSDPA, HSPA+ y DC-HSDPA) que se deben ejecutar tanto en el nodo como en el controlador para la implementación de mejoras en la red de acceso. Se considera los gastos de instalación y configuración de los equipos, así como el pago del equipo técnico y de un ingeniero. El trabajo del ingeniero es el de supervisar la instalación, configuración e integración del nodo B; será importante que cuente con una laptop y el archivo de configuración "script" y realizar las pruebas de conectividad.

En este proyecto se tomara en cuenta, el pago de un gerente de proyecto quien se encargara del control de la integración de los sitios y del reporte diario del proyecto.

Algo muy importante que se considera es el servicio de optimización; liderado por el equipo de RF, si es necesario realizar modificaciones en la potencia de algunos canales o en el tilt de las antenas.

Equipo Microondas HUAWEI							
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Suministro	Instalación	Suministro total	Instalación total
1	Cables y conectores						
1.1	Conector coaxial macho / hembra para flex 6 tipo siemens	unid	32	\$ 8,56	\$ 1,39	\$ 273,92	\$ 44,48
1.2	Conector clavija de paso con punto de prueba tipo siemens (ulink)	unid	16	\$ 16,06	\$ 1,62	\$ 256,96	\$ 25,92
1.3	Conector bnc macho	unid		\$ 7,30	\$ 3,33	\$ 0,00	\$ 0,00
1.4	Conector coaxial hembra / hembra	unid				\$ 0,00	
1.5	Conector coaxial tipo n para cable de 1/2	unid			\$ 10,00		
1.6	Cable coaxial 75 ohm tipo flex 6	m	100	\$ 3,80	\$ 1,50	\$ 380,00	\$ 150,00
2	Cables de fuerza						
2.1	Cable de fuerza de 16 awg	m	50	\$ 3,12	\$ 0,75	\$ 156,00	\$ 37,50
3	Cables de tierra						
3.1	Cable de tierra 12 awg unipolar	m	40	\$ 2,97	\$ 1,00	\$ 118,80	\$ 40,00
4	Sistemas de radio						
4.1	Cable coaxial de 1/2	m			\$ 5,50	\$ 0,00	\$ 0,00
4.2	Antena de 1.2m incluye pequeña ferretería	c/u	6		\$ 1.096,73	\$ 0,00	\$ 6.580,39
4.3	Estructura galvanizada soporte de antena hasta 1.2m	c/u	6	\$ 2.336,52	\$ 450,00	\$ 14.019,10	\$ 2.700,00
5	Enlaces microondas						
5.1	Equipo de radio Huawei incluye odu e idu	c/u	5		\$ 3.000,00		\$ 15.000,00
5.2	Pruebas de funcionamiento local y alineamiento	c/u	3		\$ 512,10		\$ 1.536,30
5.3	Prueba de aceptación y firma de acta de aceptación	c/u	3		\$ 750,00		\$ 2.250,00
5.4	Repartidor digital de 16 tributarios para rack de 19"	c/u		\$ 261,11	\$ 16,06		
6	Adicionales						
6.1	Terminales de ojo, cintas aislantes	LOTE	1	\$ 63,30		\$ 189,90	
6.2	Cintillos plásticos para sujeción de cable (para 50m)	LOTE	1	\$ 45,50		\$ 136,50	
6.3	Replanteo por estación	c/u	3		\$ 297,45		\$ 892,35
	Sub total					\$ 15.531,18	\$ 29.256,94
	Total (sin IGV)					\$ 44.788,12	

Tabla 5.4 Gastos de equipos microondas

Fuente: Experiencia laboral

Transporte y acarreo de los equipos de tecnología						
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Instalación	Suministro total	Instalación total
1	Transporte y desplazamiento del personal					
1.1	Incremento en el precio de los suministros por transporte de los materiales en un área de lima hasta un radio mayor a 600 km	%	9		\$ 967,58	
1.2	Incremento en el precio de instalación por trabajos realizados en un radio mayor a 600 km de lima	%		9		\$ 1.333,71
1.3	Desplazamiento de un técnico y herramientas para inicio de obra en un radio mayor a 600 km de lima	c/u	3	\$ 864,00		\$ 2.592,00
	Zona sierra					
1.4	Transporte de equipos en un radio mayor a 600 km.	kg	300	\$ 13,00		\$ 3.900,00
	Sub total				<b>\$ 967,58</b>	<b>\$ 7.825,71</b>
	Total (sin IGV)					<b>\$ 8.793,29</b>

Tabla 5.5 Gastos de transporte y acarreo

Fuente: Experiencia laboral

A continuación, se muestra en la tabla 5.6 el gasto total de la inversión que se necesita en la implementación del proyecto. Se está aplicando un tipo de cambio igual a S/. 2,7 nuevos soles.

Descripción	Costo
Infraestructura	S/. 2.585.445,12
Equipos de tecnología	S/. 482.997,91
Transporte de equipos de tecnología	S/. 23.741,88
Total (sin IGV)	<b>S/. 3.092.184,91</b>

Tabla 5.6 Gasto total del proyecto – opción 2

Fuente: Experiencia laboral

## 5.2 Costos de operación y mantenimiento

En el caso del O&M, es indispensable resaltar en el contrato el periodo de la garantía. Mayormente el periodo de garantía es de 2 años; y además se considera el periodo del stock de repuestos, el cual es un periodo de 10 años. Esto implica que dentro de los 10 primeros años el proveedor se compromete en disponer de los repuestos necesarios para realizar un mantenimiento correctivo.

En la tabla 5.7 se muestra el gasto de operación y mantenimiento en los 10 primeros años. Se observa que los gastos por año no son uniformes, esto se debe a que los precios de repuesto suelen aumentar al pasar los años. Los dos primeros años no se realizan gastos de mantenimiento por que se toma en cuenta la garantía estipulada en el contrato.

	Mantenimiento anual Equipos UMTS	Mantenimiento anual Equipos microondas	Transporte de técnicos	Repuesto por vandalismo	Costo total anual
<b>Año 1</b>	Garantía		S/. 1.000,00	S/. 10.000,00	S/. 11.000,00
<b>Año 2</b>	Garantía		S/. 1.000,00	S/. 10.000,00	S/. 11.000,00
<b>Año 3</b>	S/. 7.000,00	S/. 5.000,00	S/. 1.000,00	S/. 10.000,00	S/. 23.000,00
<b>Año 4</b>	S/. 7.000,00	S/. 5.000,00	S/. 1.000,00	S/. 10.000,00	S/. 23.000,00
<b>Año 5</b>	S/. 7.000,00	S/. 5.000,00	S/. 1.000,00	S/. 10.000,00	S/. 23.000,00
<b>Año 6</b>	S/. 7.000,00	S/. 5.000,00	S/. 1.000,00	S/. 11.000,00	S/. 24.000,00
<b>Año 7</b>	S/. 7.500,00	S/. 5.500,00	S/. 1.000,00	S/. 11.000,00	S/. 25.000,00
<b>Año 8</b>	S/. 7.500,00	S/. 5.500,00	S/. 1.000,00	S/. 11.000,00	S/. 25.000,00
<b>Año 9</b>	S/. 7.500,00	S/. 5.500,00	S/. 1.000,00	S/. 11.000,00	S/. 25.000,00
<b>Año 10</b>	S/. 7.500,00	S/. 5.500,00	S/. 1.000,00	S/. 11.000,00	S/. 25.000,00

Tabla 5.7 Gasto total O&M del proyecto

Fuente: creación propia

### 5.3 Evaluación económica

En esta parte del capítulo, se realizara la evaluación económica del proyecto. Tenemos que calcular los ingresos y gastos del proyecto para hacer un balance obteniendo la factibilidad.

#### 5.3.1 Ingresos

Cuando se realizó el análisis de la demanda con las gráficas obtenidas de los reportes estadísticos de la tecnología GSM en dichas ciudades, se obtuvo la cantidad de usuarios promedio máximo que se conecta a las estaciones base.

Distrito	Número de suscriptores
<b>San Juan de Licupis</b>	6253
<b>Llama</b>	9041
<b>Miracosta</b>	2528

Tabla 5.8 Cantidad máxima de usuarios conectados a la estación base

Fuente: creación propia

Si asumimos que la cantidad de usuarios que se migraran al servicio UMTS; tiene una probabilidad de 0.2, la cantidad de usuarios al comienzo del proyecto sería según la siguiente tabla 5.9.

<b>Distrito</b>	<b>Número de suscriptores</b>
<b>San Juan de Licupis</b>	1250
<b>Llama</b>	1808
<b>Miracosta</b>	505

Tabla 5.9 Cantidad máxima de usuarios por nodo B

Fuente: creación propia

Con los resultados obtenidos en la tabla 5.9, procedemos a calcular los ingresos que obtendríamos cuando los usuarios adquieran el servicio UMTS accediendo a los planes de servicio. A continuación mostraremos los planes ofrecidos por América Móviles.

### Servicio Pre pago

<b>Plan Juerga</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Costo (min)</b>	<b>MB</b>
A teléfonos móviles claro	S/. 1,37	-
a teléfonos fijos claro	S/. 1,98	-
A otros teléfonos fijos	S/. 1,98	-
A otros teléfonos móviles	S/. 2,28	-
SMS	S/. 0,10	-
SMS internacional	S/. 0,24	-
Internet	-	S/. 0,74
<b>TUN</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Costo (min)</b>	<b>MB</b>
LDN	S/. 0,50	-

Tabla 5.10 Plan Juerga

Fuente: Tarifa América Móviles

El servicio pre pago es muy utilizado actualmente, muchas personas prefieren pagar el consumo realizado. Sin embargo, el pago por minuto es muy caro, incluso si llamas a un móvil de la misma empresa. Además, esto limitaría el servicio de datos ya que a simple vista se observa de que si se consume gran cantidad de paquetes de datos, los usuarios necesitan hacer mayor recarga de saldo.

Ahora mostraremos los planes que existen en el servicio post pago.

**Servicio Post pago**

Plan Habla Claro 2 - Plan 39		
Descripción	Costo (min)	MB
A teléfonos móviles claro	S/. 0,40	-
a teléfonos fijos claro	S/. 0,69	-
A otros teléfonos fijos	S/. 0,40	-
A otros teléfonos móviles	S/. 0,69	-
SMS	S/. 0,20	-
SMS internacional	S/. 0,50	-
Internet	-	S/. 5,08

Tabla 5.11 Plan Habla Claro 2 - Plan 39

Fuente: Tarifa América Móviles

Planes TUN 2 - Plan 39		
Descripción	Minutos/Mensajes	MB
A teléfonos móviles claro	78 min	-
A teléfonos fijos claro	78 min	-
A otros teléfonos fijos	78 min	-
A otros teléfonos móviles	78 min	-
SMS	40 msj	-
Internet	-	1

Tabla 5.12 Planes TUN 2 - Plan 39

Fuente: Tarifa América Móviles

Plan Smart total T - Smart Total T i 69		
Descripción	Minutos/Mensajes/Soles	MB
Soles libres	S/. 58,50	-
Internet móvil	-	700
Servicio RPC	200 min	-
SMS	200 msj	-
Plan Smart total T - Smart Total T i 99		
Descripción	Minutos/Mensajes/Soles	MB
Soles libres	S/. 38,67	-
Internet móvil	-	450
Servicio RPC	200 min	-
SMS	200 msj	-

Tabla 5.13 Plan Smart total T de 69 y 99

Fuente: Tarifa América Móviles

Hasta ahora se muestra la tarifa del servicio UMTS para dispositivos móviles que en este caso se trata de teléfonos celulares. A continuación la tarifa del internet móvil mediante los modem USB.

Internet Claro Móvil	Descripción	Cargo mensual	MB
	Plan conecta	S/. 30,00	500
	Plan Conecta Plus	S/. 59,00	1000
	Plan Descarga	S/. 78,00	2000
	Plan Descarga Plus	S/. 98,00	3000

Tabla 5.14 Internet Claro móvil

Fuente: Tarifa América Móviles

Para definir cuantas líneas serán pre pago y pos pago, debemos tomar en cuenta el reporte del año 2011 del BMI.

Table: Peru Mobile Market Overview									
	Sep-09	Dec-09	Mar-10	Jun-10	Sep-10	Dec-10	Mar-11	Jun-11	Sep-11
Total Mobile Subscribers	19,784	20,610	21,328	21,847	22,465	23,321	23,782	24,602	25,635
Type: Prepaid	16,936	17,617	17,943	17,932	18,056	18,542	18,654	19,073	19,737
Type: Postpaid	2,847	2,993	3,385	3,916	4,409	4,779	5,128	4,224	4,526
No. of Net Additions	469	826	718	520	618	856	461	820	1,033
SMS Messages ('000)	915	921	1,025	1,048	na	na	na	na	na
Market Penetration	67.8	70.7	72.3	74.1	76.2	79.1	79.7	82.5	85.9
<b>Financial Structure</b>									
Operating Revenue (PENmn) <sup>1,2</sup>	1,670	1,752	1,692	1,803	1,878	1,968	1,755	1,840	1,858
EBITDA (PENmn) <sup>1,2,3</sup>	587	639	590	650	796	807	1,121	1,075	1,079

Figura 5.1 Proyección del mercado móvil

Fuente: BMI, Peru Telecommunications Report Q2 2012, página 36

En el mes de septiembre del 2011 se muestra que la proporción de líneas post pago sobre las líneas pre pago es de 0.22; esta proporción es a nivel nacional tomando en cuenta la cantidad de los tres operadores.

Siguiendo esta proporción obtenida, obtenemos la cantidad de usuarios con los distintos planes. En la tabla 5.15 tenemos los resultados, en el servicio de post pago tendremos en el primer año la cantidad de 784 líneas. Para el servicio de prepago, obtendremos en el primer año la cantidad de 2779 líneas. Estos valores son aproximados para darnos una idea de cuantos clientes se decidirán por utilizar los diferentes planes que brinda el operador.

Nodo B	Cantidad líneas	Pre pago	Post pago
Licupis	1250	975	275
Llama	1808	1410	398
Miracosta	505	394	111
Total	3563	2779	784

Tabla 5.15 Cantidad de líneas por tipo de servicio

Fuente: Creación del autor

### Ingresos mediante el servicio prepago

Una vez obtenido la cantidad de líneas en total y cuántas de estas serán líneas pre pago, haremos una evaluación de cuanto sería el ingreso en el primer año. Asumimos que cada usuario consume en promedio 10 minutos hacia un móvil del mismo operador y 3 minutos a la competencia, 10 SMS y en cuanto al internet, realizará descarga como máximo 10MB.

A continuación mostramos el ingreso que se obtendría el primer año de servicio:

Año 1	Nodo B		
	Licupis	Llama	Miracosta
Hacia móviles claro - 15min	S/. 13,70	S/. 13,70	S/. 13,70
Hacia móviles de la competencia - 5min	S/. 6,84	S/. 6,84	S/. 6,84
SMS - 10	S/. 1,00	S/. 1,00	S/. 1,00
Internet 10MB	S/. 7,40	S/. 7,40	S/. 7,40
Total ingreso por usuario	S/. 28,94	S/. 28,94	S/. 28,94
Ingreso mensual por ciudad	S/. 28.216,50	S/. 40.805,40	S/. 11.402,36
Ingreso anual por ciudad	S/. 338.598,00	S/. 489.664,80	S/. 136.828,32
Total	S/. 965.091,12		

Tabla 5.16 Ingreso del primer año, servicio pre pago

Fuente: Creación del autor

En la tabla 5.16 se muestra el ingreso total en el primer año de servicio de los nodos, el ingreso fue de S/. 965.091,12 nuevos soles. Si queremos calcular cuánto será el ingreso en los 10 primeros años, debemos asumir que por año el aumento de las líneas prepago será de un 8% neto. De esta manera obtenemos la cantidad de usuarios que utilizaran el servicio dentro de los 10 primeros años y los respectivos ingresos anuales.

	Servicio pre pago		
	Licupis	Llama	Miracosta
Año 1	975	1410	394
Año 2	1053	1523	425
Año 3	1137	1645	459
Año 4	1228	1776	495
Año 5	1326	1918	534
Año 6	1432	2071	576
Año 7	1546	2236	622
Año 8	1670	2414	671
Año 9	1803	2607	724
Año 10	1947	2815	781

Tabla 5.17 Cantidad de líneas en los primeros 10 años

Fuente: Creación del autor

La tabla 5.18 nos muestra los ingresos de los primeros 10 años, esto solo aplica al servicio pre pago.

	Servicio pre pago
Año 1	S/. 965.091,12
Año 2	S/. 1.042.187,28
Año 3	S/. 1.125.534,48
Año 4	S/. 1.215.132,72
Año 5	S/. 1.312.023,84
Año 6	S/. 1.416.555,12
Año 7	S/. 1.529.421,12
Año 8	S/. 1.651.316,40
Año 9	S/. 1.782.935,52
Año 10	S/. 1.924.973,04

Tabla 5.18 Ingreso anual en los primeros 10 años

Fuente: Creación del autor

### Ingresos mediante el servicio post pago

En el caso del servicio de prepago, el cálculo de ingreso no se realiza por minutos consumidos, sino por el tipo de plan que los usuarios elijan.

Nodo B	Post pago
Licupis	275
Llama	398
Miracosta	111
Total	784

Tabla 5.19 Cantidad de líneas post pago

Fuente: Creación del autor

Año 1		Servicio pre pago		
		Licupis	Llama	Miracosta
		275	398	111
Plan Habla Claro 2 - 39		S/. 2.418,00	S/. 3.939,00	S/. 546,00
Planes TUN 2 - 39		S/. 2.730,00	S/. 3.900,00	S/. 819,00
RPC Total - 39		S/. 4.797,00	S/. 6.006,00	S/. 1.755,00
Plan Smart total T	Plan 69	S/. 345,00	S/. 621,00	S/. 552,00
	Plan 99	S/. 207,00	S/. 414,00	S/. 276,00
Internet Claro Móvil	Internet Claro móvil Plan conecta	S/. 90,00	S/. 300,00	S/. 180,00
	Internet Claro móvil Plan conecta Plus	S/. 236,00	S/. 413,00	S/. 354,00
	Plan Descarga	S/. 156,00	S/. 468,00	S/. 234,00
	Plan Descarga Plus	S/. 294,00	S/. 490,00	S/. 392,00
Ingreso mensual por ciudad		S/. 11.273,00	S/. 16.551,00	S/. 5.108,00
Ingreso anual por ciudad		S/. 135.276,00	S/. 198.612,00	S/. 61.296,00
		S/. 395.184,00		

Tabla 5.20 Ingreso del primer año, servicio post pago

Fuente: Creación del autor

En la tabla 5.20 se muestra el ingreso total en el primer año de servicio de los nodos, el ingreso fue de S/. 395.184,00 nuevos soles. Si queremos calcular cuánto será el ingreso en los 10 primeros años, debemos asumir que por año el aumento de las líneas prepago será de un 3% neto. De esta manera obtenemos la cantidad de usuarios que utilizarán el servicio dentro de los 10 primeros años y los respectivos ingresos anuales.

	Servicio pre pago		
	Licupis	Llama	Miracosta
Año 1	275	398	111
Año 2	283	410	114
Año 3	291	422	117
Año 4	300	435	121
Año 5	309	448	125
Año 6	318	461	129
Año 7	328	475	133
Año 8	337	489	137
Año 9	347	504	141
Año 10	357	519	145

Tabla 5.21 Cantidad de líneas en los primeros 10 años

Fuente: Creación del autor

La tabla 5.22 nos muestra los ingresos de los primeros 10 años, esto solo aplica al servicio post pago.

Servicio post pago	
Año 1	S/. 403.500,00
Año 2	S/. 418.404,00
Año 3	S/. 439.872,00
Año 4	S/. 463.104,00
Año 5	S/. 478.392,00
Año 6	S/. 500.496,00
Año 7	S/. 527.016,00
Año 8	S/. 545.244,00
Año 9	S/. 572.460,00
Año 10	S/. 600.180,00

Tabla 5.22 Ingreso anual en los primeros 10 años

Fuente: Creación del autor

### 5.3.2 Evaluación del VAN y TIR

#### Opción 1

El Valor Actual Neto, es un indicador que nos ayuda analizar si un proyecto es conveniente si sus ingresos son iguales o mayores que sus costos. El VAN se puede calcular reduciendo todas las diferencias en un periodo futuro a una cantidad actual equivalente, usando una tasa de descuento dada; realizando una suma algebraica de los valores actualizados de los beneficios y costos generados por el proyecto. En resumen, traer todos los flujos futuros de beneficios y costos al año cero. Nos permite medir el valor actualizado de un proyecto, seleccionando una alternativa optima, sobre todo cuando se trata de proyectos o alternativas mutuamente excluyentes (AMES).

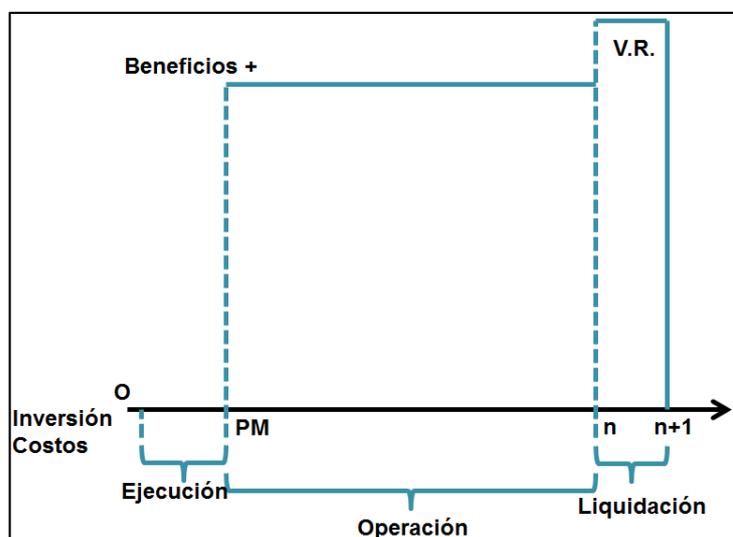


Figura 5.2 Horizonte de planeamiento del proyecto

Fuente: Gráfico 14.1 de [18]

Dónde:

PM: Puesta en marcha

V.R: Valor residual

N: Número de periodos de vida útil del proyecto.

A continuación presentamos la ecuación para calcular el VAN.

Ecuación 5.1, cálculo del VAN

$$VAN = \sum_{t=0}^{PM} \frac{-C_t}{(1+i)^t} + \sum_{t=PM+1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Fuente: Parte VI, Capítulo 14 de [18]

Dónde:

$C_t$ : Costos incurridos durante el periodo t.

$B_t$ : Beneficios generados durante el periodo t.

Luego de evaluar esta ecuación con los datos de nuestro proyecto, debe tomarse en cuenta la siguiente regla de decisión:

Si:

$VAN > 0$ , se acepta

$VAN = 0$ , marginal

$VAN < 0$ , se rechaza

	Gastos del proyecto (S/.)		Ingresos del proyecto (S/.)		Balance anual (S/.)
	O&M	Inversión	Pre pago	Post pago	
		3.092.184,91			-3.092.184,91
Año 1	11.000,00		965.091,12	403.500,00	1.357.591,12
Año 2	11.000,00		1.042.187,28	418.404,00	1.449.591,28
Año 3	23.000,00		1.125.534,48	439.872,00	1.542.406,48
Año 4	23.000,00		1.215.132,72	463.104,00	1.655.236,72
Año 5	23.000,00		1.312.023,84	478.392,00	1.767.415,84
Año 6	24.000,00		1.416.555,12	500.496,00	1.893.051,12
Año 7	25.000,00		1.529.421,12	527.016,00	2.031.437,12
Año 8	25.000,00		1.651.316,40	545.244,00	2.171.560,40
Año 9	25.000,00		1.782.935,52	572.460,00	2.330.395,52
Año 10	25.000,00		1.924.973,04	600.180,00	2.500.153,04

Tabla 5.23 Gastos y beneficios en los primeros 10 años

Fuente: Creación del autor

En la tabla 5.23 se muestra todos los costos y beneficios del proyecto durante los primeros 10 años. En el año "0" se considera los costos de inversión y a partir del año "1" se considera los costos de O&M por el mantenimiento correctivo.

Realizando el cálculo del VAN, la tabla 5.24 nos muestra los valores nominales y los valores con la tasa de descuento aplicada (15%). Se obtiene los siguientes valores:

	Año	Valores actuales	Aplicando la tasa de descuento
Costos	0	-S/. 3.092.184,91	-S/. 3.092.184,91
Beneficios	1	S/. 1.357.591,12	S/. 1.180.514,02
	2	S/. 1.449.591,28	S/. 1.096.099,27
	3	S/. 1.542.406,48	S/. 1.014.157,30
	4	S/. 1.655.236,72	S/. 946.386,97
	5	S/. 1.767.415,84	S/. 878.718,04
	6	S/. 1.893.051,12	S/. 818.418,24
	7	S/. 2.031.437,12	S/. 763.692,46
	8	S/. 2.171.560,40	S/. 709.886,95
	9	S/. 2.330.395,52	S/. 662.443,85
	10	S/. 2.500.153,04	S/. 617.999,59
		VAN	S/. 5.596.131,76

Tabla 5.24 Cálculo del VAN en un periodo de 10 años

Fuente: Creación del autor

El valor del VAN es S/. 5.596.131,76 millones de nuevos soles, lo que nos indica que el proyecto es rentable. Debemos tomar en cuenta que estamos utilizando una tasa de descuento del 15%, el cual es utilizado en los proyectos realizados por el FITEL. El periodo de 10 años se pudiera considerar un periodo muy largo, si consideramos un periodo de 3 años el valor del VAN sería S/. 198.585,67 nuevos soles lo cual también se considera rentable.

Debemos tomar en cuenta que el TIR es la tasa de descuento de un proyecto de inversión que permite que los beneficios sean iguales a la inversión (VAN=0). EL TIR es la máxima tasa de descuento que puede tener un proyecto para que rentable. En este caso el TIR obtenido es el 19%.

	Año	Valores nominales	Aplicando la tasa de descuento	TIR
Costos	0	-S/. 3.092.184,91	-S/. 3.092.184,91	19%
Beneficio	1	S/. 1.357.591,12	S/. 1.180.514,02	
	2	S/. 1.449.591,28	S/. 1.096.099,27	
	3	S/. 1.542.406,48	S/. 1.014.157,30	
		VAN	S/. 198.585,67	

Tabla 5.25 Cálculo del VAN en un periodo de 3 años

Fuente: Creación del autor

## Opción 2

En la opción 2 se hace la evaluación del VAN y el TIR pero disminuyendo los costos de inversión. Esto es porque nuestro proyecto lo estamos implementando en sitios donde existe la infraestructura para la tecnología GSM, la cual puede ser reutilizada para la

implementación de los nodos B. Si consideramos los costos de infraestructura como un gasto ya realizado anteriormente, podemos reducir nuestra inversión.

Descripción	Costo
Infraestructura	-
Equipos de tecnología	S/. 482,997.91
Transporte de equipos de tecnología	S/. 23,741.88
Total	S/. 506,739.79

Tabla 5.26 Gasto total del proyecto – opción 2

Fuente: Creación del autor

	Año	Valores nominales	Aplicando la tasa de descuento
Costos	0	S/. 506,739.79	-S/. 506,739.79
Beneficio	1	S/. 1,357,591.12	S/. 1,180,514.02
	2	S/. 1,449,591.28	S/. 1,096,099.27
	3	S/. 1,542,406.48	S/. 1,014,157.30
		VAN	S/. 2,784,030.79

Tabla 5.27 Cálculo del VAN en un periodo de 3 años – opción 2

Fuente: Creación del autor

La tabla 5.27, nos muestra un VAN mucho mayor que la opción 1. Si hacemos la evaluación basándonos en el VAN; en ambos casos es positivo, escogemos el de mayor valor que es la opción 2.

Este descuento es posible con la tecnología Single RAN, el cual nos ayuda a reutilizar la BBU 3900 instalada para las BTS del proyecto instalando tarjetas adicionales a dicho rack. La solución final a emplear se encuentra en la figura 4.45 del capítulo 4.

## CAPITULO VI

### IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

En este capítulo se realizara un enfoque a la implementación del proyecto, realizando los cronogramas de trabajo, los expedientes técnicos y el periodo de aceptación.

#### **6.1 Realización de los expedientes técnicos**

Para realizar los expedientes técnicos, se debe tener en cuenta las diferentes partes que componen dicho expediente, a continuación daremos detalle del contenido de los expedientes.

- a) Información general del sitio
  - Dirección del sitio
  - Nombre y dirección del propietario
  - Persona de contacto
  - Personas involucradas para la obtención de permisos
  - Diseño y contrato (adjuntos)
  - Lista de participantes.
- b) Ubicación del inmueble
  - Realizar un croquis para saber cómo llegar a la ubicación del sitio.
  - Otras informaciones referenciales
- c) Datos del edificio
  - Tipo de edificio
  - Tipo de material de la azotea, paredes, frente, techo, puesta a tierra, caja de llaves de energía.
  - Instalación puesta a tierra
  - Conexiones
  - Cableado
- d) Datos del Nodo B
  - Tipo de sitio
  - Tipo de instalación
  - Posición del nodo B
  - Conexión de datos, medio de transporte.

- Antenas, tipo, cantidad de sectores, azimut, tilt mecánico y eléctrico, cables.
  - Transporte e instalación
- e) Trabajos a realizar
- Datos del carpintero, cerrajero, pintor, maestro de obras
  - Medidas de ejecución

En los anexos se está incluyendo los expedientes técnicos al detalle, dicho expediente consta de 8 hojas las cuales deberá ser llenado por la contrata encargada cuando se realice la visita a campo. Es necesario que al realizar este expediente se tome fotos tanto para ubicar el sitio y la confirmación de los azimut de cada sector.

## 6.2 Cronogramas de Ejecución

Estamos considerando que los trabajos empezaran el 02 de enero del 2013, los días que toma cada actividad, son tiempos promedios que se suelen tomar en proyectos de telecomunicaciones.

### 6.2.1 Cronograma de las obras de infraestructura

	DESCRIPCION	TIEMPO	INICIO	FIN
1	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>	7 días	mié 02/01/13	jue 10/01/13
2	Acceso a la obra (Trocha peatonal a=1.80m, L= 400m)	7 días	mié 02/01/13	jue 10/01/13
3	Construcción de almacén provisional	3 días	jue 03/01/13	sáb 05/01/13

Tabla 6.1 Cronograma de los trabajos preliminares

Fuente: Creación del autor

En los trabajos preliminares, es importante realizar la visita a campo y realizar un reconocimiento de la ubicación del sitio objetivo y averiguar mediante la población que clase de servicio de electricidad están recibiendo.

	DESCRIPCION	TIEMPO	INICIO	FIN
4	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	17 días	jue 10/01/13	vie 01/02/13
5	Desbroce de maleza	3 días	jue 10/01/13	sáb 12/01/13
6	Perfilado de terreno	3 días	dom 13/01/13	mar 15/01/13

7	Excavación de zanjas/base de torre y cimiento	11 días	mié 16/01/13	mié 30/01/13
---	---	---------	-----------------	-----------------

Tabla 6.2 Cronograma de movimiento de tierras

Fuente: Creación del autor

	DESCRIPCION	TIEMPO	INICIO	FIN
8	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>	<b>17 días</b>	<b>vie 18/01/13</b>	<b>sáb 09/02/13</b>
9	<b>BASE DE TORRE</b>	<b>5 días</b>	<b>vie 18/01/13</b>	<b>jue 24/01/13</b>
10	Habilitado de acero	5 días	vie 18/01/13	jue 24/01/13
11	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>	<b>3 días</b>	<b>jue 24/01/13</b>	<b>lun 28/01/13</b>
12	encofrado	3 días	jue 24/01/13	lun 28/01/13
13	<b>CONCRETO Fc=210 Kg/cm2</b>	<b>3 días</b>	<b>lun 28/01/13</b>	<b>mié 30/01/13</b>
14	vaciado de concreto	3 días	lun 28/01/13	mié 30/01/13
15	<b>CONCRETO ARMADO P/PEDESTALES</b>	<b>3 días</b>	<b>mié 30/01/13</b>	<b>vie 01/02/13</b>
16	Habilitado de acero	3 días	mié 30/01/13	vie 01/02/13
17	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>	<b>1 día</b>	<b>sáb 02/02/13</b>	<b>lun 04/02/13</b>
18	encofrado	2 días	sáb 02/02/13	lun 04/02/13
19	<b>CONCRETO Fc=210 Kg/cm2</b>	<b>2 días</b>	<b>mié 06/02/13</b>	<b>jue 07/02/13</b>
20	vaciado de concreto	2 días	mié 06/02/13	jue 07/02/13
21	<b>CONCRETO CICLOPE</b>	<b>3 días</b>	<b>jue 07/02/13</b>	<b>sáb 09/02/13</b>
22	Colocado de concreto ciclópeo	3 días	jue 07/02/13	sáb 09/02/13

Tabla 6.3 Cronograma de obras de concreto armado

Fuente: Creación del autor

	DESCRIPCION	TIEMPO	INICIO	FIN
23	<b>CIMIENTO</b>	<b>3 días</b>	<b>sáb 26/01/13</b>	<b>mar 29/01/13</b>
24	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>	<b>2 días</b>	<b>sáb 26/01/13</b>	<b>dom 27/01/13</b>
25	Encofrado	2 días	sáb 26/01/13	dom 27/01/13

26	<b>CONCRETO Fc=210 Kg/cm2</b>	<b>2 días</b>	<b>lun 28/01/13</b>	<b>mar 29/01/13</b>
27	Vaciado de concreto	2 días	lun 28/01/13	mar 29/01/13
28	<b>SOBRECIMIENTO/CONCRETO ARMADO</b>	<b>12 días</b>	<b>vie 18/01/13</b>	<b>sáb 02/02/13</b>
29	<b>CONCRETO ARMADO</b>	<b>2 días</b>	<b>vie 18/01/13</b>	<b>sáb 19/01/13</b>
30	Habilitado de acero	2 días	vie 18/01/13	sáb 19/01/13
31	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</b>	<b>2 días</b>	<b>mié 30/01/13</b>	<b>jue 31/01/13</b>
32	Encofrado	2 días	mié 30/01/13	jue 31/01/13
33	<b>CONCRETO Fc=210 Kg/cm2</b>	<b>1 día</b>	<b>vie 01/02/13</b>	<b>sáb 02/02/13</b>
34	Vaciado de concreto	2 días	vie 01/02/13	sáb 02/02/13

Tabla 6.4 Cronograma de obras del cimiento

Fuente: Creación del autor

	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
35	<b>MONTAJE DE TORRE</b>	<b>25 días</b>	<b>vie 18/01/13</b>	<b>jue 21/02/13</b>
36	Fabricación y Transporte de Torre	14 días	vie 18/01/13	mié 06/02/13
37	Instalación de Torre Auto soportada 42 ms	11 días	jue 07/02/13	jue 21/02/13

Tabla 6.5 Cronograma de obras del montaje de torre

Fuente: Creación del autor

	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
38	<b>SISTEMA DE PROTECCION</b>	<b>6 días</b>	<b>mié 27/02/13</b>	<b>mié 06/03/13</b>
39	Construcción de pozos de tierras	6 días	mié 27/02/13	mié 06/03/13

Tabla 6.6 Cronograma de obras del sistema de protección

Fuente: Creación del autor

	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
40	<b>SISTEMA ELECTRICO</b>	<b>12 días</b>	<b>lun 25/02/13</b>	<b>mar 12/03/13</b>
41	Instalación de tablero Eléctrico	4 días	lun 25/02/13	jue 28/02/13

42	Instalación de Sistema de Acometida de Energía	8 días	vie 01/03/13	mar 12/03/13
----	--	--------	-----------------	-----------------

Tabla 6.7 Cronograma de obras del sistema eléctrico

Fuente: Creación del autor

	DESCRIPCION	TIEMPO	INICIO	FIN
43	<b>CERCO PERIMETRICO</b>	<b>18 días</b>	<b>dom 17/02/13</b>	<b>mié 13/03/13</b>
44	Cableado al rectificador	3 días	dom 17/02/13	mar 19/02/13
45	Instalación de puerta metálica	6 días	jue 21/02/13	jue 28/02/13
46	Instalación de concertina	5 días	mié 20/02/13	mar 26/02/13
47	Instalación de escalerilla Rack	3 días	mar 26/02/13	jue 28/02/13
48	Limpieza de obra	5 días	lun 04/03/13	vie 08/03/13
49	Entrega de Obra Culminada - ACEPTACION	4 días	vie 08/03/13	mié 13/03/13

Tabla 6.8 Cronograma de obras del cerco perimétrico

Fuente: Creación del autor

Luego de haber culminado, se debe realizar la aceptación de la obra civil. El proceso de aceptación será explicada posteriormente.

### 6.2.2 Cronograma de instalación de los equipos microondas y UMTS

En esta parte del capítulo se da el enfoque del proceso de compra de los equipos tecnológicos, este proceso es común con todos los proveedores. Primero se adjudica la oferta del proveedor, una vez adjudicado se crea el contrato marco (CM) se procede con la orden de compra (OC). Con esta OC el proveedor puede empezar la fabricación de los equipos. Este proceso de fabricación puede tomar un mes, y el transporte hacia el país es un mes adicional.

DESCRIPCION	TIEMPO	INICIO	FIN
<b>VISITA A CAMPO</b>	<b>4 días</b>	<b>mié 02/01/13</b>	<b>dom 06/01/13</b>
Visita de un personal a los 3 sitios	4 días	mié 02/01/13	dom 06/01/13

<b>COMPRA DE EQUIPOS</b>	<b>3 días</b>	<b>mié 02/01/13</b>	<b>vie 04/01/13</b>
Creación de CM y la OC para el proveedor	3 días	mié 02/01/13	vie 04/01/13
<b>EQUIPOS DE MICROONDAS Y UMTS</b>	<b>39 días</b>	<b>mar 08/01/13</b>	<b>vie 01/03/13</b>
Fabricación de equipos	18 días	mar 08/01/13	jue 31/01/13
Transporte de equipos	21 días	vie 01/02/13	vie 01/03/13
<b>RECEPCION DE EQUIPOS EN ALMACEN</b>	<b>2 días</b>	<b>lun 04/03/13</b>	<b>mar 05/03/13</b>
Verificación de los equipos según BOQ	2 días	lun 04/03/13	mar 05/03/13

Tabla 6.9 Cronograma de la compra de equipos

Fuente: Creación del autor

DESCRIPCION	TIEMPO	INICIO	FIN
<b>CONTRATAR COOPERADOR</b>	<b>8 días</b>	<b>vie 01/03/13</b>	<b>mar 12/03/13</b>
3 grupos de trabajo (3 Técnicos + 1 Ingeniero)	3 días	vie 01/03/13	mar 05/03/13
Brindar información del proyecto, capacitación	5 días	mié 06/03/13	mar 12/03/13
<b>TRASLADO DE LOS GRUPOS DE TRABAJO</b>	<b>4 días</b>	<b>lun 11/03/13</b>	<b>jue 14/03/13</b>
Herramientas, Materiales y transporte de los equipos	2 días	lun 11/03/13	mar 12/03/13
Transporte de equipos a la capital	2 días	lun 11/03/13	mar 12/03/13
Transporte al distrito	1 día	mié 13/03/13	mié 13/03/13
Acarreo a la ubicación de los sitios	1 día	jue 14/03/13	jue 14/03/13

Tabla 6.10 Cronograma de capacitación al cooperador

Fuente: Creación del autor

Quando se reciben los equipos, estos se llevan al almacén del operador. Luego el proveedor deberá realizar un proceso de capacitación a los grupos de trabajo que realizarán la instalación de los equipos, así como su respectiva configuración. Este cronograma se detalla en la tabla 6.11.

<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>	<b>2 días</b>	<b>jue</b> <b>14/03/13</b>	<b>sáb</b> <b>16/03/13</b>
Adecuaciones	3 días	jue 14/03/13	sáb 16/03/13
<b>INSTALACION DE EQUIPOS</b>	<b>10 días</b>	<b>lun</b> <b>18/03/13</b>	<b>vie</b> <b>29/03/13</b>
<b>Instalación de los equipos de radio</b>	<b>6 días</b>	<b>lun</b> <b>18/03/13</b>	<b>lun</b> <b>25/03/13</b>
Montaje de las IDU y ODU	1 día	lun 18/03/13	lun 18/03/13
Cableados (Energía, aterramiento, jumpers)	1 día	mar 19/03/13	mar 19/03/13
Energizado	1 día	mié 20/03/13	mié 20/03/13
Comisionamiento y configuración	1 día	jue 21/03/13	jue 21/03/13
Pruebas de LOS y performance del enlace microondas	2 días	vie 22/03/13	lun 25/03/13
<b>Instalación del Nodo B</b>	<b>6 días</b>	<b>vie</b> <b>22/03/13</b>	<b>vie</b> <b>29/03/13</b>
Instalación de las tarjetas WBBP y WMPT	1 día	vie 22/03/13	vie 22/03/13
Instalación de las 3 RRU	1 día	vie 22/03/13	vie 22/03/13
Cableados (Energía, aterramiento, jumpers)	1 día	lun 25/03/13	lun 25/03/13
Energizado	1 día	mar 26/03/13	mar 26/03/13
Comisionamiento y configuración (Ventana de Mantenimiento)	1 día	mié 27/03/13	mié 27/03/13
Pruebas de conectividad	1 día	jue 28/03/13	jue 28/03/13
Pruebas de medición de potencia, cobertura y servicio (voz y datos)	1 día	vie 29/03/13	vie 29/03/13

Tabla 6.11 Cronograma de capacitación al cooperador

Fuente: Creación del autor

Luego de haber realizado la instalación y las pruebas con los equipos microondas y UMTS, se procede con la aceptación. En la tabla 6.12 se detalla el cronograma de aceptación.

<b>ACEPTACION</b>	<b>1 día</b>	<b>sáb 30/03/13</b>	<b>sáb 30/03/13</b>
Aceptación del enlace microondas	1 día	sáb 30/03/13	sáb 30/03/13
Aceptación del Nodo B	1 día	sáb 30/03/13	sáb 30/03/13

Tabla 6.12 Cronograma de capacitación al cooperador

Fuente: Creación del autor

### 6.3 Aceptación del Proyecto

El proceso de aceptación es la parte importante del proyecto, ya que el lugar donde se instalaron los equipos es remoto y difícil acceso, por lo tanto no se debe dejar pendiente alguno.

#### 6.3.1 Aceptación de la infraestructura

Se debe verificar lo siguiente:

##### Infraestructura

- Verificar junto los planos si se respetó la ubicación de los componentes de la estación base.
- Verificar que se utilizó las medidas descritas en los planos, como la dimensión de la losa de los equipos, distancia entre las bases de la torres.
- Comprobar que las superficies expuesta de concreto deben ser uniformes y libres de vacíos, aletas y defectos similares.
- Los defectos excesivos que, en la opinión de la supervisión, estén más allá de los límites de la práctica aceptada, serán causales de rechazo de la estructura.

##### Instalaciones eléctricas

- Verificar el correcto cableado del tablero eléctrico.
- Verificar si se utilizó el color de cable normado (negro y rojo).
- Verificar que el cable de alimentación no tenga corte alguno y que el tendido sea uniforme sin corte alguno.
- Verificar que las llaves de alimentación estén debidamente etiquetas.

##### Suministro de aterramiento

- Verificar que el suministro de aterramiento no exceda a 5 ohmios. Tener como mínimo las dimensiones de 5/8" de diámetro, 2.40 m de longitud.

- Debe comprobarse que sea uniforme y libre de imperfecciones así como no existan materiales extraños en la superficie como esmaltes y pintura.
- Se deberá comprobar la correcta continuidad a lo largo del electrodo

#### Pararrayos

- Comprobar el tipo de material (bronce cromado) según detallado en los planos.
- Verificar que dicho pararrayos este por encima de las antenas para evitar cualquier tipo de interferencia y en la parte más alta de la torres.
- Verificar que el soporte del pararrayos forme un ángulo de 45° con respecto al soporte de antenas más alejado.

### 6.3.2 Aceptación de los equipos de radio y UMTS

El proceso de aceptación de los equipos de radio enlace, se realiza luego de haber culminado la instalación y configuración de los equipos respectivos. Se debe realizar una documentación oficial en donde se coloquen los datos y especificar las configuraciones realizadas a los equipos respectivos.

El proveedor debe realizar la entrega de la documentación de los equipos en digital y las actas de aceptación debidamente firmada por el proveedor y un representante del proyecto.

En los equipos de radio enlace, se utiliza un documento donde se especifica la ubicación de la estación base, la altitud, tipo de torre, los equipos instalados, los materiales utilizados.

Es importante especificar la configuración del equipo: Capacidad, velocidad de transmisión, frecuencia de Tx y Rx, los números seriales, la polarización, azimut, la potencia de transmisión y recepción.

Además, en los equipos que funcionan como transporte se suele realizar las pruebas de BER. Estas pruebas deben ser de 24 horas, verificando si los valores son bajos según el estándar de calidad de enlace. En el ANEXO E, se da más detalle del acta de aceptación de los equipos de radio.

Para los equipos UMTS, las pruebas son diferentes, se debe verificar si la configuración es acorde a la información brindado por el operador, la frecuencia de transmisión, las licencias, configuración en la RNC y en el nodo B, configuración del numero IP basado en lista de números IP que dispone el operador.

Luego debe realizarse las pruebas de conectividad hacia el Gateway del nodo, esta prueba se hace mediante la ejecución del comando "ping". Además, es importante realizar las pruebas de conectividad con el controlador y hacia el gestor de equipos.

Luego de realizar las pruebas de conectividad, se realiza la prueba de servicio. Primero se realizan llamadas a móviles de la misma empresa, luego a móviles de la competencia, a teléfonos fijos. Una vez culminada la prueba de voz, se procede con la prueba de datos el cual se hace mediante la navegación en la página web. Se debe utilizar un teléfono de ingeniería para que sea más fácil identificar si estamos “colgados” a la celda.

Se deberá realizar las pruebas de emisión de potencia máxima, la cual se consigue simulando una carga en la celda. Por último, se debe verificar los valores de VSWR los cuales deben estar por debajo del valor de 1.4. En el ANEXO D se dará más detalle de la aceptación de los equipos UMTS.

Por el lado del controlador, es necesario realizar una serie de comandos para ver el estado de la celda y comprobar si están disponibles todos los canales de comunicación. Las pruebas de servicio son muy importantes para encontrar cualquier error de configuración, no es posible poner en funcionamiento de una estación base si no realizamos las con éxito las pruebas iniciales.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la tesis realizada, se ha tocado diferentes temas y procesos, que forman parte del proyecto. Estos procesos nos dan un enfoque global de lo que implica la planificación, ejecución y mantenimiento. A continuación se muestra las conclusiones y recomendaciones respectivas de la tesis.

### Conclusiones

- Muchos lugares remotos no cuentan con un buen servicio de banda ancha, la penetración rural es muy inferior.
- No hay necesidad de realizar una inversión adicional significativa, porque la arquitectura UMTS ya está implementada.
- El servicio de datos tendrá un papel fundamental en años posteriores, las tecnologías HSPA+ y DC-HSDPA cumplen con la demanda a futuro.
- Cajamarca dispone de sectores económicos lo cual lo hace un departamento con muchas oportunidades de crecimiento y atrayente para las inversiones.
- El servicio de telefonía móvil, es el servicio que ha tenido mayor crecimiento en los últimos años lo cual hace este proyecto en una inversión rentable.
- Las estadísticas de tráfico muestran que el servicio 2G en zonas rurales tiene mucha acogida, incluso, llegando a congestionar la interfaz de radio. El servicio UMTS tendrá el mismo éxito.
- La utilización de los enlaces microondas es lo más acertado para brindar el acceso a las ciudades “objetivo” del proyecto.
- Utilizar la solución de la Co Transmisión (2G&3G) disminuye los gastos en adquisición de equipos.
- La solución Single Ran es adecuada para el proyecto, fusiona 2 tecnologías (2G&3G) permitiendo ahorro tanto en CAPEX y OPEX.
- El VAN calculado (S/. 198.585,67 – opción 1) en los 3 primeros años nos indica que el proyecto procede para su ejecución.

- Reutilizar la infraestructura (opción 2) ejecutada por los proyectos del FITEL, obtenemos un ahorro de S/. 2.585.445,12. El nuevo cálculo del VAN en los 3 primeros años es S/. 2.784.030,79. La opción 2 es de mayor conveniencia.

### **Recomendaciones**

- No es necesaria la implementación de nuevos controladores para este proyecto, actualmente todos los operadores ya cuentan con una gran cantidad de estos equipos.
- La aplicación de este proyecto es realizable para cualquier operador nacional, pero la empresa América Móviles es la más adecuada para ejecutarla; de esta manera se evita el pago de interconexión para la capacidad.
- La solución de la Co Transmisión nos ayuda a reutilizar el enlace microondas existente; el cual brinda acceso al sistema 2G actualmente. Sin embargo, por temas de disponibilidad, es mejor utilizar enlaces diferentes para cada tecnología.
- La tecnología propuesta brinda una mayor velocidad de transmisión, se debe contar con los productos adecuados para la venta a los nuevos clientes y así disfruten al máximo esta tecnología.
- El análisis del VAN opción 2 nos da un mejor resultado en los primeros años del proyecto. Implica en ahorro de inversión.
- El proyecto tiene un escenario aplicable a todas las estaciones base GSM ejecutados por el FITEL, que son atendidas por enlaces microondas.

### **LISTA DE ABREVIATURAS**

3GPP: Third Generation Partnership Project

AICH: Canal indicador de adquisición

AMC Adaptación de modulación y codificación

AMPS: Advance Mobile Telephone System

ATIS: Alliance for Telecommunications Industry Solutions

BCH: Canal broadcast

BMI: Business Monitor Institute

CAPEX: Capital Expenditures

CCCH: Canal de control común

CDMA: Code Division Multiple Access

CPICH: Canal común piloto

CTCH: Canal de tráfico común

D-AMPS: Digital – Advanced Mobile Phone System

DCCH: Canal de control dedicado

DCH: Canal dedicado

DC-HSDPA: Dual Carrier HSDPA

DPCCH: Canal físico dedicado de control

DPCCH: Dedicated physical control channel

DPCH: Canal físico dedicado

DPDCH: Canal físico dedicado de datos

DTCH: Canal de tráfico dedicado

EDGE: Enhanced Data Rates for Global Evolution

EIR: Registro de identidad de equipo

ENAH0: Encuesta Nacional de Hogares

ETACS: Extended Total Access Communication System

ETSI: European Telecommunications Standards Institute

FACH: Canal de acceso forward

FDD: Frequency Division Duplex

FDD: Frequency Division Duplex

FITEL: Fondo de Inversión en Telecomunicaciones

GGSN: Gateway GPRS Support Node

GMSK: Gaussian minimum shift keying

GPRS: General Packet Radio System

GSA: Global Mobile Suppliers Association

GSM: Global System for Mobile communications

HARQ: Hybrid automatic repeat request

HLR: Registro de abonados locales

HSCSD: High Speed Circuit Switched Data

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access

HS-DPCCH: Canal de control físico compartido de alta velocidad

HS-DPCCH: High speed dedicated physical control channel

HS-DSCH: High speed downlink shared channel

HS-PDSCH: Canal de bajada compartido de alta velocidad

HS-PDSCH: High speed physical downlink shared channel

HS-SCCH: Canal de control compartido de alta velocidad

HS-SCCH: High speed shared control channel

ICT: Tecnologías de Información y Comunicación

IMT2000: International Mobile Telecommunication – 2000

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

ITU: International Telecommunication Union

LTE: Long Term Evolution

MIMO: Multiple Input Multiple output

MSC: Centro de conmutación móvil

OPEX: Operating expense

P-CCPCH: Canal físico de control común primario

PCH: Canal paging

PCU: Packet Control Unit

PDU: Packet Data Unit

PEA: Población económicamente activa

PICH: Canal indicador de paging

PRACH: Canal físico de acceso aleatorio

QoS: Quality of service

RAB: Radio Access Bearer

RACH: Canal de acceso aleatorio

RB: Radio Bearer

RL: Radio Link

RNC: Radio Network Controller

SCH: Canal de sincronización

SGSN: Serving GPRS Support Node

SMS: Short Message Service

TACS: Total Access Communication System

TCH: Traffic Channel

TD-CDMA: Time Division CDMA

TDMA: Time Division Multiple Access

TD-SCDMA: Time Division Synchronous CDMA

UE: User Equipment

UMB: Ultra Mobile Broadband

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

Uplink DPCCH: Canal físico dedicado de control de subida

Uplink DPDCH: Canal físico dedicado de datos de subida

WCDMA: Wideband CDMA

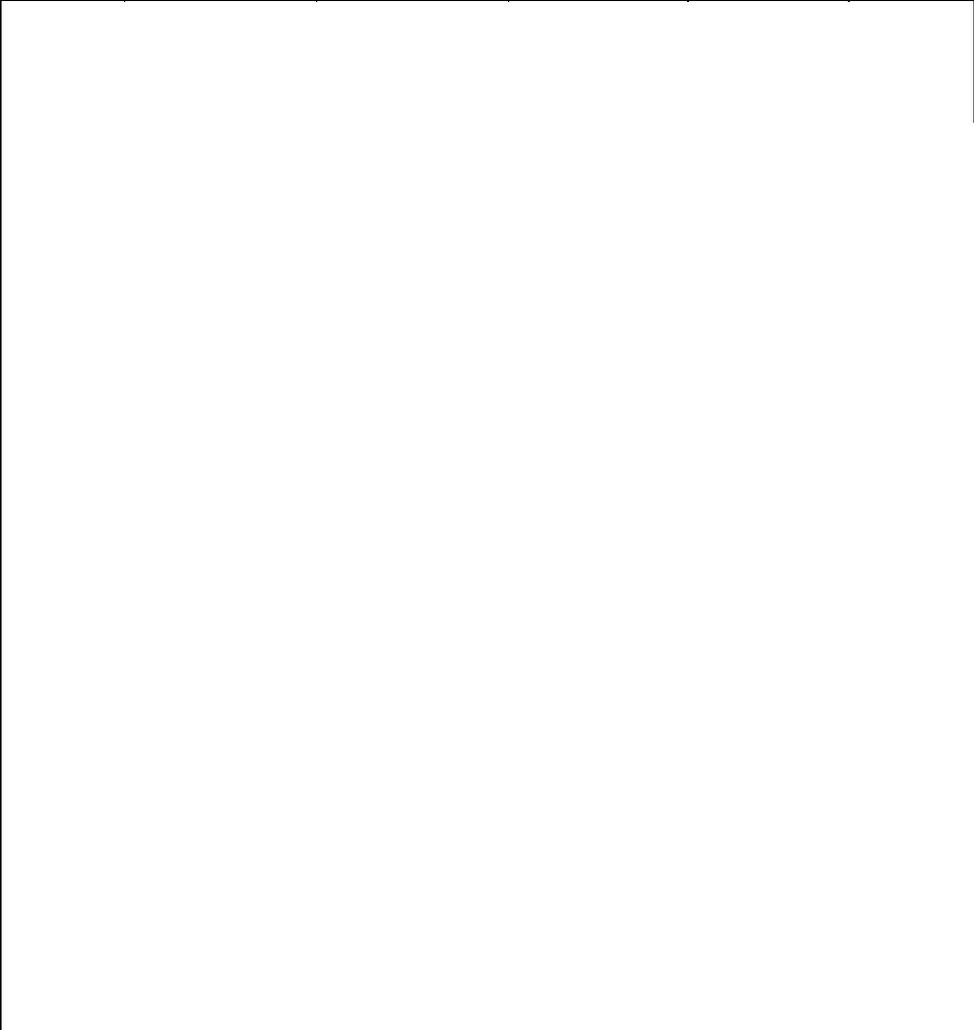
WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access

**BIBLIOGRAFIA**

1. Harry Holma and Antti Toskala, "WCDMA FOR UMTS – HSPA EVOLUTION AND LTE, fourth edition", John Wiley & Sons.
2. Ian Poole, "Cellular Communications Explained from Basics to 3G, first edition", Newnes.
3. HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies.
4. Transmission Resource management SRAN 6.0, Huawei Technologies
5. DC-HSDPA RAN 14.0, Huawei Technologies.
6. Chevallier Christopher, Brunner Christopher, Garavaglia Andrea, P. Murray Kevin, R. Baker Kenneth, "WCDMA (UMTS) Deployment Handbook – Planning and Optimization Aspects". John Wiley & Sons, 2006
7. Sitio oficial de OSIPTEL, URL: <http://www.osiptel.gob.pe>
8. Sitio oficial del INEI, URL: <http://www.inei.gob.pe>
9. Pagina web <http://www.chota.org>
10. Sitio oficial de FITEL, URL: <http://www.fitel.gob.pe>
11. Página web <http://aniak.uni.edu.pe/>, Ing. Marcial López Tafur
12. Harry Holma and Antti Toskala, "WCDMA for UMTS, Radio Access for Third Generation Mobile Communications" - Third Edition, John Wiley & Sons.
13. Oriol Sallent Roig, José Luis Valenzuela Gonzales, Ramón Agustí Comes, "Principios de Comunicaciones Móviles", Ediciones UPC 2003.
14. Implementación de una red de tercera generación en la provincia de Tayacaja, Ing. Walter Salcedo Aliaga.
15. Business Monitor Institute (BMI); reporte Perú Telecommunication Q2 2012
16. Página web <http://www.claro.com.pe>, página web de la empresa América Móviles.
17. Formulación y evaluación de proyectos de inversión, Juan S. Alfaro Olivera – 2004.
18. Harry Holma and Toskala Antti, „HSDPA / HSUPA for UMTS – High Speed Radio Access for Mobile Communications". John Wiley & Sons, 2006.
19. Sitio oficial del MTC, URL: <http://www.mtc.gob.pe>
20. Luis Montes Bazalar, "PROYECTOS DE TELECOMUNICACIONES".

**ANEXO A**  
**EXPEDIENTE TÉCNICO**

Fecha:	Código Del Sitio:	Nombre Del Sitio:		
<b>1.0 INFORMACION GENERAL DEL SITIO:</b>				
Dirección del sitio:				
Nombre y dirección del propietario:				
Persona de Contacto:			Tel No.	
Entes a acudir para la obtención de los permisos:				
Persona de contacto:			Tel No.	
<b>1.1 DISEÑO Y CONTRATO:</b>				
Plano del Proyecto:				
Plano Catastral (1:1000):				
Contrato de Alquiler:				
Info/Otro:				
<b>1.2 PERSONAS DE CONTACTO Y PERSONAS CON LLAVES:</b>				
Nombre	Función	Tel:	Fax:	
<b>1.3 LISTA DE LOS PARTICIPANTES</b>				
Nombre	Compañía Función	Tel:	Cel:	Fax:

<b>2.0 UBICACIÓN DEL INMUEBLE:</b>		
Diseñar un esquema de la planta del sitio indicado las calles principales y las posibles ubicaciones de la grúa:		
		NORTE
Otras informaciones (ej. Acceso y condiciones del terreno al respecto de la grúa, obstáculos):		
Descripción de las fotografías tomadas:		

<b>3.0 DATOS DEL EDIFICIO/INMUEBLE:</b>	
Tipo de Edificio:	
Proyecto de Construcción:	
Cálculos Estáticos:	
Hecho por:	
Info/Otro:	
<b>3.1 INFORMACION GENERAL:</b>	
Altura del edificio:	
Azotea:	Cemento
	Otro
Paredes:	Cemento
	Ladrillos
	Piedra
	Otro
Frente:	Cemento
	Ladrillos
	Piedra
	Otro
Tipo de techo :	Plano
	Dos aguas
	Techo en A
	Otro
Tipo de azotea:	Tejas
	Asfaltado
	Piedra
	Chapa
	Otro
Tipo de puesta a tierra:	Cobre
	Zinc
Daños/Medidas particulares/Otras indagaciones:	
Necesidad de perforar el techo y razón:	
Necesidad de perforar paredes y paneles y razón:	
<b>3.2 CAJA PARA LLAVES:</b>	
¿Es necesaria?	
Punto de instalación	
<b>3.3 INSTALACIÓN DE LA PUESTA A TIERRA:</b>	

¿Tiene Para rayos?	
Medidas necesarias:	
<b>3.4 CONEXIONES:</b>	
<b>Provisión de electricidad</b>	
Compañía de electricidad	
Tipo de conexión:	
Contacto en la zona:	
Posición de la conexión:	
Cabina para el contador:	
Cables (sección/largo):	
<b>Contador</b>	
Posición de la instalación:	
<b>3.5 SISTEMA DE SEGURIDAD:</b>	
Necesarios temporalmente:	
Necesarios permanentemente:	
Existente:	
Medidas necesarias:	
(ej. Escalera, pasamanos, puntos de anclaje)	
<b>4.0 DATOS BTS:</b>	
Tipo de sitio:	
Sitio modelo (1 a 6)	
Tipo de BS:	
Se requiere protección anti-incendios:	
Zona de explosión:	
Tipo de instalación:	
Información/Otro:	

<b>4.1 POSICION BTS</b>			
Esbozar en planta/ vista lateral indicando la posición de los aparatos, alturas, antenas, etc.:			
			NORTE
<b>4.2 CONEXIÓN DE DATOS (MICROONDAS/LINEA ALQUILADA):</b>			
<b>Microondas</b>		<b>Línea alquilada (2MBit)</b>	
Número:		Conexión:	
A ubicar:		Persona de contacto:	
Soporte:			
Tipo:			
Instalación:		Punto de conexión:	
Información		Cable (dimensión/largo):	
Otro:			
		Pasaje de los cables:	

<b>4.3 ANTENAS:</b>				
Sector 1 /Sector 1	Orientación(°):		H borde interior ant. Nivel techo	
No./N	Tipo de antena:		Down tilt (°)	
	Cross polarized		horizontal/vertical	
	Otro:		Numero de antenas	
Sector 2 /Sector 2	Orientación(°):		H borde interior ant. Nivel techo	
No./N	Tipo de antena:		Down tilt (°)	
	Cross polarized		horizontal/vertical	
	Otro:		Numero de antenas	
Sector 3 /Sector 3	Orientación(°):		H borde interior ant. Nivel techo	
No./N	Tipo de antena:		Down tilt (°)	
	Cross polarized		horizontal/vertical	
	Otro:		Numero de antenas	
Lugar de instalación:				
Acceso:				
<b>4.4 CABLES DE ANTENA:</b>				
Pasaje de cables:	Sector1			
Tipo de cable:	sector2			
	sector3			
Otro:				



Nombre, Compañía, Dirección y Número del Diseñador
Distribución:
<b>COMPILADO POR SUPERVISOR DE SITIOS</b>
Nombre:
Fecha:
Firma:

**ANEXO B**

**MEMORIA DESCRIPTIVA DE ESTRUCTURA**

## **1. GENERALIDADES**

Las presentes especificaciones técnicas, junto con los planos, indicarán los criterios y disposiciones que se tendrán en cuenta para el correcto proceso constructivo de las Estructuras del proyecto. Es de responsabilidad del Contratista el proveer todos los materiales, equipos y realizar todos los trabajos necesarios para construir la referida Estación, en conformidad con los planos de estructuras y con las distintas secciones de estas especificaciones.

Forman parte en estas especificaciones todas las Normas indicadas en los diferentes Capítulos del Reglamento Nacional de Edificaciones, y en particular la norma Peruana de Concreto Armado E.060-89.

## **2. CONTROL**

El Contratista y la Supervisión serán responsables de llevar el control de todos los procesos constructivos, y por lo tanto están obligados a llevar el Cuaderno de Obra; donde se registrarán ocurrencias trascendentales de la obra y las observaciones hechas por la Supervisión. Estos serán los únicos responsables del correcto manejo del Cuaderno de Obra.

La Supervisión de ningún modo releva al Contratista de su obligación de cumplir con los Planos y las Especificaciones Técnicas y de proveer materiales de la calidad especificada, así como de una buena ejecución de la construcción en todas las etapas del trabajo.

## **3. OBRAS PRELIMINARES**

### **3.1 Movilización y Desmovilización.**

Durante el tiempo de ejecución de las obras, el Contratista proveerá a su costo y será responsable del transporte de materiales, equipos y herramientas y en general de todo lo que requiera y deba suministrar para la construcción.

Los equipos y/o herramientas, que el Contratista lleve a obra estarán en perfectas condiciones de uso y operación, y deberán contar con la aprobación de la Supervisión. Cualquiera de ellos que no cumpla con las especificaciones mínimas exigidas deberá ser reemplazado de inmediato.

### **3.2 Almacenamiento de Materiales**

Todos los materiales deberán almacenarse de manera de evitar su deterioro o contaminación por agentes exteriores:

- a. **Cemento.** El cemento en bolsas se almacenará en un lugar techado y fresco,

libre de humedad y contaminación. No se permitirá que esté en contacto con el suelo o el agua libre.

- b. **Aditivos.** Los aditivos deben ser almacenados bajo sombra y ambientes ventilados.
- c. **Agregados.** Se almacenarán o apilarán en forma tal que se prevenga su segregación (separación de las partes gruesas de las finas) o contaminación excesiva con otros materiales o agregados de otras dimensiones. Estas condiciones serán controladas por la Supervisión.
- d. **Acero.** Las varillas de acero de refuerzo y alambre se almacenarán en un lugar seco, aislado y protegido de la humedad, tierra, sales, aceites o grasas.
- e. **Madera.** Toda la madera se almacenará bajo techo, en un espacio suficientemente ventilado y seco. Se apilará sobre un piso o una superficie que la proteja de la humedad del suelo y de modo que se permita la suficiente circulación de aire fresco, a fin de facilitar su acondicionamiento a las condiciones del medio ambiente.
- f. **Agua.** La dotación de agua para la obra se almacenara en cilindros plásticos y tapados para estar libres de contaminación.

#### **4. CONCRETO ARMADO ( $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>)**

##### **4.1 Generalidades**

Esta cláusula cubre el suministro de todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios para la fabricación, transporte, colocación, acabado y curado del concreto armado para los pedestales y vientos de la torre. El Contratista construirá todas las estructuras de concreto indicadas en los Planos, o según instrucciones de la Supervisión.

El concreto armado consistirá de cementos Pórtland, varillas de acero, agregados finos, agregados gruesos, agua y aditivos. Estos últimos se emplearán cuando lo solicite la Supervisión. El concreto será mezclado, transportado y colocado según se indica en estas especificaciones. Este tendrá una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y deberá obtenerse a los 28 días de vaciado el concreto.

El concreto a usar en los pedestales de la Torre y Vientos será el CONCRELISTO ( $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>), que se comercializa en bolsas de 40 kg, cuya dosificación es de 56 bolsas por m<sup>3</sup>, sus componentes cumplirán las especificaciones del RNE E-060 Norma de Concreto Armado.

##### **4.2 Cemento**

Se usará Cemento Pórtland, tipo I normal, según norma ASTM C 150. En caso de utilizarse cemento en bolsa, no se aceptará que la envoltura esté deteriorada o perforada. Se almacenará en lugar techado, fresco, libre de humedad, sin contacto con el suelo y en pilas de hasta 10 bolsas, cubriéndose con material plástico u otro medio de protección.

#### **4.3 Agregados Finos (Arena)**

La arena para la mezcla del concreto será limpia, con un tamaño máximo de partículas de 3/16".

La arena será obtenida de depósitos naturales, y cumplirá con lo especificado en la Norma ASTM C 33. La arena deberá consistir de fragmentos de roca duros, fuertes, densos y durables, libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, esquistos, álcalis, ácidos, materia orgánica, greda u otras sustancias dañinas.

#### **4.4 Agregado Grueso**

El agregado grueso para concreto será grava natural limpia o piedra triturada de 1/2" de tamaño nominal. El agregado grueso consistirá de fragmentos de roca, duros, fuertes, densos y durables sin estar cubiertos de otros materiales. Será preferentemente angular y de textura rugosa. El agregado grueso deberá cumplir con la norma ASTM C 33 y con los requisitos de las normas ASTM C 88, ASTM C 127 y ASTM C 131.

#### **4.5 Agua**

El agua que se emplee para la mezcla y el curado del concreto deberá ser de preferencia potable. En cualquier caso deberá cumplir con lo indicado en el ítem 3.3 de la Norma E.060 de Concreto Armado.

El agua estará limpia y libre de cantidades dañinas de sales, aceites, ácidos, álcalis, materia orgánica o mineral, u otras impurezas que puedan reducir la resistencia, durabilidad o calidad del concreto, o afectar el acero de refuerzo o los elementos embebidos en el concreto.

La calidad del agua, determinada mediante análisis de laboratorio, será tal que no se excedan los límites siguientes:

- Cloruros 50 ppm
- Sulfatos 300 ppm
- Sales de Magnesio 150 ppm
- Total de sales solubles 1500 ppm

- Sólidos en suspensión 1500 ppm
- Materia orgánica 10 ppm
- El pH del agua deberá ser mayor que 7.

Las fuentes de agua, previo análisis de laboratorio, será aprobada por la supervisión.

#### **4.6 Aditivos**

Por la necesidad de llegar a la resistencia requerida por el rápido montaje de las estructuras se hará uso de aditivos acelerante de fragua y un aditivo incorporado de aire u otros similares de otro fabricante de garantía. La dosificación para concreto está indicada por el fabricante.

#### **4.7 Mezclado**

Todo el concreto será mezclado en mezcladoras confiables y en perfecto estado de funcionamiento, con capacidad adecuada para cumplir con el programa de construcción aprobado.

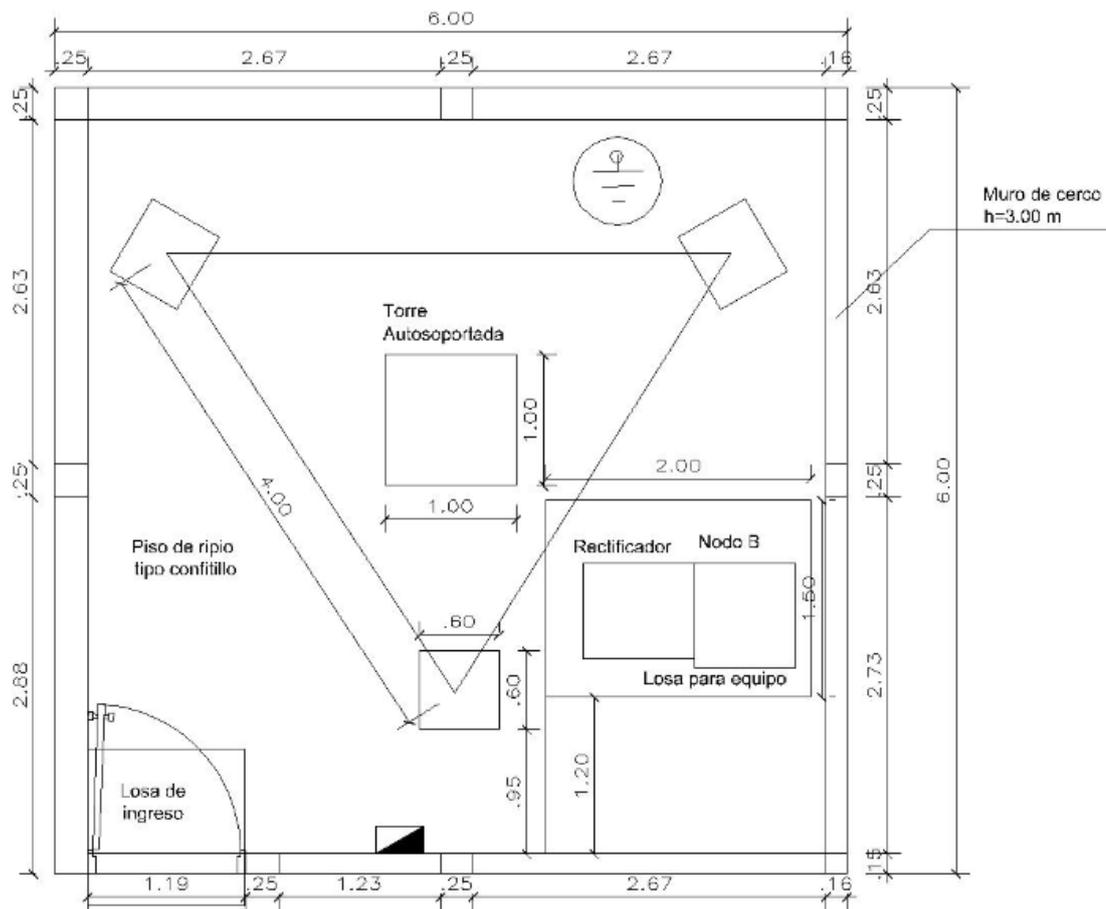
El agua será medida por peso o volumen, con una precisión de 1%. Si se emplea algún aditivo líquido, éste será incorporado y medido automáticamente, la solución deberá ser considerada como parte del agua de mezclado. Si se emplean dos o más aditivos deberán ser incorporados separadamente, a fin de evitar reacciones químicas que puedan afectar la eficiencia de cada una de ellos.

El tiempo de mezcla para cada tanda de concreto, después que todos los materiales incluyendo el agua se encuentren en el tambor, será no menor de 1 1/2 minutos, a menos que se muestre que un tiempo menor es satisfactorio.

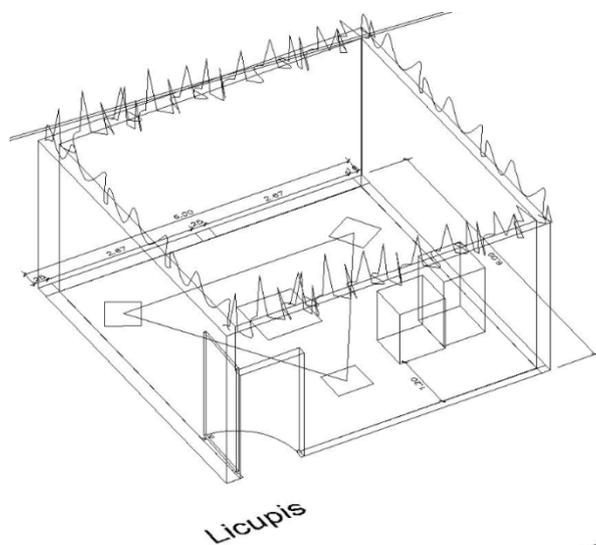
El tiempo de mezclado podrá prolongarse más allá del período mínimo especificado siempre y cuando el concreto no se convierta en una sustancia muy rígida para su colocación efectiva y consolidación, o no adquiera un exceso de finos debido a la acción molidora entre los materiales en la mezcladora.

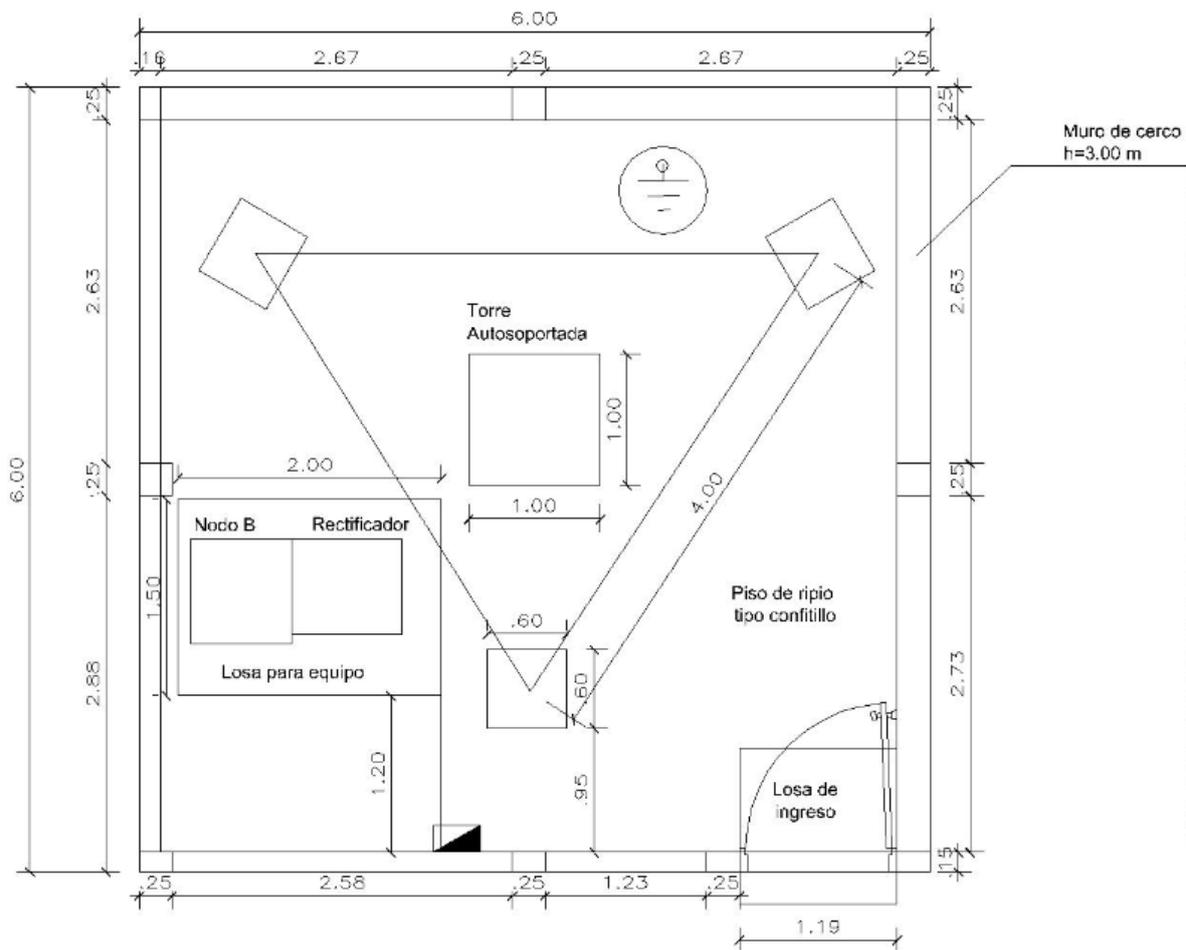
**ANEXO C**

**PLANOS DE INFRAESTRUCTURA**

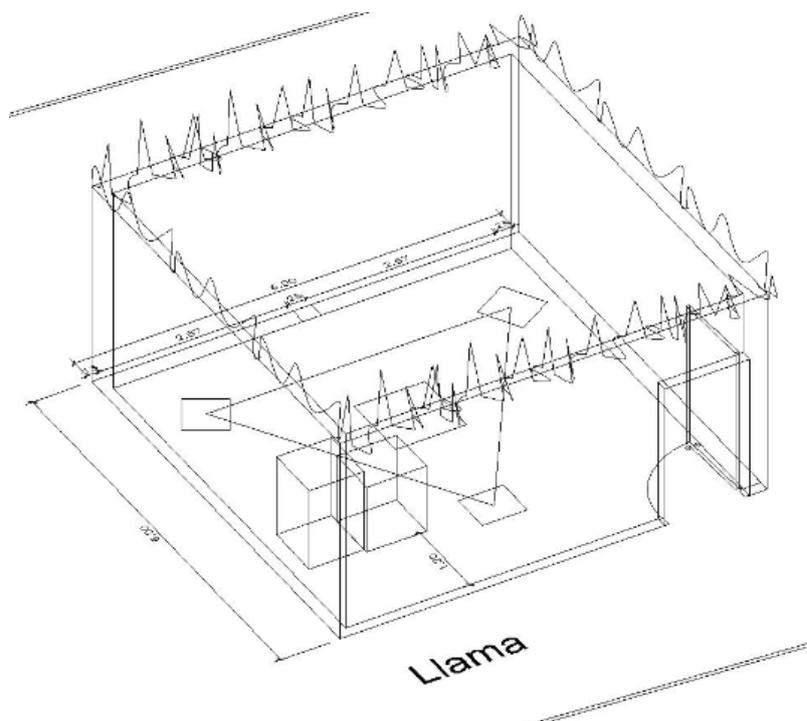


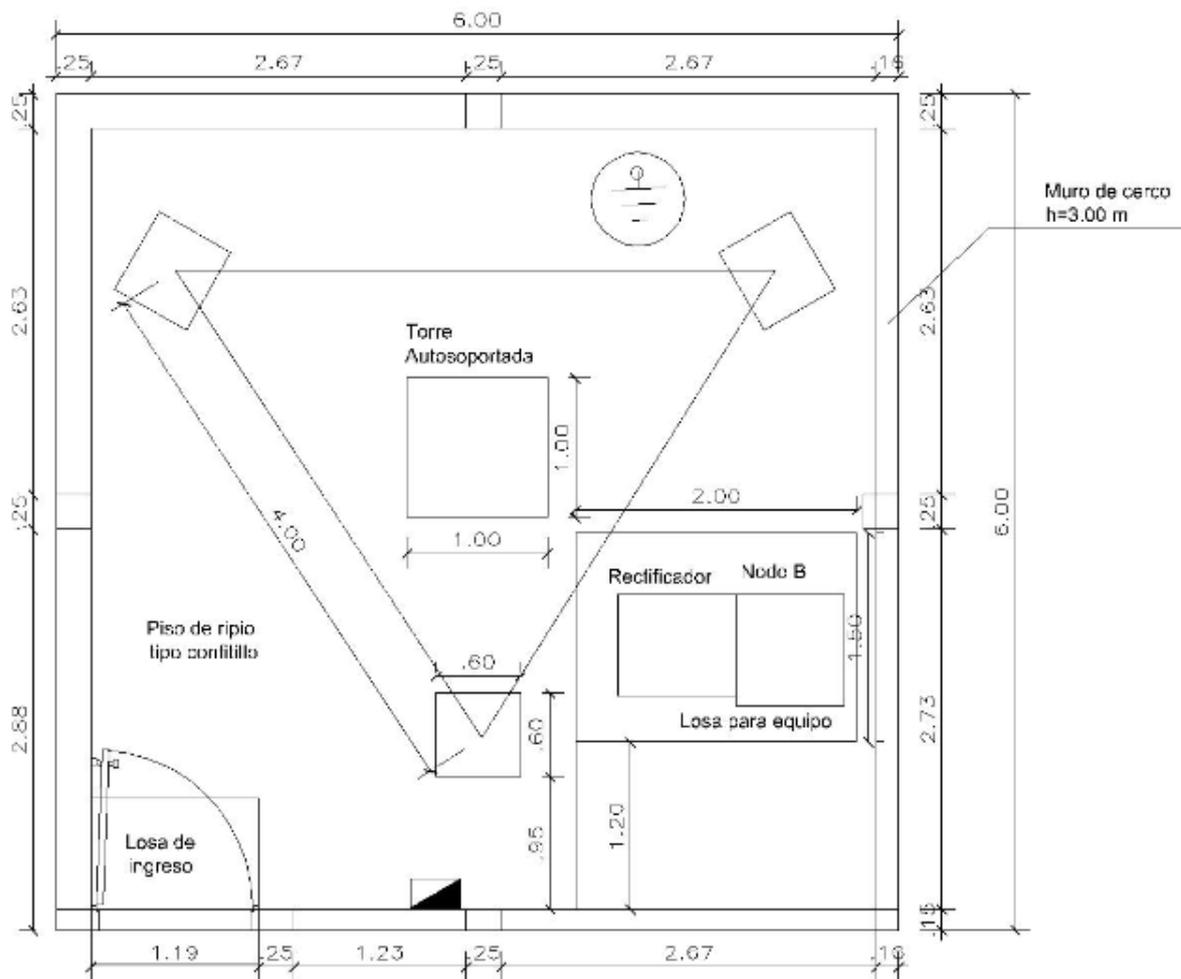
# Licupis



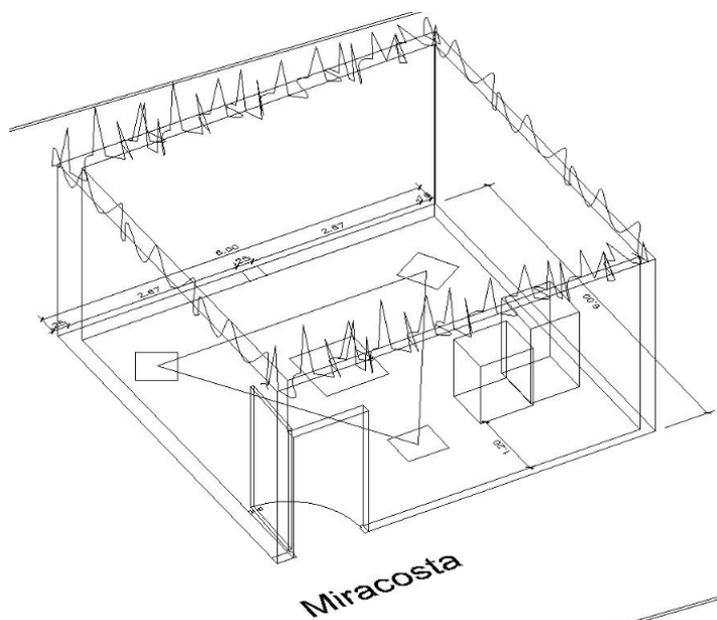


# Llama





# Miracosta



**ANEXO D**

**ACTA DE ACEPTACIÓN DEL NODO B**

Nombre del sitio:\_\_\_\_\_

Código del nodo B:\_\_\_\_\_

IP del nodo:\_\_\_\_\_

IP de gestión:\_\_\_\_\_

IP del Gateway:\_\_\_\_\_

IP de la RNC:\_\_\_\_\_

Pruebas de conectividad:

Nodo – Gateway	Nodo - RNC

Pruebas de servicio:

Sector	Voz Mismo operador	Voz Diferente operador	Datos
Primer sector			
Segundo sector			
Tercer sector			

Pruebas de VSWR:

Sector	Valor
Primer sector	
Segundo sector	
Tercer sector	

Pruebas de potencia:

Sector	Valor (dBm)
Primer sector	
Segundo sector	
Tercer sector	

**ANEXO E**

**ACTA DE ACEPTACIÓN DE LOS EQUIPOS DE RADIO ENLACES – RTN 910**

<b>ESTACION</b>	<b>Estación base 1</b>	<b>Sitio 1</b>
Dirección		
Latitud(s)		
Longitud (w)		
Altitud (msnm)		
Tipo de torre		
Altura de torre(m)		
Distancia del Enlace (km)		
<b>EQUIPO</b>		
Capacidad (E1s)		
Velocidad (Mbps)		
Frecuencia de Tx (MHz)		
Frecuencia de Rx (MHz)		
Ubicación de Banda base		
Sub-banda RF		
Marca de Antena		
Código de Antena		
Diámetro de Antena (m)		
Altura de antena Instalada(m)		
Polarización		
Azimut		
	<b>Radio1</b>	<b>Radio2</b>
<b>Prueba del Transmisor</b>		

TX PWR MON(v)		
Potencia de Tx (dBm) Nominal		
Potencia de Tx (dBm) de Operación		
Atenuación (dBm)		
Nivel de Umbral (dBm)		
<b>Prueba del Receptor</b>		
Rx level MON(v)		
Nivel de Recepción (dBm)		
<b>Conmutación</b>		
<b>Fuente de alimentación</b>		
Voltaje de fuente de energía (v)		
<b>Pruebas de Alarmas</b>		
Funcionamiento de Alarma en Tarjeta		
<b>Canal de Servicio</b>		
Funcionamiento		
<b>Loops Local y Remoto</b>		
FE loop back cont 1-16		
NE loop back cont 1-16		
FE loop back IF		
NE loop back IF		

