



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO DE LA CONECTIVIDAD PARA DOTAR DEL SERVICIO UNIVERSAL PARA LA ISLA PUNÁ, CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA DEL GUAYAS, UTILIZANDO SERVICIO MÓVIL AVANZADO, TECNOLOGÍA 3G”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES

NAULA YUNGÁN LEÓN ALBERTO

RUIZ DAKER JONATHAN JOSÉ

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecir con sabiduría cada paso durante nuestras carreras profesionales, a nuestros queridos padres y familia por su confianza y apoyo incondicional, al Phd. Freddy Villao Q. por guiar los conocimientos y experiencias adquiridos a lo largo de la carrera estudiantil a fin de concluir de la mejor manera con esta etapa de nuestra vida académica, y a nuestros amigos politécnicos, con quienes hemos compartido este arduo y exigente proceso académico a lo largo de todos estos años.

Estimados amigos, compañeros, profesores y autoridades de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, gracias por permitir formarnos con ustedes en busca de una constante mejora en nuestro desempeño profesional y personal.

DEDICATORIA

A mis Padres , Don León y Doña Norma, ya que con su ejemplo en el día a día han sabido guiar el camino personal y profesional de sus tres hijos, convirtiendo a cada uno de ellos en sujetos activos del progreso de esta Sociedad, cambiando así una estructura familiar que llevaba muchos años sin ser transformada. Gracias por todo.

León Alberto Naula Yungán.

A mi madre, Rocío, quién al igual que mi padre, Mateo, siempre me han acompañado a lo largo de mi vida en fortunas y tempestades, que han respaldado cada una de mis decisiones y apoyado cuando ha sido necesario. A mi hijo, José Antonio, que ha sido mi mayor fuente de inspiración para seguir adelante, poder brindarle un gran ejemplo a seguir, justificar los sacrificios realizados y que sea él junto a Caroline, mi compañera y confidente por tantos años, aquellos que se beneficien de los frutos cosechados en el futuro como parte de mi familia. A mi gran amigo, Leo, que conozco por más de 20 años y ha sido gran ayuda en muchos aspectos de mi vida. A mi hermano, Walter, aquel capaz de entender sin necesidad de brindar explicación, extender su amistad sin pedir a cambio y que ha sido complemento de superación personal y profesional. A todos mis grandes amigos que han formado una gran parte de mi vida aportando su amistad desde el colegio hasta la etapa universitaria y me han permitido llegar a este punto.

Jonathan José Ruiz Daker.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

Phd Msc. Freddy Villao Quezada

PROFESOR EVALUADOR

Ing. Msc. Jorge Gómez P.

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me(nos) corresponde exclusivamente; y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

León Alberto Naula Yungán

Jonathan José Ruiz Daker

RESUMEN

Los sistemas de comunicación en la actualidad representan una herramienta de desarrollo tecnológico, cultural, social, educativo y productivo de lo que hoy por hoy conocemos como Sociedad de la Información, concepto vigente en la Constitución del Ecuador y en los principales tratados de Telecomunicaciones en el mundo. Estas se definen como sociedades en las que todas y todos puedan crear, utilizar, compartir y diseminar libremente la información y el conocimiento, así como acceder a éstos, con el fin de que particulares, comunidades y pueblos sean habilitados y habilitadas para mejorar su calidad de vida y llevar a la práctica su pleno potencial. Por tanto, el presente proyecto integrador persigue salvaguardar el derecho fundamental de todas las personas a poseer acceso universal a la información mediante el establecimiento de conexiones confiables y de buena calidad de servicio para las aplicaciones finales del Servicio de Telecomunicaciones Móvil Avanzado en una parroquia rural como Puná.

El primer capítulo presenta los antecedentes e historia de los Servicios Móviles en el Ecuador, hechos estadísticos que permiten demostrar el crecimiento de la demanda en todo el país del SMA, además se identifica una población objetivo donde existe una problemática en estos servicios. El segundo capítulo presenta la descripción técnica de las dos tecnologías presentes en el población rural escogida, muestra el análisis y la arquitectura de las redes tras el estudio de la realidad y las variables que involucran el problema definiendo los alcances del proyecto. Así mismo describe las consideraciones generales para los procesos de planeamiento y optimización de redes celulares donde se definen los Key Parameter Indicator (KPIs) comúnmente monitoreados en una solución celular outdoor.

El tercer capítulo procederá a presentar las mediciones del trabajo de campo realizado, muestra también tanto los equipos y herramientas de software utilizados, como la metodología para el desarrollo del proyecto y los resultados obtenidos del análisis de cada sistema desplegado por los operadores del SMA en Puná. Mismos que permitirán evaluar la calidad y el desempeño de las tecnologías existentes,

además de fundamentar las bases para el diseño de conectividad propuesto. El cuarto capítulo representa una guía en el desarrollo del diseño de una solución a ser implementada junto con los lineamientos técnicos de los equipos e interfaces necesarias para llevar a cabo la migración a la tecnología 3G. Finalmente se presentan simulaciones de la nueva cobertura de la red 3G que brindará servicio a los usuarios de Puná.

Los resultados del diseño UMTS-3G propuesto muestran que tanto la cobertura en voz y la velocidad de transferencia en datos alcanzarían un óptimo desempeño en calidad de servicio respecto del que al momento se encuentra siendo utilizado, GSM-2G. De esta manera buscamos hacer cumplir uno de los principales preceptos intrínsecos de las Telecomunicaciones en el Ecuador y el mundo, el cual es interconectar a todos los seres humanos con la mejor tecnología posible en busca de potenciar el desarrollo de los pueblos más rezagados para que todos formen parte activa de una verdadera Sociedad del Conocimiento e Información.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
CAPÍTULO 1	1
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
1.1. Antecedentes del SMA en el Ecuador	7
1.1.1. Primera Generación de Servicios Móviles de Telefonía Celular (1G).....	8
1.1.2. Segunda Generación de Servicios Móviles de Telefonía Celular (2G).....	8
1.1.2.1. TDMA	9
1.1.2.2. GSM	9
1.1.2.3 CDMA	9
1.1.3. Segunda Generación y Media de Servicios Móviles de Telefonía Celular (2.5G)	10
1.1.4. Tercera Generación de Servicios Móviles de Telefonía Celular (3G).....	10
1.1.5. Cuarta Generación de Servicios Móviles de Telefonía Celular (4G).....	11
1.2. Motivación y Justificación del Proyecto	13
1.2.1. Descripción de la Población Objetivo	15
1.2.2. Características Socio-Económicas de la Población de Puná	17
1.2.3. Identificación del Problema.....	21
CAPÍTULO 2.....	27

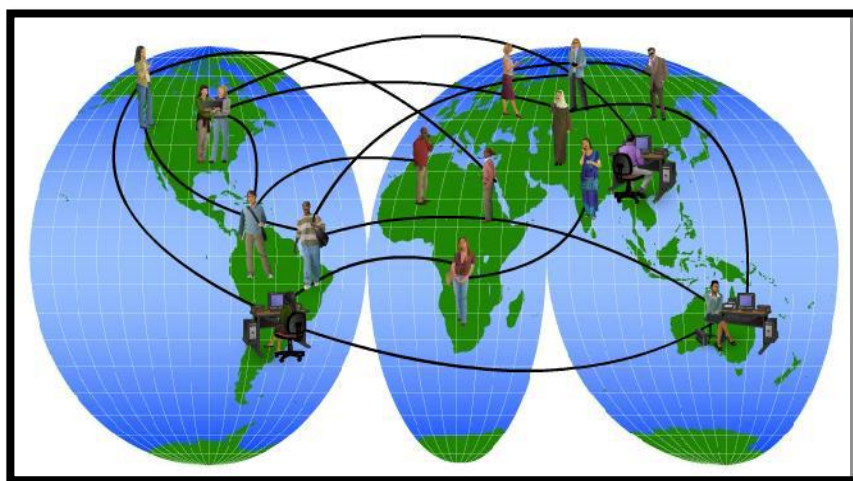
2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA TECNOLOGÍA CELULAR DESPLEGADA EN PUNÁ.....	27
2.1. Tecnologías Móviles.....	27
2.1.1. Segunda Generación.....	27
2.1.2. Tercera Generación.....	31
2.2. Planificación y Optimización de Redes de Acceso de Radio.....	35
2.2.1 Definición.....	36
2.2.2 Consideraciones para la Planificación y Optimización	36
2.2.3 Indicadores de Desempeño de la Señal de Radio	37
CAPÍTULO 3.....	40
3. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE LAS REDES CELULARES OPERATIVAS EN PUNÁ.....	40
3.1. Herramientas y Métodos de Medición	40
3.2. Objetivo y Valor de las Pruebas de Campo.....	43
3.2.1. KPIs o Métricas de Desempeño a Considerar en el Análisis de las Redes Celulares en Puná	45
3.3. Mediciones Realizadas en Puná Nueva	46
3.3.1. Mediciones de Campo de los Parámetros 2G de las Redes Celulares Claro y Movistar.....	47
3.3.2. Parámetros 3G recolectados en las Mediciones de Campo de la Red Celular de CNT E.P.....	51
3.4. Resultados de las Mediciones de las Pruebas de Campo.....	55
3.5. Análisis de Cumplimiento de Desempeño de las Redes Celulares en Puná.....	56
3.5.1. Afectación Cuantitativa de los KPIs en la señales de Potencia e Interferencia por cada Tecnología presente en Puná	58
3.5.2. Comparación Cualitativa de las Tecnologías Celulares en Puná.....	59
3.6. Escenario Actual del SMA al interior de Puná	60
CAPÍTULO 4.....	71
4. Descripción del Diseño de la Solución de Red 3G.	71

4.1. Escenario Celular Desplegado en la Periferia de Puná.....	71
4.2. Equipamiento a Utilizar para la Implementación de la Solución 3G ...	74
4.3. Despliegue de la Solución en el sitio	78
4.3.1. Ubicación de Equipos.....	78
4.3.2. Configuración de Sistema Radiante	79
4.3.3. Simulaciones de la Nueva Cobertura y Tasas de Transferencia provistas por la Solución 3G propuesta.....	82
4.3.4. Costos de Instalación	86
4.3.5. Tiempo Estimado de Implementación	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXO A.....	99
ANEXO B.....	128
ANEXO C.....	130
ANEXO D.....	131

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

En la actualidad lo que encontramos en la Isla Puná, como ofertas comerciales para acceder al Servicio Móvil Avanzado, son los planes lanzados al mercado por las operadoras privadas CONECEL S.A, OTECEL S.A y el operador estatal CNT EP. Se pudo tener acceso y observar los sitios e infraestructura montada por cada uno de los prestadores de estos servicios ubicados en el área de mayor densidad poblacional, Puná Nueva. Mediante la visita técnica realizada el 13 Junio del 2015 donde se procedió a investigar en campo los medios de comunicación y las diferentes maneras como las personas de la zona de Puná Nueva y sus alrededores se mantienen conectadas al exterior de la isla, se pudo observar de primera mano que la telefonía móvil y el acceso a internet son el principal medio de comunicación utilizado por los pobladores con líneas activas suscritas a los operadores privados CLARO y MOVISTAR, el operador estatal, CNT E.P, también se encuentra presente con un sitio en la isla; pero la penetración en el mercado por parte del operador estatal es muy baja con respecto a la de los operadores competidores privados. El problemas sobre el SMA y los servicios que este ofrece a los usuarios en Puná ocurre debido a conexiones poco confiables y de baja calidad de servicio en tasas de transferencia de datos, propias de la tecnología desplegada para servir a esta población, con acceso a Internet o redes de Telecomunicaciones externas a la Isla. Misma percepción que es confirmada por los usuarios del SMA en sus equipos móviles mediante los que acceden a distintas aplicaciones móviles utilizando la infraestructura tecnológica implementada en el área de Puná Nueva. En la figura 1.1 observamos una figura que ilustra como las Telecomunicaciones brindan conectividad en todas partes del mundo.



Fuente. Academia Cisco Capt.1 Elementos de la Red [2]

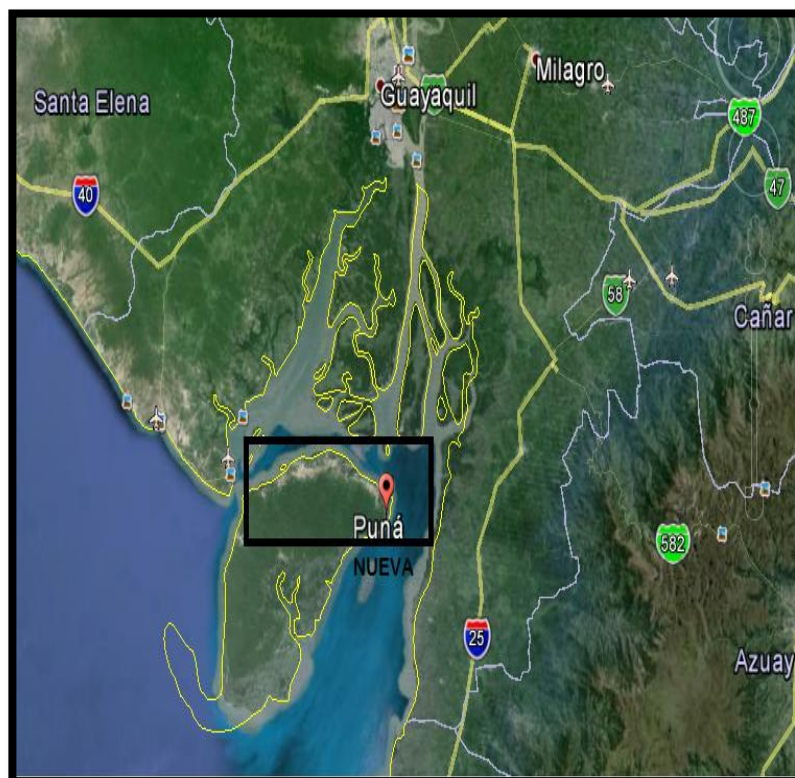
Figura 1.1 : Servicios de Telecomunicaciones proveen Conectividad a los Usuarios en todo el Mundo

En el Ecuador de acuerdo a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones [3], la Arcotel (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) es el ente autónomo encargado del control de los servicios de radiodifusión, televisión y espectro radioeléctrico. Debe verificar y confirmar que estos servicios se proporcionen con eficiencia, responsabilidad, transparencia, calidad, continuidad y equidad. Es el responsable de fomentar el respeto de los derechos de los usuarios a través de la participación ciudadana, de conformidad a un ordenamiento jurídico y al interés general. Los servicios de telecomunicaciones controlados por la Arcotel entre otros son:

- Servicio Móvil Avanzado (telefonía móvil)
- Servicio de Telefonía Fija (telefonía convencional)
- Servicio de Valor Agregado (modalidad Internet)
- Servicios Portadores de Telecomunicaciones
- Centros de acceso a la información (cibercafés o infocentros)

Las comunicaciones móviles sin duda alguna han experimentado un crecimiento vertiginoso, desarrollándose a la actualidad diversas tecnologías y sistemas para brindar servicios de comunicación inalámbrica. En Puná se pudo constatar que existen problemas de interconexión en las llamadas originadas desde los móviles de usuarios del mismo operador que tengan como destino cualquier usuario que se encuentre fuera del área de cobertura local, comportamiento similar presenta la comunicación contra los usuarios de los otros operadores. El acceso, la carga y descarga desde las aplicaciones que utilizan la transmisión de datos inalámbrica provista por los operadores del SMA son los servicios que se perciben por los pobladores de la zona como los más afectados. Esto se hace aún más notorio cuando se presenta la necesidad de compartir, acceder o descargar información importante vía Internet o mediante sistemas de servicios de datos privados y se utiliza para este fin la infraestructura tecnológica de los proveedores asentados en la isla. Se obtuvo confirmación de la problemática descrita anteriormente luego de realizado el respectivo reconocimiento técnico y diferentes mediciones de parámetros técnicos de campo. Además también se tomaron en cuenta entrevistas personales con los pobladores que desarrollan sus actividades diarias y utilizan este servicio en su día a día para llevar a cabo sus actividades desde la cabecera cantonal de la isla Puná.

Debido a la ubicación geográfica de Puná es crítico y un tanto complicado poder mantener buena calidad de servicio en lo que a telecomunicaciones se refiere debido a que el medio por el cual se puede conectar este lugar al mundo son los radio enlaces que deben cubrir grandes distancia y están sujetos a interferencias o inestabilidad en la señal por varios factores externos que no son enteramente predecibles al momento de su diseño, a continuación en la figura 1.2 mostramos la localización geográfica de la isla donde podemos observar que para visitar este punto del territorio nacional se lo puede realizar estrictamente vía marítima o aérea.



Fuente Google Earth

Figura 1.2 : Isla Puná Vista Satelital

En la tabla 1.1 podemos observar diferentes distancias hacia puntos estratégicos ubicados en la provincia del Guayas. Distancias que nos demuestran que acceder a este sitio puede ser muy complicado debido al tiempo que toma el viaje hacia el interior de la isla por parte de las personas que requieran acceso a los equipos de comunicación y que no sean residente de esta Isla. A Puná solo se llega vía lancha, estas zarpan desde Posorja o también existen botes turísticos-comerciales de pasajeros y mercadería que zarpan desde el puerto de embarque y desembarque del mercado de la Caraguay, ubicado en el sur de la ciudad de Guayaquil. El tiempo disponible para el trabajo de soporte técnico o mantenimiento de los equipos e infraestructura de telecomunicaciones (torres y radio bases) presentes en el lugar es directamente limitado por los horarios de las embarcaciones con acceso a la Isla. Los botes comerciales o de pasajeros con capacidad para transportar al personal

solo zarpan ciertos días de la semana; los lunes (ingreso) y viernes (ingreso y salida) , sábados (solo ingreso a la isla), y domingos (solo salida de la isla).

CUADRO DE DISTANCIAS DESDE GUAYAQUIL	
DESTINO	DISTANCIA (km)
Puná	79.9
A Gral. Villamil Playas	96
A Posorja	116
A Bellavista	122

Fuente SENPLADES, Subsecretaría Zona 8, 2012

Tabla 1 : Distancia desde el Cantón Guayaquil hacia puntos estratégicos en la provincia del Guayas

Esta problemática se hace más notoria en la actualidad cuando el crecimiento de los requerimientos de acceso al internet han crecido de manera vertiginosa en el mercado ecuatoriano. El incremento de la telefonía móvil de los últimos cinco años, datos por cada operador con permiso de concesión para explotar el espectro radioeléctrico en el territorio ecuatoriano, son a continuación presentados en la tabla 1.2

Servicios Móvil Avanzado Densidad					
 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones					
Fecha de publicación: Mayo de 2015					
AÑO	CLARO	MOVISTAR	CNT E.P	TOTAL LINEAS ACTIVAS DEL SMA	DENSIDAD LINEAS ACTIVAS DEL SMA
2001	483.982	375.170	-	859.152	6,88%
2002	920.878	639.983	-	1.560.861	12,33%
2003	1.533.015	861.342	3.804	2.398.161	18,67%
2004	2.317.061	1.119.757	107.356	3.544.174	27,21%
2005	4.088.350	1.931.630	228.352	6.246.332	47,27%
2006	5.636.395	2.490.002	358.653	8.485.050	63,28%
2007	6.907.911	2.582.436	433.275	9.923.622	72,94%
2008	8.156.359	3.211.922	323.967	11.692.248	84,70%
2009	9.291.268	3.806.432	356.900	13.454.600	96,07%
2010	10.470.502	4.314.599	333.730	15.118.831	104,39%
2011	11.057.316	4.513.874	303.368	15.874.558	107,51%
2012	11.757.906	5.019.666	309.271	17.086.863	110,09%
2013	12.030.886	5.148.308	362.560	17.541.754	111,20%
2014	11.772.020	5.055.645	776.892	17.604.557	109,84%
abr-15	10.293.002	4.688.985	1.072.376	16.054.363	99,65%

Fuente Arcotel [4]

Tabla 2 : Líneas Activas del SMA en el Ecuador por Operadora

1.1. Antecedentes del SMA en el Ecuador

La telefonía móvil, ahora llamado Servicio Móvil Avanzado, fundamentalmente está formada por dos grandes partes: la red de telecomunicaciones y los terminales (teléfonos móviles) que permiten acceso a la red. La telefonía móvil ha tenido distintas etapas de evolución mismas que se conocen como generaciones; así, desde el comienzo de la era de la telefonía celular en la década de los 70 donde se introdujo el primer radioteléfono, las comunicaciones móviles sin duda alguna han experimentado un enorme crecimiento tecnológico en sus sistemas para brindar los servicios de comunicación móviles inalámbricos [5]. Una referencia de la evolución de los sistemas celulares se evidencia en sus terminales como se muestra en la figura 1.3.



Fuente Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16, 2012 [5]

Figura 1.3 : Evolución de la Tecnología Celular

En el Ecuador el servicio móvil celular inicia su explotación a finales de 1993 con la entrada en el mercado de las empresas privadas CONECEL S.A. (Porta Celular, luego CLARO) y OTECEL S.A. (al inicio se llamada Celular Power, luego Bellsouth y actualmente denominada MOVISTAR), manteniéndose un duopolio hasta el año 2003 cuando entró en operación una tercera operadora TELECSA (al inicio Alegre y actualmente CNT E.P). El progreso de la tecnología ha permitido que el sistema celular en el Ecuador evolucione de la manera en que se detalla a continuación.

1.1.1. Primera Generación de Servicios Móviles de Telefonía Celular (1G)

Los sistemas móviles de primera generación (1G) se caracterizaron por realizar transmisiones de tipo analógico, servicios de voz con niveles de baja calidad utilizando para su funcionamiento la técnica FDMA o Acceso Múltiple por División de Frecuencia, lo que hacía a estos sistemas limitados en relación al número de usuarios a los cuales podía brindar servicio. La seguridad de la información no existía en estos sistemas. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System) desarrollada por los laboratorios Bell. (Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16) [5].

1.1.2. Segunda Generación de Servicios Móviles de Telefonía Celular (2G)

La segunda generación se caracteriza especialmente por ser digital, lo que trajo consigo la reducción de tamaño, costo y consumo de potencia en los dispositivos móviles, además de transmitir voz y datos digitales de volúmenes bajos, por ejemplo, mensajes de texto (SMS siglas en inglés de Servicio de Mensajes Cortos) o mensajes multimedia (MMS siglas en inglés de Servicio de mensajes multimedia), identificador de llamadas, conferencia tripartita, entre otros. Con los sistemas de telefonía celular de segunda generación se logró incrementar las velocidades de transmisión de información. Además, con los sistemas 2G se logró avances significativos en cuanto a seguridad, calidad de voz y de roaming. Dentro de la segunda generación de celulares puede destacar los sistemas TDMA, GSM y CDMA. (Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16) [5].

1.1.2.1. TDMA

La multiplexación por división de tiempo es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal de transmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión. (Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16) [5] .

1.1.2.2. GSM

Sistema Global para las Telecomunicaciones Móviles. El Group Special Mobile fue el organismo que se encargó de la configuración técnica de una norma de transmisión y recepción de información para la telefonía europea. El estándar GSM fue desarrollado a partir de 1982, pero no fue hasta 1992 que las primeras redes europeas de GSM-900 iniciaron su actividad, y el mismo año fueron introducidos al mercado los primeros teléfonos celulares GSM, siendo el primero el Nokia 1011 en noviembre de ese año. Los sistemas de segunda generación GSM emplean una combinación de las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA (Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16) [5].

1.1.2.3. CDMA

En el año 1992 la compañía Qualcomm desarrolló un sistema celular basado en la técnica de acceso múltiple CDMA, para posteriormente, en el año de 1993 ser modificado y adoptado por la TIA (Asociación de la Industria de Telecomunicaciones) bajo el nombre IS-95, conocido también como Cdma One. En 1995 finalmente se realizó el lanzamiento del primer sistema comercial basado en esta tecnología en Hong Kong por parte del operador Hutchison Telecom. (Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16) [5].

1.1.3. Segunda Generación y Media de Servicios Móviles de Telefonía Celular (2.5G)

La generación 2.5G corresponde a mejoras tecnológicas en las redes 2G, las cuales se mencionan a continuación:

- HSCSD mejora el mecanismo de transmisión de datos.
- GPRS transmisión por paquetes se puede utilizar servicios WAP.
- EDGE es una evolución de GPRS

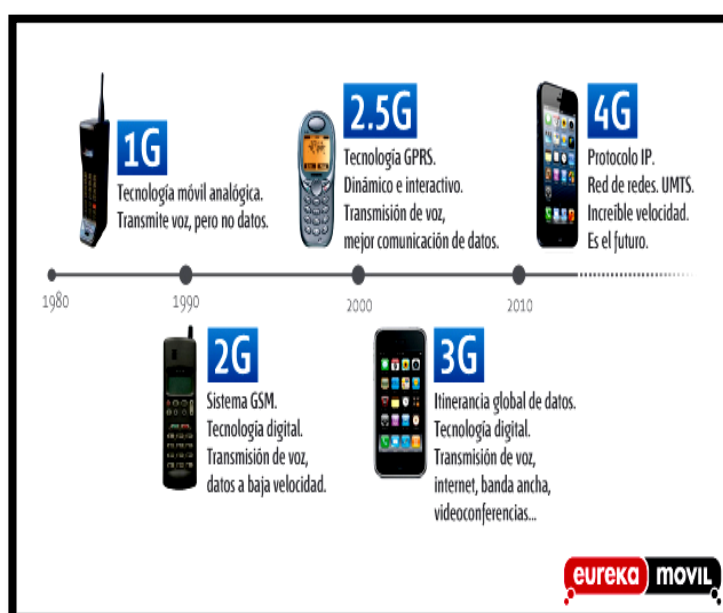
Todas estas modificaciones son tendencias a entregar capacidades 3G con una velocidad teórica de hasta los 384 Kbps, misma que es una tasa de transferencia más adecuada para muchas aplicaciones en la transferencia de datos (Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16) [5].

1.1.4. Tercera Generación de Servicios Móviles de Telefonía Celular (3G)

Está basada en la familia de estándares de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) establecido en la IMT-2000. UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) constituye uno de los miembros de esta familia de estándares IMT-2000. Entre los atributos de UMTS se puede destacar: conectividad virtual a la red todo el tiempo, diferentes formas de tarifación, ancho de banda asimétrico en el enlace ascendente y descendente, configuración de la calidad de servicio (QoS), integración de la diferentes tecnologías de modulación y estándares de redes fijas y móviles, entorno de servicios personalizado, y muchos otros. (Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16) [5].

1.1.5. Cuarta Generación de Servicios Móviles de Telefonía Celular (4G)

4G son las siglas de la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. 4G está basada totalmente en IP. Este es un sistema de sistemas y una red de redes alcanzado después de la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas así como en computadores, dispositivos electrónicos y en tecnologías de la información para proveer velocidades de acceso entre 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo. En nuestro país hasta el día de hoy existe una red 4G implementada y explotada por el concesionario estatal de Servicio Móvil Avanzado CNT E.P. En la figura 1.4 se presenta un resumen de las tecnologías de servicios móviles avanzados disponibles en el Ecuador (Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16) [5].

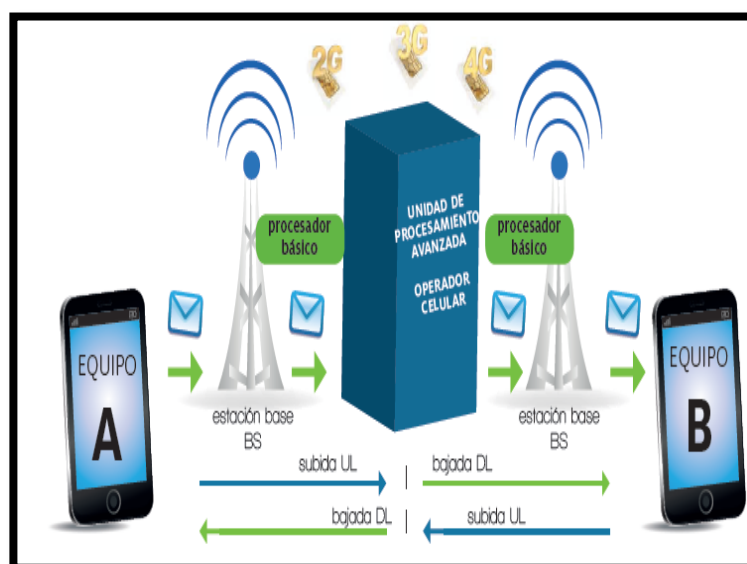


Fuente Eureka Móvil

Figura 1.4 : Evolución de las Tecnologías Móviles en el Ecuador

La red de telecomunicaciones del servicio móvil avanzado consiste en una combinación de estaciones transmisoras-receptoras (estaciones base) y una serie de centrales telefónicas repetidoras que permiten la comunicación entre terminales móviles o entre terminales móviles y teléfonos fijos. Las estaciones base están conformadas por los siguientes elementos: equipos transmisores y receptores de

radio que son quienes realizan el enlace con el usuario para efectuar y recibir llamadas. Las antenas utilizadas suelen situarse en lo más alto de una torre metálica para dar una mejor cobertura. Una topología sencilla para la comprensión es mostrada en la figura 1.5. [5]



Fuente Revista Tecnológica Arcotel Edición N°16. [5]

Figura 1.5 : Estructura Genérica de una Red Celular

Para la instalación de estaciones base el operador del Servicio Móvil Avanzado debe contar con los respectivos permisos ambientales y de ser el caso mimetizar las torres para que no exista un impacto visual a los moradores del sector. Según los registros de la Arcotel hasta abril del 2015 ha existido un gran incremento de líneas activas del SMA en el Ecuador como ya se detalló anteriormente .

1.2. Motivación y Justificación del Proyecto

Las definiciones contenidas en el Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones redactadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), organismo rector para la Naciones Unidas y el mundo en materia de Telecomunicaciones, nos indica que los servicios de telecomunicaciones y el acceso a la Información a través de estos servicios se deben basar en tres principios fundamentales: " la *Universalidad*, todos los usuarios deben tener acceso al servicio telefónico fijo o móvil a precios asequibles; *Igualdad*, cada persona tiene la posibilidad de exigir el acceso al servicio independientemente de su ubicación geográfica; y la *Continuidad*, el acceso a la red debe ser ininterrumpido, en base a parámetros definidos de calidad de servicio, y no es posible suprimir el servicio a menos que el usuario pueda utilizar un servicio sustituto".[1]

Dentro de la Constitución de la República del Ecuador del 2008 [6] en el Título II: Derechos, Capítulo II: Derechos del Buen Vivir, Sección III: Comunicación e Información (Art. 16) se reconoce como un derecho fundamental, entre otros temas, el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación. Adicionalmente se detalla en este mismo artículo que la creación de medios de comunicación social, y al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas son también reconocidos como derechos fundamentales consagrados para todos los ecuatorianos.

Se puede encontrar también consagrado en la ley Orgánica de Comunicación del Ecuador [7] expedida por la Asamblea Nacional, en el Título II: Principios y derechos, Capítulo II: Derechos a la comunicación, Sección II: Derechos de igualdad e interculturalidad (Art. 35) que todas las personas tienen derecho a acceder, capacitarse y usar las tecnologías de información y comunicación para potenciar el disfrute de sus derechos y oportunidades de desarrollo. En concordancia con lo

expuesto en esa ley se expide también la Ley Orgánica de Telecomunicaciones del Ecuador[3] en la cual encontramos en el Título X: Sociedad de la Información y del Conocimiento y Servicio Universal, Capítulo Único: Promoción de la Sociedad de la Información y Prestación del Servicio Universal (Art. 88) que el Ministerio rector de las Telecomunicaciones promoverá la Sociedad de la Información y del Conocimiento para el desarrollo integral del país. A tal efecto, dicho órgano deberá orientar su actuación y gestión a la formulación de políticas, planes, programas y proyectos destinados a:

"Promover el acceso universal a los servicios de telecomunicaciones; en especial, en zonas urbano marginales o rurales, a fin de asegurar una adecuada cobertura de los servicios en beneficio de las y los ciudadanos ecuatorianos." (Art. 88 inciso 2 Ley Orgánica de Telecomunicaciones). [7]

"Promover el establecimiento eficiente de infraestructura de telecomunicaciones, especialmente en zonas urbano marginales y rurales." (Art. 88 inciso 3 Ley Orgánica de Telecomunicaciones). [7]

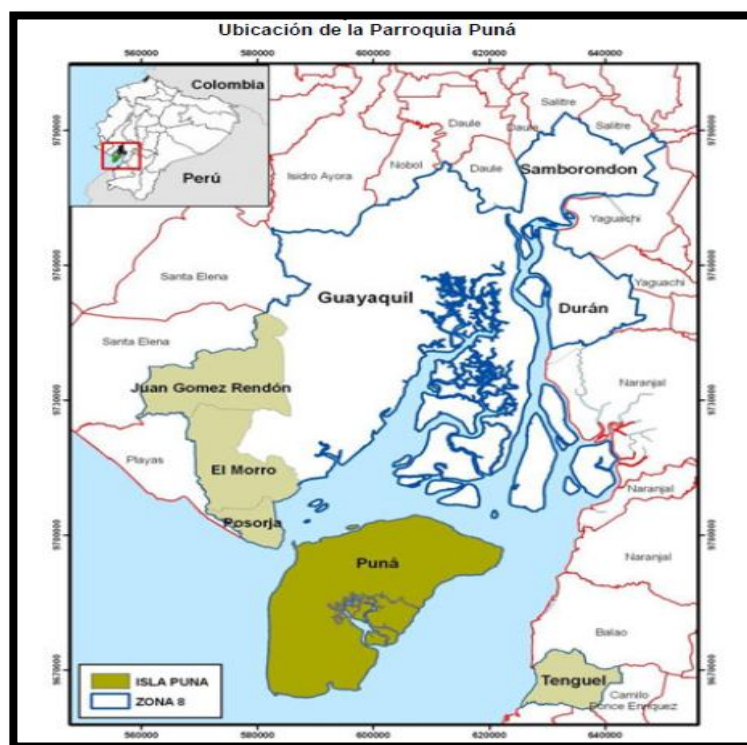
"Promover el desarrollo y liderazgo tecnológico del Ecuador que permitan la prestación de nuevos servicios a precios y tarifas equitativas. " (Art. 88 inciso 7 Ley Orgánica de Telecomunicaciones) .[7]

Por tanto al momento de presentarse problemas debido a la calidad de servicio con la que se ofertan estos paquetes de servicios móviles en la parroquia Puná, especialmente en el acceso, carga y descarga de información utilizando internet y aplicaciones instaladas en las equipos móviles de los usuarios, la motivación del presente trabajo se encuentra orientada a mejorar la cobertura y capacidad de tráfico del Servicio Móvil Avanzado implementado en la zona, establecer los lineamientos de la infraestructura física necesaria para la migración a una nueva y mejor tecnología de comunicación móvil de una segunda generación a un

equipamiento de tercera generación y de esta manera optimizar el acceso de Puná a información que se genere en cualquier lugar del mundo. Es así como se propone dar un paso más tanto en el desarrollo y liderazgo tecnológico del Ecuador como en la reducción de la brecha digital de sus habitantes.

1.2.1. Descripción de la Población Objetivo

Puná es una isla del cantón Guayaquil en Ecuador. Fue parroquializada el 13 de Octubre de 1845. Su patrona es la Virgen de las Mercedes. Forma parte de la provincia de Guayas. Tiene 919 km² de extensión. Está situada en el golfo de Guayaquil, frente a la formación deltaica del Estero Salado y del río Guayas, es la tercera isla más grande de este país tras la isla Isabela y isla Santa Cruz en las Galápagos. La Isla Puná, fue declarada área protegida en el 2009, ya que cuenta con 5 manglares, es una zona muy rica en biodiversidad. Se originó por las acumulaciones de materiales recientes sobre un núcleo más antiguo, formado por rocas volcánicas. Ubicada en la misma embocadura del golfo, entre la punta de El Morro y la costa de la provincia de El Oro, está separada de tierra firme por el canal de Jambelí, al sureste, y por el estrecho canal de El Morro, al noroeste. La isla cuenta con un clima tropical seco, por influencia de la corriente de Humboldt. La localidad más importante es Nueva Puná, localizada en el noreste de la isla. La pesca y exportación de moluscos, además del ecoturismo son los principales recursos de la isla. En la figura 1.6 se presenta Puná en un contexto geográfico, de tal manera que podremos tener una idea de la parroquia donde se pretende mejorar la QoS de un servicio universal de telecomunicaciones, al momento se provee a la Isla de servicios de voz y datos mediante tecnología celular GSM (2G) pertenecientes a los operadores móviles privados presentes en el país y HSPA+ (3G) por parte del operador estatal. (Plan Organizacional y Territorial SENPLADES 2012) [8].



Fuente SENPLADES-Subsecretaría Zona 8, 2012. [7]

Figura 1.6 : Ubicación Geográfica de Puná

Puná se encuentra entre los $2^{\circ}40'$ y $3^{\circ}02'$ de latitud sur y entre los $79^{\circ}54'$ y $80^{\circ}04'$ de longitud oeste. Es la isla más grande de todo el filo costero del Ecuador. Su población es de 6.769 habitantes y su densidad poblacional es de 7,35 habitantes por kilómetro cuadrado. Limita al norte con las islas Mondragón, Chupadores e Isla Verde, al sur y al este con el canal de Jambelí y desembocadura de éste al mar, por el oeste con el canal del Morro, rodeada por las islas Manglecito, Zapatero y la parroquia de Posorja. En su territorio existen veinte y cuatro asentamientos humanos, entre los que destaca su cabecera parroquial Puná Nueva [8]. En esta ubicación se proponen implementar las mejores tecnológicas sobre el SMA de los proveedores con mayor aceptación de mercado presente en la isla CONECEL S.A y OTECEL S.A.

1.2.2. Características Socio-Económicas de la Población de Puná

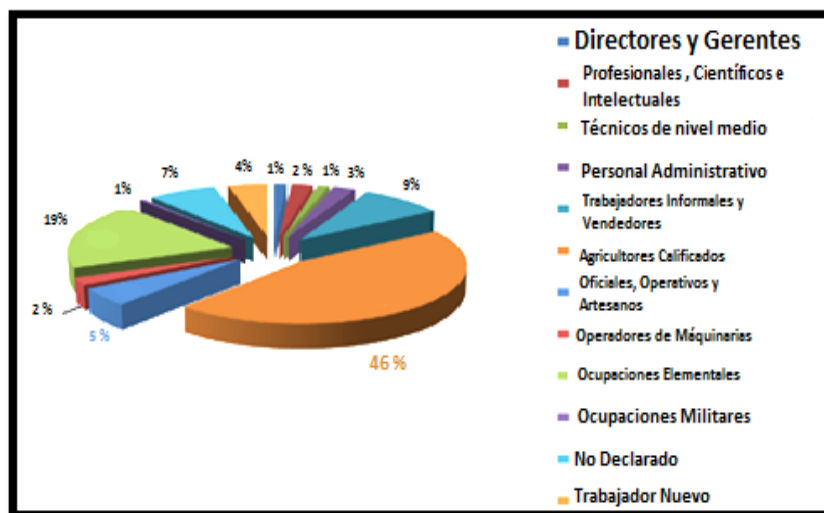
En Puná la Población Económicamente Activa (PEA) es de 2.403 personas, cifra que representa el 36% de la población total. El 60,1 % de la misma se ocupa en actividades de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (sector primario de la producción). El 13% trabaja en las ramas de comercio, transporte, almacenamiento y construcción (sector terciario). El 3,1% labora en el sector industrial (sector secundario). El 23.8% se dedica a las restantes ramas de la economía; datos recogidos sobre el último censo poblacional en el Ecuador en el año 2010. De acuerdo a la tabla 1.3 donde encontramos datos poblaciones encuestados en el último Censo Nacional de Población y Vivienda realizado en el año 2.010, se informa que Puná tiene una población de 6.769 habitantes. En los últimos veintiocho años (desde el año 1.982) su población se ha incrementado en 2.564 habitantes (61%). [8]

POBLACION	* AÑO 1982	*AÑO 1990	*AÑO 2001	**AÑO 2010
ISLA PUNÀ	4205	5746	6498	6769

Fuente: * SIISE, ** CPV 2010

Tabla 3 : Incremento en la población de Puna al Último Censo Poblacional realizado en el Ecuador

Manteniendo este nivel de crecimiento poblacional, al año 2015 tendremos aproximadamente 457 habitantes nuevos, lo que nos resultaría en una población total de 7226 personas en la isla al día de hoy aproximadamente. El 46% de la población económicamente activa se encuentra en la categoría de agricultores y trabajadores calificados, el 19% tiene ocupaciones elementales, el 9% son trabajadores de servicios y vendedores y el 26% restante corresponde a otros grupos de ocupación como se muestra en la gráfico estadístico 1.7.



Fuente: Censo de Población y Vivienda Ecuador 2010. [8]

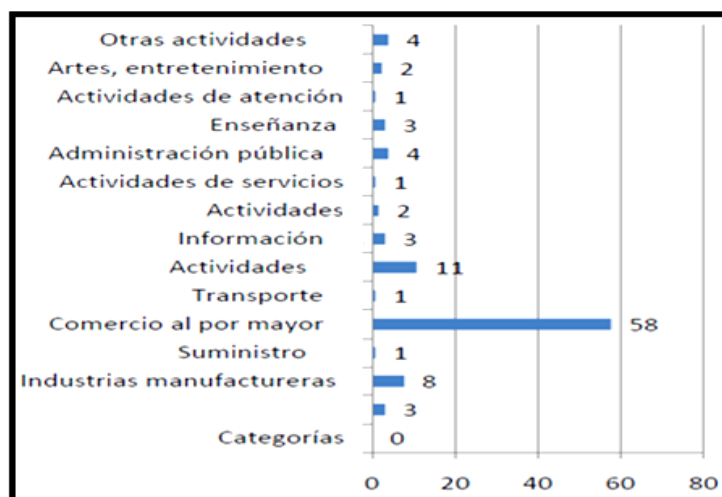
Figura 1.7 : Población Económicamente Activa por Grupos de Ocupación

Por tanto y en consideración con la ley orgánica de Telecomunicaciones [3] en el Título II: Principios y derechos, Capítulo II: Derechos a la comunicación, Sección II: Derechos de igualdad e interculturalidad (Art. 34) el cual indica :

"Todas las personas en forma individual y colectiva tienen derecho a acceder, en igualdad de condiciones, al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico asignadas para los servicios de radio y televisión abierta y por suscripción en los términos que señala la ley". [3]

Entonces considerando lo anterior descrito, todos los grupos humanos asentados en la Isla Puná se encuentran en desigualdad tecnológica con respecto de los asentamientos poblacionales en los principales cantones y resto de parroquias de Guayaquil, debido a la infraestructura de red que se mantiene implementada para brindar tecnología de cobertura de voz y datos a la población de Puná por parte de los proveedores de mayor aceptación en esta parroquia rural.

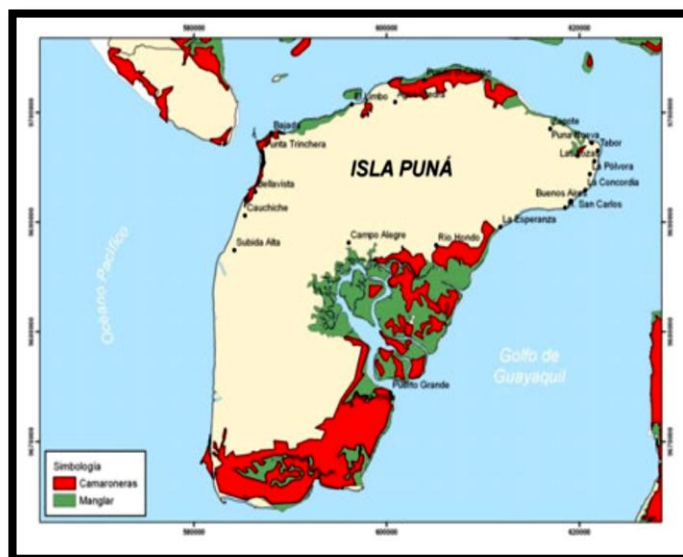
En lo relativo a las actividades económicas, de acuerdo a cifras del INEC, en Puná existen 130 establecimientos dedicados a las mismas. Las actividades comerciales al por menor prevalecen representando el 58% del total; seguidas por locales que realizan actividad de atención a turistas (11%) como servicio de alimentación, bebidas y alojamiento. La industria manufacturera ocupa el tercer lugar (7%), su línea de producción es la elaboración de productos alimenticios, fabricación de otros tipos de transporte (marítimo), y procesos de pesca y acuicultura. El 24% restante lo conforman los demás sectores de la economía local. A continuación en la tabla ilustrativa 1.4 nos muestra como se encuentran repartidas estas actividades. [8]



Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010

Tabla 4 : Distribución de Establecimientos Comerciales en Puná

Puná es la segunda parroquia en importancia, después de la parroquia Chongón, dentro del cantón Guayaquil en números de acuicultores y en extensión de hectáreas utilizadas como se lo puede apreciar en la figura 1.8. En la Isla existen 234 camaroneras que operan en una superficie de 13.810 hectáreas, que representa el 15% del territorio insular. (Plan Organizacional y Territorial SENPLADES 2012) [8] .



Fuente: Subsecretaría de Recursos Pesqueros [8]

Figura 1.8 : Camaroneras Asentadas en el Territorio de Puná

La Isla Puná en su sector occidental, frente a Posorja, cuenta con 15 km de playa para el desarrollo de la actividad turística. Los sitios que pueden prestar este tipo de servicio son: Bellavista, Estero de Boca, Cuchiche (figura 1.9) y Subida Alta. Se cuenta con dos eco campamentos equipados para recibir a los turistas nacionales y extranjeros que visiten este lugar. Cada uno de ellos cuenta con cabañas y tiendas de campaña para hospedar a 30 personas, baños, espacio para BBQ, etc. Dichos campamentos son parte de proyecto financiado por el BID, el grupo NOBIS y el Gobierno Provincial del Guayas. Su objetivo es promover y dinamizar el potencial para el turismo ecológico comunitario de Puná, fomentando así el desarrollo socioeconómico de la Isla. (Plan Organizacional y Territorial SENPLADES 2012) [8].



Fuente: Diario El Universo , Edición Agosto 2014

Figura 1.9 : Hostería Ecológica de Cauchiche

1.2.3. Identificación del Problema

De una muestra de 20 personas entrevistadas, aproximadamente 5 familias ubicadas en la parte alta de Puná Nueva, 15 mantenían líneas activas en modalidad prepago con el operador CLARO, mientras que otras 4 tenían la misma modalidad de servicio pero con el operador OTECEL. Sólo encontramos 1 usuario en esta muestra estadística que mantuviera línea activa con el operador estatal CNT EP. A pesar que la telefonía fija residencial solo la ofrece CNT EP, es bajo el porcentaje de personas que mantienen este servicio como principal medio de comunicación hacia el exterior de la isla. En la figura 1.10 se puede observar una vista aérea de la población donde se desarrolló esta visita técnica con el objetivo de identificar si existían problemas al momento de hacer uso del Servicio Móvil Avanzado dentro de la isla Puná.



Fuente: Visita Técnica Sábado 13.06.2015

Figura 1.10 : Vista Aérea Puná Nueva

Existen un aproximado de 8 cibercafés en el área de Nueva Puná, los cuales mayormente son provisto de servicio de internet de banda ancha fija por los operadores CONECEL o CNT E.P. Estos establecimientos son utilizados con alta frecuencia como sitios de recargas de saldo por los usuarios que poseen terminales móviles. Hoy en día existen terminales móviles de gama baja, media y alta, clasificados de esta manera por los tecnologías a los cuales se puede acceder desde estos dispositivos. Los conocidos como smartphones de gama media o alta son los más utilizados y adquiridos por los usuarios de Puná para acceder a internet móvil o a las aplicaciones de comunicación que utilizan la nube para mantenerse conectados con el mundo exterior. El servicio de datos móviles se encuentra fuertemente asentado en la población de Puná. En entrevista con varios pobladores de la isla, dueños de los cibercafés, indican que de acuerdo a su percepción los pobladores de la zona cuentan con mínimo dos a tres terminales móviles en sus hogares dentro de una familia que en promedio consta de 5 personas. Los dueños de estos establecimientos refieren que su clientela se ha visto reducida por el impacto del Servicio Móvil Avanzado en la isla. Lo anterior descrito sucede debido a que el alquiler de una PC de escritorio con acceso al servicio de banda ancha fija hoy en día se realiza estrictamente cuando una persona tiene que llevar a cabo trabajos investigativos, académicos, o cuando necesitan la edición de documentos digitales como lo son declaraciones de impuestos y trámites tributarios.

Procedimientos o acciones que demandan una cantidad de tiempo considerable al frente de los computadores que se alquilan junto con el servicio de Internet, en la figura 1.11 observamos uno de estos establecimiento ubicado en la zona baja de Puná Nueva



Fuente: Visita Técnica 13.06.2015

Figura 1.11 : Cybercafé ubicado en la zona baja de Puná Nueva

Lo antes mencionado tiene concordancia con lo expuesto en el Plan de Desarrollo Organizacional y Territorial desarrollado sobre Puná en el 2012, donde se indica que el servicio de telefonía fija se brinda en la isla en los sectores de Puná Nueva, Campo Alegre y Cauchiche. La cobertura del servicio de acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010 llega al 19% de la población parroquial. En algunas poblaciones rurales se cuenta con un teléfono comunitario. Los restantes asentamientos poblacionales no cuentan con el servicio. También existe el servicio de telefonía móvil, aunque la señal no se recibe en todos los lugares. Según el último Censo Poblacional desarrollado en el Ecuador en el 2010, el 62% de la población en Puná dispone de un teléfono celular. La conectividad a través de la telefonía fija es deficiente y se presta mayoritariamente en la cabecera parroquial. La telefonía móvil cubre en parte el déficit de comunicación telefónica. La mayor aceptación del teléfono celular representa una gran ventaja para los pobladores que desarrollan sus actividades tanto en la isla como en cantones lejanos o en la periferia de Puná. En la actualidad se presenta una mayor aceptación de mercado hacia los operadores privados de servicios de Telecomunicaciones. Por tanto el aprovechamiento del espectro radioeléctrico con una nueva tecnología de

el área de servicio realizando el site survey respectivo, como es presentado en la figura 1.13.



Fuente: Visita Técnica Sábado 13.06.2015

Figura 1.13 : Sesión de Pruebas sobre el SMA en la Isla Puná

Este proyecto tiene como principal enfoque brindar una nueva y mejor capacidad de tráfico del SMA en una parroquia rural como Puná mediante el diseño de un nuevo nodo de tecnología 3G y la inserción de estos equipos en la arquitectura de red existente en la Isla de Puná. De esta manera se lograría poner a disposición de la población en Puná una tecnología celular más eficiente y actual. Uno de los objetivos fundamentales de este proyecto integrador es superar la brecha digital existente, representada por la tecnología GSM implementada actualmente en la Isla Puna, mediante el diseño de una red de telefonía celular de tercera generación para dotar de Servicio Universal Móvil Avanzado a los pobladores de la isla. Otro de los objetivos que se persigue con este proyecto es promover el acceso universal a Servicios de Telecomunicaciones de calidad y capaces de servir de manera óptima los requerimientos de un mercado tan creciente como es el del acceso a Internet, en especial en zonas urbano marginales o rurales, convirtiendo estas poblaciones en miembros activos de una verdadera Sociedad del Conocimiento e Información. Lo anterior descrito se planea lograr mediante el análisis de desempeño de las redes GSM ofrecido por los operadores privados con mayor densidad de abonados, versus la red UMTS

implementada por el operador estatal en la Isla, realizando la comparativa entre ambas tecnologías para justificar el despliegue de la solución presentada en este proyecto y de esta manera brindar la mejora de los servicios celulares que ofrecen las redes de tercera generación.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA TECNOLOGÍA CELULAR DESPLEGADA EN PUNÁ.

En este capítulo se describirá de manera general las tecnologías implementadas dentro del área de Puná, además de los aspectos técnicos de la tecnología a la que se pretende migrar el SMA en la Isla. También se detallará el concepto global de planificación y optimización de redes celulares, así como las herramientas de trabajo que posibilitarán la recolección de los datos en el medio.

2.1. Tecnologías Móviles

En el presente punto, se describirán los conceptos técnicos básicos relacionados a las tecnologías móviles de segunda y tercera generación presentes en Puná.

2.1.1. Segunda Generación

La segunda generación en la telefonía móvil fue conformada por dos tecnologías que la definieron, las cuales fueron: GSM y CDMA. Entre ambas tecnologías, GSM fue aquella que logró posicionarse de manera dominante para el despliegue de redes celulares de segunda generación alrededor de todo el mundo.[9] Es por esto que ésta descripción se enfocará en la reseña de la tecnología GSM como la tecnología móvil 2G por excelencia debido a su despliegue masivo y a que es la tecnología usada en el país.

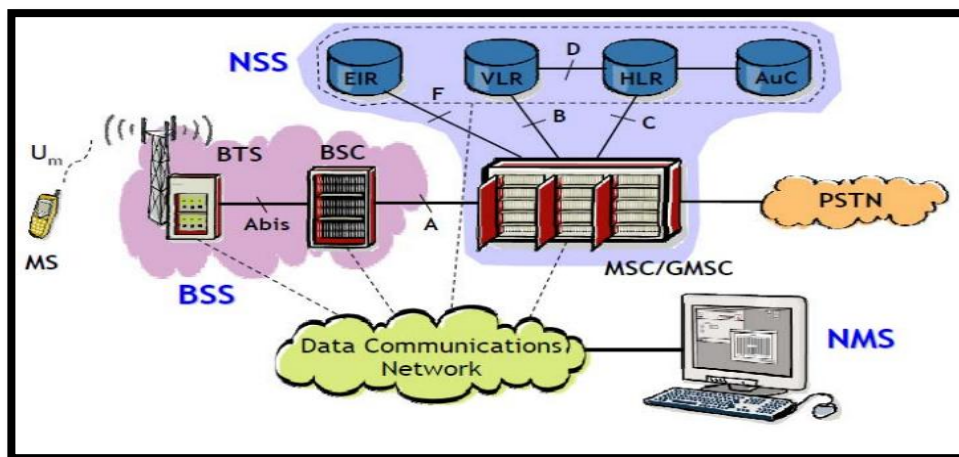
2.1.1.1 Descripción de GSM – 2G

GSM responde al acrónimo de Global System for Mobile Communications y, como su nombre lo indica, fue ideado para ser un sistema global. Esta tecnología nace a raíz de una problemática, a mediados de la década de 1980, con los sistemas analógicos los cuales eran desarrollados individualmente en cada país y no permitían interoperabilidad entre sistemas de países distintos. Por esta razón fue que, a través del ETSI (European Telecommunication Standards Institute), se publicó en 1990 la Fase 1 de la normativa del sistema GSM. [GAR2001]. Este nuevo sistema tendría las siguientes innovaciones: sería un sistema netamente digital usando la modulación GMSK en la interfaz de aire, mejoraría la eficiencia del espectro utilizando TDMA (Time Division Multiple Access) con lo que se permitía a más usuarios conectarse y, como su nombre lo dice, fue diseñado para ser un sistema global que sea compatible en cualquier lugar en donde esta tecnología existiese, fijando dos bandas predeterminadas las cuales son: GSM 900 que comprende desde 890 MHz hasta 960 MHz y GSM 1800 que comprende desde los 1710 MHz. hasta los 1880 MHz. [9]

2.1.1.2 Arquitectura de Red

Se puede observar en la Figura 2.1 que la red se divide en 3 bloques diferenciados, los cuales son: BSS (Base Station Subsystem), NSS (Network Switching Subsystem) y NMS (Network Management Subsystem); además se denotan otros elementos como el MS (Mobile Station) y las interfaces que interconectan cada segmento de la red. En el trabajo a realizar, los estudios se harán a partir del análisis de la parte de acceso de radio de esta arquitectura por lo tanto se le dará mayor atención a los bloques de MS y BSS. El Mobile Station (MS) es, de forma sencilla, el teléfono celular que una persona común posee y el cual es el medio de interacción entre un usuario y la red de telefonía móvil. El MS se divide en dos elementos claramente definidos los cuales son: el

ME (Mobile Equipment), el cual es el teléfono móvil propiamente dicho y la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module), el cual es una pequeña tarjeta que guarda los datos más relevantes del usuario y que asociará a éste un operador existente. Esta tarjeta será la llave de acceso para que el móvil acceda a la red que le brindará el servicio celular. [15]



Fuente: Nokia Training Center [15]

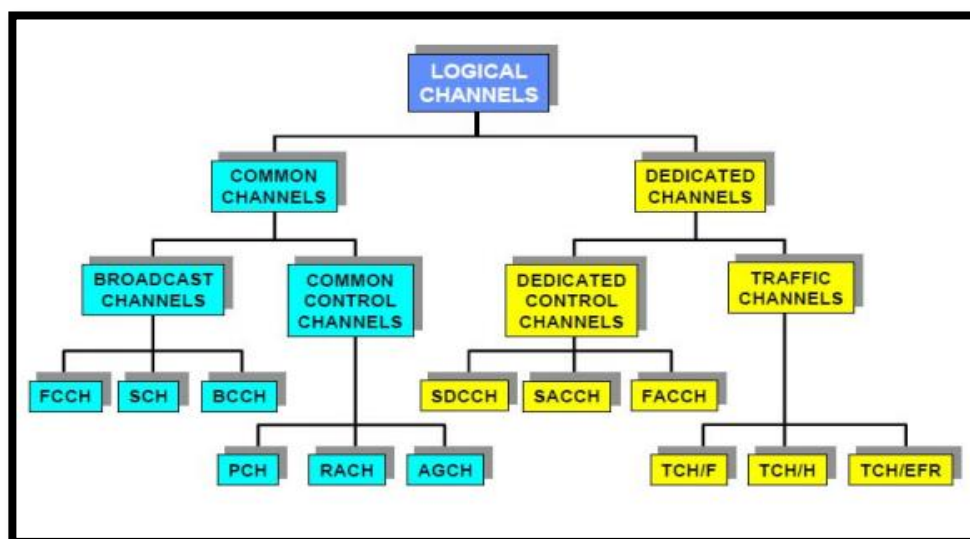
Figura 2.1 : Arquitectura de la Red GSM

El bloque Base Station Subsystem (BSS) es el que se encarga básicamente del control de canales y conexiones de radio que se asignan al momento que el móvil realiza una llamada, en otras palabras, es el encargado de controlar el tráfico y la señalización de las llamadas que se realizan. La BSS está compuesta por la BTS (Base Transceiver Station) que es el elemento que atiende directamente al MS y el que le da la cobertura de red, y la BSC (Base Station Controller) quien controla el accionar de la BTS y quien mantiene información sobre las gestiones de la movilidad y da soporte a la señalización. [16]

2.1.1.3 Canalización de Aire

La red GSM tuvo algunas mejoras con respecto a sus antecesores analógicos en muchos aspectos, pero uno que marcó diferencias notables fue el cambio realizado en la interfaz de aire. A continuación se dará un breve alcance de la canalización de dicha interfaz. GSM utiliza TDMA (Time Division Multiple Access) método que divide un canal de radio, en una frecuencia determinada, en periodos de tiempo consecutivos llamados Tramas TDMA. Cada trama TDMA tiene a su vez 8 periodos de tiempo más cortos llamados timeslots. El timeslot es llamado Canal Físico y es porque a través de éste la información será llevada físicamente de un punto a otro. El timeslot es el canal físico y lo que se encuentra contenido en él a lo largo de los 8 timeslots de cada trama TDMA se les conocen como Canales Lógicos. En GSM estos canales lógicos se dividen en dos tipos: los denominados Dedicated Channels (Canales Dedicados) y Common Channels (Canales Comunes). A su vez, estos canales pueden ser de control o de tráfico. [13]

En la figura 2.2 se puede apreciar los tipos de canales lógicos de GSM en su totalidad y cómo están segmentados. Existen los canales comunes, que son aquellos utilizados por más de un elemento de la red a la vez, un ejemplo de esto son los mensajes de Broadcast que la red envía a los ME dentro de un Location Area. A su vez los canales dedicados son aquellos en donde se hace comunicación punto a punto entre dos elementos de red, ejemplo de esto es cuando se establece una llamada y se usa un canal de tráfico exclusivo entre los terminales que participan de la llamada. Pero esta gran división se subdivide en Canales de Broadcast, Canales de Control y Canales de Tráfico. [13]



Fuente: The GSM Air Interface[13]

Figura 2.2: Canales Lógicos GSM

2.1.2 Tercera Generación

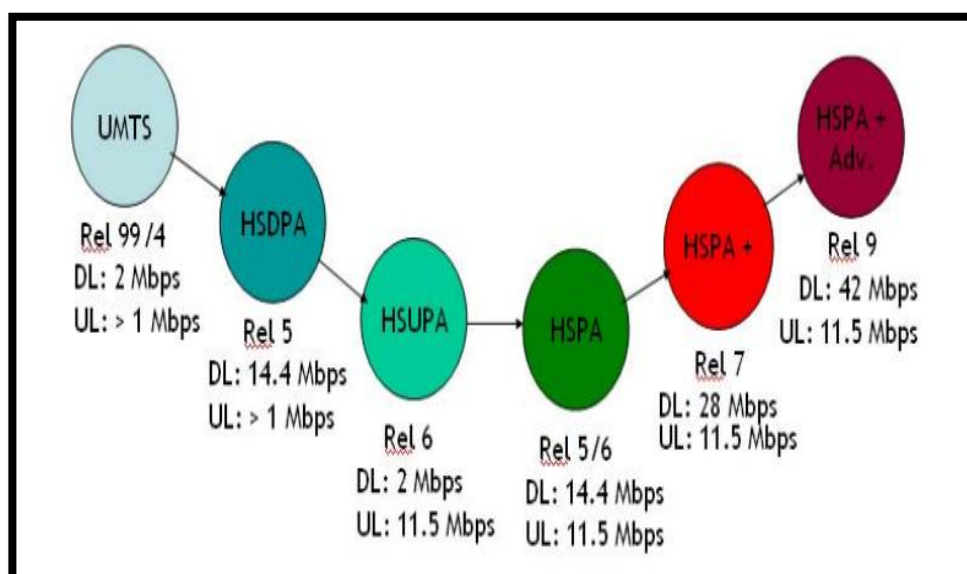
Para inicios del año 2000 el Internet crecía de tal manera que se empezó a volver una necesidad el poder conectarse a la red en cualquier momento y lugar desde terminales móviles. Con esto no bastaba el enviar solamente voz a través de un teléfono celular sino también enviar datos.

Fue técnica y comercialmente necesario ir a un siguiente nivel en la telefonía móvil. Se intentó lograr esto en base a GSM con variaciones como GPRS o EDGE, en las cuales se permitía el acceso a Internet pero con anchos de banda muy limitados que llegaron, en teoría, a picos de aproximadamente 500 Kbps pero que en la práctica llegaban 250 Kbps en promedio. Esto no permitía poseer un gran ancho de banda de internet en un teléfono móvil. Debido a esto surgió la necesidad de migrar de tecnología para alcanzar velocidades de transmisión de datos aceptables para el momento y esto se logró con la aparición del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (Universal Mobile Telecommunications System UMTS). [14]

2.1.2.1 Descripción de UMTS – 3G

Esta tecnología modifica la forma de acceso múltiple al medio ya que cambia de TDMA, utilizado por GSM, por WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), la cual se eligió puesto que el utilizar códigos para el acceso múltiple permite mayor cantidad de accesos simultáneos que usando divisiones de tiempo en un segmento del espectro que solo permitía 8 accesos por portadora. En UMTS cada portadora WCDMA tiene un ancho de banda de 5 MHz lo cual fue elegido puesto que esto permitía alcanzar velocidades de transmisión de hasta 2 Mbps dependiendo de las condiciones de radio y ambientales. Esta fue la meta inicial de UMTS por lo tanto la primera versión de UMTS (Release 99) tuvo esta velocidad en su estándar. [14]

En la Figura 2.3 se pudo apreciar como UMTS ha evolucionado desde su aparición. Cada release mejoró algún aspecto en la arquitectura de UMTS y cada una tiene prestaciones interesantes; en este documento se realizarán los estudios y pruebas de la tecnología 3G en el Release 7 puesto que es el release utilizado por los operadores actualmente en Ecuador.

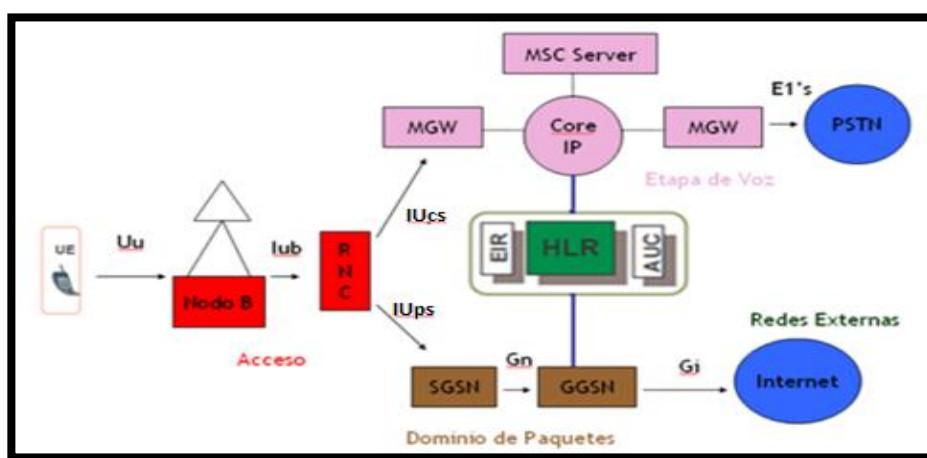


Fuente: Introduction to 3G Mobile Communications [16]

Figura 2.3 : Evolución UMTS

2.1.2.2 Arquitectura de Red

Existen dos ámbitos que interactúan en la red UMTS, una es la infraestructura de dominio que consiste en el núcleo de la red o Core Network (CN) y el segundo es la red de acceso conocida como UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN). La red de acceso (UTRAN) está conformada por un punto de acceso llamado Nodo B y el controlador o Radio Network Controller (RNC) los cuales en conjunto proveen el método de acceso ya sea por dominio de paquetes PS o dominio de circuitos CS. Su relación es similar a la existente en GSM entre la BTS y el BSC. Después de la RNC la información puede tomar dos caminos distintos dependiendo de si es requerida la transmisión de paquetes de datos y transmisión de voz durante una llamada. Ambas etapas en conjunto, es decir la etapa de voz y la de dominio de paquetes, son denominadas como el núcleo de la red (CN). En la Figura 2.4 se muestra la arquitectura de red de UMTS. [14]



Fuente: Introduction to 3G Mobile Communications [17]

Figura 2.4 : Arquitectura de la Red UMTS

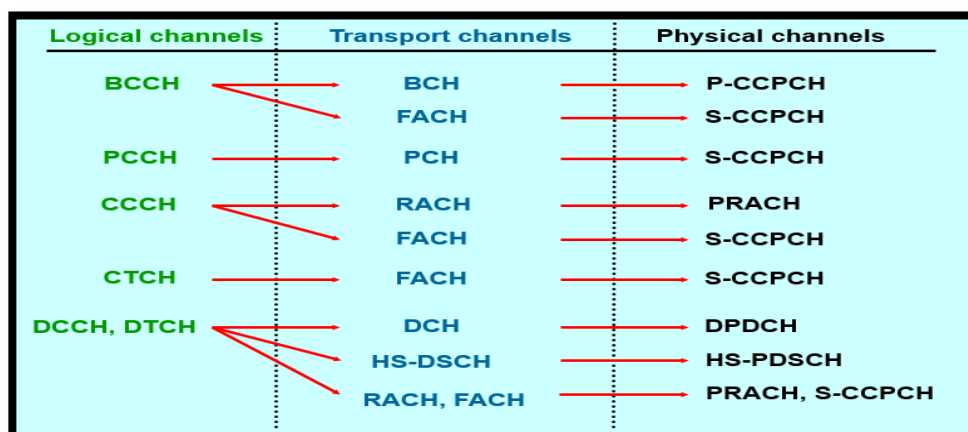
Se puede notar que la información puede ir a la etapa de voz en donde lo novedoso es la existencia de una etapa IP lo cual no existía en GSM, esto permite mejores transmisiones, facilitar la tarea de conmutación y también el control de la movilidad a través del MSC Server. [14].

2.1.2.3 Interfaz de Aire

Desde la aparición de UMTS las velocidades de transmisión han sufrido cambios dramáticos y vertiginosos. Estos cambios se han debido no por un cambio significativo de arquitectura de red sino por mejoras en la interfaz de aire entre el móvil y el nodo B.

La tecnología HSPA+ cambia la modulación usada en el downlink a 64QAM lo cual aumenta las tasas de transmisión considerablemente pero necesita una SNR considerablemente alta para una correcta demodulación. También se introduce la transmisión y recepción discontinua en donde si el nodoB no envía información significativa del sistema el receptor del móvil apaga su receptor y así también el transmisor se apaga cuando no sea necesario enviar información. Esto ayuda a ahorrar energía en la batería del móvil y reduce la interferencia en ambos canales aumentando la capacidad del medio. Con estas mejoras en la velocidad de transmisión es posible alcanzar picos de 28 Mbps en condiciones óptimas. [14]

Al igual que en GSM, se tendrá una canalización en la interfaz de aire para llevar la información, pero a diferencia de GSM esta vez habrán 3 tipos de canales, los cuales son: canales lógicos, canales de transporte y canales físicos, como se ve en la Figura 2.5. [14]



Fuente: Introduction to 3G Mobile Communications [14]

Figura 2.5 : Canalización de la Red UMTS

En UMTS los canales lógicos son los que engloban la información dependiendo de su finalidad, esto es, si son de control o de tráfico, y, a su vez, si son de tráfico se separan de acuerdo a si es tráfico de voz o tráfico de paquetes de datos. Los canales de transporte se usan para proteger a los canales lógicos mientras son transmitidos y el canal físico es el espacio por donde el canal de transporte viajará mientras llega a su destino. [14]

2.2. Planificación y Optimización de Redes de Acceso de Radio

Al momento de desplegarse una red de telefonía móvil hay dos factores que son fundamentales, los cuales son la planificación y la optimización. En todo proyecto en donde se requiera acceso de radio éstos dos puntos son vitales para el buen desempeño futuro y el cumplimiento de los objetivos de lo que se espera implementar. Es por esto que se detallará puntualmente lo más resaltante de estos dos conceptos.

2.2.1 Definición

La planificación de una red móvil es el primer paso antes que ésta pueda ser desplegada. En esta etapa se definen los componentes a utilizar, la forma en que se instalarán, y cuáles serán los niveles de los parámetros de radio. Esto es decidido teniendo en cuenta factores técnicos para el correcto funcionamiento de la red, factores geográficos y climáticos puesto que cada red tendrá un contexto distinto, y la limitante económica ya que el costo siempre es un factor a tomar en cuenta cuando se planifica. Por otro lado, la optimización significa el modificar algo que ya esté desplegado o realizar cambios sobre un proceso que se esté llevando a cabo con el fin de mejorar el desempeño o ampliar sus prestaciones. Es muy común en las redes de telecomunicaciones la optimización periódica debido al continuo avance de las tecnologías y lo cambiante de las demandas del mercado que impulsan la constante mejora de equipos e incremento de capacidades. [15]

2.2.2 Consideraciones para la Planificación y Optimización

Al momento de realizar la planificación, específicamente para redes de telefonía celular en la etapa de acceso de radio, se debe de tomar en cuenta ciertas consideraciones para realizar una buena planificación. Entre estas consideraciones se encuentran, en primer lugar, un pronóstico de tráfico, lo más ajustado a la realidad posible, para lograr un correcto dimensionamiento de red y que contemple un crecimiento futuro. Luego está el realizar visitas técnicas ó Technical Site Surveys (TSS) para conocer con exactitud el estado del sitio donde se va a trabajar e identificar los problemas más relevantes a superar. También se debe estimar cómo será la movilidad de los usuarios para considerar una cantidad de handovers en el dimensionamiento, y así evitar interrupciones en las llamadas. Como el factor económico es importante, se debe de procurar diseñar una topología de solución que satisfaga las demandas y que tenga el menor costo, o en caso de que se requiera una inversión muy

elevada, debe ser justificada por el objetivo de tráfico y tipo de usuarios que gozarán de la nueva cobertura de tal manera que represente ingresos por los servicios de telefonía móvil ofrecidos. Por último, es importante el uso de herramientas de software potentes que ayuden tanto a simular los escenarios que se propongan y que permita hacer todos los cálculos, además de ayudar a realizar las mediciones y recolecciones de datos una vez que se ha implementado la red para determinar si los objetivos principales se han llegado a cumplir. [15]

Por otro lado existe la optimización que, como ya se indicó anteriormente, se lleva a cabo una vez que existe ya una red desplegada. Este proceso se ejecuta tan pronto como la implementación entra a estar operativa. Como en el ámbito de la tecnología el tiempo de obsolescencia de las prestaciones es corto, la optimización debe ser un proceso iterativo en el cual se debe constantemente mejorar en cuatro aspectos bien marcados. Primero se debe buscar periódicamente el aumentar la capacidad de la red, constantemente reducir el costo de operatividad de red ya sea sustituyendo equipos que no tengan un costo alto de operatividad o aumentando las ganancias del operador implementando valores agregados sobre la arquitectura de red ya desplegada, incrementar la cobertura y mejorar constantemente la calidad y el rendimiento de la red para mantener satisfechos a los clientes de la red y no perder terreno frente a la competencia. [15]

2.2.3 Indicadores de Desempeño de la Señal de Radio.

Para la planificación de soluciones de acceso de radio existe un gran número de parámetros que se utilizan para medir la calidad de la cobertura y de la comunicación cuando una llamada está desarrollándose. Estos parámetros son distintos si es que se quiere analizar una red GSM ó una red UMTS[15-17], e intentar definir la totalidad de éstos sería muy extenso, por lo tanto, se

mencionará aquellos que fueron escogidos como los de mayor importancia en el para el desarrollo del presente trabajo. Los indicadores propios de GSM que tomaremos en cuenta son:

- RxLevel que es la potencia de señal que se percibe en el receptor del MS. Con este valor se determina como es la calidad de la cobertura de la red.
- C/I lo cual son las siglas de la relación entre la potencia de portadora y la potencia de la interferencia (Carrier to Interference Ratio). Si este valor tiene valores bajos se perderá cobertura ya que el MS no distinguirá la señal de portadora con el ruido.
- RxQual que representa la calidad de la voz durante una llamada.
- BCCH ARFCN el cual indica cual es la BTS que domina en el lugar donde se esté y que, por ende, es la que está brindando la cobertura de red.

Los parámetros en UMTS que serán más relevantes son:

- RSCP (Receive Signal Code Power) es la potencia que mide el receptor del teléfono móvil proveniente del CPICH, la cual es constante y nos da una gran idea de cómo es la cobertura de la red en el área en que se está.
- E_c/N_0 es la energía por chip sobre el total de la densidad espectral de potencia. Esto no permite cuantificar el nivel de interferencia en el medio.

- PSC (Primary Scrambling Code) mide el SC, que es el código de acceso múltiple en WCDMA, que domina en un punto y sirve para identificar el origen de la celda que da cobertura. Muchos PSC en una pequeña área incrementa la probabilidad de que se genere una llamada caída.
- CQI (Channel Quality Indicator) es un indicador provisto por una conexión remota, generalmente por el nodo B, que da información acerca de la calidad del canal que se monitorea.
- TX Power que mide la potencia de transmisión del UE al momento de que se está llevando a cabo una llamada.
- Throughput que mide la velocidad de carga y descarga de datos efectiva que se alcanza en una sesión en UMTS.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE LAS REDES CELULARES OPERATIVAS EN PUNÁ

Dentro de este capítulo se procederá a detallar las herramientas de software, equipos de medición, metodología de evaluación y los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas en la Isla Puná para evaluar las tecnologías existentes y fundamentar las bases del diseño para el proyecto planteado.

3.1. Herramientas y Métodos de Medición

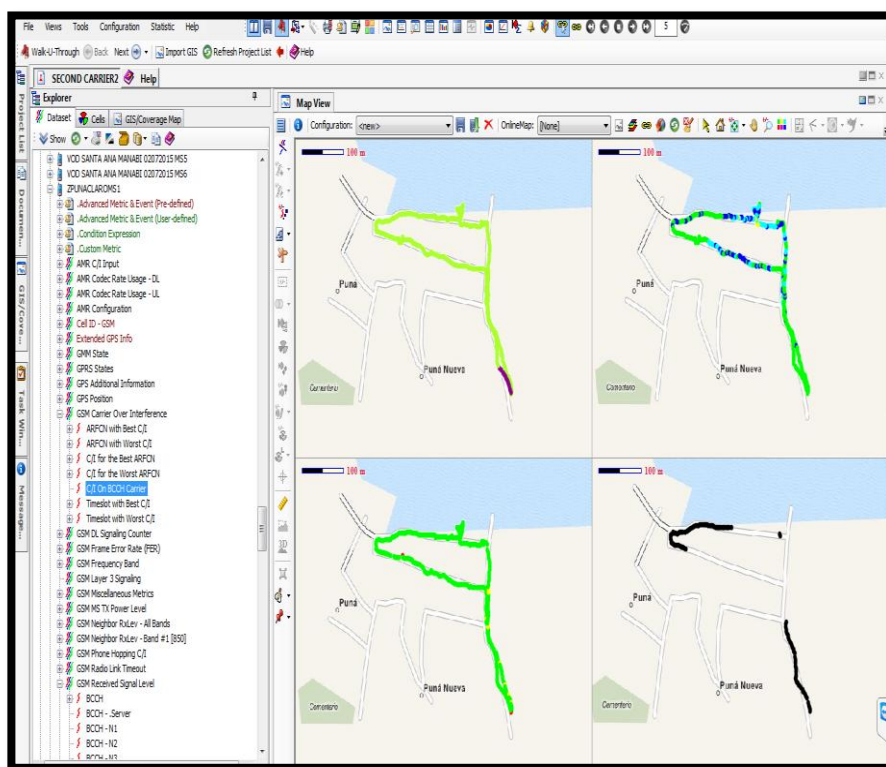
Para el proceso de recolección de información y post-procesamiento de la misma, las herramientas fundamentales utilizadas fueron dos soluciones de la empresa Ascom, los cuales son el *Tems Investigation* y el *Tems Discovery*. En primer lugar se utiliza la herramienta *Tems Investigation* la cual permite tomar las mediciones de campo. Este software es instalado en una laptop y se le asigna una licencia para su correcto uso, adicionalmente se requiere el uso de terminales celulares los cuales son aquellos encargados de tomar las mediciones y servir de interfaz entre el software y la red celular. Para las pruebas de campo se utilizó un Sierra Wireless AirCard 320U el cual serviría como equipo para sesiones de paquetes de datos, un Sony Ericsson w995 cuyo propósito sería realizar llamadas de voz, adicionalmente se conectó un GPS Garmin USB de tal manera que las muestras sean georeferenciadas y sean compatibles con otras herramientas de procesamiento, y de igual manera las correspondientes SIMs de cada uno de los operadores que ofrecen servicio en Isla Puná. En la figura 3.1 se visualizan los equipos utilizados para la obtención de datos en campo.



Fuente Equipos de Prueba Sony Ericsson

Figura 3.1: Terminales Y Equipos de Prueba

Las pruebas se realizaron caminando a lo largo de la extensión de lo que comprende la población Nueva Puná en la isla, recorriendo sus calles mientras que los terminales ejecutan las acciones previamente asignadas para el protocolo de pruebas y los datos obtenidos son mostrados en el *Tems Investigation*. La interfaz de trabajo de este software se puede apreciar en la Figura 3.2.



Fuente Equipos de Prueba Sony Ericsson

Figura 3.3 : Interfaz de Usuario del Software TMS Discovery

Esta herramienta específicamente permite, una vez recolectada la data por el software partner TMS Investigation, realizar el procesamiento de la data punto por punto de acuerdo a la georeferencia de cada medición y muestra en una interfaz gráfica el trazado del recorrido realizado y las mediciones recolectadas por cada uno de los indicadores de radio seleccionados para cada tecnología presente en Puná. Todo esto de acuerdo a la escala de valores que se determina en base al estándar de tecnología a analizar.

3.2. Objetivo y Valor de las Pruebas de Campo

El objetivo principal de presentar los resultados de las pruebas realizadas, es dar a conocer la situación de cobertura y calidad del servicio actual del Servicio Móvil Avanzado de Segunda Generación que es ofrecido en la Isla Puna por parte de los dos principales operadores del Ecuador: Claro y Movistar. Así

mismo se desea comparar el desempeño del servicio de telefonía celular provisto por la operadora del Estado, CNT, la cual ofrece tecnología celular de Tercera Generación. Esta comparación ofrece un valor agregado a la solución proyectada ya que permite identificar las falencias y ventajas de las tecnologías de Segunda y Tercera Generación comprendidas dentro de su arquitectura, infraestructura y diferentes servicios que ofrece cada una, como se indicó dentro del capítulo 2. Para la recolección de datos se realizaron tres recorridos a lo largo de la isla, cada recorrido dedicado para cada uno de los operadores presentes en Puná. El plan de pruebas utilizado se detalla en la tabla 3.1. Adicional en la tabla 3.2 podremos encontrar también los datos de las sims utilizadas por recorrido realizado, su correspondiente operador y la prueba para la que se utilizó cada Módulo Identificador de Suscriptor con los que se llevaron a cabo los proceso de mediciones de las métricas por cada sistema evaluado en Puná.

Equipo	Descripción	Tiempo establecimiento de llamada	Duración de llamada	Tamaño archivo de descarga
AirCard 320U	Sesión de datos	30s	N/A	GSM: 2MB UMTS: 25MB
Sony Ericsson w995	Llamada de Voz	30s	60s	N/A

Fuente: Planeación de Ingeniería realizada por el Grupo de Trabajo a cargo del Proyecto

Tabla 5 : Plan Descriptivo de las Pruebas de Campo Realizadas en Puná

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO	OPERADOR	Número Celular
DATOS	CLARO	593 990971651
	MOVISTAR	593 997292083
	CNT E.P	593 996872870
Llamada Corta	CLARO	593 990971651
	MOVISTAR	593 997292083
	CNT E.P	593 996114916
Llamada Larga	CLARO	593 967627802
	MOVISTAR	593 997292083
	CNT E.P	593 996114893

Fuente: Planeación de Ingeniería realizada por el Grupo de Trabajo a cargo del Proyecto

Tabla 6 : Plan de pruebas por SIM

3.2.1. KPIs o Métricas de Desempeño a Considerar en el Análisis de las Redes Celulares en Puná

Los KPIs a considerar dentro del desempeño de las redes celulares existentes en Puná se presentan detalladamente en la tabla 3.3. Mismos que nos ayudarán en el análisis del SMA previo al diseño de los parámetros de configuración del nuevo sistema radiante que se desea proponer dentro de este proyecto.

Tecnología	KPI	Valor Objetivo	
		Umbral	Muestras
KPIs 2G	RxLevel	$\geq -85\text{dBm}$	$\geq 95\%$
	RxQual	≤ 4	$\geq 95\%$
	C/I	≥ 15	$\geq 95\%$
	Best Server	N/A	$\geq 97\%$
	Throughput	$\geq 150\text{kbps}$	Promedio
KPIs 3G	RSCP	$\geq -85\text{dBm}$	$\geq 95\%$
	Ec/No	$\geq -12\text{dB}$	$\geq 95\%$
	Best Server	N/A	$\geq 97\%$
	CQI	≥ 25	$\geq 95\%$
	Throughput	$\geq 2\text{Mbps}$	Promedio

Tabla 7 : Umbrales Óptimos de Servicio de KPIs

3.3. Mediciones Realizadas en Puná Nueva

A continuación se presentarán los gráficos resultantes de cada uno de los indicadores previamente descritos por operador y que serán evaluados y comparados posteriormente. Los gráficos corresponden al procesamiento de los datos obtenidos durante las pruebas de campo en la Isla Puná.

3.3.1. Mediciones de Campo de los Parámetros 2G de las Redes Celulares Claro y Movistar

En esta sección del documento se muestran las mediciones de los parámetros relacionados a GSM para cada operador. La figura 3.3 nos muestra el parámetro conocido como RxLevel que es reportado por el móvil, este no es más que el reporte de potencia de la señal recibida por el dispositivo móvil del usuario final por parte de la celda (BTS) de la cual está recibiendo servicio. Esta medición se ejecuta por el BSC cada 480ms aproximadamente. [10]



Fuente : Software Tems Discovery Version 10.0.1

Figura 3.1 : RxLevel del MS Claro

La figura 3.4 nos muestra el parámetro RxQual, es un valor entre 0 y 7, donde cada medición en el tramo recorrido a pie en Puná corresponde a un número estimado de errores en la transmisión de bits en un tiempo corto de transmisión[11], es decir este parámetro está estrictamente relacionado a calidad de la llamada que experimentan los usuarios de Claro.



Fuente : Software Tems Discovery Version 10.0.1

Figura 3.4 : RxQual del MS Claro

La figura 3.5 nos muestra el KPI denominado C/I , el cual de acuerdo a la escala, indica si existen altos niveles de interferencia que estén afectando a la frecuencia de portadora que lleva la información a la interfaz de aire [12]. En otras palabras representaría la calidad de la señal para la Red 2G de Claro.



Fuente : Software Tems Discovery Version 10.0.1

Figura 3.5 : C/I del MS Claro

La figura 3.6 nos muestra el indicador Best Server, el cual es una cantidad de valores individuales que representa el sector que provee servicio al MS, es decir el sector que posee el mayor nivel de señal en un punto determinado del recorrido.



Fuente : Software Tera Discovery Version 10.0.1

Figura 3.6 : Best Server del MS Claro

La figura 3.7 nos muestra el RxLevel recibido por el móvil parte de la celda (BTS) de Movistar.



Fuente : Software Tera Discovery Version 10.0.1

Figura 3.7 : RxLevel del MS Movistar

La figura 3.8 nos muestra la medición de RxQual en el tramo recorrido en Puná, que corresponde estrictamente a calidad de la llamada que experimentan los usuarios de Movistar en la Isla



Fuente : Software Tera Discovery Version 10.0.1

Figura 3.8 : RxQual del MS Movistar

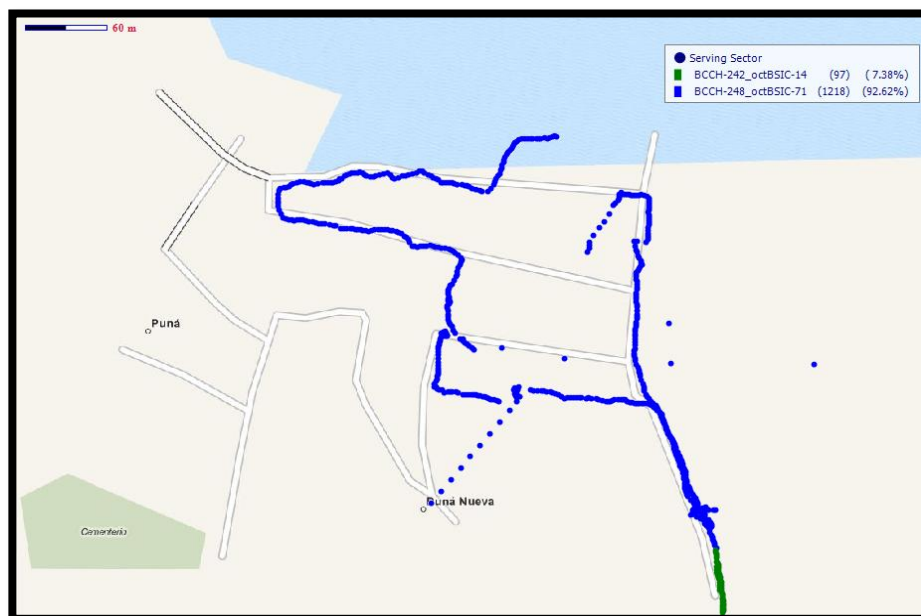
En la figura 3.9 encontramos las mediciones correspondiente a la relación C/I para los usuarios del operador Movistar.



Fuente : Software Tera Discovery Version 10.0.1

Figura 3.9: C/I del MS Movistar

En la figura 3.10 observamos las mediciones correspondiente al Best Server para los usuarios del operador Movistar.



Fuente : Software Tems Discovery Version 10.0.1

Figura 3.10 : Best Server del MS Movistar

3.3.2. Parámetros 3G recolectados en las Mediciones de Campo de la Red Celular de CNT E.P

En esta sección se dan a conocer las mediciones de campo de los parámetros relacionados a la tecnología UMTS correspondientes al operador del Estado CNT E.P en Puná. En la figura 3.11 observamos los valores de mediciones del RSCP en la red 3G de CNT, el cual se encuentra directamente relacionado con la potencia de la señal recibida en el móvil y puede considerarse como una medida de que tan buena cobertura presentó la señal en el recorrido realizado a pie por Puná Nueva.



Fuente : Software Tems Discovery Version 10.0.1

Figura 3.11 : RSCP del UE CNT

En la figura 3.12 observamos las traza de los valores de medición correspondiente al parámetro Ec/No en la red 3G de CNT, el cual representa la relación energía recibida por chip para la densidad de potencia en la banda de frecuencia de la portadora. "No" incluye tanto la potencia dentro de una celda de una celda específica como la potencia total por el efecto multicamino que sufre la señal de portadora.



Fuente : Software Tera Discovery Version 10.0.1

Figura 3.12 : Ec/No del UE CNT

En la figura 3.13 observamos las mediciones correspondiente al Best Server para los usuarios del operador CNT.



Fuente : Software Tera Discovery Version 10.0.1

Figura 3.13 : Best Server del UE CNT

En las figuras 3.14 y 3.15 encontramos los parámetros CQI y Throughput, mismos que están relacionados a las capacidades de la tasa de trasferencia de datos a las que se pudo llegar con el módem de prueba en el recorrido a pie en Nueva Puná.



Fuente : Software Tera Discovery Version 10.0.1

Figura 3.14 : CQI del UE CNT



Fuente : Software Tera Discovery Version 10.0.1

Figura 3.15 : Throughput del UE CNT

3.4. Resultados de las Mediciones de las Pruebas de Campo

Con los datos obtenidos de las mediciones se procede a presentar los resultados comparándolos con los resultados esperados y definidos, y que de ahora en adelante se denominarán KPIs, el cual es el acrónimo de Key Performance Indicator. Estos indicadores servirán para determinar el cumplimiento de los requisitos de desempeño mínimos en distintos aspectos de calidad de servicio. Para dichos KPIs se han considerado valores comúnmente utilizados para la evaluación de redes celulares de Segunda y Tercera Generación, cada una con su respectivo indicador.

Estos parámetros fueron previamente descritos dentro del capítulo 2, por lo cual se indicarán las relaciones que existen entre cada parámetro por cada tecnología. En cuanto a cobertura, se considera el RxLevel y RSCP para 2G y 3G respectivamente ya que identifican la potencia de la señal recibida y codificada por el dispositivo celular; para garantizar un buen servicio se consideran valores superiores a -85dBm en un total mínimo del 95% de todas muestras obtenidas durante las pruebas. Respecto a la calidad, en 2G se representa por dos parámetros: C/I y RxQual donde ambos valores son adimensionales y representan la calidad de la señal y la calidad de la llamada respectivamente; por otro lado en 3G se representa la calidad por medio del E_c/N_o medido en dB.

El KPI Best Server, representa la dominancia del servidor dentro de la zona a evaluar, este parámetro es representado en GSM por el BCCH ARFCN y en UMTS por el PSC y se espera como resultado de las mediciones que las celdas principales sean las que presenten dominancia durante las pruebas realizadas. Para el caso particular de la Isla Puna, debido a ser un escenario aislado y sin más celdas cercanas, se muestra este indicador para determinar la existencia de otras celdas debido a la proyección y reflexión de las mismas desde el continente por medio del mar.

En consideración a la percepción del servicio de datos, el KPI Throughput representa la velocidad de transferencia de descarga de datos para cada tecnología en su más alta evolución siendo EDGE para el caso de GSM con velocidad promedio sobre los 150Kbps, y HSPA+ para el caso de UMTS con velocidades promedio superiores a 2Mbps. Estas velocidades, a pesar de ser inferiores a las tasas de transferencia de datos de descarga teóricas, son establecidas con estos niveles debido a que durante la práctica no se puede emular las condiciones ideales que se requieren para alcanzar dichas velocidades de transmisión. Adicionalmente en 3G se presenta las mediciones del KPI CQI el cual va ligado directamente al KPI Throughput ya que el CQI indica la asignación de recursos que será otorgado el usuario para poder alcanzar la modulación y velocidades de descarga necesarias.

3.5. Análisis de Cumplimiento de Desempeño de las Redes Celulares en Puná

Obtenidos los datos de las pruebas realizadas se procesa la información en tablas y se realiza la evaluación de los KPIs principales previamente definidos. A continuación se presentará un resumen de los KPIs identificando los resultados de cumplimiento para cada parámetro medido en campo. Se precisa que estos resultados comprenden a las pruebas realizadas en la población Nueva Puna y comprende la evaluación y comparación de las tecnologías de telefonía celular existentes.

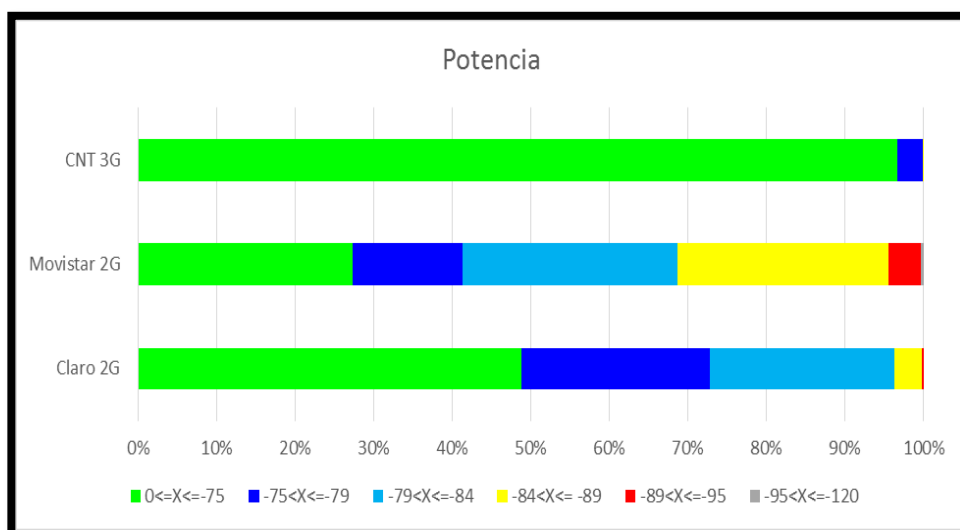
Tecnología	Valor Objetivo			Resultado		Cumplimiento	
	KPI	Umbral	Muestras				
KPIs 2G				Movistar	Claro	Movistar	Claro
	RxLevel	$\geq -85\text{dBm}$	$\geq 95\%$	68.98%	96.46%	NO	OK
	RxQual	≤ 4	$\geq 95\%$	97.77%	94.42%	OK	OK
	C/I	≥ 15	$\geq 95\%$	100%	98.23%	OK	OK
	Best Server	N/A	$\geq 97\%$	100%	100%	OK	OK
	Throughput DL	$\geq 150\text{kbps}$	Promedio	420Kbps	100Kbps	OK	NO
KPIs 3G				CNT			
	RSCP	$\geq -85\text{dBm}$	$\geq 95\%$	99.93%		OK	
	Ec/No	$\geq -12\text{dB}$	$\geq 95\%$	99.67%		OK	
	Best Server	N/A	$\geq 97\%$	100%		OK	
	CQI	≥ 25	$\geq 95\%$	100%		OK	
	Throughput DL	$\geq 2\text{Mbps}$	Promedio	3.07 Mbps		OK	

Tabla 8 : RESUMEN DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 3.4, se puede apreciar que para GSM de Claro se cumplen los KPIs de referencia descritos previamente en la tabla 3.3, umbrales óptimos de servicio de los KPIs, exceptuando la tasa de transferencia de bajada de datos; similar comportamiento presenta GSM de Movistar adicionando la falta de cobertura en la población la cual presenta el KPI de RxLev por debajo del 70%. Por otro lado en UMTS de CNT se aprecia el cumplimiento integral de los KPIs establecidos sin ningún inconveniente.

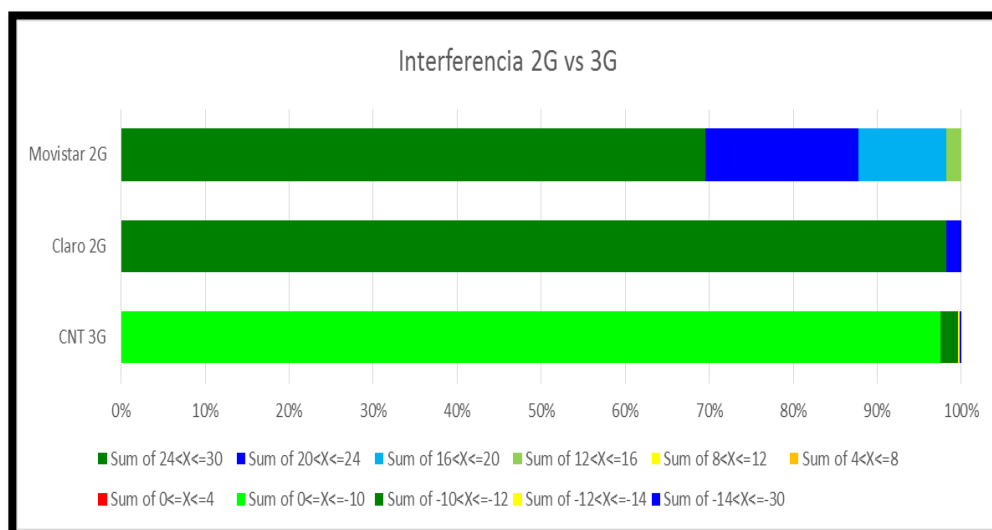
3.5.1. Afectación Cuantitativa de los KPIs en la señales de Potencia e Interferencia por cada Tecnología presente en Puná

Previamente se ha establecido equivalencias de ciertos parámetros entre tecnologías, tal como el indicador de Potencias es el RxLev en 2G y el RSCP para 3G, para Interferencia se presenta el C/I para 2G y EcNo para 3G, y en ambas tecnologías se toma la métrica del Throughput para servicio de transferencia de datos. Con esto, podemos realizar la comparativa cuantitativa de dichos parámetros, estimar su desempeño y con esto justificar la implementación de la solución presentada dentro de este proyecto. A continuación en las figuras 3.16 y 3.17 se realizará la comparativa cuantitativa en histogramas de barras de los KPIs y sus equivalentes entre tecnologías.



Fuente Microsoft Excel 2013

Figura 3.16 Histograma Comparativo de Potencias 2G vs 3G



Fuente Microsoft Excel 2013

Figura 3.17 : Histograma Comparativo Interferencia 2G vs 3G

En cuanto a los indicadores de Potencia se puede apreciar que en 3G, la potencia de la señal percibida por el dispositivo móvil supera el 90% de muestras mayores a -75dBm que representan valores óptimos, mientras que en 2G se tiene un máximo del 50% aproximadamente dentro del mismo rango. Respecto a la interferencia de la señal y calidad del servicio, los indicadores presentan diferentes rangos, sin embargo representan similitud entre sí, en 2G Claro supera el umbral alcanzando el 98% mientras que Movistar tan solo limita el 70%, en 3G CNT supera el 97% lo cual indica el excelente comportamiento del sistema de tercera generación a pesar de ser clasificado como un sistema auto-interferente. De manera general se muestra la superioridad de desempeño de la tecnología 3G sobre la 2G en todos los indicadores establecidos, y de igual manera se aprecia la inferioridad entre Movistar y Claro a pesar que Claro es la red más traficada del país.

3.5.2. Comparación Cualitativa de las Tecnologías Celulares en Puná

Una vez mostrados los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, y mostrada la comparativa cuantitativa, es preciso realizar el desglose cualitativo de los mismos. Con estos resultados se ha confirmado que existe un

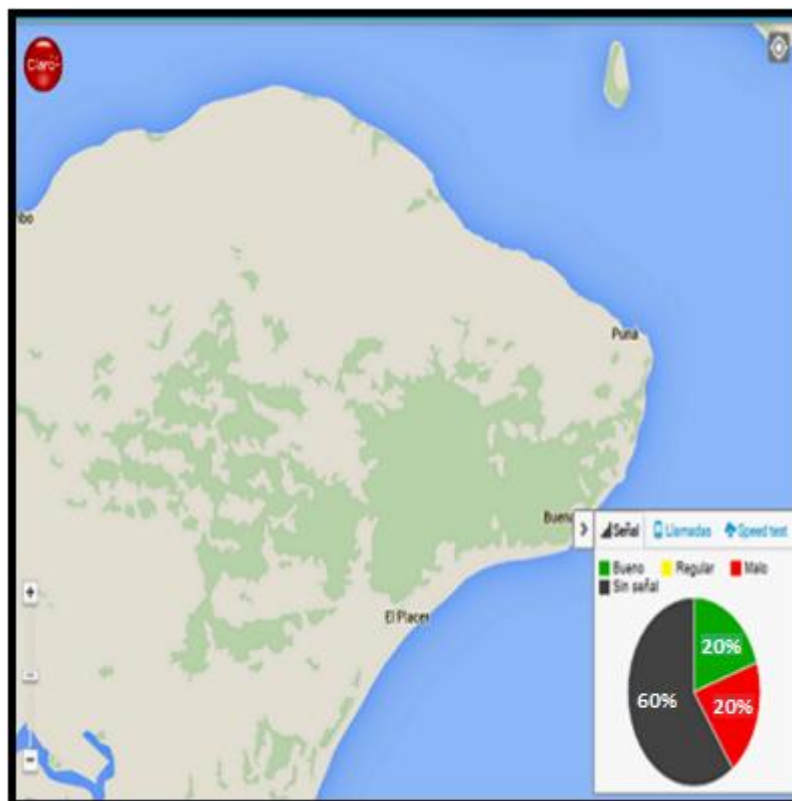
desempeño superior por parte de la tecnología celular de tercera generación tanto a nivel de cobertura como de calidad de servicio de transmisión de datos ofrecido con respecto a su generación previa. Sin embargo se debe analizar la concordancia de estos resultados respecto a la situación inicial de la población y la percepción por parte del usuario del servicio ofrecido.

3.6. Escenario Actual del SMA al interior de Puná

La realidad de la cobertura y calidad de servicio de telefonía celular dentro de la Isla Puná ya ha sido descrita anteriormente, incluso se ha comparado el desempeño de la tecnología GSM, desplegada en Puná por parte de las dos operadoras dominantes del país. Esto pudo ser desarrollado debido a que la tercera operadora ya mantiene en la actualidad implementado el servicio celular de tercera generación, pero este sistema celular no goza de mayor acogida de mercado al interior de la Isla Puná. Demostrando los beneficios que presentaría al dar el siguiente paso en el escalafón tecnológico implementando un sistema de tercera generación celular que lleva muchos años dentro del país. Asegurando, en muchos otros sitios del territorio nacional, que se concreten las comunicaciones en condiciones óptimas. El no contar con un servicio eficaz de telefonía móvil perjudica tanto a las personas que contactan a sus familiares en otras ciudades, como a las personas de negocios y empresas que tienen como base la Isla Puná. En cuanto al servicio de transferencia de datos, se ayudaría de gran manera en grandes aspectos de la vida cotidiana, ya que actualmente se alcanzan tasas muy bajas de velocidad y la cantidad de cibercafés es limitada en la población, incluso reduciría el tiempo de acción y reacción al momento de transmitir o recibir un comunicado de evacuación o alerta desde o para la Isla. Por lo tanto fuera de las ventajas tecnológicas y económicas que esta mejora representa, se denota también el aspecto humanitario y la gran ayuda ofrecida por la nueva tecnología presentada como solución. Respecto a los avances tecnológicos en los últimos años se ha presentado un incremento vertiginoso en el desarrollo de nuevos smartphones, tablets y demás dispositivos que constantemente realizan conexiones a la red de internet, pero este avance se aprecia de mejor manera a medida que la implementación de

las redes celulares mejoran con el desarrollo de la nueva tecnología que, de ser limitada, ocasionará el desperdicio o subutilización de los recursos que proveen dichos dispositivos tecnológicos que se lanzan constantemente al mercado. La solución sugerida dentro del proyecto no tan solo da paso a una tecnología ya existente a nivel de ciudades grandes del país y del mundo, sino a futuro escalamiento a su próximo nivel, como lo son las redes de cuarta generación LTE, con tan solo un manejo de las interfaces físicas y sus conexión además de las modificaciones remotas obligatorias vía software. Por lo antes mencionado se aprecia que esta solución no solo es una mejora de la red para dos operadores que han optado por frenar el avance tecnológico para la Isla Puná, sino que genera repercusiones significativas en las labores presentes y futuras a realizarse de manera cotidiana y comercial dentro de la Isla y que incluso puede prevenir o dar sobre aviso a algún una catástrofe en el más extremo de los casos.

Los operadores CONECEL S.A y OTECEL S.A mantienen tecnología 2G implementada para servicios de voz y datos. Es notorio que para el tráfico de voz en términos generales los niveles de señal para dispositivos celulares de usuario finales son bajos, la gráfica 3.18 nos muestra que para el área escogida solo en el 20% del territorio cuenta con señal de buena calidad provista por los equipos de telecomunicaciones de CONECEL S.A, esto en contraste a las referencias de los pobladores que indican que no existe problemas al momento de originar una llamada por voz desde Nueva Puná hacia cualquier lugar del país. Esto se debe primordialmente a que la tecnología 2G tiene especificaciones técnicas enfocadas en modulación y potencia de los transductores que la convierten en una tecnología celular exclusivamente para garantizar el tráfico de voz.

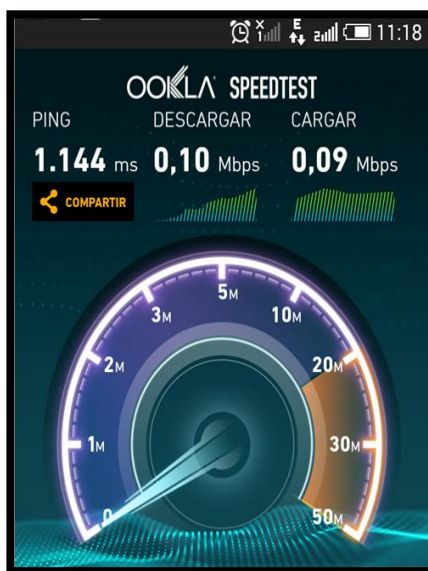


Fuente: App Servicio Móvil Ecuador Arcotel

Figura 3.18 : Niveles de Señal de Cobertura en Puná Nueva Red CLARO 2G

En lo relacionado al tráfico de datos a continuación se presentan las mediciones utilizando el aplicativo SpeedTest realizadas en el sitio con un teléfono de prueba Smartphone de gama alta, donde se denota que las velocidades de carga y descarga son bastante cercanas a los que el estándar 2G mantiene como máxima tasa de transferencia (hasta 384 Kbps en uplink y downlink), sin embargo estas velocidades en tráfico de datos siguen siendo lentas e insuficientes y ocasionan que los aplicativos de Capa 7 en el modelo OSI en una red de Internet se vean degradados a nivel de cliente final, esto es debido a que en la práctica se pudo confirmar que solo se llegan a picos de hasta 100Kbps en descarga y 9.1Kbps en carga. Cabe destacar que el aplicativo de la Arcotel no refiere ningún tipo de estadística respecto de mediciones de SpeedTest (velocidad de carga y descarga). Estas mediciones en conjuntos con las estadísticas de los tiempo de respuesta a la prueba de ping se las tuvieron

que ejecutar durante la visita técnica que se realizó al sitio. Esta medición es presentada a continuación en la figura 3.19 correspondiente al SMA ofertado por el operador privado CONECEL S.A.



Fuente: App Móvil Ookla V2.1

Figura 3.19 : Velocidades de Carga y Descarga en Puná Nueva Red 2G CLARO

Los tiempos de respuesta de ping hacia páginas alojadas en servidores internacionales (Servidores DNS de Google) localizados en Texas, EEUU, se presentan en el orden de los 4 dígitos en milisegundos, encontrándose que son tiempos de respuesta muy elevados para las aplicaciones móviles de comunicación ya que al demorar la descarga de datos las aplicaciones finales presentan errores y problemas como por ejemplo una navegación lenta o una presentación incompleta de la interfaz de usuario de los aplicativos. Esto es debido a la cantidad de paquetes descartados que se presentan resultado de la latencia en la respuesta a los requerimientos de los usuarios. En el peor de los casos pueden llegar a impedir mostrar el contenido final del tráfico proveniente de la red externa. En la figura 3.20 mostramos lo evidenciado en los tiempos de respuesta a la pruebas de ping realizadas desde la cabecera cantonal de Puná con un teléfono Smartphone de gama alta conectado a la red 2G, en su versión

EDGE perteneciente al operador con más impacto de mercado en los pobladores de la isla, CONECEL S.A.

```

u0_a170@htc_a51dtul:/ $ ping 8.8.8.8
PING 8.8.8.8 (8.8.8.8) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=1 ttl=53 time=10053 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=2 ttl=53 time=9121 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=3 ttl=53 time=8301 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=4 ttl=53 time=7621 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=5 ttl=53 time=6620 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=6 ttl=53 time=5615 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=7 ttl=53 time=4629 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=8 ttl=53 time=3682 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=9 ttl=53 time=2741 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=10 ttl=53 time=2228 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=11 ttl=53 time=1302 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=12 ttl=53 time=372 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=13 ttl=53 time=160 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=15 ttl=53 time=3890 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=16 ttl=53 time=3172 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=17 ttl=53 time=2172 ms

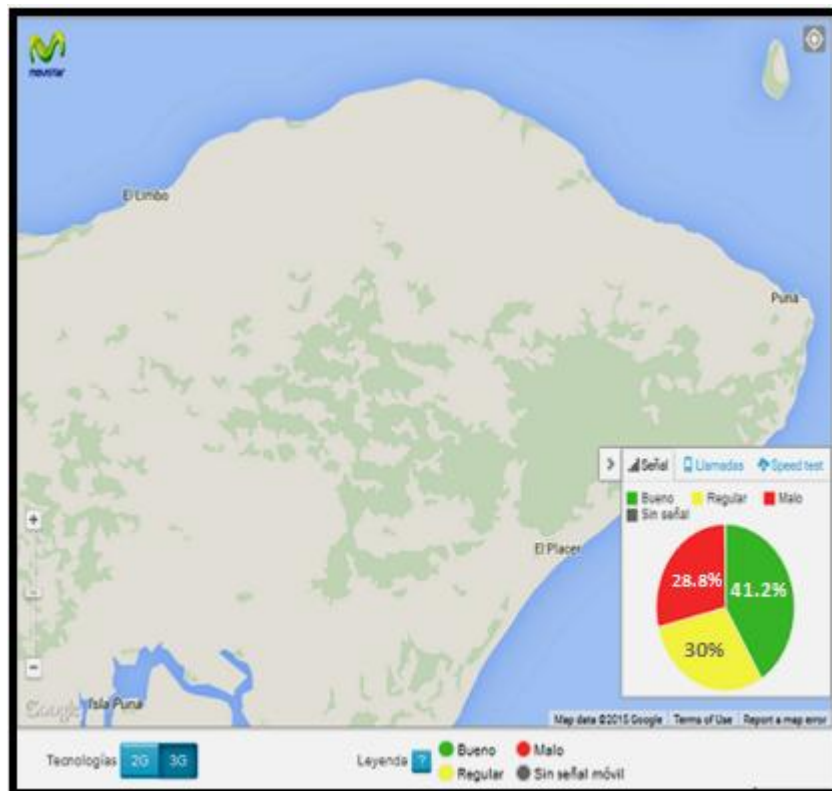
```

Fuente: App Móvil Terminal V2.1

Figura 3.20 : Tiempos de Respuesta desde la Red CLARO 2G hacia Servidores de Google Ubicados en Texas, EEUU

En lo referente a la red de OTECEL S.A se encontró que para el tráfico de voz en términos general los niveles de señal para dispositivos celulares de usuario final son bajos; en la gráfica 3.21 se muestra que para el área escogida, el 41% del territorio mantiene una señal de buena calidad, cabe indicar que las referencias de los pobladores acerca de la percepción del servicio de voz nos indica que para los usuarios de OTECEL S.A no existen problemas al momento de originar una llamada desde la cabecera cantonal de la isla hacia cualquier lugar del país. Cabe mencionar que la cantidad de usuarios que se encuentran presenten en el área de servicio es de mucho menor densidad que los usuarios de su competidor privado equivalente CONECEL S.A. De cada 10 personas que

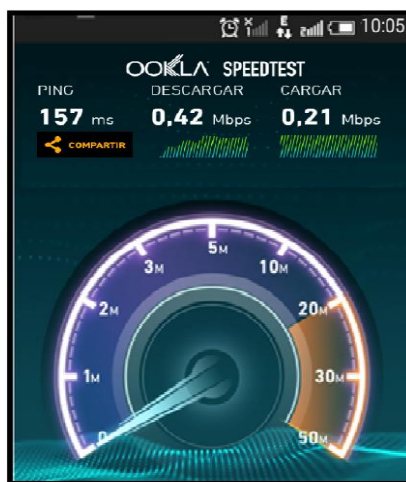
hacen recargas en los diferentes establecimientos en la isla, solo dos a tres usuarios registran estas recargas para el operador OTECEL S.A.



Fuente: App Servicio Móvil Ecuador Arcotel

Figura 3.21 : Niveles de Señal de Cobertura en Puná Nueva Red MOVISTAR 2G

La tasa de transferencia en carga y descarga para la red 2G del operador OTECEL S.A mantiene parámetros un poco más cercanos a los teóricos, como se puede observar en la gráfica 3.22. Una de las premisas que se maneja es que esto se debe a la menor cantidad de usuarios que intentan acceder a este sistema por lo que las velocidad de transferencia de paquetes se ve aumentada con respecto a la de su similar CONECEL S.A, sin embargo se sigue sin alcanzar los máximos teóricos para la carga de datos en la tecnología celular implementada en el área.



Fuente: App Móvil Ookla V2.1

Figura 3.22 : Velocidades de Carga y Descarga en Puná Nueva Red 2G MOVISTAR

En la Fig. 3.23 se presenta los resultados de las pruebas de ping a los servidores ubicados en Texas, EEUU, observándose que los tiempos de respuesta a los servidores de la nube ya se mantienen constantes en 3 dígitos en el orden de los milisegundos, pero para aplicaciones de audio o videostreaming sensible a la latencia de la red estos tiempos siguen ocasionando que las aplicaciones finales no presenten al usuario final los resultados esperados en calidad de servicio de transmisión de datos.

```

Ventana 1
j0_a170@htc_a51dtul: / $ ping 8.8.8.8
PING 8.8.8.8 (8.8.8.8) 56(84) bytes of data.
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=1 ttl=46 time=135 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=2 ttl=46 time=139 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=3 ttl=46 time=138 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=4 ttl=46 time=123 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=5 ttl=46 time=137 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=6 ttl=46 time=135 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=7 ttl=46 time=1109 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=8 ttl=46 time=436 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=9 ttl=46 time=756 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=10 ttl=46 time=536 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=11 ttl=46 time=376 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=12 ttl=46 time=422 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=13 ttl=46 time=391 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=14 ttl=46 time=349 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=15 ttl=46 time=508 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=16 ttl=46 time=347 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=17 ttl=46 time=365 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=18 ttl=46 time=395 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=19 ttl=46 time=392 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=20 ttl=46 time=400 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=21 ttl=46 time=366 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=22 ttl=46 time=395 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=23 ttl=46 time=374 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=24 ttl=46 time=402 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=25 ttl=46 time=372 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=26 ttl=46 time=448 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=27 ttl=46 time=425 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=28 ttl=46 time=383 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=29 ttl=46 time=338 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=30 ttl=46 time=336 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=31 ttl=46 time=375 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=32 ttl=46 time=414 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=33 ttl=46 time=413 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=34 ttl=46 time=371 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=35 ttl=46 time=339 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=36 ttl=46 time=398 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=37 ttl=46 time=426 ms
 54 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=38 ttl=46 time=394 ms

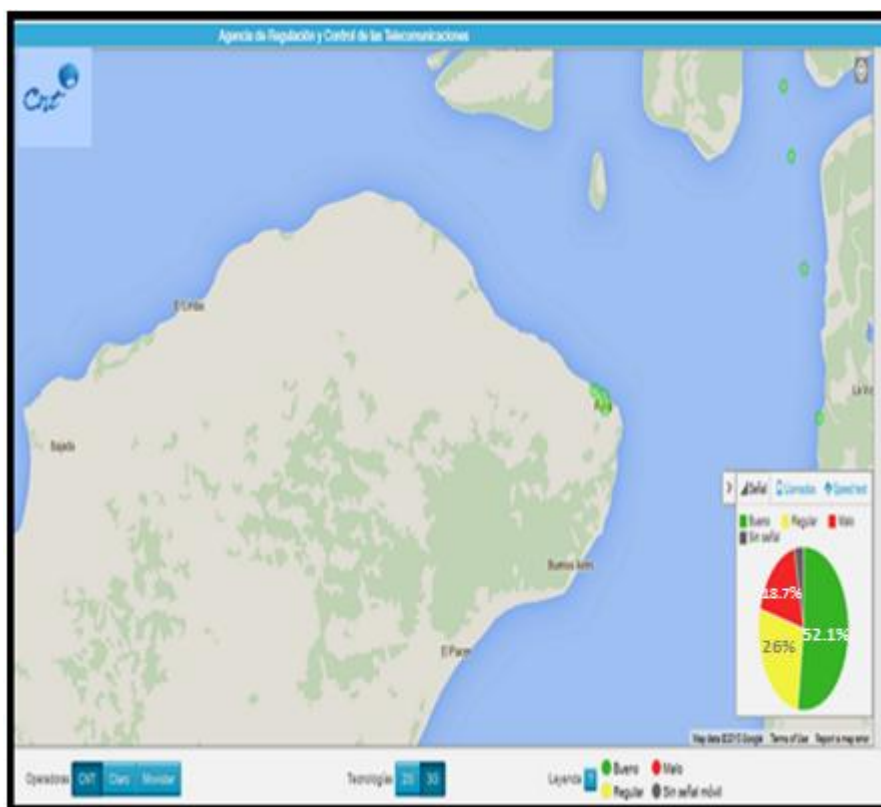
```

Fuente: App Móvil Terminal V2.1

Figura 3.23 : Tiempos de Respuesta desde la Red MOVISTAR 2G hacia Servidores de Google Ubicados en Texas, EEUU

Referente a la red del operador CNT E.P se encontró que para el tráfico de voz en términos general los niveles de señal son de muy buenos para los dispositivo celulares de usuario final. Se llega a cubrir 55% del territorio de la isla con un nivel de señal de buena calidad y otro 26% con una calidad de servicio en voz calificada como regular de acuerdo a los aplicativos que difunde la Arcotel. Una vez más cabe indicar que los pobladores no notan degradación en el servicio cuando intentan comunicarse por voz con los usuarios en otras partes del país ni tampoco se perciben problemas al momento de originar o terminar una llamada cuando se encuentran ubicados en la cabecera cantonal de la isla. Otro aspecto importante a tener en cuenta es que la cantidad de usuarios que se encuentran presenten en el área de servicio es aún de menor densidad que los usuarios de su competidores privados equivalentes. De cada 10 personas que hacen recargas en los diferentes establecimientos en la isla solo uno o dos usuarios registran la recarga de saldo para el operador estatal de servicio de

Telecomunicaciones. En la figura 3.24 se puede observar la distribución de calidad de servicio con la se mantiene al área de estudio del presente proyecto para la red 3G implementada por CNT E.P.



Fuente: App Servicio Móvil Ecuador Arcotel

Figura 3.24 : Niveles de Señal de Cobertura en Puná Nueva Red CNT 3G

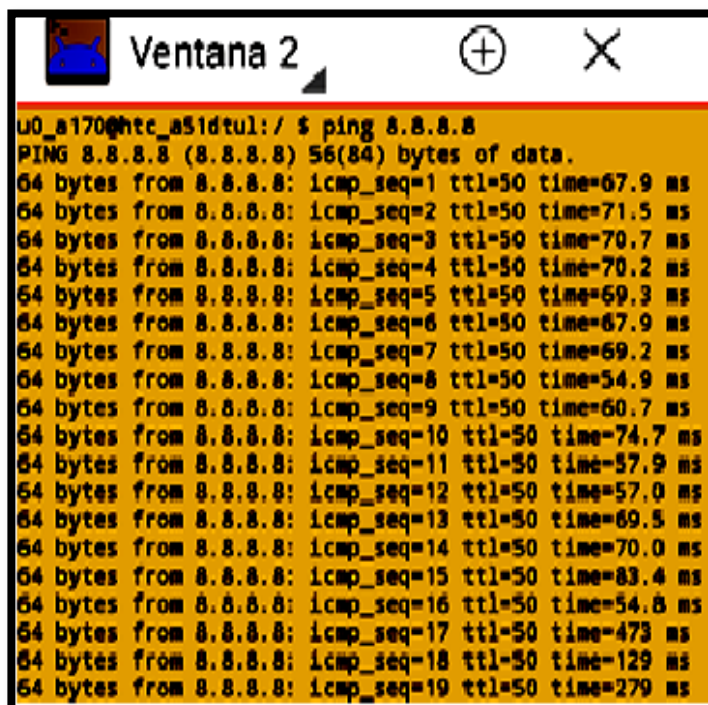
La tasa de transferencia en carga y descarga para la red 3G del operador CNT E.P es considerablemente superior a las de los operadores privados. Esto se encuentra directamente relacionado a la red de tecnología celular implementada en el área. Las velocidades de transmisión de datos son muy altas respecto de los operadores adversarios en el mercado. Teóricamente de acuerdo a lo investigado esta tecnología alcanza velocidades de hasta 14,4 Mbit/s en bajada y hasta 2 Mbit/s en subida, dependiendo del estado o la saturación de la red. Las pruebas de SpeedTest realizadas en el área de servicio durante la visita técnica al sitio se presenta en la figura 3.25 a continuación.



Fuente: Aplicación Móvil Ookla V2.1

Figura 3.25 : Velocidades de Carga y Descarga en Puná Nueva Red 3G CNT

A continuación en la Fig. 3.26 presentamos los resultados de la prueba de ping a los servidores ubicados en Texas, EEUU, donde podemos observar que los tiempos de respuesta a los servidores de la nube mejoran considerablemente y se sitúan en dos dígitos en el orden de los milisegundos, para aplicaciones de audio o videostreaming sensible a la latencia de la red, estos tiempos de respuesta son mucho más satisfactorios para las aplicaciones que se ejecutan mediante la transmisión de datos desde los terminales móviles con acceso a la red 3G. Por lo tanto la calidad de servicio de transmisión de datos es mucho mejor para los usuarios del operador estatal.



```
u0_a170@htc_a51dtul: / $ ping 8.8.8.8
PING 8.8.8.8 (8.8.8.8) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=1 ttl=50 time=67.9 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=2 ttl=50 time=71.5 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=3 ttl=50 time=70.7 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=4 ttl=50 time=70.2 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=5 ttl=50 time=69.9 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=6 ttl=50 time=67.9 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=7 ttl=50 time=69.2 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=8 ttl=50 time=54.9 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=9 ttl=50 time=60.7 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=10 ttl=50 time=74.7 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=11 ttl=50 time=57.9 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=12 ttl=50 time=57.0 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=13 ttl=50 time=69.5 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=14 ttl=50 time=70.0 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=15 ttl=50 time=83.4 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=16 ttl=50 time=54.8 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=17 ttl=50 time=47.3 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=18 ttl=50 time=129 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=19 ttl=50 time=279 ms
```

Fuente: App Móvil Terminal V2.1

Figura 3.26 : Tiempos de Respuesta desde la Red CNT 3G hacia Servidores de Google Ubicados en Texas, EEUU

De acuerdo a los resultados obtenidos luego de la visita técnica a Puná, se pudo comprobar y confirmar que la problemática en el Servicio Móvil Avanzado existe y se profundiza a nivel del usuario al momento de hacer uso de la red cuando se pretende navegar, intercambiar, cargar , descargar o compartir información del Internet desde las aplicaciones móviles que se manejan a través de las equipos de usuarios finales que requieren acceder a la información o realizar requerimientos en servidores que se encuentren alojados en sitios fuera de Puná.

CAPÍTULO 4

4. Descripción del Diseño de la Solución de Red 3G.

Una vez realizadas las visitas técnicas respectivas, recolectada la información descrita en el capítulo 2 y realizado el estudio de la situación actual de las tecnologías celulares presentes en el sitio en el capítulo 3, a continuación se plantea el diseño de la solución 3G propuesta para brindar nuevas capacidades de transmisión y recepción de datos a los pobladores de Puná. En este capítulo se detallaran los distintos directrices a tomar en cuenta para la implementación de este procedimiento. Para esto se necesita, en primer lugar, definir detalladamente los equipos que se utilizarán y realizar las predicciones correspondientes. En este capítulo se brindará alcance el desarrollo de la solución y el equipamiento necesario para su implementación

4.1. Escenario Celular Desplegado en la Periferia de Puná

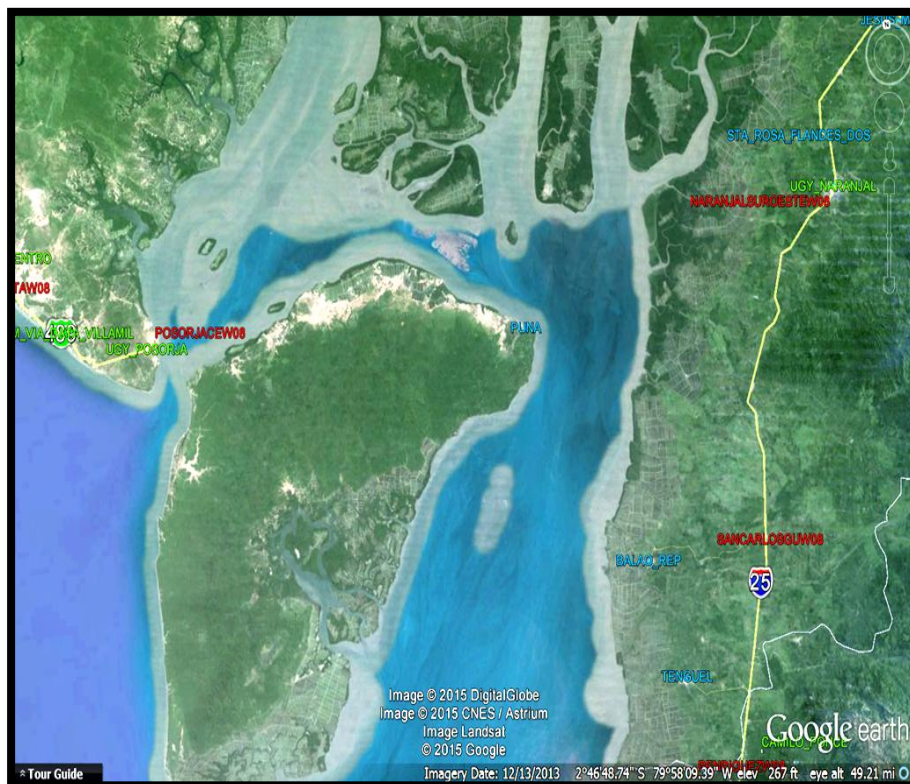
La realidad de la cobertura y calidad de servicio de telefonía celular dentro de la Isla Puná ya ha sido descrita anteriormente, incluso se ha comparado el desempeño de la tecnología actual presente GSM por parte de las dos operadoras dominantes del país contra lo implementado por la tercera operadora celular que aunque no goza con la misma densidad de abonados, con las que si se cuentan las operadoras privadas, han decidido dar un paso adelante en busca ofrecer igualdad de condiciones tecnológicas a los habitantes de Puná. Parte de la planificación para la solución a implementar es realizar una predicción de cobertura de tal manera que se presente de manera gráfica los niveles que ofrecería la implementación del servicio, utilizando parámetros físicos similares a los ya existentes. Dentro de esta simulación tendremos escenarios ideales que arrojarán resultados superiores a lo que en realidad pueden ser esperados en campo; es preciso recalcar que esto es debido a que es una simulación realizada por una computadora la cual no siempre podrá emular con total exactitud el escenario objetivo, ya sea esto por

distintas edificaciones, modificaciones al terreno, superficies reflectivas, y demás factores ajenos a la herramienta de software. Adicionalmente es conocido que el objetivo del proyecto es una isla, la cual se encuentra lejos de la intromisión de señales de otras celdas de manera ideal; sin embargo el hecho que sea una isla no tan alejada de la Costa del Ecuador, puede permitir que ciertas celdas cuya planificación no ha sido optimizada, puedan llegar por medio de reflexión en el mar hasta la Isla Puná. A diferencia de CNT que no posee gran cantidad de sitios en todo el país, Claro y Movistar han desplegado sus redes celulares en varios rincones del Ecuador, incluyendo ciertas poblaciones costeras como Balao, Posorja o incluso sitios localizados en carreteras y demás que rodean el perímetro de la Isla Puná tal como se muestra en las Figuras 4.1 y 4.2.



Fuente Mapper Google Earth

Figura 4.1 : Sitios Periféricos GSM CLARO-MOVISTAR



Fuente Mapper Google Earth

Figura 4.2 : Sitios Periféricos UMTS CLARO-MOVISTAR-CNT

Estas señales residuales de los sitios periféricos podrían introducir ligeros niveles de interferencia y afectar el desempeño de los indicadores C/I o Ec/No. Así mismo se debe tener en cuenta que a pesar de que se realicen simulaciones con parámetros estándares para nuevas coberturas de redes de tercera generación, también es preciso recalcar que la capacidad de los equipos de radio que utiliza cada operador es diferente en comportamientos y desempeño que no pueden ser calculados por las herramientas de software utilizadas para la planificación ya que únicamente requieren parámetros de radiofrecuencia y ciertos parámetros físicos como altura, orientación, antenas, y demás. Todo lo mencionado corresponde al proceso posterior a la implementación, es decir la optimización de la red celular que queda en las manos de cada operador y las personas detrás de este proceso. Es por estos motivos que el escenario mostrado más adelante al final de este capítulo, en simulaciones y predicciones

es ligeramente mejor a las pruebas de campo que se podrían obtener, sin embargo es válido indicar que a pesar de estas diferencias de lo ideal y lo real, el desempeño de la solución cumpliría satisfactoriamente todos los requisitos de calidad de servicio, como se ha demostrado en la evaluación de la red 3G CNT.

4.2. Equipamiento a Utilizar para la Implementación de la Solución 3G

Previamente se definieron los elementos que componen una red *RF Outdoor* y cómo se realiza la interconexión dentro de su arquitectura. Se definieron conceptos como BBU, RRU, Módulos de Radio, etc. Sin embargo estos equipos tienen distintas versiones y fabricantes los cuales hacen variar el desempeño del equipo. Es por ello necesario el determinar cuál será el equipamiento específico que se utilizará previo a realizar el diseño. La selección de estos equipos se realizó considerando las necesidades propias de la solución y el prestigio de ciertos fabricantes.

Para la implementación de la solución se debe utilizar una BBU, figura 4.3, la cual es la Unidad de Banda Base que convertirá la señal de transmisión que llega al nodo vía microonda y procesa la información para traslado al siguiente bloque el cual es la RRU, además brindará funciones de control y señalización del NodoB, también realiza la conexión del sitio a la RNC correspondiente para el proceso de autenticación y servicios disponibles para el usuario final. Independientemente de cuál sea el fabricante la BBU soporta las tres tecnologías existentes en las redes celulares del país, GSM, UMTS, GSM y UMTS en simultáneo y LTE. De manera estándar la BBU ocupa dos unidades de rack, es decir 8.6 cm. de alto, 44.2 de ancho y no debe operarse a una temperatura mayor a 55° C.



Fuente Huawei Support

Figura 4.3 Unidad Banda Base BBU

Respecto a la Unidad Remota de Radio RRU, figura 4.4, se deberá utilizar equipamiento del mismo fabricante que la BBU para cada operador, es decir Telefónica Movistar usará equipos del fabricante ZTE mientras que Claro hará uso de equipos Huawei; sin embargo de manera general las RRU de cada fabricante son similares tanto en características físicas como funcionalidades internas. De manera general la RRU es la encargada de recibir la señal óptica proveniente de la fibra que se interconecta a la BBU y realizar la modulación de esta señal sobre la frecuencia de operación del sistema para que esta a su vez sea transmitida por el sistema radiante descrito posteriormente. Los valores de sensibilidad de receptor fluctúan entre los -125dBm y -130dBm para las dos portadoras (850MHz y 1900MHz) que pueden ser utilizadas para la implementación del diseño propuesto. Sus dimensiones físicas son aproximadamente 35-40 cm de ancho, 45-50 cm de alto y 15-20 cm de profundidad.



Fuente ZTE Support

Figura 4.4 Unidad Remota de Radio RRU

El recorrido del cable que transportará la señal hacia el sistema radiante desde los equipos de radio será un cable de 7/8" de diámetro, FXL-780 del fabricante Andrew, figura 4.5, el cual es un estándar para la instalación debido a su baja pérdida ya que en la banda de 850MHz tiene una atenuación aproximada de 3.5 dB cada 100 metros mientras que en la banda de 1900MHz tiene una pérdida de 5.4 dB por cada 100 metros.



Fuente Commscope Technical Magazine

Figura 4.5 Cable Coaxial Andrew

Por último, el sistema radiante será implementado por medio de antenas paralelas comúnmente utilizadas para el aditamento de nuevos sitios con tecnología de tercera generación en todo el país; la antena DBXLH-6565C-VTM del fabricante Andrew, figura 4.6, es una de las cuales ha sido utilizada en su gran mayoría tanto al inicio del despliegue de redes UMTS como para nuevas coberturas solicitadas en la actualidad. Ésta es una antena Dual-Band, es decir que permite la implementación de dos portadoras de una misma tecnología, sean estas 850MHz y 1900MHz o la combinación de dos tecnologías utilizando independientemente su frecuencia ya que posee 4 puertos de conexión de cable coaxial. Esta antena tiene una apertura horizontal de 65 grados y una ganancia entre 14.6 y 18.3 dBi dependiendo del rango de frecuencia en la que se ponga en operación, lo que permite brindar cobertura a una gran área; sus dimensiones son 257.3x27.4x13.7cm y tiene un peso de 21.7Kg.



Fuente Commscope

Figura 4.6 Antena DBXLH-6565C-VTM

Las fichas técnicas de los componentes a utilizar dentro del proyecto se adjuntan en Anexo A, en donde se puede apreciar a detalle todas las especificaciones técnicas de cada elemento en su totalidad.

4.3. Despliegue de la Solución en el sitio

Posterior a la definición de los equipos a utilizar en el diseño de la solución, es necesario concretar la ubicación de los mismos así como también la parametrización física y de capacidad para, mediante una herramienta de Software de Simulación de Redes Celulares llamada Atoll V.3.0, obtener las predicciones de cobertura las cuales proveerán los lineamientos y valores teóricos que se lograrían en el sitio con el despliegue de la tecnología 3G.

4.3.1. Ubicación de Equipos

Durante la visita técnica a Puná se identificó que los operadores Claro y Otecel comparten una misma infraestructura, es decir que sus estaciones GSM se encuentran geográficamente en el mismo lugar, como se puede observar en la gráfica satelital 4.7, sus equipos de radio y bastidores se ubican dentro del mismo perímetro y su sistema radiante comparte una torre auto-soportada de 60m de altura.



Fuente Mapper Google Earth

Figura 4.7 : Vista Satelital del Sitio Compartido GSM CLARO-MOVISTAR

Los nuevos equipos necesarios para 3G de igual manera compartirán espacios con los equipos de la tecnología ya existente. Debido a que se trata de una co-ubicación de tecnologías y operadores móviles; no es requerido realizar una zona de búsqueda para determinar un lugar idóneo donde levantar una estructura completamente nueva y realizar los respectivos procesos legales y comerciales, más lo único que se necesita es realizar el traslado de los nuevos equipos y proceder a la instalación de los mismos.

4.3.2. Configuración de Sistema Radiante

Previamente se ha indicado la existencia de dos infraestructuras en las cuales una alberga los equipos GSM de los operadores Conecel y Otecel, mientras que la otra infraestructura contiene los equipos UMTS del operador estatal CNT. La configuración física de los parámetros de altura y azimut de las antenas ha sido debidamente definida al momento de realizar la planificación de cada proyecto; en la tabla 4.1 se presenta la información recolectada en campo de las configuraciones actuales de los sistemas de antenas por operador.

Sector	Operador Móvil			
	Parámetro	Claro	Movistar	CNT
SECTOR 1	Antena	Kathrein-739650	ODP-090R16BV/17KV	DBLXH-6565C-VTM
	Altura (mtrs)	50	50	42
	Azimuth (° grados)	10	310	300
	Tilt Mecánico (° grados)	1	2	0
	Tilt Eléctrico (° grados)	N/A	0	8
SECTOR 2	Antena (mtrs)	Kathrein-739650	ODP-090R16BV/17KV	DBLXH-6565C-VTM
	Altura (mtrs)	50	50	42
	Azimuth (° grados)	140	60	130
	Tilt Mecánico (° grados)	2	3	2
	Tilt Eléctrico (° grados)	N/A	0	5
SECTOR 3	Antena (mtrs)	Kathrein-739650	-	DBLXH-6565C-VTM
	Altura (mtrs)	50	-	42
	Azimuth (° grados)	240	-	230
	Tilt Mecánico (° grados)	1	-	2
	Tilt Eléctrico (° grados)	N/A	-	3

Tabla 9 : Configuración Actual de Apuntamiento de Antenas

Se indicó que la altura de la torre auto-soportada es de 60m, sin embargo para la planificación para el despliegue de la red GSM en ambos operadores privados se utilizó 50m de altura para todos los sectores instalados; por otro lado los equipos 3G fueron instalados a una altura de 42m en su respectiva infraestructura. Para la implementación de la solución se tomará en cuenta que se desea evitar la sobre-propagación de la señal y evitar que se traslade por reflexión en el agua y pueda ser motivo de interferencia a radio bases lejanas. De esta manera se presenta en la Tabla 4.2 el plan de configuración física sugerido para la instalación del sistema radiante para cada operador.

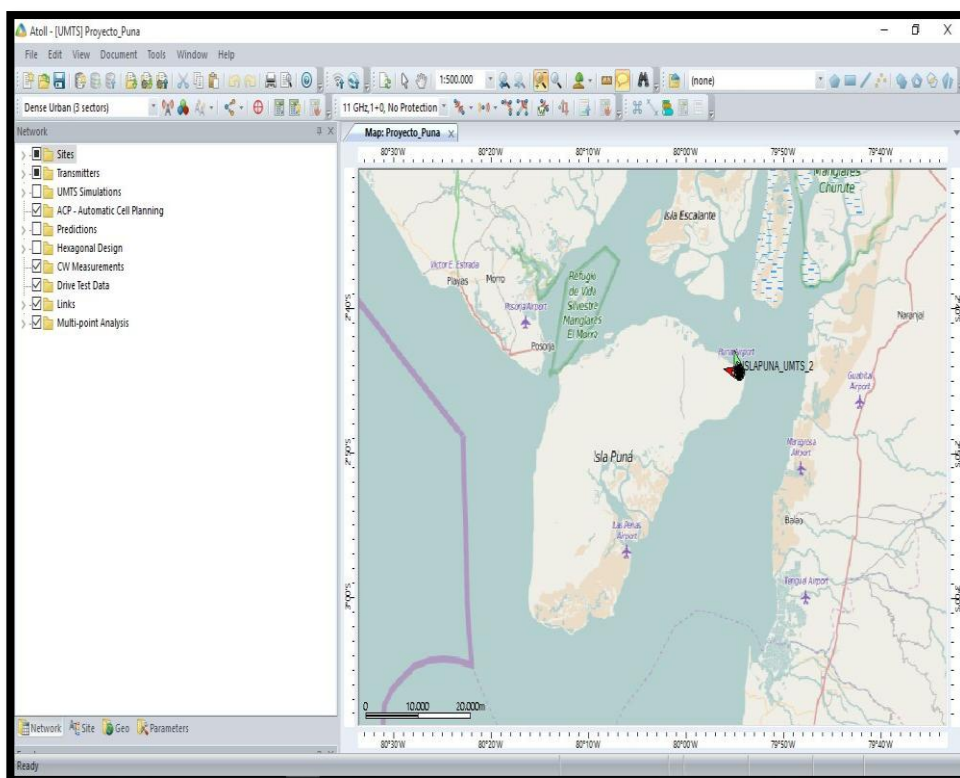
Sector	Parámetro	Operador Móvil	
		UMTS-3G Claro	UMTS-3G Movistar
SECTOR 1	Antena	DBXLH-6565C-VTM	DBXLH-6565C-VTM
	Altura (mtrs)	30m	30m
	Azimuth (° grados)	340	340
	Tilt Mecánico (° grados)	2	2
	Tilt Eléctrico (° grados)	7	7
SECTOR 2	Antena (mtrs)	DBXLH-6565C-VTM	DBXLH-6565C-VTM
	Altura (mtrs)	30m	35m
	Azimuth (° grados)	280	280
	Tilt Mecánico (° grados)	0	0
	Tilt Eléctrico (° grados)	4	4

Tabla 10 : Configuración de Apuntamiento de Antenas Sugerida para Ambos Operadores del Mercado

Esta configuración ha sido debidamente justificada y analizada dentro de las simulaciones para la solución donde se ha determinado la viabilidad de los valores para cada parámetro.

4.3.3. Simulaciones de la Nueva Cobertura y Tasas de Transferencia provistas por la Solución 3G propuesta.

Para efecto de realizar las simulaciones de la solución se utilizará una herramienta de software Atoll Versión 3.2.1 del proveedor Forsk; se muestra la interfaz de la herramienta descrita en la figura 4.8. Esta herramienta permite realizar predicciones de cobertura muy acertadas a la realidad puesto que permite modelar la topografía del terreno, definir el tipo de población sea esta urbana, suburbana o rural, además de brindar variedad de resultados dependiendo de los requerimientos de un proyecto de redes celulares.

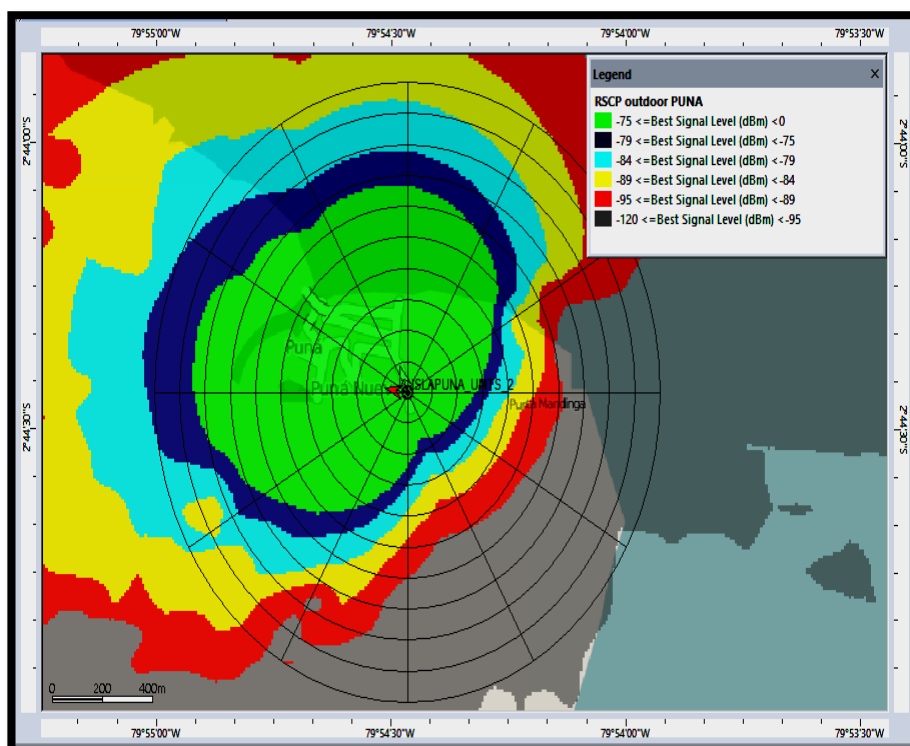


Fuente Software de Simulación de Redes Celulares Atoll Versión 3.2.1

Figura 4.8 : Interfaz Gráfica Atoll Ver. 3.2.1

Dentro de la herramienta se ingresaron los parámetros del sistema radiante indicados en la tabla 4.2, de esta manera se establece la configuración del sitio y la herramienta procede a realizar los respectivos cálculos necesarios para presentar las simulaciones requeridas.

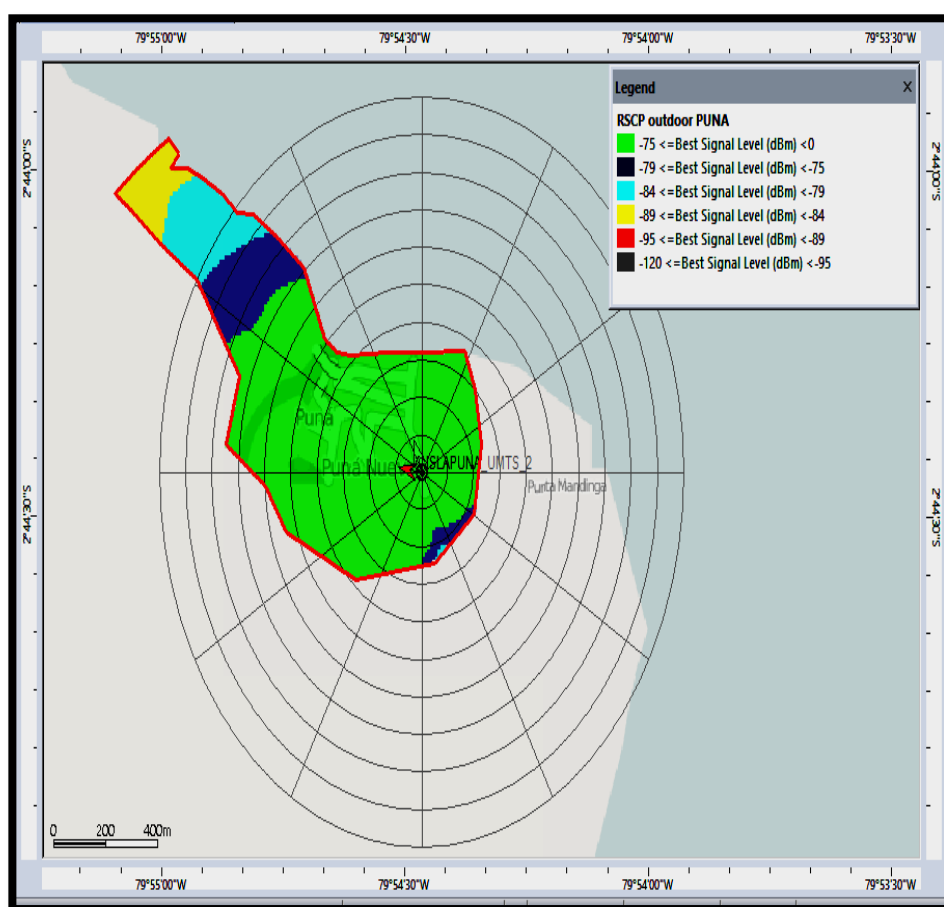
A continuación se describirán los resultados obtenidos de las simulaciones ejecutadas tomando en cuenta los nuevos equipos y parámetros RF que son detallados en los datasheets correspondientes. La figura 4.9 muestra la predicción correspondiente a la cobertura a ofrecer a la población de Puná Nueva. Se aprecia que se ha optado por la implementación de dos sectores a diferencia de las tres celdas que brindan servicio por parte del operador estatal. Sin embargo se visualiza que con dos sectores los niveles de cobertura superan los valores a -85dBm para gran parte del área que comprende la población y este valor cumple con los umbrales óptimos de desempeño para una red 3G referido anteriormente.



Fuente Software de Simulación de Redes Celulares Atoll Versión 3.2.1

Figura 4.9 : Predicción de RSCP – ISLA PUNA

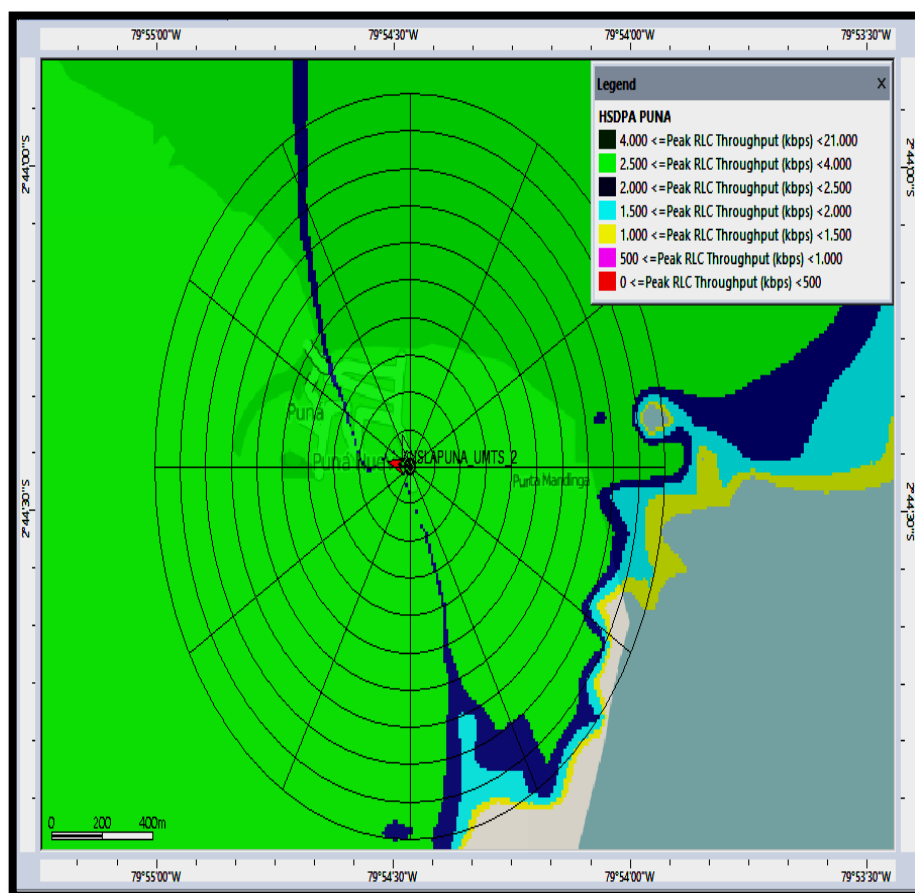
Se ha establecido un polígono de incidencia el cual encierra la población de Puná Nueva y parte de sus alrededores, para analizar los resultados de las predicciones. En la figura 4.10 se muestra la predicción de cobertura dentro del polígono de incidencia establecido, donde es notable que se brinda servicio con óptimos niveles de cobertura superando los -75dBm hasta la altura del puerto de la Isla, y niveles entre -75dBm y -84dBm hasta 600 metros pasando el puerto.



Fuente Software de Simulación de Redes Celulares Atoll Versión 3.2.1

Figura 4.10 : Predicción de RSCP– Polígono Principal Puná

La tasa de transferencia de datos es uno de los parámetros en que se beneficia de mayor manera a los usuarios, proveyéndoles un buen servicio de carga y descarga de datos, razón por la cual se lo presenta como parte de las simulaciones en la figura 4.11 donde se denota que en la mayor parte de la isla, se alcanzarían velocidades teóricas de hasta 4Mbps, lo cual representa una mejora relevante a las tasas de transferencia de datos ofrecidas actualmente por la tecnología GSM.



Fuente Software de Simulación de Redes Celulares Atoll V.30

Figura 4.11 : Predicción de Throughput HSDPA – ISLA PUNA

En la figura 4.12 podemos observar la vista satelital por sectores que cubrirá la isla con parámetros óptimos de servicio de acuerdo de a la solución propuesta en este trabajo.



Fuente Mapper Google Earth

Figura 4.12 : Vista Satelital por Sectores de la Solución 3G Propuesta

4.3.4. Costos de Instalación

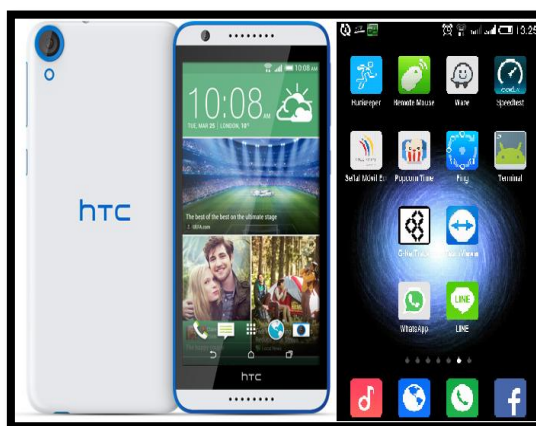
La implementación de todo tipo de proyecto conlleva costos operativos y de instalación y para realizar el despliegue de la solución propuesta se ha analizado dichos costos. Estos valores son parte de los costos de operación y despliegue de la red celular de las operadoras celulares, por lo que éstos serán cubiertos por las mismas. En la tabla 4.3 se detallan los costos de instalación en dólares americanos, establecidos por la contratista OSC o Celectriv (por confirmar una vez que tenga facturas).

Equipo	Costo
Antena (x2)	\$5000
BBU	\$8000
RRU(x2)	\$7500
Materiales de Instalación	\$500
Servicio	Costo
Transporte de Equipos (Fuera de Ciudad)	\$450
Implementación	\$2659
Site Survey	\$890
Planificación y Diseño	\$3136
TOTAL	\$40635

Tabla 11 : Costos de Instalación

Los costos presentados representan una inversión al proyecto que en poco tiempo genera su retribución a la compañía celular. La inversión de capital en el despliegue y mejora de las redes celulares beneficia tanto a la operadora al ampliar sus horizontes de cobertura, como al usuario final que obtiene una mejora de señal y servicios con mayores velocidades de navegación para los diferentes aplicativos al que se tiene acceso desde un teléfono móvil que soporte la tecnología antes descrita. En la figura 4.13 se muestra uno de estos móviles; y en su interfaz de usuario algunas de las miles de aplicaciones conversacionales, de streaming de videos o interactivas como por ejemplos juegos online o aplicaciones que requieran acceso a la red de Internet para

descargar documentación digital importante. Una amplia gama de equipos finales, por no decir todos en la actualidad, son ofertados por las operadoras y adquiridos por los usuarios finales en todo el mundo por lo que el impacto y beneficio directo de esta evolución tecnológica estaría asegurado para los pobladores de Puná.



Fuente : Equipo de Trabajo 4 Materia Integradora

Figura 4.12 : Equipo Móvil de Prueba HTC Dual SIM 820

4.3.5. Tiempo Estimado de Implementación

A continuación presentamos un posible cronograma de actividades para la implementación de la solución propuesta en Puná, tomando en cuenta un equipo de 4 personas entre los que se encontrarían a 1 ingeniero de diseño y planificación de Redes Celulares y 3 personas a realizar las funciones de técnicos operativos. Debido a que la estructura donde se deberá instalar los equipos y antenas ya existe previamente, no se debe considerar tiempos de obra civil, levantamiento de cercado de protección y demás labores relacionadas a construcción y adecuación del sitio. Respecto a la implementación se debe considerar el transporte de los equipos hacia el lugar requerido en la Isla Puna, lo cual se realiza dentro del día uno.

El proceso de instalación de la BBU y sus debidas conexiones en los gabinetes existentes se realiza dentro del día dos. Las RRU se fijan a la estructura metálica de la torre auto-soportada junto con las antenas descritas, debido a

que estos equipos deben ser elevados hasta los 30m de altura y a que son pesados, esta tarea se considera como trabajo de dos días incluyendo los ajustes físicos de azimut y tilts indicados de acuerdo al diseño de la solución.

Posterior a tener todo correctamente instalado y conectado, se requiere realizar el comisionamiento de los equipos y la carga de los parámetros lógicos correspondientes a la red de tal manera que estos puedan brindar el SMA; dicha tarea la realiza un ingeniero de configuración a nivel de NodoB y RNC, misma que toma aproximadamente un día. Una vez instalado y configurado el sitio, se procede a realizar las pruebas de campo para verificación de servicio similares a las elaboradas en este proyecto para la evaluación del nuevo sistema.

Posterior a la evaluación de resultados, si el ingeniero de diseño lo considera, se puede dar lugar a una optimización de parámetros físicos, los cuales son realizados por los técnicos de instalación, o lógicos, realizados por el ingeniero de configuración dependiendo del desempeño mostrado durante las pruebas de campo; caso contrario se da por integrado y operativo comercialmente el NodoB instalado. Este procedimiento debe ser realizado por cada operador para la implementación de la solución propuesta. Todo lo anteriormente detallado lo podemos encontrar desglosado como cronograma de instalación en la tabla 4.4, mismo que nos muestra un período de trabajo aproximado de 11 a 12 días en la Isla.

Item	Actividad	DIA											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Transporte de Equipos	■											
2	Instalacion BBU		■										
3	Instalacion RRU y Antenas			■	■								
4	Configuracion Fisica				■								
5	Comisionamiento de Equipos					■							
6	Pruebas de Verificacion de Servicios						■						
7	Evaluacion de Resultados						■	■					
8	Optimizacion (de ser requerida)							■	■	■	■	■	
9	Pruebas Post-Cambios Optimizacion							■	■	■	■	■	
10	Evaluacion de Resultados							■	■	■	■	■	
11	Entrega de Sitio (Reporte)											■	■

Tabla 4.4 : Cronograma de Actividades para la Implementación del Nuevo NodoB-3G

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El crecimiento del SMA en el Ecuador es vertiginoso; de acuerdo a la Arcotel las líneas activas de este servicio llegan a los 16 millones de usuarios y la participación de Mercado del Servicio de Internet a través de acceso móvil cuenta con aproximadamente 6.2 millones de usuarios, es por esto que la idea principal de diseñar, rediseñar u optimizar redes celulares implementando mejoras en la arquitectura de red existentes con equipos más robustos o los cambios técnicos necesarios, guiados por un diseño de red planificado, para la evolución a tecnologías más recientes y que adapten técnicas de compartición de espectro más eficientes, son sumamente vitales para el aprovechamiento inteligente del espectro radioeléctrico, que como todos conocemos es un recurso natural limitado.
2. Manteniendo siempre un enfoque en que la calidad de servicio que se ofrece a los usuarios del SMA en Puná puede ser mejorada y la constante demanda por sistemas de Telecomunicaciones que puedan cumplir este objetivo, se puede concluir que tanto el diseño, la planificación e implementación de un NodoB de tercera generación sobre la estación base GSM existente, que al momento brinda servicio a la población de la Isla Puná, son técnica y tecnológicamente viables. Esto es debido a que la infraestructura integral de toda la red 3G ya ha sido implementada para el efecto de despliegue de la misma, y por cada cobertura nueva es requerida únicamente la instalación de los equipos de acceso a la red (BBU y RRU) que comprende el NodoB y el diseño del sistema radiante, el cual determinará la nueva área de cobertura y una sustancial mejora en los diferentes servicios que conlleva el aditamento de un sistema de tercera generación.
3. Las tecnologías 2G y 3G de redes celulares en el Ecuador han tenido un despliegue acelerado en los últimos años, de acuerdo a lo investigado y

presentado en este proyecto en la periferia de Puná; en sitios como San Carlos Naranjal o Posorja, existe ya implementada infraestructura con tecnología UMTS (3G) mientras que en Puná, que en un contexto geográfico se encuentra en el centro de ellos, no se posee al momento infraestructura tecnológica de nodos 3G, por lo que se concluye que esta población se encuentra en una situación de desigualdad tecnológica respecto de sus vecinos y esto trae como resultado el aumento de la brecha tecnológica a las que se ven sometidos sus habitantes por parte de los operadores del SMA de mayor densidad de usuarios en la Isla.

4. En el mercado actual de gran consumismo de información digital y la imperante necesidad creada en torno a la conectividad, cobra suma importancia mantener los servicios de Telecomunicaciones disponibles para el usuario a toda hora y en todo momento debido a que los sectores que potencian el desarrollo de esta población podrán disminuir los tiempos de respuesta en los procesos que se ejecutan en varios campos vitales para la economía de la isla, como lo son la acuicultura, la agricultura y el turismo donde se infiere que el impacto positivo de esta migración tecnológica sería enorme para los pobladores de Puná.
5. El diseño de un nuevo nodo con tecnología 3G y la inserción de estos equipos en la arquitectura de red existente es un proceso que debe ser sustentando y justificado para los operadores privados, ya que la migración a una nueva tecnología implica costos de adquisición e instalación, sin embargo este es un proceso que ya debió haber sido realizado por parte de los operadores privados en los últimos años, ya que las utilidades que ha dejado la explotación del SMA en el Ecuador durante los últimos 22 años son muy altas, adicional a que estos proyectos son congruentes con la política actual del Estado que tiene como objetivo fundamental promover el acceso universal a los servicios de telecomunicaciones, en especial a zonas urbano marginales o rurales convirtiéndolas así en nuevos miembros activos de una verdadera Sociedad del Conocimiento e Información.

6. Al momento existen radio bases GSM que ofrecen el SMA dentro de la isla, sin embargo las estrategias para el despliegue de dichas soluciones fueron consideradas de manera diferente por cada operador resultando en soluciones de 3 sectores para Claro y 2 sectores para Movistar, que de acuerdo a los resultados de las pruebas de campo para ambos operadores se presentan desempeños similares; por lo tanto, de acuerdo a las predicciones del diseño planteado como solución 3G se puede concluir que como consecuencia de la implementación propuesta se tendría un desempeño de servicio óptimo para Puná, a pesar que este nuevo diseño sirve a la misma área de cobertura con tan solo dos celdas, en contraparte a la solución de la misma tecnología de tres sectores desplegada por el operador estatal al día de hoy.

Recomendaciones

1. Los equipos utilizados en la implementación de la solución 3G propuesta son altamente escalables y compatibles con la siguiente migración natural a sistemas celulares aún más recientes como LTE; la selección de estos equipos fue ideada de esta manera ya que con el tiempo y la demanda de mayores velocidades por parte de los usuarios en Puná sería conveniente revalorizar el sitio y desplegar 4G para cubrir las necesidades a futuro del SMA requeridos por los usuarios de la Isla.
2. Dentro del proyecto se ha diseñado una solución para operar en la banda de 850MHz, sin embargo ambos operadores privados también tienen adjudicadas frecuencias operativas para brindar servicio en la banda de 1900MHz, la cual es utilizada como segunda portadora en ambas tecnologías 2G y 3G en varias partes del país, y que a futuro se sugiere sea la estrategia para la ampliación de capacidad de tráfico para la Isla Puná; cabe resaltar que para esto es únicamente necesaria la configuración lógica de manera remota de la BBU y RRU para brindar servicio sobre esta nueva frecuencia de operación sin la necesidad de instalación de nuevos equipos como los descritos en el proyecto, mas sólo la instalación de cable coaxial a los puertos sobrantes de las antenas ya existentes.
3. Considerando un plan de expansión de tecnologías y servicios, se podría adoptar otra estrategia respecto al diseño del sistema radiante propuesto, dentro del cual se ha sugerido la adquisición de antenas Dual-Band, que a pesar de que en la solución cumple satisfactoriamente con los umbrales de desempeño, las mismas pueden ser sustituidas por antenas de tipo Quad- Band para de esta manera dar mayor proyección a la implementación tanto de nuevas frecuencias portadoras como a nuevas tecnologías distribuidas en los 6 puertos restantes de este nuevo tipo de antena sugerido a futuro.

4. En el país existen varios proveedores de equipos de infraestructura de redes celulares tales como: Huawei, ZTE, Alcatel Lucent, NSN, entre otros y cada uno utiliza una herramienta potente de software para obtención, procesamiento y análisis de información recolectada durante la evaluación en campo de las áreas de servicio de los Sistemas Celulares, que comúnmente presenta incompatibilidad con similar información extraída de herramientas de otro proveedor, por lo que sería aconsejable que para un análisis en escenarios donde se presenten múltiples proveedores de equipos y múltiples operadores de redes celulares se utilice el software Nemo Windcatcher del fabricante Anite, el cual es compatible con la mayoría de los formatos por cada proveedor de equipos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Unión Internacional de Telecomunicaciones (2004, Mayo 14). *Declaración de Principios de la Sociedad de la Información* (Primera Fase) [Online]. Disponible en [http:// www.itu.int/wsis](http://www.itu.int/wsis).

[2] Academia Networking Cisco System (2008, Enero 20). *Elementos de una Red* (2da Edición) [Online]. Disponible en <http://www.ie.itcr.ac.cr/acotoc/CISCO/Discovery>

[3] Asamblea Nacional de la República del Ecuador (2015, Febrero 18). *Proyecto de Ley Orgánica de Telecomunicaciones* (1era Edición) [Online]. Disponible en <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/LEY-ORGANICA-DE-TELECOMUNICACIONES.pdf>

[4] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (2015, Mayo 15). *Servicio Móvil Avanzado.- Densidad*. (Estadísticas May.2015) Disponible <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas>.

[5] F.J. Palacio y C.R. Castro, "Evolución de la Tecnología Móvil en el Ecuador", Superintendencia de Telecomunicaciones, Quito-Ecuador, Revista Técnica Institucional, Edición N° 16 , Junio 2012.

[6] Asamblea Nacional de la República del Ecuador (2008, Octubre 20). *Constitución de la República del Ecuador* (1era Edición) [Online]. Disponible en http://www.inocar.mil.ec/web/images/lotaip/2015/literal_a/base_legal/A._Constitucion_republica_ecuador_2008constitucion.pdf

[7] Asamblea Nacional de la República del Ecuador (2013, Junio 25). *Proyecto de Ley Orgánica de Comunicación* (1era Edición) [Online]. Disponible en http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/ley_organica_comunicacion.pdf

[8] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. *Agenda Zonal para el Buen Vivir Propuestas de Desarrollo y Lineamientos para el Ordenamiento Territorial* (Zona de Planificación 8) , Quito-Ecuador, Julio 2012

[9] H. Kaaranen , A. Ahtiainen , L. Laitinen y S. Naghian, " Introduction to the 3G Network" , en UMTS NETWORKS Architecture, Mobility and Services, 2nd ed. Chichester- England, 2005

[10]TelecomSOURCE FORUM (2011, Diciembre 29), *All about RxLevel*, Post 583 [Online]. Disponible <http://www.telecomsource.net/showthread.php?512-All-about-rx-level>

[11] Ascom Enterprise (2005, Agosto 12), *FER, RxQual, and DTX DL Rate Measurements in TEMS™ Investigation*. [Online]. Disponible en <http://www.ascom.com/en/measurements-in-investigation-2.pdf>

[12] Ascom Enterprise (2000, Noviembre 4), *Interpreting the Information Element C/I Measurements in TEMS™ Investigation*. [Online]. Disponible en <http://www.ascom.fr/cn/interpreting-information-element.pdf>

[13] Willig Andreas - "The GSM Air Interface: Fundamentals and Protocols": Hasso-Plattner-Institute University of Potsdam, 2003.

[14] Korhonen Juha, "*Introduction to 3G Mobile Communications*": Artech House, 2003.

[15] Nokia Training Center - *GSM Air Interface and Network Planning*, 2002.

[16] Heine Gunnar - *GSM Networks: Protocols Terminology and Implementation*:
Artech House, 1999.

[17] Huawei iLearning Training Center - *UMTS Coverage Planning*, 2009

ANEXO A

DATASHEET EQUIPOS RRU Y BBU DEL FABRICANTE ZTE PARA OPERADOR MOVISTAR

ZXSDR BS8700 System Description

ZTE中兴

FIGURE 1 OVERALL APPEARANCE

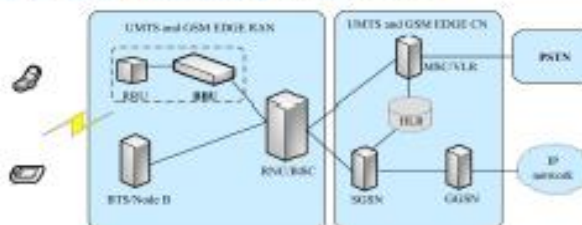


- B8200 is a standard 19*2U cabinet.
- R8860 is an outdoor unit, connecting with B8200 through fibers.

BS8700 Position in Network

UMTS/GSM EDGE network is as shown in Figure 2. In UMTS and GSM EDGE radio access networks, BTS or Node B can be divided into BBU and RRU. B8200 serves as the BBU and R8860 serves as the RRU.

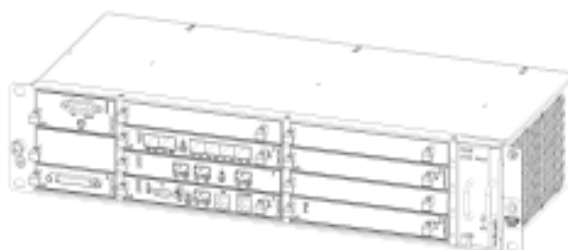
FIGURE 2 UMTS/GSM EDGE NETWORK STRUCTURE



Equipment Compositions

BB200 BB200 is composed of shelved plugged with boards/modules, as shown in [Figure 3](#).

FIGURE 3 BS8700 COMPOSITIONS



The boards/modules include:

- Control and clock module (CC)
- Network switching module (PS)
- Power module (PM)
- Site alarm module (SA)
- Fan module (FA)
- Baseband Processing Board Type C (BPC)
- Universal Baseband Processing Board for GSM (UBPG)
- Environment monitoring expanded module (SE)

R8860 R8860 is an integrated cabinet accommodating dual-mode transceiver board, PM unit, duplex filtering module, interface switching board, interface protection board, and power module.

Product Functionality

Basic functions BS8700 works with RRU, performing the following functions on Um/Uu, Abis/Iub, and O&M:

- Implementing MS/UE access and radio link transmission on Um/Uu interface, including:
 - Up/Down frequency conversion and modulation/demodulation
 - Channel coding/decoding
 - Channel multiplexing/demultiplexing
 - Measurement and report
 - Power control

- Transmission diversity
- Reception diversity
- Calibration
- Synchronization
- BS8700 connects with BSC/RNC through Abis/Iub interface, performing the following functions:
 - Cell management
 - Reporting BTS/Node B measurement information
 - Broadcasting system information
 - Performing the access control, mobility management, radio resource management, and control commands delivered by RNC
 - Dealing with FP
- On O&M interface, BS8700 provides the system management functions, including:
 - Configuration management
 - Fault management
 - State detection
 - System monitoring

In addition, BS8700 provides the following functions:

- Supporting GSM Phase I/GSM Phase II/GSM Phase II+ standards
- Supporting the WCDMA R99/R4/R5/R6/R7 standards
- Supporting GPRS CS1~CS4 and EDGE MCS1~MCS9, and supporting dynamic channel coding based on monitoring and measurement results
- Supporting FHS
- Supporting discontinuous transmission
- Supporting Time Advance (TA) value calculation
- Supporting common BCCH

Service Functions BS8700 supports the following services

- GSM & EDGE:
 - FR: Full rate voice service
 - EFR: Enhanced full rate voice service
 - HR: Half rate voice service
 - AMR: Adaptive multi-rate voice service
 - F9.6: 9.6 Kbps full-rate data service
 - GPRS/EDGE
- Positioning service
 - Positioning service of Cell ID
 - Positioning service of Cell ID + RTT

- ▶ AGPS positioning service
- R99 services
 - ▶ QPSK supported by uplink and downlink with the maximum speed of 384 kbps
 - ▶ CS domain: AMR voice service (supporting eight rate types) and CS 64 kbps service
 - ▶ PS domain: UL/DL 64 kbps, UL/DL 128 kbps, and UL/DL 384 kbps service
 - ▶ Hybrid services: CS domain (AMR 12.2kbps/CS 64kbps) + PS domain (UL/DL 64kbps, UL/DL 128 kbps, and UL/DL 384kbps)
- HSDPA services:
 - ▶ 16 QAM supported by downlink with the maximum speed of 14.4 Mbps
 - ▶ 64 QAM supported by downlink with the maximum speed of 21.6 Mbps
 - ▶ Supporting 15 code channels at most
 - ▶ Supporting HSDPA and R99 services on different carriers
 - ▶ Supporting co-frequency handover, hetero-frequency handover, and handover between HSDPA and R99
 - ▶ Supporting combined services
 - ▶ Supporting the streaming service
- HSUPA services:
 - ▶ QPSK supported by uplink with the maximum speed of (Category 5 HSUPA device) 2 Mbps
 - ▶ QPSK supported by uplink with the maximum speed of (Category 6 HSUPA device) 5.74 Mbps
- MBMS services:
 - ▶ Supporting the broadcasting and multicasting services, and the multicasting function supports the P2P (Point-to-Point) mode and P2Mp (Point-to-Multi-Point) mode.
 - ▶ Supports mobility management
 - ▶ Supporting stream and background MBMS service

Product Features

- It provides ATM/IP dual-mode protocol stack, and supports Hybrid IP and All IP networking.
- It supports WCDMA/GSM dual-mode configuration.
 - ▶ Under WCDMA single-mode configuration, it supports 192CE/6CS and provides a 30CS baseband processing capacity at maximum.

- Under GSM single-mode configuration, it provides a baseband processing capability of 60 carrier frequencies.
- It supports smooth upgrade towards EDGE/HSPA+/LTE.
- It supports HSPA. The downlink supports 64QAM and the maximum rate is 21.098 Mbps (MAC layer). The uplink supports QPSK and the maximum rate (Category 6 terminal)(MAC layer).
- It supports MBMS and 4x256kbps / 8x128kbps / 16x64kbps access modes.
- It enriches Iub/Abis interface types by providing multiple interfaces such as E1/T1, FE, and GE to meet different networking requirements under various transmission conditions.
- It provides 12 pairs of 1.25 G baseband-RF interfaces.
- It supports WCDMA R99, R4, R5, R6, and R7 versions, and supports R8 after evolution.
- It supports GSM Phase I/Phase II/Phase II + versions.

Networking Application

Brief Introduction to Networking Application

BS8700 can form the network with BSC or with RRU.

ZXSDR B8200 GU360 can form the network with BSC in the following modes:

- Star networking
- Chain networking

ZXSDR B8200 GU360 can form the network with RRU in the following modes:

- Star networking
- Chain networking
- Ring networking

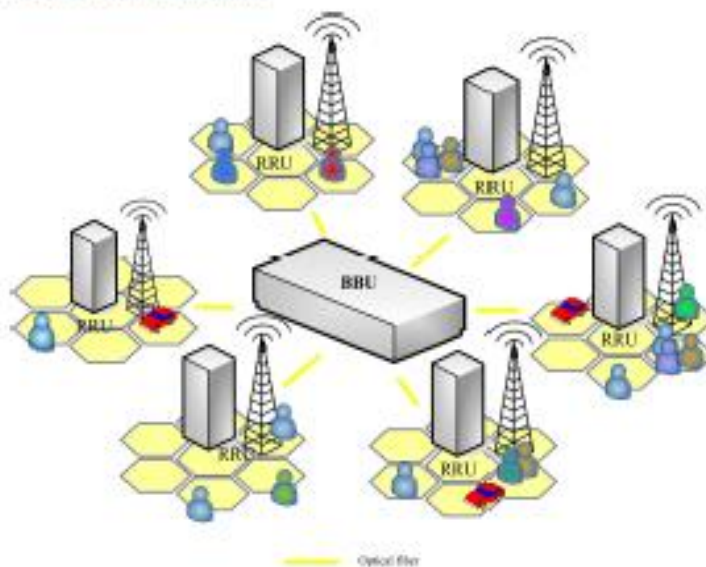
Networking with RRU

The networking with RRU can be:

- Star networking
- Chain networking
- Ring networking

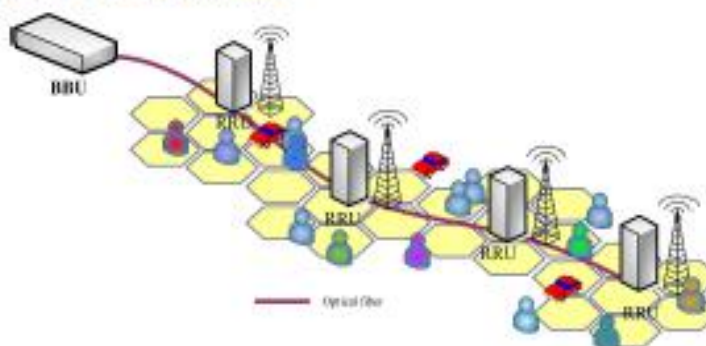
Star networking In this networking mode, optical fibers are used for the transmission. [Figure 4](#) shows the networking diagram. B8200 can form a star network with at most 12 RRUs.

FIGURE 4 STAR NETWORKING



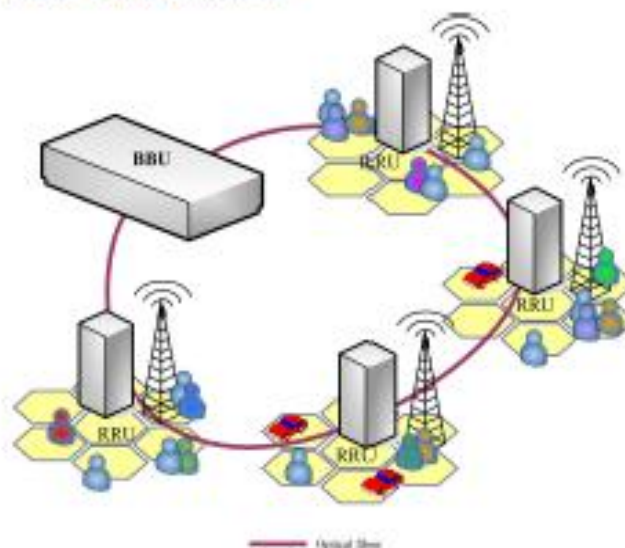
Chain networking In this networking mode, RRU connects with BBU or cascaded RRUs through fiber interfaces. [Figure 5](#) shows the networking diagram. A maximum of four RRUs can be cascaded in the chain networking of B8200. The chain networking mode is suitable for zonal sparsely-populated areas. This mode can save a large number of transmission equipment.

FIGURE 5 CHAIN NETWORKING



Ring networking Figure 6 shows the ring networking mode. In the ring networking, a RRU is connected with a BBU or other RRUs through fiber interfaces.

FIGURE 6 RING NETWORKING



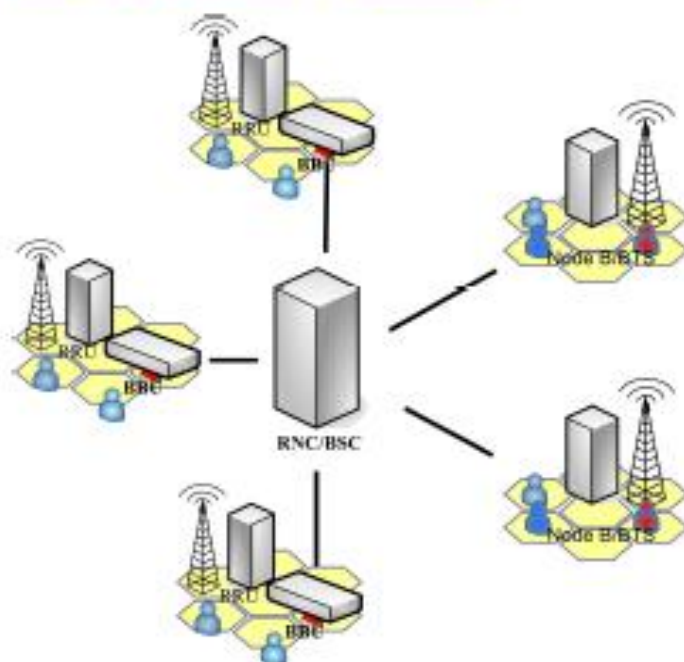
Networking with BSC

The networking of BS8700 through Abis interface can be:

- Star networking
- Chain networking

Star networking BS8700 can form a star network with BSC on Abis interface, as shown in Figure 7.

FIGURE 7 STAR NETWORKING AT ABIS INTERFACE



Chain networking BS8700 can form a chain network with lower-level BTSs via E1/T1 pm Abis interface. It supports at most five levels of the cascading, as shown in [Figure 8](#).

FIGURE 8 CHAIN NETWORKING AT ABIS INTERFACE



Obtained International Certifications

BS8700 has obtained the following international certifications:

- CE certification
- UL certification
- FCC certification

Equipment Indices

Dimensions and Weight

- The dimensions of B8200: 88.4 mm (H) × 482.6 mm (W) × 197 mm (D)
- The weight of B8200: ≤ 8.75 kg
- The dimensions of R8860: 500 mm (H) × 320 mm (W) × 172 mm (D)
- The weight of R8860: ≤ 22.5 kg

Power Consumption

Table 1 shows the power consumption of a typically configured BS8700.

TABLE 1 POWER CONSUMPTION IN TYPICAL CONFIGURATION

Radio Mode	Configuration	Power Consumption (800 W/900 MHz)
UMTS single mode	B8200 6CS/1 BPC	80 W
	B8200 12CS/2 BPC	115 W
	B8200 18CS/3 BPC	145 W
	B8200 24CS/4 BPC	180 W
	UMTS 1C/TOC 20W	155 W
	UMTS 2C/TOC 40W	185 W
	UMTS 3C/TOC 60W	210 W

Radio Mode	Configuration	Power Consumption (800 W/900 MHz)
	UMTS 4C/TDC 80W	230 W
GSM single mode	B8200 12TRX/1 UBPG	60 W
	B8200 24TRX/2 UBPG	75 W
	B8200 36TRX/3 UBPG	90 W
	B8200 48TRX/4 UBPG	105 W
	B8200 60TRX/5 UBPG	120 W
	GSM/S1	330 W
	GSM/S2	250 W
	GSM/S3	220 W
	GSM/S4	210 W
	GSM/S5	205 W
GSM/S6	200 W	
GSM/UMTS dual mode	6CS+12TRX/1BPC+1 UBPG	95 W
	12CS+24TRX/2BPC+2UBPG	145 W
	GSM S1 + 1 UMTS CS	300 W
	GSM S2 + 1 UMTS CS	245 W
	GSM S3 + 1 UMTS CS	235 W
	GSM S4 + 1 UMTS CS	215 W

Grounding Requirements

The grounding resistance should be equal to or less than 5 Ω . In the areas where annual lightning days are less than 20 days, the grounding resistance can be less than 10 Ω .

Temperature and Humidity Requirements

[Table 2](#) shows the temperature and humidity requirements for normal operation of BS8700.

TABLE 2 TEMPERATURE AND HUMIDITY REQUIREMENTS

	Item	Index
Environment temperature	B8200	-20℃ ~ +55℃
	R8860	-40℃ ~ +55℃
Environment humidity	B8200	5% ~ 95%
	R8860	5% ~ 100%

Power Requirements

- Power requirements for normal operation of B8200: -48 V DC, allowed voltage range: -57 V DC ~-40 V DC.
- Power requirements for normal operation of R8860: -48 V DC, allowed voltage range: -57 V DC ~-37 V DC.

Reliability Indices

- MTBF: B8200≥233,000 hours, R8860≥390,000 hours
- MTTR: 0.5 hour
- Availability ratio: B8200≥99.999785%, R8860≥99.999868%
- Service interruption time: B8200≤1.128 minutes/year, R8860: ≤0.692 minute/year

Capacity and Technical Indices in GSM System

In GSM system, the capacity and technical indices of BS8700 are as shown in [Table 3](#).

TABLE 3 CAPACITY AND TECHNICAL INDICES IN GSM SYSTEM

Item	Index
Maximum number of carriers supported	60

TABLE 6 OBSERVED GENERAL STANDARDS

Standard	Name
3GPP	3GPP Release6 March. 2006 series standards
RoHS signaling 2002_95_EC	DIRECTIVE 2002/95/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment
WEEE signaling 2002_96_EC	DIRECTIVE 2002/96/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE)
ETSI EN 301 489-01 V1.5.1	Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 1: Common technical requirements
ETSI EN 301 489-23 V1.2.1	Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 23: Specific conditions for IMT-2000 CDMA Direct Spread (UTRA) Base Station (BS) radio repeater and ancillary equipment
ETSI EN 301 489-26 V2.2.1	Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part26: Specific conditions for IMT-2000 CDMA Multi-carrier Base Stations and ancillary equipment
EN60950-1	Safety of information technology equipment
EN50385: (2002-08)	Product standard to demonstrate the compliance of radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems with the basic restrictions or the reference levels related to human exposure to radio frequency electromagnetic fields (110MHz-40GHz)-General public
ETSI EN 301 908-01 V1.1.1	Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Base Stations (BS) and User Equipment (UE) for IMT-2000 Third Generation cellular networks; Part 1: Harmonized EN for IMT-2000 introduction and common requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive
ETSI EN 301 908-04 V1.1.1	Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Base Stations (BS) and User Equipment (UE) for IMT-2000 Third Generation cellular networks; Part 4: Harmonized EN for IMT-2000 CDMA Multi-Carrier (cdma2000) UE covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive
EN 50385	Product standard to demonstrate the compliance of radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems with the basic restrictions or the reference levels related to human exposure to radio frequency electromagnetic fields 110MHz-40GHz-General public
ITU-T G.707/Y.1322	Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)
ITU-T G.703	Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces

DATASHEET EQUIPO BBU DEL FABRICANTE HUAWEI PARA OPERADOR CLARO S.A

EEX Startpage

http://localhost:7890/printtopics.html?time=Wed Sep 09 2015 02:53:24 GMT-0500 (SA Pacific...

3900 Series Base Station Product Documentation

Product Version: V100R009C00

Library Version: 07

Date: 11/15/2014


HUAWEI
For any question, please [contact us](#).

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2014. All rights reserved.

BBU Hardware Description

Contents

[3.2.3 BBU Hardware Description](#)

3.2.3 BBU Hardware Description

Overview

The BBU is a baseband unit and can be used in various 3900 series base stations. This document describes configurations, functions, application scenarios, and specifications of boards in the BBU to help users comprehensively understand functions of the BBU.

The exteriors of components or cables in this document are for reference only. The actual exteriors may be different.

NOTE:

Unless otherwise specified, the BBU refers to both the BBU3900 and BBU3910 in this document.

Unless otherwise specified, LTE refers to either LTE FDD or LTE TDD, and eNodeB refers to either an LTE FDD eNodeB or an LTE TDD eNodeB in this document. The 'L' and 'T' in RAT acronyms refer to LTE FDD and LTE TDD, respectively.

Product Version

The following table lists the product versions related to this document.

Product Name	Solution Version	Product Version
BTS3900	<ul style="list-style-type: none"> • SRAN9.0 • GBSS16.0 • RAN16.0 • eRAN7.0 	V100R009C00
BTS3900A		
BTS3900L		
BTS3900AL		
DBS3900	<ul style="list-style-type: none"> • SRAN9.0 • GBSS16.0 • RAN16.0 • eRAN7.0 • eRAN TDD 7.0 	
BTS3900C	<ul style="list-style-type: none"> • SRAN9.0 • RAN16.0 	

Intended Audience

This document is intended for:

- Base station installation personnel
- System personnel

3900 Series Base Station Product Documentation

Product Version: V100R009C00

Library Version: 07

Date: 11/15/2014



For any question, please [contact us](#).

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2014. All rights reserved.

BBU3900 Engineering Specifications

Contents

3.2.3.7 [BBU3900 Engineering Specifications](#)

3.2.3.7 BBU3900 Engineering Specifications

This section describes the engineering specifications of the BBU, including the power specifications, size, weight, heat dissipation capability, environmental specifications, and surge protection specifications.

Input Power Specifications

The following table lists the input power specifications of the BBU.

Table 1 Input power specifications of the BBU

Type	Input Power	Voltage Range
BBU3900 (UPEUc)	-48 V DC	-38.4 V DC to -57 V DC
BBU3910 (UPEUd)	-48 V DC	-38.4 V DC to -57 V DC

Equipment Specifications

The BBU3900 and BBU3910 have the same size and weight, as provided in the following table.

Table 2 Size and weight of the BBU

Item	Specifications
Dimensions (H x W x D)	86 mm x 442 mm x 310 mm
Weight	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 12 kg (full configuration) • ≤ 7 kg (typical configuration)

Heat Dissipation Capability

The following table lists the heat dissipation capability of the BBU.

Table 3 Heat dissipation capability of the BBU

Type	Configuration	Specifications
BBU3900	FAN	350 W
	FANc	650 W
BBU3910	FANd	650 W

Environment Specifications

The BBU3900 and BBU3910 have the same environment specifications, as provided in the following table

Table 4 Environment specifications of the BBU

Item	Specifications
Operating temperature	<ul style="list-style-type: none"> • Long term: -20°C to +55°C • Short term: +55°C to +60°C
Relative humidity	5% RH to 95% RH
Protection level	IP20
Atmospheric Pressure	70 kPa to 106 kPa
Noise Sound Power Level	ETS 300 753 3.1 ≤7.2bels
Storage Time	It is recommended that the device be installed and used within one year after its delivery because of the failure rate.

Surge Protection Specifications

The BBU3900 and BBU3910 have the same surge protection specifications, as provided in [Table 5](#).

NOTE:

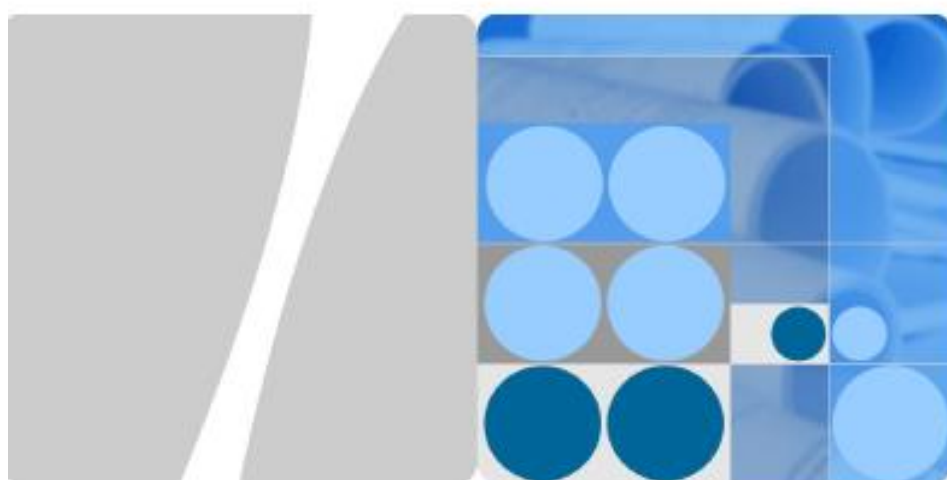
- Unless otherwise specified, the surge protection specifications depend on the surge waveform of 8/20 μ s.
- All the surge current items, unless otherwise specified as **Maximum discharge current**, refer to **Nominal discharge current**.

Table 5 Surge protection specifications of the ports on the BBU

Port	Usage Scenario	Surge Protection Mode	Specification
-48 V DC port	Applicable to the scenario where the BBU and devices interconnected through this port are installed indoors	Differential mode	1 kA
		Common mode	2 kA
FE/GE port	Applicable to the scenario where the BBU and	Differential mode	0.5 kV (1.2/50 μ s)

Port	Usage Scenario	Surge Protection Mode	Specification
	devices interconnected through this port are installed indoors (surge)	Common mode	4 kV (1.2/50 μ s)
	Applicable to the scenario where some devices are configured remotely or the scenario where the BBU and devices interconnected through this port are placed outdoors (surge protector configured)	Differential mode	3 kA
Common mode		5 kA	
GPS port	Applicable to the scenario where some devices are configured remotely or the scenario where the BBU and devices interconnected through this port are placed outdoors (surge protector configured)	Differential mode	8 kA
		Common mode	40 kA
RGPS port	Applicable to the scenario where some devices are configured remotely or the scenario where the BBU and devices interconnected through this port are placed outdoors (surge protection module configured)	Differential mode	3 kA
		Common mode	5 kA
E1/T1 port	Applicable to the scenario where the BBU and devices interconnected through this port are installed indoors	Differential mode	250 A
		Common mode	250 A

**DATASHEET EQUIPO RRU DEL FABRICANTE HUAWEI PARA OPERADOR
CLARO S.A**



RRU3908 Description

Issue	V1.8
Date	2012-05-02

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.



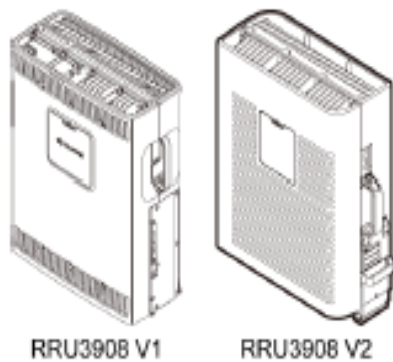
1 Introduction

The RRU3908 is an outdoor remote radio unit. It is the radio frequency (RF) part of a distributed base station and can be located near antennas. The RRU3908 can modulate, demodulate, combine, and divide baseband and RF signals. It also processes baseband and RF signal data. With the Software Defined Radio (SDR) technology, the RRU3908 can work either in GU or GL dual-mode through software configuration modification.

1.1 Appearance

Figure 1-1 shows the appearance of the RRU3908 (DC).

Figure 1-1 Appearance of the RRU3908 (DC)



1.2 Physical Ports

RRUs have a modular design. Its external ports are located in the cabling cavity and at the bottom of the module.

Table 1-1 Physical ports on the RRU3908 V1

Port	Connector	Quantity	Function
RF port	DIN	2	Connects to an antenna
Interconnection port for receiving RF signals	DB2W2	1	Connects to the another RF module
Common public radio interface (CPRI) port	DLC	2	Connects to the baseband unit (BBU3900)
Power supply socket	OT	2	Receives -48 V DC power
RET port	DB9	1	Connects to a remote control unit (RCU)
MON port	DB15	1	Port for monitoring and maintenance

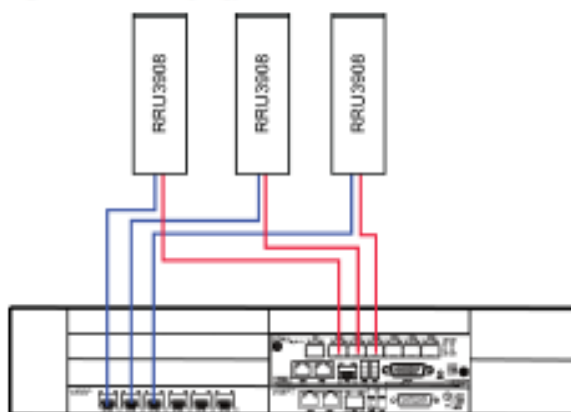
Table 1-2 Physical ports on the RRU3908 V2

Port	Connector	Quantity	Function
RF port	DIN	2	Connects to an antenna
Interconnection port for receiving RF signals	DB2W2	1	Connects to the another RF module
Common public radio interface (CPRI) port	DLC	2	Connects to the baseband unit (BBU3900)
Power supply socket	Easy power receptacle (pressfit type)	2	Receives -48 V DC power
RET port	DB9	1	Connects to a remote control unit (RCU)
MON port	DB15	1	Port for monitoring and maintenance

A BBU3900 and RRU3908 are connected through a CPRI port using an electrical or optical cable to transmit CPRI signals.

The BBU3900 and the RRU3908 are connected in dual-star topology. In this topology, the CPRI port on the GTMU or UBRI is connected to CPRI_W on the RRU3908, and the CPRI port on the WBBP or LBBP is connected to CPRI_E on the RRU3908, as shown in Figure 1-2.

Figure 1-2 Dual-star topology



2 Technical Specifications

2.1 Frequency Band

Table 2-1 RRU3908 V1 frequency band

Frequency Band (MHz)	RX Frequency Band (MHz)	TX Frequency Band (MHz)
850	824-849	869-894
900	880-905	925-950
	890-915	935-960
1800	1710-1755	1805-1850
	1740-1785	1835-1880
1900	1850-1890	1930-1970
	1870-1910	1950-1990

Table 2-2 RRU3908 V2 frequency band

Frequency Band (MHz)	RX Frequency Band (MHz)	TX Frequency Band (MHz)
850	824-849	869-894
900	880-915	925-960
	890-915	935-960

2.2 Capacity

Table 2-3 Single-mode capacity



Mode	Capacity
GSM	<ul style="list-style-type: none"> Each RRU3908 V1 supports 6 TRXs. Each RRU3908 V2 supports 8 TRXs.
UMTS	Each RRU3908 supports 4 carriers.  NOTE When operating in the 900 MHz frequency band, RRU3908 V2 supports 3 or 4 UMTS carriers.
LTE	<ul style="list-style-type: none"> RRU3908 V1 (1800 MHz): Each RRU3908 V1 supports 1 carrier. The LTE bandwidth is 5, 10, 15, or 20 MHz.  NOTE RRU3908V1 is hardware ready for LTE in the 850 MHz, 900 MHz and 1900 MHz. <ul style="list-style-type: none"> RRU3908 V2: Each RRU3908 V2 supports 1 carrier. The LTE bandwidth is 1.4, 3, 5, 10, 15, or 20 MHz.

Table 2-4 Dual-mode capacity

Mode	Capacity
GSM + UMTS	<ul style="list-style-type: none"> RRU3908 V1: For detailed specifications, see Table 2-8. RRU3908 V2: For detailed specifications, see Table 2-10 and Table 2-11.
GSM + LTE	RRU3908 V2 (900 MHz): For detailed specifications, see Table 2-12.

2.3 Receiver Sensitivity

Table 2-5 RRU3908 V1 receiver sensitivity

Mode	Frequency Band (MHz)	1-Way Receiver Sensitivity (dBm)	2-Way Receiver Sensitivity (dBm)	4-Way Receiver Sensitivity (dBm)
GSM	850/900/1800/1900	-113	-115.8	-118.5 (theoretical value)
UMTS	850/900/1900	-125.5	-128.3	-131
LTE	1800	-106.3	-109.1	-111.8

Table 2-6 RRU3908 V2 receiver sensitivity

Mode	Frequency Band (MHz)	1-Way Receiver Sensitivity (dBm)	2-Way Receiver Sensitivity (dBm)	4-Way Receiver Sensitivity (dBm)
GSM	850/900 PGSM	-113.5	-116.3	-119 (theoretical value)
	900 EGSM	-113.3	-116.1	-118.8 (theoretical value)
UMTS	850/900 PGSM	-125.5	-128.3	-131
	900 EGSM	-125.3	-128.1	-130.8
LTE	900 PGSM	-106.3	-109.1	-111.8
	900 EGSM	-106.1	-108.9	-111.6

DATASHEET CABLE FXL-780 FABRICANTE ANDREW

Product Specifications



FXL-780

FXL-780, HELIAX® Flexible Coaxial Cable, smoothwall aluminum, 7/8 in, black PE jacket



CHARACTERISTICS

Construction Materials

Jacket Material	PE
Outer Conductor Material	Smoothwall aluminum
Dielectric Material	Foam PE
Flexibility	Flexible
Inner Conductor Material	Copper
Jacket Color	Black

Dimensions

Nominal Size	7/8 in
Cable Weight	0.25 lb/ft 0.37 kg/m
Diameter Over Jacket	1.090 in 27.700 mm
Inner Conductor OD	0.3750 in 9.5000 mm
Outer Conductor OD	1.005 in 25.500 mm

Electrical Specifications

Cable Impedance	50 ohm \pm 1 ohm
Capacitance	23.0 pF/ft 75.4 pF/m
dc Resistance, Inner Conductor	1.005 ohms/kft 3.300 ohms/km
dc Resistance, Outer Conductor	0.350 ohms/kft 1.150 ohms/km
dc Test Voltage	6000 V
Inductance	0.190 μ H/m 0.058 μ H/ft
Jacket Spark Test Voltage (rms)	8000 V
Operating Frequency Band	100 – 5300 MHz
Peak Power	86.0 kW
Velocity	88%

Environmental Specifications

Installation Temperature	-40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F)
Operating Temperature	-50 °C to +70 °C (-58 °F to +158 °F)
Storage Temperature	-55 °C to +80 °C (-67 °F to +167 °F)

www.commscope.com/andrew

Join the Evolution 

©2010 CommScope, Inc. All rights reserved.

All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change. See www.commscope.com/andrew for the most current information.

page 1 of 3
6/10/2010

Product Specifications

FXL780



General Specifications

Brand	HELIAX®
-------	---------

Mechanical Specifications

Bending Moment	26.0 ft lb 35.0 N-m
Flat Plate Crush Strength	170.0 lb/in 3.0 kg/mm
Minimum Bend Radius, Single Bend	5.00 in 127.00 mm
Number of Bends, minimum	15
Tensile Strength	550 lb 249 kg

Standard Conditions

Attenuation, Ambient Temperature	20 °C 68 °F
Average Power, Ambient Temperature	40 °C 104 °F
Average Power, Inner Conductor Temperature	100 °C 212 °F

Return Loss

Frequency Band	VSWR	Return Loss (dB)
800-2500 MHz	1.10	26.40

Attenuation

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 m)	Attenuation (dB/100 ft)	Average Power (kW)
0.5	0.079	0.024	86.00
1	0.112	0.034	61.21
1.5	0.137	0.042	49.94
2	0.159	0.048	43.22
10	0.357	0.109	19.22
20	0.507	0.154	13.53
30	0.623	0.19	11.01
50	0.808	0.246	8.48
88	1.08	0.329	6.34
100	1.154	0.352	5.94
108	1.201	0.366	5.71
150	1.424	0.434	4.81
174	1.538	0.469	4.46
200	1.654	0.504	4.14
300	2.047	0.624	3.35
400	2.384	0.727	2.87
450	2.538	0.774	2.70
500	2.686	0.819	2.55
512	2.72	0.829	2.52
600	2.962	0.903	2.31
700	3.219	0.981	2.13
800	3.461	1.055	1.98
824	3.517	1.072	1.95
894	3.677	1.121	1.86
960	3.823	1.165	1.79
1000	3.909	1.192	1.75

www.commscope.com/andrew

Join the Evolution

©2010 CommScope, Inc. All rights reserved.
 All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change.
 See www.commscope.com/andrew for the most current information.

page 2 of 3
 6/10/2010

Product Specifications

FXL780

1250	4.421	1.347	1.55
1500	4.893	1.491	1.40
1700	5.248	1.6	1.31
1800	5.419	1.652	1.26
2000	5.752	1.753	1.19
2100	5.913	1.802	1.16
2200	6.071	1.85	1.13
2300	6.227	1.898	1.10
2500	6.531	1.991	1.05
2700	6.826	2.08	1.00
3000	7.254	2.211	0.94
3400	7.801	2.378	0.88
3700	8.196	2.498	0.84
4000	8.58	2.615	0.80
5000	9.794	2.985	0.70



Regulatory Compliance/Certifications

Agency

RoHS 2002/95/EC

China RoHS SJ/T 11364-2006

Classification

Compliant

Below Maximum Concentration Value (MCV)



www.commscope.com/andrew



Join the Evolution

©2010 CommScope, Inc. All rights reserved.

All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change. See www.commscope.com/andrew for the most current information.

page 3 of 3
6/10/2010

DATASHEET SISTEMA RADIANTES ANTENAS DBXLH-6565C-VTM DUALPOL DUAL BAND ANTENNA

	<h3 style="margin: 0;">DBXLH-6565C-VTM</h3> <p style="margin: 0;">DualPol® Dual Band Antenna</p>	
---	--	---

- Provides two independent dual pol antennas under one radome
- Interlaced dipole technology providing for attractive, low wind load mechanical package
- Each antenna is independently capable of field adjustable electrical down tilt
- Fully compatible with Andrew Teletilt® remote control antenna system.

ELECTRICAL

Frequency (MHz) :	824 - 896	870 - 960	1710 - 1880	1850 - 1990	1920 - 2180
Polarization :	±45°	±45°	±45°	±45°	±45°
Gain (dBd/dBI) :	14.6/16.7	15/17.1	15.7/17.8	16.1/18.2	16.2/18.3
Azimuth BW (Deg.):	68	65	65	63	62
Elevation BW (Deg.):	8	7.5	5	4.7	4.4
Beam Tilt (Deg.):	0-8	0-8	0-6	0-6	0-6
U.S.L.S* (dB) :	15	15	15	15	15
Front-To-Back Ratio* (dB) :	26	26	30	30	25
Isolation (dB) :	>30	>30	>30	>30	>30
VSWR :	<1.5:1	<1.5:1	<1.5:1	<1.5:1	<1.5:1
PIM3 @ 2 x 20w (dBc) :	-150	-150	-150	-150	-150
Max. Input Power (Watts) :	250	250	250	250	250
Impedance (Ohms) :	50	50	50	50	50
Lightning Protection :	DC Ground	DC Ground	DC Ground	DC Ground	DC Ground

Notes: Same as ADFD0920-6666C-XDM. At maximum tilt angles, gain maybe slightly reduced.

MECHANICAL

Weight :	21.7 kg (48 lb)
Dimensions (LxWxD) :	2,573 x 274 x 137 mm (101.3 x 10.8 x 5.4 in)
Max. Wind Area :	0.35 m ² (3.8 ft ²)
Max. Wind Load (@ 100 mph) :	960.7 N (216 lbf)
Max. Wind Speed :	201 km/h (125 mph)
Hardware Material :	Galvanized Steel
Connector Type :	7-16 DIN - Female (4, Bottom)
Color :	Off White
Standard Mounting Hardware :	600899A-2



RET Ordering Information

Field Installed:	DBXLH-6666C-VTM
Factory Installed, ATM200 Series:	DBXLH-6666C-R2M

Andrew Corporation
2601 Telecom Parkway
Richardson, Texas U.S.A 75082-3521
Tel: 214.631.0310

Fax: 214.631.4706
Toll Free Tel: 1.800.676.5342
Fax: 1.800.229.4706
www.andrew.com

* - Indicates Typical
3/29/2007
dbtech@andrew.com

Information correct at date of issue but may be subject to change without notice.



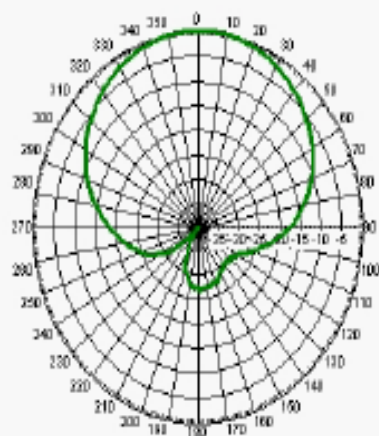
DBXLH-6565C-VTM

DualPole® Dual Band Antenna

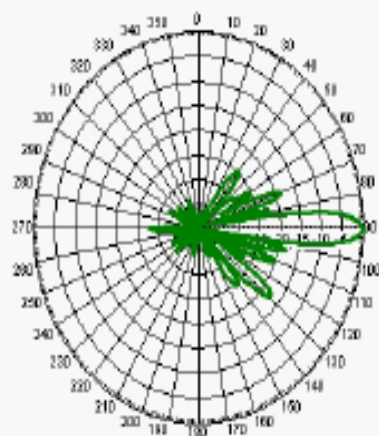
Decibel®
Base Station Antennas

AZIMUTH PATTERN

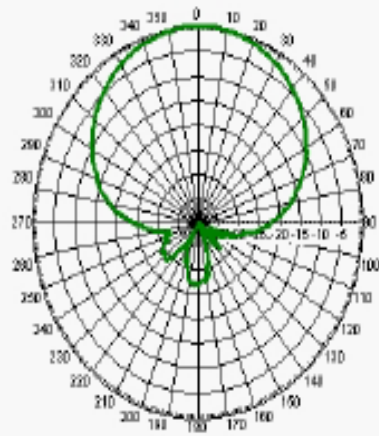
ELEVATION PATTERN



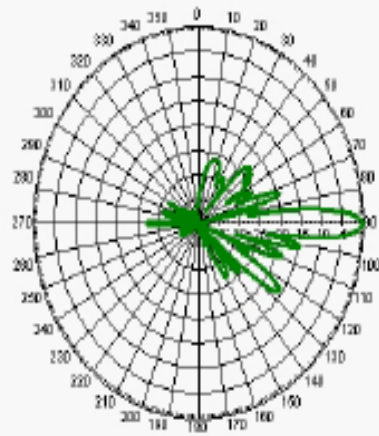
Freq: 850 MHz, Tilt: 0



Freq: 850 MHz, Tilt: 0



Freq: 940 MHz, Tilt: 0



Freq: 940 MHz, Tilt: 0

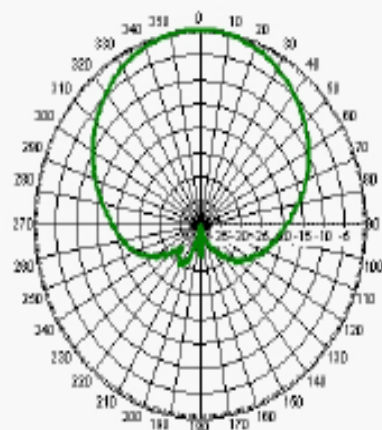
Andrew Corporation
2601 Telecom Parkway
Richardson, Texas U.S.A 75082-3521
Tel: 214.631.0310

Fax: 214.631.4706
Toll Free Tel: 1.800.676.5342
Fax: 1.800.229.4706
www.andrew.com

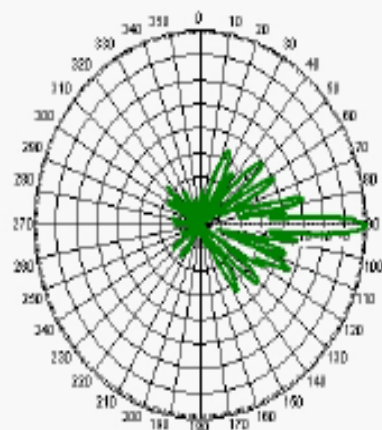
* - Indicates Typical
3/29/2007
dbtech@andrew.com

Information correct at date of issue but may be subject to change without notice.

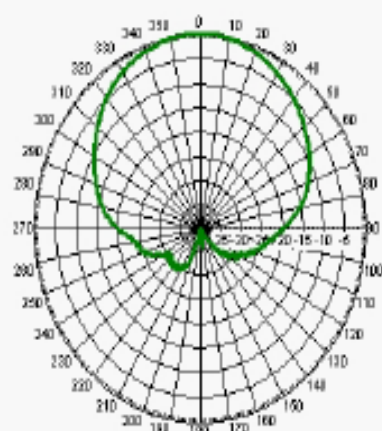
	DBXLH-6565C-VTM DualPol® Dual Band Antenna	Decibel® Base Station Antennas
---	--	--



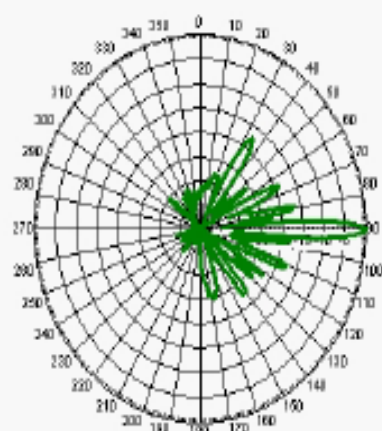
Freq: 1785 MHz, Tilt: 0



Freq: 1785 MHz, Tilt: 0



Freq: 1920 MHz, Tilt: 0



Freq: 1920 MHz, Tilt: 0

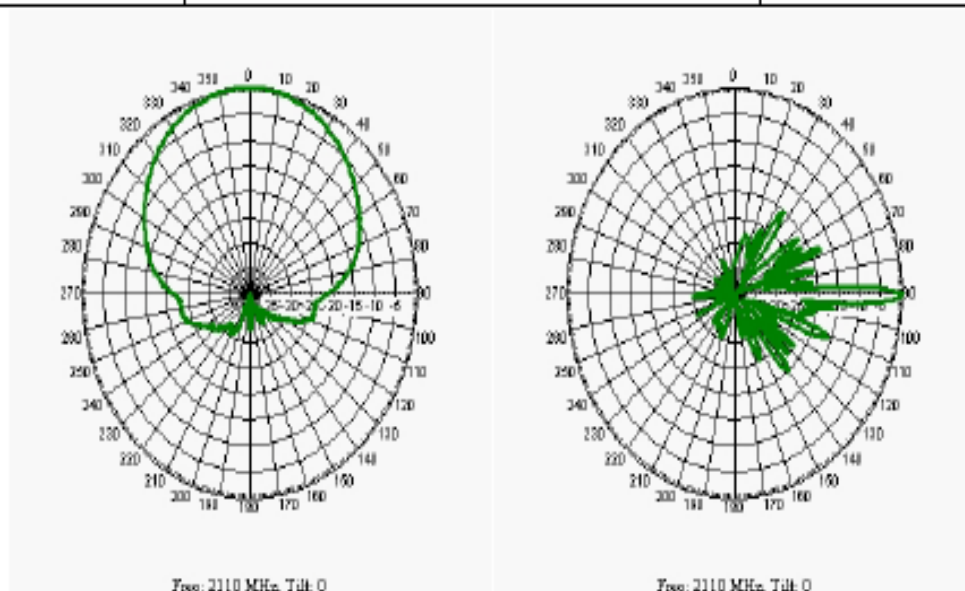
Andrew Corporation
 2601 Telecom Parkway
 Richardson, Texas U.S.A 75082-3521
 Tel: 214.631.0310

Fax: 214.631.4706
 Toll Free Tel: 1.800.676.5342
 Fax: 1.800.229.4706
 www.andrew.com

* - Indicates Typical
 3/29/2007
 dbtech@andrew.com

Information correct at date of issue but may be subject to change without notice.

	DBXLH-6565C-VTM DualPoli® Dual Band Antenna	Decibel® Base Station Antennas
---	---	--



Andrew Corporation
 2601 Telecom Parkway
 Richardson, Texas U.S.A 75082-3521
 Tel: 214.631.0310

Fax: 214.631.4706
 Toll Free Tel: 1.800.676.5342
 Fax: 1.800.229.4706
 www.andrew.com

* - Indicates Typical
 3/29/2007
 dbtech@andrew.com

Information correct at date of issue but may be subject to change without notice.

ANEXO B

AMPS	Advanced Mobile Phone System
ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
BSS	Base Station Subsystem
BBU	Unidad de Banda Base
CDMA	Code Division Multiple Acces
C/I	Carrier to Interference Ratio
CN	Core Network
CS	Circuit Switching
CQI	Channel Quality Indicator
Ec/No	Energy of Chip/Spectral Density ratio
EDGE	Enhaced Data Rates for Gsm Evolution
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GATEWAY	Puerta de enlace
GPRS	General Packet Radio Sevice
GSGSN	Gateway Serving GSM Support Node
GSM	Global System for Mobile Communications
HSCSD	High Speed Circuit Switching Data
HSPA +	High Speed Packet Access +
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
IP	Protocolo internet
KPI	Key Parameter Indicator
LOC	Ley Orgánica de Comunicación
LOT	Ley Orgánica de Telecomunicaciones
MAC	Media Access Control
MBPS	Megabits por segundo
MS	Mobile Station
NMS	Network Management Subsystem

NSS	Network Switching Subsystem
PEA	Población Económicamente Activa
PSC	Primary Scrambling Code
RNC	Radio Network Controller
RRU	Unidad Remota de Radio
RSCP	Receive Signal Code Power
SGSN	Serving GSM Support Node
SIM	Subscriber Identity Module
SMA	Servicio Móvil Avanzado
SNR	Signal Noise Ratio
TDMA	Time Division Multiple Access
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
TSS	Technical Site Surveys
UE	User Equipment
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
WAP	Wireless Application Control
64QAM	64 Quadrature Amplitud Modulation

ANEXO C

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Distancia desde el Cantón Guayaquil hacia puntos estratégico de en la Provincia del Guayas	8
Tabla 2 : Líneas Activas del SMA en el Ecuador por Operadora.....	9
Tabla 3 : Incremento en la población de Puna al Último Censo Poblacional realizado en el Ecuador	20
Tabla 4 : Distribución de Establecimientos Comerciales en Puná.....	22
Tabla 5 : Plan Descriptivo de las Pruebas de Campo Realizadas en Puná.....	47
Tabla 6 : Plan de pruebas por SIM	48
Tabla 7 : Umbrales Óptimos de Servicio de KPIs.....	49
Tabla 8 : Resumen de Resultados.....	60
Tabla 9 : Configuración Actual de Apuntamiento de Antenas	83
Tabla 10 : Configuración de Apuntamiento de Antenas Sugerida para Ambos Operadores del Mercado	84
Tabla 11 : Costos de Instalación.....	90
Tabla 12 : Cronograma de Actividades para la Implementación del Nuevo NodoB-3G.....	93

ANEXO D

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 : Servicios de Telecomunicaciones proveen Conectividad a los Usuarios en todo el Mundo	5
Figura 1.2 : Isla Puná Vista Satelital	7
Figura 1.3 : Evolución de la Tecnología Celular	10
Figura 1.4 : Evolución de las Tecnologías Móviles en el Ecuador	14
Figura 1.5 : Estructura Genérica de una Red Celular.....	15
Figura 1.6 : Ubicación Geográfica de Puná.....	19
Figura 1.7 : Población Económicamente Activa por Grupos de Ocupación	21
Figura 1.8 : Camaroneras Asentadas en el Territorio de Puná.....	23
Figura 1.9 : Hostería Ecológica de Cauchiche	24
Figura 1.10 : Vista Aérea Puná Nueva	25
Figura 1.11 : Cybercafé ubicado en la zona baja de Puná Nueva	26
Figura 1.12 : Distribución de Asentamientos Humanos en la Isla Puná	27
Figura 1.13 : Sesión de Pruebas sobre el SMA en la Isla Puná	28
Figura 2.1 : Arquitectura de la Red GSM	32
Figura 2.2 : Canales Lógicos GSM	34
Figura 2.3 : Evolución UMTS	35
Figura 2.4 : Arquitectura de la Red UMTS	36

Figura 2.5 : Canalización de la Red UMTS	38
Figura 3.1 : Terminales Y Equipos de Prueba.....	44
Figura 3.2 : Interfaz de Usuario Software Tems Investigación.	45
Figura 3.3 : Interfaz de Usuario del Software Tems Discovery.....	48
Figura 3.3 : RxLevel del MS Claro	50
Figura 3.4 : RxQual del MS Claro.	51
Figura 3.5 : C/I del MS Claro	51
Figura 3.6 : Best Server del MS Claro.....	52
Figura 3.7 : RxLevel del MS Movistar.	52
Figura 3.8 : RxQual del MS Movistar	53
Figura 3.9 : C/I del MS Movistar.....	53
Figura 3.10 : Best Server del MS Movistar.....	54
Figura 3.11 : RSCP del UE CNT.....	55
Figura 3.12 : Ec/No del UE CNT.....	56
Figura 3.13 : Best Server del UE CNT.	56
Figura 3.14 : CQI del UE CNT	57
Figura 3.15 : Throughput del UE CNT.....	57
Figura 3.16 : Histograma Comparativo de Potencias 2G vs 3G.	61
Figura 3.17 : Histograma Comparativo Interferencia 2G vs 3G	62
Figura 3.18: Niveles de Señal de Cobertura en Puná Nueva Red 2G CLARO	65

Figura 3.19 : Velocidades de Carga y Descarga en Puná Nueva Red 2G CLARO	66
Figura 3.20 : Tiempos de Respuesta desde la Red CLARO 2G hacia Servidores de Google Ubicados en Texas, EEUU	67
Figura 3.21 : Niveles de Señal de Cobertura en Puná Nueva Red MOVISTAR 2G	68
Figura 3.22 : Velocidades de Carga y Descarga en Puná Nueva Red MOVISTAR 2G.....	69
Figura 3.23 : Tiempos de Respuesta desde la Red MOVISTAR 2G hacia Servidores de Google Ubicados en Texas, EEUU.....	70
Figura 3.24 : Niveles de Señal de Cobertura en Puná Nueva Red CNT 3G	71
Figura 3.25 : Velocidades de Carga y Descarga en Puná Nueva Red CNT 3G	72
Figura 3.26 : Tiempos de Respuesta desde la Red CNT 3G hacia Servidores de Google Ubicados en Texas, EEUU	73
Figura 4.1 : Sitios Periféricos GSM CLARO-MOVISTAR	75
Figura 4.2 : Sitios Periféricos UMTS CLARO-MOVISTAR-CNT	76
Figura 4.3 : Unidad Banda Base BBU.....	78
Figura 4.4 : Unidad Remota de Radio RRU	79
Figura 4.5 : Cable Coaxial Andrew	79

Figura 4.6 : Antena DBXLH-6565C-VTM	80
Figura 4.7 : Vista Satelital del Sitio Compartido GSM CLARO-MOVISTAR.....	81
Figura 4.8 : Interfaz Gráfica Atoll Ver. 3.2.1	85
Figura 4.9 : Predicción de RSCP – ISLA PUNA.....	86
Figura 4.10 : Predicción de RSCP– Polígono Principal Puná.....	87
Figura 4.11 : Predicción de Throughput HSDPA – ISLA PUNA.....	88
Figura 4.12 : Vista Satelital por Sectores de la Solución 3G Propuesta	89
Figura 4.13 : Equipo Móvil de Prueba HTC Dual SIM 820	91

