



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

TESIS

**“Diseño de una Red HSDPA para la Ciudad de
Arequipa”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE LAS TELECOMUNICACIONES
PRESENTADO POR**

Miguel Romero Zevallos

Asesor:

Ing. Luis Montes

LIMA – PERÚ

2009

RESUMEN

El presente proyecto de tesis consiste en realizar el diseño de una red de tercera generación para la ciudad de Arequipa; para esto se ha decidido utilizar la tecnología HSDPA que evoluciona a partir de la tecnología UMTS. Durante el desarrollo de este proyecto veremos el porqué de la elección de dicha tecnología y analizaremos el mercado de dicha ciudad para ver si es que requiere de la implementación de una red de tercera generación y la rentabilidad de dicha inversión. Se ha dividido todo el proyecto en cuatro capítulos. El primero, abarcará una explicación sobre la tecnología a utilizarse; el segundo, realizará una evaluación del perfil del proyecto, donde se analizará a fondo el mercado de la ciudad de Arequipa; en el tercer capítulo se planificará y se propondrá el diseño de la red; en el capítulo cuarto se realizará un análisis económico financiero de la inversión de dicho proyecto. Por último se plantearán las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido en la elaboración de este proyecto de tesis.

DEDICATORIA



A mi Abuela

A mi Mama

A Pedro

A mi hermano

Y a mis amigos

INDICE

RESUMEN	i
DEDICATORIA	ii
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABLAS	vi
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO 1	3
MARCO TEORICO	3
1.1. Objetivo de la Tesis	3
1.2. Principios Básicos	4
1.3. Génesis de los Sistemas Móviles	4
1.4. Evolución de los Sistemas Móviles	5
1.5. Necesidad de los Servicios Móviles Multimedia	7
1.6. Escenario 3G	8
1.7. Procesos Normativos	9
1.7.1. 3GPP	9
1.8. Introducción al HSDPA	12
1.9. Normas del Funcionamiento HSDPA	12
1.10. Arquitectura Del Sistema HSDPA	13
1.10.1. Red de Acceso	13
1.10.2. Red Núcleo	14
1.10.3. Arquitectura de Protocolos	16
1.10.4. Red De Acceso Radio	18
1.10.4.1. WCDMA	18
1.10.4.2. Canales Físicos en HSDPA	21
1.11. Terminales Móviles	24
CAPÍTULO 2	26
EVALUACION DEL PERFIL DEL PROYECTO	26
2.1. Introducción	26
2.2. Información Socio Económica de la Zona	27
2.3. Estudio de Mercado	29
2.3.1. Evaluación del Mercado Móvil	29
2.3.1.1. Identificación del Problema	31
2.3.1.2. Propuesta de Solución	32
2.3.1.3. Historia de Mercado	33
2.3.1.4. Situación Actual del Mercado	35
2.3.1.5. Proyección de Mercado	36
2.3.2. Consumidor y Demandas de Mercado	38
2.3.2.1. Evaluación del Usuario	38
2.3.2.2. Demanda del Mercado	40
2.3.3. Competencia y Oferta de Mercado	41
2.3.4. Penetración en el Mercado	43
2.3.4.1. Mercado Potencial	45

2.3.5.	Análisis de Riesgo	46
2.3.5.1	Identificación de Riesgos	46
2.3.5.2	Clasificación de Riesgos	47
CAPÍTULO 3		49
DISEÑO DE LA RED		49
3.1.	Planificación	49
3.1.1.	Espectro a usar	49
3.1.2.	Modelo de Propagación	50
3.1.3.	Modelos de Tráfico	53
3.1.3.1	Tráfico de Voz	53
3.1.3.2	Tráfico de Datos	54
3.1.4.	Calculo de Coberturas	54
3.1.4.1	Zonas de Cobertura	56
3.1.5.	Capacidad de las Células	57
3.1.6.	Topología Final	66
3.2.	Ingeniería y Tecnología	70
3.2.1.	Características del Nodo B	70
3.2.2.	Red de Transmisión	72
3.2.3.	Núcleo de Red	75
3.2.4.	Operación y Mantenimiento	76
3.2.5.	Otros Componentes	78
3.3.	Implementación	79
3.3.1.	Equipos y Proveedor	79
3.3.2.	Servicios a Ofrecer	79
3.3.3.	Terminales y Tarjetas	80
CAPÍTULO 4		82
ANÁLISIS ECONOMICO		82
4.1.	Inversión	82
4.2.	Gastos Operativos	85
4.3.	Ingresos	87
4.4.	Flujo de Caja	89
4.5.	Evaluación Financiera	89
CONCLUSIONES FINALES Y RECOMENDACIONES		92
5.1.	Conclusiones Finales	92
5.2.	Recomendaciones	93
BIBLIOGRAFÍA		94

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-1: EVOLUCION DE LOS SISTEMAS MOVILES.....	7
FIGURA 1-2: SERVICIOS MOVILES MULTIMEDIA.....	8
FIGURA 1-3: 3GPP.....	9
FIGURA 1-4: 3GPP EVOLUCION.....	10
FIGURA 1-5: EVOLUCION DE LAS TASAS DE TRANSFERENCIA.....	10
FIGURA 1-6: BANDAS DE FRECUENCIAS	11
FIGURA 1-7: ESPECTRO NACIONAL.....	11
FIGURA 1-8: UTRAN.....	14
FIGURA 1-9: NUCLEO DE UNA RED HSDPA	15
FIGURA 1-10: ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS RELEASE 99.....	16
FIGURA 1-11: ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS DE USUARIO HSDPA	17
FIGURA 1-12: RELACION ENTRE SECUENCIA ALEATORIA Y CANALIZACION...19	
FIGURA 1-13: USO DE SECUENCIA PSEUDOALEATORIA.....	19
FIGURA 1-14: USO DE CODIGOS ORTOGONALES.....	20
FIGURA 1-15: CODIGOS ORTOGONALES OVSF.....	20
FIGURA 1-16: OPERACIÓN EN EL CASO DE DOS USUARIOS.....	22
FIGURA 1-17: ESTRUCTURA DEL CANAL HS-DPCCH.....	24
FIGURA 1-18: USO DEL CANAL DEDICADO Y COMPARTIDO.....	24
FIGURA 2-1: PBI EN AREQUIPA Y PBI NACIONAL.....	28
FIGURA 2-2: LINEAS PRE PAGO.....	30
FIGURA 2-3: LINEAS POST PAGO.....	30
FIGURA 2-4: ARBOL DE PROBLEMAS: CAUSAS Y EFECTOS.....	32
FIGURA 2-5: ARBOL DE OBJETIVOS: MEDIOS Y FINES.....	33
FIGURA 2-6: LINEAS PRE PAGO.....	34
FIGURA 2-7: LINEAS POST PAGO.....	34
FIGURA 2-8: LINEAS MOVILES JUNIO 2008.....	35
FIGURA 2-9: LINEAS POST PAGO EN AREQUIPA.....	37
FIGURA 2-10: LINEAS PRE PAGO EN AREQUIPA.....	38
FIGURA 2-11: SATISFACCION DEL USUARIO.....	39
FIGURA 2-12: REQUERIMIENTO DE MAYOR CANTIDAD DE SERVICIOS.....	39
FIGURA 2-13: CONOCIMIENTO DE NUEVOS SERVICIOS.....	40
FIGURA 2-14: ZONAS DE COBERTURA.....	45
FIGURA 2-15: CLASIFICACION DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO.....	48
FIGURA 3-1: AREAS DE COBERTURA.....	57
FIGURA 3-2: UBICACIÓN DE LOS NODOS.....	66
FIGURA 3-3: SECTORIZACION DE NODOS.....	67
FIGURA 3-4: ASIGNACION DE LOS SC.....	68
FIGURA 3-5: LINEA DE VISTA NODO B-1.....	68
FIGURA 3-6: LINEA DE VISTA NODO B-2.....	69
FIGURA 3-7: LINEA DE VISTA NODO B-3.....	69
FIGURA 3-8: LINEA DE VISTA NODO B-4.....	69
FIGURA 3-9: FACTIBILIDAD DE LOS ENLACES DE MICROONDAS.....	74
FIGURA 3-10: NUCLEO DE RED.....	76
FIGURA 3-11: MODELO DE GESTION.....	76
FIGURA 3-12: DIAGRAMA DE TORRES.....	78
FIGURA 3-13: RADIO MODEM PARA TRANSMISION DE DATOS.....	78

LISTA DE TABLAS

TABLA 1-1: GENERACIONES DE TECNOLOGIAS MOVILES.....	5
TABLA 1-2: CATEGORIAS DE LOS TERMINALES MOVILES EN HSDPA.....	25
TABLA 2-1: POBLACION EN LAS PRINCIPALES CIUDADES.....	27
TABLA 2-2: EXPECTATIVA EMPRESARIAL.....	29
TABLA 2-3: TARIFAS MOVILES.....	31
TABLA 2-4: EVOLUCION DE LINEAS POST PAGO HASTA JUNIO 2008.....	42
TABLA 2-5: USUARIOS CON CONEXIÓN A INTERNET.....	42
TABLA 2-6: INGRESOS DE LAS OPERADORAS.....	43
TABLA 3-1: BANDAS DE FRECUENCIAS.....	50
TABLA 3-2: LINK BUDGET DEL UPLINK.....	55
TABLA 3-3: PROYECCION DE LINEAS POST PAGO.....	58
TABLA 3-4: OCUPACION POBLACIONAL EN LA CIUDAD DE AREQUIPA.....	59
TABLA 3-5: COMUNICACIONES POR DISTRITO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA..	59
TABLA 3-6: NÚMERO DEL USUARIOS.....	60
TABLA 3-7: UBICACIÓN DE LOS NODOS.....	60
TABLA 3-8: LINEAS POR NODO.....	61
TABLA 3-9: PLANES DISPONIBLES.....	61
TABLA 3-10: TRAFICO DE VIDEO LLAMADAS.....	62
TABLA 3-11: NUMERO DE CANALES PARA VIDEO LLAMADAS.....	63
TABLA 3-12: TRAFICO PRELIMINAR POR NODO.....	63
TABLA 3-13: TRAFICO DE VOZ POR CADA NODO.....	64
TABLA 3-14: TRÁFICO DE DATOS DEL NODO 5.....	64
TABLA 3-15: USUARIOS DE DATOS EN LA HORA CARGADA.....	65
TABLA 3-16: TRÁFICO DE DATOS FINAL.....	65
TABLA 3-17: UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS NODOS.....	66
TABLA 3-18: TOTAL DE CANALES POR NODO.....	73
TABLA 3-19: TRAFICO DE DATOS.....	73
TABLA 3-20: CAPACIDAD DE LOS ENLACES DE TRANSMISION.....	74
TABLA 3-21: EQUIPOS A UTILIZAR.....	79
TABLA 3-22: MEJORA EN LOS SERVICIOS.....	80
TABLA 4-1: INVERSION UTILIZANDO ENLACES DE MICROONDAS.....	83
TABLA 4-2: INVERSION UTILIZANDO FIBRA OPTICO O COBRE.....	84
TABLA 4-3: INTERCONEXION PARA EL 2009.....	85
TABLA 4-4: INTERCONEXION PARA EL 2010.....	86
TABLA 4-5: INTERCONEXION PARA EL 2011.....	86
TABLA 4-6: COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	87
TABLA 4-7: PROYECCION DE LINEAS POST PAGO.....	88
TABLA 4-8: INGRESOS 2009.....	88
TABLA 4-9: INGRESOS 2010.....	88
TABLA 4-10: INGRESOS 2011.....	89
TABLA 4-11: FLUJO DE CAJA.....	89
TABLA 4-12: VAN, TIR.....	90
TABLA 4-13: PERIODO DE RECUPERO.....	91

INTRODUCCION

Desde que se introdujo la telefonía, el hombre ha buscado mejorar el servicio y velocidad de la misma. Primero con las clásicas centrales de funcionamiento manual, donde era una persona la encargada de interconectar a dos usuarios; luego con la automatización de las centrales se pasó a realizar la conmutación de llamadas de forma automática, sin ayuda de alguna operadora; y ahora, con el uso masivo de la telefonía móvil, donde el tema de la ubicación de una persona ya no es un problema, se hace cada vez más trascendental el disponer de un equipo móvil.

En la actualidad, las empresas más importantes de telecomunicaciones invierten con gran fuerza en el mercado de telefonía móvil, no solo porque es uno de los negocios más rentables, sino porque cada vez el número de personas que desea contar con un teléfono móvil es mayor. Inclusive en algunos países se cuenta con una penetración de servicios móviles por encima del 100%, como es el caso de Italia con 134%, Lituania con 133% y otros países europeos.

Ahora los usuarios ya no solo desean comunicarse con otro usando simplemente la voz y mensajes de texto, sino que se comienza a desarrollar la video llamada, mensajes multimedia y acceso a Internet con gran ancho de banda. Para poder permitir estos nuevos servicios y requerimientos es que se crea la tercera generación de servicios móviles. De esta forma es que llegamos al tema principal de este proyecto de tesis, en el que modelaremos el diseño de la implementación de una red de tercera generación en una provincia, en donde los requerimientos de acceso a velocidades mayores de transferencia de datos son necesarios no solo por parte de los usuarios domésticos sino también por parte de las empresas.

Se utilizará la tecnología móvil de tercera generación HSDPA, la cual cubrirá de forma total los requerimientos de dicho departamento, ya que las tasas de transferencia de bajada usando dicha tecnología son bastante altas, llegando hasta los 14 Mbps teóricamente. Se utilizará la infraestructura ya desplegada por parte de algún operador, implementando una nueva estación base únicamente cuando el planeamiento de red lo requiera.





CAPÍTULO 1

MARCO TEORICO

1.1. Objetivo de la Tesis

El presente proyecto de tesis tiene como fin el diseño del modelo de implementación de una red móvil de tercera generación en un departamento en el que los requerimientos por un acceso a telefonía móvil de gran ancho de banda son de gran importancia y necesidad no sólo por los usuarios domésticos sino por las empresas en general.

La tecnología que se ha decidido utilizar es la definida por el estándar de la 3GPP como HSDPA o High Speed Downlink Packet Access definida en la versión 5. Se usa dicha tecnología ya que sus tasas de transmisión están por el orden de los 10 Mbps, alcanzando teóricamente un máximo de tasa de bajada de 14.4 Mbps. Disponer de estas tasas de transmisión permite la

implementación de una serie de nuevos servicios, como acceso a Internet de banda ancha, video llamadas, mensajes multimedia, entre otros.

1.2. Principios Básicos

Las empresas de telecomunicaciones plantean actualmente tres principios básicos para desarrollar negocios: Simplicidad, Confiabilidad y Eficiencia.

La Simplicidad se traduce en qué tan simple resulta desarrollar servicios o productos en una red o tecnología de punta.

La Confiabilidad se traduce en qué tan capaz es una red o tecnología de soportar cambios, no solo de usos (tráficos), sino de calidad de prestaciones.

La Eficiencia de una nueva red o tecnología no solo consiste en la mejora del rendimiento, sino también se traduce en la reducción de costos y en la simple evolución tecnológica sin afectar los servicios o productos prestados.

Con estos principios básicos actualmente se evalúa la introducción de nuevas tecnologías en cualquier red del mundo.

1.3. Génesis de los Sistemas Móviles

La telefonía fija, si bien es cierto, permite la comunicación entre dos o varios usuarios, no permite realizar dicha comunicación mientras una persona se encuentra en movimiento o si es que no está conectado a la red pública usando un cable. En respuesta a este problema de movilidad y ubicación surgen los sistemas móviles, donde la necesidad de encontrarse conectado a una toma es independiente de la comunicación. Los sistemas móviles se caracterizan por estar definidos en generaciones, las cuales han ido evolucionando desde la primera, que se caracterizaba principalmente por ser de servicios analógicos; la segunda, por tener servicios digitales; y por último, la tercera, por contar con los servicios multimedia. En la siguiente tabla veremos una comparación entre dichas generaciones.

TABLA 1-1 GENERACIONES DE TECNOLOGIAS MOVILES.

Fuente: “VI Cátedra de Telecomunicaciones” [PAR2008]

Criterio	Primera Generación	Segunda Generación	Tercera Generación
Servicios	Voz	Voz y Mensajería Corta	Voz y Datos
Calidad de Servicio (QoS)	Baja	Alta	Alta
Nivel estandarización	Bajo	Fuerte	Fuerte
Velocidad de Transmisión	Baja	Baja	Alta
Tipo de Conmutación	Circuitos	Circuitos	Paquetes (IP)

1.4. Evolución de los Sistemas Móviles

Los sistemas móviles se clasificaron en generaciones, las cuales se caracterizaban por tener grandes avances en cuanto a tecnología de generación en generación. Durante la primera generación, se desarrollaron sistemas analógicos, entre los cuales tenemos los siguientes: el sistema de comunicación de acceso total TACS; el sistema europeo, que operaba principalmente en la banda de 900 MHz; el sistema americano de telefonía móvil AMPS, que apareció en el año 1976 y fue el primer estándar móvil aunque tenía muchas falencias en cuanto a seguridad; y por último, el sistema japonés de telefonía móvil JNPS. Todos estos sistemas contaban con muy baja velocidad de transmisión y su función principal era la de establecer una comunicación usando principalmente la voz.

Los sistemas móviles de segunda generación aparecieron a finales de los años 80, entre los cuales encontramos sistemas como el QCDMA; D-AMPS, el cual es la evolución del anterior AMPS, GSM, DECT, TETRA, entre otros; siendo de estos los estándares más importantes los GSM, CDMA y TDMA.

GSM, estándar usado ampliamente en Europa, opera en las bandas de 900 MHz y 1800 MHz y utiliza los modos de operación FDD y TDD. El modo FDD lo usa para el acceso a las portadoras de Uplink o subida y Downlink o

bajada, mientras que el modo TDD es usado para el acceso a su portadora GSM de 200 Khz. [PAR2008]

CDMA usa la técnica de ensanchado del espectro con el cual se envía una señal sobre un largo rango de frecuencia, en este caso 1.25 Mhz, tamaño de la portadora de CDMA. Este sistema fue ampliamente implementado en Estados Unidos, donde se encuentra su desarrollador, la compañía Qualcomm. Al no ser un estándar abierto se deben pagar regalías por el uso de dicho estándar, lo que no sucede con GSM. Esto benefició en gran parte la mayor aceptación de dicho estándar.

Gracias a la segunda generación es que se hace posible la transmisión de voz y mensajes de texto o SMS, ya que se alcanzan tasas máximas de transmisión de 9.6 Kbps.

Después surgen las extensiones al estándar GSM, una de las cuales es GPRS, de la cual se dice que es de una generación 2.5 y se introduce el acceso a la red de paquetes permitiendo una tasa de transmisión máxima de 114 Kbps. Luego surge EDGE, que se dice que es una tecnología 2.75 G, ya que incrementa más aun las tasas de transmisión, llegando hasta los 384 Kbps y permitiendo de esta forma las aplicaciones multimedia. [PAR2008]

La tercera generación surge ante la necesidad de que la red soporte servicios como navegación en Internet, alta velocidad en transferencia de datos, video telefonía y otros servicios multimedia. La evolución de GSM en cuanto a la tercera generación surge por un lado con los sistemas WCDMA o UMTS y por otro con el sistema EVDO. Ambos inician sus operaciones con tasas de 384 kbps. Luego UMTS evoluciona a HSPA en sus dos versiones HSDPA y HSUPA. Con esta tecnología se llega a tasas teóricas de transferencia de datos de bajada de hasta 14.4 Mbps y de subida de 5.7 Mbps. Actualmente, se viene desarrollando la tecnología LTE, la cual ofrece tasas que alcanzan los 50 Mbps. Para esto se cambia el método de acceso a OFDMA y se utiliza la modulación 64 QAM. Otro cambio importante es el incremento del ancho de banda a 50 Mhz por portadora. A medida que pasan los años las tecnologías van incrementando

sus tasas de transferencia debido, en gran parte, a que los nuevos servicios que se intentan implementar requieren de grandes velocidades por sus grandes contenidos multimedia. [PAR2008]

En el siguiente gráfico se puede ver como es que evolucionaron los sistemas móviles en las dos grandes ramas GSM y CDMA.

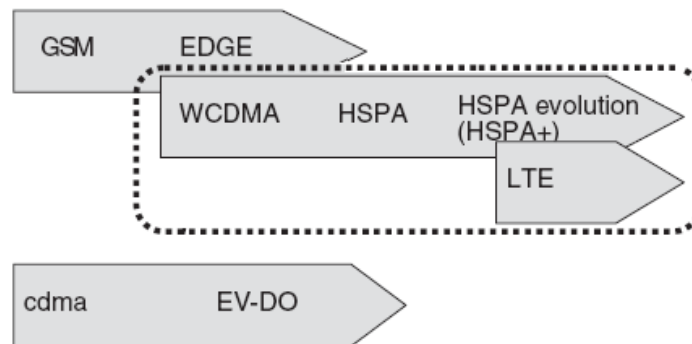


FIGURA 1-1 EVOLUCION DE LOS SISTEMAS MOVILES
Fuente: "WCDMA FOR UMTS – HSPA Evolution and LTE" [HOL2007]

1.5. Necesidad de los Servicios Móviles Multimedia

El crecimiento de las comunicaciones móviles solo tiene comparación con el crecimiento de Internet. En la figura 1.5, se muestra como ambas soluciones crecen a la par, por lo tanto su convergencia se hace necesaria, dado que el terminal móvil actual es un vehículo muy adecuado para los servicios de internet, datos, video, etc.

También es claro que a medida que pasan los años, los usuarios requieren de nuevos servicios y facilidades para su comunicación. Ante esta situación surgen los servicios móviles multimedia con la finalidad de dar solución a la necesidad de tener un mayor nivel de comunicación que ya no solo sea usando la voz y mensajes de texto, sino también a través de video llamadas y mensajes multimedia, donde la comunicación se realiza a través de la voz e imágenes. Para poder realizar este tipo de comunicación es que nacen los sistemas móviles de tercera generación, los cuales poseen las tasas de transferencia suficiente para poder soportar servicios como la navegación en

Internet de banda ancha, juegos en línea, video llamadas y mensajes multimedia.

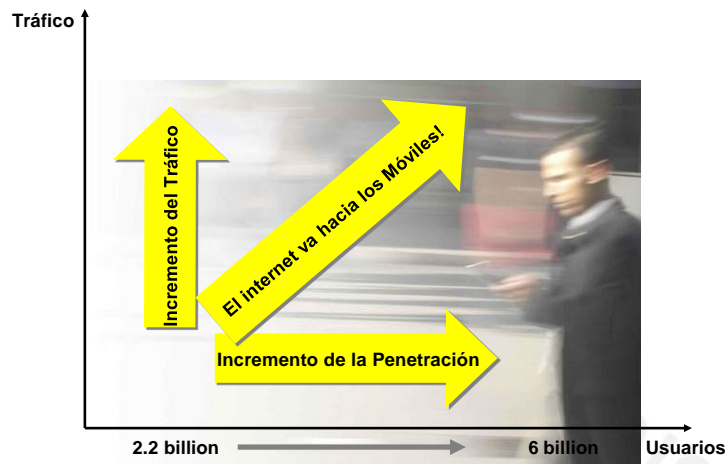


FIGURA 1- 2 SERVICIOS MOVILES MULTIMEDIA

Fuente: "Creación Propia"

1.6. Escenario 3G

En la actualidad el mercado peruano, debido los avances tecnológicos, a las normas dictadas por el Organismo Regulador y a la competencia, viene creciendo de una forma sostenida en lo que a comunicaciones móviles se refiere, a tal medida que la penetración está muy próxima al 100%. Es entonces que surge la pregunta sobre si los sistemas actuales pueden soportar estas demandas, esto es, si las soluciones tecnológicas que se pensaron en su momento para un mercado mucho más limitado aún son válidas, de tal manera que las empresas de telecomunicaciones empiezan a considerar aspectos como, la eficiencia espectral, los servicios, la capacidad y la cobertura. En todos los departamentos del Perú se encuentra implementada la tecnología EGPRS o EDGE, la cual se dice que es una tecnología de 2.75 G, ya que llega a tasas de transmisión teóricas de 384 Kbps. Dicha tecnología usa la infraestructura ya desplegada de GSM. Hasta hace unos años eran suficientes dichas tasas de transmisión pero ahora, con los nuevos servicios, es necesario evolucionar a lo que es la tercera generación o 3G. Las empresas móviles Claro y Movistar ya vienen implementando una tecnología 3G como HSDPA en Lima; no en todos

los distritos, pero en las principales zonas comerciales ya está disponible. Teóricamente los dispositivos móviles que utilizan esta tecnología superan fácilmente las tasas de 384 Kbps de EDGE, dando lugar a que la empresa pueda ofrecer mejores servicios con mucha mayor calidad, como por ejemplo las video llamadas, navegación por Internet con banda ancha, etc. En los siguientes años las empresas móviles que se encuentran operando en el país tendrán de todas maneras que evolucionar a la tecnología móvil de tercera generación que mejor les convenga pero al fin y al cabo lo deberán hacer, ya que el mercado lo requiere.

1.7. Procesos Normativos

El concepto de Tercera Generación, es un conjunto de nuevas tecnologías, lo cual nos dice que tiene que existir una colección de normas de dominio público y que generalmente se denominan de estándar abierto.

La estandarización de los sistemas móviles de tercera generación está a cargo de dos organizaciones la 3GPP y la 3GPP2. [PAR2008]

1.7.1. 3GPP

La 3GPP o la 3rd Generation Partnership Project es la organización europea y asiática que se encarga de la estandarización de tecnologías móviles. Esta fue creada a finales de 1998, cuando los países europeos y asiáticos en busca de una única tecnología móvil deciden formar una organización que estandarice un único sistema móvil para toda Europa, Japón, Korea, EEUU y China. Es así que se unen las distintas organizaciones tecnológicas de cada país como la ETSI (Europa), ARIB (Japón), TTA (Korea), entre otras.

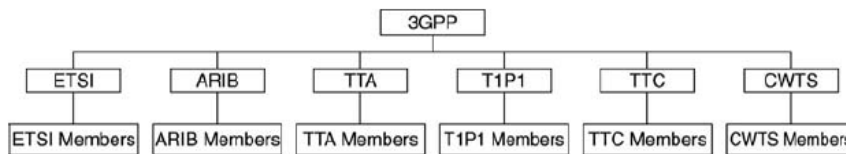


FIGURA 1- 3 3GPP

Fuente: "WCDMA FOR UMTS – Radio Access" [HOL2004]

La 3GPP consta de cuatro grupos de trabajo de especificaciones técnicas (TSGs). [HOL2004]

- Radio Access Network: Se enfoca en la interfaz radio.
- Core Network: Se encarga del núcleo de la red
- Service and System Aspects: Se encargan de los servicios y la arquitectura de la red.
- Terminals: Se enfocan en probar los terminales.

Las actualizaciones en los sistemas móviles se efectúan a través de los release, los cuales son dispuestos por la 3GPP. UMTS fue establecido en el Release 99 y HSPDA, en el release 5. En la siguiente figura veremos como es que los release se han ido elaborando.

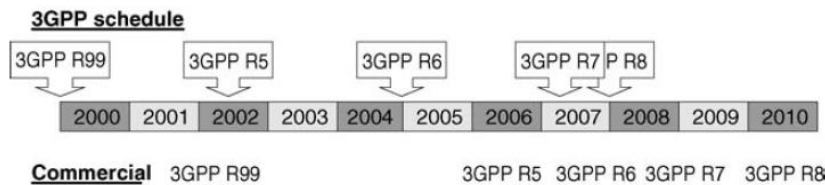


FIGURA 1-4 3GPP EVOLUCION

Fuente: “WCDMA FOR UMTS – Radio Access” [HOL2004]

Cada uno de los releases vienen con una mejora importante en comparación con el anterior. En la siguiente figura se pueden ver las mejoras en cuanto a tasas de transmisión de Uplink o subida y Downlink o de bajada. Cada uno de los release son estándares abiertos, por lo que no se tienen que pagar regalías ni por las operadoras, ni por las compañías proveedoras de los equipos.

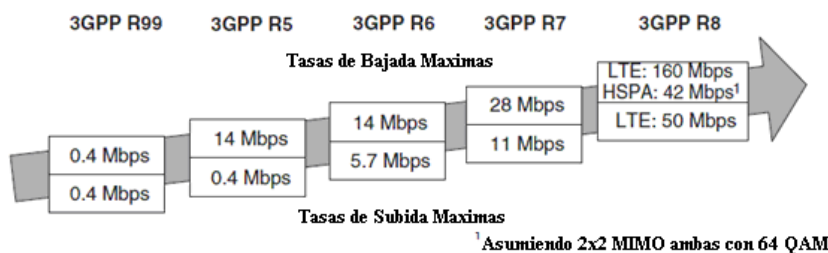


FIGURA 1-5 EVOLUCION DE LAS TASAS DE TRANSFERENCIA

Fuente: “WCDMA FOR UMTS – HSPA Evolution and LTE” [HOL2007]

El espectro a nivel mundial para los servicios móviles se distribuye como se muestra en la siguiente figura.

Banda de Operacion	Nombre 3GPP	Espectro Total	Subida [MHz]	Bajada [MHz]	
Band VII	2600	2x70 MHz	2500-2570	2620-2690	Nueva Banda 3g
Band I	2100	2x60 MHz	1920-1980	2110-2170	Banda Principal WCDMA
Band II	1900	2x60 MHz	1850-1910	1930-1990	Banda PCS en USA y America
Band IV	1700/2100	2x45 MHz	1710-1755	2110-2155	Nueva Banda 3G en Usa y America
Band III	1800	2x75 MHz	1710-1785	1805-1880	Europa, Asia y Brazil
Band IX	1700	2x35 MHz	1750-1785	1845-1880	Japon
Band VIII	900	2x35 MHz	880-915	925-960	Europa y Asia
Band V	850	2x25 MHz	824-849	869-894	Usa, America y Asia
Band VI	800	2x10 MHz	830-840	875-885	Japon

FIGURA 1-6 BANDAS DE FRECUENCIAS

Fuente: “WCDMA FOR UMTS – HSPA Evolution and LTE” [HOL2007]

Se puede ver que a diferencia de Europa, donde cada vez que se desarrolla una nueva tecnología se libera una banda de mayor frecuencia, en América se tiende a reutilizar las bandas ya destinadas a otras tecnologías. En el caso del Perú se operan los servicios móviles públicos en dos bandas, la banda II de 1900 MHz y la banda V de 850 MHz. En el siguiente cuadro se ve cuales son las operadoras y en que frecuencias operan a nivel nacional.

Estrategia de Espectro. Espectro Nacional

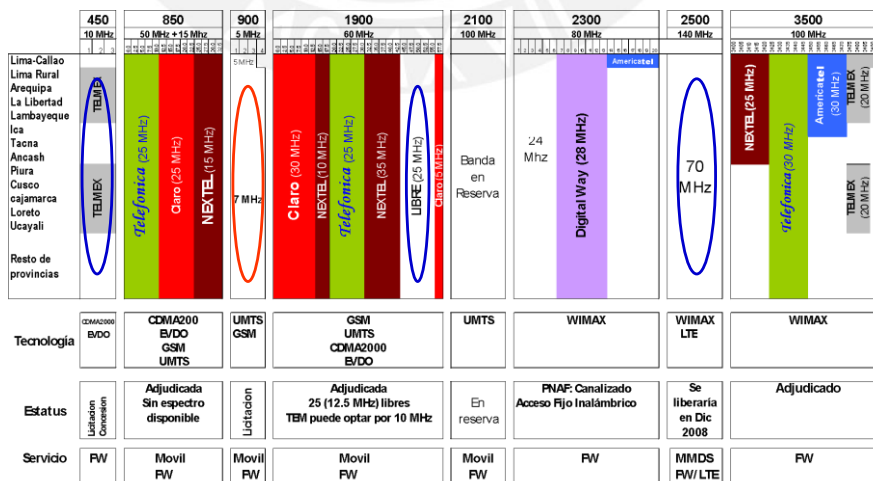


FIGURA 1-7 ESPECTRO NACIONAL

Fuente: “Sitio Oficial del MTC” [MTC2008]

1.8. Introducción al HSDPA

La 3GPP definió la tercera generación de los sistemas móviles en el release 99 conocidos como UMTS. En este release se definen básicamente tres formas en las que se puede descargar un paquete y realizar una comunicación mediante el establecimiento de un circuito. Estos métodos ofrecen tasas relativamente altas si lo comparamos con los sistemas de segunda generación, pero para las aplicaciones actuales quedan un poco obsoletas. Es por eso que surge HSDPA, ante la necesidad de los usuarios de tener mayores tasas de transmisión en cuanto a descarga de paquetes se refiere. Dicha tecnología permite básicamente una mejora en las tasas de transmisión de descarga, llegando teóricamente hasta los 14 Mbps mientras que en subida se sigue manteniendo el mismo esquema que en UMTS, con tasas máximas de 384 Kbps. También se introducen mejoras en cuanto a la arquitectura de la red, como el acceso al subsistema multimedia IP o IP Multimedia Subsystem (IMS), con lo cual se pretende unificar el núcleo de la red móvil con los otros tipos de redes como la de datos y la de telefonía fija, evolucionando a una red de siguiente generación o Next Generation Network (NGN). Además, se mejora también el uso de la modulación y se derivan funciones al nodo B, con lo que el control ya no se realiza íntegramente por el RNC. Esto genera una reducción en los tiempos de transmisión mejorando de esta forma el rendimiento de la red.

1.9. Normas del Funcionamiento HSDPA

Como ya mencionamos anteriormente en el release 99 se definieron tres técnicas para la bajada o Downlink de paquetes (DL). La primera es usando el canal dedicado o dedicated channel (DCH); otra técnica es usando el canal de acceso directo o forward access channel (FACH); y por último, el canal compartido de bajada o downlink shared channel (DSCH) el cual no fue usado y eventualmente removido de la especificación.

Las tasas máximas teóricas de los canales DCH y el FACH fue motivo para el surgimiento de HSDPA. Aunque estas tasas de transmisión son

suficientes para muchas aplicaciones ya existentes, el crecimiento abrupto de los servicios móviles implicó el aumento de la demanda por mayores tasas de transmisión. HSDPA logra llegar hasta los 14 Mbps para un usuario categoría 10. Dichos valores se logran no solo por la introducción de los canales compartidos sino también por el uso de un nuevo método de modulación QAM, por la reducción del intervalo de tiempo de transmisión o time transmisión interval TTI, por el uso de turbo códigos como método de corrección de errores y por último, por el uso fijo de códigos OVSF con un factor SF de 16 para todos los usuarios, definiendo así un máximo de 15 códigos de uso en paralelo.

Una de las características más importante de HSDPA es que el sistema es capaz de combinar modulaciones y codificaciones a lo que se denomina como AMC (Adaptive Modulation and Coding). Esta técnica permite disponer, como ya dijimos, de una modulación QAM y QPSK, la cual se asigna dependiendo de la calidad de recepción de la señal por parte del usuario.

Gracias a todas estas características es que HSDPA es una tecnología que no solo nos brinda acceso de banda ancha sino que se puede implementar utilizando la infraestructura ya desarrollada para UMTS.

1.10. Arquitectura Del Sistema HSDPA

La arquitectura que veremos esta definida en el Release 5 y consta de los siguiente componentes. [HOL2006]

1.10.1. Red de Acceso

- UE o Equipo de Usuario: Es el encargado de establecer la comunicación entre el usuario y la estación base de la red móvil. Consta de un USIM Universal Subscriber Identity Module o Módulo de Identidad de Subscriptor Universal, en donde se almacena información del usuario y el ME Mobil Equipment o Equipo Móvil, que es el equipo físico del que dispone el usuario.

- **Nodo B:** Es la estación base que se encarga de la conectividad vía radio entre el abonado y la red. Se encarga de dar la calidad que requieren los distintos servicios, control de carga y sobrecarga de datos, da los tiempos y capacidades a cada uno de los usuarios o scheduling.
- **RNC:** Es la estación que se encarga del control de admisión, la reserva de recursos, el asignamiento y manejo de los códigos OVSF. Así también se encarga del mapeo de los parámetros de la calidad de servicio y es el encargado del control del handover, lo que significa que se encarga de gestionar el traslado de un equipo móvil de una estación base a otra.

En la siguiente figura se puede ver como se relacionan el UE, Nodo B y el RNC. A esta sección de la arquitectura HSDPA se le denomina UTRAN.

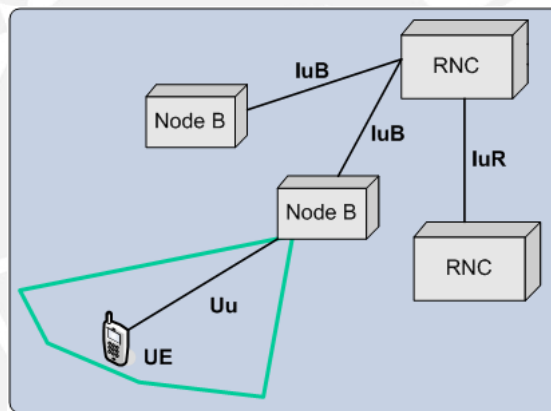


FIGURA 1-8: UTRAN

Fuente: "WCDMA FOR UMTS – HSPA Evolution and LTE" [ORT2007]

1.10.2. Red Núcleo

La red de núcleo consta de los siguientes componentes:

- **CS-MGM,** es el media Gateway encargado de que el flujo de información que llega al núcleo se transforme a paquetes IP
- **CS-MGW** es el media gateway encargado de cambiar el formato de paquetes IP al formato de la red tradicional o la red de conmutación de circuitos.

- MSC SERVER es el que controla o da órdenes a los media gateway de cómo es que se debe realizar la conmutación de paquetes, es decir, le dice al media Gateway adonde es que se deben enrutar los paquetes y se encarga del control y señalización de los mismos.
- SGSN o servidor para conmutación de paquetes, es el encargado de la transferencia de paquetes desde o hacia los móviles, es decir, está encargado del enrutamiento de los paquetes.
- GGSN o Gateway entre el núcleo de la red y la red de paquetes, se encarga de convertir los paquetes provenientes del SGSN al formato apropiado como IP.
- HSS: Es la base de datos donde se encuentran los perfiles de los usuarios así como la información de señalización que se requiere.
- AuC: Es el centro de autenticación donde se encuentran las claves de autenticación y es la responsable de la autenticación del abonado.

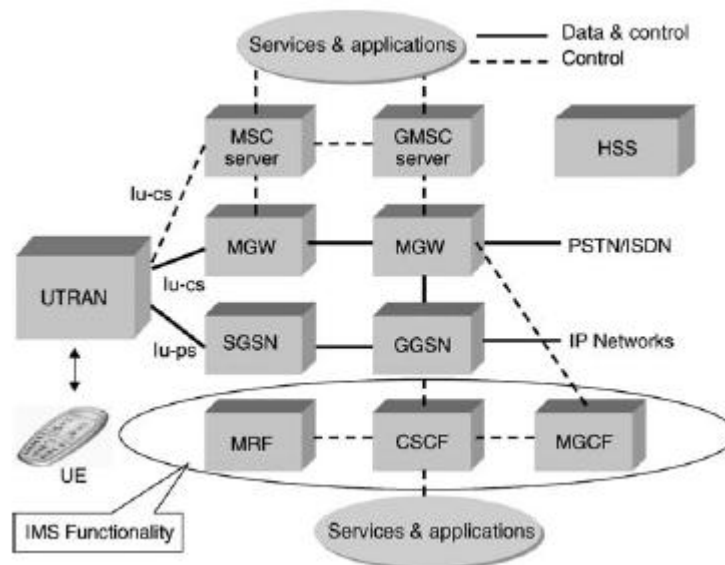


FIGURA 1-9: NUCLEO DE UNA RED HSDPA
 Fuente: "WCDMA FOR UMTS –Radio Access" [HOL2004]

Como podemos ver en la figura anterior se añade la funcionalidad de IMS al núcleo de la red. El IMS o Subsistema multimedia IP, es una plataforma en que dispone de tres nuevos elementos:

- Media Resource Function (MRF), el cual se encarga de controlar los recursos y juntar distintos tipos de tráfico multimedia.
- Call State Control Function (CSCF), actúa como el primer elemento con el cual tiene contacto un terminal en el IMS. Se encarga de manejar el estado de las sesiones y ser el punto de contacto de todas las conexiones al IMS para un usuario. También realiza funciones de un firewall para la red del operador.
- Media Gateway Control Function (MGCF), es el encargado de la manejar las conversiones de protocolos, es decir, transforma la señalización usada en la red de paquetes SIP a la que se usa en la PSTN SS7.

1.10.3. Arquitectura de Protocolos

La arquitectura de protocolos puede ser definida en el plano de usuario y plano de control. En la siguiente figura veremos los distintos protocolos y a que plano pertenecen definidos en el release 99 para UMTS. [HOL2006]

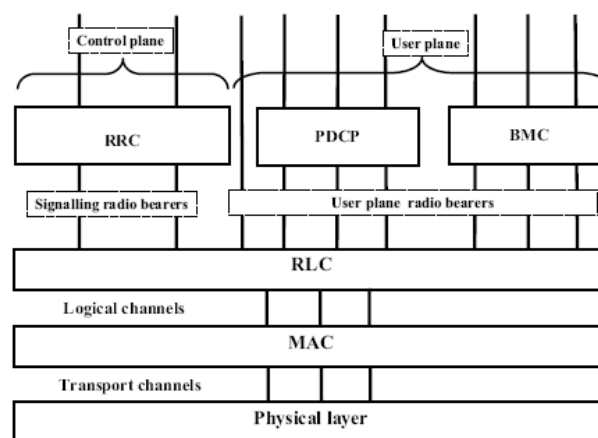


FIGURA 1-10: ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS RELEASE 99

Fuente: "HSDPA/HSUPA for UMTS" [HOL2006]

En el plano de control encontramos el RRC, el cual se encarga de la señalización relacionada con la configuración de canales, administración de la movilidad, etc.

En el plano de usuario se encuentra el protocolo PDCP (Packet Data Convergence Protocol) o protocolo de convergencia de paquetes. Dicho protocolo se encarga de comprimir la cabecera de los paquetes IP en dos a tres veces su tamaño original, reduciendo de gran forma la carga de los paquetes.

El protocolo BMC (Broadcast/Multicast Control) o control de broadcast/multicast, tiene como función principal ordenar y transmitir los mensajes broadcast en una celda hacia un terminal.

El plano de control en HSDPA se sigue manteniendo; lo que varía es el plano de usuario. En la siguiente figura podemos apreciar como es que se introducen nuevas funcionalidades en el nodo B.

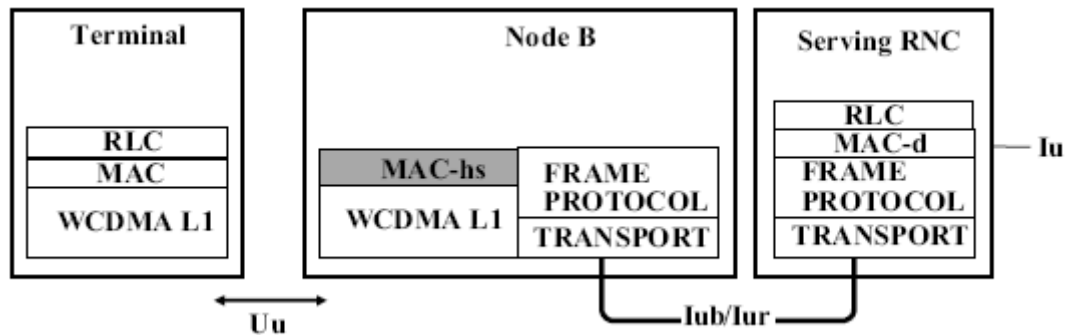


FIGURA 1-11: ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS DE USUARIO HSDPA

Fuente: "HSDPA/HSUPA for UMTS" [HOL2006]

- RLC.- Radio Link Control, maneja la segmentación y retransmisión de información de usuarios y control. Puede operar en 3 modos distintos:
 - Transparente: Cuando no se añade una cabecera por parte de la capa RLC. Esto no se puede aplicar cuando se usan los canales de transporte de HSDPA y HSUPA.

- Unacknowledged mode: Cuando no existe la retransmisión por parte de la capa RLC. Se usa cuando las aplicaciones pueden tolerar la pérdida de algunos paquetes.
- Acknowledged mode: Cuando se asegura el envío de la información gracias a las retransmisiones por parte de la capa RLC.
- Control del Medio de Acceso (MAC).- Este protocolo se encarga del mapeo de los canales lógicos, manejo de las prioridades, selección de las tasas de transmisión de información que van a ser usadas y por último, del cambio de canales de transporte. Se divide en MAC-hs y MAC-d.
 - MAC-hs (MAC Alta Velocidad): Es un protocolo que se deriva de la MAC y se encuentra ubicado en la estación base o nodo B. Según se muestra en la figura de arquitectura de protocolos, mantiene todas las características de la capa MAC excepto la de intercambio de canales de transporte.
 - MAC-d (MAC Dedicado): Este protocolo solo mantiene las funciones de intercambio de canales de transporte de la capa MAC original. Todas las demás funciones las realiza la capa MAC-hs.

1.10.4. Red De Acceso Radio

1.10.4.1. WCDMA

Es el método de acceso que se usa para las tecnologías UMTS y HSPA. WCDMA, como su nombre lo dice, trabaja con un ancho de banda de 5 Mhz, el cual supera a los 1,25 Mhz de CDMA. CDMA o acceso múltiple por división de código, se basa en el uso de una secuencia pseudo aleatoria o scrambling y

códigos ortogonales o códigos OVFS. A este método de usar códigos ortogonales se le conoce como canalización. [KAA2001]

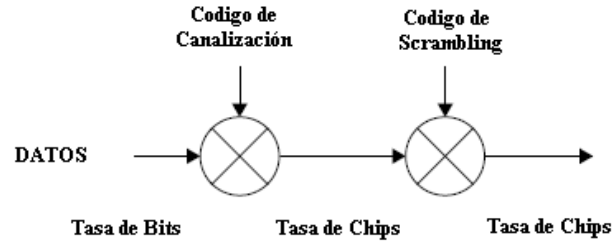


FIGURA 1-12: RELACION ENTRE SECUENCIA ALEATORIA Y CANALIZACION

Fuente: “WCDMA for UMTS – Radio Access” [HOL2004]

En la siguiente figura veremos como es que se usa el número de secuencia pseudo aleatoria para ensanchar la señal.

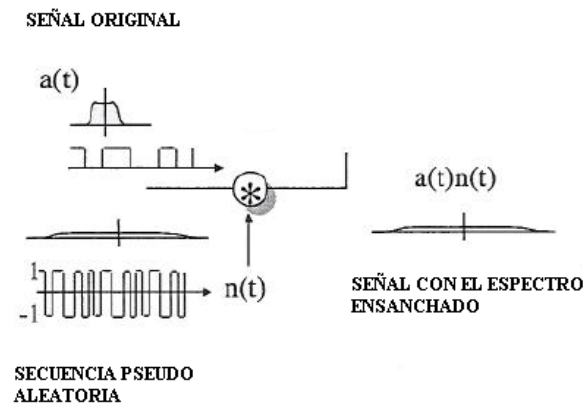


FIGURA 1-13: UTILIZACION DE SECUENCIA PSEUDO ALEATORIA

Fuente: “VI Cátedra de Telecomunicaciones” [PAR2008]

El uso de los códigos ortogonales sirve para poder diferenciar a los usuarios, es decir, se usa un código para cada usuario. De esta forma, al juntar los usuarios, será posible la decodificación de cada uno de ellos según su código, como se puede ver en la siguiente figura.

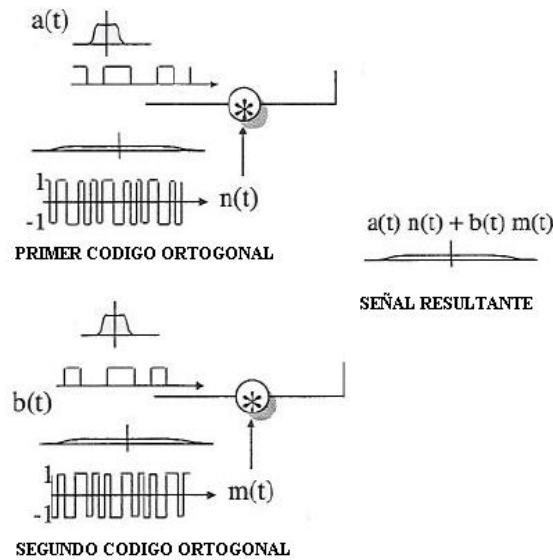


FIGURA 1-14: USO DE CODIGOS ORTOGONALES

Fuente: “VI Cátedra de Telecomunicaciones” [PAR2008]

El uso de los códigos OVSF no es ilimitado y está restringido por su árbol de códigos, como se puede ver en la siguiente figura.

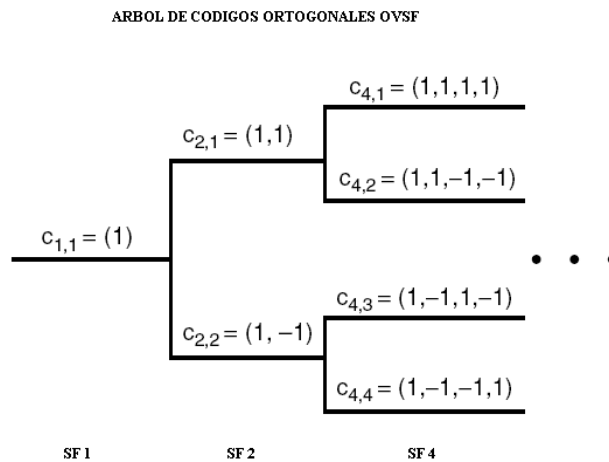


FIGURA 1-15: CODIGOS ORTOGANALES OVSF

Fuente: “VI Cátedra de Telecomunicaciones” [PAR2008]

Cada uno de estos códigos no solo define a los usuarios sino que define también las tasas de transmisión a las que va operar el usuario. Mientras más

reducido sea el código mayor será la tasa de transmisión de la que dispondrá el usuario. Cada uno de estos códigos se clasifica por su Spreading Factor (SF) o factor de dispersión. Es así que en HSDPA se trabaja, como veremos más adelante, con canales compartidos de SF 16. Este valor es constante y no varía, como se hace en UMTS para los canales dedicados.

En el release 99 se definieron básicamente tres métodos por los cuales se podía descargar información en forma de paquetes. Era usando los canales DCH, FACH y el DSCH, que nunca se utilizó y fue descartado del estándar.

1.10.4.2. Canales Físicos en HSDPA

- HS-DSCH: En HSDPA se introduce el canal rápido de bajada compartido o HS-DSCH (high speed downlink shared channel), el cual está definido para un SF de 16 constante. La característica de este canal es que se pueden asignar hasta 15 canales a un solo usuario, consiguiendo de esta forma el máximo de velocidad que ofrece HSDPA, 14.4 Mbps. Las diferencias con el canal DCH con las siguientes. [HOL2006]
 - Falta de un rápido control de potencia; en su lugar se hace uso de una adaptación del enlace en base al cambio de modulación y codificación.
 - Soporta una modulación 16 QAM, duplicando la capacidad de la modulación QPSK definida para el release 99.
 - El uso de retransmisiones a nivel físico, a diferencia del DCH que solo se realizaban a nivel RLC o nivel 3.
 - Falta del softhandover.
 - Solo se utilizan turbo códigos.
 - No hay transmisiones discontinuas a nivel de slot. Si es que no se transmite de forma entera el HS-PDSCH, entonces no se realiza la transmisión.

- HS-SCCH: algunas veces referido como el canal compartido de control, es un canal físico de bajada que se encarga de la llevar la información de control, la cual se necesita para que el UE o equipo móvil demodule y decodifique el HS-DSCH. Por cada usuario que esté usando múltiples HS-DSCH se deberá enviar un HS-SCCH. Cada uno de estos usa un SF de 128 y tiene una estructura basada en un TTI de 2ms, la misma que el HS-DSCH. El HS-SCCH lleva la siguiente información del HS-DSCH:
 - Información de la canalización que se está usando.
 - Tipo de modulación que usa.
 - Información del tamaño del bloque de transporte.
 - Información relacionada al ARQ híbrido.
 - Un identificador del UE.

El canal HS-SCCH está definido en dos partes. La primera parte contiene información de canalización y modulación y la segunda parte consiste en el tamaño de bloque de transporte y la información del ARQ Híbrido. En la siguiente figura se puede ver cómo están organizadas dichas partes y como se forman usando códigos convolucionales de un factor de 1/3.

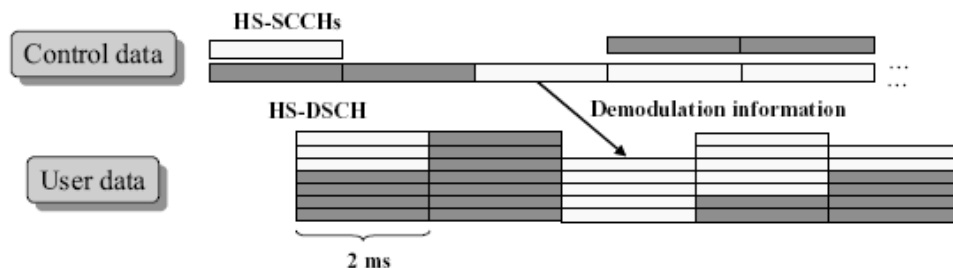


FIGURA 1-16: OPERACIÓN EN EL CASO DE DOS USUARIOS

Fuente: "HSDPA/HSUPA for UMTS" [HOL2006]

- HS-DPCCH: Canal de control físico dedicado de alta velocidad que sirve para enviar información de control como el CQI y el H-ARQ y opera con un SF (spreading factor) de 256. Dicho canal es solo de subida.

- H-ARQ: es una variación del método de corrección de errores ARQ, ya que sigue usando los códigos de redundancia cíclica CRC, pero se añade el uso de los FEC (Forward Error Correction). El H-ARQ se caracteriza por tener una rápida respuesta ante los errores. En caso se presente uno solicitará una retransmisión, la cual se combinara con las anteriores transmisiones antes de decodificar el mensaje. Si toda la información es correcta se enviara un ACK por el canal HS-DPCCH. Existen dos estrategias del H-ARQ: IR (incremental redundancy) y el CC (Chase Combining).
 - IR: se le aplica un código convolucional a los datos, con lo cual se obtiene un nuevo bloque de datos. A este, se le aplica una perforación, es decir, se le quitan algunos bits y se divide dicho bloque en bloques con la misma cantidad de datos que tenía antes de pasar por el código convolucional. A cada uno de estos nuevos bloques se le añade un CRC y se envían. Si el primero llega con errores se envía el segundo y se une con el primero y así sucesivamente hasta que los datos lleguen de forma correcta.
 - CC: se transmiten de forma normal los datos con el CRC ya añadido. Si es que dicho paquete llega con errores se pedirá una retransmisión por parte del receptor. Dicho receptor va almacenando las retransmisiones y las va combinando hasta que el resultado sea óptimo.
- CQI: Se usa para indicar un tamaño aproximado del bloque de transporte, el tipo de modulación y el número de códigos paralelos se puede recibir correctamente.

Ambos canales se envían en los tres slots que contiene el canal HS-DPCCH con un TTI de 2ms. Como se puede ver en la siguiente figura, en el

primer slot se envía la información del H-ARQ y en los dos siguientes la información del CQI.

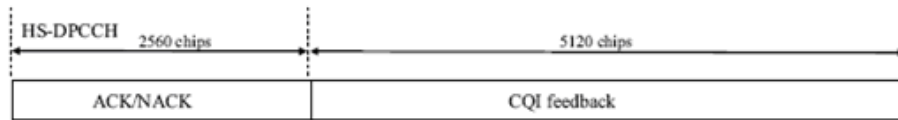


FIGURA 1-17: ESTRUCTURA DEL CANAL HS-DPCCH

Fuente: “HSDPA/HSUPA for UMTS” [HOL2006]

- DCH: Definido en el release 99 como un canal de transporte dedicado, se utiliza en HSDPA para el canal de subida. Es mapeado en el canal físico DPDCH, el cual puede tener factores de SF entre 4 y 256, definiendo así siete posibles tramas con un valor máximo de 384 Kbps. En el caso que se desee realizar una llamada de voz o una video llamada, se siguen utilizando los canales y protocolos de control definidos en el release 99 o UMTS. En la siguiente figura se puede ver un ejemplo de uso de ambos canales.

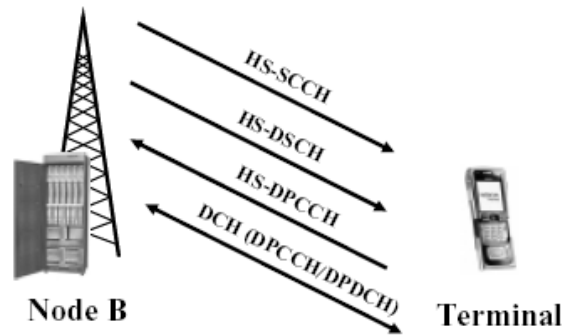


FIGURA 1-18: USO DEL CANAL DEDICADO Y COMPARTIDO

Fuente: “HSDPA/HSUPA for UMTS” [HOL2006]

1.11. Terminales Móviles

Los terminales móviles en HSDPA se clasifican en categorías las cuales están definidas en la siguiente tabla.

TABLA 1-11: TABLA DE CATEGORIAS DE LOS TERMINALES MOVILES EN HSDPA.

Fuente: "WCDMA for UMTS – HSDPA Evolution and LTE" [HOL2007]

Categoría	Máximo número de códigos en paralelos HS-DSCH	Máxima tasa de transferencia (Mbps)
1	5	1.2
2	5	1.2
3	5	1.8
4	5	1.8
5	5	3.6
6	5	3.6
7	10	7.2
8	10	7.2
9	15	10.2
10	15	14.4
11	5	0.9
12	5	1.8

Como podemos ver, las categorías dependen del número de canales HS-DSCH que se pueden usar en paralelo en un terminal. Cada uno de estos canales posee un código OVVSF con un número de secuencia o spreading factor de 16. Por ende, el número máximo de códigos que se pueden utilizar por un mismo terminal es 15.



CAPÍTULO 2

EVALUACION DEL PERFIL DEL PROYECTO

2.1. Introducción

En este capítulo nos enfocaremos al mercado del proyecto, en donde realizaremos un estudio socio económico con el que definiremos la ciudad del Perú en donde vamos a diseñar la red HSDPA.

Se efectuará la evaluación de la zona, determinando cuales son los problemas no solo económicos sino el diagnóstico actual del uso de tecnologías de transmisión, ya que como vimos en el capítulo anterior, la tecnología HSDPA principalmente mejora la descarga de paquetes permitiendo disponer de grandes tasas de transmisión. También realizaremos un estudio de Tráfico, en el que veremos cuál es la demanda de transmisión de datos con gran ancho de banda. De esta forma, nos enfocaremos en el tipo de usuario al cual se brindará el

servicio de datos a gran velocidad y sus características. Por último analizaremos la oferta de las distintas tecnologías de acceso a la red de paquetes que existen en la zona así como la competencia que hay entre las empresas que ofrecen servicios similares.

2.2. Información Socio Económica de la Zona

El Perú en los últimos años ha venido mejorando su economía de forma sostenida. Aunque siempre existe el problema de la centralización, los departamentos han mejorado su PBI o producto bruto interno no de la misma manera que la capital pero en un valor importante. Según el último censo realizado en el año 2007, los departamentos que más han incrementado su PBI son Arequipa con 15.5%, Pasco con 14.2%, Madre de Dios con 11.7% y Lambayeque con 11.6%.

Por otro lado, en este mismo censo se puede ver que las ciudades con mayor crecimiento de población son Arequipa, Trujillo y Chiclayo como podemos apreciar en la siguiente tabla.

TABLA 2-1: TABLA DE LA POBLACION EN LAS PRINCIPALES CIUDADES.

Fuente: "Sitio Oficial del Inei" [INE2008]

Ciudad	Población		Incremento Ínter censal	Tasa de Crecimiento Promedio
	1993	2007	Absoluto	
Arequipa	619156	749249	130135	1.3
Trujillo	509312	682834	173522	2.1
Chiclayo	424004	524442	100438	1.5

En esta tabla no tomamos en cuenta a Lima puesto que no se va tomar en cuenta para el presente proyecto debido a que ya se cuenta con una red de tercera generación en dicha ciudad.

De estas tres ciudades hemos elegido como sede del diseño de nuestro proyecto a la ciudad de Arequipa, no solo porque es una de las ciudades con mayor población sino también por el hecho de que su PBI se viene incrementando considerablemente los últimos años. Según el siguiente gráfico,

podemos ver que posee un crecimiento sostenido desde el año 2000 hasta el 2004 y si lo comparamos con la variación del PBI nacional se puede ver que posee mejores cifras. Inclusive en el año 2007, se logró, como mencionamos anteriormente, un crecimiento de 15.5%.



FIGURA 2-1: PBI En Arequipa y PBI Nacional

Fuente: "Sitio Oficial del Departamento de Arequipa" [AQP2007]

Arequipa fue fundada en el año de 1540 y desde entonces ha sido una de las ciudades más importantes del Perú. Con una población económicamente activa que bordea las 488,000 personas, posee sin duda un gran potencial económico. Su industria se basa en la minería, agricultura, pesquería, manufactura, producción forestal y energética. La evolución de dichas actividades económicas a un futuro no muy lejano es prometedora, como podemos ver en la siguiente tabla, en donde la expectativa por la situación económica del país y empresarial mejora no solo en cuanto a la industria sino también al comercio, llegando a valores de aceptación de mejora de 66.7 %, en cuanto a empresas y 61.9 % respecto al país, lo que significa que más de la mitad de las empresas esperan una mejora en la economía. Todo esto implica un mayor crecimiento del mercado.

TABLA 2-2: TABLA DE LA EXPECTATIVA EMPRESARIAL.

Fuente: "Sitio Oficial del Departamento de Arequipa" [AQP2007]

 EXPECTATIVA EMPRESARIAL
(En porcentajes)

	SITUACIÓN ECONOMICA PAIS			SITUACIÓN ECONOMICA EMPRESA		
	1 MES	3 MESES	12 MESES	1 MES	3 MESES	12 MESES
Industria						
Mejor	45,5	45,5	54,5	27,3	45,5	63,6
Igual	54,5	45,5	36,4	63,6	45,5	36,4
Peor	0,0	9,0	9,0	9,0	9,0	0,0
Comercio						
Mejor	20,0	50,0	70,0	50,0	50,0	70,0
Igual	70,0	50,0	30,0	50,0	50,0	30,0
Peor	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total						
Mejor	33,3	47,6	61,9	38,1	47,6	66,7
Igual	61,9	47,6	33,3	57,1	47,6	33,3
Peor	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	0,0

2.3. Estudio de Mercado

2.3.1. Evaluación del Mercado Móvil

El Mercado de telecomunicaciones móviles en el Perú se encuentra en constante ascenso. Con el avance de la tecnología y la aparición de tecnologías móviles de banda ancha, se permite el incremento de los servicios ofrecidos por las operadoras, así como el número de usuarios. En el pasado, el no disponer de una línea telefónica fija era estar incomunicado con el mundo, mientras que en la actualidad, el no disponer de un teléfono móvil significa lo mismo. Por esa razón es que el número de líneas móviles post y pre pago se ha venido incrementando en una forma tan abrupta como veremos en las siguientes gráficas.

En la figura 2-2 se ve la evolución del número de líneas pre pago hasta finales del año pasado en todos los departamentos del Perú. De todos estos, los departamentos con mayor número de líneas son Arequipa y La Libertad,

presentándose, en el caso de Arequipa, un crecimiento de casi 80% con respecto al año pasado. Para efecto de todo el proyecto de tesis no se tomará en cuenta el departamento de Lima.

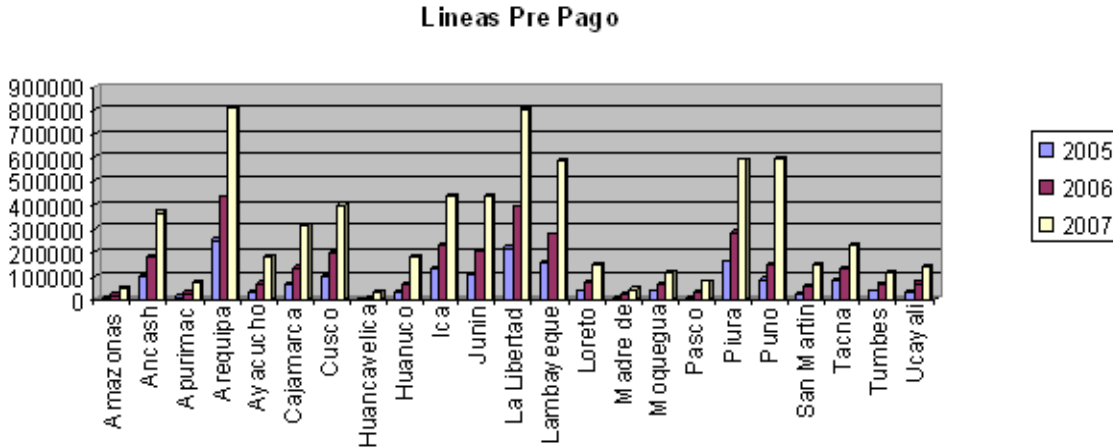


FIGURA 2-2: LINEAS PRE PAGO
Fuente: "OSIPEL" [OSI2008]

En la figura 2-3 se puede ver, al igual que en el caso de las líneas Pre Pago, que el crecimiento es positivo y que el departamento de Arequipa es el que posee mayor número de usuarios. A diferencia del caso de las líneas pre pago, La Libertad no esta tan cerca en lo que a líneas post pago se refiere, habiendo una diferencia de más o menos 25,000 líneas. Su crecimiento con respecto al año pasado es de casi 59%, ligeramente menor que en el caso de líneas pre pago. La causa de que existan más líneas pre pago que post pago se debe principalmente al perfil de usuario y a lo que requiere una persona para contar con cada tipo de línea, siendo los usuarios del servicio de post pago los de mayor poder adquisitivo.

Lineas Post Pago

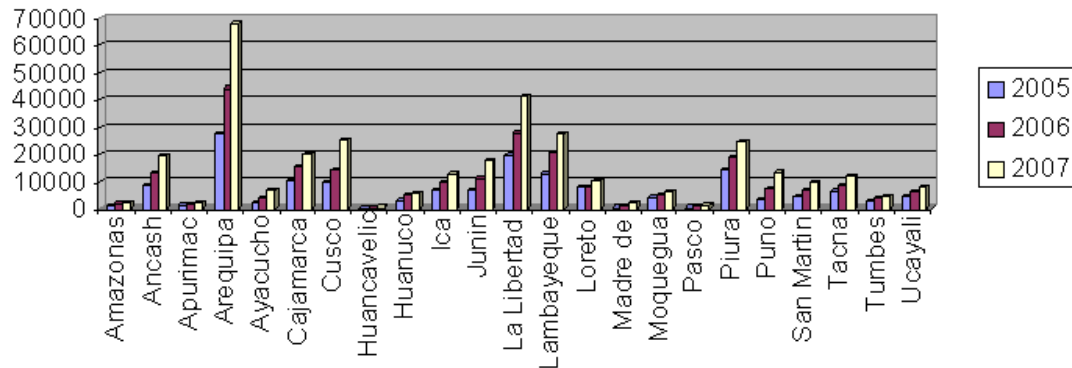


FIGURA 2-3: LINEAS POST PAGO

Fuente: "OSIPEL" [OSI2008]

Las tarifas con las que trabajan las empresas operadoras han ido disminuyendo a medida que transcurren los años. En la siguiente tabla veremos dicha reducción. Los valores están expresados en dólares y son para el caso de una llamada desde un teléfono fijo a un móvil.

TABLA 2-3: TABLA DE TARIFAS MOVILES.

Fuente: "OSIPEL" [OSI2008]

		Tarifas Moviles					
		Dec-01	Dec-02	Dec-03	Dec-04	Dec-05	Jul-06
Telefónica	Horario Normal	0.252	0.246	0.006	0.007	0.004	0.016
	Horario Reducido	0.15	0.246	0.006	0.007	0.004	0.016
Claro / TIM	Horario Normal	0.234	0.229	0.005	0.007	0.004	0.016
	Horario Reducido	0.138	0.135	0.005	0.007	0.004	0.016

2.3.1.1 Identificación del Problema

La zona elegida para la aplicación del proyecto es la ciudad de Arequipa. Dicha ciudad cuenta con necesidades en cuanto a comunicación móvil de alta velocidad se refiere. Esto se debe principalmente a que toda su red móvil se encuentra implementada usando tecnología móvil de segunda generación. Los problemas y las posibles repercusiones en el futuro de la población se pueden ver en la siguiente figura, en donde mostramos las causas que generan dicho

problema y los efectos que van a generar, pudiendo llegar al punto de colapsar la red móvil.

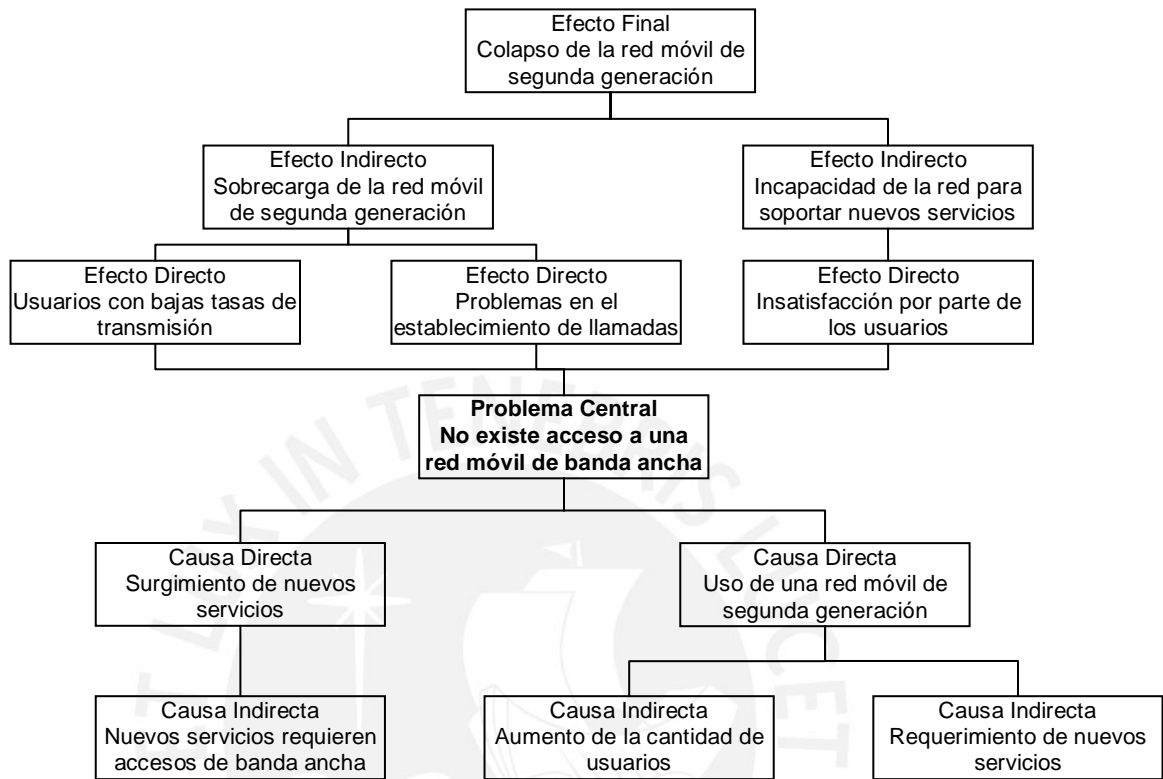


FIGURA 2-4: ARBOL DE PROBLEMAS: CAUSAS Y EFECTOS

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.2 Propuesta de Solución

Mediante el presente proyecto de tesis plantearemos una solución a los problemas antes mencionados. Dicha solución se encuentra en la siguiente figura:

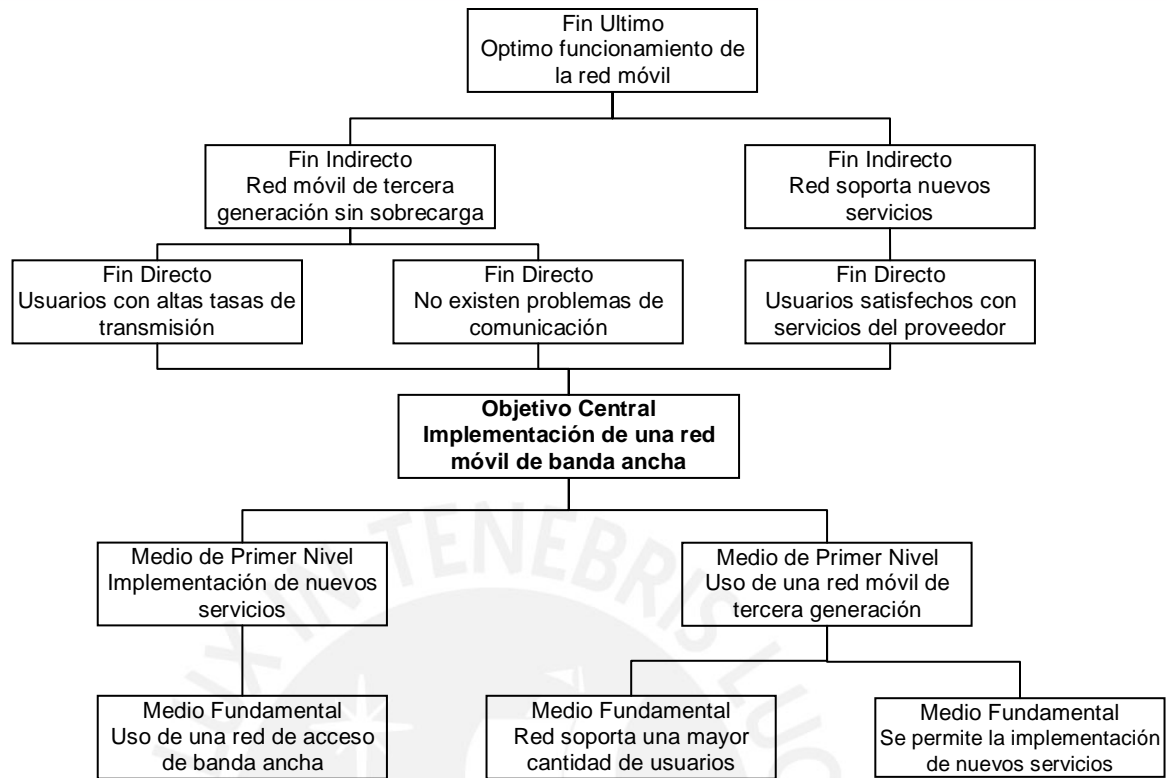


FIGURA 2-5: ARBOL DE OBJETIVOS: MEDIOS Y FINES

Fuente: Elaboración propia

El objetivo central de este proyecto es la implementación de una red móvil de banda ancha, la que podrá soportar nuevos servicios y será una red de tercera generación utilizando específicamente la tecnología definida en el release 5, HSDPA. El diseño y planificación de dicha red se encuentra en el siguiente capítulo.

2.3.1.3 Historia de Mercado

En los últimos años el mercado de telecomunicaciones ha venido creciendo de forma sostenida y constante en la ciudad de Arequipa, no solo en lo que se refiere a comunicación de voz sino también de acceso a Internet. En la figura 2-6 veremos que desde el año 2005 el número de líneas pre pago se ha ido incrementando hasta el punto de casi duplicar dicho número entre el 2006 y 2007.

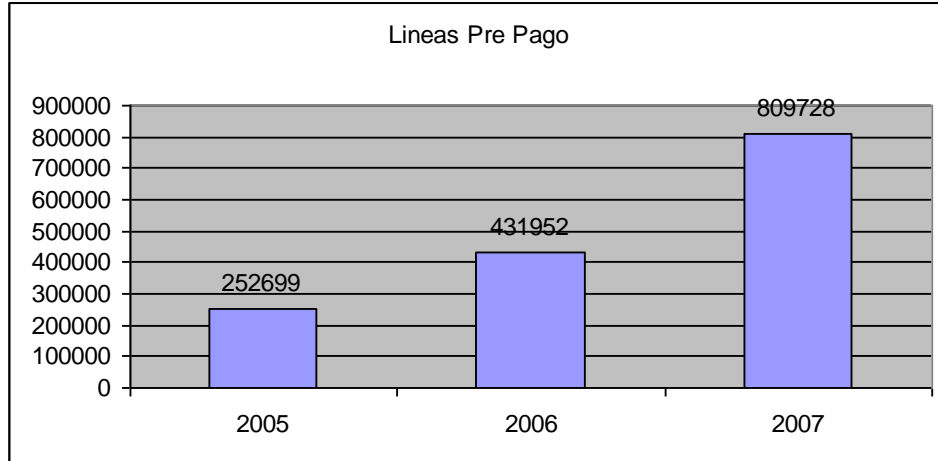


FIGURA 2-6: LINEAS PRE PAGO
Fuente: "OSIPTEL" [OSI2008]

Las líneas post pago son otra forma en la que la operadora puede realizar el cobro al usuario. Dicho tipo de línea es ofrecida a otro perfil de usuario, con el que se firma un contrato en donde la operadora asegura a su cliente un determinado tiempo de uso de su red móvil así como la prestación de servicios adicionales. En la figura 2-7 veremos que el número de líneas durante el año 2006 fue de 44,140 y se incremento en un 53% para el año 2007. Dicho crecimiento se da de forma casi constante ya que presenta ligeras variaciones. Gracias a esta estabilidad se puede concluir que dicho mercado es atractivo para la inversión.

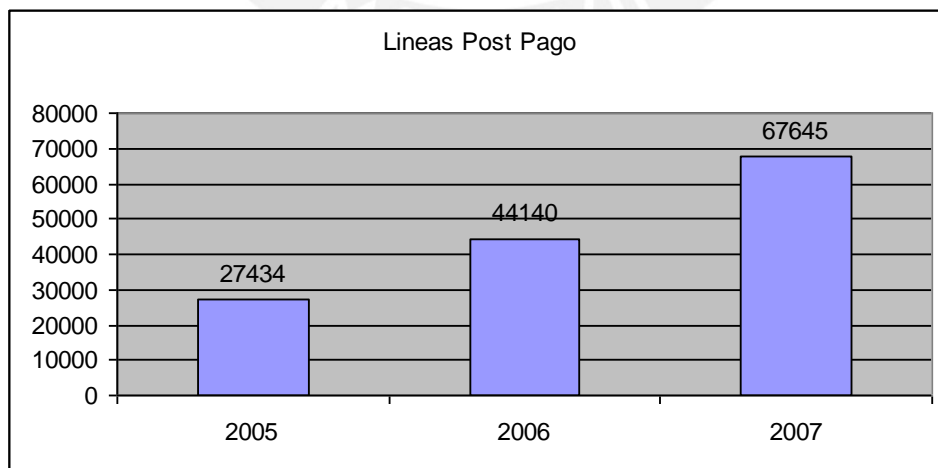


FIGURA 2-7: LINEAS POST PAGO
Fuente: "OSIPTEL" [OSI2008]

2.3.1.4 Situación Actual del Mercado

En la actualidad la ciudad de Arequipa cuenta con dos operadores móviles: Movistar y Claro. Ambas empresas utilizan sistemas móviles de segunda generación, lo que les genera problemas no solo en cuanto a velocidades de transmisión se refiere, sino a cantidad de usuarios. Durante el año 2008 el mercado de la telefonía móvil ha seguido manteniendo su crecimiento hasta el mes de junio del 2008. Durante la primera mitad del presente año, como se puede ver en la figura 2.3, el número de líneas prepago ha crecido un 15 % en comparación con el año pasado. Aunque esto es un poco bajo, ya que si suponemos que dicho crecimiento se va mantener hasta fin de año estaríamos hablando de un 30% o 35 % de crecimiento en cuanto a líneas prepago, dicho valor es menor al del año pasado, que fue de un 87%. Esto quizás se debe a que ya estamos hablando de más de 1'000,000 de usuarios. En cuanto a líneas post pago, el crecimiento si es constante y hasta junio de este año ya se va contando con un crecimiento de 29%. Ahora si suponemos que si dicho crecimiento se va seguir manteniendo se podría llegar a un valor de 60% o 65% de crecimiento en total para el año 2008, si lo comparamos con el crecimiento del año 2007. Respecto al año 2006, veremos que es mayor al 53% obtenido a finales del 2007, es decir, se espera que el mercado de las líneas post pago siga aumentando de forma constante y sin decaer por al menos varios años más. Esto en gran parte se debe a que la economía del departamento de Arequipa viene creciendo de forma acelerada, tal y como lo demostramos en la información socio económica de la zona.

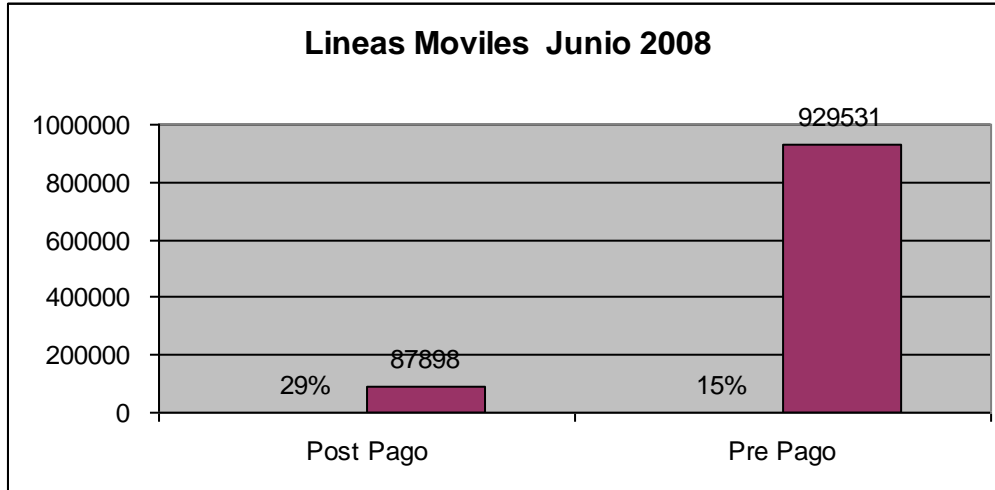


FIGURA 2-8: LINEAS MOVILES JUNIO 2008

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2008]

2.3.1.5 Proyección de Mercado

Para la estimación del mercado de telefonía móvil a un período de tres años, nos basaremos en la información recopilada de los años pasados y haciendo uso de una estimación lineal obtendremos teóricamente el número de líneas post pago que habrá.

En la siguiente figura podemos ver como el crecimiento del número de líneas es de casi un 60% anual, por lo que se trata de un mercado altamente rentable.

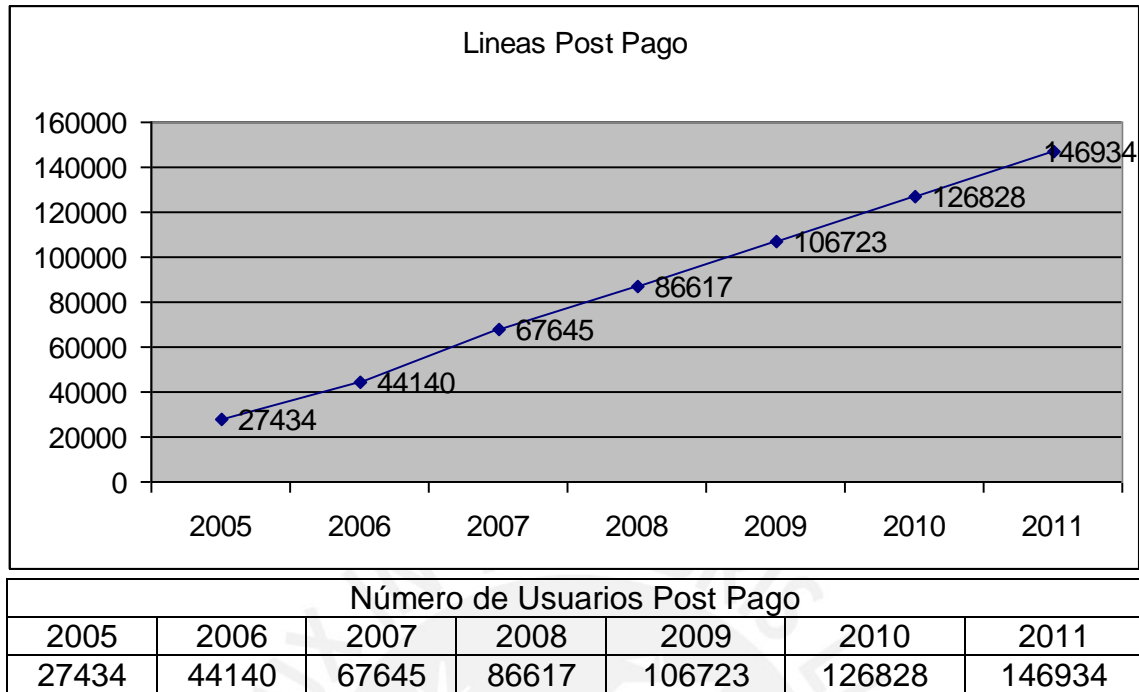


FIGURA 2-9: LINEAS POST PAGO EN AREQUIPA

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2008]

La estimación que realizamos se centra en los usuarios de telefonía móvil, pero los usuarios nuevos que ganemos por la entrada al mercado del acceso a Internet es una de las falencias de dicha proyección. Esto se debe a que el presente proyecto no posee tanta exactitud en cuanto a la proyección, ya que para poder realizar dicha estimación con tal precisión se requiere de mucho más estudio del mercado en general.

En cuanto a las líneas pre pago, el crecimiento es mucho más abrupto en cuanto a cantidad de líneas. Ahora hay que recordar que no es una línea por cada usuario sino que un usuario puede tener más de una línea. Esto se debe a la informalidad que puede existir al momento de adquirir una línea pre pago.

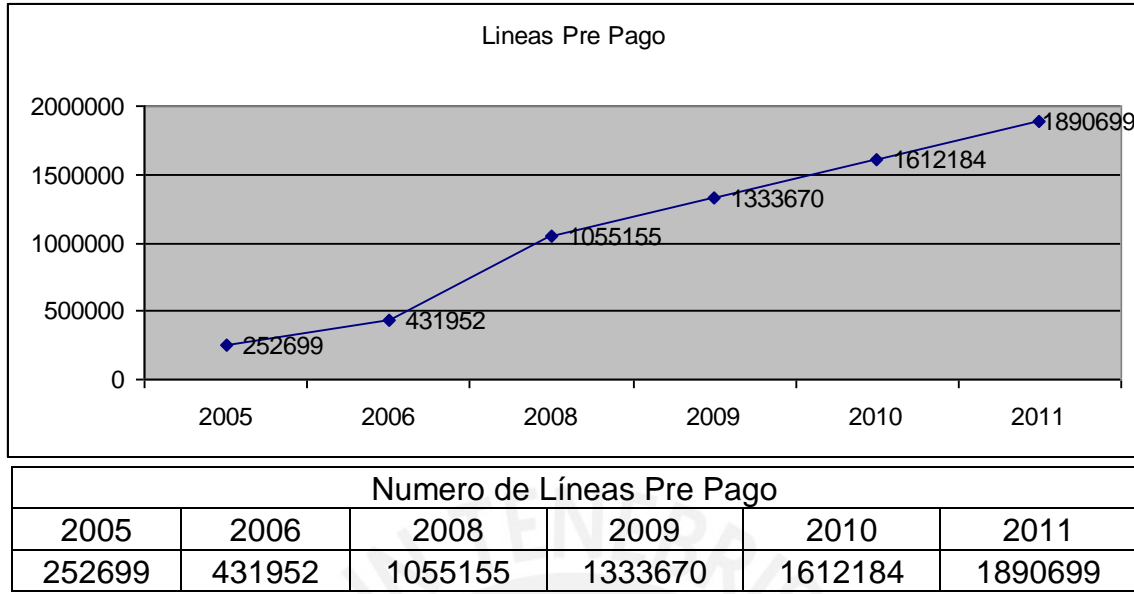


FIGURA 2-10: LINEAS PRE PAGO EN AREQUIPA

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2008]

2.3.2. Consumidor y Demandas de Mercado

2.3.2.1 Evaluación del Usuario

Se realizó una encuesta a 100 personas con edades entre 20 y 50 años en la ciudad de Arequipa para ver la satisfacción del usuario para con su proveedor así como el deseo de contar con más servicios y si conoce los nuevos servicios que la implementación de una red de tercera generación trae consigo. A continuación se mostrarán los resultados de dicha encuesta.

Comenzaremos viendo el nivel de satisfacción del usuario con su proveedor de servicios.

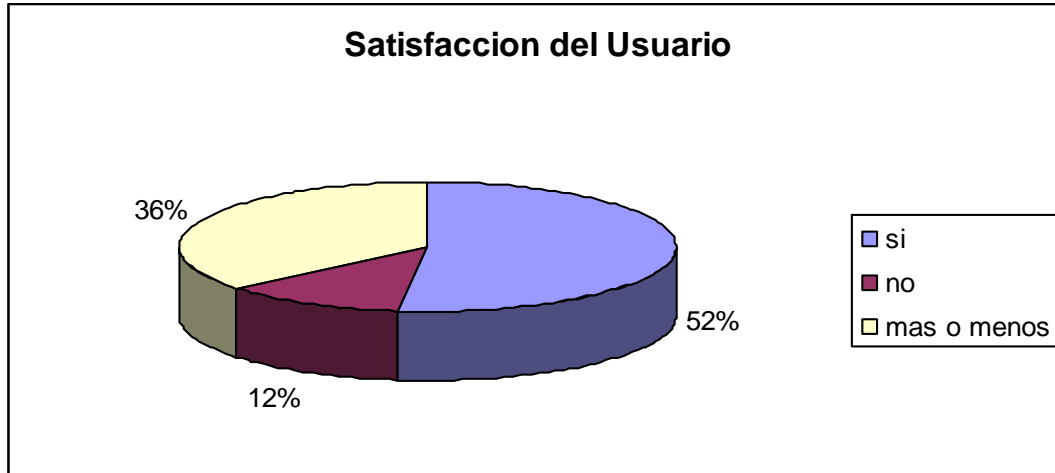


FIGURA 2-11: SATISFACCION DEL USUARIO
Fuente: "Creación Propia"

Como se observa la satisfacción del usuario es de 52% y el 48% restante no se encuentra satisfecho con el servicio que se les brinda, esto debido a varios motivos como calidad de la señal, atención al cliente por parte de las operadoras, entre otras.

Ahora veremos si el usuario requiere de nuevos servicios. En la siguiente gráfica se pueden ver los resultados de la encuesta para esta consulta.

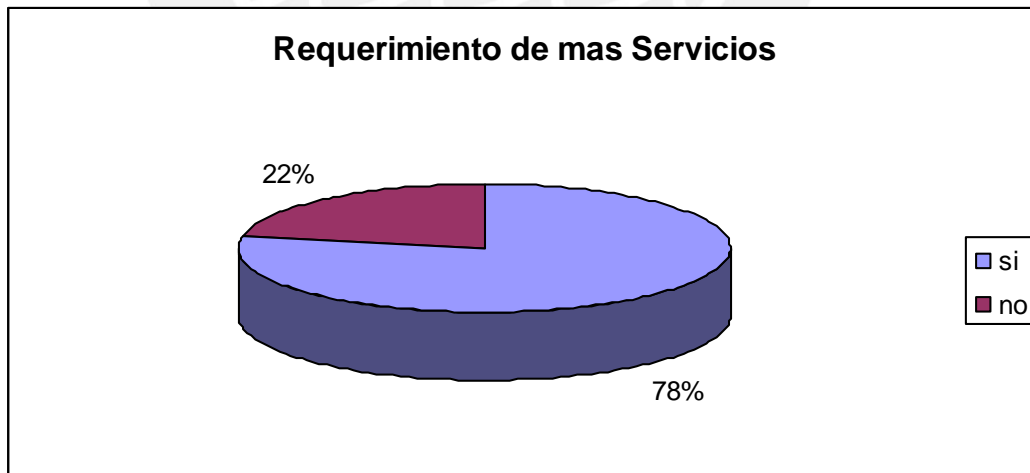


FIGURA 2-12: REQUERIMIENTO DE MAYOR CANTIDAD DE SERVICIOS
Fuente: "Creación Propia"

Como se observa, el 78% de los encuestados opinan que se deberían ofrecer mayor cantidad de servicios, pero a la vez se necesita saber si es que se

tiene conocimiento de los nuevos servicios que posee la implementación de una nueva red, como es una red móvil de tercera generación. En la siguiente gráfica veremos dichos resultados.

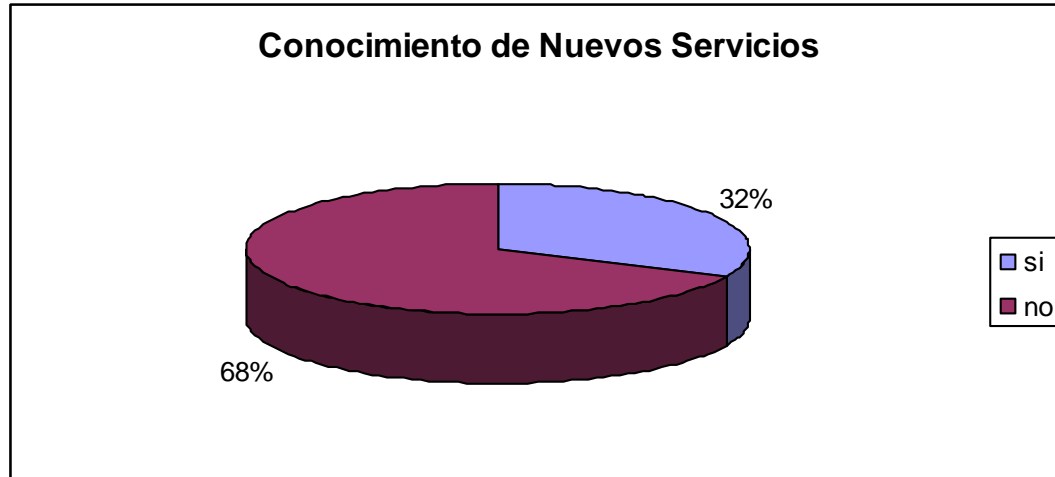


FIGURA 2-13: CONOCIMIENTO DE NUEVOS SERVICIOS

Fuente: "Creación Propia"

Como se observa, la falta de información acerca de los servicios que traería la implementación de una red de tercera generación es grande, alrededor de 68%. Por esta razón se debe pensar en invertir en cuanto a publicidad y métodos de información masivos para poder llegar al usuario y mostrarle los nuevos beneficios que trae la implementación de una red 3G.

2.3.2.2 Demanda del Mercado

En la actualidad, el mercado de telecomunicaciones en el departamento de Arequipa se encuentra en constante crecimiento. En promedio, el crecimiento anual del número de líneas, en el caso de líneas pre pago, está bordeando el 60% durante los últimos años, aunque este año, hasta el mes de junio, se ha registrado solo un crecimiento de 15%, lo que implica que se va a tener una ligera caída en el nivel de líneas nuevas implementadas. En cuanto al crecimiento de las líneas post pago, se puede apreciar también un crecimiento constante, el cual está bordeando el 50%. Dichos valores nos dan una idea de no solo demanda por parte de los usuarios en cuanto a comunicación de voz se

trata, sino también en cuanto a transmisión de datos y a la implementación de nuevos servicios por parte de la operadora. El mercado de acceso a Internet se ve principalmente copado por dos operadoras, cada una con una tecnología de acceso distinta: Telefónica del Perú, utilizando ADSL a través de su línea telefónica fija y Star Global, utilizando la tecnología cable MODEM. De estas dos compañías, cabe resaltar que la empresa que posee más usuarios es Telefónica, ya que cada vez que instala una línea telefónica nueva es un nuevo cliente potencial de su servicio de ADSL. Así, a medida que incrementan sus líneas telefónicas también incrementan sus clientes potenciales. La empresa Star Global, utiliza un sistema parecido, ya que sus suscriptores de televisión por cable también son sus clientes potenciales. Como se puede ver en la siguiente figura, el mercado de acceso a Internet es uno al que va apuntar la implementación de una red móvil de tercera generación. Los beneficios que se le pueden ofrecer a un usuario son diversas, como el acceso a internet sin necesidad de encontrarse conectado utilizando un cable físico, ya sea telefónico o de televisión por cable. Además, tiene el beneficio de movilidad siempre y cuando se mueva por el área de cobertura de la red móvil.

La demanda del mercado de telefonía móvil en todo el Perú se puede ver en la siguiente tabla, en donde se ve que los mayores ingresos de ambas operadoras móviles es del servicio móvil.

2.3.3. Competencia y Oferta de Mercado

En la ciudad de Arequipa se encuentran operando dos empresas de telecomunicaciones móviles: Telefónica Del Perú y América Móvil. Cada una de estas cuenta con una importante posición en el mercado, como podemos ver en la tabla figura 2, donde se ve que hasta junio del presente año, ambas empresas poseen casi el mismo número de líneas post pago activas. Inclusive se ve la preferencia del público por la empresa América Móvil, ya que incrementó sus usuarios hasta el punto se sobrepasar a la empresa Telefónica Móviles en casi 5,000 líneas.

TABLA 2-4: TABLA DE EVOLUCION DE LINEAS POST PAGO HASTA JUNIO 2008.

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2008]

Líneas Post Pago

		2005	2006	2007	Jun-08
Arequipa	America Móvil S.A.C.	9,314	14,867	29,348	46,292
	Telefónica Móviles S.A.C.	18,120	29,273	38,297	41,606

En cuanto al mercado de Internet, se encuentran las empresas Telefónica del Perú, que provee conexión del tipo ADSL, y la empresa Star Global, que brinda el servicio de cable modem. Según el censo que hubo en el año 2007, de un total de 309,892 hogares censados, 21,133 poseen conexión a internet y 38,416 poseen una conexión a televisión por cable, tal y como se puede ver en la tabla 2-5.

TABLA 2-5: TABLA DE USUARIOS CON CONEXIÓN A INTERNET.

Fuente: "INEI" [HOL2007]

AREQUIPA		
Total de hogares	Conexión a Internet	Conexión a TV. Por Cable
309 892	21 133	38 416

La competencia que existe en este departamento está definida, como mencionamos anteriormente, por Telefónica Móviles y América Móvil, en cuanto a telefonía móvil. La empresa que implemente una red de tercera generación, la cual podría soportar una conexión a Internet con banda ancha, estará en condiciones de ingresar a competir en el mercado de acceso a Internet.

Los ingresos de las operadoras Telefónica y América Móvil durante el año 2006 los podemos apreciar en la tabla 2-6, en donde, además, observamos que durante ese año Telefónica logró un ingreso mayor que el de su principal competidor en el mercado móvil. Esto debido, en su gran mayoría, a que la diferencia del número de usuarios de ambas empresas era mucho mayor de lo

que es en la actualidad, por lo que se puede deducir que dicha diferencia ahora es mucho menor en algunos departamentos e inclusive es favorable a la empresa América Móvil Perú S.A.C.

TABLA 2-6: INGRESOS DE LAS OPERADORAS.

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2008]

Servicios Año	Telefónica Móviles S.A.C. 2006	America Móvil S.A.C. 2006
Servicios Móviles	S./ 1,617,117,713	S./ 1,105,480,530
Transmisión de Datos y Alquiler de Circuitos	S./ 2,387,523	S./ 12,688,124
Otros Servicios	S./ 184,443,193	S./ 206,440,346
TOTAL INGRESOS	S./ 1,837,056,833	S./ 1,324,609,000

Para la implementación de una red de tercera generación las principales compañías que pueden proveer los equipos son Sony Ericsson, Alcatel Lucent, Huawei y Nokia-Siemens. De todas estas, la que viene utilizando la empresa América Móvil para implementar su red de tercera generación en la ciudad de Lima es Huawei. En nuestro caso, para decidir cuál será la empresa que proveerá los equipos, no solo nos basaremos en su experiencia en el mercado móvil, sino también en base al costo de los equipos, lo que discutiremos con mayor detalle en el capítulo 4, que es el parte económica de este proyecto.

2.3.4. Penetración en el Mercado

Para poder preparar una estrategia con la que introduciremos los nuevos servicios que se piensa ofrecer a los usuarios debemos analizar cuáles serán las barreras que vamos a tener al introducir nuestro nuevo servicio. La siguiente lista muestra algunas de las barreras que se tienen que pasar para poder realizar el proyecto.

- Desinformación del usuario sobre los beneficios de una nueva red móvil.
 - Nuevos servicios que se van a ofrecer.
 - Costos de este servicio.

- Beneficios de esta nueva tecnología.
- Promociones que se ofrecen
- Competencia en dicha zona
 - Evaluar las empresas móviles de la zona.
 - Evaluar las empresas que ofrecen acceso a Internet.

Así también, otro factor importante en nuestra estrategia de ingreso al mercado es identificar los nichos que se encuentran actualmente en el mercado, los que están definidos por las deficiencias que pueden existir actualmente en el mercado móvil. Las más importantes son:

- No existe una red móvil de banda ancha.
- No existen servicios multimedia para la red móvil.
- Insatisfacción por parte de los usuarios al momento de establecer una llamada.

Por ende, los nichos de mercado son la falta de servicios multimedia móviles, falta de movilidad en el acceso a Internet y falta de seguridad en el establecimiento de las comunicaciones.

Un factor importante a demostrar es que dicho nicho de mercado es rentable y por lo tanto será de mucho provecho a las empresas, lo que se demostrará en el capítulo 4.

Al ser un servicio nuevo, nos enfocaremos en los clientes corporativos y post pago, que son los clientes que de una u otra forma están más afianzados a la empresa operadora. Se crearán planes post pago en donde definiremos distintos tipos de perfiles de usuario, los cuales dependerán básicamente de la velocidad de transferencia con la que deseen contar los usuarios. El costo y velocidad exacta será detallado en los siguientes capítulos.

Al tratarse de un nuevo servicio, la estrategia con la que se debe ingresar al mercado debe cumplir con solucionar los problemas que dicho mercado presenta, tales como, la desinformación de los usuarios. Para esto se deberán

realizar campañas publicitarias con cierta anticipación para crear una expectativa en el usuario, con lo cual aseguraremos que el usuario este a la expectativa del lanzamiento de nuestro producto. Una vez lanzado el producto, se ofrecerán múltiples promociones, no solo para aumentar el número de usuarios, sino para crear una fidelidad en los usuarios para con la empresa. Con esto aseguramos que los clientes estén con la empresa no solo porque ofrece buenos servicios sino que se siente parte de ella.

2.3.4.1 Mercado Potencial

La definición de nuestras áreas de cobertura, es un factor muy importante para poder definir en donde es que se van ofrecer los nuevos servicios y qué tipo de usuarios van a poder usarlos. Para esto, escogimos las principales zonas comerciales y zonas residenciales, en donde el acceso a Internet y comunicación móvil es importante. En la siguiente figura vemos que la zona clasificada como A, es la que posee un carácter comercial y residencial de alta incidencia de transmisión de voz y datos, en cambio las zonas denominadas como B, son las que van a tener una menor cantidad de servicios ya que su perfil de usuario no demanda de mucha transferencia de datos principalmente.

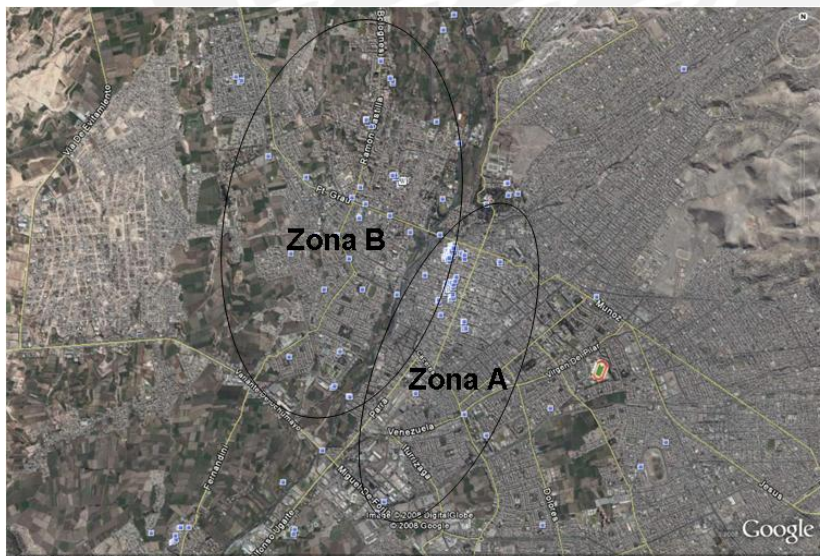


FIGURA 2-14: ZONAS DE COBERTURA

Fuente: "GOOGLE EARTH" [OSI2008]

Los distritos que se encuentran dentro de dichas áreas de cobertura son los de Cerro Colorado, Umacollo, Cayma, Yanahuara, José Luis Bustamante y Rivero, Tahuaycani, Miraflores y el centro de Arequipa.

2.3.5. Análisis de Riesgo

El riesgo de un proyecto es un evento o condición incierto que, si se produce, tiene un efecto positivo o negativo sobre al menos un objetivo del proyecto, como tiempo, costo, alcance o calidad. [PMI2004]

Entonces, es de gran importancia determinar cuáles son los riesgos que pueden afectar el proyecto. Una vez que los determinemos, procederemos a clasificarlos de acuerdo a que tanto pueden afectar al desarrollo del proyecto.

2.3.5.1 Identificación de Riesgos

Existen muchos riesgos que pueden afectar a nuestro proyecto, de los cuales los más importantes son los siguientes:. [PMI2004]

- Los proveedores: Nos referimos no solo a los proveedores de los equipos que va utilizar la operadora para implementar la red de tercera generación, sino también a los proveedores de los equipos con los cuales se van a conectar los usuarios a dicha red. Si es que el proveedor de equipos para la operadora se queda sin stock y aun no se ha finalizado dicha implementación esto retrasaría de manera importante los tiempos de planificación del mismo y por ende afectaría los costos de inversión del mismo. Lo mismo sucede en cuanto a los equipos de los usuarios, ya que afectaría a los ingresos de las operadoras. Como plan de contingencia para poder solucionar dicho riesgo se debe tener más de un proveedor posible, con lo que en el supuesto caso que el primero se quede sin stock podríamos abastecernos del otro.
- Problemas en La Banda: Una banda que no se encuentra en las condiciones óptimas para la operación de una red 3G podría llevarnos a posponer la implementación de la misma o poder operar pero no a toda

su capacidad, limitando nuestras expectativas económicas. Como contingencia, se deben realizar estudios técnicos en donde veremos si es que la banda está limpia o si es que hay demasiado ruido y quien lo podría estar provocando.

- Transporte de los Equipos: La forma en que se van a despachar todos los equipos de su lugar de llegada a la ciudad destino, en este caso Arequipa, qué tanta es la seguridad que existe en el camino, qué tan fiable es que se entreguen los equipos a tiempo. Como contingencia para el transporte de los equipos se deben adquirir seguros para los equipos, con lo que aseguramos que ante cualquier eventualidad que pueda surgir dichos seguros cubran los gastos extras a ser realizados.
- Impacto Ambiental: Cómo la población va tomar el hecho de que se sigan instalando antenas en la ciudad, qué tan informada está acerca del daño que existe y qué tan desapercibidas para esta población pueden pasar dichas antenas.
- Garantía de los equipos: Cuánto de garantía nos ofrecen las proveedoras para con los equipos de las operadoras, si es que es necesario adquirir una garantía extra o está bien con la que nos ofrecen.

2.3.5.2 Clasificación de Riesgos

Hemos clasificado los riesgos descritos anteriormente en tres categorías: A, como las más cruciales o importantes para el desarrollo del proyecto, B que no son de gran importancia pero aun así pueden afectar de gran manera al proyecto y C, las que afectan de menor forma a todo el proyecto. En la figura 2.35.2 veremos cómo es que las clasificamos.

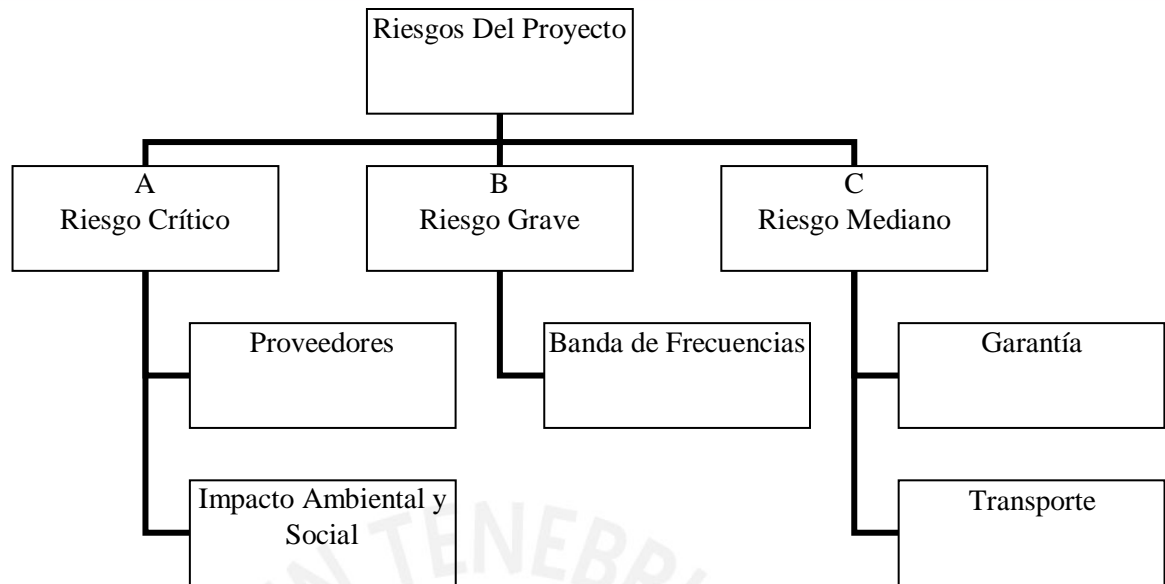


FIGURA 2-15: CLASIFICACION DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO

Fuente: Elaboración propia

La sensibilidad del proyecto a la variación de dichas variables en cuanto a gastos de inversión y mantenimiento lo veremos en el capítulo 4. Para esto, utilizaremos los criterios de evaluación de proyectos descritos en el capítulo 4.



CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA RED

3.1. Planificación

3.1.1. Espectro a usar

Se ha decidido para el modelamiento de este proyecto utilizar la banda de 850 Mhz, tal y como lo está haciendo la empresa Claro en la ciudad de Lima. Se ha elegido dicha banda ya que presenta ciertas características tales como:

- Se puede tener mayores áreas de cobertura por cada celda.
- Presenta menor atenuación que las bandas más altas.
- Tanto América Móvil y Telefónica del Perú poseen tecnologías 2G en dicha banda, por lo tanto no se requiere del licenciamiento de una nueva banda.

TABLA 3-1: BANDAS DE FRECUENCIAS.

Fuente: “MTC” [MTC2008]

Banda	Rango de Frecuencias (MHz)		Empresa	Área de Asignación
	Ida	Retorno		
A	824 - 835	869 - 880	Telefónica Móviles S.A.	A Nivel Nacional
	845 - 846,5	890 - 891,5		
B	835 - 845	880 - 890	América Móvil Perú S.A.C.	A Nivel Nacional
	846,5 - 849	891,5 - 894		

Como podemos ver en la tabla 3-1, la banda de 850 Mhz está asignada a ambas operadoras a nivel nacional, con un ancho de banda de 12.5 Mhz de subida y 12.5 Mhz de bajada para ambas operadoras.

3.1.2. Modelo de Propagación

El modelo de propagación que se utilizara para los calculos de cobertura será el modelo de Cost 231. Existen en la actualidad dos versiones de este modelo las cuales se basan a su vez, en distintos modelos; el primero, el modelo de COST Hata y el que utilizaremos, el COST Walfish-Ikegami. [COS2008]

El modelo de COST Walfish-Ikegami se basa en la combinación de las pérdidas por parte del espacio libre, definidas mediante el modelo de Friis; las perdidas por exceso de camino, definidas en el modelo de Walfish – Bertoni; y las perdidas por causa de los edificios, definidas en el modelo de Ikegami. [COS2008]

Se utilizan los siguientes parámetros:

- Altura de los edificios Hroof.
- Ancho de las calles W.
- Separación entre los edificios b.
- Frecuencia de la portadora entre 800 Mhz y 2000Mhz.

- Altura de la antena transmisora entre 4 y 50 metros Hbase.
- Altura de la antena receptora entre 1 y 3 metros, Hmobile.
- Distancia entre antena transmisora y receptora entre 0.02 y 5 km.

Se definen dos posibles escenarios para este modelo. Cuando existe línea de vista entre la antena transmisora y la antena receptora o LOS (Line of Sight) y cuando no hay línea de vista entre ambas antenas o NLOS (None Line of Sight).

Cuando existe línea de vista o LOS se definen las pérdidas mediante la fórmula (3.0).

$$L_b(dB) = 42.6 + 26 \log d + 20 \log f \tag{3.0}$$

d = Distancia entre transmisor y receptor, expresada en kilómetros.

f = Frecuencia de la portadora.

Cuando no existe línea de vista o NLOS:

Se define la formula (3.1):

$$L_b = L_o + \begin{cases} L_{rs} + L_{msd} & \dots\dots\dots si L_{rs} + L_{msd} > 0 \\ 0 & \dots\dots\dots si L_{rs} + L_{msd} \leq 0 \end{cases} \tag{3.1}$$

En donde:

- L_b es el total de perdidas.
- L_0 son las perdidas por espacio libre definidas en la fórmula (3.2).

$$L_o(dB) = 32.4 + 20 \log d + 20 \log f \tag{3.2}$$

- L_{rs} son las pérdidas debido a una única difracción final hacia el nivel de la calle, ocasionada por el nivel del techo del último edificio. Esta se basa en el modelo de Ikegami definidas en la fórmula (3.3).

$$L_{ns} = -16.9 - 10\log W + 20\log(H_{roof} - H_{mobile}) + 10\log f + L_{ori} \quad (3.3)$$

- En la fórmula (3.4), se define L_{ori} que es la orientación de las calles a un ángulo dado.

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0.354\phi & 0^\circ \leq \phi < 35^\circ \\ 2.5 + 0.075(\phi - 35) & 35^\circ \leq \phi < 55^\circ \\ 4 - 0.114(\phi - 55) & 55^\circ \leq \phi < 90^\circ \end{cases} \quad (3.4)$$

- En la fórmula (3.5), se define L_{msd} que son las pérdidas por difracción de múltiples esquinas de los techos de los edificios.

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log d + k_f \log f - 9 \log b \quad (3.5)$$

- En (3.6), se define L_{bsh} :

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \log(1 + (H_{base} - H_{roof})) & \text{si } H_{base} > H_{roof} \\ 0 & \text{si } H_{base} \leq H_{roof} \end{cases} \quad (3.6)$$

- En (3.7), K_a representa el incremento de las pérdidas debido a una altura menor del transmisor.

$$K_a = \begin{cases} 54 & \text{si } H_{base} > H_{roof} \\ 54 - 0.8(H_{base} - H_{roof}) & \text{si } H_{base} \leq H_{roof} \text{ y } d \geq 0.5 \text{ km} \\ 54 - 0.8(H_{base} - H_{roof}) \frac{d}{0.5} & \text{si } H_{base} \leq H_{roof} \text{ y } d < 0.5 \text{ km} \end{cases} \quad (3.7)$$

- En (3.8) y (3.9), K_d y K_f controlan la dependencia de las pérdidas por difracción versus la distancia y frecuencia y representan las perdidas por difracción en los techos de los edificios.

$$K_d = \begin{cases} 18 & \text{si } H_{base} > H_{roof} \\ 18 - 15 \left(\frac{h_{base} - h_{roof}}{h_{roof}} \right) & \text{si } H_{base} \leq H_{roof} \end{cases} \quad (3.8)$$

$$k_f = \begin{cases} -4 + 0.7\left(\frac{f}{925} - 1\right) \dots\dots\dots (1) \\ -4 + 1.5\left(\frac{f}{925} - 1\right) \dots\dots\dots (2) \end{cases} \quad (3.9)$$

En (3.9), K_f está definido para dos casos: el (1) se aplica para ciudades medianas con densidad mediana de árboles y el (2) se utiliza para centros urbanos o metropolitanos.

3.1.3. Modelos de Tráfico

3.1.3.1 Tráfico de Voz

Para modelar el tráfico de voz utilizaremos el modelo de Erlang, el que se utiliza para determinar el número de circuitos basados en la carga de tráfico de la hora más cargada. Se definen dos modelos de Erlang: el Erlang B y el Erlang C, cada uno con sus características. Para este proyecto, se utilizará el modelo de Erlang B. [GAR2006]

El modelo de Erlang B se caracteriza por lo siguiente:

- Existen pérdidas de cola en espera.
- Las llamadas pérdidas son borradas asumiendo un tiempo de retención cero.
- Se asume una población infinita de orígenes.
- El número de troncales de servicio es limitado.

El modelo de Erlang C se caracteriza por lo siguiente:

- Se mantienen colas de espera, es decir, los usuarios no abandonan las llamadas.
- Existe prioridad en las llamadas.
- Necesita de una alta capacidad del sistema.

Para el desarrollo de este proyecto, se utilizará el modelo de tráfico Erlang B, el cual es utilizado por la mayoría de operadoras para sus cálculos de tráfico, ya que como vimos, entre sus características, no necesita de mucha capacidad del sistema si lo comparamos con el modelo de Erlang C.

3.1.3.2 Tráfico de Datos

En cuanto a los datos, al ser una conmutación de paquetes, no se establecen circuitos, por lo que el uso de un modelo de tráfico como el de voz es innecesario. Para nuestro diseño se utilizarán básicamente dos tasas de transferencia, las cuales están definidas en los planes que se podrán elegir de acuerdo a la zona. Se utilizaran tasas de transmisión de 144 Kbps y 384 Kbps.

3.1.4. Calculo de Coberturas

Uno de los pasos más importantes para el planeamiento de cualquier red inalámbrica es el cálculo de los Link Budgets, tanto para los casos de subida o UL y bajada o DL. En el caso específico de HSDPA, el cálculo de las coberturas se hace en base al Link Budget de subida o Uplink, lo que se hace basándose en el release 99, ya que como mencionamos anteriormente para la subida de información se sigue utilizando los canales descritos en el release 99 o UMTS. Primero, obtendremos el máximo valor de pérdida permitida para que un usuario pueda recibir la señal sin problemas. En la siguiente tabla se encuentran los valores que obtenemos [CHE2006].

TABLA 3-2: LINK BUDGET DEL UPLINK.

Fuente: "WCDMA (UMTS) Deployment Handbook" [CHE2006].

Descripción	Valor	Unidad
EIRP	19	dBm
Sensitividad	114.5	dBm
Rx Atenuación y Ganancia	14	dB
Ganancia por componentes de Propagación	-9.2	dB
Máxima Pérdida Permitida	138.3	dBm

Luego, usando el método de Cost 231 Walfish-Ikegami, obtenemos los valores teóricos para una área de cobertura con una distancia d como máximo y asumiendo los siguientes parámetros.

1. Suponemos un escenario en el que no existe línea de vista.
2. La altura de la antena de la estación base es mayor que la de los edificios.
3. Se trata de una ciudad mediana con densidad mediana de árboles.
4. Tenemos en cuenta los siguientes valores.

- $H_{roof} = 30m$
- $H_{mobile} = 1.5m$
- $H_{base} = 40m$
- $b = 30$
- $f = 850MHz$
- $W = b / 2$
- $K_a = 54$
- $K_d = 18$

Utilizando la formula (3.1) descrita por el modelo de Cost231, obtenemos que la pérdida total permitida es:

$$L_b = L_o + L_{ns} + L_{msd}$$

En donde:

- $L_o = 32.4 + 20\log d + 20\log f$
 $L_o = 90.98 + 20\log d$
- $L_{ns} = -16.9 - 10\log W + 20\log(H_{roof} - H_{mobile}) + 10\log f + L_{ori}$

- $L_{bsh} = -18.74$
- $K_a = 54$
- $K_d = 18$
- $K_f = -4.05$

$$L_{msd} = 10.10 + 18 \log d$$

$$L_o = 130.82 + 38 \log d$$

Si igualamos dicho resultado con el obtenido en la tabla 3.2, podremos obtener el valor teórico máximo de cobertura.

$$138.3 = 130.82 + 38 \log d$$

$$d = 1.57 \text{ km}$$

Como podemos ver, el máximo de cobertura es 1.5 km. Dicho valor es teórico y para efectos de planeamiento, utilizaremos un valor mínimo, ya que como sabemos, cuando se utiliza el método de acceso WCDMA, existe el efecto breathing, el cual dependiendo del número de usuarios que estén conectados, disminuye dicha cobertura. Para el caso de nuestro proyecto, tomaremos un 60% de la distancia máxima de alcance, por lo tanto para nuestro diseño trabajaremos con una distancia. [MON2008]

$$D = 0.942 \text{ km}$$

3.1.4.1 Zonas de Cobertura

En la ciudad de Arequipa se ha decidido elegir las zonas altamente comerciales así como las zonas residenciales para penetrar en el mercado. En la siguiente figura veremos las áreas de cobertura que se pretende cubrir con una red móvil de tercera generación.



FIGURA 3-1: AREAS DE COBERTURA

Fuente: "Creación Propia"

Como podemos ver, dichas zonas de cobertura están definidas por un perímetro, el cual será cubierto por las estaciones base a implementar.

3.1.5. Capacidad de las Células

Como hemos visto en el capítulo anterior, la población de la ciudad de Arequipa es de 854,493 personas, y el número de usuarios de líneas post pago en todo el departamento de Arequipa es de 67,645. Pero, para efectos de nuestro diseño, tomaremos en cuenta solo el número de líneas post pago de la ciudad mas no del departamento. La ciudad de Arequipa cuenta con 43,986 líneas post pago. Asimismo, se debe tener en cuenta que existen dos operadoras en dicha ciudad: Telefónica Móviles y América Móvil. Ambas empresas cuentan con un porcentaje de todas las líneas post y pre pago de la ciudad de Arequipa, en el caso de Telefónica es del 56% del total de líneas y el resto lo posee América Móvil.

Haciendo una proyección del número de líneas que se tendrán para cada empresa durante los siguientes años se obtiene la tabla 3-3.

TABLA 3-3: TABLA DE PROYECCION DE LINEAS POST PAGO.

Fuente: "OSIPTEL" [OSI2008]

Año	2007	2008	2009	2010	2011
Telefónica	24632	31540	38862	46183	53504
Claro	19353	24782	30534	36286	42039

Dicha proyección de líneas se basa en que el crecimiento del mercado es constante y la diferencia de líneas entre ambas empresas se va mantener de la misma manera, a medida que transcurren los años.

Para nuestro diseño utilizaremos las cifras de la empresa Telefónica Móviles y realizaremos el diseño de capacidad de cada estación base proyectándonos al mercado que habrá en el año 2011, así como la adquisición de un 5% de los usuarios de la empresa de la competencia.

Con todas estas consideraciones procederemos a realizar los cálculos de capacidades de los distintos nodos.

Como ya mencionamos anteriormente los distritos que se han elegido para la cobertura móvil son los de Cerro Colorado, Cayma, Arequipa, José Luís Bustamante y Rivero, Yanahuara y Miraflores. Las poblaciones de cada distrito se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 3-4: TABLA DE OCUPACION POBLACIONAL EN LA CIUDAD DE AREQUIPA.

Fuente: "INEI" [INE2008]

Distritos	Población		Total de la ciudad
Cayma	73782	8.63%	854493
Cerro Colorado	112590	13.18%	
Arequipa	57745	6.76%	
José Luís Bustamante	76084	8.90%	
Yanahuara	22575	2.64%	
Miraflores	50511	5.91%	

Tomando en cuenta dichos porcentajes de población por distrito realizaremos la determinación del número de usuarios por distrito así como el número de comunicaciones que va soportar nuestra red.

De acuerdo al porcentaje de población de cada uno de los distritos obtendremos un número de líneas. Esto se debe a que no contamos con los valores de la población económicamente activa o PEA por distrito de la ciudad de Arequipa. Así también supondremos que para el 2011, la empresa ha logrado ganar el 5% de los usuarios de la competencia, en este caso la empresa América Móvil, con lo cual llegamos un total de líneas de 55,606 y de donde obtendremos la proyección de líneas para el 2011. Dichos resultados se muestran en la tabla 3-5.

TABLA 3-5: TABLA DE COMUNICACIONES POR DISTRITO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA.

Fuente: "INEI" [INE2008]

Distritos	Total de Líneas	Porcentaje	Líneas
Cayma	55606	8.63%	4801
Cerro Colorado		13.18%	7327
Arequipa		6.76%	3758
Jose Luis Bustamante		8.90%	4951
Yanahuara		2.64%	1469
Miraflores		5.91%	3287

Como se puede ver en la tabla 3-6, el distrito con mayor número de líneas, según hemos supuesto, es Cerro Colorado. Esto se debe a que el número de personas que habitan en dicho distrito es mayor. Para efectos de nuestro diseño no podemos decir que a mayor población mayor tráfico de datos y voz va existir, ya que no solo depende del número de personas viviendo en un lugar, sino también del tipo de zona que es. En nuestro caso, las zonas con mayor tráfico promedio son las de Arequipa y la zona industrial, que se encuentra ubicada en el distrito de José Luís Bustamante y Rivero. Dichos distritos tendrán el número máximo de usuarios que hemos obtenido y según

sea el movimiento comercial del distrito, iremos asignando el número de líneas a cada uno de ellos.

De esta forma nos queda la siguiente tabla, en donde se pueden ver las líneas para cada distrito.

TABLA 3-6: TABLA DEL NÚMERO DEL USUARIOS.

Fuente: "Creación Propia"

Distritos	Líneas por Distrito
Cayma	4801
Cerro Colorado	1469
Arequipa	7327
José Luís Bustamante	4951
Yanahuara	3287
Miraflores	3758

Como se puede ver en la tabla 3-7, los distritos con mayor número de líneas son los de Arequipa, José Luís Bustamante y Cayma.

De acuerdo al número de líneas obtenidas, procederemos a designar cuales serán las estaciones base y cuáles serán los distritos que cada una de estas estaciones cubrirá con su señal.

TABLA 3-7: TABLA DE UBICACIÓN DE LOS NODOS.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Distrito
1	Cerro Colorado
2	Yanahuara
3	Cayma
4	Arequipa
5	José Luís Bustamante, Miraflores

Ahora relacionaremos cada nodo con el número de líneas que le corresponde.

TABLA 3-8: TABLA DE LINEAS POR NODO.

Fuente: “Creación Propia”

Nodo B	Líneas
1	1469
2	3287
3	4801
4	7327
5	8709

Ya definidas las líneas que tendrá que soportar cada nodo, se procederá a definir la capacidad de cada nodo. Primero, se tendrán que definir los planes de cada tipo de usuario. Por ende, en la tabla 3-10 se pueden ver los 3 perfiles o planes a los que puede acceder un usuario dependiendo del distrito en el que se encuentre.

TABLA 3-9: PLANES DISPONIBLES

Fuente: “Creación Propia”

Servicio	Zona A			Zona B	
	Plan 1	Plan 2	Plan Internet	Plan 2	Plan Internet
Minutos Para Voz	210	120	0	120	0
Minutos Para Video Llamadas	25	10	0	10	0
Tasa de Transferencia	384 Kbps	144 Kbps	144 Kbps	144 Kbps	144 Kbps

Para poder obtener la capacidad teórica de cada nodo B, tenemos que analizar los tipos de tráfico que va soportar dicho nodo por separado. Los servicios que se van a ofrecer son los de voz, video llamadas e Internet, tal y como definimos en los perfiles de usuario.

Así también, se debe tener en cuenta el problema de la movilidad del usuario de Internet, ya que dependiendo de la velocidad y la ubicación en que se encuentre es que va tener una determinada tasa de transferencia. Dicho problema se soluciona, ya que para efectos de nuestro diseño nos basamos en que, según datos de la operadora Telefónica, en Lima el 70% de los usuarios de Internet son estacionarios y no se mueven, siendo Arequipa una ciudad menos

metropolitana que Lima. Este valor aumenta, por lo que podemos considerar que los usuarios de Internet son estacionarios [LUI2008].

Comenzaremos con las video llamadas. Se debe tener en cuenta que el establecimiento de cada una de ellas es como si se estableciera un circuito de voz, ya que utiliza los mismos tipos de recursos que la llamada de voz solo que en mayor cantidad, ya que se requiere de 64 Kbps por cada video llamada.

Para efectos de nuestro diseño supondremos tres valores de factores de concentración para obtener el tráfico en la hora cargada, 2%, 5% y 10%. Otra consideración que se debe tener en cuenta es que en el caso de los nodos 4 y 5 se disponen de usuarios con los dos planes, teniendo el 60% el plan 1 y el 40% restante el plan 2. En la tabla 3-10 veremos el tráfico en erlangs de cada nodo debido solamente a video llamadas.

TABLA 3-10: TRAFICO DE VIDEO LLAMADAS.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Líneas	Tráfico Erl		
		Factor de Concentración		
		2%	5%	10%
1	1469	0.16	0.41	0.82
2	3287	0.37	0.91	1.83
3	4801	0.53	1.33	2.67
4	7327	1.55	3.87	7.73
5	8709	1.84	4.60	9.19

Seguidamente, en la tabla 3-11, se ven los números de canales que se han de requerir para cada uno de los factores de concentración y los que requerirían con cada uno de los valores de factor de concentración.

TABLA 3-11: NUMERO DE CANALES PARA VIDEO LLAMADAS.

Fuente: “Creación Propia”

Nodo B	Canales 2%	Canales 5%	Canales 10%
1	2	3	4
2	3	4	6
3	3	5	7
4	5	9	14
5	6	10	16

Seguidamente, procederemos a calcular el número de canales de voz que se utilizarán para cada nodo. Como ya hemos definido los planes que dispondrán los usuarios y por ende la cantidad de minutos que cada uno de estos tendrá al día, podemos obtener el tráfico en la hora cargada que va cursar cada nodo B. En la tabla 3-12, se puede ver el tráfico de cada nodo.

TABLA 3-12: TRAFICO PRELIMINAR POR NODO.

Fuente: “Creación Propia”

Nodo B	Líneas	Trafico (Erl)	Canales
1	1469	9.79	16
2	3287	21.91	30
3	4801	32.01	42
4	7327	70.83	83
5	8709	84.19	97

Se debe resaltar que en cada nodo se trabajará con tres sectores, por lo que se debe realizar un cálculo del tráfico por cada sector y así obtener el número real de canales que se necesitarán. En la siguiente tabla se pueden ver los resultados.

TABLA 3-13: TRAFICO DE VOZ POR CADA NODO.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Usuarios	Canales	Canales por Sector	Trafico por Sector (Erl)	Trafico de la Celda (Erl)	Canales
1	1469	16	5	1.65	4.95	10
2	3287	30	30	21.9	21.9	30
3	4801	42	14	8.20	24.60	33
4	7327	83	28	20.15	60.45	72
5	8709	97	32	23.70	71.10	83

Por último, para obtener la capacidad de datos con la que debe contar el nodo, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones.

1. Se tomará como fuente de cálculo el nodo B, con más tráfico en nuestro caso el nodo B-5.
2. Se iniciará con una tasa teórica de 14.4 Mbps.
3. Se tendrá el 60% de los usuarios con el plan 1 y el otro 40% con el plan 2, para el caso de los nodos 4 y 5. Para el resto de nodos se tendrá el 100% de usuarios con el plan 2.
4. Se supondrá que en la hora cargada el 80% de usuarios se encuentran conectados.

En la siguiente tabla se tienen los resultados del nodo 5.

TABLA 3-14: TABLA DE TRÁFICO DE DATOS DEL NODO 5.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Capacidad Restante Kbps	Usuarios	% usuarios
5	13003.4	45	0.52%

La capacidad restante del nodo 5 se da, suponiendo que se ha restado de los 14.4 Mbps los 1012.6 Kbps referentes a la voz y los 384 Kbps referentes a las video llamadas. Con la capacidad restante obtenemos los usuarios máximos teóricos que podría soportar el nodo. Dicho valor es el número de usuarios del cual obtendremos el número de usuarios en la hora cargada. Obtenemos el porcentaje de usuarios en comparación con el número inicial de líneas del nodo para poder utilizarlo en todos los demás nodos.

De esta forma obtenemos la siguiente tabla en donde se puede ver los usuarios por cada nodo así como los usuarios en la hora cargada suponiendo un 80% como factor de concentración.

TABLA 3-15: USUARIOS DE DATOS EN LA HORA CARGADA.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Líneas	Usuarios	Usuarios hora cargada
1	1469	8	6
2	3287	17	14
3	4801	25	20
4	7327	38	30
5	8709	45	36

Como ya tenemos el número de usuarios para cada nodo en la hora cargada, podremos saber cuál es el tráfico real que va a cursar cada uno de ellos. En la siguiente tabla, veremos los resultados que nos ayudarán a dimensionar nuestros enlaces de transmisión.

TABLA 3-16: TRÁFICO DE DATOS FINAL.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Tráfico de Datos (Kbps)
1	877.4
2	1963.1
3	2867.5
4	8640.0
5	10080.0

3.1.6. Topología Final

Por último, veremos la topología final de la red. Como ya definimos las áreas de cobertura debemos evaluar las líneas de vista de cada nodo, así como definir las posiciones exactas y realizar la sectorización de cada uno de los nodos.

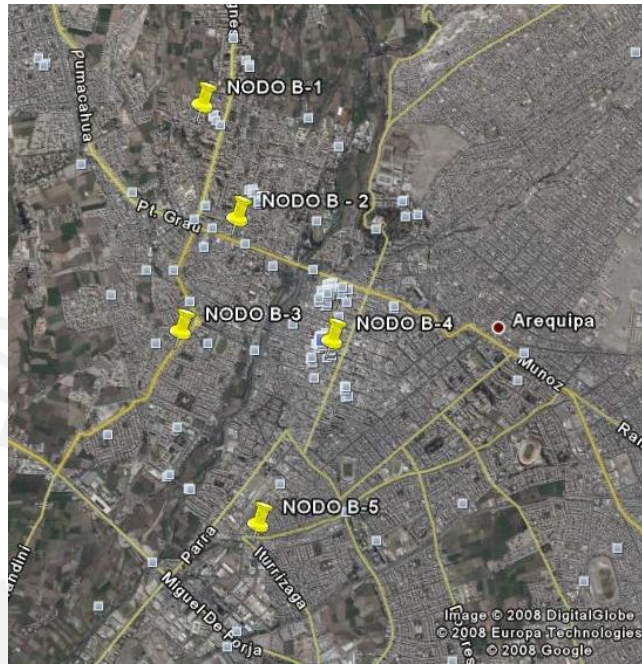


FIGURA 3-2: UBICACIÓN DE LOS NODOS

Fuente: “Creación Propia”

En la siguiente tabla veremos la posición de cada uno de los nodos B, así como la distancia con el nodo B – 2, en donde se encuentra nuestro RNC y de donde se va direccionar todo el tráfico hacia el centro de conmutación en Lima.

TABLA 3-17: UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS NODOS.

Fuente: “Creación Propia”

	Distancia km	Latitud	Longitud
NODO B-1	1.04	-16.3814867	-71.5475622
NODO B-2	0	-16.3904333	-71.54465176
NODO B-3	1.11	-16.3993673	-71.54925355
NODO B-4	1.35	-16.4000452	-71.536853
NODO B-5	2.68	-16.4145334	-71.5428131

Para el planeamiento de la distribución de las celdas en la ciudad de Arequipa se debe tener en cuenta que para diferenciar cada una de las celdas se utilizan los scrambling codes o códigos de mezclado. Dichos códigos se utilizan tanto en la subida como para la bajada de información. Se tomará en cuenta solo los SC (Scrambling Codes) de bajada.

Se dispone de 8,192 códigos, los cuales están agrupados en 512 grupos, cada uno de los cuales contiene 16 códigos. Al primer código de cada grupo se le denomina PSC o Primary Scrambling Code. Para diferenciar cada celda se utilizará un código PSC diferente. En la siguiente figura podremos ver cómo es que se reparten los PSC para cada uno de nuestros nodos.

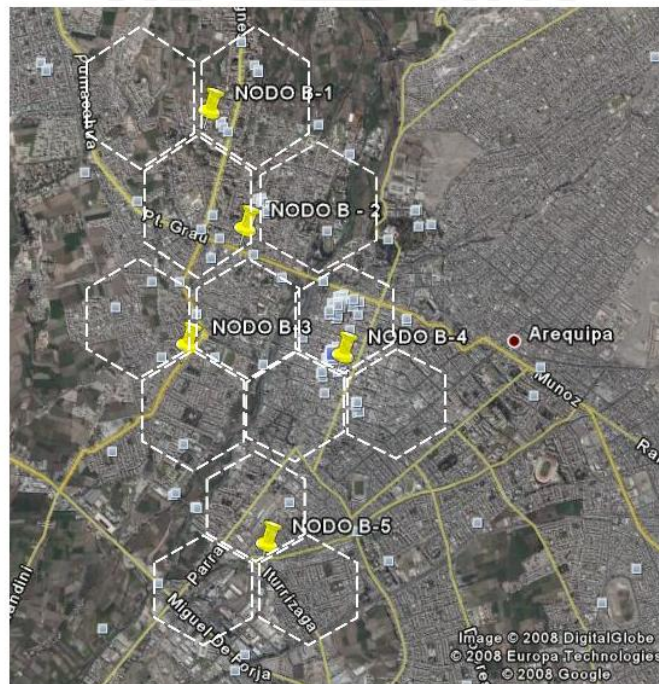


FIGURA 3-3: SECTORIZACION DE NODOS

Fuente: "Creación Propia"

Como podemos ver, cada nodo posee 3 sectores a excepción del nodo 2 que solo tiene un sector. La asignación de los SC será tal y como se ve en la siguiente figura.

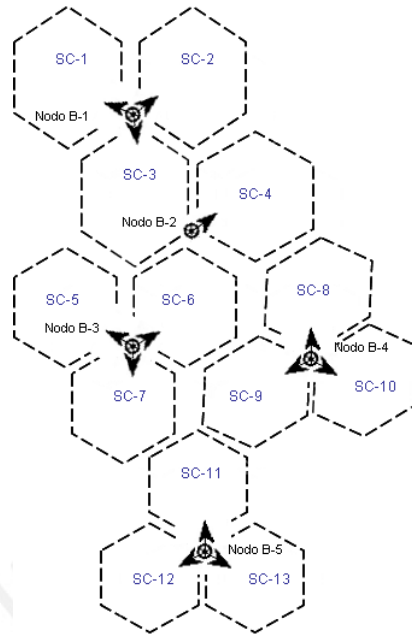


FIGURA 3-4: ASIGNACION DE LOS SC
Fuente: “Creación Propia”

Cada uno de los nodos debe poseer una línea de vista lo suficientemente buena para realizar el enlace de microondas y el abastecimiento de la señal móvil a todos los sectores. Para esto, se hizo una visita a la ciudad de Arequipa, en donde se realizó un estudio de campo y se tomaron fotos de los sitios en donde se planea poner las estaciones base, así como de la línea de vista de cada uno de estos.

Nodo B – 1, se encuentra ubicado en la zona de Cerro Colorado. Como se puede ver es una zona puramente residencial, con unos cuantos edificios. La posición que se eligió posee una buena línea de vista, ya que no hay obstáculos que puedan atenuar de manera significativa nuestra señal.



FIGURA 3-5: LINEA DE VISTA NODO B-1
Fuente: “Creación Propia”

Nodo B – 2, se encuentra ubicado en el distrito de Yanahuara y se puede ver que la línea de vista de dicho nodo es hacia una zona residencial en donde

la mayoría de edificaciones pertenece a casas y departamentos, sin ningún edificio comercial.



FIGURA 3-6: LINEA DE VISTA NODO B-2

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B – 3, dicho nodo se encuentra ubicado en la zona de Cayma, la cual es una zona de tipo residencial conformada en su mayoría por casas, unos cuantos hoteles y la Universidad Santa María.



FIGURA 3-7: LINEA DE VISTA NODO B-3

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B – 4, uno de los nodos más importantes, ya que se encuentra en el distrito de Arequipa, el cual es una zona bastante comercial. Se puede ver que se tratan de edificios más elevados, por ende, se trata de una zona metropolitana.



FIGURA 3-8: LINEA DE VISTA NODO B-4

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B – 5, en cuanto a este nodo, no se pudo obtener fotos panorámicas de la línea de vista de la estación base. Más bien se encontró una antena ya desplegada en donde se podría poner la estación base de HSDPA.

3.2. Ingeniería y Tecnología

3.2.1. Características del Nodo B

Para nuestro proyecto se ha decidido utilizar el nodo B modelo BTS3812AE. Es uno de los últimos modelos que tiene la empresa Huawei y se trata de un macro nodo externo que cumple con las especificaciones dadas por la 3GPP para los release R5/R6 FDD. Soporta hasta 12 celdas y es aplicable en áreas urbanas, zonas comerciales, ciudades de mediano y alto potencial de crecimiento de tráfico.

Entre los beneficios más importantes tenemos:

- Capacidad.

Soporta un máximo de 1024 Channel Elements en la subida y 1536 Channel Elements en la bajada. Cada uno de estos Channel Elements (CE) es equivalente a un canal de voz de 12.2Kbps.

Soporta un máximo de 6 sectores y 12 celdas, cada uno de los sectores soporta como máximo 4 portadoras. Soporta tasas de codificación AMR para voz de 12.2, 10.2, 7.95, 7.4, 6.7, 5.9, 5.15, 4.75 Kbps. En cuanto a tasas de transmisión de paquetes soporta 16, 32, 64, 128, 144, 384 Kbps.

- Cobertura.

Para mejorar la cobertura, soporta la utilización de TMA, los cuales sirven para amplificar la señal cuando se tiene mucha pérdida por desvanecimiento de la misma o si es que se quiere mejorar la cobertura de la señal de subida.

- Bandas.
Trabaja en las bandas de 850 Mhz, 900 Mhz, 1800 Mhz, 1900 Mhz, 2100 Mhz, según el operador lo requiera.
- Soporta HSDPA como HSUPA.
- Interfaces de Transmisión y Modos de Transmisión.
Se puede conectar con la RNC utilizando interfaces E1/T1, STM-1/OC-3 y Fast Ethernet. Puede operar utilizando ATM o IP RAN, el cual puede ser IPv4, IP sobre E1/T1 o IP sobre Ethernet.
- Características Físicas.
El nodo viene de fábrica protegido para poder soportar ambientes hostiles como viento, arena, sol y lluvia.

Para los enlaces de transmisión entre los nodos y el RNC, se utilizarán los siguientes equipos de microondas con las siguientes características:

- Pasolink NEO.- Este sistema de microondas es uno de los más fiables y con características adecuadas para nuestro diseño.
 - Mejora de la capacidad utilizando actualizaciones por software de 5E1 a 16E1, 40E1 a 48E1, 1/2E3 y de 16E1 a STM-1 con el cambio de tarjeta.
 - Cambio de modulación por software desde QPSK a 128QAM.
 - Puede operar en las siguientes frecuencias: 6, 7, 8, 11, 13, 15, 18, 23, 26, 28, 32, 38 y 52 Ghz.
 - Capacidades de Tráfico: 5 x 2 Mbps, 10 x 2 Mbps, 16 x 2 Mbps, 40 x 2 Mbps, 48 x 2 Mbps, 1 x 155 Mbps, 2 x 155 Mbps.

Como se puede ver, dicho equipo de microondas no solo posee una gran capacidad, sino que su fácil actualización para aumentar la capacidad del enlace es importante, ya que en el caso de que la demanda aumente no necesitaríamos obtener otro equipo, sino solo actualizar este.

3.2.2. Red de Transmisión

Para poder definir cuál será la red de transmisión a utilizar, evaluaremos las distintas opciones que existen.

Enlaces de microondas: Es una opción muy utilizada cuando no se dispone de un medio físico que no sea inalámbrico para interconectar las estaciones base. El problema que se presenta durante la realización de dichos enlaces es el costo, el proceso de licitación de la banda en la que se va a realizar el enlace y la línea de vista de dicho enlace.

Enlace de fibra óptica: Si se dispone de una fibra óptica tendida en el lugar donde van a estar ubicadas las estaciones base, este medio físico es el mejor, ya que tenemos grandes capacidades disponibles a costos reducidos.

Para nuestro diseño propondremos como primera opción la implementación de enlaces de microondas como método de transmisión entre las estaciones base o nodos B y el RNC.

Cada uno de estos enlaces de microondas estará direccionado hacia una torre principal, en donde se direccionará todo el tráfico de voz y datos utilizando fibra óptica hacia el núcleo de la red. Dicho punto central se encuentra ubicado en el distrito de Yanahuara y es donde se encontrará el nodo B – 2. Se debe tener en cuenta que el RNC se encontrará también en ese lugar.

Para poder obtener exactamente la capacidad de los enlaces de microondas debemos separar el tráfico de voz y de datos, ya que ambos se realizan en base al establecimiento de distinto tipo de conmutación. En el caso de voz, se realiza una conmutación de circuitos y datos y una conmutación de paquetes; por lo tanto, comenzaremos con el tráfico de voz.

En la siguiente tabla veremos el tráfico que va cursar cada estación base.

TABLA 3-18: TOTAL DE CANALES POR NODO.

Fuente: “Creación Propia”

Nodo B	Canales	Multiplexion de Canales	Video Llamadas	Canales de 64 (Kbps)
1	10	4	3	7
2	30	10	4	14
3	33	11	5	16
4	72	24	9	33
5	83	28	10	38

Como se puede ver, se utiliza una multiplexión de los canales de voz, ya que cada uno de ellos es de 12 Kbps, cuando un canal de un E1 es de 64 Kbps. Por ello, se ha supuesto que 3 canales de voz equivalen a uno de 64 Kbps. Para el caso de las video llamadas, cada canal es de 64 Kbps, por lo que no habría la necesidad de realizar ninguna multiplexación.

Para el caso de datos, en la siguiente tabla se tienen las tasas de transferencia máximas a las que trabaja cada uno de nuestros nodos.

TABLA 3-19: TRAFICO DE DATOS.

Fuente: “Creación Propia”

Nodo B	Tráfico de Datos (Kbps)
1	877.4
2	1963.1
3	2867.5
4	8640.0
5	10080.0

Estos valores, como ya mencionamos, son teóricos y son los máximos, por ende, los tomaremos en cuenta para dimensionar los enlaces de microondas. En la siguiente tabla se puede ver la tasa de transmisión por cada nodo, así como el número de E1 que se necesitarán para cada uno de ellos.

TABLA 3-20: CAPACIDAD DE LOS ENLACES DE TRANSMISION.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Canales de 64 (Kbps)	Tráfico de Datos (Kbps)	Trafico Total (Kbps)	Numero de E1
1	7	877.4	1325.37	1
2	12	1963.1	2859.01	2
3	16	2867.5	3891.51	2
4	33	8640.0	10752.00	6
5	38	10080.0	12512.00	7

Como se puede ver, el número de E1 por cada nodo no ocupa exactamente la capacidad de cada uno de estos, sino que posee un ancho de banda de guarda para control o señalización.

Para realizar el enlace entre el RNC de la ciudad de Arequipa y el core o núcleo de la red, se utilizará la red de fibra óptica ya desplegada. Con esto reduciremos costos de inversión al utilizar una infraestructura ya implementada.

Para poder ver si es que la realización de los enlaces de microondas es factible, utilizaremos el programa radio mobile para modelar cada uno de los enlaces.

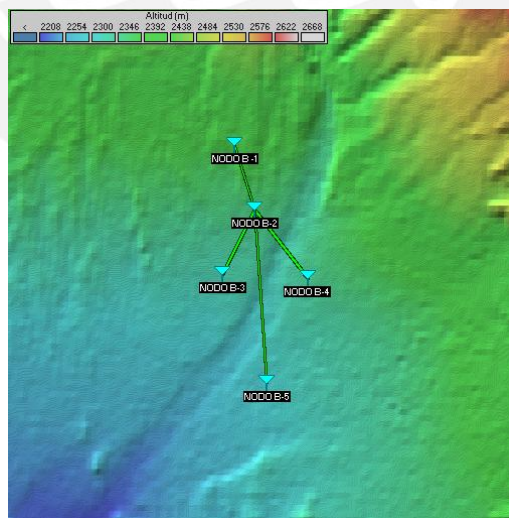


FIGURA 3-9: FACTIBILIDAD DE LOS ENLACES DE MICROONDAS

Fuente: "Creación Propia"

Como se puede ver, todos los enlaces son factibles y todos se dirigen al nodo B 2, en donde se encuentra el RNC que va direccionar todo el tráfico hacia Lima en donde se realizara la conmutación del mismo.

3.2.3. Núcleo de Red

Para nuestro diseño no se desarrollará de forma detallada el dimensionamiento del núcleo de red, ya que supondremos que la operadora en cuestión, Telefónica del Perú, seguirá utilizando el núcleo de su red móvil de segunda generación. Lo que si se deberá tener en cuenta es que, si bien es cierto que la tecnología HSDPA está definida en el release 5, en el que también se define un núcleo de red, las operadoras son las que al final deciden hasta que punto implementan dichas especificaciones. Por ende, en este diseño se seguirá utilizando el núcleo de la red EDGE, del que dispone Telefónica. Se recomienda que se implemente un RNC en la ciudad de Arequipa, ya que este si es un elemento nuevo y podrá servir para futuras implementaciones en distintas ciudades del sur del país. A diferencia de una red GSM o su evolución EDGE, que posee el BSC, en HSDPA se utiliza el RNC que se encarga de controlar a los nodos B. En la siguiente figura se puede ver cómo es que se dispondrían los elementos de una arquitectura 3G, nodos B HSDPA y un RNC en la ciudad de Arequipa, y el núcleo de la red ubicado en la ciudad de Lima. De esta forma se reducirían costos de inversión ya que no se estarían implementando todos los componentes de una red de tercera generación. Esto tampoco significa que la calidad y servicios que se piensan ofrecer se van ver afectados de una gran manera tal que implique un riesgo al proyecto. Esto no va ocurrir porque el dimensionamiento con que se cuenta para lo que es datos, es suficiente para soportar el desarrollo de una red de tercera generación en la ciudad de Arequipa. En el supuesto caso que se sigan desarrollando implementaciones en otras ciudades, el operador, en ese caso, tendría que ver la opción de actualizar todos sus equipos del núcleo de red según sean los requerimientos.

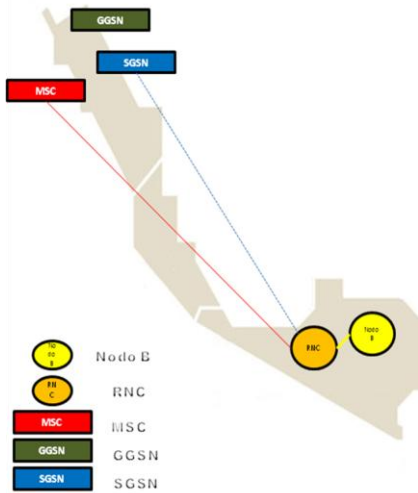


FIGURA 3-10: NUCLEO DE RED
Fuente: "Creación Propia"

3.2.4. Operación y Mantenimiento

El modelo de gestión que se utilizará para este proyecto de tesis es el definido modelo de gestión TMN, el cual desarrolla un estudio de las necesidades detectadas en la operación y supervisión de los elementos que componen la red y la relación de los factores que condicionan la organización del servicio ofrecido a estos niveles. [HER2001]

Dicho modelo se basa en la torre OSI para la interconexión de sistemas, como se puede ver en la siguiente figura.

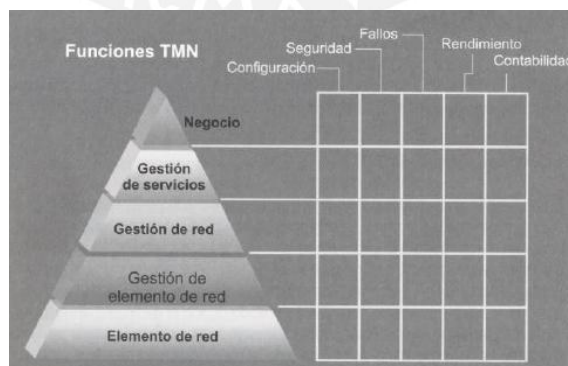


FIGURA 3-11: MODELO DE GESTION
Fuente: "Comunicaciones Móviles de Tercera Generación" [HER2001]

Como podemos ver, cada nivel se encarga de una parte de la gestión total, en donde se tiene lo siguiente:

- El negocio, este nivel se encarga de ver las estrategias del negocio condicionando las funciones del nivel inferior.
- Gestión de servicios, se encarga de la gestión al cliente, desarrollo y operaciones de servicios.
- Gestión de Red, garantiza el transporte de extremo a extremo.
- Gestión de elementos de red, se encarga de asegurar el correcto funcionamiento de todos los elementos de la red.

Se entiende por sistemas de gestión a todos los ordenadores aplicaciones y sistemas de comunicaciones necesarios para que el operador de una red gestione de manera eficaz y en su totalidad dicha red. [HER2001]

Los sistemas de gestión de red se clasifican en dos grupos:

- Gestión Centralizada, toda gestión se realiza desde una plataforma centralizada con un servidor único. Este macro gestor es el encargado de gestionar toda la red, según nuestro modelo TMN, a nivel de gestión de elemento de red, así como de gestión de red. La ventaja de este tipo de gestión de red es que no sobrecarga la red y por lo general se utiliza en redes pequeñas o en una red de reciente lanzamiento.
- Gestión Distribuida, este sistema de gestión se utiliza en redes más grandes, en donde la complejidad de la misma hace que un sistema centralizado sea de imposible aplicación. Esta distribución se realiza al nivel de gestión de elementos de red y una de sus grandes ventajas es su escalabilidad y su robustez ante el fallo de uno de sus gestores. Un ejemplo de un sistema distribuido es el sistema Corba.

Para el diseño de este proyecto de tesis, al tratarse de una red nueva y de un tamaño no muy grande, se utilizará un sistema gestor centralizado, el cual se

encontrará ubicado en el NOC (Network Operator Center) de la red móvil de segunda generación.

3.2.5. Otros Componentes

Entre los demás componentes que se deben tomar en cuenta para nuestro diseño se encuentran las torres, los pozos a tierra, la alimentación de las estaciones base, entre otros. En la siguiente gráfica podemos ver la estación base, que consta de un cuarto de equipos, las antenas tanto para del sistema móvil como del sistema de microondas y la torre.

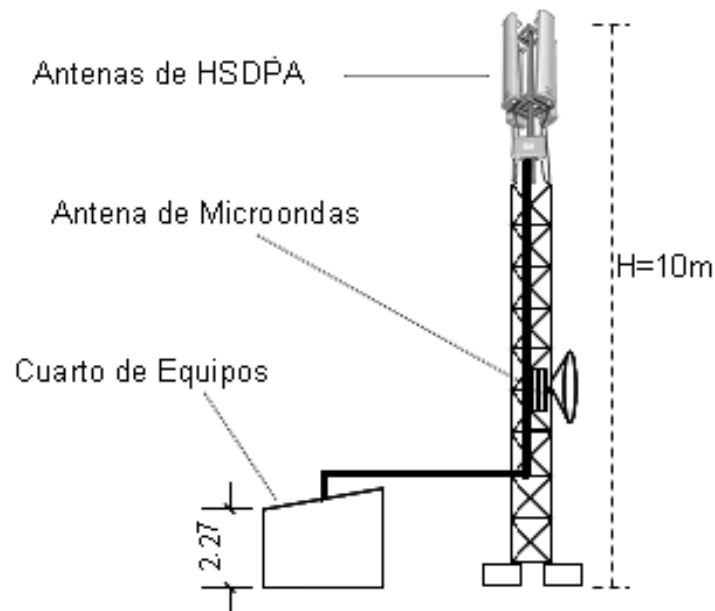


FIGURA 3-12: DIAGRAMA DE TORRES

Fuente: "Creación Propia"

En el caso de los pozos a tierra, se debe tener en cuenta que se utilizarán los pozos a tierra de los edificios sobre donde se van a instalar las torres. En el supuesto caso que no se encuentre con un correcto sistema de pozo a tierra, se tendrá que implementar uno. Esto afectará el costo de inversión de nuestro proyecto. Dichos costos adicionales los veremos en el capítulo siguiente que corresponde a la parte económica.

3.3. Implementación

3.3.1. Equipos y Proveedor

Como ya hemos mencionado anteriormente, el proveedor principal de los equipos es Huawei. Para lo que son los enlaces de microondas, se contará con NEC y para las tarjetas y dispositivos móviles de banda ancha se tiene Huawei y ZTE como respaldo. Para el caso de los equipos móviles, es decir, equipos celulares, cada usuario podrá adquirir a su criterio el que más le convenga. No se restringirá el uso de los mismos.

En la siguiente tabla veremos con más detalle la marca y el modelo de los equipos que se utilizarán.

TABLA 3-21: EQUIPOS A UTILIZAR.

Fuente: "Creación Propia"

Proveedor	Modelo	Función
Huawei	BTS3812AE	Estación Base para Telefonía Móvil
Huawei	Airbridge RAC6610	Estación Base Controladora Para Telefonía Móvil
Huawei	E226	Radio Modem para Transmisión de Datos
NEC	PasoLink NEO	Sistema de microondas
ZTE	MF622	Radio Modem para Transmisión de Datos

3.3.2. Servicios a Ofrecer

Al tratarse de una red que es la evolución de una red de segunda generación, se seguirán ofreciendo los mismos servicios y se incluirán nuevos, como la introducción de las video llamadas y la mejora en cuanto a la velocidad de transferencia de los usuarios.

En la siguiente tabla podremos ver una comparación entre dos redes de segunda generación y una red de tercera generación utilizando los mismos servicios.

TABLA 3-22: MEJORA EN LOS SERVICIOS.

Fuente: "Creación Propia"

Ejemplos de Descarga	Tamaño KB	GPRS	EDGE	3 G
Paginas Web	400	80 seg	27 seg.	6 seg
Foto (Alta Resolución)	1024	3.4 min.	1.1 min.	0.3 min
Email Con archivo adjunto	800	2.7 min.	1 min.	0.2 min
Archivo Música de 3 min.	2880	10 min.	3 min.	0.8 min

Como se puede ver, el tiempo que se utiliza para cada uno de los servicios es mucho menor. Esto, debido básicamente a que las velocidades de transmisión de una red móvil de tercera generación sobrepasan por mucho a los de una red de segunda generación.

Para el diseño de nuestra red, se ha decidido, como ya hemos podido ver, brindar los servicios de voz, video llamadas y datos. Para esto se han creado 3 planes, los que mostramos anteriormente, en donde cada usuario podrá elegir el que más le convenga.

3.3.3. Terminales y Tarjetas

La adquisición de los terminales es responsabilidad de cada usuario. En el caso de los equipos para el acceso a la red de banda ancha móvil, se dispondrá de dos equipos de distintos proveedores, Huawei y ZTE. Se eligió a los equipos de estos proveedores ya que poseen un costo reducido y la calidad de su producto es de acuerdo con nuestros estándares. Los modelos a utilizarse son el ZTE MF622 y el Huawei E226. Ambos poseen una capacidad de hasta 7.2 Mbps y se pueden conectar tanto en una PC como en una laptop, ya que cuentan con un puerto USB con el que se realiza la conexión entre el modem y la computadora.

ZTE MF 622

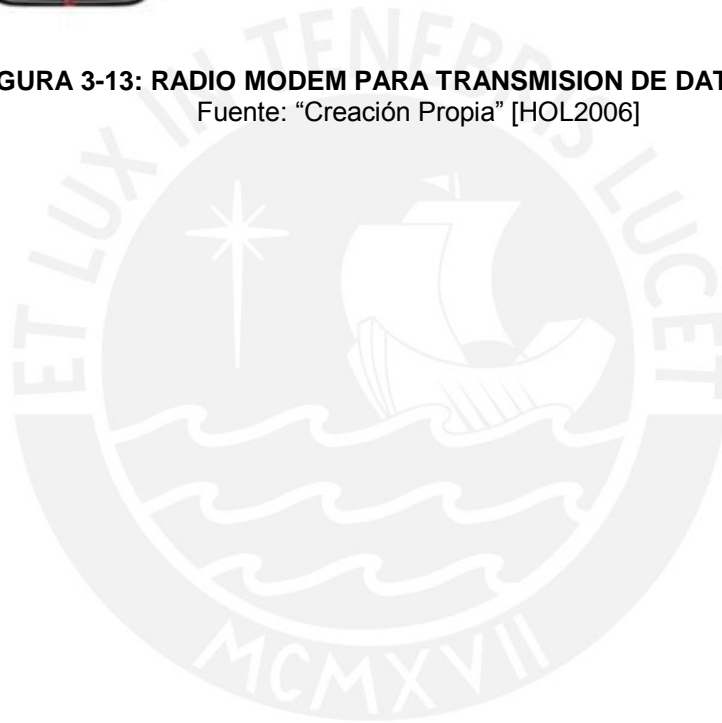


Huawei E226



FIGURA 3-13: RADIO MODEM PARA TRANSMISION DE DATOS

Fuente: "Creación Propia" [HOL2006]



CAPÍTULO 4

ANÁLISIS ECONOMICO

4.1. Inversión

Para comenzar a realizar el análisis de la inversión se debe saber que en nuestro diseño no se están tomando en cuenta los gastos de la utilización del Core de la red de segunda generación, ni el costo del enlace de fibra óptica desde la ciudad de Arequipa hacia Lima.

En la siguiente tabla se puede ver el monto total de la inversión tomando en cuenta los equipos de telefonía móvil y los enlaces de transmisión en microondas.

TABLA 4-1: INVERSION UTILIZANDO ENLACES DE MICROONDAS.

Fuente: "Creación Propia"

Descripción	Unidad	PRECIO UNITARIO O DDP (USD)	NODO B-1	NODO B-2	NODO B-3	NODO B-4	NODO B-5	CANTOTAL	PRECIO TOTAL DDP (USD)
NODO B									
ODU									
BTS3812AE	Unit	\$40,000.00	1	1	1	1	1	5	200000
IDU									
AIRBRIDGE RAC 6610 (RNC)	Unit	\$200,000.00	0	1	0	0	0	1	200000
PASOLINK NEO									
ODU									
7GHz	Unit	\$1,992.39	1	4	1	1	1	8	15939.12
ODU OPTION POLE MOUNTING BRACKET FOR 6/7/8GHZ ODU	EA	\$216.00	1	4	1	1	1	8	1728
IDU									
IDU (1+0), PDH-16E1+ LAN	Unit	\$2,249.86	1	4	1	1	1	8	17998.88
SISTEMA AEREO									
Antena Alta Performance 7 Ghz 0.6m	Unit	\$1,329.27	1	4	1	1	1	8	10634.16
INSTRUCTION MANUAL FOR PASOLINK NEO	COPY	\$424.99						1	424.99
ACCESORIOS									
RF Cable E/W Conectores (Para 7/8Ghz) ODU	m	\$120.00	1	4	1	1	1	8	960
IF Cable ODU-IDU	m	\$3.02	50	200	50	50	50	400	1208
Conectores para Cable ODU-IDU (recto)	Unit	\$36.00	1	4	1	1	1	8	288
Conectores para Cable ODU-IDU (en L)	Unit	\$36.00	1	4	1	1	1	8	288
Torres	Unit	\$7,733.30	1	1	1	1	1	5	38666.5
Sistema de Gestion Enlace por Enlace PNMT	TOTAL	\$5,500.00						1	5500
OTROS									
Instalacion	Unit	\$8,000.00	1	1	1	1	1	5	40000
Otros	TOTAL	\$50,000.00						1	50000
TOTAL US\$			61,863	280,255	61,863	61,863	61,863		527,710.66
									583,635.65

Como se puede ver, el costo de la inversión total es de \$ 583,635.65. En la siguiente tabla podremos ver la otra posibilidad para la realización de los

enlaces de transmisión, utilizando enlaces de fibra o cobre implementados por Telefónica del Perú.

TABLA 4-2: INVERSION UTILIZANDO FIBRA OPTICO O COBRE.

Fuente: "Creación Propia"

Descripción	Unidad	PRECIO UNITARI ODDP (USD)	NODO B-1	NODO B-2	NODO B-3	NOD O B-4	NODO B-5	CANT TOTAL	PRECIO TOTAL DDP (USD)
NODO B									
ODU									
BTS3812AE	Unidad	\$40,000.00	1	1	1	1	1	5	200000
IDU AIRBRIDGE RAC 6610 (RNC)	Unidad	\$200,000.00	0	1	0	0	0	1	200000
ENLACE POR FIBRA									
E1	Unidad	\$1,000.00	1	2	2	6	7	18	18000
ACCESORIOS									
IF Cable ODU-IDU	M	\$3.02	50	200	50	50	50	400	1208
Conectores para Cable ODU-IDU (recto)	Unidad	\$36.00	1	4	1	1	1	8	288
Conectores para Cable ODU-IDU (en L)	Unidad	\$36.00	1	4	1	1	1	8	288
Torres	Unidad	\$7,733.30	1	1	1	1	1	5	38666.5
OTROS									
Instalacion	Unidad	\$8,000.00	1	1	1	1	1	5	40000
Otros	TOTAL	\$50,000.00						1	50000
TOTAL US\$			57,076.3	259,105	58,076	62,076	63,076		499,410.50
									549,410.50

El costo total de la inversión es de \$ 549,410.50. En el caso que implementemos los E1, los costos de inversión de dichos enlaces de transmisión son básicamente los costos de la empresa en implementarlos. Utilizando este método, podremos reducir más nuestros costos de inversión y así tener mejores valores en nuestros indicadores económicos. Por lo tanto, es el monto de inversión que vamos a utilizar para analizar la factibilidad del proyecto.

4.2. Gastos Operativos

En cuanto a los gastos operativos se tienen que tener en cuenta los costos de interconexión con otras empresas móviles como Claro, Nextel y también los gastos de las llamadas de larga distancia nacional. Para esto, veremos las siguientes tablas, donde se obtiene el número de minutos que cursará cada nodo hacia cada tipo de conexión.

Comenzaremos con el año 2009 que es en donde debe empezar a operar la red. En la siguiente tabla se ven los valores de minutos que cada uno de los nodos va cursar hacia las distintas redes.

TABLA 4-3: INTERCONEXION PARA EL 2009.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Minutos	CLARO	NEXTEL	LDN	COSTOS			Sub Total
		20%	5%	10%	Claro	Nextel	LDN	
1	128039	25608	6402	12804	\$2,704.18	\$594.74	\$98.59	\$3,397.51
2	286497	57299	14325	28650	\$6,050.81	\$1,330.78	\$220.60	\$7,602.19
3	418489	83698	20924	41849	\$8,838.48	\$1,943.88	\$322.24	\$11,104.60
4	926007	185201	46300	92601	\$19,557.27	\$4,301.30	\$713.03	\$24,571.60
5	1100688	220138	55034	110069	\$23,246.53	\$5,112.69	\$847.53	\$29,206.75
							TOTAL	\$75,882.65

En la siguiente tabla veremos el total de minutos así como sus costos por estación base. Así también, se debe tener en cuenta que estamos proponiendo que el tráfico a la red móvil de Claro va ir disminuyendo a medida que nuestra red móvil va madurando.

TABLA 4-4: INTERCONEXION PARA EL 2010.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Minutos	CLARO	NEXTEL	LDN	COSTOS			Sub Total
		15%	5%	10%	Claro	Nextel	LDN	
1	152159	22824	7608	15216	\$2,410.21	\$706.78	\$117.16	\$3,234.15
2	340468	51070	17023	34047	\$5,393.02	\$1,581.48	\$262.16	\$7,236.66
3	497325	74599	24866	49733	\$7,877.64	\$2,310.08	\$382.94	\$10,570.65
4	1100453	165068	55023	110045	\$17,431.17	\$5,111.60	\$847.35	\$23,390.12
5	1308040	196206	65402	130804	\$20,719.36	\$6,075.85	\$1,007.19	\$27,802.40
							TOTAL	\$72,233.98

Para el año 2011 tenemos la siguiente tabla, en donde el tráfico hacia la red móvil de Claro será de casi el 10% de todo el tráfico. Este valor es el que se pretende alcanzar gracias a los nuevos servicios y beneficios que posee la red a ser implementada.

TABLA 4-5: INTERCONEXION PARA EL 2011.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Minutos	CLARO	NEXTEL	LDN	COSTOS			Sub Total
		10%	5%	10%	Claro	Nextel	LDN	
1	176280	17628	8814	17628	\$1,861.52	\$818.82	\$135.74	\$2,816.07
2	394440	39444	19722	39444	\$4,165.29	\$1,832.17	\$303.72	\$6,301.18
3	576162	57616	28808	57616	\$6,084.27	\$2,676.27	\$443.64	\$9,204.19
4	1274898	127490	63745	127490	\$13,462.92	\$5,921.90	\$981.67	\$20,366.50
5	1515393	151539	75770	151539	\$16,002.55	\$7,039.00	\$1,166.85	\$24,208.40
							TOTAL	\$62,896.34

Por último, veremos en la siguiente tabla los costos de mantenimiento de la Unidad en operación total, utilizando los costos de interconexión anteriormente descritos y los de mantenimiento de los enlaces de transmisión.

TABLA 4-6: COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Fuente: "Creación Propia"

Descripción	Unidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO ANUAL (USD) 2009	COSTO ANUAL (USD) 2010	COSTO ANUAL (USD) 2011
COSTOS DE INTERCONEXION					
America Móvil	Minuto	0.1056	\$23,246.53	\$53,831.39	\$41,576.55
Nextel	Minuto	0.0929	\$5,112.69	\$15,785.78	\$18,288.17
LDN (Larga Distancia Nacional)	Minuto	0.0077	\$847.53	\$2,616.80	\$3,031.62
MANTENIMIENTO					
Acceso	E1	126	\$882.00	\$2,268.00	\$2,268.00
Conmutación	E1	138.13	\$966.93	\$2,486.40	\$2,486.40
TOTAL US\$			\$80,637.05	\$76,988.38	\$67,650.74

4.3. Ingresos

Para poder obtener un aproximado de los ingresos debemos tener en cuenta el número de líneas que va tener cada nodo así como el costo de cada uno de los planes que va tener cada línea.

Como ya definimos anteriormente, básicamente se tendrán dos planes, cada uno con costos de \$ 60 y \$ 40 respectivamente. En base a este precio y el número de líneas definidas en la siguiente tabla es que obtendremos el ingreso aproximado.

TABLA 4-7: PROYECCION DE LINEAS POST PAGO.

Fuente: “Creación Propia”

Año	2009	2010	2011
Telefónica	38862	46183	53504
Nodo B	Líneas	Líneas	Líneas
1	1067	1268	1469
2	2387	2837	3287
3	3487	4144	4801
4	5322	6324	7327
5	6326	7517	8709

Para poder obtener un valor más real, utilizaremos una suposición de atención del 70% de nuestra proyección de líneas. Así también, se debe tener en cuenta que en el caso de los nodos 4 y 5, el 60% de las líneas son del plan1 de 60\$ y el resto son del plan 2 de 40\$.

Comenzaremos con el año 2009.

TABLA 4-8: INGRESOS 2009.

Fuente: “Creación Propia”

Nodo B	Líneas	Ingresos
1	747	\$22,406.81
2	1671	\$50,136.95
3	2441	\$73,235.52
4	3725	\$178,815.17
5	4428	\$212,546.60
Sub Total		\$537,141.05

Seguidamente, con el año 2010

TABLA 4-9: INGRESOS 2010.

Fuente: “Creación Propia”

Nodo B	Líneas	Ingresos
1	888	\$26,627.90
2	1986	\$59,581.97
3	2901	\$87,031.96
4	4427	\$212,501.19
5	5262	\$252,587.10
Sub Total		\$638,330.12

Por último, con el año 2011

TABLA 4-10: INGRESOS 2011.

Fuente: "Creación Propia"

Nodo B	Líneas	Ingresos
1	1028	\$30,849.00
2	2301	\$69,027.00
3	3361	\$100,828.40
4	5129	\$246,187.20
5	6096	\$292,627.59
Sub Total		\$739,519.19

4.4. Flujo de Caja

Para obtener el flujo de caja se debe tomar en cuenta los ingresos y egresos de nuestro proyecto. Así también, se debe tener en cuenta una cantidad para contingencia u otros gastos no previstos.

En la siguiente tabla, veremos el flujo de caja con los montos de egresos e ingresos obtenidos anteriormente.

TABLA 4-11: FLUJO DE CAJA.

Fuente: "Creación Propia"

	2008	2009	2010	2011
INVERSION	549,410.50			
EGRESOS		\$80,637.05	\$76,988.38	\$67,650.74
INGRESOS		\$537,141.05	\$638,330.12	\$739,519.19
OTROS		-\$100,000.00	-\$100,000.00	-\$100,000.00
FLUJO DE CAJA	-\$549,410.50	\$356,504.00	\$461,341.75	\$571,868.45

4.5. Evaluación Financiera

Para el análisis financiero del proyecto, utilizaremos los siguientes criterios de inversión: VAN, TIR y periodo de recupero. No se utilizará el método costo – beneficio porque no estamos comparando dos proyectos. [LUI2008]

a. VAN-TIR

El VAN o valor actual neto es el valor presente del flujo de

beneficios, el cual sirve para determinar si el proyecto es rentable o no al final de su vida útil. Para esto, se analiza la riqueza acumulada al final del tiempo de evaluación y se la compara con una alternativa que rinde el interés utilizado para capitalizar el flujo de ingresos netos generados por el proyecto. El TIR o tasa interna de retorno es la tasa de interés que hace igual a cero el valor actual del flujo de beneficios netos. Dicho valor nos sirve para poder compararlo con la tasa de referencia que utilizamos para obtener el VAN y dependiendo de cuan mayor sea en comparación con la anteriormente usada, será más rentable nuestro proyecto.

b. Periodo de Recupero

Es el indicador que nos muestra el tiempo que se va a requerir para que nuestros flujos de beneficios netos recuperen el capital invertido.

Comenzaremos con analizar el VAN y TIR para nuestro flujo de caja. Se debe tener en cuenta que supondremos una tasa de referencia de 10%.

TABLA 4-12: VAN, TIR.

Fuente: "Creación Propia"

VAN	\$585,611.44
TIR	59%

Como podemos ver el VAN y TIR de nuestra inversión son positivos y con valores tales que, a simple vista, hacen que el proyecto sea totalmente rentable para la empresa y podemos estar seguros que nuestros valores de TIR son confiables, ya que nuestro flujo es comportado, es decir, no presenta variaciones abruptas en sus valores.

Ahora veremos en la siguiente tabla, el periodo de recupero de la inversión. Para esto analizaremos el VAN en cada año y de acuerdo al valor que obtengamos podremos obtener el año en que se recupera la inversión.

TABLA 4-13: PERIODO DE RECUPERO.

Fuente: "Creación Propia"

	2009	2010	2011
VAN	\$225,315.96	\$155,958.21	\$585,611.44

Como se puede ver, el recupero de la inversión se lleva a cabo durante el segundo año, lo que es muy bueno para un proyecto de telecomunicaciones.

Como parte final de este capítulo, podemos decir que debido a que el VAN es positivo y con un valor alto. El TIR es mucho mayor que la tasa de referencia de 10% y el recupero de la inversión se efectúa al segundo año de haber realizado la inversión. La inversión en este proyecto es factible desde el punto de vista económico.



CONCLUSIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones Finales

Al terminar el presente trabajo de tesis se puede concluir lo siguiente:

- El mercado de la ciudad de Arequipa está lo suficientemente maduro para la implementación de una red de tercera generación. En nuestro caso proponemos una red HSDPA.
- La utilización de una red HSDPA para el diseño de la red de tercera generación es suficiente como para abastecer de servicio a nuestro mercado, despreciando el hecho de que se tiene una red móvil de segunda generación ya desplegada.
- El desarrollo de solo la red de acceso en una red de tercera generación nos ayuda a reducir nuestros costos de inversión y así tener mejores valores en nuestros indicadores económicos.
- De acuerdo con nuestro análisis económico, la realización de este proyecto de tesis es rentable desde todo punto de vista. Los indicadores económicos como VAN, TIR y el periodo de recuero,

son favorables inclusive proponiendo un porcentaje de atención del 70% de nuestra proyección. Por ende, justifican esta conclusión.

5.2. Recomendaciones

Luego de la realización del presente diseño de la red se pueden realizar las siguientes recomendaciones.

- En cuanto a la tecnología de tercera generación, se recomienda utilizar HSDPA, ya que, según nuestros cálculos, podrá soportar el tráfico que se generará en la ciudad de Arequipa en los siguientes años. A esto se debe aumentar que en dicha ciudad ya se encuentra operando una red de segunda generación como es GSM y por ende aumenta la vida de la red en cuestión.
- Se recomienda el uso de fibra o cobre para lo que son los enlaces de transmisión entre los nodos B. Esto, debido a que Telefónica cuenta con una red de fibra ya tendida y si comparamos los costos de implementación y mantenimiento con la otra posibilidad que es microondas, se puede ver que dichos costos son mucho menores.
- Se recomienda el uso del proveedor Huawei para lo que son los nodos B y el RNC que se propuso implementar, debido no solo a sus bajos costos, sino a que a la empresa América Móvil le va bien con dicho proveedor.
- Se recomienda la implementación de solo la red de acceso en la ciudad de Arequipa, ya que implementar todo el core de dicha red resultaría en un monto muy elevado en cuanto a la inversión y mantenimiento y el mercado no lo requiere. Se debe utilizar, como se propuso, el core de la red ubicado en Lima.

BIBLIOGRAFÍA

- [CHE2006] Chevallier Christopher, Brunner Christopher, Garavaglia Andrea, P. Murray Kevin, R. Baker Kenneth, 'WCDMA (UMTS) Deployment Handbook – Planning and Optimization Aspects'. John Wiley & Sons, 2006
- [HOL2007] Holma Harri, Toskala Antti, 'WCDMA for UMTS – HSPA evolution and LTE'. John Wiley & Sons, 2007
- [HOL2006] Holma Harri and Toskala Antti, 'HSDPA / HSUPA for UMTS – High Speed Radio Access for Mobile Communications'. John Wiley & Sons, 2006
- [HOL2004] Harri Holma and Antti Toskala, 'WCDMA for UMTS –Radio Access For Third Generation Mobile Communications'. John Wiley & Sons, 2004
- [KAA2001] Kaaranen Heikki, Ahtiainen Ari, Laitinen Laura, Naghian Siamak, Niemi Valtteri, 'UMTS NETWORKS – Architecture, Mobility and Services'. John Wiley & Sons, 2001
- [PAR2008] Paradells Aspás Josep, 'VI CATEDRA DE TELECOMUNICACIONES – Comunicaciones Móviles de Tercera Generación'. PUCP, 2008
- [COM2007] Sitio oficial del Comercio
URL: <http://www.elcomercio.com.pe/ediciononline/HTML/2008-08-01/PBI-9-departamentos-crecio-mas-que-indice-nacional-2007.html>
- [AQP2007] Sitio oficial del Departamento de Arequipa
URL: www.regionarequipa.gob.pe/descargar_archivo.php?id=6306&anio=2007
- [BCR2008] Sitio oficial del Banco Central de Reserva
URL: http://www.bcrp.gob.pe/bcr/dmdocuments/Sedes/Arequipa/2008/Aq_aq-IC200805.pdf
- [OSI2008] Sitio oficial de Osiptel
URL: <http://www.osiptel.gob.pe>
- [INE2008] Sitio oficial del INEI
URL: <http://www.inei.gob.pe/Anexos/libro.pdf>

- [PMI2004] PMI, 'Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos'
PMI, 2004
- [MTC2008] Sitio oficial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
URL:
<http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/registros/rnf/banda824.html>
- [GAR2006] Garcia Rosa Carolina, Rojas Cedeño Luis, 'ÉVALUACIÓN DE TRÁFICO DE VOZ Y DATOS EN LAS REDES CELULARES'
Telematique, 2006
- [MON2008] Montes Balazar Luis, 'PROYECTOS DE TELECOMUNICACIONES PUCPv3', PUCP, 2008
- [HER2001] Hernando Rabanos Jose Maria, Lluch Mesquida Cayetano, 'Comunicaciones Moviles de Tercera Generación - UMTS'.
Telefónica Móviles España, S.A., 2001
- [COS2008] Cost 231, 'Evolution of Land Mobile Radio Communication Chapter 4'.
URL: http://www.lx.it.pt/cost231/final_report.htm

