

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**RED INTEGRADA DE IMS PARA LAS CIUDADES DE CUSCO Y
AREQUIPA**

Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones, que presenta el
bachiller:

Alexandro Vera Maraví

ASESOR: ING. Percy Germán Fernández Pilco

Lima, Junio del 2012

Resumen

El presente proyecto de tesis plantea el diseño de una red Integrada de IMS, presentando la potencialidad de esta nueva tendencia tecnológica, con la finalidad de ofrecer los actuales servicios que implementan la convergencia de la red; Asimismo, estos nuevos servicios buscan aprovechar un sector privilegiado de nuestro mercado como lo es el sector turismo, grupo en el cual se busca justificar la inversión y posibles beneficios. Por este motivo se orientan los servicios hacia corredores turísticos, dentro de zonas de alta afluencia turística como Cusco y Arequipa.

El primer capítulo describe el marco teórico existente para la tecnología IMS, definiendo los elementos principales que conforman el núcleo, así como los protocolos que los comunican. El análisis realizado por capas, incluye los límites para la interconexión con otras redes, y al final, se evalúa el nivel de desarrollo de la tecnología a nivel global.

El segundo capítulo busca determinar la demanda existente en ambas ciudades, mediante una evaluación socio-económica de la población, e incluye el nivel de desarrollo de las telecomunicaciones por zonas. Utilizando dichos resultados, se delimita la demanda y los posibles servicios.

En el tercer capítulo se presenta el diseño de la red, que incluye la topología esperada, los cálculos y simulaciones necesarios para ejecutar el diseño de las distintas partes de la red, como el acceso, el transporte y el núcleo. A la vez se define el equipamiento de red necesario.

El cuarto capítulo, por su parte, evalúa el flujo de caja mediante un análisis financiero que involucra la inversión inicial, los ingresos y gastos de operación de la red. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

Dedicatoria

*A mis padres Carlos y Virginia,
mis hermanos Adrian y Benjamín,
por creer en mí, y ser no solo mi apoyo
sino también la fuerza que me impulsó
hacia adelante en todo momento.
Y a toda mi familia, este logro también es suyo.*

Agradecimientos

En primer lugar agradezco a Dios, por estar a mi lado en cada momento de este largo viaje, guiando el camino y siendo fuente de esperanza. Sin el nada es posible y en Él todo es posible.

A mi familia, por ser el bien máspreciado que tengo. Quiero agradecerles a mis padres, por ser siempre el modelo de persona que deseo llegar a ser. Por todo su apoyo, motivación, atenciones y sacrificios. A mi hermano Adrian, compañero de mi experiencia universitaria, con su ejemplo me impulsa a superarme cada día. A Benjamín, por ser mi chaleco salvavidas, fuente inagotable de esperanza y tranquilidad, en su corta edad me guía por el camino para ser feliz.

A mis abuelos, tíos y primos, cada uno me brindó sus fuerzas en todo momento. Les agradezco a todos por motivarme a completar este trabajo.

A toda la familia voluntaria que me dio el privilegio de conocerlos y formar parte de sus vidas: mis amigos Hugo, Sara, Víctor, Jacklyn, Cynthia, Alex, Gise. Las experiencias que compartimos me permitieron aprender más de la vida y sobre todo, a disfrutarla.

Por último, deseo agradecer a las personas que cambiaron mi forma de pensar y que se involucraron en mi etapa de formación y madurez académica: A mi asesor, el Ing. Percy Fernández, por todo el apoyo que significó para mí, no solo en lo académico; a los profesores de especialidad Carlos Silva, Angelo Velarde, Edgar Velarde y Antonio Ocampo, quienes significaron un ejemplo a seguir y desinteresadamente me ayudaron a alcanzar el objetivo.

A todos ustedes, muchas gracias.

Índice

Lista de Figuras	vii
Lista de Tablas	viii
Introducción	1
Capítulo 1 Marco Teórico para la tecnología IMS	2
1.1 Problemática del proyecto	2
1.2 Análisis completo del Core de la red	4
1.2.1 Descripción de los elementos del núcleo de la red IMS	4
P-CSCF (Proxy call / session control function).....	6
PDF (Policy Decision Function).....	6
I-CSCF (Interrogating – CSCF).....	7
S-CSCF (Serving – CSCF).....	7
HSS (Home Subscriber Server).....	8
SLF (Subscription Locator Function).....	9
MRFC (Multimedia Resource Function Controller).....	9
MRFP (Multimedia Resource Function Processor).....	10
AS (Application Server).....	10
SEG (Security Gateway).....	11
1.2.2 Protocolos en IMS	12
IPsec.....	12
COPS.....	13
MEGACO.....	13
DIAMETER.....	13
RTP.....	14
SDP.....	15
SIP.....	15
1.3 Interconexión de nodos IMS	16
1.3.1 BGCF (Breakout Gateway Control Function)	18
1.3.2 MGCF (Media Gateway Control Function)	18
1.3.3 IMS–MGW (IMS–Media Gateway Function)	18
1.3.4 SGW (Signalling Gateway)	19
1.3.5 Desarrollo de la tecnología a nivel mundial	20
1.3.6 Estado actual de IMS	20
1.3.7 Retos para IMS	20
1.3.8 Operadores que han desplegado IMS	21
Capítulo 2 Determinación de la demanda	23
2.1 Evaluación Socioeconómica de Cusco y Arequipa	23
2.1.1 Levantamiento de información para la ciudad de Cusco	23
2.1.2 Levantamiento de información para la ciudad de Arequipa	28
2.2 Desarrollo de las telecomunicaciones en las zonas de interés.	32
2.2.1 Telecomunicaciones en Cusco.	32
2.2.2 Telecomunicaciones en Arequipa.	34
2.3 Análisis de la demanda potencial y posibles servicios a ser prestados.	36
2.3.1 Determinación de la posible demanda.	36
2.3.2 Clasificación de los distritos.	38
2.3.3 Servicios a ser ofrecidos.	40
Capítulo 3 Diseño de la red	44

3.1	Topología de la red.	44
3.1.1	Frecuencia de operación.	44
3.1.2	Red de acceso.	45
3.1.3	Red de transporte.	46
3.2	Diseño de la red de acceso.	47
3.1.4	Cobertura de los e-nodos B.	52
3.1.4.1	Método de Cost – 231	52
3.1.4.2	Método de Okumura - Hata	52
3.1.4.3	Cálculos de propagación.	54
3.1.4.4	Estudio de la capacidad de los nodos.	57
3.3	Diseño de la red de transporte.	69
3.2.1	Parámetros de los enlaces.	70
3.2.2	Simulación en Radio Mobile.	71
3.4	Diseño del núcleo de la red.	76
3.4.1	Alcatel-Lucent.	76
3.4.2	Huawei.	78
3.4.3	Cisco.	79
3.4.4	Solución final.	80
3.5	Especificaciones técnicas del equipamiento.	81
3.5.1	Red de acceso.	81
3.5.2	Red de transporte	82
3.5.3	Core IMS	83
Capítulo 4 Evaluación económica y financiera del proyecto.		87
4.1	Costos de inversión.	87
4.2	Costos de operación y mantenimiento	89
4.3	Evaluación financiera.	91
Conclusiones y Recomendaciones.		94
5.1	Conclusiones	94
5.2	Recomendaciones	95
Bibliografía.		96
Anexos.		99

Lista de Figuras

FIGURA 1-1: ARBOL DE PROBLEMAS.....	3
FIGURA 1-2: ARBOL DE OBJETIVOS.....	3
FIGURA 1-3: ARQUITECTURA IMS.....	5
FIGURA 1-4: ESTRUCTURA DE HSS.....	9
FIGURA 1-5: RELACION ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE AS.....	11
FIGURA 1-6: TRAPEZOIDE SIP.....	16
FIGURA 1-7: INTERCONEXION IMS CON UNA RED DE CIRCUITOS CONMUTADOS.....	17
FIGURA 1-8: ESTABLECIMIENTO DE LLAMADA DESDE UNA RED CS HACIA IMS.	19
FIGURA 2-1: CONCENTRACION EN LA POBLACION DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO.....	24
FIGURA 2-2: POBLACION POR DISTRITO EN LA CIUDAD DE CUSCO.....	25
FIGURA 2-3: PROYECCION DEPARTAMENTAL DE POBLACION EN CUSCO.....	25
FIGURA 2-4: DISTRIBUCIÓN URBANO – RURAL DE LA POBLACIÓN.....	26
FIGURA 2-5: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR EDADES.....	26
FIGURA 2-6 CUSCO: PARTICIPACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA.....	27
FIGURA 2-7: CONCENTRACIÓN DE LA POBLACIÓN DE AREQUIPA.....	29
FIGURA 2-8: AGLOMERACIÓN POR DISTRITO EN AREQUIPA.....	29
FIGURA 2-9: PROYECCION DEPARTAMENTAL DE POBLACION EN AREQUIPA.....	30
FIGURA 2-10: DISTRIBUCIÓN URBANO – RURAL DE LA POBLACIÓN EN AREQUIPA.....	30
FIGURA 2-11: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR EDADES EN AREQUIPA.	31
FIGURA 2-12: AREQUIPA: PARTICIPACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA.....	31
FIGURA 3-1: TOPOLOGIA DE ACCESO DE LA RED.....	46
FIGURA 3-1: TOPOLOGIA DE TRANSPORTE DE LA RED.....	47
FIGURA 3-3: COBERTURA DE AREQUIPA CIUDAD METROPOLITANA.....	50
FIGURA 3-4: COBERTURA DE CUSCO CIUDAD IMPERIAL.....	51
FIGURA 3-5: ENLACES DE TRANSPORTE DE LA RED.....	72
FIGURA 3-6: ENLACE NODO 4 CAYMA 1 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.....	73
FIGURA 3-7 ENLACE NODO 5 YANAHUARA 1- NODO 7 SELVA ALEGRE 1.....	73
FIGURA 3-8: ENLACE NODO 6 AREQUIPA 1 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.....	74
FIGURA 3-9: ENLACE NODO 8 AREQUIPA 2 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.....	74
FIGURA 3-10: ENLACE NODO 9 AREQUIPA 3 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.....	75
FIGURA 3-11: ENLACE NODO 11 AREQUIPA 4 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.....	75
FIGURA 3-12: ARQUITECTURA IMS –ALCATEL-LUCENT.....	76
FIGURA 3-13: PORTAFOLIO DE SOLUCIONES CISCO.....	79
FIGURA 3-14: SOLUCION FINAL CORE IMS.....	81

Lista de Tablas

TABLA 1-1: OPERADORES CON IMS	21
TABLA 2-1: PEA OCUPADA SEGÚN TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA.....	27
TABLA 2-2: DISTRIBUCION DE POBLACION POR TIPO DE OCUPACION EN AREQUIPA.....	32
TABLA 2-3: EVOLUCION DE LÍNEAS EN SERVICIO TELEFONÍA FIJA EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2002 – 2009.....	33
TABLA 2-4: EVOLUCIÓN DE LÍNEAS EN SERVICIO DE TELÉFONOS PÚBLICOS EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2002 – 2009	33
TABLA 2-5: EVOLUCION DE LÍNEAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2002 - 2009.....	33
TABLA 2-6: ESTACIONES BASE POR EMPRESA EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2009	33
TABLA 2-7: EVOLUCIÓN DE NÚMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2008 – 2009.....	34
TABLA 2-8: NÚMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET DE BANDA ANCHA MÓVIL EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2009	34
TABLA 2-9: DENSIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE CUSCO: 2009.....	34
TABLA 2-10: EVOLUCION DE LÍNEAS DE TELEFONÍA FIJA - AREQUIPA: 2002 – 2009	35
TABLA 2-11: EVOLUCIÓN DE LÍNEAS EN SERVICIO DE TELÉFONOS PÚBLICOS EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA: 2002 – 2009.....	35
TABLA 2-12: LÍNEAS DE TELEFONÍA MÓVIL: 2002 - 2009	35
TABLA 2-13: ESTACIONES BASE POR EMPRESA EN AREQUIPA: 2009.....	35
TABLA 2-14: EVOLUCIÓN DE NÚMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA: 2008 – 2009	35
TABLA 2-15: NÚMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET DE BANDA ANCHA MÓVIL EN EL DEPARTAMENTO AREQUIPA: 2009.....	36
TABLA 2-16: DENSIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA: 2009	36
TABLA 2-17: PAQUETES A SER OFRECIDOS A LAS EMPRESAS	41
TABLA 2-18: PAQUETES A SER OFRECIDOS AL SECTOR TURISMO.....	42
TABLA 2-19: PAQUETES A SER OFRECIDOS EN LOS HOGARES.....	43
TABLA 3-1: PARAMETROS E-NODO B: NODO 7 SELVA ALEGRE 1.....	47
TABLA 3-2: PARAMETROS E-NODO B: NODO 4 CAYMA 1.....	48
TABLA 3-3: PARAMETROS E-NODO B: NODO 5 YANAHUARA 1	48
TABLA 3-4: PARAMETROS E-NODO B: NODO 6 AREQUIPA 1	48
TABLA 3-5: PARAMETROS E-NODO B: NODO 8 AREQUIPA 2	49
TABLA 3-6: PARAMETROS E-NODO B: NODO 9 AREQUIPA 3.....	49
TABLA 3-7: PARAMETROS E-NODO B: NODO 11 AREQUIPA 4	49
TABLA 3-8: PARAMETROS E-NODO B: NODO 1 CUSCO 1.....	50
TABLA 3-9: PARAMETROS E-NODO B: NODO 2 CUSCO 2.....	51
TABLA 3-10: PARAMETROS E-NODO B: NODO 3 CUSCO 3.....	51
TABLA 3-11: PARAMETROS DOWNLINK / UPLINK NODO 7 SELVA ALEGRE 1	54
TABLA 3-12: POTENCIA DE RECEPCION EN EL LÍMITE DEL UPLINK.....	56
TABLA 3-13: POTENCIA DE RECEPCION EN EL LÍMITE DEL DOWNLINK	56

TABLA 3-14: DISTRIBUCIÓN DEL MERCADO OBJETIVO SEGÚN EL PLAN PARA LAS 3 FASES DEL PROYECTO	58
TABLA 3-15: ESPECIFICACIONES – 9500 MPR DE ALCATEL LUCENT.....	70
TABLA 3-16: E NODO B – ALCATEL-LUCENT	82
TABLA 3-17: MME / SGW / PWG – CISCO	82
TABLA 3-18: EQUIPO MICROONDAS – ALCATEL.....	83
TABLA 3-19: ROUTER CONTROLADOR DE BORDE– CISCO	83
TABLA 3-20: ESPECIFICACIONES TECNICAS – CSC 3300	84
TABLA 3-21: ESPECIFICACIONES TECNICAS – HSS 9820.....	84
TABLA 3-22: ESPECIFICACIONES TECNICAS – ATS 9900.....	85
TABLA 3-22: ESPECIFICACIONES TECNICAS – 5020 MGC-8	85
TABLA 3-23: ESPECIFICACIONES TECNICAS – 7510 MGW	86
TABLA 3-24: ESPECIFICACIONES TECNICAS – 5060 ICS	86
TABLA 4-1: INVERSION DE CAPITAL INICIAL.....	88
TABLA 4-2: COSTOS OPERATIVOS DE LA RED.....	90
TABLA 4-3: INGRESOS ANUALES	92
TABLA 4-4: FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	93

Introducción

Desde que se empezó a brindar el servicio de telefonía fija, que fue uno de los primeros servicios de telecomunicaciones que se brindaron en el país, el operador de telecomunicaciones implementó su servicio mediante centrales analógicas, y cada vez que hubo una mejora o evolución, se realizó acoplándola a la red actual. Después llegaron los servicios de televisión pagada, los cuales desplegaron sus propias estructuras de red para llevar sus servicios a los hogares.

De la misma manera cuando el internet llegó, se acomodó su distribución a la red de telefonía fija, que ya contaba con una red de acceso hacia la mayoría de los hogares. Sobre este escenario surgen las comunicaciones móviles, levantando toda una estructura de red desde cero, y después se tuvo que analizar cómo lograr la interconexión con otras redes. Siendo así, el desarrollo de aplicaciones se complica.

En la actualidad los proveedores de servicios mantienen un mercado estable en el que han logrado crear aplicaciones que representan una buena fuente de ingresos, pero a la vez se ha incrementado la demanda de los usuarios por servicios de mayor complejidad y calidad, creando necesidades de mayor velocidad de acceso, volumen de datos y conectividad, obligando a los operadores a optimizar las redes.

Es en medio de todo esto donde aparece IMS, una tecnología que estandariza la arquitectura de una red cuyo núcleo interno sea basado en protocolo IP. Esta tecnología ofrece una solución a la integración de servicios, mediante la cual se puede acceder a la red desde prácticamente cualquiera de las formas convencionales existentes: acceso de telefonía fija, internet fijo, una laptop, o terminales móviles inteligentes, Logrando redes más sencillas y eficientes, incluso reduciendo costos.

La posible implementación de una red IMS o la migración total a esta tecnología puede representar para los operadores una buena opción para generar nuevos y mejores servicios, los cuales representan nuevas formas de ingresos. Esto presenta el reto de encontrar un nuevo modelo de negocio bien definido, así como también la gran inversión que este cambio implica. Sin embargo, algunos operadores móviles ya han empezado a hacer pruebas con IMS e incluso han empezado a migrar algunas partes de la red hacia un núcleo IMS.

Capítulo 1

Marco Teórico para la tecnología IMS

En el país el consumo de aplicaciones móviles es un mercado que ha empezado a desarrollarse, pero que aun no se desenvuelve al ritmo de los grandes mercados mundiales. Sin embargo, en el Perú existe un importante motor de desarrollo económico: el sector turismo, el cual atrae a un distinto grupo de consumidores. A pesar de esto, las tecnologías de telecomunicaciones aun no evolucionan o son muy limitadas en las ciudades de mayor afluencia turística, lo cual conlleva a problemas como elevados costos en los servicios, limitadas alternativas a ofrecer en el negocio y a desperdiciar posibilidades de ingresos en este fuerte sector consumidor.

Al analizar esta situación, es necesario evaluar la factibilidad de implementar la tecnología IMS, y su funcionamiento como Backhaul de la red.

1.1 Problemática del proyecto

El uso de una red integrada de IMS presenta 2 razones principales: La primera viene a ser la convergencia de servicios para todos los usuarios, quienes cada vez demandan más y mejores servicios, y mediante la estructura de red actual cada vez es más complicado.

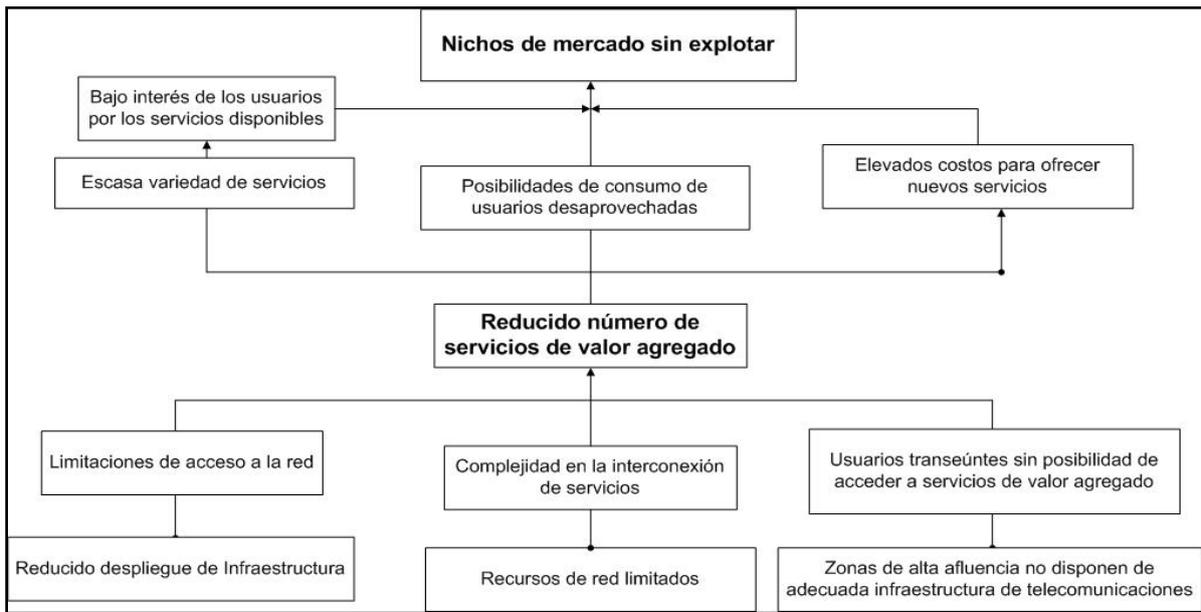


FIGURA 1-1: ARBOL DE PROBLEMAS.

Fuente: Elaboración propia

La segunda razón es porque en el posible mercado objetivo como es el sector turismo no solo se necesita satisfacer la demanda de una sola ciudad, sino más bien de toda la región sur, donde aparecen dos núcleos principales: Cusco y Arequipa; es por este motivo que se necesita una red integrada de IMS que brinde las funcionalidades necesarias en el corredor económico seleccionado.

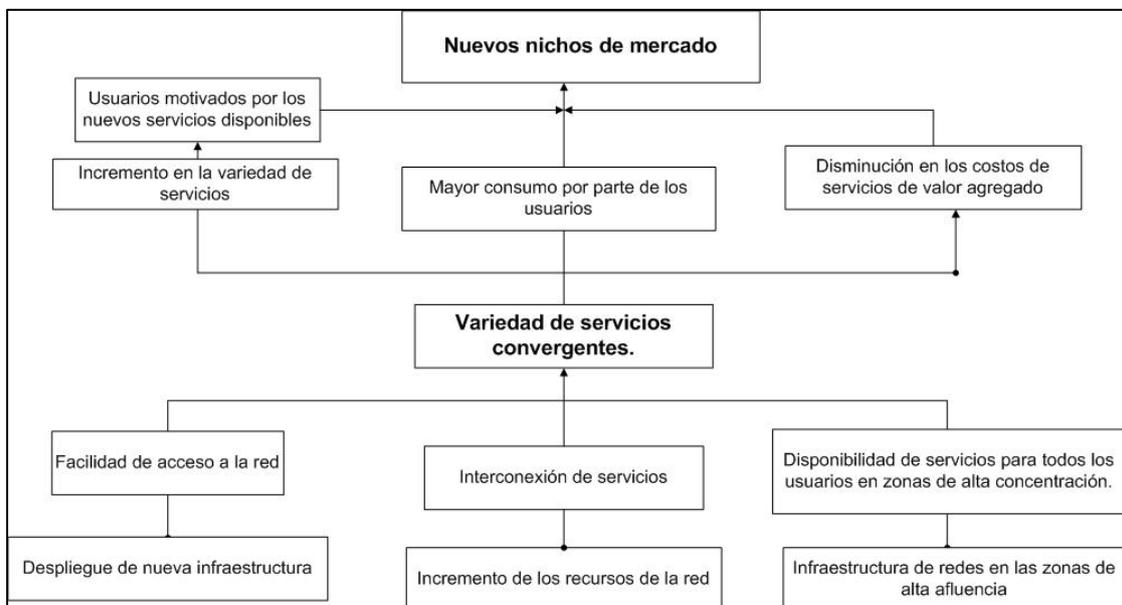


FIGURA 1-2: ARBOL DE OBJETIVOS.

Fuente: Elaboración propia

1.2 Análisis completo del Core de la red

Al realizar el análisis de una red, vemos que existen muchas maneras en las que se pueden clasificar las redes: por la cercanía al usuario final, por los servicios que presta, por los protocolos que utiliza, etc. Sin embargo, toda red puede ser separada en dos partes muy amplias, la red de acceso y el núcleo de la red. La red de acceso es aquella que permite a los usuarios finales llegar hasta el Core que es donde se mueven los datos para llegar a un destino concreto.

La red IMS es independiente de la red de acceso que se use, por lo que se puede acceder al núcleo desde acceso fijo como DSL, cable modem o Ethernet; acceso móvil como GSM, CDMA2000 o GPRS; o también acceso inalámbrico como WLAN, WIMAX. [MAR2007].

En las primeras redes, el núcleo tenía como única función conseguir conectividad entre cualquier par de elementos de la red. Esta función sigue siendo la principal actualmente, aunque ahora las redes tienen muchas más funciones por realizar.

Revisando el modelo OSI (Open System Interconnection) de ISO (International Standardization Organization), el core de una red se ve afectado principalmente por los niveles físico, de enlace y de red. Desde el punto de vista del nivel físico, se ha pasado desde tecnologías de cobre, a tecnologías coaxiales y finalmente a tecnologías de fibra óptica. En general, la evolución del core de las redes ha sido determinado por la evolución de las tecnologías empleadas en el desarrollo de los servicios, pero en el caso de IMS, donde los servicios son unificados en una sola estructura, el aporte principal en el núcleo está dado en infraestructura, consolidando el transporte de datos, voz y video sobre un "backbone" común de paquetes, y en los servicios, ya que la integración de los servicios de datos, voz y video nos permite acceder a las funciones propias de esta tecnología, como calidad de servicio, seguridad, detección de intrusión, almacenamiento, video bajo demanda, etc. [ALB2007]

1.2.1 Descripción de los elementos del núcleo de la red IMS

Los elementos de la red pueden ser divididos en seis categorías principales:

- Administración de la sesión y routing (CSCFs).
- Bases de datos (HSS y SLF).
- Elementos de interoperación de redes (BGCF, MGCF, IM-MGW, SGW).
- Servicios (application server, MRFC, MRFP).

- Elementos de soporte (THIG, SEG, PDF).
- Charging.

Es importante recordar que los estándares de IMS aun están siendo establecidos, por lo que la funcionalidad interna de la red aun no puede ser especificada en detalle. Los estándares no describen como las funciones de las entidades del núcleo interactúan, pero si nos describe puntos de referencia entre los elementos y las funciones soportadas por éstos.

El Third Generation Partnership Project (3GPP), grupo de investigación y desarrollo que estandariza IMS, decidió trabajar con un enfoque de capas sobre la arquitectura de la red, separando el transporte y los servicios de toda la red de señalización y los servicios de administración de la sesión, tal como se muestra en la figura 1-3:

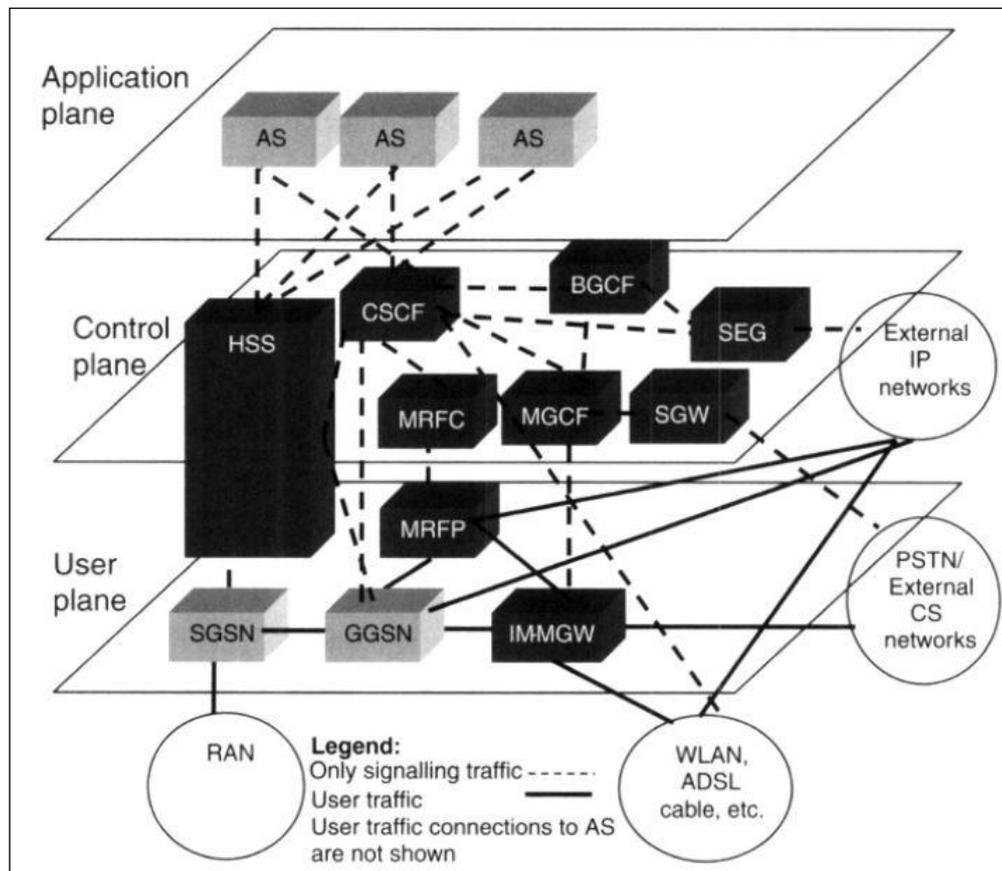


FIGURA 1-3: ARQUITECTURA IMS

Fuente: "The IMS IP Multimedia Concepts and Services in the Mobile Domain" [POI2007]

A continuación el desarrollo de los elementos de la red IMS se basan en los conceptos del libro "The IMS IP multimedia subsystem concepts and services in the mobile domain". [POI2004]

P-CSCF (Proxy call / session control function)

Es el primer punto de contacto de IMS con los usuarios. Todo el tráfico de señalización SIP desde o hacia el terminal del usuario - UE (user equipment) pasa a través del P-CSCF. Este se comporta como un proxy puesto que valida solicitudes, las envía a los destinos seleccionados, las procesa y envía la respuesta. Aparte, el P-CSCF puede comportarse como agente de usuario - UA (user agent), para liberar sesiones y generar transacciones independientes SIP. Las funciones que realiza son:

- Enviar las peticiones de registro SIP hacia el I-CSCF (Interrogating – CSCF) basadas en un nombre de dominio local que es provisto por el UE.
- Enviar peticiones SIP y respuestas recibidas desde el UE hacia el S-CSCF (Serving – CSCF).
- Enviar peticiones SIP y respuestas hacia el UE.
- Detectar peticiones de establecimiento de sesión de emergencia, seleccionando un S-CSCF que maneje este tipo de sesión. Útil en casos de roaming IMS, donde el S-CSCF está en la red local, y no es capaz de enrutar la petición al centro de emergencia adecuado.
- Enviar información relacionada contable a la función de recolección del Charging (CCF).
- Provee protección a la integridad de la señalización SIP y mantiene una asociación de seguridad entre el UE y el Proxy-CSCF. Los que proveen la protección de la integridad son Internet Protocol Security (IPsec) y Encapsulating Security Payload (ESP).
- Comprimir y descomprimir mensajes SIP del UE.
- Mantiene los timers de la sesión e interactúa con la función de decisión de política (Policy Decision Function – PDF). [POI2004]

PDF (Policy Decision Function)

Se encarga de implementar el Service Based local Policy (SBLP) y de tomar decisiones tácticas o de políticas basadas en información relacionada a la sesión y a la media obtenida del P-CSCF. Este actúa como un punto de decisión de políticas para el control de SBLP. Posee las siguientes funcionalidades:

- Almacena información sobre la sesión y relacionada a la media, como son las direcciones IP, el numero de puertos, ancho de banda, etc.

- Genera una ficha de autorización (token) que identifica el PDF y la sesión.
- Actualiza decisiones de autorización en las modificaciones de la sesión que cambian información sobre la sesión y relacionadas a la media.
- Es capaz de habilitar el uso de un portador (bearer) autorizado, así como también puede prevenir el uso de un portador no autorizado.
- Informa al P-CSCF cuando el portador se pierde o se modifica. [POI2004]

I-CSCF (Interrogating – CSCF)

Si el P-CSCF es el punto de entrada a IMS, el I-CSCF hace las veces de Gateway hacia cada red IMS individual. Determina si se concede o no el acceso a otras redes enviando mensajes SIP al operador. Es por esto que puede ser usado para ocultar detalles de la red a otros operadores. Algunas de las funciones que cumple son:

- Contactar al HSS para obtener el nombre del S-CSCF que está sirviendo al usuario.
- Asignar un S-CSCF basándose en las capacidades recibidas del HSS. Un S-CSCF se asigna cuando no hay ninguno designado.
- Enviar peticiones SIP o respuestas hacia el S-CSCF.
- Enviar información sobre el manejo de cuentas (accounting) al CCF.
- Proveer una función para ocultarse. El I_CSCF puede contener una función llamada Topology Hiding Inter-network Gateway (THIG), la cual puede ser usada para esconder la configuración, capacidad y topología de la red del exterior de la red del operador. [POI2004]

S-CSCF (Serving – CSCF)

Es el cerebro de la red IMS. Se ubica en la red local, donde realiza el control de la sesión y servicios de registro de los UEs. Mientras un equipo de usuario participa en una sesión, el S-CSCF mantiene un estado de sesión e interactúa con las plataformas de servicio y las funciones de tarificación, según sea requerido por el operador de la red para el soporte de los servicios.

Se pueden tener varios S-CSCF, y pueden cumplir diferentes funcionalidades dentro de la red de un operador. Las funciones que realiza son:

- Maneja peticiones de registración. El S-CSCF conoce la dirección IP así como el P-CSCF que está usando cada UE como punto de entrada IMS.

- Realiza la autenticación de los usuarios por medio del esquema de autenticación y acuerdo de claves IMS (Authentication and Key Agreement schema – AKA). Este AKA IMS logra la autenticación mutua entre el UE y la red local.
- Descarga información del usuario y datos de servicios relacionados desde la HSS, durante la registración o mientras manipula la petición de un usuario no registrado.
- Enruta tráfico destinado a móviles hacia el P-CSCF y enruta el tráfico originado en móviles hacia el I-CSCF, el Breakout Gateway Control Function (BGCF), o el application server (AS).
- Ejecuta el control de la sesión. El S-CSCF puede actuar como servidor proxy y como user agent (UA).
- Interactúa con plataformas de servicios. Interacción significa la capacidad de decidir cuando una petición o respuesta necesita ser enrutada a un AS específico para su posterior procesamiento.
- Supervisa los timers de la registración y es capaz de des-registrar usuarios de ser necesario el caso.
- Envía información relacionada a las cuentas hacia el CCF para propósitos de tarificación fuera de línea, y al OCS (online charging system) para propósitos de tarificación en línea. [POI2004]

HSS (Home Subscriber Server)

Es el principal almacenamiento de datos para todos los abonados y datos relacionados a servicios en IMS. Entre los principales datos almacenados en el HSS tenemos identidades de los usuarios, información de la registración, parámetros de acceso e información de triggering de servicios.

Las identidades de los usuarios consisten en dos tipos: públicas y privadas. La identidad de usuario privada es una identidad que es asignada por el operador de red local, y se usa para situaciones como la registración y autorización; mientras que la identidad pública de usuario es la que otros usuarios pueden usar para solicitar comunicación con el usuario final.

Los parámetros de acceso IMS se usan para establecer sesiones, y pueden ser autenticación de usuario, autorización de roaming y nombres de S-CSCF asignados.

La información de disparo de servicios habilita la ejecución de servicios SIP. Además, el HSS también proporciona los requisitos específicos del usuario para las capacidades del S-CSCF. Esta información es usada por el I-CSCF para escoger el S-CSCF más adecuado para un usuario.

Un punto adicional es que el HSS contiene un subconjunto de funcionalidades relativas al Home Location Register y el Authentication Center (HLR/AUC) manejado en GSM. Se muestra la estructura del HSS en la figura 1-4:

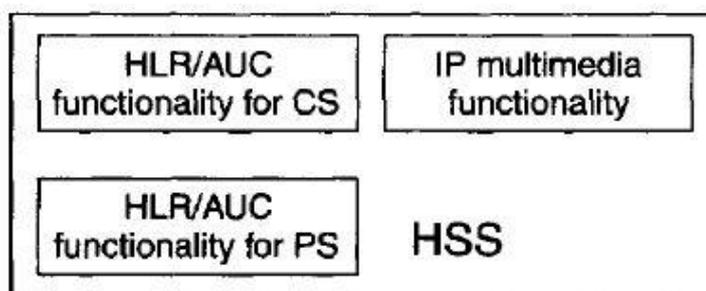


FIGURA 1-4: ESTRUCTURA DE HSS

Fuente: "The IMS IP Multimedia concepts and services in the Mobile domain" [POI2004]

La funcionalidad requerida de la HLR es proporcionar soporte a los elementos del dominio de paquetes conmutados (PS), como el SGSN y el GGSN. Esto permite al abonado acceder a los servicios del dominio de PS.

Se puede tener más de un HSS en una red local, dependiendo del número de abonados, la capacidad de los equipos y la organización de la red. [POI2004]

SLF (Subscription Locator Function)

La función localizadora de suscripción es usada como mecanismo de resolución que habilita o permite al I-CSCF, el S-CSCF y el AS encontrar la dirección de la HSS que contiene los datos del abonado para una identidad de usuario determinada cuando el operador de la red ha desplegado múltiples HSSs direccionables. [POI2004]

MRFC (Multimedia Resource Function Controller)

El controlador de la función de recursos multimedia (MRFC) es necesario para poder soportar servicios relacionados al portador, como conferencias, anuncios a un usuario o al portador de transcodificación. El MRFC interpreta la señalización SIP recibida vía S-CSCF y usa las instrucciones del Media Gateway Control Protocol (MEGACO) para

controlar el Multimedia Resource Function Processor (MRFP). El MRFC es capaz de enviar información referente a las cuentas hacia el CCF y el OCS. [POI2004]

MRFP (Multimedia Resource Function Processor)

El MRFP provee recursos del plano del usuario que son pedidos por el MRFC, el cual se encarga de darles instrucciones. El MRFP realiza las siguientes funciones:

- Mezcla los streams de media entrante.
- Es fuente de media stream (para anuncios multimedia).
- Realiza el procesamiento de la media stream. [POI2004]

AS (Application Server)

Teniendo en cuenta el modelo de capas de IMS, vemos que los servidores de aplicaciones (ASs) no son completamente entidades IMS; antes son funciones en la capa superior de IMS. Sin embargo, los ASs son considerados como parte de las funciones IMS debido a que son entidades que proveen servicios multimedia de valor añadido en IMS.

Un AS se encuentra dentro de la red local del usuario, o en la ubicación de una tercera parte. Esta puede ser una red o un AS independiente. Las funciones principales son:

- Es capaz de procesar y modificar una sesión SIP entrante recibida desde IMS.
- Es capaz de originar peticiones SIP.
- Es capaz de enviar información sobre las cuentas hacia el CCF y el OCS.

Los servicios ofrecidos dejan de estar limitados a servicios basados en SIP desde que el operador es capaz de ofrecer acceso a servicios basados en:

- Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic (CAMEL).
- Service Environment (CSE).
- The Open Service Architecture (OSA).

Es por estos motivos que se usa el término genérico “AS” para representar el comportamiento del SIP AS, OSA SCS (OSA Service Capability Center) e IM-SSF (Ip Multimedia Service Switching Function).

Al usar OSA el operador puede usar características de la capacidad del servicio tales como interacción de usuarios, status de usuario, control de datos de la sesión, capacidades de los terminales, administración de cuentas, tarificación y administración de políticas para servicios desarrollados.

Otra ventaja del OSA framework es que se puede usar como mecanismo estandarizado para proveer ASs independientes de una manera segura para IMS, ya que OSA en si contiene el acceso inicial, autenticación, autorización, registración y características de descubrimiento (discovery).

Como el soporte de los servicios de la OSA está bajo la decisión del operador, no es razonable desde el punto de vista de la arquitectura el dar soporte a protocolos OSA y sus prestaciones en múltiples entidades. Por lo tanto, se usa el OSA SCS para terminar la señalización SIP del S-CSCF.

El OSA SCS usa una OSA Application Program Interface (API) para comunicarse con un servidor de aplicaciones OSA actual.

En la figura 1-5 se muestra como están conectadas estas diferentes funciones. [POI2004]

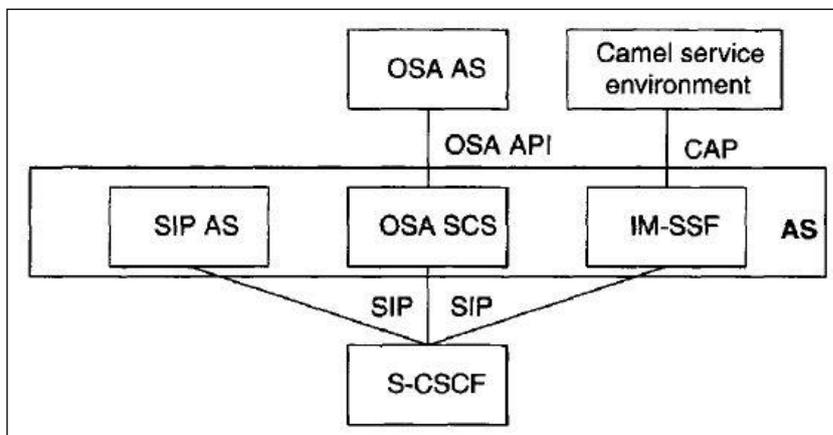


FIGURA 1-5: RELACION ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE AS

Fuente: "The IMS IP multimedia concepts and services in the Mobile domain" [POI2004]

SEG (Security Gateway)

Visto desde el plano de control, para proteger el tráfico entre dominios de seguridad, se debe de pasar a través de un security gateway (SEG) antes de entrar o salir de un dominio de seguridad. Este dominio se refiere a una red que es manejada por una sola autoridad administrativa. Esto típicamente coincide con las fronteras del operador. El SEG es ubicado en los bordes del dominio de seguridad, y hace cumplir las políticas de seguridad del dominio hacia otros SEGs en el dominio de seguridad de destino. El operador de la red puede tener más de un SEG en su red con el fin de evitar un único punto de fallo o por motivos de performance.

1.2.2 Protocolos en IMS

Los protocolos son los que definen los formatos de dialogo entre elementos. Estos formatos son los que se usan en las definiciones para diálogos, parámetros y estructuras de datos de la información intercambiada para definir comportamientos caso por caso en varios escenarios.

A pesar de su conocida flexibilidad, SIP no siempre es el protocolo adecuado. Los protocolos tienen la suposición del tipo de dialogo que manejan; por lo tanto, los protocolos de señalización pueden no ser los mismos que para el flujo de media o para autenticación. Por ejemplo, mientras SIP es el más adecuado para manejar el control de la sesión, los diálogos para el intercambio de parámetros, la recuperación de información dinámicamente, o el establecimiento de reglas en la red, parecieran necesitar de algo más, como el Diameter, para dar facilidades para mejorar los datos.

El “perfil del protocolo” define el comportamiento en un particular caso de uso. Un perfil para el protocolo es una interfaz estandarizada entre las partes comunicadas que intercambian mensajes de protocolo.

La especificación del perfil puede contener un diálogo que usa los comandos del protocolo y los tipos de mensajes, que especifican cabeceras y sus parámetros, y con sus respuestas anticipadas. También contiene dependencias con otros perfiles. Siguiendo un perfil, los desarrolladores se guían de manera más precisa y por lo tanto pueden alcanzar un mayor nivel de compatibilidad. [COP2009]

IPsec

El Internet Protocol Security (IPsec) brinda varios servicios de seguridad en la capa IP, tanto en IPv4 como IPv6. Además ofrece protección a protocolos de las capas superiores. IPsec típicamente se usa para asegurar la comunicación entre los usuarios y los gateways de seguridad. Los servicios de seguridad que brinda incluyen: control de acceso, protección a la integridad de los datos, autenticación del origen de los datos, protección contra repeticiones, confidencialidad y flujo de tráfico confidencial limitado.

IPsec puede operar bajo dos modos: modo tunnel y modo transporte. El modo transporte se usa para proveer servicios de seguridad a los protocolos de capas superiores; el modo tunnel se usa para abrir un túnel para tráfico IP entre dos gateways de seguridad.

La arquitectura de IPsec está compuesta por:

- Protocolos de seguridad: AH y ESP.
- Asociaciones de seguridad (security Associations) que definen al Security Policy Database (SPD) y el Security Association Database (SAD).
- Manejo de claves y algoritmos para encriptación autenticación. [POI2004]

COPS

El protocolo COPS (Common Open Policy Service) es un protocolo de la IETF (Internet Engineering Task Force) usado para la administración general, configuración y ejecución de las políticas. Define un protocolo simple de petición y respuesta para intercambiar información sobre políticas entre el policy server y sus clientes. Los clientes se denotan como Policy Enforcement Points (PEPs) y el servidor como Policy Decision Point (PDP). El protocolo emplea un modelo cliente / servidor en el cual PEP envía peticiones, actualizaciones y borrados hacia el PDP, quien en cambio retorna decisiones políticas hacia el PEP. [POI2004]

MEGACO

El Media Gateway Control Protocol (MEGACO) también conocido como H.248 es usado entre un media Gateway y un media Gateway controller para manejar la señalización y administración de la sesión durante una conferencia multimedia. Ambos se comportan bajo el modelo maestro / esclavo.

El modelo de conexión describe los objetos principales dentro de un media gateway como terminaciones y contextos que pueden ser controlados por el media gateway controller. Una terminación origina o termina uno o más streams, y cada terminación mantiene información acerca de los media streams actuales. [POI2004]

DIAMETER

Es un protocolo AAA (authentication, authorization and accounting) desarrollado por la IETF. Se usa Diameter para brindar servicios AAA a un rango de tecnologías de acceso. En vez de construir el protocolo desde el inicio, Diameter está basado en RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service), el cual ha sido usado para proveer los servicios AAA para entornos dial-up y de acceso a servidores terminales.

Como base para el trabajo realizado por Diameter, el grupo de trabajo AAA empezó por reunir los requisitos para los servicios AAA, para que se apliquen en el acceso a la red desde distintos puntos de interés:

- IP routing para usuarios fijos o inalámbricos WG (MOBILEIP).
- Requisitos del servidor de acceso de la red WG (NASREQ).
- Operaciones de Roaming WG (ROAMOPS).
- Asociación de la industria de las telecomunicaciones (TIA).

El protocolo Diameter actualmente está dividido en dos partes: la base del protocolo y sus aplicaciones. La base del protocolo es necesaria para distribuir unidades de datos Diameter, capacidades de negociación, manejar errores y proporcionar la extensibilidad. Una aplicación Diameter define funciones específicas para la aplicación y unidades de datos. Cada aplicación se especifica por separado. El protocolo base usa dos protocolos para el transporte: TCP y SCTP. Sin embargo se prefiere SCTP debido a la relación orientada a la conexión existente entre pares Diameter, además que resulta beneficioso que sea capaz de categorizar varias streams independientes en una sola asociación SCTP, en vez de mantener todas las streams abiertas como conexiones independientes TCP. Para asegurar las conexiones se usa IPsec y TLS (transport Layer Security). [POI2004]

RTP

Se define el protocolo de transporte en tiempo real (RTP) como un protocolo para repartir datos de extremo a extremo en tiempo real. Este además contiene servicios de extremo a extremo para los datos en tiempo real: identificación del tipo de carga, secuencia de numeración, time stamping (indicador que controla el muestreo de la carga útil) y monitoreo del reparto. RTP no provee calidad de servicio QoS, pero sí monitoreo de QoS usando el protocolo de control RTP (RTCP), quien también transmite información sobre los participantes de la sesión.

Los paquetes RTCP se transmiten periódicamente a todos los participantes de una sesión. Realizan 4 tipos de funciones:

- Provee de una re-alimentación o feedback en la QoS de la distribución de datos en tiempo real.
- Transporta un identificador permanente de la fuente RTP (llamado CNAME)
- Permite un intervalo de la distribución de paquetes RTCP ajustable.
- Transmite información sobre el control de la sesión. [POI2004]

SDP

Session Description Protocol (SDP) es un protocolo de la capa de aplicación desarrollado para describir las sesiones media. Está basado en texto; cuando describe una sesión el que llama y el destinatario indican sus capacidades de recibo, formatos de dirección y puerto de recibo. Se puede realizar un intercambio de capacidades durante el establecimiento de la sesión, o durante la sesión misma.

Los mensajes SDP contienen tres niveles de información:

- Descripción del nivel de la sesión
- Descripción de la sincronización
- Formato y tipo de la sesión media.

Los tres niveles de información deben aparecer en el orden descrito, ya que el mensaje SDP es una colección de líneas SDP. [POI2004]

SIP

SIP (Session Initiation Protocol) es un protocolo de la capa de aplicación que se usa para el establecimiento, modificación y terminación de sesiones multimedia en una red IP. Es parte de la arquitectura multimedia cuyos protocolos son estandarizados continuamente por la IETF. Su aplicación incluye voz, video, entretenimiento, mensajería, control de llamada y presencia.

Debido a su simplicidad, SIP fue adoptado como el protocolo de señalización para la voz sobre IP (VoIP), convirtiéndose en estándar en 1999.

SIP, como parte del proceso de IETF, está basado en HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) y SNMP (Simple Network Managemet Protocol).

SIP busca lograr las siguientes 4 metas:

- Neutralidad en los protocolos de transporte – ser capaz de correr sobre protocolos confiables (TCP SCTP) y no confiables (UDP).
- Petición de routing – directo (performance) o mediante proxy (control).
- Separar la señalización de la descripción de la media.
- Extensibilidad y movilidad.

Sobre la arquitectura SIP, sus elementos se pueden clasificar en agentes usuarios (UA) e intermediarios (servers). En la figura 1-6 se ve una configuración típica de red, llamada el trapecoide SIP.

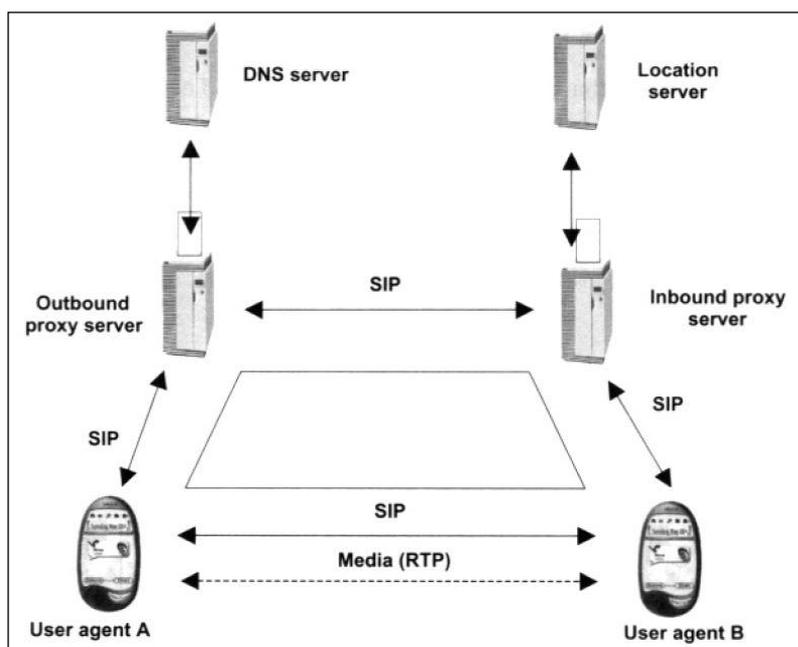


FIGURA 1-6: TRAPEZOIDE SIP

Fuente: "The IMS IP multimedia concepts and services in the Mobile domain" [POI2004]

Un terminal o SIP UA es el punto final de los diálogos; este envía y recibe peticiones y respuestas SIP, es el punto final de streams multimedia, y suele ser el equipo del abonado (UE). El UA está formado por dos partes: el User Agent Client (UAC) que es la aplicación que inicia las peticiones, y el User Agent Server (UAS), quien acepta, rechaza o redirecciona las peticiones.

Los intermediarios SIP son entidades lógicas por donde pasan los mensajes SIP. Ellos pueden enrutar o redireccionar las peticiones. Estos servidores incluyen:

- Servidor Proxy
- Servidores de redirección.
- Servidor de ubicación.
- Registradores

Además se usan dos elementos más para brindar servicios a los usuarios: los servidores de aplicaciones (AS) y los Back to Back User Agent (B2BUA). [POI2004]

1.3 Interconexión de nodos IMS

La interconexión con redes de telefonía fija y móvil de circuitos conmutados es una importante característica para los usuarios de IMS ya que, en un futuro muy probable, la mayoría de usuarios inalámbricos seguirán comunicándose mediante redes de

circuitos conmutados (CS). Por este motivo es que han sido definidos una serie de elementos lógicos en los estándares IMS para la interconexión entre redes IMS basadas en SIP, y redes externas de circuitos conmutados. En la figura 1-7 se muestra como estas entidades lógicas se relacionan entre ellas y cómo interactúan con el S-CSCF cuando un abonado IMS desea establecer una llamada hacia un abonado de una red de circuitos conmutados.

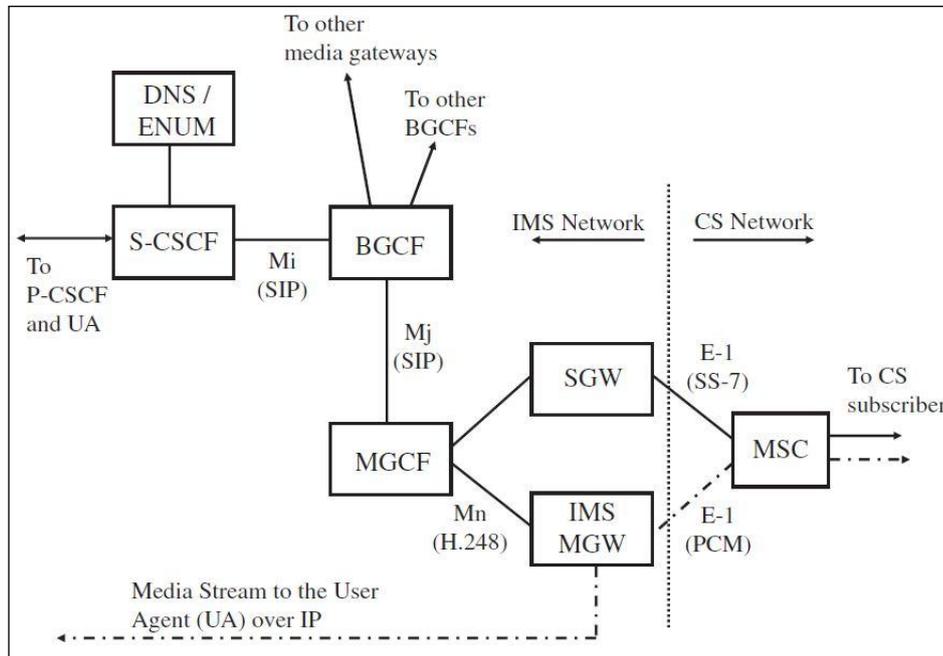


FIGURA 1-7: INTERCONEXION IMS CON UNA RED DE CIRCUITOS CONMUTADOS.

Fuente: "Beyond 3G – Bringing networks, terminals and the web together" [SAU2009]

Cuando se trata de alcanzar a un usuario de la red de circuitos conmutados, el usuario IMS manda un mensaje SIP de "invite" con el número telefónico del usuario hacia el S-CSCF. A este número se le da el formato de TEL URL, que puede representar a un usuario de la red de CS o a un usuario de la red IMS. Los usuarios IMS poseen un número telefónico que les permite conectarse con los usuarios de redes CS además de hacer más fácil las llamadas a dispositivos que solo poseen teclado numérico. Como primer paso el S-CSCF debe descubrir si el TEL URL enviado en el mensaje "invite" pertenece a un usuario local o a una red externa de CS, mediante la ayuda de un ENUM (Electronic Numbering) DNS (Domain Name System) lookup (búsqueda). Para realizar este ENUM DNS lookup, el numero se convierte a un nombre de dominio que posee la extensión ".e164.arpa". Esta extensión le señala al DNS que el nombre de dominio dado no es un dominio de internet sino un número telefónico para el que se solicita una SIP URI (identidad del usuario SIP, equivalente al MSISDN). A

continuación el servidor DNS realiza una búsqueda en la base de datos, y si es exitosa, retorna la correspondiente SIP URI hacia el S-CSCF. Para las llamadas desde IMS hacia la red CS, la búsqueda no será exitosa dado que sus usuarios no poseen una SIP URI. En consecuencia el S-CSCF envía la petición a los elementos que cumplen la función de IMS gateway para CS. Esta funcionalidad es ejecutada por cuatro entidades lógicas: el BGCF, MGCF, SGW y el IMS MGW. [SAU2009]

1.3.1 BGCF (Breakout Gateway Control Function)

Es el responsable de escoger donde va a ocurrir el rompimiento con el dominio de circuitos conmutados (CS). El resultado de esta ruptura puede ser o bien una ruptura en la misma red en la que se encuentra el BGCF o en otra red.

Si la ruptura se da en la misma red, el BGCF escoge a un MGCF para que maneje una sesión adicional. Si el rompimiento sucede en otra red, entonces el BGCF envía una sesión hacia otro BGCF en una red seleccionada. Adicionalmente, el BGCF reporta información sobre las cuentas al CCF y recolectar información estadística. [POI2004]

1.3.2 MGCF (Media Gateway Control Function)

Es la puerta de acceso que permite la comunicación entre IMS y los usuarios de circuitos conmutados. Toda la señalización para el control de llamadas entrantes desde usuarios de CS es destinada hacia el MGCF para que realice la conversión de protocolos entre la ISDN User Part (ISUP) o el Bearer Independent Call Control (BICC), y los protocolos SIP, y además envía la sesión a IMS. De manera similar todas las sesiones originadas en IMS hacia usuarios de CS pasan a través del MGCF.

Además de esto controla canales de media en la entidad asociada en el plano del usuario, el IMS Media Gateway IMS-MGW, y al SGW, usado para la conversión de mensajes SIP en los protocolos de señalización SS7 y BICC. [POI2004]

1.3.3 IMS-MGW (IMS-Media Gateway Function)

Provee de un enlace entre IMS y las redes CS (PSTN, GSM). Termina o cierra los canales de portador de la red de circuitos conmutados y los media streams de la red troncal, realiza la conversión entre estas terminaciones y ejecuta la transcodificación y procesamiento de la señal para el plano del usuario cuando sea necesario.

Además es capaz de proveer tonos o anuncios a los usuarios de CS. El IMS-MGW es controlado por el MGCF, con el que se comunica mediante el protocolo de control de media gateway MEGACO. [POI2004]

1.3.4 SGW (Signalling Gateway)

Se usa un gateway de señalización para interconectar distintas redes de señalización, como las redes de señalización basadas en SCTP/IP y las basadas en SS7.

Realiza la conversión de la señalización (en ambos sentidos) a nivel de transporte entre el transporte basado en sistema de señalización Nro. 7, y el transporte de señalización basado en IP. [POI2004]

Durante el establecimiento de una llamada desde una red de CS hacia un abonado IMS, la línea fija o el MSC (Mobile Switching Center) selecciona un time-slot libre en una línea E-1 y envía un mensaje SS7 IAM (Initial Address Message) hacia el SGW, con el número telefónico y la información sobre qué time-slot y en qué E-1 ha escogido el MSC para transmitir el stream de audio. El SGW envía la información hacia el MGCF, quien empieza a preparar al IMS-MGW y a iniciar el dialogo SIP "invite". Como el MGCF no está enterado sobre que S-CSCF es el responsable del abonado suscrito, el mensaje "invite" es enviado primero hacia el I-CSCF, quien hace una búsqueda en el HSS de esta información y envía el mensaje hacia el S-CSCF responsable. Una vez aquí, el S-CSCF revisa la invitación de sesión, y si esta es aprobada para continuar, envía la invitación a través del P-CSCF hacia el dispositivo IMS. Si acepta la sesión, el MGCF ordena al IMS-MGW reservar los recursos y preparar el transcodificador codec que el MGCF y el cliente IMS desean usar en la sesión. Una vez que el usuario contesta la llamada, el terminal IMS envía el mensaje SIP "200 ok" hacia el MGCF. En la figura 1-8 se muestra una visión general de este proceso. [SAU2009]

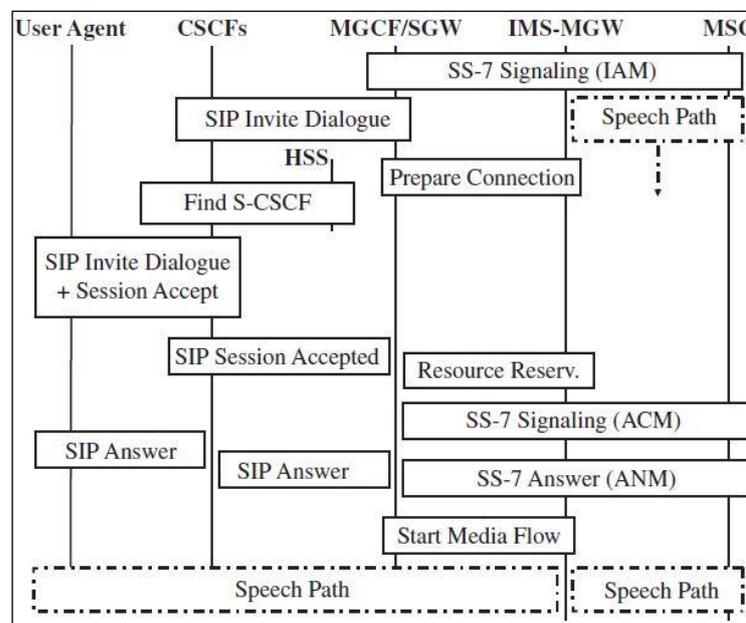


FIGURA 1-8: ESTABLECIMIENTO DE LLAMADA DESDE UNA RED CS HACIA IMS.

Fuente: "Beyond 3G – Bringing networks, terminals and the web together" [SAU2009]

1.3.5 Desarrollo de la tecnología a nivel mundial

El desarrollo de IMS como tecnología fue un encargo asignado por la UIT al 3G Partnership Project (3GPP), grupo de investigación con el objetivo de desarrollar la evolución de las redes móviles. La especificación de IMS se inició en el release 5, y actualmente se está completando el release 10. En estos documentos las especificaciones consisten en actualizaciones y mejoras de las funciones. Los principales operadores se reúnen en lo que es el principal foro de la tecnología, el IMS fórum, el cual es una asociación dedicada al avance de aplicaciones IMS y la interoperabilidad de servicios. El IMS fórum es el creador y organizador del IMS Plugfest, único evento enfocado en IMS que reúne a las empresas líderes de la tecnología y consiste en implementar en pocos días su propia red IMS y probar la interconexión con los demás operadores, sirviendo así como base para eliminar las barreras en la adopción de IMS.

1.3.6 Estado actual de IMS

A pesar de que la estandarización no ha sido completada, la implementación de IMS ya ha empezado. Algunos operadores ya comienzan a ofrecer aplicaciones basadas en SIP, las cuales después migraran a IMS. En ese sentido, lo que se espera es ver una curva de crecimiento importante para los próximos 5 años, impulsada por la oferta de nuevos servicios. [JUN2007]

1.3.7 Retos para IMS

Algunos de los retos que se presentan son:

- El uso de soluciones no estandarizadas, se presenta como un riesgo ya que cabe la posibilidad de que una vez lanzada una solución, esta deba ser modificada al terminar el proceso de estandarización.
- Se debe pensar en estrategias de migración, con el objetivo de no realizar gastos innecesarios a la hora de realizar la migración hacia IMS.
- Lograr un cambio en la cultura de los operadores que están orientados a ser proveedores de acceso más que proveedores de servicios. Se suele pensar que IMS es la solución a la falta de demanda en los servicios.
- Se debe fomentar el trabajo de desarrolladores novedosos que sean capaces de generar nuevos servicios para ser lanzados, ya que son estos los que justifican la inversión en IMS.

- Compatibilidad de la tecnología con otras soluciones, puesto que no todos van a migrar a IMS, o prefieran usar tecnologías alternativas, la red debe ser capaz de ofrecer completa interoperabilidad con estas soluciones. Siempre se debe tener presente que es la nueva tecnología la que se acomoda a las actuales, y no al revés. [JUN2007]

1.3.8 Operadores que han desplegado IMS

El despliegue de redes IMS se viene dando desde aproximadamente hace cinco años, cuando algunos operadores móviles empezaron a firmar contratos con los principales proveedores de esta solución. En el caso de grandes empresas operadoras como Vodafone o Telefónica, han desplegado IMS en centrales sucursales para realizar sus pruebas, y dependiendo de los resultados, se iniciaría su expansión gradualmente.

En conclusión, los operadores han empezado a desplegar aplicaciones basadas en IMS, pero debido a la vigencia de los sistemas actuales, el proceso de la transición completa a IMS puede tardarse unos quince o veinte años.

En la tabla 1-1 se muestra la lista de operadores que han desplegado IMS. [JUN2007]

TABLA 1-1: OPERADORES CON IMS

Fuente: reporte "IP Multimedia Subsystem" [JUN2007]

Operador	Servicios
Telefónica de España	IP centrex - permite a Telefónica ofrecer servicios tales como video telefonía, compartición de documentos, manejo de presencia, mensajería instantánea y acceso remoto a correo electrónico.
Telecom Italia Mobile (TIM)	Implementó infraestructura IMS para el lanzamiento de servicios Push-to talk en redes celulares (PoC). Trabaja con Nokia para que a través de sus dispositivos, el usuario pueda acceder al servicio de video sharing que se ofrece con IMS.
Optimus Portugal	Firmó contrato con Ericsson para el lanzamiento de uIMS y a la vez anuncia planes para introducir 3G HSDPA. Ofrece servicios PoC e IP Centrex.

<p style="text-align: center;">KPN Holanda</p>	<p>Ha enfatizado su deseo de migrar a una red totalmente IP con IMS. KPN busca principalmente el ahorro, ya que intenta eliminar la mayoría de su plantilla en la parte fija. Inicialmente ha lanzado VoIP y servicios de TV móvil.</p>
<p style="text-align: center;">AT&T Estados Unidos</p>	<p>Anunció servicios de video sharing, por el cual dos usuarios pueden ver un mismo video y hablar a la vez para comentar. AT&T ofrece el servicio en 160 ciudades dentro de ese país. Incluso ya ofrece los precios del servicio y planes disponibles. Por ahora usuarios de otros operadores no pueden acceder a este tipo de servicio con usuarios de AT&T.</p>

Otros operadores que han anunciado IMS:

- Wana de Marruecos.
- Vodafone Alemania.
- Telenor Suecia.
- Sprint Estados Unidos.
- British Telecom (BT) Reino Unido.
- SPT en Vietnam.
- Softbank Mobile en Japón.
- TeliaSonera Suecia.
- Swisscom Suiza.
- Neuf Cegetel Francia.
- Chunghwa Taiwán.
- SunCom Estados Unidos.
- Vivatel Bulgaria. [JUN2007]

Capítulo 2

Determinación de la demanda

En el presente capítulo se realiza el estudio socio-económico de las ciudades de Cusco y Arequipa, así como el desarrollo alcanzado por las telecomunicaciones en ambas zonas. Ambos pasos son vitales para poder determinar cuáles podrían ser los posibles servicios a ser ofrecidos por la red y hacia qué grupo de la población podrían estar dirigidos.

El estudio realizado sobre la situación económica y social en la que se encuentran nuestras ciudades en la actualidad es primordial para fundamentar la implementación de una red integrada de IMS y conseguir la aceptación de los servicios de nueva generación a ser ofrecidos.

2.1 Evaluación Socioeconómica de Cusco y Arequipa

Para la presente parte se busca detallar la constitución de ambas ciudades, presentando información sobre cómo está conformada la población, de qué manera se distribuye y cuáles son las actividades económicas principales que realiza. La información fue obtenida del instituto nacional de estadística e informática - INEI.

2.1.1 Levantamiento de información para la ciudad de Cusco

Cusco, la capital histórica del país está ubicada al sureste del Perú, en la vertiente oriental de la cordillera de los andes, sobre la cuenca del río Huatanay. Posee una temperatura promedio de 12.5°C y un clima templado seco. Es la capital del

departamento del Cusco, conformado por 13 provincias, y la ciudad consta de 5 distritos: Cusco, Wanchaq, Santiago, San Sebastián y San Jerónimo.

La población total censada en el departamento del Cusco el año 2007, fue 1 171 403 habitantes, con 367 791 personas en la provincia de Cusco. Sin embargo, según los resultados de las proyecciones departamentales de población, se estima que el factor de crecimiento actual del departamento es de 0.7% anual, por lo que para el año 2010 la población estimada es de 1 274 742 habitantes en el departamento, y en provincia 375 569 habitantes. La ciudad del Cusco se distribuye en cinco distritos de la siguiente manera:

Población por distrito:

- Cusco: 108 798
- Wanchaq: 59 134
- Santiago: 83 721
- San Sebastián: 74 712
- San Jerónimo: 31 687

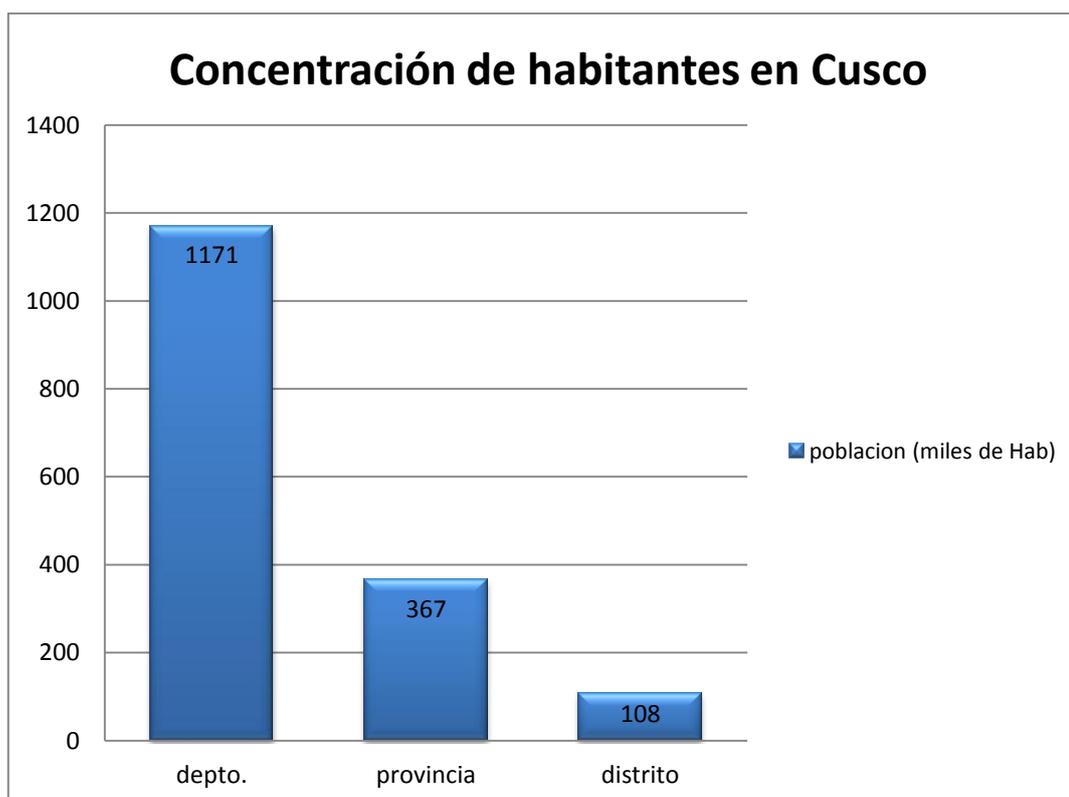


FIGURA 2-1: CONCENTRACION EN LA POBLACION DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

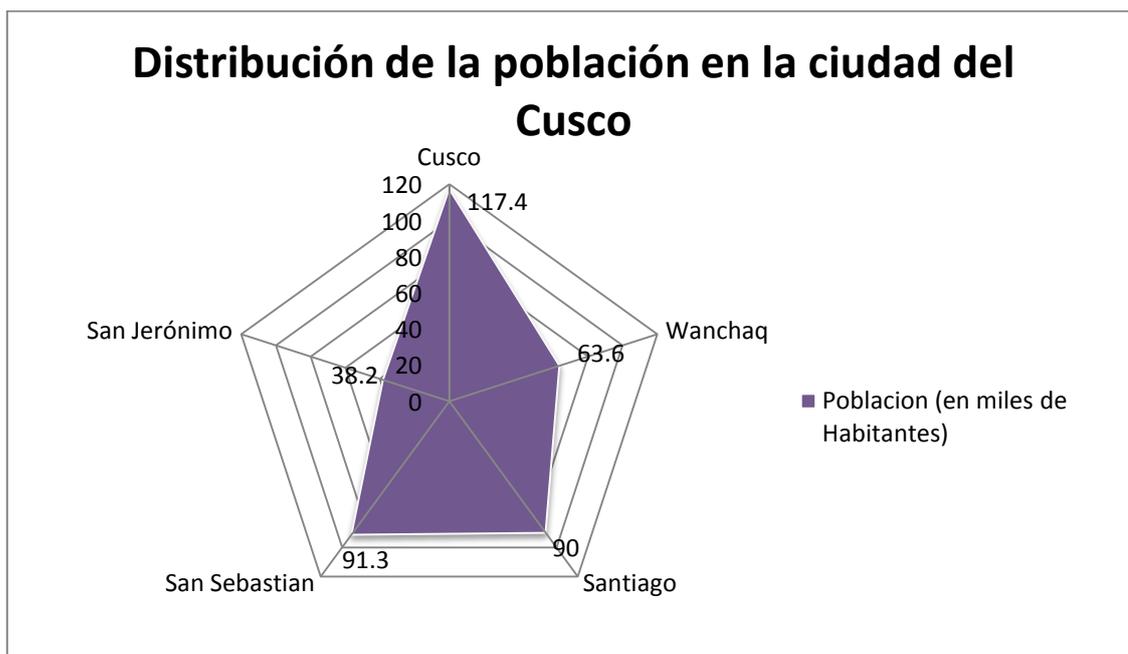


FIGURA 2-2: POBLACION POR DISTRITO EN LA CIUDAD DE CUSCO.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

En la anterior figura se aprecia que la mayor concentración de población se encuentra el distrito de Cusco, seguido por los distritos de Santiago, San Sebastián y Wanchaq. Estos son los distritos con mayor concentración de habitantes, ya que conforman la ciudad capital del departamento.

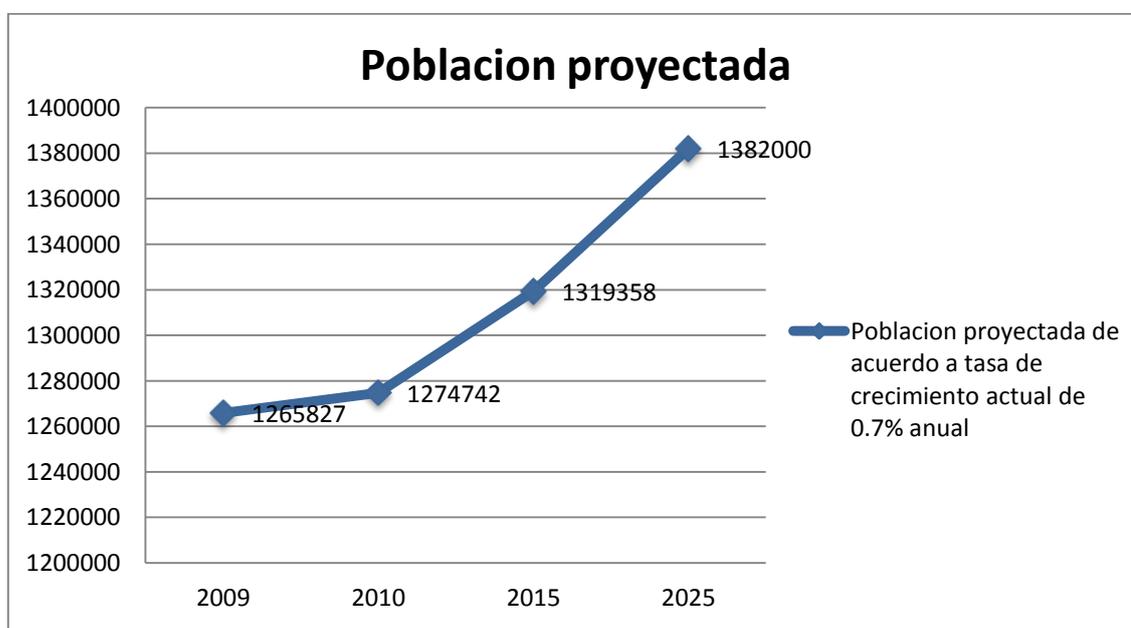


FIGURA 2-3: PROYECCION DEPARTAMENTAL DE POBLACION EN CUSCO.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

Distribución de la población según el género:

Hombres: 584 868 habitantes. 49.9%

Mujeres: 586 535 habitantes. 50.1%

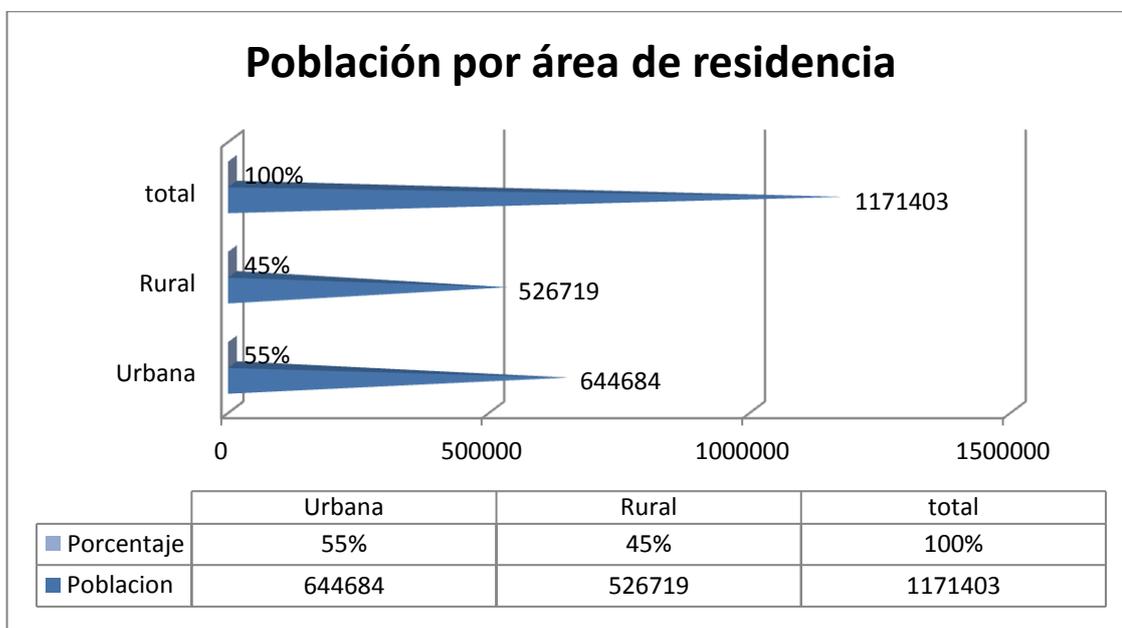


FIGURA 2-4: DISTRIBUCIÓN URBANO – RURAL DE LA POBLACIÓN.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

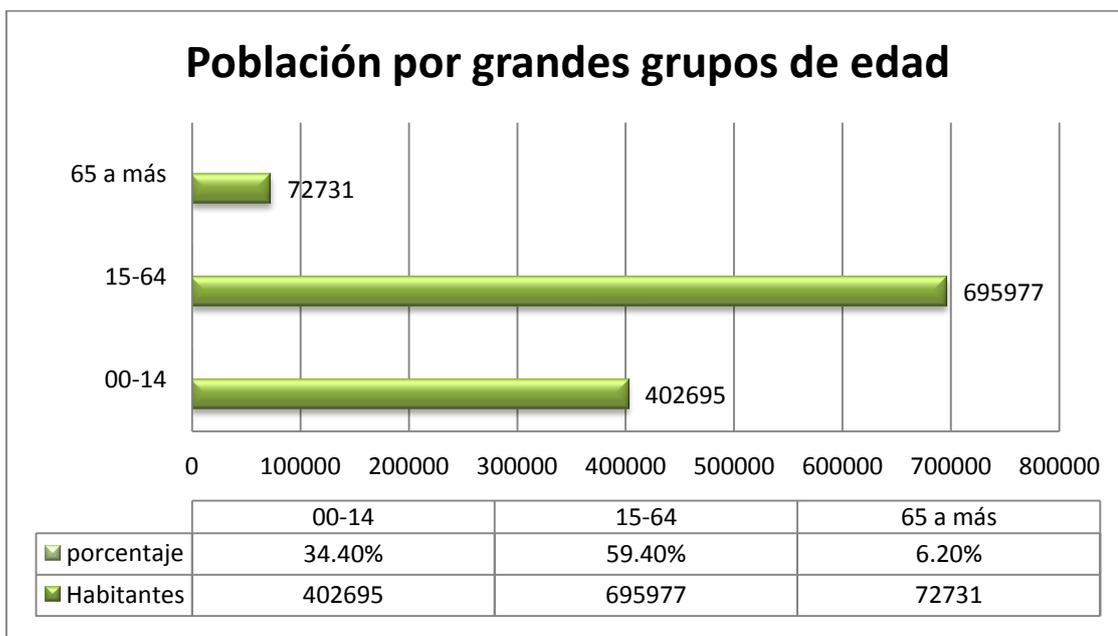


FIGURA 2-5: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR EDADES.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

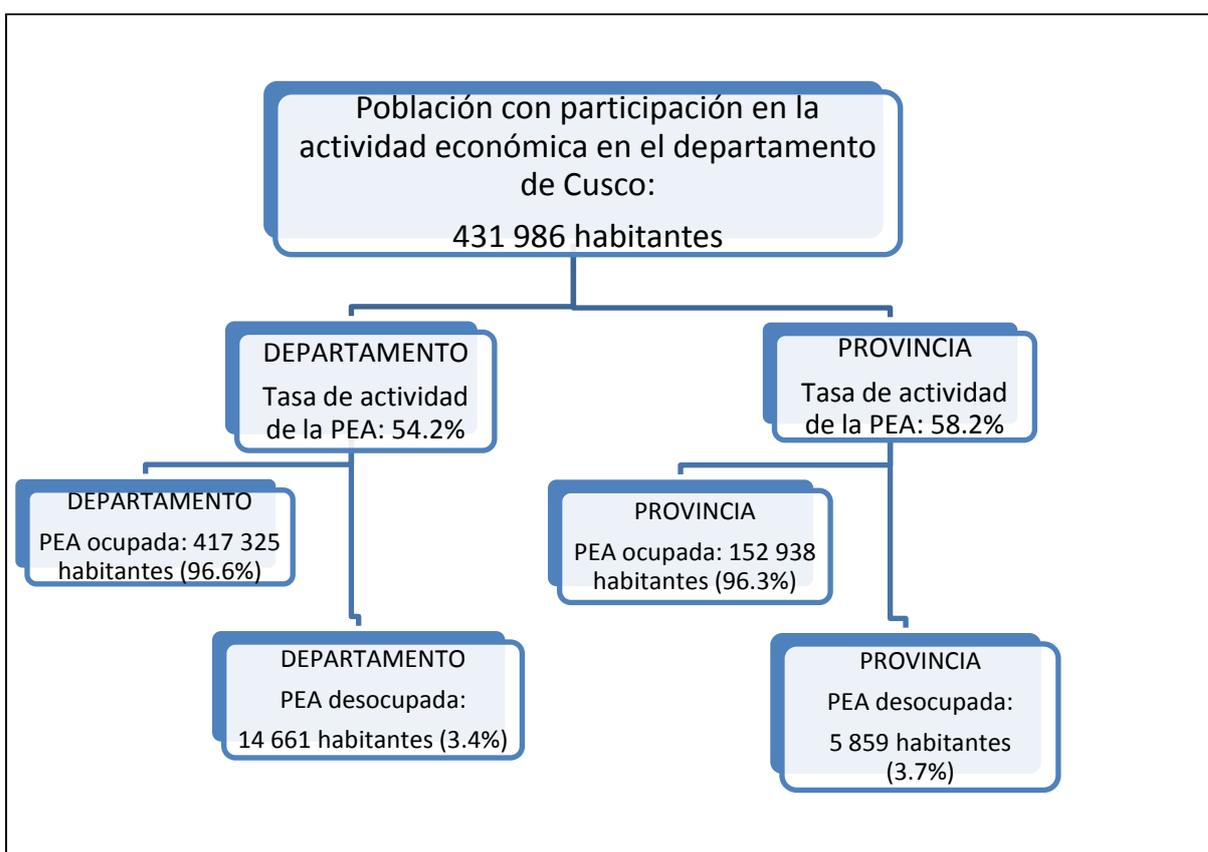


FIGURA 2-6 CUSCO: PARTICIPACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

TABLA 2-1: PEA OCUPADA SEGÚN TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

Actividad económica	Departamento		Provincia	
	Cifra total	%	Cifra total	%
PEA ocupada	417 325	100.0	152 938	100.0
Agric., ganadería, caza y silvicultura	157 743	37.8	6 033	3.9
Pesca	91	0.0	7	0.0
Explotación de minas y canteras	2 900	0.7	316	0.2
Industrias manufactureras	23 938	5.7	12 884	8.4
Suministro de electricidad, gas y agua	834	0.2	423	0.3
Construcción	26 824	6.4	11 445	7.5
Comercio	56 845	13.6	33 195	21.7
Venta, mant. y rep. de vehículos	5 014	1.2	3 237	2.1
Hoteles y restaurantes	22 272	5.3	13 068	8.5

Trans., almac. y comunicaciones	27 247	6.5	17 522	11.5
Intermediación financiera	1 449	0.3	1 220	0.8
Activid.inmobil., empres. y alquileres	14 619	3.5	11 421	7.5
Admin.púb. y defensa; p. segur.soc.	14 651	3.5	7 148	4.7
Enseñanza	25 201	6.0	13 247	8.7
Servicios sociales y de salud	7 398	1.8	5 071	3.3
Otras activ. serv.comun.soc y personales	9 197	2.2	6 319	4.1
Hogares privados con servicio doméstico	7 633	1.8	4 737	3.1
Organiz. y órganos extraterritoriales	8	0.0	4	0.0
Actividad económica no especificada	13 461	3.2	5 641	3.7

2.1.2 Levantamiento de información para la ciudad de Arequipa

El departamento está conformado por 8 provincias, y la provincia de Arequipa se encuentra formada por 29 distritos. De acuerdo al último censo de población y vivienda realizado por el INEI en el 2007, la aglomeración de la población en la ciudad de Arequipa está conformada por 13 distritos continuos densamente poblados, que concentran al 95.31% de la población metropolitana. Es decir, 782 733 habitantes distribuidos en los 13 distritos y 821 692 habitantes en los 19 distritos de la ciudad metropolitana. Estos 6 últimos ya se encuentran alejados de la ciudad.

La distribución de población por distrito en la ciudad es de la siguiente forma:

- Arequipa : 61 519
- Alto Selva Alegre : 72 696
- Cayma : 74 776
- Cerro Colorado: 113 171
- Jacobo Hunter: 46 092
- José Luis Bustamante y Rivero: 76 410
- Mariano Melgar: 52 144
- Miraflores: 50 704
- Paucarpata: 120 446
- Sachaca: 17 537
- Socabaya: 59 671
- Yanahuara: 22 890
- Tiabaya: 14 677

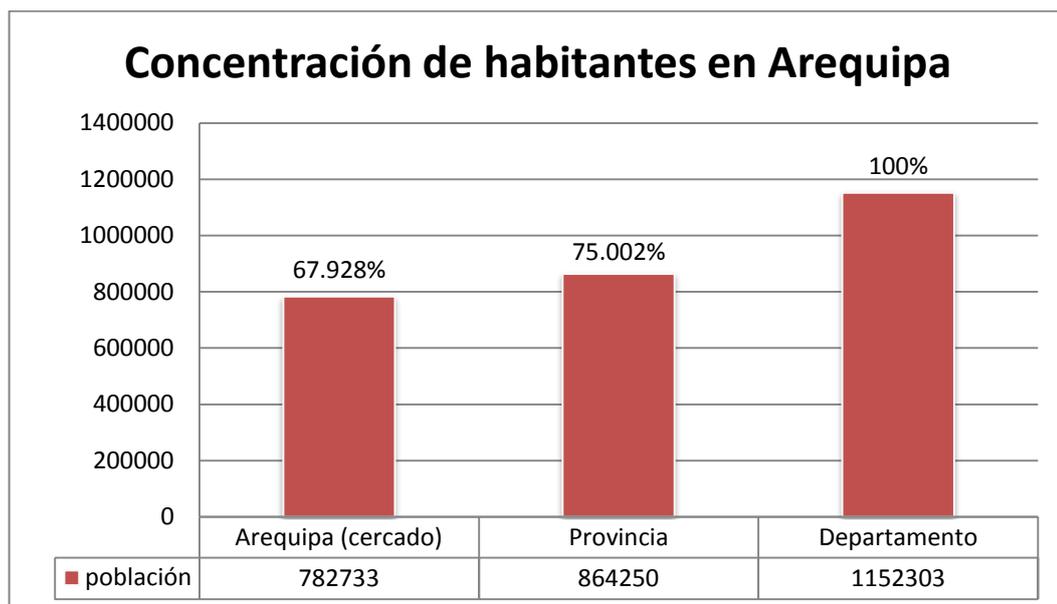


FIGURA 2-7: CONCENTRACIÓN DE LA POBLACIÓN DE AREQUIPA.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

Podemos observar que la provincia de Arequipa concentra el 75.002% de la población del departamento, a pesar de que este cuenta con 8 provincias. Sin embargo, la distribución en los distritos es más uniforme, dado que la provincia de Arequipa cuenta con 29 distritos.

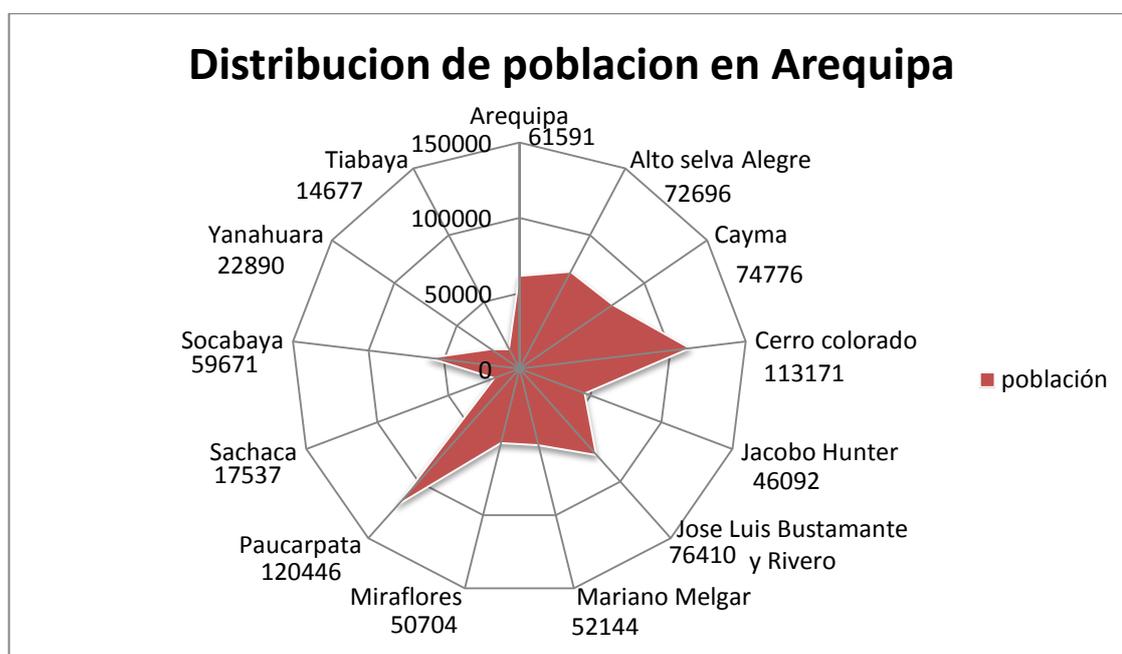


FIGURA 2-8: AGLOMERACIÓN POR DISTRITO EN AREQUIPA.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

Podemos observar que el distrito con mayor población es Paucarpata con 120 446 habitantes mientras que el menos poblado es Tiabaya con 14 677 habitantes.

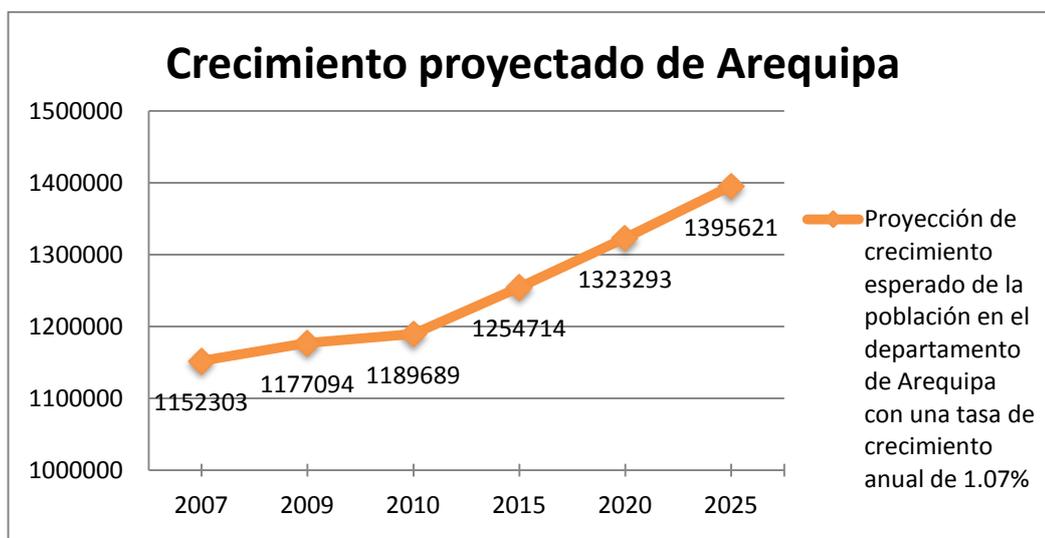


FIGURA 2-9: PROYECCION DEPARTAMENTAL DE POBLACION EN AREQUIPA.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

Distribución de la población arequipeña según el género:

Hombres: 567 339 habitantes. (49.2%)

Mujeres: 584 964 habitantes. (50.8%)

En el grafico siguiente, se observa cuantos pobladores viven en la ciudad y cuantos en zonas rurales, siendo mayoría la población rural.

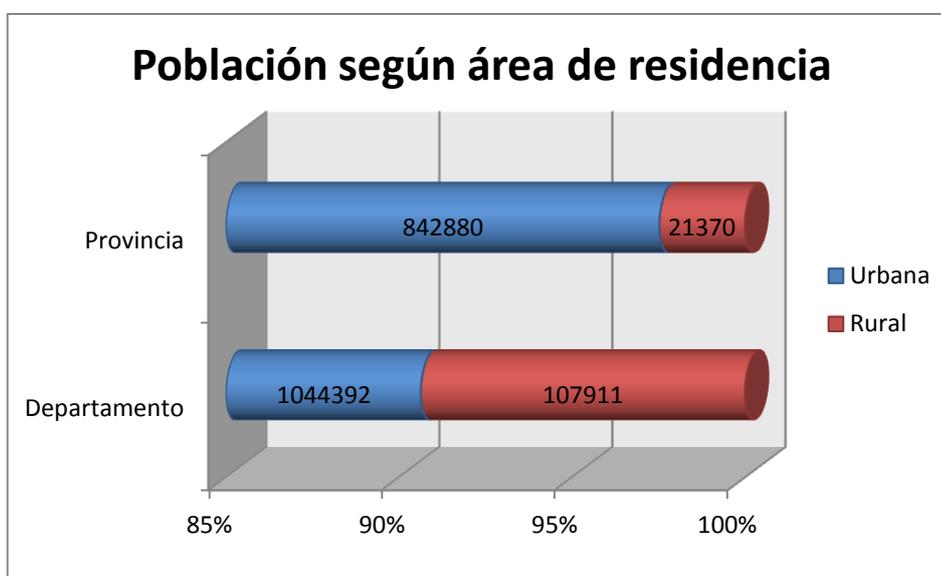


FIGURA 2-10: DISTRIBUCIÓN URBANO – RURAL DE LA POBLACIÓN EN AREQUIPA.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

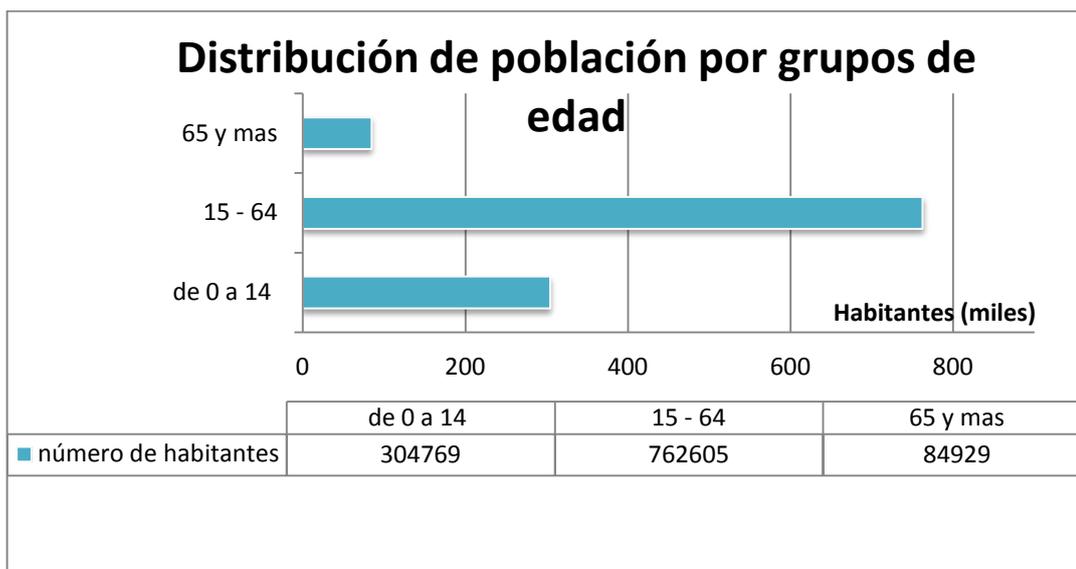


FIGURA 2-11: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR EDADES EN AREQUIPA.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

Este grafico de la población por grupos de edad nos muestra que la mayor parte de la población está entre los 15 y 64 años de edad, formando parte del grupo en edad para trabajar.

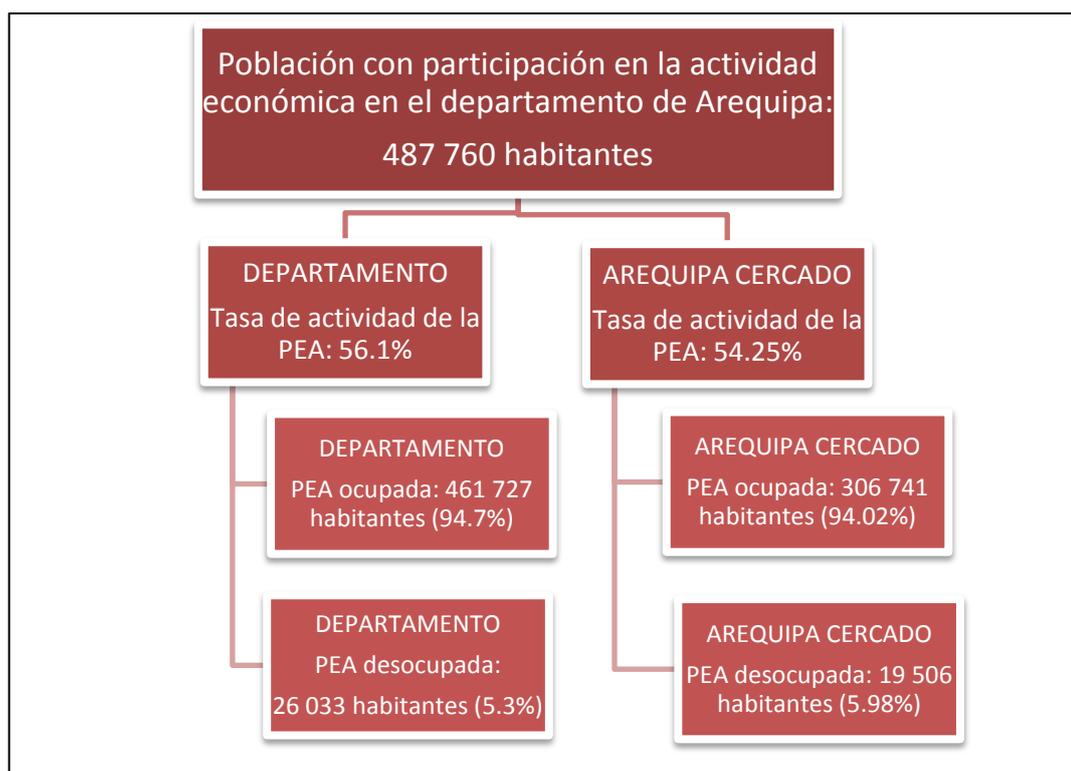


FIGURA 2-12: AREQUIPA: PARTICIPACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

TABLA 2-2: DISTRIBUCION DE POBLACION POR TIPO DE OCUPACION EN AREQUIPA.

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [INE2010]

Actividad económica	Departamento		Distrito	
	Cifra total	%	Cifra total	%
PEA ocupada	461 727	100.0	25 853	100.0
Agric., ganadería, caza y silvicultura	76 675	16.6	582	2.3
Pesca	3 582	0.8	17	0.1
Explotación de minas y canteras	18 404	4.0	288	1.1
Industrias manufactureras	42 229	9.1	1 987	7.7
Suministro de electricidad, gas y agua	1 255	0.3	85	0.3
Construcción	28 499	6.2	765	3.0
Comercio	80 211	17.4	4 748	18.4
Venta, mant.y rep. veh.autom.y motoc	11 085	2.4	572	2.2
Hoteles y restaurantes	23 131	5.0	1 568	6.1
Trans., almac. y comunicaciones	41 902	9.1	1 749	6.8
Intermediación financiera	3 211	0.7	609	2.4
Activid.inmobil., empres. y alquileres	28 868	6.3	3 473	13.4
Admin.púb. y defensa; p. segur.soc.afil	17 369	3.8	1 163	4.5
Enseñanza	29 798	6.5	3 089	11.9
Servicios sociales y de salud	13 372	2.9	1 714	6.6
Otras activ. serv. comunes y sociales.	17 503	3.8	1 283	5.0
Hogares privados con servicio doméstico	13 390	2.9	1 338	5.2
Actividad económica no especificada	11 243	2.4	823	3.2

2.2 Desarrollo de las telecomunicaciones en las zonas de interés.

Después de analizar la conformación socio económica de las ciudades, es importante averiguar el estado actual de la tecnología en ambos lugares. Esta información será útil para ubicar los mercados que hacen uso de las telecomunicaciones y la infraestructura ya desplegada.

2.2.1 Telecomunicaciones en Cusco.

Para revisar la situación actual, hemos tomado los datos en base a compendios estadísticos y a encuestas realizadas por el organismo supervisor de la inversión privada en telecomunicaciones – OSIPTEL.

- Telefonía fija:

En las estadísticas de OSIPTEL, los datos de provincias pertenecen a los servicios ofrecidos por el operador principal, siendo el de presencia predominante en la región.

TABLA 2-3: EVOLUCION DE LÍNEAS EN SERVICIO TELEFONÍA FIJA EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2002 – 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

ÁMBITO REGIONAL	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CUSCO	35 041	39 235	41 322	45 288	48 263	52 123	54 821	56 513

TABLA 2-4: EVOLUCIÓN DE LÍNEAS EN SERVICIO DE TELÉFONOS PÚBLICOS EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2002 – 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

ÁMBITO REGIONAL	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CUSCO	4 266	4 760	5 117	5 264	5 350	5 529	6 380	6 264

- Telefonía móvil:

Para los datos sobre la evolución de las líneas móviles, las estadísticas de OSIPTEL toman como fuente a las tres operadoras de telefonía móvil presentes en el país.

TABLA 2-5: EVOLUCION DE LÍNEAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2002 - 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

ÁMBITO REGIONAL	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CUSCO	41 547	53 088	77 497	119 301	218 709	436 982	664 205	848 322

TABLA 2-6: ESTACIONES BASE POR EMPRESA EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

ÁMBITO REGIONAL	TOTAL	TELEFÓNICA MÓVILES S.A.	AMÉRICA MÓVIL PERÚ S.A.C.	NEXTEL DEL PERÚ S.A.
CUSCO	141	51	82	8

- Internet:

TABLA 2-7: EVOLUCIÓN DE NÚMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2008 – 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [MTC2010]

ÁMBITO REGIONAL	2008-jun	2008-sep	2008-dic	2009-mar	2009-jun	2009-sep	Var. % jun-09 / jun-08
CUSCO	10 937	11 360	11 677	9 550	12 576	12 670	15.85 %

TABLA 2-8: NÚMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET DE BANDA ANCHA MÓVIL EN EL DEPARTAMENTO CUSCO: 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [MTC2010]

NÚMERO DE CONEXIONES DE BANDA ANCHA MÓVIL A INTERNET POR DEPARTAMENTO	2009-mar	2009-jun	2009-sep
CUSCO	281	1 791	2 238

TABLA 2-9: DENSIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE CUSCO: 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [MTC2010]

SERVICIO	PORCENTAJE DE PENETRACION
Líneas de telefonía fija	4.5 %
Líneas de telefonía pública	4.5 %
Líneas móviles en servicio	70.0 %
Servicio de internet	0.9939 %

Los datos sobre la densidad de los servicios presentados por el ministerio de transportes y comunicaciones representan el número de líneas en servicio por cada 100 habitantes, considerando a todos los operadores, tanto urbanos como rurales y con los datos vigentes a fines del 2009.

2.2.2 Telecomunicaciones en Arequipa.

El procedimiento realizado para el estudio en la ciudad de Arequipa es el mismo que para Cusco, los datos se recogen de los compendios estadísticos realizados por OSIPTEL.

- Telefonía fija:

TABLA 2-10: EVOLUCION DE LÍNEAS DE TELEFONÍA FIJA - AREQUIPA: 2002 – 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

ÁMBITO REGIONAL	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
AREQUIPA	80 492	88 641	97 931	106 961	115 746	126 391	134 647	144 078

TABLA 2-11: EVOLUCIÓN DE LÍNEAS EN SERVICIO DE TELÉFONOS PÚBLICOS EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA: 2002 – 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

ÁMBITO REGIONAL	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
AREQUIPA	6 760	7 474	8 334	8 639	7 905	7 150	8 671	9 428

- Telefonía móvil:

TABLA 2-12: LÍNEAS DE TELEFONÍA MÓVIL: 2002 - 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

ÁMBITO REGIONAL	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
AREQUIPA	118 124	154 912	196 317	305 259	504 953	906 511	1 158 143	1 262 199

TABLA 2-13: ESTACIONES BASE POR EMPRESA EN AREQUIPA: 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

ÁMBITO REGIONAL	TOTAL	TELEFÓNICA MÓVILES S.A.	AMÉRICA MÓVIL PERÚ S.A.C.	NEXTEL DEL PERÚ S.A.
AREQUIPA	219	86	116	17

- Internet:

TABLA 2-14: EVOLUCIÓN DE NÚMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA: 2008 – 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

ÁMBITO REGIONAL	2008- jun	2008- sep	2008- dic	2009- mar	2009- jun	2009- sep	Var. % jun-09 / jun-08
AREQUIPA	30 264	32 922	34 618	30 630	38 779	39 419	30,25 %

TABLA 2-15: NÚMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET DE BANDA ANCHA MÓVIL EN EL DEPARTAMENTO AREQUIPA: 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [OSI2010]

NÚMERO DE CONEXIONES DE BANDA ANCHA MÓVIL A INTERNET POR DEPARTAMENTO	2009-mar	2009-jun	2009-sep
AREQUIPA	295	1 611	2 156

TABLA 2-16: DENSIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA: 2009

Fuente: Elaboración propia – Datos de: [MTC2010]

SERVICIO	PORCENTAJE DE PENETRACION
Líneas de telefonía fija	11.9 %
Líneas de telefonía pública	7.6 %
Líneas móviles en servicio	110.9 %
Servicio de internet	3.4209 %

De la misma manera, los datos de densidad representan el número de líneas por cada 100 habitantes, y los datos son en base a todos los operadores y de fines del 2009.

2.3 Análisis de la demanda potencial y posibles servicios a ser prestados.

Para poder estimar cual va a ser el mercado objetivo en base al cual podamos estimar la posible demanda, debemos revisar los valores obtenidos en los análisis socio económicos de las dos ciudades, y a su vez realizar una clasificación de los distritos en base a la posibilidad de negocio. Una vez que conocemos las dimensiones de nuestra red, y la estructura de nuestro mercado, utilizaremos esta información para la creación de los paquetes de servicios basados en IMS a ser ofrecidos.

2.3.1 Determinación de la posible demanda.

La construcción de la red se ejecutará en base al dimensionamiento de los servicios que se pueden ofrecer, por lo que seguimos los siguientes indicadores:

- La población económicamente activa – PEA.
- Las principales actividades económicas en ambas ciudades.
- El impacto de las telecomunicaciones en las regiones.

- La afluencia del sector turismo y su contribución como mercado objetivo.

Datos:

Población total de la ciudad

- Cusco: 358 052 habitantes. (distribuidos en los 5 distritos)
- Arequipa: 782 733 habitantes. (distribuidos en los 13 distritos)

PEA ocupada

- Cusco: 152 938 habitantes.
- Arequipa: 306 741 habitantes.

Impacto de las telecomunicaciones

- Tecnologías con mayor nivel de penetración en Cusco: telefonía móvil (70%), telefonía fija (4.5%) e internet (1%).
- Tecnologías con mayor nivel de penetración en Arequipa: telefonía móvil (110.9%), telefonía fija (11.9%) e internet (3.42%)

Afluencia del sector turismo

- Población de turistas permanente en Cusco: 5 871 habitantes.
- Población de turistas permanente en Arequipa: 3 181 habitantes.

Los valores anteriores han sido obtenidos de los datos de indicadores de la demanda en el sector turismo, provistos por la página del ministerio de turismo. [MIN2010] y representan al valor promedio de turistas que es constante en la ciudad durante todo el año. Para este valor se consideró el total de arribos en el mes de mayor afluencia, por el tiempo promedio de estadía entre los días del mes, que equivalen al valor de un número de pobladores que permanecen todo el mes en la ciudad. Se considera al mes de mayor afluencia como indicador del año.

Número de Hogares

- Número de hogares en la ciudad de Cusco: 92 897
- Número de hogares en la ciudad de Arequipa (cercado): 204 074
- Hogares que no cuentan con ningún tipo de tecnología de comunicación en la ciudad de Cusco: 26 558
- Hogares que no cuentan con ningún tipo de tecnología de comunicación en la ciudad de Arequipa: 66 059
- Hogares con tecnologías de comunicaciones en Cusco: 66 339
- Hogares con tecnologías de comunicaciones en Arequipa: 138 015

Para llevar a cabo la estimación de la demanda, es necesario realizar algunas suposiciones, tales como:

- Toda la población está distribuida uniformemente en el número total de hogares; por lo que se considera 4 habitantes por hogar, para ambas ciudades.
- La distribución de la PEA ocupada es de la misma forma uniforme en todos los hogares, por lo que consideramos en promedio 1 PEA ocupado en cada hogar.

En base a esto tenemos:

Población objetivo = (PEA ocupada en el hogar X hogares con tecnologías de comunicación) + población por turismo.

$$\begin{aligned} \text{Población objetivo en Cusco (PO}_C) &= (1 \times 66\,339) + 5\,871 \\ &= 72\,211 \text{ habitantes.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Población objetivo en Arequipa (PO}_A) &= (1 \times 138\,015) + 3\,181 \\ &= 141\,196 \text{ habitantes.} \end{aligned}$$

$$\text{Población Objetivo Neta (PON)} = 213\,407 \text{ habitantes.}$$

La ejecución del proyecto está proyectada para un periodo de 6 años, que se dividen en 3 etapas para poder afrontar los costos y lograr abarcar al 100% de la demanda potencial, por lo que se estima:

- Primera etapa - 50% de PON: 106 704 habitantes.
- Segunda etapa - 30% de PON: 64 022 habitantes.
- Tercera etapa - 20% de PON: 42 681 habitantes.

2.3.2 Clasificación de los distritos.

Para este punto usaremos algunos parámetros adicionales que nos ayudarán a realizar una clasificación de los distritos de cada ciudad, de manera tal que podamos poseer indicadores sobre donde se encuentra la mayor demanda. La clasificación se hará en tres niveles: posibilidad de negocio alta, media y baja.

Como parámetros a usar tenemos:

- Debido a que se busca orientar nuestros servicios al turismo, es necesario ubicar los futuros Hotspots en los principales puntos de concentración, tales

como centros turísticos y los principales hoteles y restaurantes de las ciudades, por lo que se considera la ubicación de estos para la clasificación.

- La PEA según tipo de actividad; considerando como actividades de mayor importancia al comercio, transportes & comunicaciones y hotelería. Esto debido a que son las actividades de mayor presencia en la región.
- El número de hogares por distrito.

En base a los parámetros escogidos obtenemos para la ciudad de Cusco:

- 1) Distrito Cusco: concentra la mayoría de hoteles de la ciudad; los cinco primeros hoteles se ubican en este distrito. La posibilidad de negocio es: ALTA.
- 2) Distrito Wanchaq: no cuenta con hoteles de primera categoría. En este distrito radica la mayor parte de la PEA ocupada. En el sector comercio: 4 409, comunicaciones: 2972 y turismo: 2 025 habitantes. Además está formado por 15 585 hogares, por lo que la posibilidad de negocio es MEDIA.
- 3) Distrito Santiago: conformado por 22 145 hogares y con la PEA que ocupa a 9 839 habitantes en comercio, 3 057 en turismo y 3908 en comunicaciones. La posibilidad de negocio es MEDIA.
- 4) Distrito San Sebastián: 18 928 hogares y con una PEA ocupada baja, la posibilidad de negocio es BAJA.
- 5) Distrito San Jerónimo: formado por 8 128 hogares, concentra una menor población, la posibilidad de negocio es BAJA. [INE2010]

Clasificación para la ciudad de Arequipa:

- 1) Distrito Arequipa: posee varios de los principales hoteles de la ciudad, como los hoteles Casa Andina, por lo que se determina como posibilidad de negocio ALTA.
- 2) Distrito Selva Alegre: cuenta con el hotel Libertador, además de otros. Presenta un alto nivel de PEA ocupada, por lo que la posibilidad de negocio es ALTA.
- 3) Distrito Cayma: cuenta con 19 482 hogares, así como varios hoteles. La posibilidad de negocio es: ALTA.

- 4) Distrito Yanahuara: formado por 6 291 hogares, 1 297 habitantes se ocupan en comercio. A pesar de ser un distrito relativamente pequeño, concentra el grupo residencial más importante de la ciudad. La posibilidad de negocio es: ALTA.
- 5) Distrito Paucarpata: cuenta con 10 915 habitantes dedicados al comercio, 2 512 a la hotelería y 6 362 a las comunicaciones, y está conformado por 30 608 hogares, lo que nos presenta una posibilidad de negocio MEDIA.
- 6) Distrito José Luis Bustamante: cuenta con 19 622 hogares, y la PEA ocupada en el promedio. La posibilidad de negocio es MEDIA.
- 7) Distrito Socabaya: formado por 15 275 hogares, niveles similares de PEA ocupada. La posibilidad de negocio es MEDIA.
- 8) Distrito Miraflores: Distrito mediano en tamaño, con niveles promedios de PEA ocupada. Presenta una oportunidad de negocio MEDIA.
- 9) Distrito Mariano Melgar: Distrito de características similares, con 13 410 hogares nos ofrece una posibilidad de negocio MEDIA.
- 10) Distrito Cerro Colorado: distrito de gran tamaño, formado por 31 200 hogares, y altos índices de la PEA ocupada en comercio, representa el sector industrial de la ciudad. La posibilidad de negocio es: MEDIA
- 11) Distrito Jacobo Hunter: Distrito de menor tamaño, con 11 241 hogares, presenta un nivel aceptable de PEA ocupada por lo que presenta oportunidad de negocio, aunque del tipo: BAJA.
- 12) Distrito Sachaca: posee 4 515 hogares, y niveles bajos de PEA ocupada, presentando oportunidad de negocio BAJA.
- 13) Distrito Tiabaya: formado por apenas 3 654 hogares, y poca PEA, nos da una oportunidad de negocio BAJA. [INE2010]

2.3.3 Servicios a ser ofrecidos.

Se busca ofrecer los principales servicios IMS disponibles actualmente en el mercado, como One net, que brinda funcionalidades de IP-PBX, y otros como IP-Centrex, Tele-

presencia, videollamadas o videoconferencias, convergencia de las 3 pantallas para hogares, y aplicaciones de mensajería instantánea para móviles.

- **Paquete de servicios Mi empresa.**

Paquete corporativo orientado a brindar servicios IMS a las organizaciones en general. Se busca ofrecer las principales funcionalidades que ofrece una PBX, como administración y gestión de las llamadas, además de los servicios básicos como telefonía e internet de banda ancha.

TABLA 2-17: PAQUETES A SER OFRECIDOS A LAS EMPRESAS

Fuente: Elaboración propia

Servicio	Que ofrece	Costo			
TV digital avanzada	80 canales	\$ 30			
Servicio de telefonía local digital	Voz 500 minutos	\$ 35			
	Voz 300 minutos	\$ 25			
Internet de Banda Ancha	Pro: 1Mbps	\$ 29			
	Elite: 3 Mbps	\$ 40			
	Max: 6 Mbps	\$ 50			
Red central	Funciones de administración típicamente disponibles en una central telefónica.				
	- Re-encaminamiento de llamadas	De 4 a15 usuarios: \$20 / usuario.			
	- Transferencia de llamadas.	De 16 a 49 usuarios: \$15 / usuario.			
	- Devolución de llamadas.	Usuario móvil: \$9			
	- Anuncios de ausencia.				
- Función no incomodar.					
Paquete	Red central	Internet	Telefonía	Tv	Precio
Empresarial emprendedor	✓	1	Voz 300	-	\$ 60
Empresarial ejecutivo	✓	3	Voz 500	✓	\$ 100
Empresarial gerencial	✓	6	Voz 500	✓	\$ 120

- **Paquete de servicios backpacker**

Orientado al turista en general, buscando cubrir sus necesidades de comunicación y ofrecer servicios de valor agregado en los lugares de mayor interés, brindando la experiencia de estar siempre conectado y de compartir en todo momento, en todo lugar.

TABLA 2-18: PAQUETES A SER OFRECIDOS AL SECTOR TURISMO

Fuente: Elaboración propia

Servicio	Que ofrece	Costo		
Tele presencia	Video conferencias, con cuartos de discusión. Escritorio común para compartir documentos. Presencia1000: hasta 2 personas. Presencia3000: hasta 6 personas.	\$8 \$15		
Video Share	Compartir videos con otro usuario. Envío de videos desde un celular a otro. (Tv o grabados). Requerido: plan de video share, y se tarifica al que inicia la compartición. - Paquete de 60 minutos - Paquete de 25 minutos	Share 60: \$15 /mes \$0.25 min adicional. Share 25: \$10 /mes \$0.25 min adicional.		
Mensajería con TAGiT	Paquetes de: SMS, MMS, e-mail, mensajes instantáneos a móviles, y voz y video-mail, entre PCs y móviles de usuarios TAGiT.	\$18 /mes		
Paquete	Telepresencia	VideoShare	TAGiT	Precio
Backpacker Imperial Todos los servicios son cubiertos en circuitos urbanos como en corredores turísticos.	Presencia3000	Share 60	✓	\$ 40
Backpacker Misti Todos los servicios son cubiertos en circuitos urbanos como en corredores turísticos.	Presencia1000	Share 60	✓	\$ 35
Backpacker urbano Todos los servicios cubiertos dentro de la ciudad.	-	Share 25	✓	\$ 25

- **Paquete de servicios En casa**

Grupo de servicios creados para satisfacer las necesidades de comunicaciones del hogar y la familia en general, en el cual se busca ofrecer todas las mejoras en tecnología para los clásicos servicios a los que estamos habituados: telefonía fija con calidad de servicio mejorada y nuevas características; televisión digital en avanzada para acceder al mundo digital; e internet de banda ancha para navegar sin trabas o inconvenientes. Todo esto a disposición del hogar para brindar la mayor comodidad.

TABLA 2-19: PAQUETES A SER OFRECIDOS EN LOS HOGARES

Fuente: Elaboración propia

Servicio	Que ofrece			Costo
TV digital avanzada	80 canales			\$ 30
	100 canales			\$ 50
Servicio de telefonía local digital	Voz 600 minutos			\$ 35
	Voz 400 minutos			\$ 25
Internet de Banda Ancha	Elite: 3 Mbps			\$ 35
	Max: 6 Mbps			\$ 45
Paquete	Tv digital	Internet	Telefonía	Precio
Residencial	100 canales	6 Mbps	Voz 600	\$ 60
Mi hogar	80 canales	3 Mbps	Voz 400	\$ 100

Capítulo 3

Diseño de la red

El trabajo realizado en el capítulo anterior nos es útil para calcular las dimensiones de nuestra red, tanto como para determinar la topología. En esta parte nos centraremos en el diseño de la capa de acceso, la capa de core y la capa de transporte.

El diseño de nuestra red busca enfocarse en el análisis de la red de transporte para manejar la interoperabilidad entre dominios IMS, así como la interconexión hacia otras redes como las de circuitos conmutados, por lo que el desarrollo de la red de acceso se realizará de manera general, puesto que IMS es independiente del acceso. Sin embargo, vamos a orientar el acceso a nuestro core hacia una red basada en LTE – Long Term Evolution, debido a las grandes prestaciones que presenta, como altas velocidades en el uplink y downlink, bajas tasas de latencia, y uso eficiente del ancho de banda; todas estas características vitales para la prestación de servicios IMS, además de ser una tecnología basada en paquetes IP, compatible con el core IMS. [LTE2010]

3.1 Topología de la red.

Para poder ofrecer los servicios que promete IMS, con las mejores prestaciones para los usuarios, es necesario contar con una red que posea las mejores prestaciones de operación, como es el caso de LTE, tecnología que nos va a permitir ofrecer la mejor experiencia a los usuarios.

3.1.1 Frecuencia de operación.

Para este diseño se va a usar como referencia en la parte de acceso a una red LTE, la cual utiliza SC-FDMA en el Up Link (UL), y OFDM para el Down Link (DL). Ya se han realizado pruebas satisfactorias con esta tecnología en nuestro país, y se han realizado trabajando en la banda de los 700 MHz. Dado que esta banda comprende

entre los 698 – 806 MHz, Utilizaremos dos rangos de frecuencias: 698 – 718 MHz para el UL, y de 738 – 758 MHz para el DL.

3.1.2 Red de acceso.

La topología de la red de acceso toma en consideración lo analizado en el punto 2.3, análisis de la demanda potencial, en el cual se realiza una clasificación de los distritos en base a la posibilidad de negocio que presentaban. En base a estos datos se determina la ubicación de los nodos a lo largo de la ciudad, dando prioridad a la cobertura de los distritos con mayor posibilidad de negocio. Es por este motivo que el despliegue de la red está distribuido en 3 etapas, en las cuales se propone un despliegue inicial del 50% de la red. Sin embargo, por ser el inicio del despliegue, el criterio de cobertura es más importante que el análisis de capacidad, por lo que vamos a analizar la ubicación de todos los nodos, que son en total 21, 6 para la ciudad de Cusco y los otros 15 ubicados en Arequipa. Finalmente, se procederá con la instalación de 10 nodos durante la primera etapa, 7 durante la segunda y 4 en la tercera.

El acceso a la red converge en la ciudad de Arequipa, por ser la ciudad de mayor envergadura, movimiento económico, tamaño de población, influencia en la región, etc. Entonces, el núcleo de la red se encontrará en esta ciudad, así como el borde de acceso para los nodos, por lo que en la ciudad de Cusco solo se emplazarán los nodos de acceso, y cada cual hará uso de una red de transporte para comunicarse con el core.

Por ser una red emergente, se decide el arrendamiento de los enlaces de transporte, dado que resulta a todas luces muy costosa la inversión de una red de transporte adicional, por lo que se opta por su alquiler a operadores ya establecidos.

Otro punto importante a considerar es el acceso a otras redes, el cual es manejado por los puntos de interconexión del core de la red, manejados desde el local central de Arequipa. Este se encargará de dar salida hacia las redes PSTN, PLMN o internet, por lo que todos los nodos ubicados en Cusco también deberán comunicarse con los puntos de interconexión del core, para comunicarse con otras redes. Una ilustración esquemática de cómo se plantea el acceso al núcleo se presenta en el siguiente gráfico.

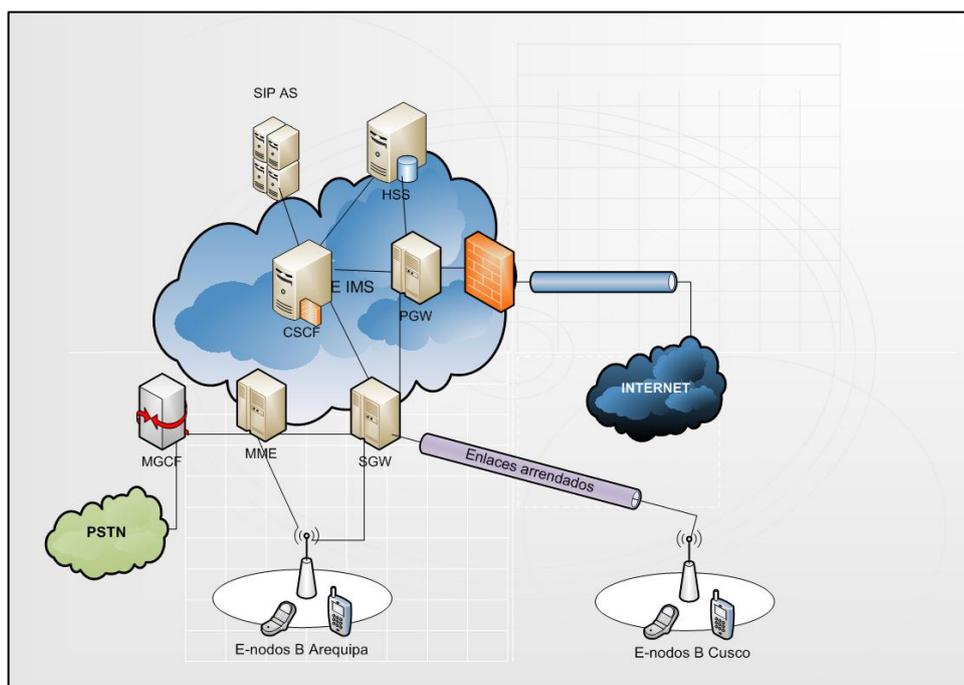


FIGURA 3-1: TOPOLOGIA DE ACCESO DE LA RED.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Red de transporte.

Para la red de transporte se ha estudiado una topología de tipo estrella, por ser de fácil implementación y a un costo mucho menor que al de otras topologías. Dado que nuestra red tiene un plan de implementación de 3 fases para 6 años, este aun es un periodo de tiempo muy corto como para costear nodos de contingencia, por lo que se tendrá un solo local central, que maneja toda la red, aunque se espera plantear la implementación de 2 estaciones adicionales conectadas en una topología tipo Mesh, que brinden redundancia a nuestra torre principal. Aun así, nuestra topología inicial de tipo estrella es práctica en el sentido que no presentara costes adicionales si es que la red crece y se necesitara cambiar la topología, brindando cierta escalabilidad al diseño.

La topología de la red de transporte estará determinada por los enlaces entre cada nodo y la estación central para la ciudad de Arequipa, así como los enlaces arrendados para los portadores de servicios de los nodos de la ciudad de Cusco.

Se puede visualizar esto en el siguiente grafico:

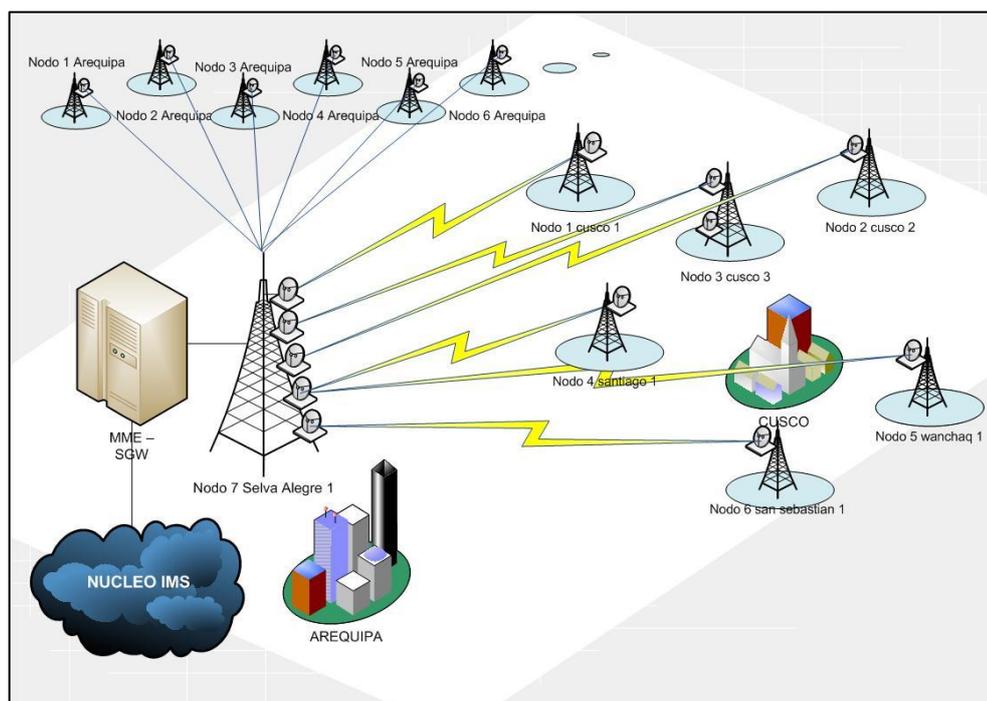


FIGURA 3-1: TOPOLOGIA DE TRANSPORTE DE LA RED.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Diseño de la red de acceso.

A continuación se presenta la ubicación de los e-nodos B a instalarse en la primera etapa en ambas ciudades: 7 en Arequipa y 3 en Cusco. Los datos de los demás nodos se presentan en el anexo I.

- Para la ciudad de Arequipa:
Primero presentamos el nodo principal en nuestra topología tipo estrella, el cual concentrará los enlaces de todos los nodos, tanto de Arequipa como de Cusco. Esta contará con una torre auto-soportada de 35 metros para poder albergar la recepción de todos los enlaces. El *site* recibe el nombre de NODO 7-SELVA ALEGRE 1, con coordenadas de latitud 16°22'45.79" sur y longitud 71°30'56.43" oeste.

TABLA 3-1: PARAMETROS E-NODO B: NODO 7 SELVA ALEGRE 1

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	276.6°	4.7°	Zona residencial – distrito de selva alegre.
2	49.6°	2.2°	Zona residencial – distrito de selva alegre.
3	183.7°	3.6°	Zona residencial – Selva alegre y Miraflores.

En el segundo nodo y para todos los demás, se va a utilizar una torre ventada de 25 metros en cada nodo. Este *site* brinda cobertura a la zona norte de la ciudad y a la parte industrial. El nombre del nodo es NODO 4 CAYMA 1, y está ubicado con las coordenadas 16°23'18.34"S de latitud y 71°32'54.67"O de longitud.

TABLA 3-2: PARAMETROS E-NODO B: NODO 4 CAYMA 1

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	223.2°	-2.27°	Zona residencial Cayma – Yanahuara.
2	68.8°	-1.26°	Zona residencial – El mirador de Yanahuara.
3	9.7°	1.52°	Zona Urbana – Iglesia de Cayma.

El siguiente nodo se encuentra ubicado en el distrito de Yanahuara, cubriendo gran parte de la zona residencial. El nombre para este *site* es NODO 5 YANAHUARA 1, ubicado en las coordenadas 16°24'14.58"S de latitud y 71°33'7.12"O de longitud.

TABLA 3-3: PARAMETROS E-NODO B: NODO 5 YANAHUARA 1

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	77.7°	-0.01°	Zona urbana Yanahuara – Universidad Católica de Santa María, monasterio de la Merced.
2	192°	-3.2	Zona residencial Yanahuara.
3	250.3°	-1.3°	Zona suburbana – campiña Sachaca

A continuación, el siguiente nodo es llamado NODO 6 AREQUIPA 1, y está ubicado con las coordenadas 16°23'40.94"S de latitud y 71°32'14.15"O de longitud.

TABLA 3-4: PARAMETROS E-NODO B: NODO 6 AREQUIPA 1

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	57.5°	2.13°	Zona turística y comercial – Barrio de san Lázaro.
2	324.7°	-1.48°	Sector turístico y comercial – Convento de Santa catalina, Hotel Casa Andina.
3	254.6°	0.89	Zona residencial de Yanahuara y mirador.

El siguiente nodo se encuentra en la zona residencial de Arequipa. El nombre del *site* es NODO 8 AREQUIPA 2, ubicado con las coordenadas 16°24'47.37"S de latitud y 71°32'40.43"O de longitud.

TABLA 3-5: PARAMETROS E-NODO B: NODO 8 AREQUIPA 2

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	57.8°	0.48°	Zona urbana – estadio Mariano Melgar
2	223.5°	-2°	Zona suburbana – campiña sur de Arequipa y Sachaca, colegio Prescott.
3	328.6°	-0.66°	Zona urbana – Universidad Católica de Santa María

El siguiente nodo es llamado NODO 3 CERRO COLORADO 3, y está ubicado con las coordenadas 16°23'31.41"S de latitud y 71°34'49.42"O de longitud.

TABLA 3-6: PARAMETROS E-NODO B: NODO 9 AREQUIPA 3

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	93.2°	0.46°	Zona urbana – coliseo Arequipa, Universidad UNSA
2	340.8°	-0.91°	Zona turística – centro histórico de Arequipa.
3	33.7°	1.75°	Centro turístico- convento de Santa Teresa.

El último *site* a instalarse en esta primera etapa es llamado NODO 11 AREQUIPA 4, y está ubicado con las coordenadas 16°24'41.85"S de latitud y 71°31'41.66"O de longitud.

TABLA 3-7: PARAMETROS E-NODO B: NODO 11 AREQUIPA 4

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	71.8°	0.92°	Zona residencial – estadio de la UNSA.
2	238.2°	-2.3°	Zona residencial –terminal terrestre, facultad de medicina de la UNSA.
3	176.1°	-1.1°	Zona residencial- distrito Bustamante y Rivero.

La ubicación de estos nodos y la cobertura deseada para toda la ciudad al final de las tres etapas se muestra a continuación:

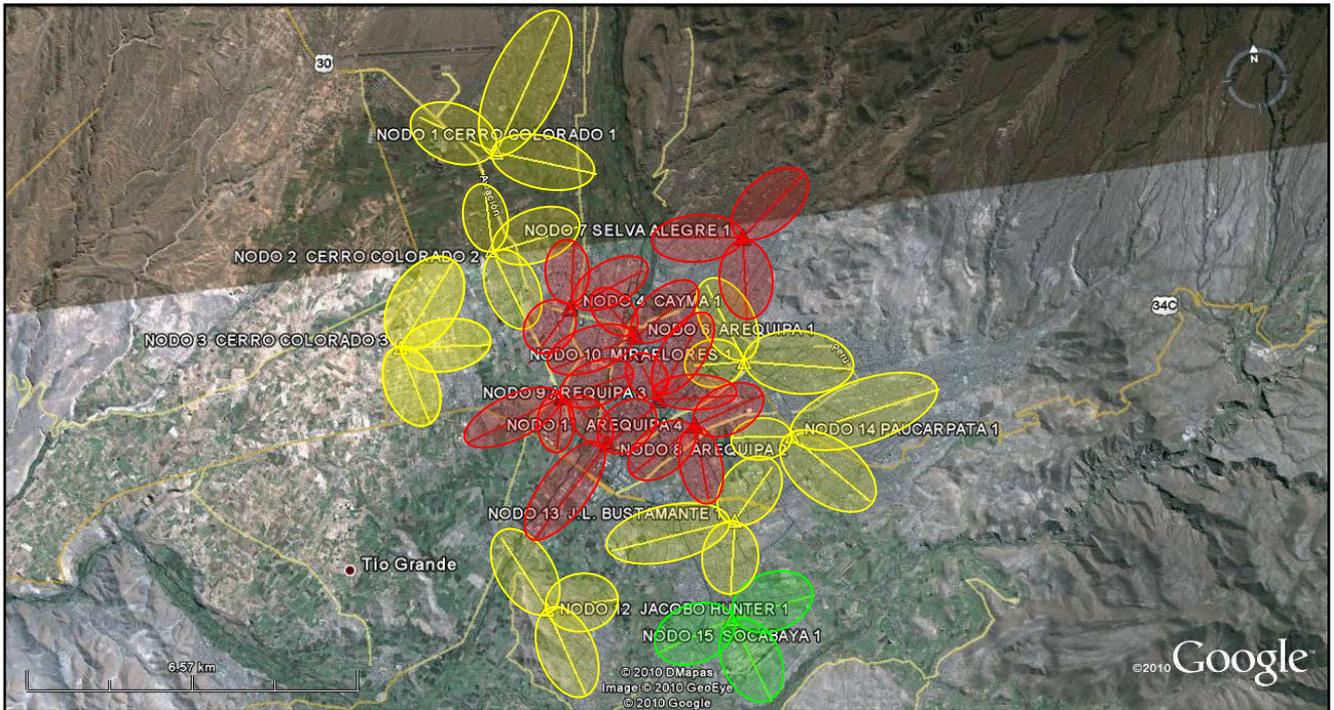


FIGURA 3-3: COBERTURA DE AREQUIPA CIUDAD METROPOLITANA.

Fuente: Elaboración propia – Google Earth

- Para la ciudad de Cusco:

Se presentan los 3 nodos escogidos para ser implementados en esta primera fase, orientados a cubrir toda la zona del centro histórico de Cusco. Este primer *site* recibe de nombre nodo 1 cusco 1, y está ubicado en las coordenadas 13°30'58.73"S de latitud y 71°59'29.73"O de longitud.

TABLA 3-8: PARAMETROS E-NODO B: NODO 1 CUSCO 1

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	43.8°	-3.3°	Zona urbana – sector turístico, barrio de santa Ana.
2	113°	-8.3°	Centro histórico – plaza de San Francisco.
3	185.9°	-4.4°	Zona suburbana – barrios de Santiago.

El segundo nodo, llamado nodo 2 cusco 2, está ubicado en las coordenadas 13°30'46.20"S de latitud y 71°58'26.30"O de longitud.

TABLA 3-9: PARAMETROS E-NODO B: NODO 2 CUSCO 2

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	101.8°	-1.75°	Zona turística – Av. Recoleta y Circunvalación.
2	179.3°	-8.3°	Zona turística – barrio de San Blas, Santo Domingo
3	256.7°	-3.1°	Centro histórico – plaza de nazarenas.

El tercer y último nodo, llamado nodo 3 cusco 3, está ubicado en las coordenadas 13°31'20.96"S de latitud y 71°58'30.82"O de longitud.

TABLA 3-10: PARAMETROS E-NODO B: NODO 3 CUSCO 3

Fuente: Elaboración propia

Sector	Azimut	Tilt	Zona de cobertura
1	314.5°	0.9°	Centro histórico – plaza de Armas.
2	138.7°	-0.8°	Zona urbana – hotel José Antonio, ovalo de Pachacutecq, centro comercial El Molino
3	84.8°	-0.8°	Zona urbana – estadio Garcilaso y UNSAAC.

La ubicación de estos nodos y la cobertura deseada en Cusco a continuación:

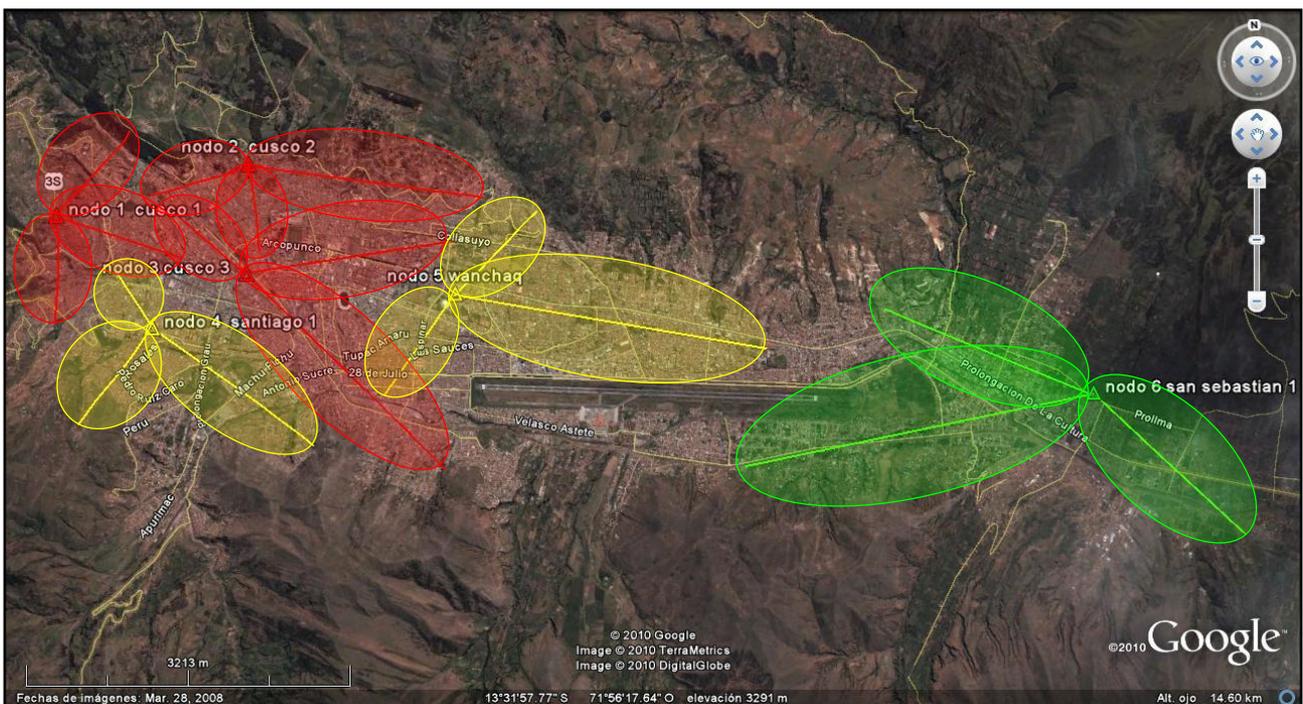


FIGURA 3-4: COBERTURA DE CUSCO CIUDAD IMPERIAL.

Fuente: Elaboración propia – Google Earth

3.1.4 Cobertura de los e-nodos B.

Para calcular la cobertura descrita en el punto anterior elegiremos uno de los dos modelos de propagación para comunicaciones móviles que vamos a presentar, los cuales son los más utilizados y recomendados por la UIT-R.

Trabajar con modelos para el análisis de cobertura nos permite saber cuál es la atenuación que sufre la señal a lo largo de la trayectoria. Los factores que afectan positivamente a la cobertura podrían ser: la sensibilidad del receptor, la ganancia en la antena, potencia de transmisión, altura de la torre, etc.; mientras que los factores negativos serían: atenuaciones en los cables, obstáculos como edificios o árboles, baja eficiencia de antenas, pérdidas por la orientación o por el cuerpo, etc. [CAB2009]

Los modelos de propagación a analizar son el modelo de Cost - 231 y Okumura-Hata.

3.1.4.1 Método de Cost – 231

- En este modelo la atenuación está dada por:

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

Donde:

- L_o : Pérdida del espacio libre.
- L_{rst} : Pérdida por difracción y dispersión del techo a la calle.
 - L_{msd} : Pérdida por difracción multi-pantalla. [CAB2009]

Este modelo ha sido desarrollado para frecuencias desde 800 a 2000 MHz, una altura de la estación base h_B de 4 - 50 m, alturas de antenas receptoras h_R de 1 - 3 m y distancias de 0.02 - 5 km.

En cuanto a la exactitud del modelo puede indicarse que es aceptable cuando $h_B > h_R$. En cambio cuando $h_B \ll h_R$ el error de predicción es mayor por la aparición de situaciones como el efecto guía de onda por las calles y la difracción en las esquinas. [CAB2009]

3.1.4.2 Método de Okumura - Hata

Este modelo fue implementado para operar dentro de ciertos parámetros:

- Rango de frecuencias: van entre los 150 y 1500 MHz.

- Potencia radiada: 1KW.
- Altura de la antena receptora: es un valor típico de 1.5 m.

El método de Okumura - Hata calcula la atenuación tomando en cuenta el porcentaje de edificios en el trayecto Tx-Rx, así como características del terreno. [CAB2009]

Para entornos urbanos:

$$L_{\text{urbano}} \text{ (dB)} = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d$$

Donde:

- f_c : frecuencia de la portadora [MHz].
- h_{te} : altura de la antena transmisora, de 30 - 200 m.
- h_{re} : altura de la antena receptora en rango 1 a 10 m.
- $a(h_{re})$: factor de corrección para la altura efectiva de la antena móvil que está en función del tipo de área de servicio.
- d : distancia entre transmisor y receptor [Km.]

El término $a(h_{re})$, definido como el factor de corrección para el tamaño de la antena receptora, está definido en función del tamaño de la ciudad a analizar:

- Para ciudades pequeñas y medianas:

$$a(h_{re}) = (1.1 \log f_c - 0.7) h_{re} - (1.56 \log f_c - 0.8) \text{ dB}$$

- Para ciudades grandes:

$$a(h_{re}) = 8.29(\log(1.54 h_{re}))^2 - 1.1 \text{ dB} ; f_c < 300 \text{ MHz.}$$

$$a(h_{re}) = 3.2(\log(11.75 h_{re}))^2 - 4.97 \text{ dB} ; f_c > 300 \text{ MHz.}$$

Para ambientes Sub-urbanos:

$$L(\text{dB}) = L_{\text{urbano}}(\text{dB}) - 2[\log(f_c/28)]^2 - 5.4$$

Para áreas Rurales:

$$L(\text{dB}) = L_{\text{urbano}}(\text{dB}) - 4.78(\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c - 40.94$$

Este modelo se adapta muy bien para el diseño de sistemas de gran escala, pero no para sistemas PCS, los cuales tienen células del orden de 1 Km. de radio, para este efecto se hace una formulación numérico-empírica de los datos entregados por Okumura de la atenuación para zonas urbana. [CAB2009]

3.1.4.3 Cálculos de propagación.

Una vez revisados los dos modelos de propagación, optamos por trabajar con el modelo de Okumura – Hata, dado que el modelo de Cost 231 no puede ofrecer resultados confiables para la frecuencia de 700 MHz, que es la que utilizaremos con LTE.

Una vez escogido el modelo, presentamos el análisis para nuestro e-nodo B principal, Nodo 7 Selva Alegre 1.

Para desarrollar los cálculos del Downlink y del Uplink, se toman en cuenta los siguientes parámetros del *site*:

TABLA 3-11: PARAMETROS DOWNLINK / UPLINK NODO 7 SELVA ALEGRE 1

Fuente: Elaboración propia

		Sector 1	Sector 2	Sector 3	
Cobertura máxima (Km)		1.65	1.66	1.67	
			Downlink	Uplink	Unit
Características del transmisor	Potencia de Tx		46	27	dBm
	Ganancia de Antena		15	0	dBi
	Pérdidas en cables		1.5	0	dB
Características del receptor	Pérdidas por cuerpo/orientación		0	3	dB
	Ganancia de antena de RX		0	15	dBi
	Pérdidas en cables de Rx		0	1.5	dB
	Pérdidas por cuerpo/orientación		3	0	dB
Sensibilidad del RX			-95	-126.2	dBm

- Cálculos para el UPLINK en el sector 1:

Dado que este nodo se encuentra en plena ciudad, utilizamos el modelo para entornos urbanos:

$$L_{\text{urb}} \text{ ano (dB)} = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d$$

Y como Arequipa es una ciudad grande, consideramos:

$$a(h_{re}) = 3.2(\log(11.75h_{re}))^2 - 4.97 \text{ dB}; f_c > 300 \text{ MHz.}$$

Tenemos de datos: $f_c = 700 \text{ MHz}$; $h_{re} = 35$; $h_{te} = 1.5$; $d = 1.65 \text{ Km}$

Resolvemos:

$$a(h_{re}) = 3.2(\log(11.75 \times 35))^2 - 4.97 \text{ dB}$$

$$a(h_{re}) = 3.2(\log(411.25))^2 - 4.97 \text{ dB}$$

$$a(h_{re}) = 3.2 \times 6.8335 - 4.97 \text{ dB}$$

$$a(h_{re}) = 16.897 \text{ dB}$$

Reemplazamos y resolvemos para el *path loss* en entornos urbanos:

$$\begin{aligned} L_{\text{urbano}}(\text{dB}) &= 69.55 + 26.16 \log(700) - 13.82 \log(1.5) - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log 1.5) \times \log 1.65 \\ &= 69.55 + 26.16 \times 2.845 - 13.82 \times 0.176 - 16.897 + (44.9 - 6.55 \times 1.153) \times 0.2175 \\ &= 69.55 + 74.427 - 2.4336 - 16.897 + 9.514 \end{aligned}$$

$$L_{\text{urbano}}(\text{dB}) = 134.14 \text{ dB}$$

Siendo la perdida por propagación entre el equipo terminal y la antena del nodo.

Ahora:

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{\text{CABLES}} + G_{\text{ANTENA}} + H_{\text{ANTENA}} - L_P$$

$$P_{RX} = 27 - 0 + 0 + 0 - 134.14 = -107.14 \text{ dBm}$$

Como resultado tenemos que la potencia que recibe el e-nodo B, es de -107.14 dBm, y dado que la sensibilidad del equipo receptor es de -126.2 dBm, podemos concluir que el enlace está asegurado.

- Cálculos para el DOWNLINK en el sector 1:

Del mismo modo, utilizamos el modelo para entornos urbanos:

$$L_{\text{urbano}}(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d$$

Utilizando el factor de corrección para ciudades grandes:

$$a(h_{re}) = 3.2(\log(11.75 h_{re}))^2 - 4.97 \text{ dB} ; f_c > 300 \text{ MHz.}$$

Nuestros datos: $f_c = 700 \text{ MHz}$; $h_{re} = 1.5$; $h_{te} = 35$; $d = 1.65 \text{ Km}$

Resolvemos:

$$a(h_{re}) = 3.2(\log(11.75 \times 1.5))^2 - 4.97 \text{ dB}$$

$$a(h_{re}) = 3.2(1.2461)^2 - 4.97 \text{ dB}$$

$$a(h_{re}) = 3.2 \times 1.55284 - 4.97 \text{ dB}$$

$$a(h_{re}) = -0.00919 \text{ dB}$$

Reemplazamos y resolvemos para el *path loss* en entornos urbanos:

$$\begin{aligned} L_{\text{urbano}}(\text{dB}) &= 69.55 + 26.16 \log(700) - 13.82 \log(35) - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log 35) \times \log 1.65 \\ &= 69.55 + 26.16 \times 2.845 - 13.82 \times 1.54 + 0.00919 + (44.9 - 6.55 \times 1.54) \times 0.2175 \\ &= 69.55 + 74.427 - 21.339 + 0.00919 + 7.566 \end{aligned}$$

$$L_{\text{urbano}}(\text{dB}) = 130.213 \text{ dB}$$

Siendo la pérdida por propagación o *path loss* entre el e-nodo B y el equipo terminal.

Ahora:

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{\text{CABLES}} + G_{\text{ANTENA}} + H_{\text{ANTENA}} - L_P$$

$$P_{RX} = 46 - 1.5 + 15 + 0 - 130.213 = -70.71 \text{ dBm}$$

De la misma forma que para el Uplink, tenemos la potencia que recibe el equipo terminal, de -70.71 dBm, y dado que la sensibilidad del equipo receptor es de -95 dBm, podemos concluir que el enlace está asegurado.

De la misma manera se realizan los cálculos para los sectores restantes, mostrando los resultados en las tablas siguientes:

TABLA 3-12: POTENCIA DE RECEPCION EN EL LÍMITE DEL UPLINK

Fuente: Elaboración propia

Estación base	Sector	$L_{\text{urbano}}(\text{dB})$	$P_{RX}(\text{dBm})$	$S_{\text{min}}(\text{dBm})$
Nodo 7 Selva Alegre 1	1	-134.14	-107.14	-126.2
	2	-134.27	-107.28	-126.2
	3	-134.39	-107.39	-126.2

TABLA 3-13: POTENCIA DE RECEPCION EN EL LÍMITE DEL DOWNLINK

Fuente: Elaboración propia

Estación base	Sector	$L_{\text{urbano}}(\text{dB})$	$P_{RX}(\text{dBm})$	$S_{\text{min}}(\text{dBm})$
Nodo 7 Selva Alegre 1	1	-130.21	-70.71	-95
	2	-130.29	-70.79	-95
	3	-130.38	-70.88	-95

El análisis y los cálculos de todos los e-nodos B restantes se realizan de la misma forma que para el nodo principal, calculado las pérdidas de propagación tanto para el Uplink como en el Downlink de cada sector en cada e-nodo B; por lo que los resultados de dichos cálculos se presentan en el Anexo II.

3.1.4.4 Estudio de la capacidad de los nodos.

Para poder realizar los cálculos sobre el tráfico que cursan nuestros e-nodos B, debemos determinar el número de usuarios disponibles por nodo; por lo que se llevara a cabo una estimación del mercado para las 3 fases de ejecución del proyecto, dado que los servicios son ofrecidos para el número final de clientes una vez terminada la etapa de crecimiento.

La siguiente tabla que se muestra a continuación presenta la estimación de posible demanda a presentarse a lo largo de las etapas del proyecto, y su distribución en los nodos en función del tamaño a ser cubierto y según el plan de servicios que se ofrecen.

TABLA 3-14: DISTRIBUCIÓN DEL MERCADO OBJETIVO SEGÚN EL PLAN PARA LAS 3 FASES DEL PROYECTO

Fuente: Elaboración propia

Servicios	fase 1				fase 2				fase 3			
	paquete E	paquete T	paquete H	total	paquete E	paquete T	paquete H	total	paquete E	paquete T	paquete H	Total
nodo 1 cusco1	656	1313	1313	3282	1050	2101	2101	5252	1313	2626	2626	6565
nodo 2 cusco 2	1477	2462	985	4923	2363	3939	1576	7878	2954	4923	1969	9847
nodo 3 cusco 3	1969	3282	1313	6565	3151	5252	2101	10503	3939	6565	2626	13129
nodo 4 santiago 1	985	1969	1969	4923	1576	3151	3151	7878	1969	3939	3939	9847
nodo 5 wanchaq 1	2626	1313	2626	6565	4201	2101	4201	10503	5252	2626	5252	13129
nodo 6 san sebastian 1	3939	985	4923	9847	6302	1576	7878	15755	7878	1969	9847	19694
total cusco				36106				57769				72211
nodo 1 cerro colorado 1	3115	623	2492	6229	4983	997	3987	9967	6229	1246	4983	12458
nodo 2 cerro colorado 2	2076	415	1661	4153	3322	664	2658	6645	4153	831	3322	8306
nodo 3 cerro colorado 3	2076	415	1661	4153	3322	664	2658	6645	4153	831	3322	8306
nodo 4 cayma 1	1661	831	1661	4153	2658	1329	2658	6645	3322	1661	3322	8306
nodo 5 yanahuara 1	1246	2076	831	4153	1993	3322	1329	6645	2492	4153	1661	8306
nodo 6 arequipa 1	1246	2076	831	4153	1993	3322	1329	6645	2492	4153	1661	8306
nodo 7 selva alegre 1	3115	623	2492	6229	4983	997	3987	9967	6229	1246	4983	12458
nodo 8 arequipa 2	1246	2076	831	4153	1993	3322	1329	6645	2492	4153	1661	8306
nodo 9 arequipa 3	1246	2076	831	4153	1993	3322	1329	6645	2492	4153	1661	8306
nodo 10 miraflores 1	1661	831	1661	4153	2658	1329	2658	6645	3322	1661	3322	8306
nodo 11 arequipa 4	1661	831	1661	4153	2658	1329	2658	6645	3322	1661	3322	8306
nodo 12 jacob hunter 1	1869	623	3738	6229	2990	997	5980	9967	3738	1246	7475	12458
nodo 13 j.l. bustamante 1	1661	831	1661	4153	2658	1329	2658	6645	3322	1661	3322	8306
nodo 14 paucarpata 1	2492	1246	2492	6229	3987	1993	3987	9967	4983	2492	4983	12458
nodo 15csocabaya 1	1246	415	2492	4153	1993	664	3987	6645	2492	831	4983	8306
total arequipa				70598				112957				141196

- Capacidad de: nodo 1 cusco1

Trafico de voz:

Los paquetes de servicios a ser ofrecidos se identificaran de la siguiente forma: E para los paquetes empresariales, T para los paquetes turísticos y H para el hogar.

El paquete E ofrece 500 minutos al mes, el paquete H ofrece 600 minutos al mes, y el paquete T no ofrece minutos.

Los cálculos se realizan en la hora de mayor carga, donde se presenta una concentración del 17% de la red. [FER2010]

Los abonados por plan, al final de la primera fase son:

Paquete E: 656 usuarios.

Paquete T: 1313 usuarios.

Paquete H: 1313 usuarios.

$$\text{Plan E} = 656 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = 1859.98 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 1313 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = 4463.95 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{1859.98 + 4463.95}{60 \text{ minutos}} = 105.4 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 118 circuitos [ERL2010], lo que equivale a 4 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 8.0554 Mbps.

Tráfico de Datos:

Se considera que en la hora cargada se conecta hasta un 10% de los usuarios. El factor de concentración de la red se considera de 0.1, tanto el paquete E como H ofrecen un ancho de banda máximo de 6 Mbps.

$$\text{Plan E} = 65.6 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 39.39 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 131.3 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 78.78 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 39.39 + 78.78 = 118.16 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

En este caso solo es el paquete T el que ofrece video-llamadas, de 2 formas: video-sharing y video-conferencias. Para video-share, se ofrecen paquetes de 60 minutos al mes, con un ancho de banda de 64 Kbps. En caso de tele presencia, se asume un porcentaje máximo de 1% realizando video-llamadas en la hora cargada, con una duración promedio de 3 minutos cada llamada, y aun máximo de 6 destinatarios por llamada.

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan } T_{\text{videoshare}} &= 1313 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60\text{min/mes}}{30\text{dias}} \times 0.1 \times 64\text{Kbps} \\ &= 168.05\text{Kbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan } T_{\text{telepresencia}} &= 1313 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64\text{Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3\text{min} \\ &= 15124.92 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 168.05 + 15124.92 = 15292.98 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 8.0554 + 118.16 + 15.292 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 141.512 \text{ Mbps}$$

Se sigue el mismo procedimiento para el análisis de la capacidad de los demás nodos en la primera etapa.

- Capacidad de: nodo 2 cusco 2

Trafico de voz:

$$\text{Plan E} = 1477 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 4184.96 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 985 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 3347.96 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{4184.96 + 3347.96}{60 \text{ minutos}} = 125.5 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 138 circuitos, lo que equivale a 5 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 9.42 Mbps.

Tráfico de Datos:

$$\text{Plan E} = 147.7 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 88.62 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 98.5 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 59.08 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 88.62 + 59.08 = 147.70 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{videoshare}} &= 2462 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60\text{min/mes}}{30\text{dias}} \times 0.1 \times 64\text{Kbps} \\ &= 315.1 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{telepresencia}} &= 2462 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64\text{Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3\text{min} \\ &= 28359.23 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 315.1 + 28359.23 = 28674.3 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 9.42 + 147.7 + 28.674 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 141.512 \text{ Mbps}$$

- Capacidad de: nodo 3 cusco 3

Trafico de voz:

$$\text{Plan E} = 1969 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 5579.94 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 1313 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 4463.95 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{5579.94 + 4463.95}{60 \text{ minutos}} = 167.4 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 181 circuitos, lo que equivale a 7 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 14.33 Mbps.

Tráfico de Datos:

$$\text{Plan E} = 196.9 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 118.16 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 131.3 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 78.78 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 118.16 + 78.78 = 196.94 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{videoshare}} &= 3282 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60 \text{ min/mes}}{30 \text{ dias}} \times 0.1 \times 64 \text{ Kbps} \\ &= 420.14 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{telepresencia}} &= 3282 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64 \text{ Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3 \text{ min} \\ &= 37812.31 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 420.14 + 37812.31 = 38232.4 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 14.3 + 196.94 + 38.23 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 249.5 \text{ Mbps}$$

- Capacidad de: Nodo 4 Cayma 1

Trafico de voz:

$$\text{Plan E} = 1661 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = 4706.5 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 1661 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = 5647.8 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{4706.5 + 5647.8}{60 \text{ minutos}} = 172.6 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 186 circuitos, lo que equivale a 7 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 14.33 Mbps.

Tráfico de Datos:

$$\text{Plan E} = 166.1 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 99.67 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 166.1 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 99.67 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 99.67 + 99.67 = 199.3 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{videoshare}} &= 831 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60\text{min/mes}}{30\text{dias}} \times 0.1 \times 64\text{Kbps} \\ &= 106.31 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{telepresencia}} &= 831 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64\text{Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3\text{min} \\ &= 9568.11 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 106.31 + 9568.11 = 9674.42 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 14.3 + 199.34 + 9.674 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 223.34 \text{ Mbps}$$

- Capacidad de: Nodo 5 Yanahuara 1

Trafico de voz:

$$\text{Plan E} = 1246 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 3529.9 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 831 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 2823.9 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{3529.9 + 2823.9}{60 \text{ minutos}} = 105.9 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 119 circuitos, lo que equivale a 4 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 8.1237 Mbps.

Tráfico de Datos:

$$\text{Plan E} = 124.6 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 74.75 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 83.1 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 49.83 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 74.75 + 49.83 = 124.58 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{videoshare}} &= 2076 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60\text{min/mes}}{30\text{dias}} \times 0.1 \times 64\text{Kbps} \\ &= 265.78 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{telepresencia}} &= 2076 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64\text{Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3\text{min} \\ &= 23920.26 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 265.78 + 23920.26 = 24186.04 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 8.12 + 124.58 + 24.186 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 156.894 \text{ Mbps}$$

- Capacidad de: Nodo 6 Arequipa 1

Trafico de voz:

$$\text{Plan E} = 1246 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 3529.9 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 831 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 2823.9 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{3529.9 + 2823.9}{60 \text{ minutos}} = 105.9 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 119 circuitos, lo que equivale a 4 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 8.1237 Mbps.

Tráfico de Datos:

$$\text{Plan E} = 124.6 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 74.75 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 83.1 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 49.83 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 74.75 + 49.83 = 124.58 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{videoshare}} &= 2076 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60\text{min/mes}}{30\text{dias}} \times 0.1 \times 64\text{Kbps} \\ &= 265.78 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{telepresencia}} &= 2076 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64\text{Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3\text{min} \\ &= 23920.26 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 265.78 + 23920.26 = 24186.04 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 8.12 + 124.58 + 24.186 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 156.894 \text{ Mbps}$$

- Capacidad de: Nodo 7 Selva Alegre 1

Trafico de voz:

$$\text{Plan E} = 3115 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 8824.75 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 2492 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 8471.76 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{8824.75 + 8471.76}{60 \text{ minutos}} = 288.3 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 300 circuitos, lo que equivale a 10 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 20.48 Mbps.

Tráfico de Datos:

$$\text{Plan E} = 311.5 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 186.88 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 249.2 \text{ Usuarios} \times 6\text{Mbps} \times 0.1 = 149.5 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 186.88 + 149.5 = 336.38 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T}_{\text{videoshare}} = 623 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60\text{min/mes}}{30\text{dias}} \times 0.1 \times 64\text{Kbps} = 79.73 \text{ Kbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{telepresencia}} &= 623 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64\text{Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3\text{min} \\ &= 7176.08 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 79.73 + 7176.08 = 7255.81 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 20.48 + 336.38 + 7.255 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 364.115 \text{ Mbps}$$

- Capacidad de: Nodo 8 Arequipa 2

Trafico de voz:

$$\text{Plan E} = 1242 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 3529.9 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 831 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600\text{min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30\text{dias}} = 2823.92 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{3529.9 + 2823.92}{60 \text{ minutos}} = 105.9 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 119 circuitos, lo que equivale a 4 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 8.123 Mbps.

Tráfico de Datos:

$$\text{Plan E} = 124.6 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 74.75 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 83.1 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 49.83 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 74.75 + 49.83 = 124.58 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{videoshare}} &= 2076 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60 \text{ min/mes}}{30 \text{ dias}} \times 0.1 \times 64 \text{ Kbps} \\ &= 265.78 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{telepresencia}} &= 2076 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64 \text{ Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3 \text{ min} \\ &= 23920.26 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 265.78 + 23920.26 = 24186.04 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 8.123 + 124.58 + 24.186 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 156.894 \text{ Mbps}$$

- Capacidad de: Nodo 9 Arequipa 3

Trafico de voz:

$$\text{Plan E} = 1246 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = 3529.9 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 831 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = 2823.92 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{3529.9 + 2823.92}{60 \text{ minutos}} = 105.9 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 119 circuitos, lo que equivale a 4 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 8.123 Mbps.

Tráfico de Datos:

$$\text{Plan E} = 124.6 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 74.75 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 83.1 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 49.83 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 74.75 + 49.83 = 124.58 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{videoshare}} &= 2076 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60 \text{ min/mes}}{30 \text{ dias}} \times 0.1 \times 64 \text{ Kbps} \\ &= 265.78 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{telepresencia}} &= 2076 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64 \text{ Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3 \text{ min} \\ &= 23920.26 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 265.78 + 23920.26 = 24186.04 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 8.123 + 124.58 + 24.186 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 156.894 \text{ Mbps}$$

- Capacidad de: Nodo 11 Arequipa 4

Trafico de voz:

$$\text{Plan E} = 1661 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{500 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = 4706.53 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ minutos}$$

$$\text{Plan H} = 1661 \text{ Usuarios} \times 0.17 \times \frac{600 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = 5647.84 \text{ minutos}$$

$$\text{Trafico voz} = \frac{4706.53 + 5647.84}{60 \text{ minutos}} = 172.6 \text{ Erlangs}$$

Para un bloqueo de llamadas máximo de 2% se obtiene de las tablas de Erlang B un total de 187 circuitos, lo que equivale a 7 E1s. Esto nos ofrece un tráfico promedio de 14.336 Mbps.

Tráfico de Datos:

$$\text{Plan E} = 166 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 99.67 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 166 \text{ Usuarios} \times 6 \text{ Mbps} \times 0.1 = 99.67 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan T} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico Datos} = 99.67 + 99.67 = 199.34 \text{ Mbps}$$

Trafico video-llamadas:

$$\text{Plan E} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\text{Plan H} = 0 \text{ Mbps}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{videoshare}} &= 831 \text{ Usuarios} \times 1\% \times \frac{60 \text{ min/mes}}{30 \text{ dias}} \times 0.1 \times 64 \text{ Kbps} \\ &= 106.31 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plan T}_{\text{telepresencia}} &= 831 \text{ Usuarios} \times 1\% \times 64 \text{ Kbps} \times 6 \text{ destinos} \times 3 \text{ min} \\ &= 9568.11 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

$$\text{Trafico Video} = 106.31 + 9568.11 = 9674.42 \text{ Kbps}$$

De estos 3 valores hallados tenemos:

$$\text{Trafico total del nodo} = \text{Trafico Voz} + \text{Trafico Datos} + \text{Trafico Video}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 14.33 + 199.34 + 9.674 \text{ Mbps}$$

$$\text{Trafico total del nodo} = 223.346 \text{ Mbps}$$

3.3 Diseño de la red de transporte.

Como ya se analizó en el punto anterior sobre la topología de la red de transporte, utilizaremos una topología tipo estrella teniendo como punto central o cabecera de la red al punto Nodo7 Selva Alegre 1, al cual llegaran los enlaces microondas de los demás nodos. Para esto necesitamos de equipos que provean las capacidades calculadas en el punto anterior para cada enlace, pero que a su vez puedan operar en zonas urbanas, dado que nuestros enlaces son de cortas distancias.

Adicionalmente utilizaremos una configuración 1+1 para asegurar el back-up de los enlaces, dada la importancia de ofrecer confiabilidad y disponibilidad no solo en el acceso sino también en el transporte.

3.2.1 Parámetros de los enlaces.

Utilizando información disponible en la página web del MTC sobre canalización para tramos cortos [MTC2010], se escoge la banda licenciada de 23 GHz para la operación de la red de transporte. Para su uso se realizará el pago del canon radioeléctrico, esto para evitar interferencias en nuestros enlaces que transportan todo el tráfico de la red.

Se presenta como solución para la red de transporte el uso de los equipos 9500 MPR del proveedor Alcatel – Lucent, los cuales se presentan como la última generación de equipos para enlaces microondas –TDM, ATM e IP para redes urbanas.

Las prestaciones del equipo se presentan a continuación:

TABLA 3-15: ESPECIFICACIONES – 9500 MPR DE ALCATEL LUCENT.

Fuente: Elaboración propia – [Anexo III]

Frecuencia de operación:	21.2 – 23.6 GHz
Capacidad de transmisión:	Hasta 8 STM-1
Modulación (QAM):	256 / 128 / 64 / 32 / 16
Potencia de transmisión:	+20 dBm.
Figura de ruido del receptor (dB):	5.0
Umbral del receptor para 10^{-3} BER	- 70.5 dBm
Configuración:	1+1
Ganancia neta del sistema en 1+1:	88 dBm
Consumo de energía (watts):	≤ 140

En los enlaces microondas también es importante conocer las pérdidas por propagación en el espacio libre, valor que se puede obtener si se conoce la frecuencia de operación y la distancia entre el transmisor y el receptor.

$$L_e = 32.4 + \log f_c(\text{MHz}) + 20 \log d(\text{Km})$$

Una vez que se conoce este valor se puede calcular la potencia que llega al receptor aplicando la siguiente fórmula:

$$P_{RX}(\text{dBm}) = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{RF} - L_e$$

Se considera un enlace satisfactorio cuando el nivel de la potencia recibida se encuentra por encima de la sensibilidad del equipo receptor. Las pérdidas producidas por cables, conectores y demás equipos de RF pueden llegar a ser considerables si es que la radio y la antena transmisora se encuentran muy separadas.

Después de asegurar la potencia recibida en el enlace, se debe tener en cuenta las zonas de Fresnel en la línea de vista del enlace. La UIT (CCIR) indica que en los sistemas de radioenlaces que funcionan en frecuencias superiores a 1 GHz, el trayecto directo entre el transmisor y el receptor debe estar libre de obstáculos a partir de una altura por encima del suelo igual como mínimo al 60% del radio de la primera zona de Fresnel para que se cumplan las condiciones de propagación en el espacio libre. [FER2010]

3.2.2 Simulación en Radio Mobile.

La factibilidad de los enlaces de microondas para nuestra red de transporte va a ser analizada utilizando la herramienta Radio Mobile, software para la planificación de enlaces de radio, el cual permite observar gráficamente características como el relieve del terreno, zonas de Fresnel, entre otros.

Los datos que se ingresan como parámetros iniciales son:

- Potencia de transmisión: 20dBm.
- Ganancia de la antena transmisora: 46.4 dBi.
- Pérdidas en los cables y conectores: 0.5 dB.
- Ganancia de la antena receptora: 46.4 dBi.
- Sensibilidad del receptor: -70.5 dBm.
- Frecuencia de operación: 23 GHz.
- Polarización de la onda: vertical.

El diseño de los enlaces que se va a realizar utilizando el Radio Mobile, está contemplado para la primera etapa de nuestro proyecto, puesto que como ya se vio anteriormente el procedimiento es reiterativo para los demás nodos, por lo que nos enfocamos en cubrir la etapa inicial de establecimiento de infraestructura que se lleva a cabo en la primera parte del proyecto. Por otro lado, hemos determinado arrendar circuitos portadores para el transporte de los nodos ubicados en Cusco, por lo que ya no se consideran para el análisis.

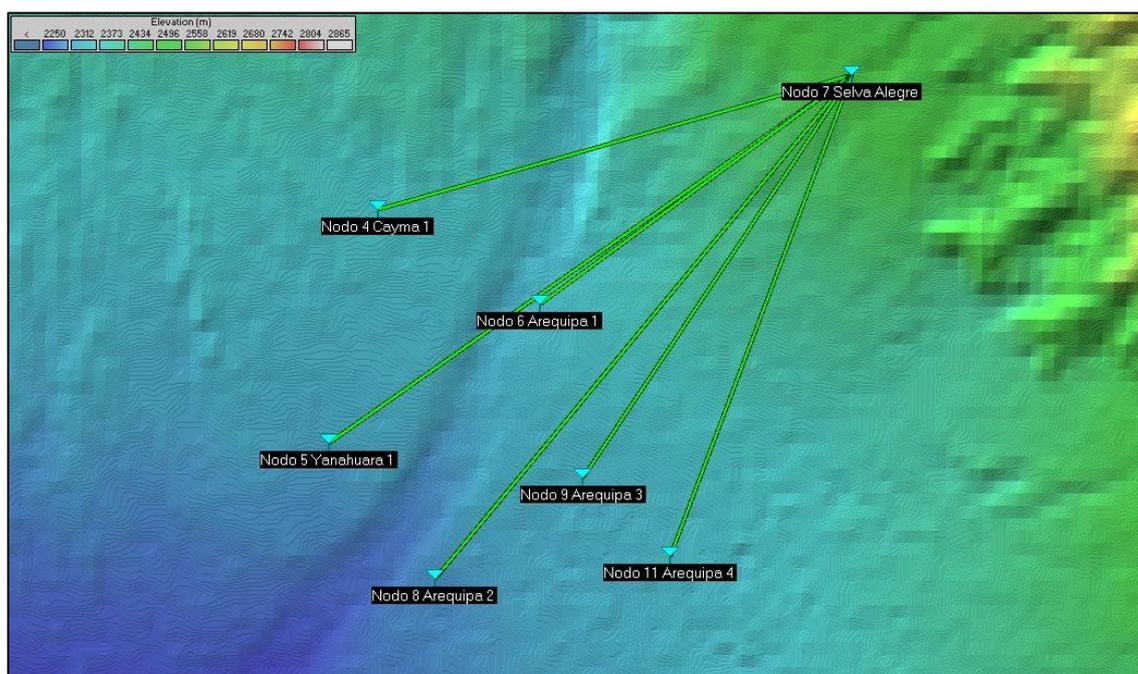


FIGURA 3-5: ENLACES DE TRANSPORTE DE LA RED.

Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile.

Vemos que el relieve del terreno se presenta uniforme, sin variaciones bruscas en la elevación, lo que nos da la seguridad de tener línea de vista entre los puntos. El estado de los enlaces de color verde indica que se pueden realizar de manera satisfactoria con una visibilidad de la primera zona de Fresnel, o *clearance*, mayor al 60%.

A continuación se presenta los resultados de las simulaciones de los enlaces microondas entre los nodos de la red y la cabecera – Nodo 7 Selva alegre 1, donde se observa su correcto funcionamiento, así como los parámetros utilizados en cada enlace.

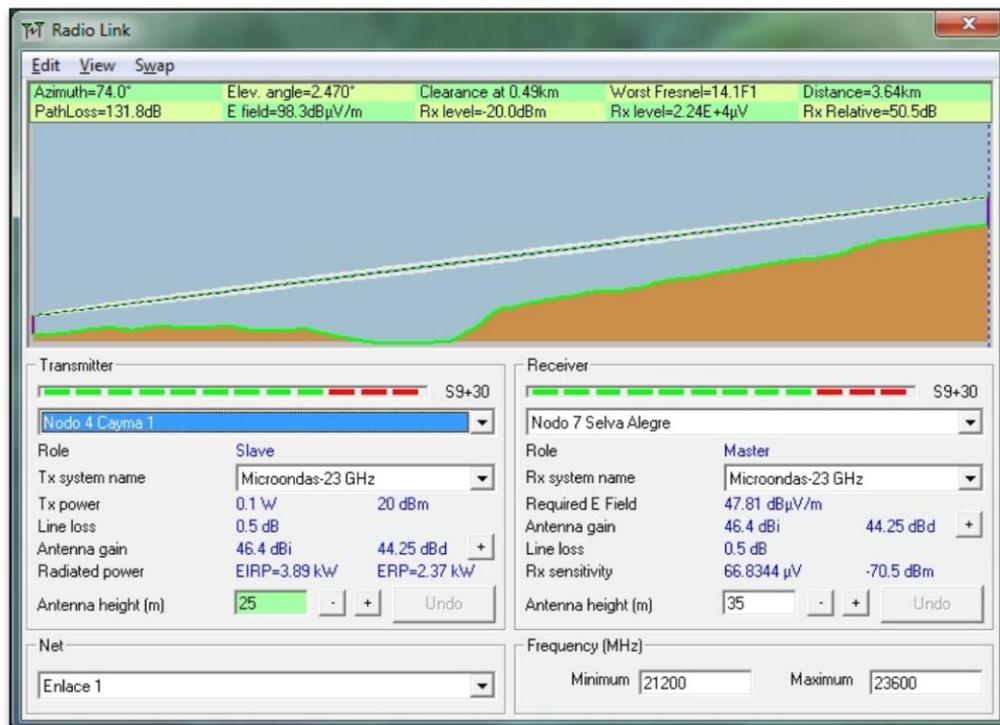


FIGURA 3-6: ENLACE NODO 4 CAYMA 1 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.

Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile.

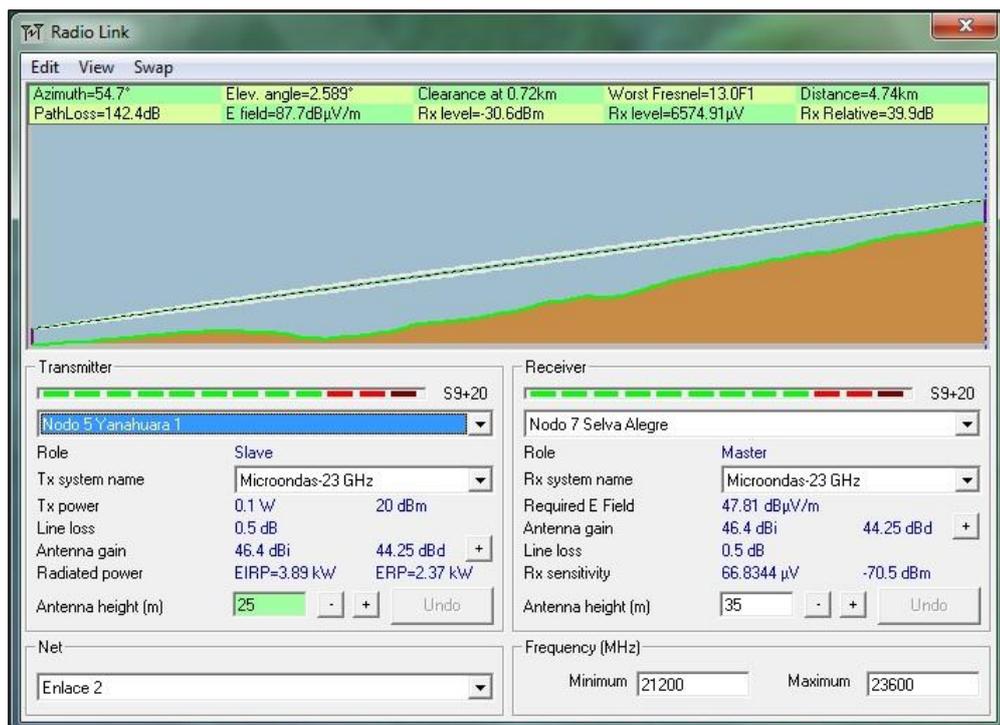


FIGURA 3-7 ENLACE NODO 5 YANAHUARA 1- NODO 7 SELVA ALEGRE 1.

Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile.



FIGURA 3-8: ENLACE NODO 6 AREQUIPA 1 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.

Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile.

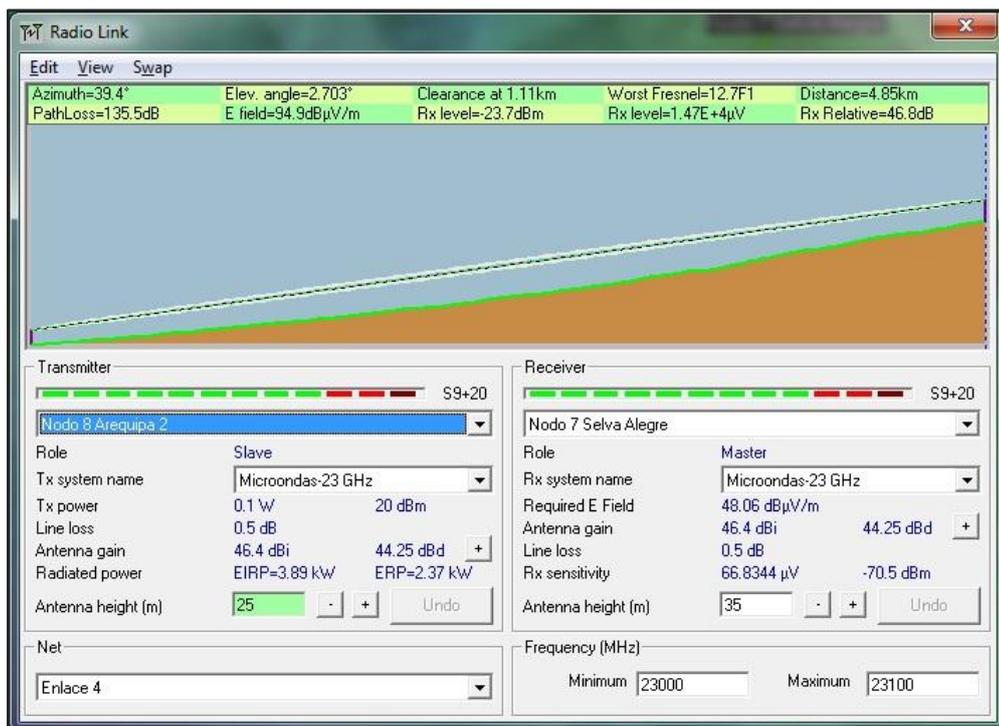


FIGURA 3-9: ENLACE NODO 8 AREQUIPA 2 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.

Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile.

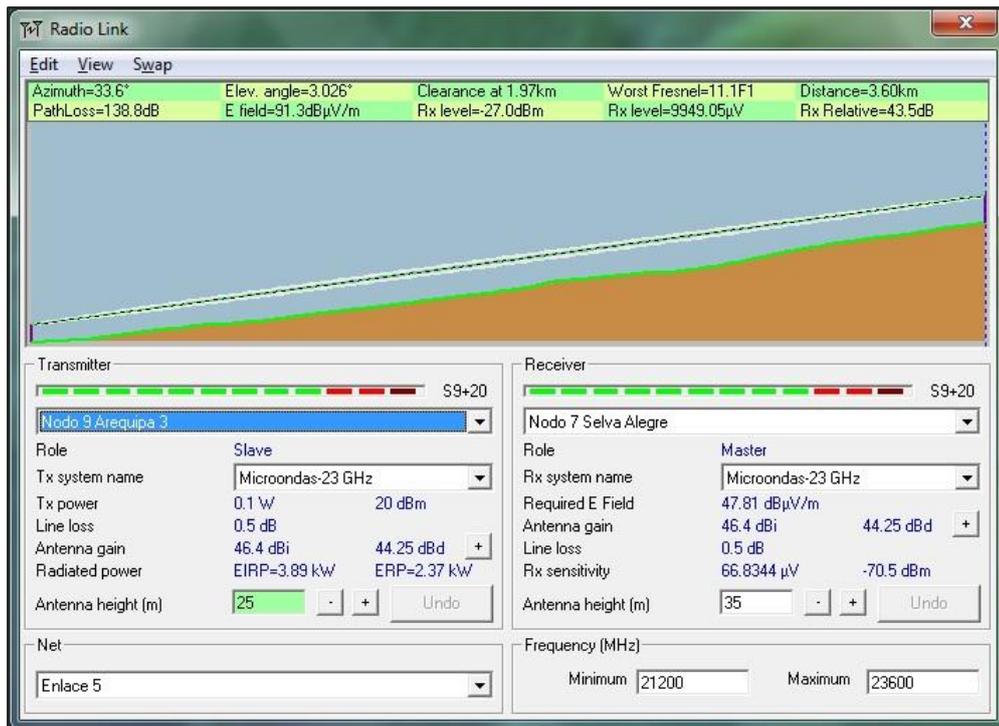


FIGURA 3-10: ENLACE NODO 9 AREQUIPA 3 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.

Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile.

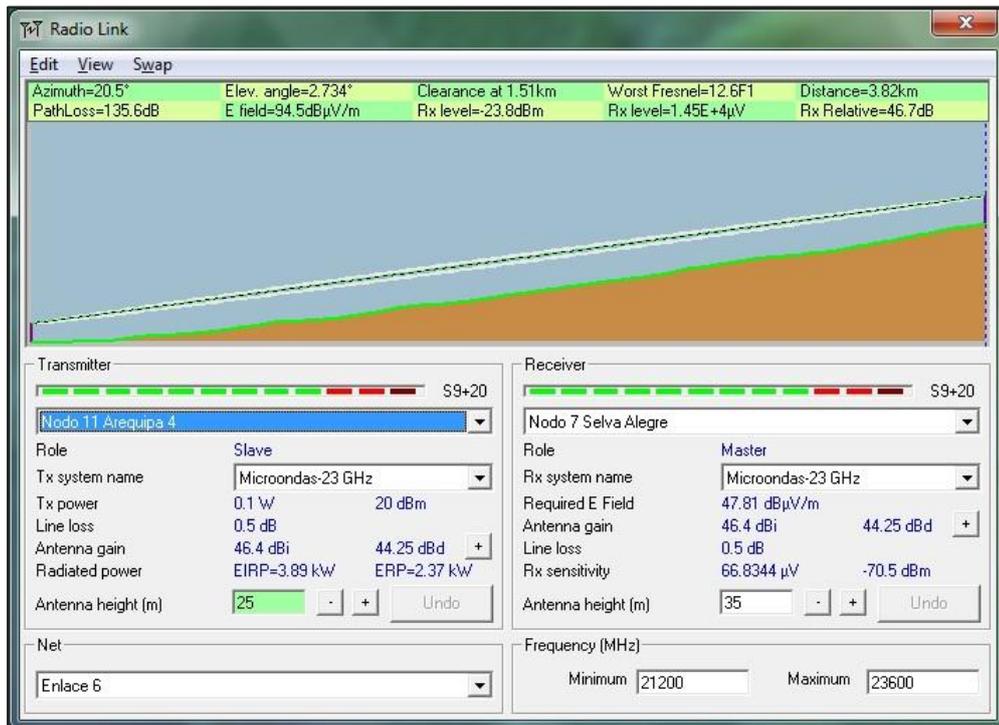


FIGURA 3-11: ENLACE NODO 11 AREQUIPA 4 – NODO 7 SELVA ALEGRE 1.

Fuente: Elaboración propia – Radio Mobile.

3.4 Diseño del núcleo de la red.

Como ya se había mencionado anteriormente, el core de nuestra red se encuentra centralizado en Arequipa, desde donde se manejan todas las funciones de la red.

Para evaluar el diseño del núcleo con el que pueda contar nuestra red, es necesario analizar las soluciones actualmente ofrecidas por los proveedores, y en base al conjunto de soluciones ofrecidas, organizar una solución final.

Es importante considerar que se debe evitar hacer uso de una sola solución de un proveedor, dado que generaría dependencia en nuestra red. Es por esto que se revisaran los portafolios de 3 importantes fabricantes.

3.4.1 Alcatel-Lucent.

La solución IMS presentada por Alcatel busca reducir el impacto ambiental y económico hasta en un 90% comparado con soluciones TDM actuales. Sus principales objetivos son reducir el consumo de energía de los equipos, y reducir tamaño físico en los dispositivos. Esto permite ofrecer una red más eficiente, lo cual significa disponer de nuevos recursos para el operador.

La gamma de equipos disponibles por este operador se presenta en la grafica:

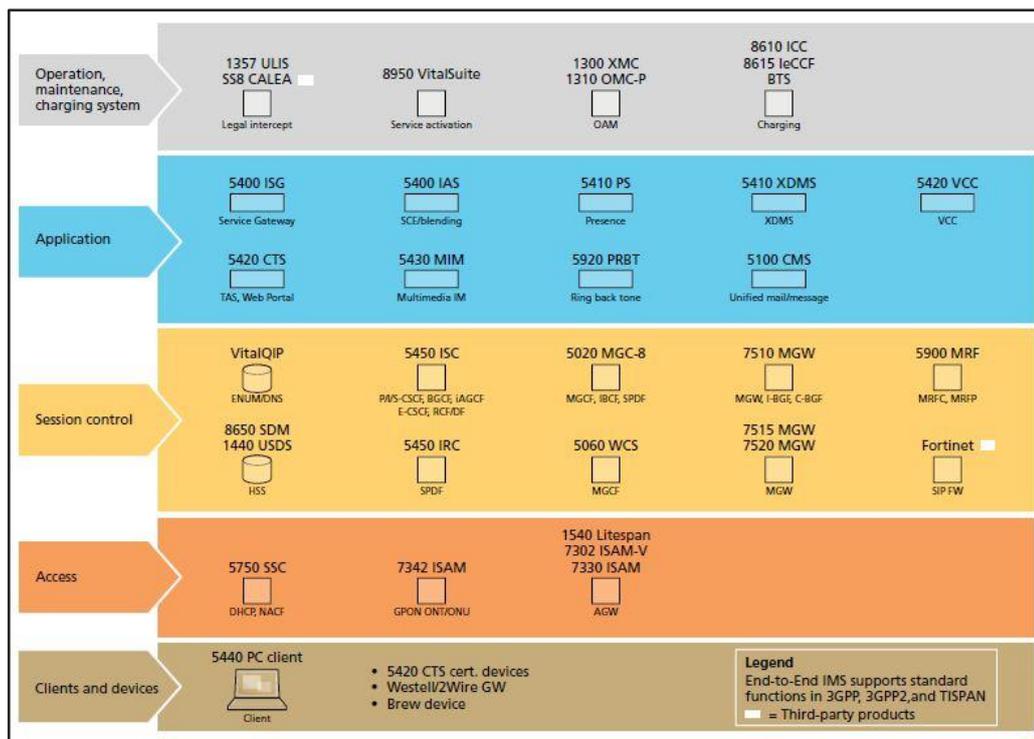


FIGURA 3-12: ARQUITECTURA IMS –ALCATEL-LUCENT.

Fuente: "Alcatel-Lucent end to end IMS solution" – Anexo IV.

En la cual los equipos más importantes son:

- **5020 MGC-8**

Este equipo Media Gateway Controller maneja toda la interconexión con las redes legacy y PSTN. Realiza las funciones de MGCF e IBCF sobre la misma plataforma.

- **5060 ICS**

Este equipo es el Ip Call Server, que provee VoIP y servicios PSTN enriquecidos. Capaz de ofrecer servicio hasta a 3 000 000 de usuarios.

- **7510 MGW**

Este equipo ofrece acceso constante de servicio para voz, fax y datos, en redes orientadas al usuario, brindando conmutación e interoperabilidad entre puertos IP y de circuitos.

- **5450 ISC**

Este equipo es el Ip Session Controller, el motor SIP de la solución Alcatel. Maneja las sesiones SIP de la red, y todas las funcionalidades CSCF. (P-CSCF, I-CSCF, y S-CSCF).

- **5450 IRC**

El equipo Ip Resource Controller, se encarga de brindar las funcionalidades SPDF, así como de administrar los recursos en el borde de la red.

- **5450 AGCF**

El equipo Access Gateway Control Function permite ofrecer extender las funcionalidades de los servicios IMS hacia los servicios POTS.

- **1430 HSS**

Este equipo es una base de datos eficiente y convergente, de próxima generación. Tiene tres funciones: HLR/AuC, IM-HSS/SLF y AAA.

[ALC2010]

3.4.2 Huawei.

Huawei ofrece una solución similar, ofreciendo soporte para aplicaciones multimedia, y le da al operador la posibilidad de brindar con mayor facilidad servicios más completos a nivel personal o corporativo. [HUA2010]

Los equipos más importantes de esta solución son los siguientes:

- **CSC 3300**

Este equipo provee las funciones CSCF, como P-CSCF, I-CSCF y S-CSCF, además de BGCF y OCG, una funcionalidad de tarificación. Además, presenta 3 características importantes:

- Altas velocidades: llegando a alcanzar 2.5 Tbit/s en la conmutación.
- Alta disponibilidad: asegura una disponibilidad de 99.999%
- Buena escalabilidad y agregabilidad.

- **HSS 9820**

La Home Subscriber Server, es la base de datos de IMS. Este equipo concentra además las funciones de SLF. Permite ofrecer servicios como presencia, PoC y otros de valor agregado. Puede soportar hasta 10 millones de abonados.

- **CSE 9600**

Este equipo es el VCC application server – AS para Huawei. El VCC es el servicio que provee la integración del dominio fijo con el dominio móvil.

- **ATS 9900**

Este equipo es el SIP Application Server que transporta servicios fuera de la red y provee servicios básicos de voz, como funcionalidades IP-centrex, lo que lo hace un equipo indispensable en IMS.

- **RM 9000**

Es un equipo que controla el ingreso a la red. Ofrecen mayor seguridad y aseguran una calidad de servicio definida para cada sesión, administrando el control del QoS de la red.

- **AIM 6300**

El Network Attachment Subsystem – NACF es un equipo que cumple con los estándares para poder soportar actualizaciones y expansiones en línea, con tiempos de interrupción muy pequeños.

- **MRC 6600**

Este equipo cumple las funciones de Media Resource Function Controller – MRFC en la red IMS, como controlador y procesador de recursos de datos, generando un alto poder de procesamiento multimedia. [HUA2010]

3.4.3 Cisco.

Entre los equipos de conmutación y enrutamiento que posee, ofrece una serie de soluciones para las redes de borde en entornos móviles. Es aquí donde presente equipos especializados en el manejo del acceso de radio y el core de la red de acceso.

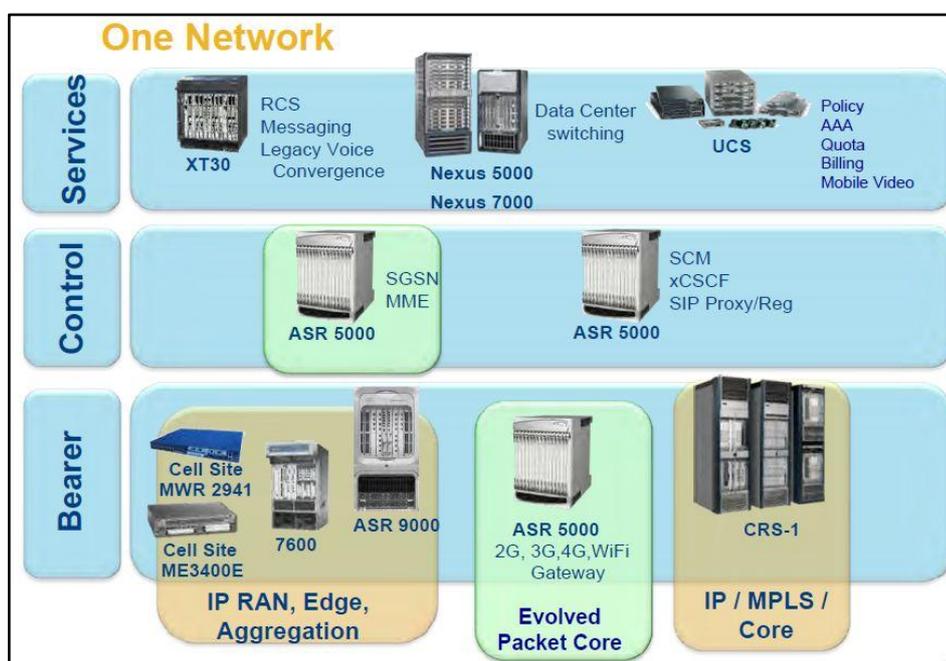


FIGURA 3-13: PORTAFOLIO DE SOLUCIONES CISCO.

Fuente: “Cisco mobile internet portfolio – One Network” [CIS2010]

- **Cisco 7600 Series Session Border Controller.**

Equipo de las series 7600 de Cisco, realiza funciones de Session Border Controller, manejando tráfico en tiempo real entre bordes de redes IP, realizando funciones de interconexión nativas con otras redes.

- **Cisco ASR 5000 Multimedia Core Platform.**

Posee arquitectura distribuida, capacidades de alto rendimiento y garantía de servicio. Todas las tareas y los servicios pueden ser asignados a través una sola plataforma, lo que permite desplegar redes móviles más eficientes, capaces de soportar un mayor número de llamadas simultáneas. [CIS2010]

Ofrece las siguientes funcionalidades simultáneamente:

- Mobility Management Entity (MME)
- Serving Gateway (SGW)
- PDN Gateway (PGW)
- Evolved Packet Data Gateway (ePDG).

3.4.4 Solución final.

La solución final que usaremos como núcleo de red utiliza equipos de los 3 proveedores, lo que nos permite disponer de total control sobre nuestra red ya que evita monopolios en la parte de soporte técnico o garantías de los equipos. Para lograr esto, se buscan los equipos que brinden las mejores prestaciones de cada opción.

De esta manera se obtuvo algunas conclusiones, donde se observa que:

- Los equipos Huawei brindan mayor capacidad de prestaciones, sobre todo en los equipos que realizan la conmutación del núcleo.
- Los equipos de Alcatel ofrecen una mayor eficiencia de funcionamiento, con consumo eficiente de energía, y ofrecen mayor seguridad. Por lo que se opta por esta opción para manejar el borde de la red.
- Los equipos Cisco brindan robustez para manejar el enrutamiento hacia otras redes, y permite manejar varios elementos sobre una misma plataforma. Se usaran para control de acceso e interconexión hacia internet.

Nuestra solución se presenta a continuación:

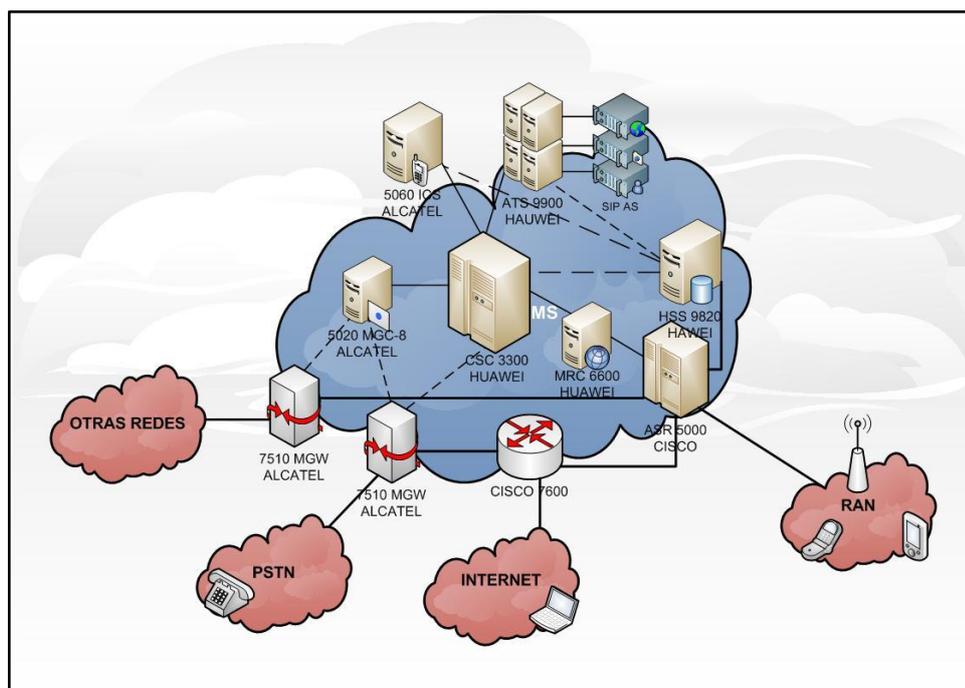


FIGURA 3-14: SOLUCION FINAL CORE IMS.

Fuente: Elaboración propia.

Con los siguientes equipos:

Huawei:

- MRC 6600 como MRFC.
- CSC 3300 como P-CSCF, I-CSCF y S-CSCF.
- HSS 9820 como HSS y SLF.
- ATS 9900 como SIP-AS.

Alcatel-Lucent:

- 7510 MGW como IM-MGW.
- 5020 MGC-8 como MGCF e IBCF.
- 5060 ICS como IP call Server.

Cisco:

- ASR 5000 como MME, SWG, PWG, SGSN y GGSN.
- CISCO 7600 como Border Controller.

3.5 Especificaciones técnicas del equipamiento.

3.5.1 Red de acceso.

Se opta por la solución de Alcatel-Lucent que ofrece equipos de alta eficiencia en el consumo de energía, así como escalabilidad de los equipos.

TABLA 3-16: E NODO B – ALCATEL-LUCENT

Fuente: Elaboración propia – [Anexo V]

Equipo:	
Modelo:	Alcatel-Lucent LTE eNodeB Digital Module
Frecuencia:	700 MHz / 850 MHz / 900 MHz
Potencia de portadora:	150 W con un solo modem.
Voltaje de consumo:	-48 V DC o +24 V DC
Interfaz de transporte:	Gigabit Ethernet (2 Puertos)
Sectores:	3 sectores de hasta 10MHz por modem – hasta 3 módems.
Usuarios:	1800 usuarios simultáneamente

En la parte de control del acceso tenemos al equipo de cisco, que presta varias funcionalidades:

TABLA 3-17: MME / SGW / PWG – CISCO

Fuente: Elaboración propia – [Anexo V]

Fabricante:	
Modelo:	ASR 5000
Tecnologías que soporta:	<ul style="list-style-type: none"> - UMTS / HSPA - CDMA / HRPD - LTE EPC - WIMAX - WIFI
Velocidad de conmutación:	320 Gbps
Confiabilidad del sistema:	99.9999%
Performance de señalización:	560 K mensajes/seg

3.5.2 Red de transporte

Para la red de transporte utilizamos un equipo de la familia de radio sistemas punto a punto microondas digitales con los que cuenta el proveedor Alcatel:

TABLA 3-18: EQUIPO MICROONDAS – ALCATEL

Fuente: Elaboración propia – [Anexo III]

Equipo:	
Modelo:	Alcatel-Lucent 9500 MPR
Frecuencia:	21.2 – 23.6 GHz.
Capacidad de transmisión:	Hasta 8 STM-1
Modulación:	QAM de 256 /128 /64 /32 /16
Potencia transmitida:	+20 dBm
Figura de ruido del receptor:	5.0 dB
Umbral del receptor con BER = 10⁻³	-70.5 dBm
Configuración:	1 + 1

3.5.3 Core IMS

Como se indica al final del subcapítulo anterior, los equipos utilizados en el diseño del núcleo de la red son los listados en la figura 3-14.

TABLA 3-19: ROUTER CONTROLADOR DE BORDE– CISCO

Fuente: Elaboración propia – [Anexo V]

Fabricante:	
Equipo:	
Modelo:	Cisco 7600 Series Session Border Controller
Funciones de interconexión entre proveedores:	<ul style="list-style-type: none"> - Session routing. - Control de admisión de llamada. - Monitoreo de calidad. - Seguridad de data y señalización. - Autenticación, autorización y contabilidad.
Escalabilidad y performance:	10 Gbps por slot. Más de 200 000 sesiones simultaneas.

TABLA 3-20: ESPECIFICACIONES TECNICAS – CSC 3300

Fuente: Elaboración propia – [Anexo V]

Fabricante:	
Equipo:	CSC 3300
Elementos que soporta:	<ul style="list-style-type: none">- P-CSCF- S-CSCF- I-CSCF- OGC
Características:	<ul style="list-style-type: none">- Soporta varios métodos de autenticación.- Altas velocidades: hasta 2.5 Tbps en la conmutación.- Alta disponibilidad: 99.999%
Estándares:	3GPP /ETSI / ANSI

TABLA 3-21: ESPECIFICACIONES TECNICAS – HSS 9820

Fuente: Elaboración propia – [Anexo V]

Fabricante:	
Equipo:	HSS 9820
Elementos que soporta:	<ul style="list-style-type: none">- HSS- SLF
Características:	<ul style="list-style-type: none">- Trabaja con distintos tipos de servidores de aplicación.- Soporta distintos métodos de autenticación.- Alta disponibilidad: 99.999%
Capacidad:	Más de 10 millones de usuarios

TABLA 3-22: ESPECIFICACIONES TECNICAS – ATS 9900

Fuente: Elaboración propia – [Anexo V]

Fabricante:	
Equipo:	ATS 9900
Elementos que soporta:	- SIP Application Server
Características:	- Servicios de control del llamante. - 3 formas de conversación. - Transferencia de llamadas
Capacidad:	Más de 10 millones de usuarios

TABLA 3-22: ESPECIFICACIONES TECNICAS – 5020 MGC-8

Fuente: Elaboración propia – [Anexo V]

Fabricante:	
Equipo:	5020 MGC-8
Elementos que soporta:	- MGCF - IBCF
Características:	- Control de admisión de llamadas. - SIP para teléfonos. - SIP con ISUP encapsulado. - Interoperabilidad con otros servidores.
Multiprotocolo:	- ANSI ISUP / ITU/ETSI ISUP - SS7 - ISDN - SIP
Energía:	- -48 V DC

TABLA 3-23: ESPECIFICACIONES TECNICAS – 7510 MGW

Fuente: Elaboración propia – [Anexo V]

Fabricante:	Alcatel·Lucent 
Equipo:	- 7510 MGW
Elementos soportados:	- IMS - MGW
Características:	<ul style="list-style-type: none"> - Entrega servicios críticos con alta calidad. - Escalabilidad. Garantiza expansión de capacidades hasta las densidades más altas en los puertos. - Plataforma de servicios múltiples
Interfaces de circuitos:	<ul style="list-style-type: none"> - TDM: STM-1, DS3 y E1/T1. - SIGTRAN sobre IP/SCTP.
Interfaces de paquetes:	<ul style="list-style-type: none"> - Gigabit Ethernet. - Vlan tagging.
Capacidad:	Más de 270 intentos de llamada por segundo.

TABLA 3-24: ESPECIFICACIONES TECNICAS – 5060 ICS

Fuente: Elaboración propia – [Anexo IV]

Fabricante:	Alcatel·Lucent 
Equipo:	5060 ICS
Elementos soportados:	- IP Call Server
Características:	<ul style="list-style-type: none"> - Soporta servicios POTS e IP. - Permite migración suave hacia banda ancha. - Todas las funcionalidades NGN. - Sistemas SIP-centralizados.
Capacidad:	De 100 000 hasta 3 000 000 de usuarios

Capítulo 4

Evaluación económica y financiera del proyecto

Una vez completada la etapa de diseño de la red, se realiza una evaluación económica del proyecto, considerando todas sus etapas. De esta manera vamos a ser capaces de conocer si el proyecto es rentable o no, así como el capital necesario para realizar la inversión inicial.

4.1 Costos de inversión.

Para realizar una estimación de cuanto se ha de invertir en el proyecto, vamos a averiguar el costo de implementación del total de la red, que consta de la red de acceso, transporte y el núcleo, así como otros gastos para la infraestructura del proyecto. Elaboramos la tabla 4-1, que presenta la cotización de todos los recursos de red y de infraestructura necesarios a tener en cuenta en la inversión inicial del proyecto, desde los equipos necesarios en la implementación de servicios, el hardware del núcleo de la red, componentes del acceso hasta los terminales del usuario, inclusive.

TABLA 4-1: INVERSION DE CAPITAL INICIAL

Fuente: Elaboración propia – Datos de [CAB2009]

Nro.	Ítem	Marca	cantidad	costo unitario	TOTAL (\$)
------	------	-------	----------	----------------	------------

equipos de acceso - LTE

1	LTE eNodeB Digital Module	Alcatel	21	42000.0	882000.0
2	ASR-5000	Cisco	1	1500000.0	1500000.0

Equipamiento de radio

3	Antenas sectoriales	Andrew	21	4000.0	84000.0
4	Sist. Microondas 9500 MPR	Alcatel	20	40000.0	800000.0
5	Antenas microondas	Andrew	40	500.0	20000.0
6	Feeders	Andrew	80	47.0	3760.0
7	Conectores	-	-	-	1000.0

Equipamiento del núcleo

8	7510 MGW	Alcatel	1	50000.0	50000.0
9	5020 MGC-8	Alcatel	1	100000.0	100000.0
10	5060 ICS	Alcatel	1	250000.0	250000.0
11	MRC 6600	Huawei	1	20000.0	20000.0
12	CSC 3300	Huawei	1	250000.0	250000.0
13	HSS 9820	Huawei	1	250000.0	250000.0
14	ATS 9900	Huawei	1	100000.0	100000.0
15	Router Border controller	Cisco	1	150000.0	150000.0

Infraestructura adicional

16	Banco de Baterías	Emisa	21	10000.0	210000.0
17	Grupo Electrónico	Honda	21	3500.0	73500.0
18	Estabilizador	Honda	21	1000.0	21000.0
19	Sistema de puesta a tierra	Thor	21	600.0	12600.0
20	Pararrayos tetra puntal	Thor	21	100.0	2100.0
21	Sistema de ventilación	York	21	10000.0	210000.0
22	Luz de balizaje DC	Andrew	21	800.0	16800.0
23	Torre autosoportada tipo A	Andrew	21	16000.0	336000.0
24	Gabinete de telecom.	PES(G)11-8816BTS	20	3500.0	70000.0

Equipos terminales					
25	terminal móvil Inspire	HTC	8000	100.0	800000.0
26	terminal móvil Atrix	Motorola	2000	200.0	400000.0
Gastos externos					
27	Instalación y config STM-1	-	4	10000.0	40000.0
28	Inscripción al NAP	-	1	30000.0	30000.0
29	Instalación y seguridad	-	21	10000.0	210000.0
30	compra de terrenos	-	21	10000.0	210000.0
TOTAL CAPEX					7,102,760.0

En la descripción se detalla las cantidades necesarias por cada equipo para el despliegue total de la red, la marca que se ha considerado como opción posible, el costo unitario y el costo total.

Se ha considerado en la inversión los terminales a ser ofrecidos, tomando como referencia dos modelos populares en el mercado disponibles hoy en día, lo cual eleva el monto de la inversión inicial. Es importante considerar que estos valores son referenciales y pueden variar en el tiempo conforme varíe la tecnología.

Por último se toma en cuenta en la inversión inicial la instalación de los equipos para habilitar los enlaces STM-1, así como un pago de inscripción al NAP, para reducir gastos de navegación con otras redes.

4.2 Costos de operación y mantenimiento

En este punto se analiza el gasto que genera mantener una red. Se toma en consideración como costo operativo la remuneración del personal encargado de operar la red. Para esto contemplamos una estructura organizacional básica, tomando en cuenta 2 sectores principales: el sector comercial encargado de las ventas, y el sector operativo, encargado de la gestión y funcionamiento.

Se tiene también como gasto operativo los pagos por acceso a internet desde un punto neutro, también conocido como NAP y el arrendamiento de servicios portadores para la interconexión de los nodos. Para los gastos de mantenimiento se consideran mantenimientos correctivos y preventivos.

Con respecto al gasto producido por las llamadas de los usuarios, se considera que se consume el total de minutos ofrecidos a los usuarios según los paquetes de servicios, y que de este monto total de minutos, el 75% corresponde a llamadas locales y 25% a llamadas nacionales.

La siguiente tabla considera los costos operativos para el primer año del proyecto, y sobre esta tabla se obtienen los montos de egresos para los años siguientes, en base al incremento de usuarios por año.

TABLA 4-2: COSTOS OPERATIVOS DE LA RED

Fuente: Elaboración propia – Datos de [CAB2009]

Concepto	Cantidad	Pago mensual	Total anual
transporte conmutado local (\$0.00554/minuto)	8002763	\$44,335	\$532,024
transporte conmutado larga distancia nacional (\$0.02034/minuto)	2667588	\$54,259	\$651,105
Arrendamiento de enlaces STM-1 (\$30,000)	4	\$60,000	\$720,000
Pago de membresía por Peering (NAP)	1	\$4,000	\$48,000
<i>Pago del personal</i>			
Supervisor	2	\$3,000	\$36,000
Ingeniero de red	4	\$5,000	\$60,000
Ingeniero RF	4	\$3,200	\$38,400
Ventas	6	\$3,000	\$36,000
TOTAL OPEX			\$2,121,528.4

El número total de minutos se considera de acuerdo a la demanda esperada para el primer año de operación de la red, en el cual se espera cubrir el 10% del público objetivo final, en nuestro caso 21 341 usuarios, consumiendo 500 minutos mensuales, lo que nos da la cantidad de minutos locales y nacionales.

De la misma manera el primer año se solicita el alquiler de 4 enlaces SDH, y tomamos como base las tarifas de arrendamiento manejadas por empresas locales. El monto

por implementación y configuración inicial de los enlaces está considerado en la tabla 4-1, con los montos de inversión.

Se considera un monto recurrente de \$ 4000 USD para mantener la membresía del NAP, adicional a la cuota de inscripción de \$ 30 000 USD, considerada en la inversión inicial. Este servicio también es conocido como Peering, y se utiliza para garantizar libertad de acceso a la información entre las redes de distintos operadores locales.

Los pagos de personal consideran una estructura genérica en las organizaciones de telecomunicaciones, considerando salarios promedio del mercado local.

4.3 Evaluación financiera.

En cuanto a la evaluación financiera, realizamos una proyección estimada de los ingresos en base a los servicios ofrecidos y a la demanda posible estudiada en el capítulo 2, de la cual obtenemos la tabla 4-3, que presenta el número estimado de usuarios por paquete, tanto para Arequipa como Cusco, y en base a las tarifas de cada plan obtenemos los ingresos proyectados mensuales, de los cuales obtenemos el total de ingresos mensual y anual, realizando el mencionado análisis para el final de cada etapa del proyecto.

La tabla 4-4 presenta el flujo de caja del proyecto, en el cual se considera la inversión inicial, los gastos operativos y los ingresos proyectados durante la vida útil del proyecto. El análisis se realiza considerando un valor elevado para la tasa de inversión del mercado, del 20% anual. Esto representa un escenario de competencia para nuestro proyecto.

El resultado obtenido del análisis de rentabilidad indica que al final del proyecto, el valor actual neto (VAN) obtenido es de \$ 206, 366, 428 dólares, superando por mucho el monto inicial de inversión.

De la misma forma se observa que la tasa interna de retorno (TIR) es del 335%, lo que significa que el mercado debería pagar una tasa de 335% anual para igualar la rentabilidad de nuestro proyecto. Frente a este escenario, se concluye que el periodo de retorno de la inversión se da en el séptimo mes del primer año del proyecto.

TABLA 4-3: INGRESOS ANUALES

Fuente: Elaboración propia

	fase 1				fase 2				fase 3			
Servicios	paquete E	paquete T	paquete H	total	paquete E	paquete T	paquete H	total	paquete E	paquete T	paquete H	total
<i>Cusco:</i>	2330	2265	2626	7221	12817	12456	14442	39716	23304	22648	26259	72211
<i>Tarifa:</i>	\$100	\$40	\$60		\$100	\$40	\$60		\$100	\$40	\$60	
Ingresos:	\$233,045	\$90,592	\$157,551	\$481,188	\$1,281,745	\$498,256	\$866,532	\$2,646,533	\$2,330,446	\$905,920	\$1,575,513	\$4,811,878
<i>Arequipa:</i>	5523	3198	5399	14120	30378	17587	29693	77658	55233	31977	53987	141196
<i>Tarifa:</i>	\$100	\$40	\$60		\$100	\$40	\$60		\$100	\$40	\$60	
Ingresos:	\$552,326	\$127,907	\$323,920	\$1,004,153	\$3,037,790	\$703,488	\$1,781,561	\$5,522,840	\$5,523,255	\$1,279,070	\$3,239,202	\$10,041,527
abonados totales:				21341				117374				213407
Total ingresos mensual:				\$1,485,341				\$8,169,373				\$14,853,406
TOTAL DE INGRESOS (ANUAL):				\$17,824,087				\$98,032,478				\$178,240,869

TABLA 4-4: FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

Fuente: Elaboración propia

		1era fase		2da fase		3era fase	
año de evaluación		0	1	2	3	4	5
total de usuarios		0	21341	69357	117374	165390	213407
Costos:		-\$7,102,760.0	-\$1,701,105.0	-\$7,202,486.3	-\$7,202,486.3	-\$7,202,486.3	-\$7,202,486.3
Ingresos:		\$0.0	\$17,824,086.9	\$57,928,282.4	\$98,032,477.9	\$138,136,673.5	\$178,240,869.0
Egresos:		\$0.0	-\$2,121,528.4	-\$4,783,567.3	-\$7,445,606.2	-\$10,287,645.2	-\$13,129,684.1
flujo de caja:		-\$7,102,760.0	\$14,001,453.5	\$45,942,228.8	\$83,384,385.4	\$120,646,542.1	\$157,908,698.7
Tasa :	20%						
V.A:		\$0.0	\$11,667,877.9	\$31,904,325.6	\$48,254,852.7	\$58,182,167.3	\$63,459,964.4
V.A acumulado:		-\$7,102,760.0	\$4,565,117.9	\$36,469,443.5	\$84,724,296.2	\$142,906,463.5	\$206,366,427.9
VAN:	\$206,366,428						
TIR:	335%						
R:	7.3 meses						

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Finalizado el presente proyecto, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- La plataforma IMS es una arquitectura de red de cuarta generación, orientada a la convergencia de los servicios de telecomunicaciones. Al presentar una arquitectura distribuida en capas y elementos bien definidos, se ha logrado optimizar las acciones ejecutadas por la red, disminuyendo procesos, facilitando las operaciones y brindando mejores servicios a los usuarios. Todo esto nos lleva a concluir que IMS es una arquitectura de red con una nueva visión que se orienta hacia el usuario.
- Al realizar el estudio socio-económico de las ciudades, así como la visita de campo a la ciudad de Cusco, se pudo comprobar la idea de ofrecer servicios de valor agregado en las ciudades de Cusco y Arequipa, ya que se analizó que ambas ciudades cuentan con mercados adecuados tanto en capacidad económica como en nivel de penetración de las telecomunicaciones. A su vez, con el viaje realizado a Cusco se comprobó que el sector turismo presenta un nicho de mercado muy atractivo para este tipo de servicios.
- En el aspecto técnico, se pudo concluir que:
 - El concepto de interconexión de la red es de vital importancia, ya que de no considerarse tendríamos una isla separada del resto del mundo. De esta manera distinguimos 3 definiciones para la interconexión:
 - Interconexión con otras redes; lo cual es posible gracias a los equipos que controlan el borde de la red.
 - Interconexión con otros operadores; representa al concepto anterior pero bajo otros criterios de normatividad y regulación.
 - Interoperabilidad o interconexión con otros nodos de la red separados geográficamente, donde la interconexión depende de la distribución del núcleo de la red.
 - En el diseño de la red de transporte como del núcleo de la red, debe considerarse siempre una configuración 1+1 que represente un sistema

de redundancia física y lógica, dado que por la exigencia del mercado y exigencia de los organismos reguladores, la disponibilidad de la red no debe presentar interrupción alguna.

- Al iniciar los estudios sobre el estado de la tecnología, se encontró con que los operadores se encontraban frente a un dilema con el modelo de negocio a seguir, sobre si debían de invertir o no. Frente a esta situación se ha observado que los principales operadores globales han apostado en la implementación de esta arquitectura, y tras el éxito obtenido se ha generado una serie de decisiones masivas para su implementación, por lo que se concluye que el despegue de esta tecnología ya empezó.

5.2 Recomendaciones

Se sugieren, a continuación, algunas recomendaciones a tener en cuenta sobre el presente proyecto:

- Dado que muchos de los valores utilizados en el análisis de la demanda son datos teóricos, sería recomendable contrastar la información disponible con información real que se pueda obtener de una visita a la ciudad de Arequipa, anfitriona de la sede principal de la red, y de esta manera obtener información de valor agregado, lo que se traduce en un empleo más eficiente de los recursos proyectados.
- Una vez que la red se implemente, se recomienda mantener un seguimiento sobre el desarrollo y estado actual de la tecnología, así como almacenar los datos y la información desarrollada a lo largo de la implementación, para así poder desarrollar experiencia y procedimientos propios en la operación del área. Estos dos elementos nos permitirán más adelante ser capaces de desarrollar nuestro propio conocimiento.
- En relación a la recomendación anterior, sería importante la implementación de indicadores de calidad del servicio, los cuales nos permitan cuantificar el nivel del producto ofrecido, y en base a estas etiquetas, manejar diferentes clases de servicio a ofrecer, con la finalidad de optimizar recursos y maximizar resultados sobre la experiencia del usuario.

Bibliografía

[ALC2010] ALCATEL-LUCENT.

Consulta: 05 de diciembre del 2010.

URL:<http://www.alcatellucent.com/wps/portal?COUNTRY_CODE=US&COOKIE_SET=false>

[ALB2007] ALBA, JULIO; NUÑEZ, MARIA DEL CARMEN; SANZ, MIGUEL

“Evolución de las redes desde el punto de vista del núcleo de la red”. BIT. Madrid. 2005, Nro. 148, pp. 34 – 36. Consulta: 07 de junio del 2010.

<<http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit148/34-36.pdf>>

[CAB2009] CABREJOS, CLAUDIA, CUESTA, ERNESTO

“Diseño de una red IMS para la ciudad de Ica.” Tesis para optar por el título de Ingeniero de las Telecomunicaciones. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de ciencias e ingeniería. 2009.

[CIS2010] CISCO SYSTEMS, INC.

Consulta: 08 de diciembre del 2010.

URL :< <http://www.cisco.com/en/US/hmpgs/index.html>>

[COP2009] COPELAND, REBECCA

“Converging NGN wireline and mobile 3G networks with IMS”. Florida: Auerbach Publications. 2009. Consulta: 21 de junio del 2010.

<<http://books.google.com.pe/books?id=ruWv8RGkBGgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>>

[ERL2010] ERLANG B TABLE

Indicadores estadísticos del tráfico de una red de telecomunicaciones.

Consulta: 02 de diciembre del 2010.

URL:<<http://www.utem.edu.my/myweb/fauziabdwahab/documents/Erlang%20B%20Traffic%20Table.pdf>>

[FER2010] FERNANDEZ PILCO, PERCY

Aspectos normativos y regulatorios desde un punto de vista técnico. Material de enseñanza. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de ciencias e ingeniería. 2010.

[HUA2010] HUAWEI.

Consulta: 06 de diciembre del 2010.

URL :< <http://www.huawei.com/>>

[INE2010] Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI.

Indicadores demográficos, sociales y económicos 2007

Consulta: 05 de octubre del 2010.

URL: <<http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/IndDem/>>

[LTE2010] MARCANO, DIOGENES

“LTE: Long Term Evolution”. Material de enseñanza. Curso único de especialización presentado en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2010.

[MIN2010] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR.

Información de turismo receptivo.

Consulta: 05 de octubre del 2010.

URL:<<http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Default.aspx?tabid=3460>>

[MTC2010] Ministerio de transportes y comunicaciones - MTC.

Estadísticas de servicios públicos de telecomunicaciones a nivel nacional.

Consulta: 05 de octubre del 2010.

URL:<<http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/estadisticas/estadisticas.htm>>

[OSI2010] Organismo supervisor de inversión privada en telecomunicaciones - OSIPTEL.

Compendio de estadísticas de los mercados de servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú.

Consulta: 05 de octubre del 2010.

URL:<[\[JUN2007\] JUNQUERA, RAFAEL A.](http://www.osiptel.gob.pe/WebsiteAjax/WebFormgeneral/sector/wfrm_Consulta_Informacion_Estadisticas.aspx?CodInfo=13463&CodSubCat=864&TituloInformacion=Indicadores%20Estad%c3%adsticos&DescripcionInformacion=></p></div><div data-bbox=)

“IP Multimedia Subsystem”. Reporte Tele Semana. 2005, s/l, pp. 13 – 15. Consulta: 10 de Julio del 2010.

<<http://www.telesemana.com/reportes/detalle.php?id=7>>

[MAR2007] MARTINEZ, IGNACIO

“El core en las redes de nueva generación”. BIT. Madrid. 2005, Nro. 148, pp. 40 – 42. Consulta: 07 de junio del 2010.

<<http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit148/40-42.pdf>>

[POI2004] POIKSELKA, MIIKA; MAYER, GEORG; KHARTABIL, HISHAM; NIEMI, AKI

“The IMS IP multimedia concepts and services in the mobile domain”. Inglaterra. 2004. John Wiley & Sons, Ltd.

[SAU2009] SAUTER, MARTIN

“Beyond 3G – Bringing networks, terminals and the web together”. Inglaterra. 2009. John Wiley & Sons, Ltd.

[RAD2010] RADIO MOBILE

Herramienta de planificación de radio-enlaces.

Descargado: el 05 de octubre del 2010.

URL:<<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>>

Anexos

Anexo 1: Datos y Mapas de cobertura.

Se presenta en este anexo la ubicación de todos los E-Nodos B a implementar en el proyecto, proporcionando coordenadas y parámetros de radiofrecuencia.

Anexo 2: Cálculos de propagación.

Se presenta en este anexo los cálculos de los parámetros de propagación, Tanto en el Uplink como Downlink, para todos los nodos de la red.

Anexo 3: Alcatel Lucent 9500 MPR.

Se presenta en este anexo la Hoja técnica 9500 MPR DE ALCATEL LUCENT.

Anexo 4: Solución IMS de Alcatel Lucent.

Se presenta en este anexo la solución completa de IMS ofrecida por el proveedor Alcatel Lucent.

Anexo 5: Hojas técnicas solución IMS.

Se presenta en este anexo las Hojas técnicas de los equipos empleados tanto en la red de acceso como en el core de la solución IMS.

Anexo 6: Visita de campo: Cusco.

Se presenta en este anexo fotografías de las estaciones base existentes en la red móvil de la ciudad, realizadas durante la visita de campo Cusco – Sites.