



## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

### **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA:**

**PLAN DE NEGOCIOS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO CDMA 450 EN LA  
PARROQUIA DE BUENOS AIRES-CANTON URCUQUÍ PARA LA  
CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**

**AUTORA: JULIANA ALEXANDRA CALDERÓN UTRERAS**

**DIRECTOR: ING. EDGAR MAYA.**

**IBARRA - ECUADOR**

**2014**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**

**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

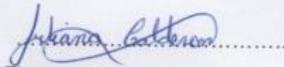
La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CEDULA DE IDENTIDAD	100277022-8
APELLIDOS Y NOMBRES	CALDERÓN UTRERAS JULIANA ALEXANDRA
DIRECCIÓN	LA ESPERANZA BARRIO SAN PEDRO
E-MAIL	<a href="mailto:julida105@yahoo.com">julida105@yahoo.com</a>
TELÉFONO	062660-085 / 0989971849
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	PLAN DE NEGOCIOS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO CDMA 450 EN LA PARROQUIA DE BUENOS AIRES-CANTON URCUQUÍ PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES
AUTOR	CALDERÓN UTRERAS JULIANA ALEXANDRA
FECHA	NOVIEMBRE DEL 2014
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN
ASESOR	ING. EDGAR MAYA.

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Juliana Alexandra Calderón Utreras, con cédula de identidad Nro. 1002770228, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.



Firma

Nombre: Calderón Utreras Juliana Alexandra

Cédula: 100277022-8

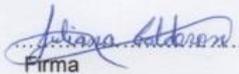
Ibarra Noviembre del 2014



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **Juliana Alexandra Calderón Utreras**, con cédula de identidad Nro.1002770228, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4.5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **"PLAN DE NEGOCIOS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO CDMA 450 EN LA PARROQUIA DE BUENOS AIRES-CANTÓN URCUQUI PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de **Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

  
Firma

Nombre: Calderón Utreras Juliana Alexandra

Cédula: 100277022-8

Ibarra Noviembre del 2014



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

Certifico, que el presente trabajo de titulación "PLAN DE NEGOCIOS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO CDMA 450 EN LA PARROQUIA DE BUENOS AIRES-CANTÓN URCUQUI PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES" fue desarrollado en sutotalidad por la Señorita Juliana Alexandra Calderón Utreras ,bajo mi supervisión. Considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

  
.....  
ING. Edgar Maya  
DIRECTOR DE TESIS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTO**

A Dios por estar junto a mí todos los días guiándome por el camino correcto, dándome sabiduría y constancia para cumplir las metas planteadas en mi vida.

A mis padres, Lourdes y Abel por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional, por ayudarme a confiar en mí misma enseñándome que aunque el camino sea difícil nada es imposible porque con esfuerzo se logra triunfar, por trabajar día tras día sin desfallecer para brindarme todo lo que necesitaba, pero sobre todo por el amor tan grande que me han dado el cuallo llevare junto a mí siempre sin importarel lugar, de todo corazón gracias queridos e inolvidables padres.

Evelina, amiga y hermana como no darte las gracias por estar a mi lado pendiente de mi carrera profesional, presionándome para que la culmine, siempre con cariño apoyándome en todos los momentos en especial en los más difíciles.

Melany, mi hija por estar en mi vida y brindarme una ilusión más para ponerle ganas y terminar lo que empecé hace algún tiempo.

A mis maestros por toda su entrega en las aulas de la UTN, por ser estrictos enseñándonos que en la vida real y laboral hay que cumplir objetivos en tiempos cortos.

Agradezco a la CNT EP – Imbabura, por darme la posibilidad de realizar mi proyecto de titulación, por enseñarme a crecer de forma personal y profesional, por enseñarme a que las barreras entre hombres y mujeres no existen ya que si se persevera se alcanza un sueño.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mis padres, hermanos e hija por su incondicional apoyo y esfuerzo, por estar a mi lado todos los días de mi vida, levantándose cuando caía y quería abandonar la carrera porque sentía que el camino terminaba, son ustedes quienes se merecen de mil maneras este trabajo se los dedico por ser lo mejor que DIOS y la vida me ha concedido, sin ustedes esto no sería una realidad.

Calderón Utreras Juliana Alexandra

## RESUMEN

El presente trabajo abarca el diseño y el análisis costo- beneficio-eficiencia de una red inalámbrica utilizando la tecnología CDMA 450 para la parroquia de La Merced de Buenos Aires, del cantón Urcuquí, provincia de Imbabura.

El primer capítulo se presenta el estudio de diversas tecnologías inalámbricas, entre ellas TDMA, FDMA y CDMA, centrándonos en las características y descripción de la tecnología que se utilizara en el desarrollo del diseño de la red inalámbrica para zonas rurales, que actualmente es la más utilizada.

El segundo capítulo trata sobre el estudio demográfico y socio-económico del sector, además se hace la investigación de la problemática del sector para el acceso a la red de telecomunicaciones, este capítulo también hace énfasis en la determinación de los lugares estratégicos en los que se podrían instalar las bases.

El capítulo tres y capítulo cuatro trata sobre el diseño y pruebas del sistema inalámbrico tomando en cuenta los diferentes cálculos para una red de acceso confiable entre los dichos cálculos están: el número de canales, el tipo de infraestructura a utilizar, también se realiza las simulaciones mediante el software Radio Mobile y para ratificar el enlace inalámbrico también se utiliza Google Earth.

El quinto y últimocapítulo describe el análisis de costos del proyecto y la viabilidad del mismo, tomando en cuenta que las telecomunicaciones hoy en día es un servicio indispensable para el desarrollo de los pueblos, siendo esta la política de la CNT EP.

## ABSTRACT

The present work covers the design and the analysis cost-benefit of a wireless network using CDMA technology 450 to Merced de Buenos Aires parish, Urcuqui town, and Imbabura province.

The first chapter presents the study of various wireless technologies, such as TDMA, FDMA and CDMA, focusing on the characteristics and description of the technology used in developing the design of the wireless network to rural areas, currently is the most used.

The second chapter is about the study demographic and socio-economic of the place, besides do the research of the problematic of the place to access to a telecommunications network, this chapter also emphasizes the identification of strategic locations in which could install the bases.

The third and fourth chapter is about design and testing of the wireless system, taking into account the different calculations for a network of reliable access in these calculations are: the number of channels, type of infrastructure to use, also realize simulations by means of Radio Mobile software and to ratify the wireless link is also used Google Earth.

The fifth and last chapter describes the analysis of costs of the project and the same viability, considering the telecommunications nowadays is an essential service for the development of places, being the politic of CNT EP.

## PRESENTACIÓN

Actualmente las telecomunicaciones son indispensables para el desarrollo de los pueblos, y una de las falencias que tienen son el acceso en zonas rurales, por lo que, el desarrollo de las tecnologías de comunicación inalámbricas han permitido brindar servicios en dichos lugares, como es el caso de las tecnologías CDMA y WIMAX que son la base de la red de acceso inalámbrico para áreas rurales de la CNT EP., debido a que es una de las empresas líderes en telecomunicaciones a nivel nacional.

La tecnología CDMA 450 nace como una idea para brindar servicios de telecomunicaciones en zonas rurales, debido a que el espectro está libre en estas zonas lo que no pasa en las ciudades debido a que el espectro está siendo usado por diferentes servicios y terminales, teniendo en cuenta que si no se tuere ningún obstáculo en la trayectoria se podría alcanzar hasta 80Km de cobertura, esta tecnología también la utilizaron los militares para sus comunicaciones debido a que se basa en códigos diferentes siendo difícil su interpretación.

La CNT EP., al ser una empresa estatal busca brindar los servicios de telecomunicaciones a todo el país enfatizándose en zonas rurales, buscando disminuir la brecha tecnológica, cumpliendo así con el objetivo de unir a los ecuatorianos con el respaldo de una sólida plataforma tecnológica, teniendo en cuenta el compromiso del Estado que busca alcanzar el buen vivir para todos los ecuatorianos.

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN ..... II

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE.....IV

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR .....V

AGRADECIMIENTO .....VI

DEDICATORIA .....VII

RESUMEN.....VIII

ABSTRACT .....IX

PRESENTACIÓN .....X

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....XI

ÍNDICE DE FIGURAS..... XVII

ÍNDICE DE IMAGENES.....**¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

ÍNDICE DE TABLAS ..... XIX

CAPÍTULO I..... 1

1 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TECNOLOGÍA CDMA..... 1

1.1. ACCESO AL MEDIO..... 1

1.1.1. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA..... 1

1.1.2. TIPOS DE ACCESO AL MEDIO ..... 1

1.1.2.1. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA FDMA..... 1

1.1.2.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO TDMA ..... 2

1.2. TECNOLOGÍA CDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO) ..... 3

1.2.1. CARACTERÍSTICAS CDMA ..... 4

1.2.2.1. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (CDMA SÍNCRONO) ..... 5

1.2.2.2. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (CDMA ASÍNCRONO) ..... 6

1.3. CDMA FIJO ..... 7

1.4. EVOLUCIÓN DE CDMA ..... 8

1.4.1. CDMA 2000 .....	8
1.4.2. ARQUITECTURA CDMA2000 .....	9
1.4.3. CDMA2000 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIAS. ....	10
1.4.4. CDMA2000 1X .....	12
1.4.4.1. ESTRUCTURA DE CAPAS CDMA2000 1X .....	13
1.4.4.2. ENSANCHAMIENTO Y MODULACIÓN .....	18
1.4.4.3. ACCESO ALEATORIO .....	19
1.4.4.4. TASA DE ENSANCHAMIENTO Y CONFIGURACIÓN DE RADIO .....	20
1.4.4.5. CDMA 2000 3X .....	20
1.4.5. CDMA2000 1XEV-DO .....	21
1.4.5.1. CDMA2000 1XEV-DO REV 0 .....	21
1.4.5.2. CDMA2000 1 XEV-DO REV A. ....	22
1.4.5.1. CDMA2000 1 XEV-DV .....	22
1.4.6. W-CDMA.....	23
1.5. TECNOLOGÍA CDMA 450 .....	23
1.5.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA CDMA450 .....	25
1.5.1.1. PROPAGACIÓN .....	25
1.5.1.2. CONTROL DE POTENCIA .....	25
1.5.1.3. RECEPTOR TIPO RASTRILLO .....	26
1.5.1.4. OTRAS CARACTERÍSTICAS .....	27
1.5.2. COMPONENTES DE LA RED CDMA 450 .....	28
1.5.3. COBERTURACDMA450 .....	32
1.5.4. BANDAS DE FRECUENCIAS DE CDMA 450.....	33
1.5.5. CAPACIDAD DE USUARIOS DE UNA RED CDMA 450 MHZ. ....	35
1.5.6. CONSIDERACIONES SOBRE TRÁFICO DE VOZ Y DATOS.....	36
1.5.7. VENTAJAS CDMA 450 .....	37
1.6 SERVICIOS Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450 .....	37
1.6.1 SERVICIOS CDMA 450 .....	37

1.6.2. APLICACIONES .....	39
1.7. PROVEEDORES DE CDMA 450. ....	40
1.8 REQUERIMIENTOS PARA ESTACIONES BASE BTS DE CDMA.....	42
1.9. COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS .....	42
CAPÍTULO II.....	45
2 ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y REQUERIMIENTOS DE DISEÑO .....	45
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DEMOGRÁFICA Y REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO	45
2.1.1 ANTECEDENTES.....	45
2.2 PARROQUIAS RURALES DE URCUQUI .....	47
2.2.1 COMUNIDADES QUE INGRESAN EN EL PROYECTO .....	48
2.2.2 DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA .....	49
2.3 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO.....	50
2.3.1 INVESTIGACIÓN DE MERCADO .....	50
2.3.1.1 SEGMENTACIÓN DE MERCADO .....	50
2.3.1.2 POBLACIÓN.....	52
2.3.13 MUESTRA .....	52
2.3.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	53
3.2.2.1 TABULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	53
2.4 ESTUDIO DE DEMANDA .....	58
2.4.1 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO Y ACTUAL DE LA DEMANDA.....	58
2.4.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA .....	61
2.4.3 INTERPRETACIÓN SOBRE LA DEMANDA .....	62
2.4.3.1 DEMANDA FUTURA.....	62
2.5 DETERMINACIÓN DEL SITIO PARA LA INSTALACIÓN DE LA REPETIDORA .....	64
2.5.1 ALTERNATIVAS DE SALIDA DE LA BTS PARA EL ACCESO A LA RED CNTEP (LA BELLEZA).....	65
2.6 CÁLCULO DE LA ZONA DE FRESNEL.....	68
CAPÍTULO III.....	70

3 DISEÑO DEL SISTEMA .....	70
3.1. DISEÑO DE LA RED .....	70
3.2. DIAGRAMA DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS .....	70
3.3. PROPAGACIÓN EN ESPACIO LIBRE .....	70
3.4. COBERTURA DEL ÁREA DE ATENCIÓN.....	71
3.4.1. CÁLCULO DEL LINK BUDGET .....	72
3.4.2. CÁLCULO DEL RADIO DE COBERTURA.....	74
3.5. CÁLCULO DEL NÚMERO DE CANALES.....	75
3.6. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE LA RED.....	78
3.6.1. MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VOZ EN LA LLAMADA.....	79
3.6.2. REDUCCIÓN DE INTERFERENCIA.....	79
3.7. ESTUDIO DEL TRÁFICO RED CDMA 450.....	79
3.7.1. VOLUMEN DEL TRÁFICO.....	80
3.7.2. INTENSIDAD DE TRÁFICO.....	80
3.7.3. CÁLCULO DEL TRÁFICO.....	80
3.8. CÁLCULOS ESTACIÓN BASE UNO TORRE AUTOSOPORTADA BUENOS AIRES	81
3.9. CÁLCULO DE LA ESTACIÓN BASE EL CHISPO .....	87
3.10. DETERMINACIÓN DEL EQUIPO REQUERIDO PARA LA INSTALACIÓN DE LA RED .....	94
3.10.1. MTX.....	94
3.10.2. BSM.....	95
3.10.3. BSC .....	95
3.10.4. BTS.....	95
3.11. DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS NECESARIOS.....	96
3.12. CRONOGRAMA DEL DESPLIEGUE DE LA RED POR PROCESOS.....	97
3.13. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN.....	97
3.13.1 PROCESO DE OBRA CIVIL .....	97
3.13.2 CONSTRUCCIÓN DE SITIOS DE CELDA.....	97

3.13.3 CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL.....	98
3.13.4. INSTALACIÓN DEL EQUIPO EN LOS SITIOS DE CELDA .....	99
3.13.5 INSTALACIÓN DEL EQUIPO EN LA CENTRAL.....	99
3.14. PUESTA EN SERVICIO.....	102
3.15. ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS A UTILIZAR BTS3606 Y ANTENA MICROONDA HUAWEI .....	104
3.16. PARÁMETROS DE INSTALACIÓN EQUIPO TERMINAL.....	108
CAPÍTULO IV .....	109
4. PRUEBAS DE DISEÑO .....	109
4.1. LEVANTAMIENTO DE PUNTOS REFERENCIALES.....	109
4.2. ENLACE LA BELLEZA – CERRO BUENOS AIRES .....	109
4.3. ENLACES A REALIZAR .....	113
4.3.1. LA BELLEZA – CERRO BUENOS AIRES.....	113
4.3.2. ENLACE BUENOS AIRE-EL CHISPO .....	114
4.4. PRUEBA DE ENLACES.....	115
4.4.1. PRUEBA 1. CERRÓ BUENOS AIRES- RECEPTORA LA BELLEZA .....	115
4.5. COBERTURA .....	117
CAPÍTULO V .....	118
5 ANÁLISIS DE COSTOS.....	118
5.1. COSTOS ACTUALES DE LOS EQUIPOS CDMA 450 EN EL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES.....	118
5.2. COSTOS DE INGENIERÍA .....	119
5.3. COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN.....	120
5.4. EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....	121
5.4.1. PLANES TARIFARÍOS .....	121
5.4.2. INGRESOS GENERADOS POR SERVICIOS DE VOZ E INTERNET .....	122
5.5. ESTUDIO FINANCIERO .....	122
5.5.1. FLUJO DE CAJA .....	123

5.5.2. VALOR ACTUAL NETO (VAN) .....	124
5.5.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) .....	125
5.6. RELACIÓN COSTO – BENEFICIO (B/C).....	128
5.7. ANÁLISIS COSTO - EFICIENCIA .....	129
CONCLUSIONES .....	131
RECOMENDACIONES.....	133
BIBLIOGRAFÍA.....	134
ANEXOS.....	136
ANEXO A ENCUESTA REALIZADA A LOS HABITANTES DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES.....	136
ANEXO B TABLA DE VALORES ERLANG B .....	141
ANEXO C PRUEBAS DEL NIVEL DE RECEPCIÓN DEL RADIO ENLACE.....	143
ANEXO D CONFIGURACIÓN DE TERMINAL.....	145
ANEXO E PARÁMETROS PARA LA INSTALACIÓN DEL TERMINAL .....	151
ANEXO F DISEÑO DE LA TORRESAP2000.....	154
ANEXO F NORMATIVA LEGAL CDMA 450 EN EL ECUADOR .....	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. Esquema de TDMA .....	2
Figura 3. Características FDMA, TDMA y CDMA.....	3
Figura 4. Esquema CDMA .....	4
Figura 5. CDMA síncrono mediante código ortogonal.....	6
Figura 6. Infraestructura troncal CDMA2000 .....	9
Figura 7. Frecuencias IMT-2000 .....	11
Figura 8. Diagrama de Red CDMA2000 1X.....	12
Figura 9. Arquitectura de Capas CDMA2000 1x [CDMAforum] .....	14
Figura 11. Transmisor de Enlace Descendente CDMA2000.....	18
Figura 12. Intento de acceso realizado por una estación móvil con CDMA2000.....	19
Figura. 13. Evolución de CDMA .....	21
Figura 14. Tasa de Datos Pico (máx.).....	22
Figura 15. Esquema de Red CDMA450 .....	24
Figura 16. Esquema Receptor Tipo Ladrillo.....	26
Figura 17. Estructura del Sistema CDMA450 .....	28
Figura 18. Esquema Handoff.....	31
Figura 19. Diagrama de propagación de distintas frecuencias .....	32
Figura 20. Sub-bandas Clase A CDMA2000 1x en la banda 450MHz .....	35
Figura 21. Etapas de cálculo del Erlang. ....	36
Figura 22. Aplicaciones de CDMA 450 .....	38
Figura 23. Aplicaciones CDMA450.....	40
Figura 24. Red WIMAX.....	43
Figura 25. Arquitectura UMTS.....	43
Figura 26: Localización de las parroquias del Cantón Urcuquí.....	46
Figura 27. Localización de la Parroquia Rurales del Cantón Urcuquí .....	47

## ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Antena y bts .....	94
Imagen 2. BTSCDMA .....	99
Imagen 3. MTX .....	100
Imagen 4. Diagrama de bloques del MTX.....	101
Imagen 5. Estructura de BSC Y BSM .....	101
Imagen 6: Verificación de antenas .....	103
Imagen 7. Verificación de cableado .....	103
Imagen Antena rtn 620 .....	107
Imagen. Etiqueta antena RTN 620.....	107
Imagen 8. Equipos y antenas terminales .....	108
Imagen 9. Propiedades de la red .....	110
Imagen 10. Antena el chispo.....	111
Imagen 11. Especificaciones técnicas móviles.....	112
Imagen 12. A) antena de 11DB, B) antena de 2.5 DB.....	113
Imagen 13.LA BELLEZA-BUENOS AIRES .....	113
Imagen 14. Buenos aires-el chispo.....	114
Imagen 15. Enlace de la belleza buenos aires .....	115
Imagen 16. Enlace buenos aires-el chipo .....	115
Imagen 17. DISTRIBUCIÓN DE LA SEÑAL.....	116
Imagen 18. Zona geográfica de cobertura .....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Bandas de Frecuencias.....	11
Tabla 2. Especificaciones Técnicas CDMA.....	13
Tabla 3. Diferencias CDMA2000 Y W-CDMA.....	23
Tabla 4. Áreas Teóricas de Celdas .....	25
Tabla 5. Capacidades de Transmisión Teóricas de Redes CDMA 450 .....	27
Tabla 6. Sub-bandas CDMA 450.....	33
Tabla 7. Distribución Banda F .....	34
Tabla 8. Capacidad de una red CDMA 450 MHz .....	35
Tabla 9. Proveedores de infraestructura .....	41
Tabla 10. Proveedores y fabricantes de equipos terminales. ....	41
Tabla 11. Cobertura entre diferentes tecnologías inalámbricas .....	44
Tabla 12. Porcentaje de residencia .....	54
Tabla13. Miembros de la familia .....	54
Tabla 14. Porcentaje telefonía fija en el hogar .....	55
Tabla 15. Porcentaje acceso telefonía móvil .....	55
Tabla 16. Porcentaje de posibles servicios requeridos. ....	55
Tabla 17. Oferta de telefonía fija.....	56
Tabla 18. Acceso a servicio de internet.....	56
Tabla 19. Acceso a telefonía móvil.....	56
Tabla 20. Acceso a servicio de televisión satelital .....	57
Tabla 21. Disponibilidad de cancelación por servicios .....	57
Tabla 22. Radio bases CONACEL S.A.....	58
Tabla 23. Datos de la empresa MOVITAR (OTECEL S.A).....	59
Tabla 23. Datos de la empresa (CNT) .....	60
Tabla 24. Proyección De La Demanda .....	63

Tabla 25. Costos De Servicio De Telefonía.....	64
Tabla 26.Alternativas de las Repetidora.....	66
Tabla 27.Covertura teórica de las celdas.....	74
Tabla 30. Costos de equipos cdma ofrecidos por la empresa Huawei. ....	119
Tabla 31. Costos de ingeniería.....	120
Tabla 32. Costos totales de implementación.....	121
Tabla 33.Plan tarifario.....	121
Tabla nº 35.Costo acumulado.....	128
Tabla 36. Detalle Costo-Eficiencia.....	129

## **CAPÍTULO I**

### **1 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TECNOLOGÍA CDMA**

Las tecnologías inalámbricas son importantes para la ampliación de la cobertura geográfica de los proveedores de servicios de telecomunicaciones.

En el desarrollo de este capítulo se detallará los fundamentos del porqué utilizar CDMA 450 para áreas rurales, pero antes se describirán tecnologías inalámbricas que también nos ayudarán a comprender lo que es el acceso al medio.

#### **1.1. ACCESO AL MEDIO**

##### **1.1.1. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA**

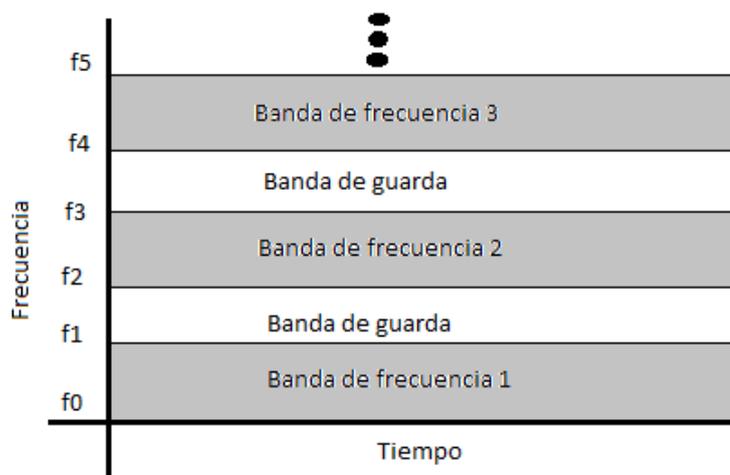
Las comunicaciones inalámbricas se basan en las ondas electromagnéticas emitidas por un elemento transductor denominado antena la misma que emite señales por medio del espacio para cubrir determinada zona a la cual se le quiere brindar el servicio.

Este tipo de comunicación permite que no sea necesario contar con infraestructura adicional para llegar al usuario, reduciendo de esta manera costos con lo cual se llega a mejorar las comunicaciones debido a que es independiente de la distancia y de la cantidad de abonados.

##### **1.1.2. TIPOS DE ACCESO AL MEDIO**

###### **1.1.2.1. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA FDMA**

En FDMA se asigna ancho de banda o divisiones de frecuencias a cada abonado de manera parcial en este tipo de acceso múltiple se mantienen bandas de frecuencia sin asignación también llamadas guardas para evitar la interferencia.



**FIGURA 1.** Esquema de FDMA

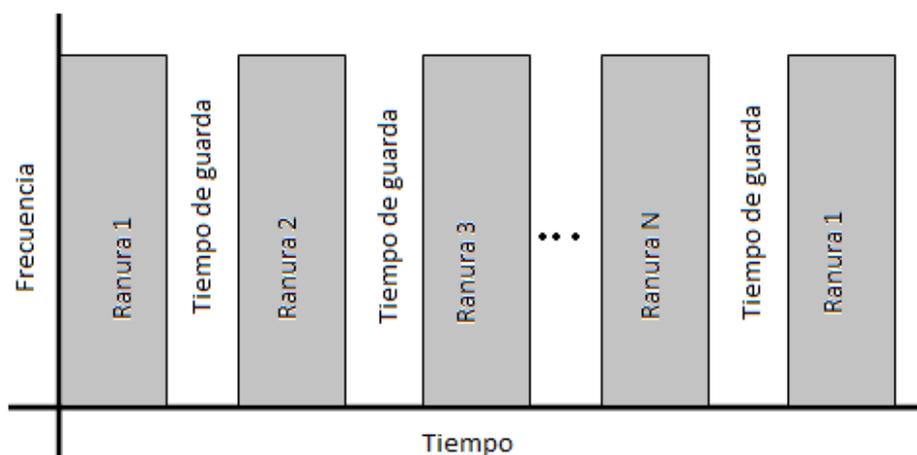
**Fuente:** Sin, Z. Communications, IEEE Transaction, volume 4. 678

Dos aplicaciones importantes de esta tecnología son las comunicaciones públicas internacionales por medio de un sistema satelital además de la telefonía celular analógica.

#### 1.1.2.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO TDMA

En TDMA se asigna el ancho de banda del canal en intervalos de tiempo también llamados ventanas, esta asignación se la hace a cada usuario, se establecen intervalos vacíos o guardas para evitar interferencias.

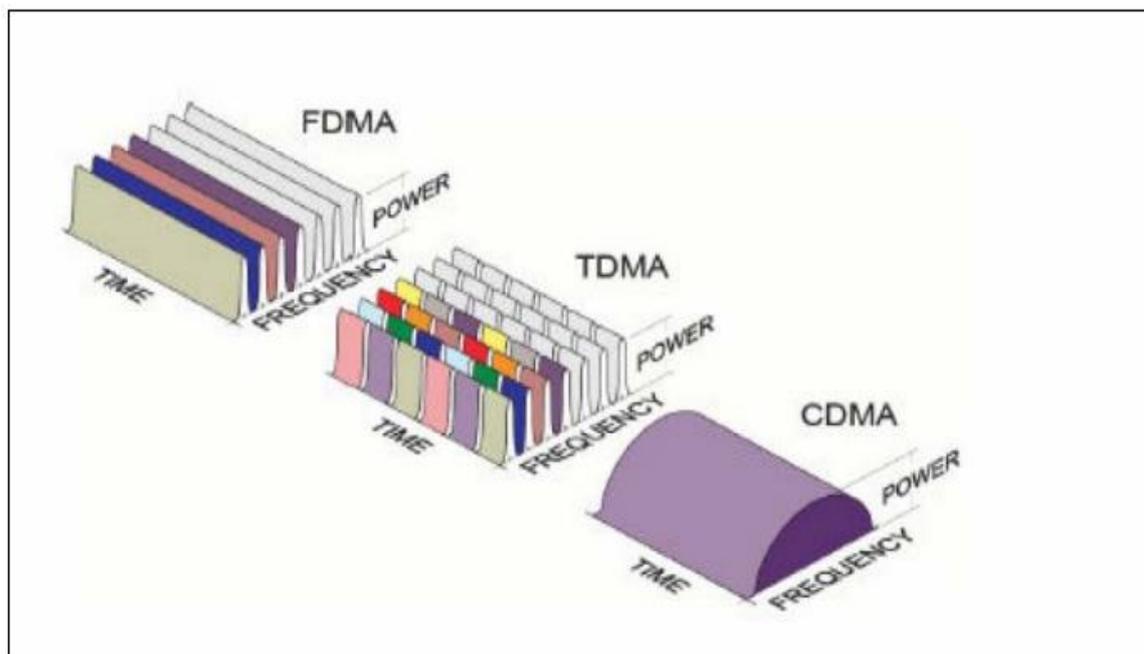
Algunas aplicaciones importantes de este sistema es la telefonía celular digital, GSM y las redes satelitales VSAT.



**FIGURA 2.** Esquema de TDMA

**Fuente:** Win, Z. Communications, IEEE Transaction, volume 4. 685

En la siguiente imagen podemos observar las características de las tecnologías de acceso al medio y diferenciar de manera más clara.



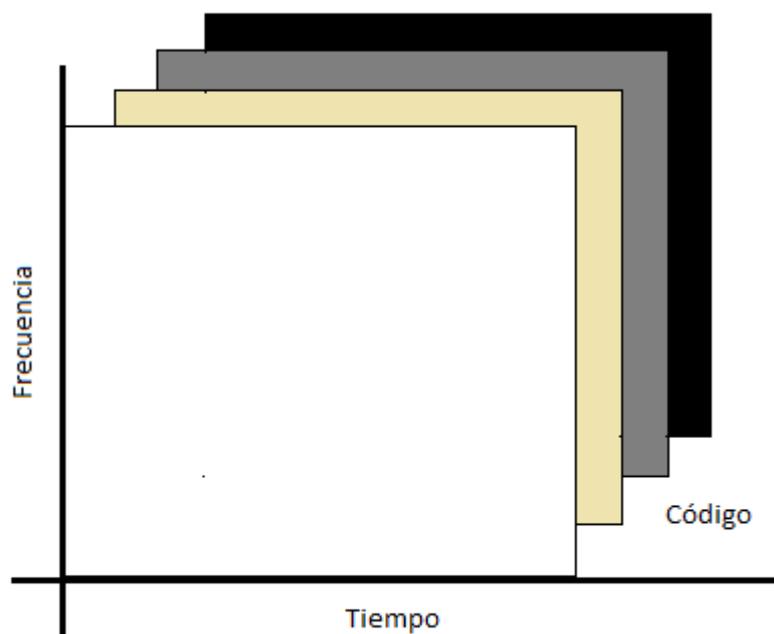
**FIGURA 3.**Características FDMA, TDMA y CDMA

**Fuente:** Fornaresio Guillermo, Curso CDMA450, Módulo I, pág.4

Lo anteriormente explicado fue una introducción breve para poder llegar a exponerlo explicar CDMA.

## 1.2. TECNOLOGÍA CDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO)

CDMA es una tecnología para la transmisión digital de señales de radio, donde la frecuencia es dividida en códigos, esto quiere decir que se divide la voz o datos en pequeños paquetes que viajan en un amplio espectro de frecuencia, donde el receptor remonta cada uno de los paquetes a su forma original, restableciendo la voz o los datos esto se hace de una forma imperceptible para los usuarios gracias a los codificadores y decodificadores que son muy rápidos por lo que no se nota un retraso de los paquetes transmitidos.



**FIGURA 4.** Esquema CDMA

**Fuente:** Win, Z. Communications, IEEE Transaction, volume 4. 691

La tecnología CDMA se basa en un esquema de modulación y acceso múltiple que es utilizada en la tecnología inalámbrica y de radio comunicación digital gracias a su nivel de eficiencia y confianza, debido a que se basa en el espectro esparcido.

### 1.2.1. CARACTERÍSTICAS CDMA

**Privacidad:** los usuarios no autorizados no pueden interceptar tampoco descifrar las transmisiones mientras no tengan el código.

**Atenuación del Canal:** en CDMA la zona de atenuación o distorsión se comparte entre todos los usuarios de esta manera no tiene un perjuicio al momento de recibir la señal.

**Flexibilidad:** la tecnología CDMA no necesita de un sincronismo entre grupos de usuarios, solo es necesario que el sincronismo se establezca entre el transmisor y el receptor de un grupo.

## Categorías De CDMA

En general en división de código existen dos categorías básicas que son: CDMA síncrono (mediante códigos ortogonales) y asíncrono (mediante secuencias pseudoaleatorias), los cuales se describen a continuación:

### 1.2.2.1. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (CDMA SÍNCRONO)

CDMA síncrono es el que utiliza las propiedades matemáticas de ortogonalidad entre vectores dichas coordenadas representan los datos a transmitir.

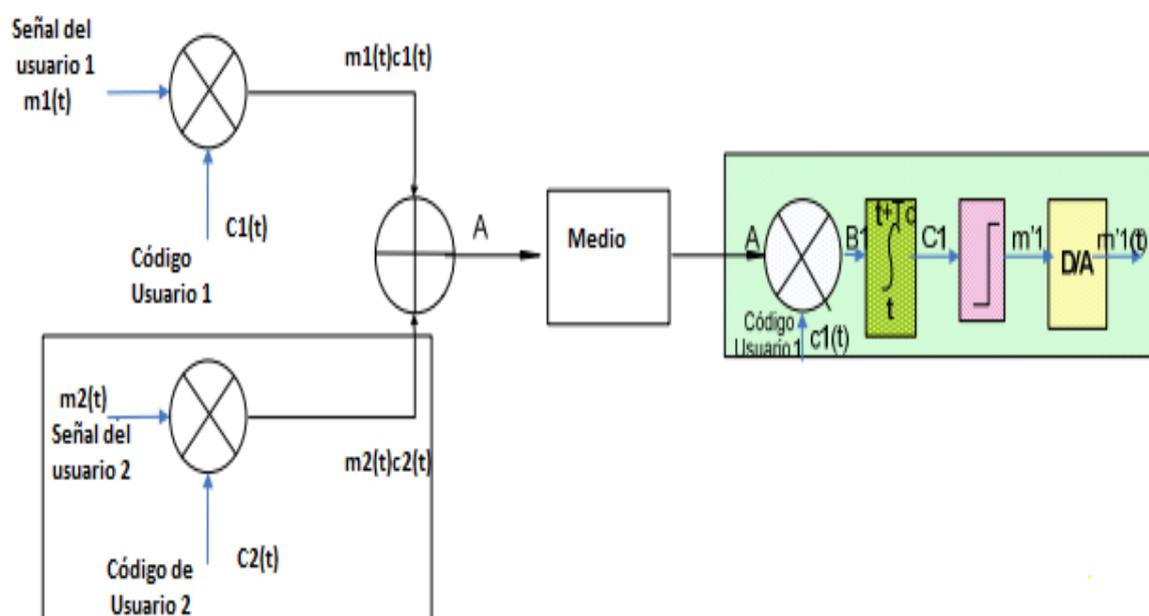
Si dos vectores se multiplican mediante el producto escalar, si el resultado obtenido es cero se dice que los dos vectores son ortogonales entre sí. (Nota: si dos vectores se definen  $\mathbf{u} = (a, b)$  y  $\mathbf{v} = (c, d)$ ; su producto escalar será  $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = a \cdot c + b \cdot d$ ).

Cada uno de los usuario de CDMA síncrono utiliza un código único para modular la señal, y los códigos de los usuarios en una misma zona deben ser ortogonales entre sí.

En la imagen se muestran cuatro códigos mutuamente ortogonales. Como su producto escalar es 0, los códigos ortogonales tienen una correlación cruzada igual a cero, en otras palabras, no provocan interferencias entre sí.

El resultado de CDMA síncrono implica que no es necesario emplear circuitería de filtrado en frecuencia, tampoco de conmutación de acuerdo con los esquema temporales (como es el caso TDMA) para aislar la señal de interés; se reciben las señales de todos los usuarios al mismo tiempo y se separan mediante procesado digital.

Para explicar de mejor manera se puede decir que el transmisor modula y combina las señales que van a ser irradiadas al medio. El receptor capta por el puerto de antena las señales combinadas las cuales se encuentran en la misma frecuencia. Para recuperar la señal original, la señal recibida es multiplicada por el código de usuario, dicha multiplicación eliminará todas las componentes de señal con códigos distintos por el hecho de ser ortogonales,  $C_1(t) \cdot C_2(t) = 0$ ,  $C_1(t) \cdot C_1(t) = C_1^2(t)$ ,  $C_2(t) \cdot C_2(t) = C_2^2(t)$ , luego la señal es integrada sobre el período de bit para determinar el valor positivo o negativo de la señal, posteriormente la señal es recuperada por un conversor digital-analógico como se puede observar en la figura.



**FIGURA 5.** CDMA síncrono mediante código ortogonal.

**Fuente:** Monteiro André G., Comunicações Móveis do analógico AO IMT 2000.

### 1.2.2.2. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (CDMA ASÍNCRONO)

Los sistemas CDMA síncronos funcionan bien siempre que no haya excesivo retardo en la llegada de las señales; sin embargo, los enlaces de radio entre los terminales y sus bases no pueden coordinarse con mucha precisión, debido a que los terminales pueden moverse, la señal puede encontrar obstáculos a su paso, que darán origen a retardos de llegada (por los distintos rebotes de la señal, el efecto Doppler y otros factores).

Por lo explicado anteriormente se aconseja el uso de un enfoque diferente debido a que, matemáticamente, es imposible crear secuencias de codificación que sean ortogonales en todos los instantes aleatorios en que podría llegar la señal, en los sistemas CDMA asíncronos se emplean secuencias únicas "pseudo-aleatorias" o de "pseudo-ruído" (*Nsequences*).

Un código PN es una secuencia binaria que parece aleatoria, pero que puede reproducirse de forma determinística si el receptor lo necesita. Estas secuencias se usan para codificar y decodificar las señales de interés de los usuarios de CDMA asíncrono de la misma forma en que se empleaban los códigos ortogonales en el sistema síncrono.

Todos los tipos de CDMA aprovechan la ganancia de procesamiento que introducen los sistemas de espectro extendido; esta ganancia permite a los receptores discriminar parcialmente las señales indeseadas. Las señales codificadas con el código PN especificado se reciben, y el resto de señales (o las que tienen el mismo código pero distinto retardo, debido a los diferentes trayectos de llegada) se presentan como ruido de banda ancha que se reduce o elimina gracias a la ganancia de procesamiento.

### **1.3. CDMA FIJO**

En muchos países en desarrollo existe una tremenda demanda por nuevos servicios telefónicos, sean comerciales o residenciales. Cada vez más, los operadores están mirando hacia las tecnologías inalámbricas para proporcionar a miles de nuevos suscriptores servicios de alta calidad a precios razonables. Los operadores alámbricos actuales pueden extender sus redes con Jireles Local Loo (WLL) o acceso fijo inalámbrico, mientras que los operadores celulares pueden capitalizar sus redes actuales proveyendo servicios residenciales con WLL.

Los nuevos proveedores de servicios rápidamente pueden desplegar soluciones WLL no tradicionales para satisfacer las necesidades de comunicaciones de las comunidades. Las características únicas de uso y los beneficios de CDMA hacen de esta tecnología una significativa elección, tanto para sistemas inalámbricos móviles como fijos. En un ambiente de telefonía fija, se estima que CDMA proporciona entre 15 y 20 veces la capacidad de los sistemas celulares AMPS, de vieja data, con la resultante de la más alta capacidad ofrecida, basada en celular para aplicaciones WLL.

En un ambiente fijo, el sistema de control de poder CDMA es capaz de monitorear con mucha precisión los requerimientos de energía, dando como resultado un ahorro de energía de transmisión y una capacidad aumentada. Los suscriptores en un ambiente fijo requieren menos poder de radiofrecuencia para alcanzar comunicaciones de calidad, de manera que más usuarios pueden ser colocados en un mismo canal de transmisión. Además, CDMA optimiza el uso del espectro radioeléctrico, el cual es un recurso escaso.

La capacidad para reutilizar la frecuencia de una misma celda y al requerir ancho de banda no contiguo, junto a su extenso rango de cobertura, simplifica la planificación e implementación de la radiofrecuencia. Esto le permite a los operadores invertir en menos celdas y desplegarlas más rápido, con la consiguiente reducción de los tiempos para comenzar a percibir ingresos por el servicio.

## 1.4. EVOLUCIÓN DE CDMA

Las tecnologías inalámbricas fueron evolucionando y se caracterizaban por ser digitales a las cuales se les conocía como tecnologías de segunda generación entre ellas se tiene CDMAone que se basa en el estándar IS-95 que a su vez tiene dos versiones:

### IS – 95A

- Trabaja mediante conmutación de paquetes y circuitos
- Tiene una velocidad de 14.4Kbps
- Generalmente se lo aplica al servicio de voz sin descartar la posibilidad del brindar servicio de datos.

### IS – 95B

- Conserva la conmutación de circuitos y paquetes de su antecesor IS – 95A, además su plataforma no varía.
- Velocidad teórica de 115 Kbps, pero realmente se obtiene una velocidad de 64Kbps.
- Se considera aCDMAone y a IS – 95B de 2.5G debido al incremento de la velocidad de transferencia.

Las tecnologías de tercera generación se caracterizan por el incremento de servicios adicionales al de voz y datos además por su incremento de velocidad así podemos indicar que la evolución de CDMAone es CDMA 2000 entre otras, las mismas que se describen detalladamente a continuación.

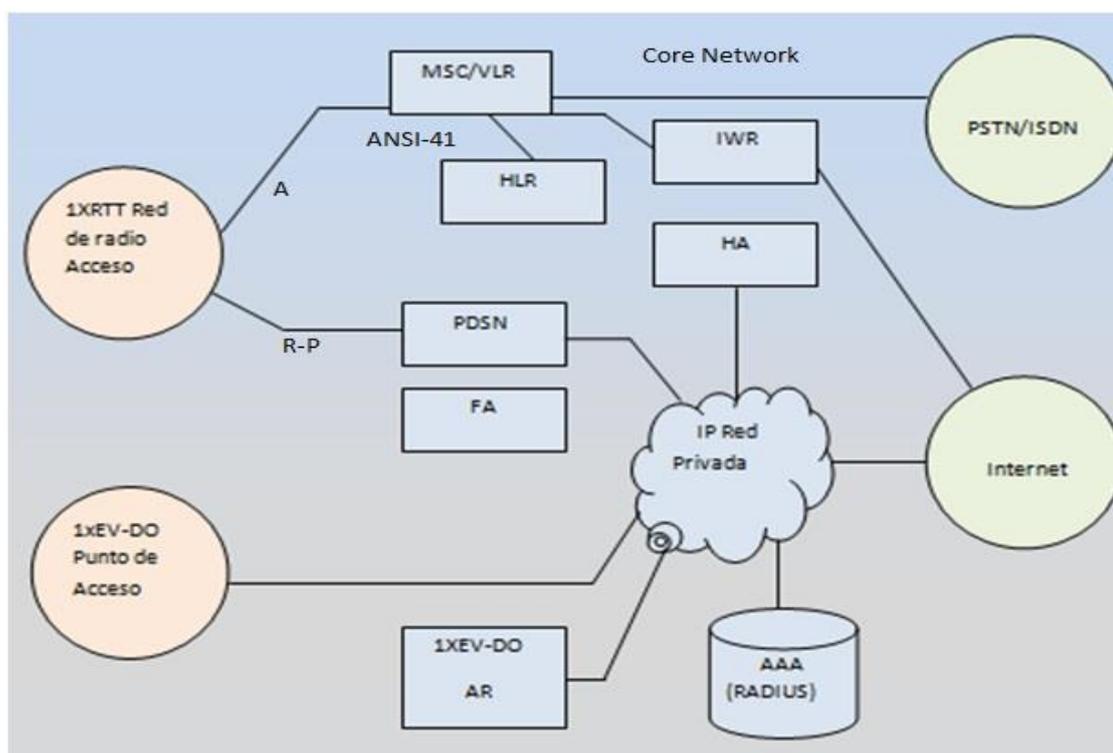
#### 1.4.1. CDMA 2000

CDMA2000 es una familia de estándares que usa CDMA, para la transmisión de voz, datos y señalización, está identificada como tecnología de tercera generación, que es un resultado evolutivo de CDMAone, el cual ofrece a los operadores una migración transparente que respalda económicamente la actualización de las características y servicios 3G, dentro de las asignaciones del espectro actual.

En términos generales CDMA2000 es un sistema de radio digital que permite un gran número de comunicaciones, compartiendo simultáneamente el mismo medio de comunicación, eso quiero decir que utilizan un mismo grupo de canales de radio por lo cual los usuarios pueden tener acceso a cualquier canal.

### 1.4.2. ARQUITECTURA CDMA2000

El dominio de la conmutación de circuito de CDMA 2000 utiliza, los mismos elementos de la red GSM alrededor del MSC, aunque se diferencia en el protocolo de gestión de la movilidad.



**FIGURA 6.** Infraestructura troncal CDMA2000

**Fuente:** FranciscoCórdovaMsc, Tecnologías de Acceso Recuperado de [http://www.imaginar.org/iicd/tus\\_archivos/TUS6/2\\_tecnologia.pdf](http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf)

La arquitectura CDMA2000 está conformada por los siguientes elementos:

- **Red de Radio Acceso (RAN):**

- MS: estación móvil.
- BTS: estación base, base de transmisión y recepción.
- BSC: es el controlador de estación base.

- **Red Troncal:**

**HLR (Home Location Register):** es una base de datos con el registro de los abonados y sus especificaciones.

**MSC/VLR (Mobile Switching Center/ VisitorLocationRegister):** es un conmutador digital que tiene incorporado una base de datos que sirve para los terminales activos de la red, también incluye un elemento de Inter Funcionamiento.

Los elementos adicionales necesarios en CDMA2000 son:

**PCF:** es la función de control de paquetes, es uno de los nuevos elementos necesarios en la BSS para soportar la conmutación de paquetes en la interfaz R-P.

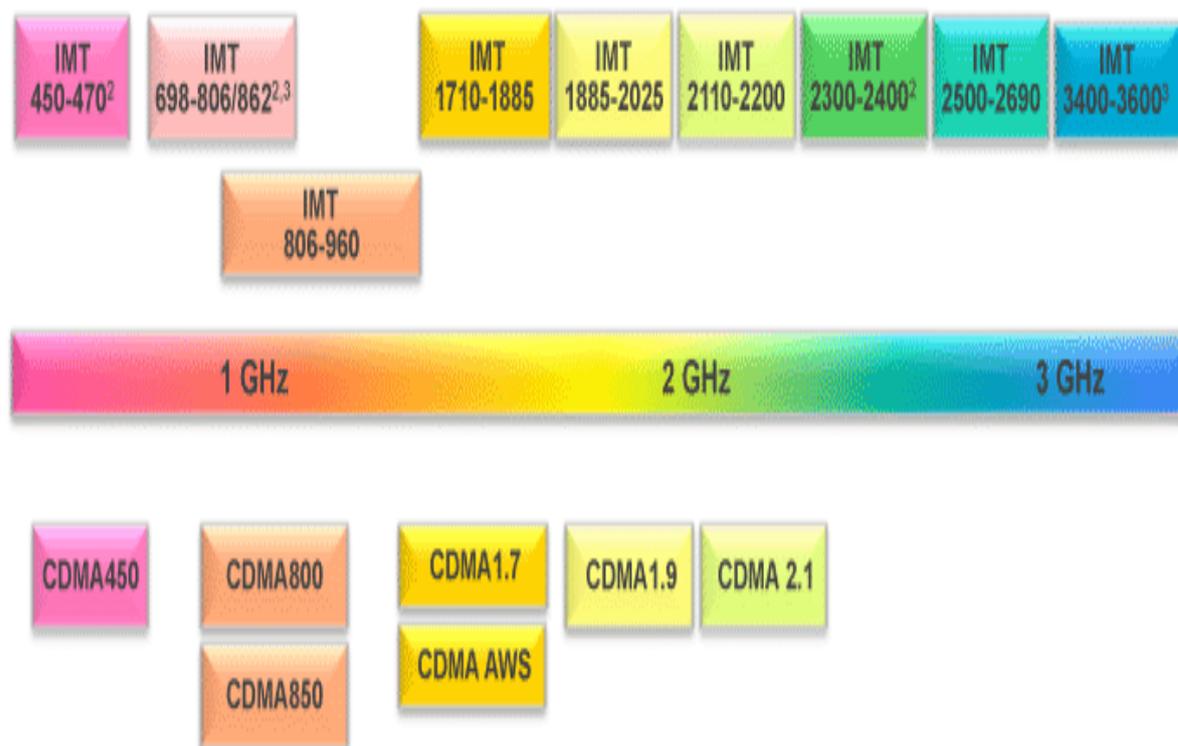
**Servidor AAA** (Accounting, Autentication and Authorization) basado en Radius (RemoteAuthorization Dial-In Service), que contiene la información de provisión de paquetes de datos de los abonados, se utiliza para labores de autenticación.

**PDSN:** es el punto de unión con los elementos privados IP, es decir es el punto de terminación del protocolo de enlace PPP y está conectado al subsistema de estación base a través de la interfaz R-P (Radio-Packet), además es responsable de la movilidad.

**CDMA2000** tiene la capacidad de soportar voz y datos, porque es una red sofisticada gracias a la eficiencia y robustez, además aumenta la velocidad por la capacidad de entregar paquetes con la menor cantidad de espectro, con una capacidad de 35 canales de tráfico por sector RF, la flexibilidad de CDMA2000 en las frecuencias de banda: 450 MHz, 800MHz, 900MHz, 1700MHz, 1800MHz, 1900MHz, 2100MHz.

#### **1.4.3. CDMA2000 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIAS.**

CDMA2000 está diseñado para funcionar en todas las bandas del espectro asignadas para los servicios de telecomunicaciones inalámbricas, incluidas las bandas analógicas, celulares y de PCS. Puede brindar servicios 3G usando una pequeña cantidad del espectro (1,25 MHz por la portadora) la distribución del espectro se explica de mejor manera en la siguiente imagen.



**FIGURA 7.** Frecuencias IMT-2000

**Fuente:** AntonBlvd., Ste. 440 Costa Mesa

<http://www.cdg.org/technology/CDMA2000/spectrum.asp>

En la actualidad, la infraestructura de red CDMA2000 y los dispositivos de usuario están disponibles en la mayoría de las bandas de frecuencias IMT-2000, designadas por la UIT, dichas bandas están listadas en la siguiente tabla.

**TABLA 1.** Bandas de Frecuencias

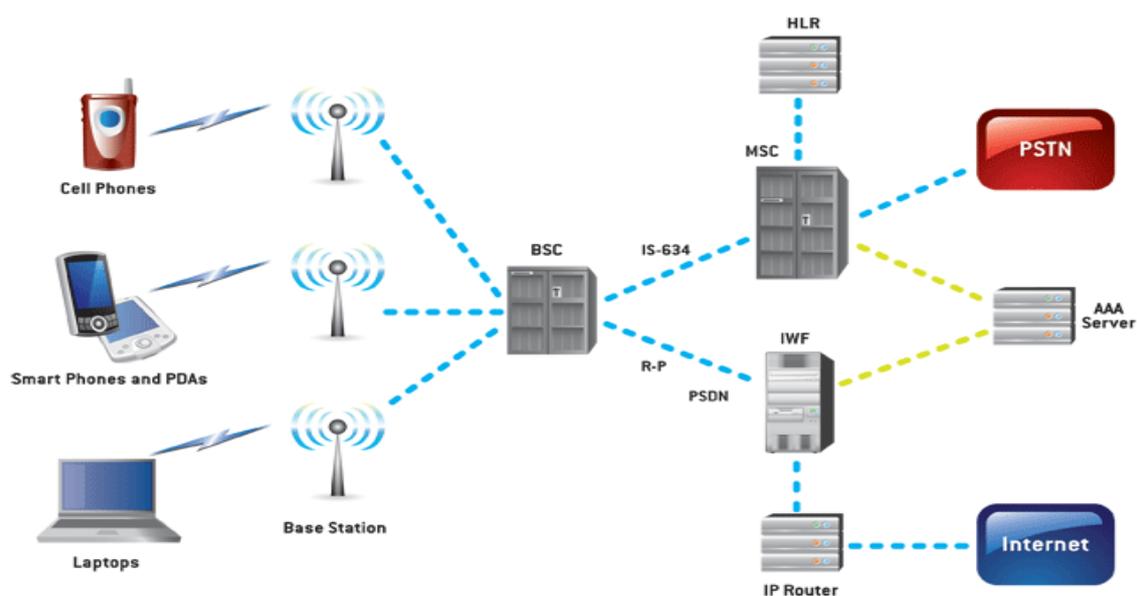
CLASES DE BANDAS	DESCRIPCIÓN
Banda Clase 0	Banda celular 800MHz
Banda Clase 1	Banda PCS 1,8 a 2,0 GHz
Banda Clase 2	Banda TACS 872 0 960 MHz
Banda Clase 3	Banda JTACS 832 a 925 MHz
Banda Clase 4	Banda PCS Corea 1,75 a 1,87 GHz
Banda Clase 5	Banda 450 MHz

Banda Clase 6	Banda IMT2000 2GHz
Banda Clase 7	Banda 700 MHz
Banda Clase 8	Banda 1800 MHz
Banda Clase 9	Banda 900 MHz
Banda Clase 10	Banda 800MHz secundaria
Banda Clase 11	Banda PMAR Europea 400 MHz
Banda Clase 12	Banda PMAR 800 MHz

**Fuente:** Antón Blvd., Ste. 440 Costa Mesa  
<http://www.cdg.org/technology/CDMA2000/spectrum.asp>

#### 1.4.4. CDMA2000 1X

El estándar CDMA2000 1x es el núcleo de la interfaz con CDMA2000, es conocida como IS-2000 que duplica la capacidad de voz sobre las redes IS-95, es capaz de soportar altas velocidades de datos, pero que llega a una velocidad limitada de 144 Kbps, se la denomina como tecnología 3G pero por algunos es conocida como tecnología 2.5G, permitiendo en países que están limitados de 3G implementar los servicios en 2G.



**FIGURA 8.** Diagrama de Red CDMA2000 1X

**Fuente:** Antón Blvd., Ste. 440 Costa Mesa  
<http://www.cdg.org/technology/CDMA20001x/networkdiagram.asp>

La tecnología CDMA2000 debe cumplir con algunas especificaciones técnicas que se listan a continuación.

**TABLA 2.** Especificaciones Técnicas CDMA

Frecuencia de bandas	Cualquier banda existente
Mínima frecuencia de banda requerida	1x: 2x1.25 MHz , 3x: 2x3.75
Chip rate	1x: 1.2288 , 3x: 3.6864 Mcps
Máxima capacidad de ancho de banda	1x:144Kbps now, 307 kbps , 1xEV-DO: max 384 kbps-2.4Mbps, 1xEV-DV: 4.8 Mbps
Longitud de trama	5ms, 10ms o 20ms
Potencia de control	800 Hz
Factor de expansión	4...256 UL

**Fuente:** West Tasman Dr.San Jose, CA 95134 USA

<http://www.intel2006.net/forowindows/redes/99924-expliquenme-algo-s.html>

#### 1.4.4.1. ESTRUCTURA DE CAPAS CDMA2000 1X

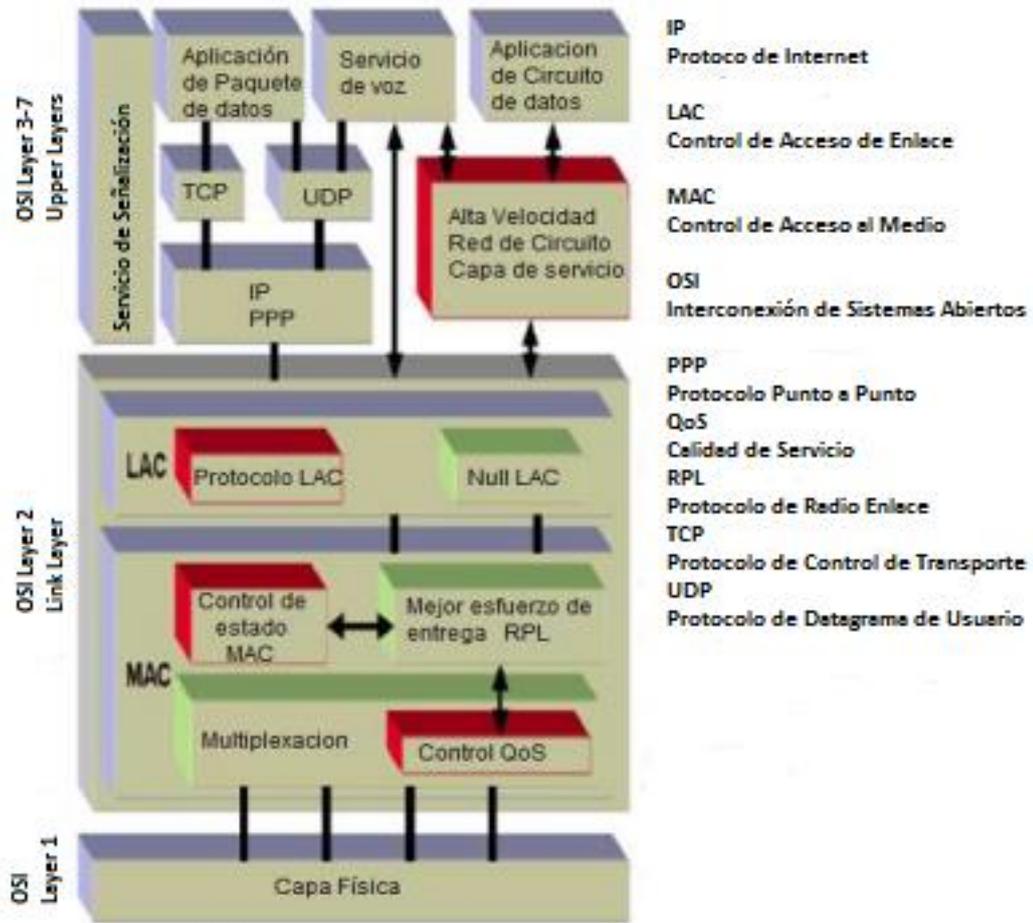
El sistema CDMA2000 y sus evoluciones se basan en la estructura OSI el mismo que está constituido por 7 capas, la ventaja de seguir el sistema OSI es que cada capa trabaja de manera independiente estableciendo comunicación con la capa inmediata superior o inferior mediante el uso de protocolos.

En CDMA2000 la capa de enlace se divide en dos subcapas que son: la MAC (Media Access Control, Control de Acceso al Medio), y LAC (Link Access Control, Control de Acceso al Enlace), mientras que las capas superiores se encuentran integradas, y se encargan principalmente de los servicios de voz, de envío de datos y señalización.

Al tener CDMA2000 una estructura de capas le permite soportar servicios multimedia, tomando en consideración los siguientes aspectos, Capacidad para soportar múltiples sesiones, pudiendo ser éstas una combinación de diferentes tipos de servicios (voz, datos por paquetes o por conmutación de circuitos).

- Mecanismos de control tomando en consideración la calidad de los servicios (Quality of ServicesQoS).
- Tener un sofisticado Control de Acceso al Medio (MAC), que haga al sistema trabajar de manera eficiente.

En el siguiente esquema representa la estructura de capas del sistema IS-95 y CDMA2000.



**FIGURA 9.**Arquitectura de Capas CDMA2000 1x [CDMAforum]

A continuación se realiza la descripción de las capas de la arquitectura CDMA2000 1x:

**a) Capas Superiores**

CDMA2000 es una tecnología de radiotransmisión flexible de estructura abierta ante la inclusión de servicios en las capas superiores, dichas capas se encargan de dar servicios, teniendo las siguientes categorías.

- **Servicios de voz:** Se encarga de brindar servicios telefónicos de voz, incluyendo acceso a la PSTN y servicios de voz de móvil a móvil.
- **Servicio de datos:** CDMA2000 ofrece este servicio entregando la información de un usuario mediante paquetes de datos o por conmutación de circuitos.
- **Señalización:** Se encarga de controlar la operación de una estación móvil mediante el envío de mensajes dentro del sistema.

## **b) Capa De Enlace**

La capa de enlace soporta y controla los mecanismos que se encargan de los servicios de transporte de información; contando con niveles variables de calidad en los servicios (QoS Quality of Services) de acuerdo a las necesidades específicas de cada servicio ofrecido por las capas superiores, también lleva a cabo acciones de rastreo de información lógica y de señalización dentro de los canales soportados, codificados y modulados en la capa física durante su transporte hacia las capas superiores.

La capa de enlace es dividida en dos subcapas:

- Link Access Control (LAC)
- Medium Access Control (MAC)

### **1) Subcapa Lac**

La subcapa LAC se encarga de transportar información mediante comunicaciones punto a punto a las capas superiores, siendo capaz de soportar una transmisión escalable y con la capacidad para conocer las necesidades y cambios en las entidades de las capas superiores, esto al ser rastreados los canales desde la capa física mediante información lógica y de señalización.

La subcapa LAC da la QoS que requiere cada entidad de las capas superiores garantizando una entrega libre de errores, sin embargo cuando la QoS requerida es mayor a la que puede ofrecer la subcapa LAC, entonces este servicio es dado directamente por la subcapa MAC.

Las acciones de enlace soportados por la subcapa LAC son las siguientes:

- Señalización de la capa 2 para el sistema IS-95
- Señalización de la capa 2 para el sistema cmda2000
- Paquetizado de información de la capa 2 para sistemas CDMA2000
- Servicio de envío de información mediante circuitos conmutados de la capa 2 para sistemas CDMA2000.

## 1) Subcapa Mac

La subcapa MAC se encarga de funciones de control y administración de recursos dados por la capa física, coordinando el uso de estos recursos para las entidades de la subcapa LAC.

La subcapa MAC para llevar a cabo sus actividades es dividida en las siguientes partes:

- Función Convergente Independiente de la Capa Física (ThePhysicalLayerIndependentConvergenceFunctionPLICF)
- Función Convergente Dependiente de la Capa Física (ThePhysicalLayerDependentConvergenceFunctionPLDCF), que a su vez se encuentra subdividida en:
  - Específica PLDCF (The Instance Specific PLDCF)
  - Multiplexado y Calidad de los Servicios PLDCF (ThePLDCFMUX and QoS subbrayar).

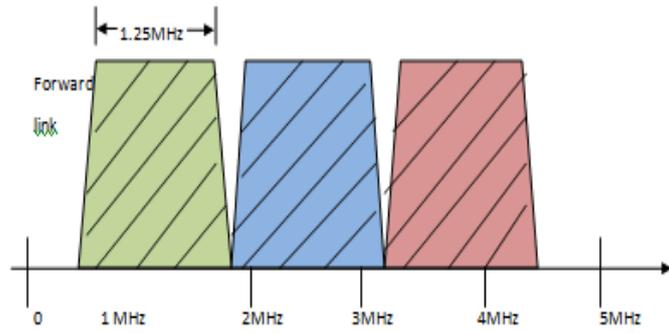
## c) Capa Física

La capa física es la responsable de la transmisión y recepción de los bits al medio físico para lo cual es necesario realizar una conversión de la información a ondas electromagnéticas mediante el uso de mecanismos de modulación. Los bits de la señal son codificados antes de ser modulados.

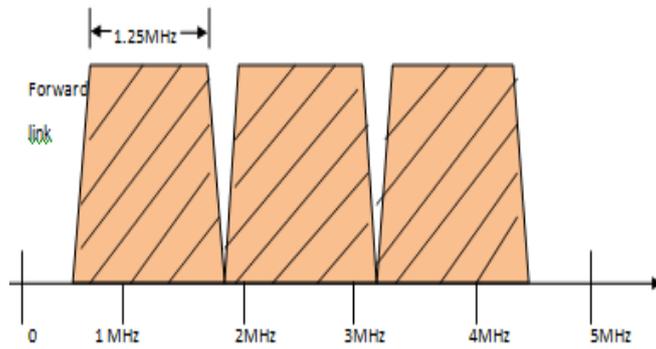
Existen dos opciones para enlace directo de CDMA2000 que son las siguientes:

- Multiportadora
- Dispersión Directa

La transmisión de multiportadora para un enlace directo se lo realiza mediante tres portadoras consecutivas, cada una de las portadoras tiene una velocidad de chip de 1.288 Mcps, mientras que en el caso de dispersión directa la velocidad de chip rate es de 3,6864 Mcps. La eficiencia espectral de multiportadora es de un 5% a 10% menor que con dispersión directa en la siguiente figura se muestra la estructura de los canales CDMA2000.

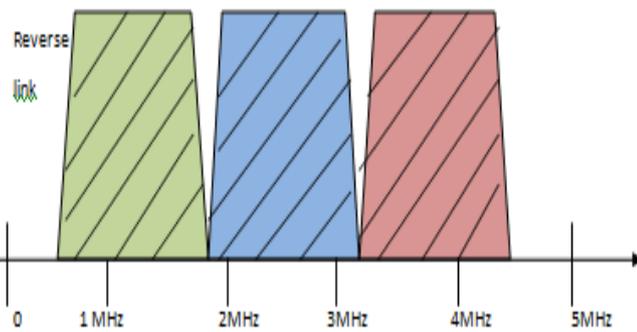


MULTIPORTADORA

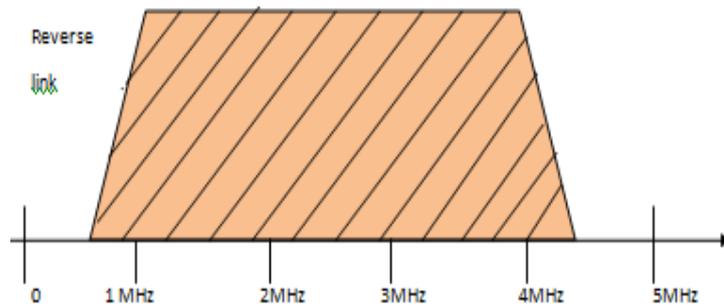


MULTIPORTADORA

Spreading Rate



MULTIPORTADORA



DISPERSIÓN DIRECTA

SpreadingRate 3

FIGURA 10. Estructura Canales CDMA2000

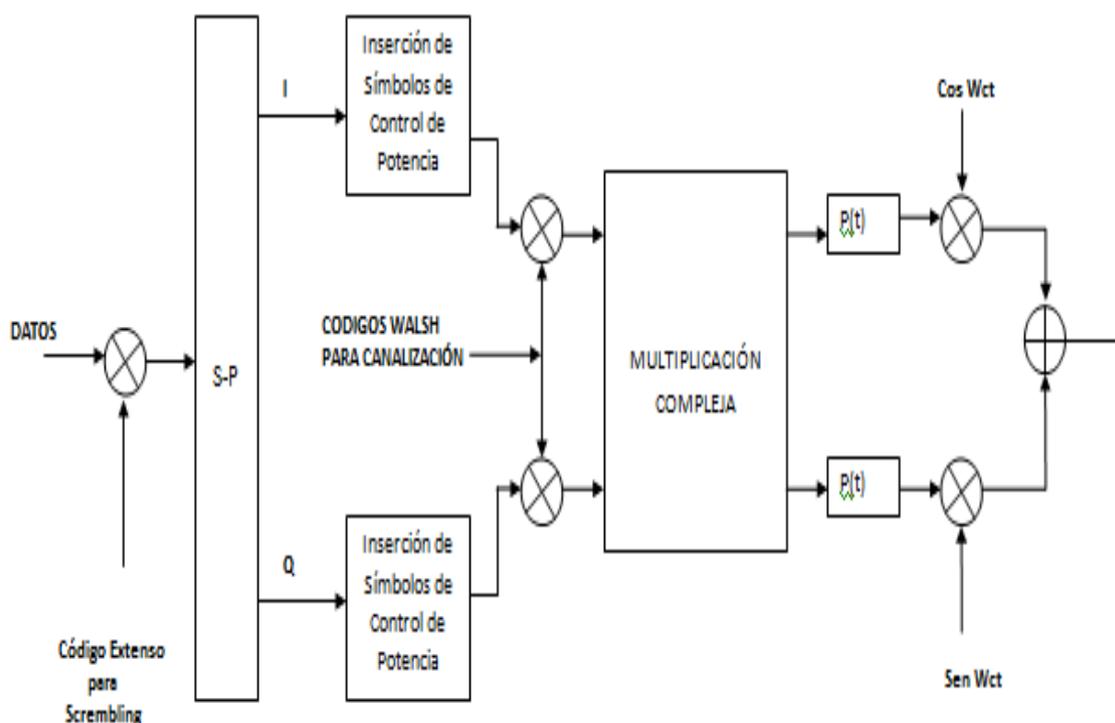
Fuente: Win, Z. Communications, IEEE Transaction, volumen 4. 700.

#### d) Canales Físicos Y Lógicos

Estos canales son utilizados para el transporte de datos y señalización en CDMA2000 se definen canales físicos y canales lógicos. El canal físico es un enlace entre la BTS y el terminal móvil que esta descrito por codificación además de la caracterización de radiofrecuencia. Mientras que el canal lógico es un camino de comunicación intrínseco a las llamadas de los protocolos entre la BTS y el terminal móvil, la información de los canales lógicos es llevada por uno o más canales físicos.

##### 1.4.4.2. ENSANCHAMIENTO Y MODULACIÓN

En CDMA2000 hay tres capas de ensanchamiento, cada señal en el enlace reverso es diferenciada por diferentes indicadores offset, que es un código extenso el cual se asemeja al utilizado por IS-95 dicho código largo es una secuencia con un periodo de  $2^{42} - 1$ . La ortogonalidad con la que trabajan los diferentes canales físicos del mismo usuario perteneciente a la misma conexión en el enlace reverso se mantiene mediante los códigos walsh, en el siguiente diagrama se muestra el enlace descendente del transmisor de CDMA2000.



**FIGURA 11.** Transmisor de Enlace Descendente CDMA2000.

**Fuente:** Win, Z. Communications, IEEE Transaction, volume 4. 715

En la expansión del código walsh con CDMA2000 se realiza en primer lugar la modulan de los datos con QPSK, después los datos de las ramificaciones I, Q mediante el mismo código walsh gracias a eso el número de códigos walsh se duplican debido a la ortogonalidad de las portadoras entre I,Q.

Según la velocidad de los datos los códigos walsh de canalización reverso/directo, por lo cual hace que todas las BTS se las diferencie por los distintos identificadores offsets de una misma secuencia del enlace directo. Para la realimentación de intercambio de registros de las portadoras I y Q se usan los siguientes polinomios:

$$X^{15} + X^{13} + X^9 + X^8 + X^7 + X^5 + 1 \quad \text{y}$$

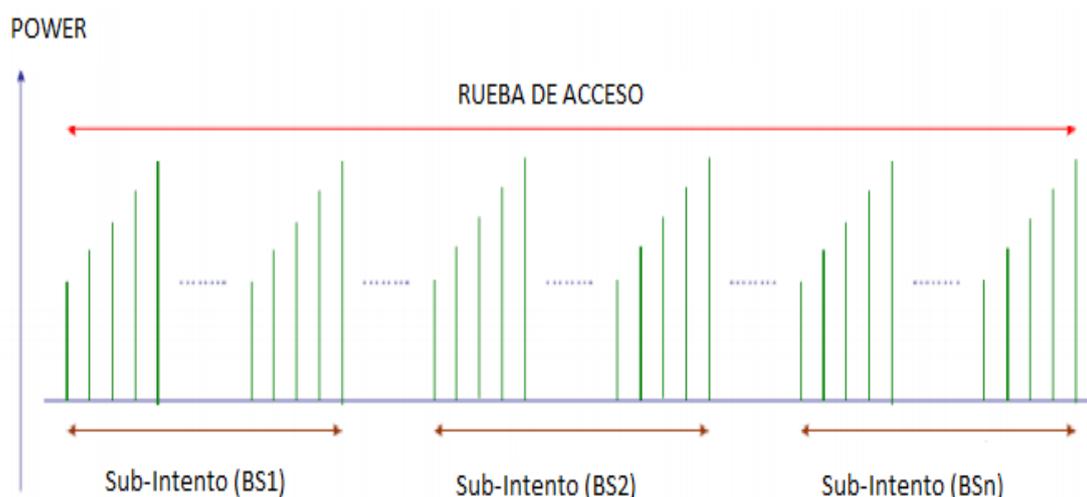
$$X^{15} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + 1$$

El identificador de cada uno de estos códigos debe satisfacer un valor mínimo el cual es de  $64 \times \text{Pilot\_Inc}$  el cual es un parámetro de rehúso del código el mismo que depende de la topología del sistema.

#### 1.4.4.3. ACCESO ALEATORIO

Una estación móvil envía una petición de acceso a la red transmitiendo varias veces siendo una presunta prueba de acceso hasta que se reciba una respuesta de reconocimiento de la petición recibida, este proceso se lo conoce también como petición de acceso. Se debe tener muy claro que con un solo intento de acceso se debe enviar a varias estaciones base.

La siguiente imagen muestra cómo se realiza la petición de acceso, utilizando el algoritmo ALOHAranurado.



**FIGURA 12.** Intento de acceso realizado por una estación móvil con CDMA2000

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/ALOHAnet>

Si un reconocimiento de prueba de acceso transmitida no es reconocida se vuelve a intentar hasta que se obtenga un reconocimiento aceptado por la estación base, como se lo puede ver en la imagen de la parte superior.

#### **1.4.4.4. TASA DE ENSANCHAMIENTO Y CONFIGURACIÓN DE RADIO**

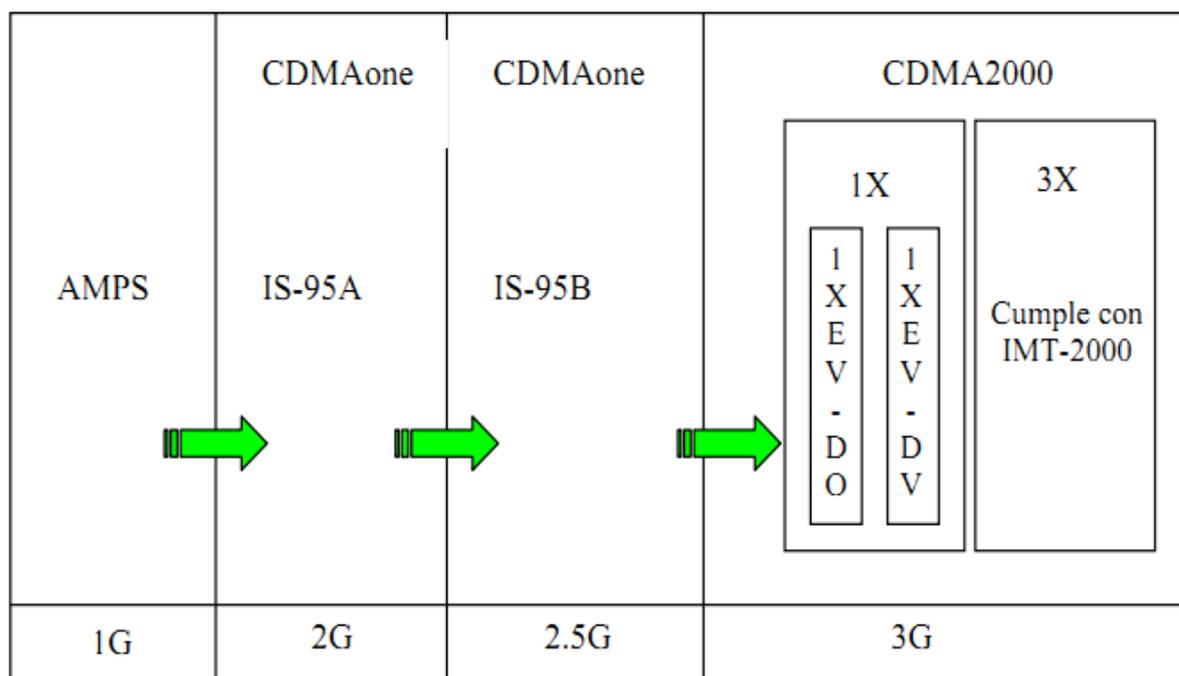
La tasa de ensanchamiento se refiere a la velocidad de chip de onda el cual permite calcular el ancho de banda espectral y la ganancia de procesamiento. La tasa de ensanchamiento 1 es 1228800 cps (chips por segundo), que es igual al de IS-95. Por lo cual el ancho de banda de la señal es alrededor de 1,25 MHz, se lo llama también 1xRTT. La tasa de transmisión 3, es tres veces la tasa de ensanchamiento 1 o 3686400 cps, esta tasa de ensanchamiento se utiliza en CDMA2000 o 3xRTT que brinda un ancho de banda de 3,75 MHz el mismo que puede llevar una gran cantidad de datos.

La codificación de radio se trata de los cambios de codificación como los canales y las velocidades de datos establecidos, mientras que para los canales de tráfico se establecen algunas configuraciones radioeléctricas o RC (radio configurations), las cuales calculan la velocidad de los datos, la codificación de canal y los parámetros de modulación que soporta.

Existen seis configuraciones de radio para el enlace reverso y nueve para el enlace directo.

#### **1.4.4.5. CDMA 2000 3X**

- Esta tecnología trabaja con tres portadoras a diferencia de CDMA2000 1x, pero con el mismo ancho de banda de 1.25 Mhz.
- Puede ofrecer servicios de multimedia un incremento en el soporte de transmisión de voz y datos en paquetes superiores de 2Mbps, teniendo de esta manera las mejores aplicaciones para 3G.



**FIGURA. 13:** Evolución de CDMA

Fuente: [www.cnc.org.ar](http://www.cnc.org.ar)

#### 1.4.5. CDMA2000 1XEV-DO

EV-DO son las siglas Evolution-Data Optimized, es un estándar que se desarrolló para transmisiones inalámbricas, a través de CDMAone.

Este estándar utiliza técnicas de multiplexación como usa tdma y CDMA para poder maximizar la información transmitida, es parte de CDMA2000 que es adoptado por los proveedores a nivel mundial es más rápido que EDGE utilizado en redes GSM, la velocidad en redes móviles es de hasta 2.4 Mbps/s con Rev. 0 y hasta 3.1 Mbps con Rev. A.

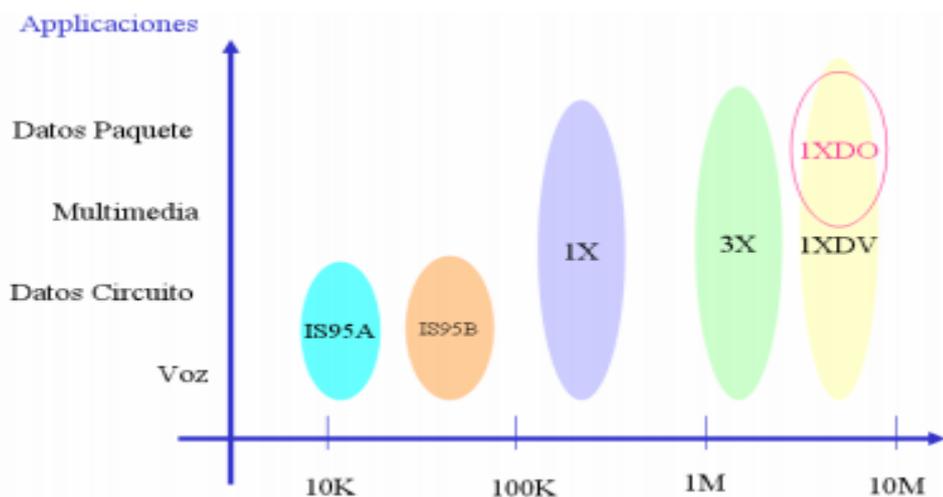
##### 1.4.5.1. CDMA2000 1XEV-DO REV 0

Esta tecnología ofrece velocidades de hasta 2.4 Mbps en el canal de bajada y de 153 Kbps en el canal de subida con una portadora DDF de 1.25 MHz sin embargo en el ámbito comercial tiene un rendimiento de 300-700 Kbps en el downlink y de 70-90 en el uplink, algunos lugares se ha convertido en un competidor directo con el ADSL debido a que REV 0 fue creado para brindar acceso a internet.

#### 1.4.5.2. CDMA2000 1 XEV-DO REV A.

Como es normal esta mejora a REV 0, esto se puede observar en la velocidad que alcanza como es de 3.1 Mbps en downlink y 1.8 Mbps en uplink con una portadora DDF de 1.25 MHz, pero en redes comerciales alcanza un rendimiento de 450-800 Kbps en el downlink y de 300-400 en el uplink, ofreciendo un ancho de banda simétrico, además incorpora calidad de servicio (QoS), y su arquitectura de banda ancha se basa en IP, soporta multimedia, VoIP entre otras aplicaciones.

REV B alcanza velocidades de 46.5 Mbps en el downlink y de 27 Mbps en el uplink esto se debe a la combinación de 15 portadoras en un ancho de banda de 20 MHz, usa la codificación 64-QAM.



**FIGURA 14:** Tasa de Datos Pico (máx.)

**Fuente:** Copyright (c) 2012 Delson IV Group Holding Ltd.  
[www.4gforum.com](http://www.4gforum.com), 2006

#### 1.4.5.1. CDMA2000 1 XEV-DV

Es la segunda fase de evolución de CDMA2000 siendo un estándar de 3G para interfaz de aire, es completamente compatible con versiones anteriores de CDMA2000.

Las entidades muy importantes en la arquitectura de la red 3G incluyen la Red de Access de Radio y la Red Central.

### 1.4.6. W-CDMA

W-CDMA se refiere a las normas ETSI y NTT para tecnología de tercera generación sometida ante la UIT, como parte del proceso IMT-2000 3G. Esta norma incorpora una interfaz aérea que utiliza la técnica CDMA, pero que no es compatible en la forma en que está definida para las interfaces inalámbricas y de red con CDMAone, CDMA2000 o IS-136. La especificación de interfaz aérea no es compatible con GSM y, por lo tanto, no apoya la migración evolutiva.

Algunas de las diferencias principales entre CDMA2000 y W-CDMA se describen en la siguiente tabla.

**TABLA 3:** Diferencias CDMA2000 Y W-CDMA

	<b>CDMA2000</b>	<b>W-CDMA</b>
<b>Sincronización de la estación base</b>	Sincronizado	No sincronizado
<b>Adquisición y detección de la estación base</b>	Correlación PN de tiempo desplazado	Búsqueda de códigos paralelos en tres pasos para la detección de la estación base y la sincronización de ranuras / tramas
<b>Longitud de la trama</b>	20 ms	10 ms
<b>Velocidad de la plaqueta</b>	3.6864 Mcps	4.096 Mcps *
<b>Piloto de enlace delantero para el cálculo del canal</b>	Piloto común CDM	Piloto dedicado TDM
<b>Formación de haz de antena y haces cerrados</b>	Piloto auxiliar dedicado CDM	Piloto dedicado TDM

**Fuente:** Copyright (c) 2012 Eduardo Tudel

[http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es\\_tutorialumts/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialumts/pagina_3.asp)

### 1.5. TECNOLOGÍA CDMA 450

La utilización de CDMA450 es una solución para las telecomunicaciones en áreas rurales, porque al funcionar en frecuencia bajas permite una mayor cobertura permitiendo un menor uso de estaciones base.

CDMA450 permite los siguientes servicios:

- Telefonía
- Acceso a Internet
- PTT
- Localización

En la siguiente figura se puede observar que CDMA450 tiene una topología de red basada en CDMA2000.

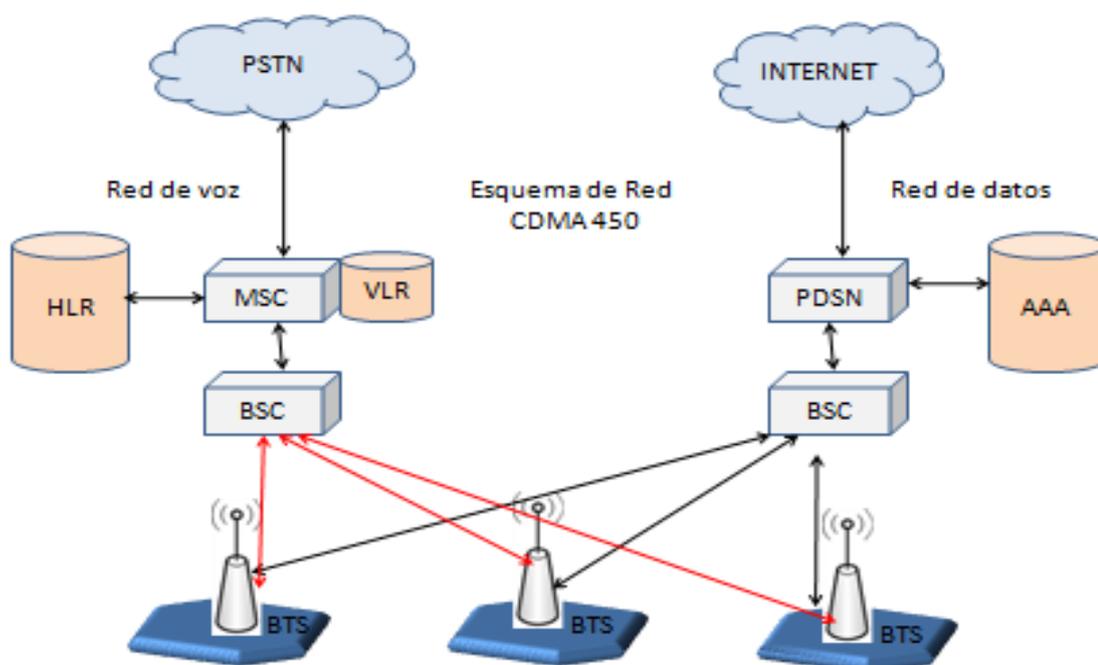


FIGURA 15. Esquema de Red CDMA450

Fuente: [www.450world.org](http://www.450world.org)

### Descripción

CDMA450 se refiere a la tecnología CDMA2000 aplicada a la banda de frecuencia de 450MHz, su origen proviene de las redes analógicas NMT-450 de primera generación, en consecuencia en el orden de los 450MHz se tendrá una mejor propagación o alcance a diferencia de otros rangos de frecuencia utilizados en telefonía móvil terrestre entre ellos 800 MHz ;1900 Mhz.

---

## 1.5.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA CDMA450

### 1.5.1.1. PROPAGACIÓN

Cuando se compara las tecnologías inalámbricas de frecuencias superiores en lo que es propagación se puede verificar que las bandas de frecuencia de los 450 MHz tienen una gran ventaja al tratarse de propagación de la señal. Debido a que las celdas de CDMA 450 brindan mayores coberturas cuando se compara con las celdas de otras bandas de frecuencia teóricamente, eso lo podemos observar a continuación:

**TABLA 4:** Áreas Teóricas de Celdas

Frecuencia (MHz)	Radio de Celda (Km)	Área de Celda (Km <sup>2</sup> )	Celdas Necesarias para Cobertura Equivalente
450	48.9	7521	1
850	29.4	2712	2.8
1900	13.3	553	13.6
2500	10	312	24.1

**Fuente:** [www.450world.org](http://www.450world.org)

Lo indicado anteriormente ayuda a comprender que la disminución en la instalación de estaciones base para brindar servicio a un área de cobertura brindando grandes beneficios en el aspecto de infraestructura, costos, operativos entre otros, gracias a que puede cubrir amplias áreas geográficas rurales.

Es de suma importancia recalcar que en la banda de los 450 MHz se puede brindar el servicio de telefonía básica además de servicios móviles, en el área rural también puede ofrecer acceso a internet de banda ancha.

### 1.5.1.2. CONTROL DE POTENCIA

Como se explicó anteriormente la tecnología CDMA2000 expande la señal para que los usuarios ocupen todo el volumen de los recursos al mismo tiempo, debido a esto el control de la potencia es importante para la operación de los sistemas CDMA.

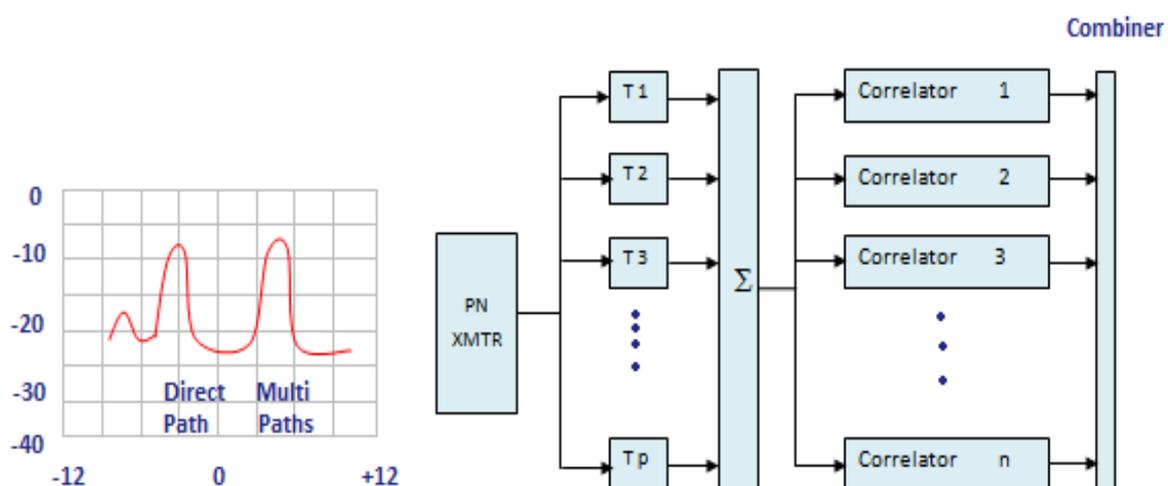
Por lo que se debe hacer un control de lejanía y proximidad de los terminales, para esto se debe transmitir con la potencia adecuada para lograr la comunicación. Para esto la estación base debe enviar la información a los terminales respecto a calidad y potencia con la que escucha a cada uno de ellos, debido a las características de propagación en cada instante.

Con el control de energía se logra otras ventajas como el ahorro de energía en los terminales, además un control efectivo de la potencia permite que se optimice la capacidad del sistema, permitiendo el ingreso de más usuarios al sistema gracias a que el mantenimiento se da con el mínimo nivel de potencias.

### 1.5.1.3. RECEPTOR TIPO RASTRILLO

El receptor tipo rastrillo utiliza distintos receptores cada uno está retrasado en el tiempo respecto al otro para de esta manera poder sintonizar cada una de las componentes de la señal original que llegan rebotando por diversos caminos. Cada uno de los receptores posee dedos captadores diferentes que reciben la señal de forma independiente las cuales al final son combinadas para obtener una resultante de mayor amplitud.

En la siguiente figura se puede observar el esquema de un receptor tipo rastrillo.



**FIGURA 16.**Esquema Receptor Tipo Ladrillo

**Fuente:** Fornaresio Guillermo, Curso CDMA450 Módulo I, pág. 18.

#### 1.5.1.4. OTRAS CARACTERÍSTICAS

Debido a que CDMA450 maneja las mismas frecuencias de operación, gracias a que utilizan códigos diferentes para cada usuario de esta manera se puede reconocer a cada uno de ellos, de esta forma no se producen interferencias de comunicación para usuarios que transmiten entre celdas, debido a que no existen cambios de frecuencias que provoquen caídas de las llamadas este efecto es conocido también como *soft handoff*. A continuación se describen características adicionales de CDMA 450 que adquiere algunas características de CDMA 2000 entre ellas tenemos las siguientes:

- CDMA450 ofrece los servicios de IMT-2000: alta calidad de voz y alta velocidad de acceso de datos.
- CDMA450 sólo requiere una pequeña cantidad de espectro (1,25 MHz).
- Tiene mayor cobertura (número de celdas).
- Mayor flexibilidad en el tamaño de celdas.
- CDMA450 permite una evolución gradual, por ser de tercera generación permitiendo mayor cantidad de prestación de servicios como voz, datos, video, SMS, MMS, datos de banda ancha, servicios de localización, TV móvil, etc.

En la siguiente tabla se puede observar las capacidades de TX y RX de CDMA450.

**TABLA 5.** Capacidades de Transmisión Teóricas de Redes CDMA 450

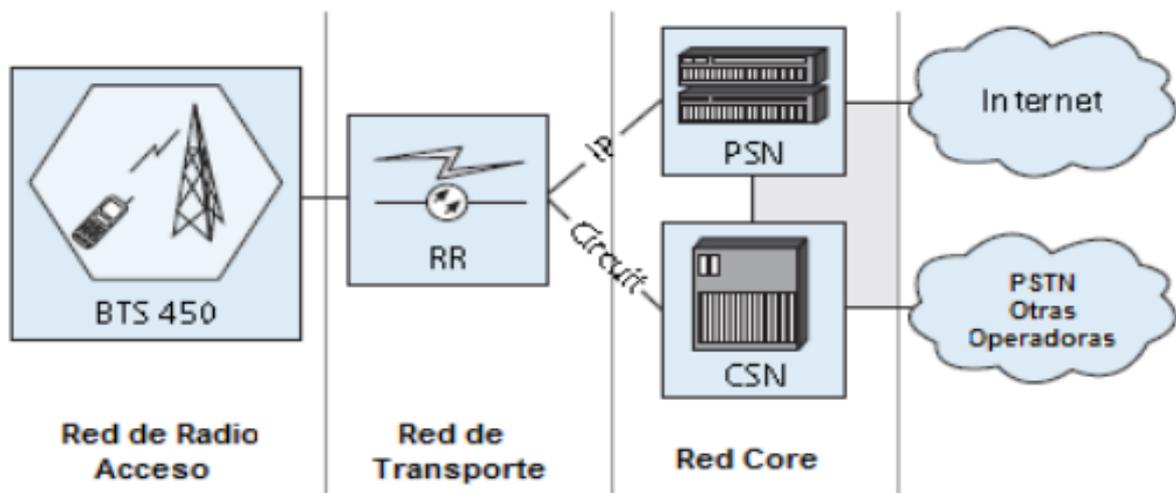
Capacidad	CDMA2000 1X (Portadora 1.25 MHz)	CDMA2000 1XEVD0 Rev0 (Portadora 1.25 MHz)	CDMA2000 1XEVD0 Rev. A (Portadora 1.25 MHz)
<b>Máximo</b>	153 Kbps (DL) 153 Kbps (UL)	2.4 Mbps (DL) y 153 Kbps (UL)	3.1 Mbps (DL) y 1.8 Kbps (UL)
<b>Promedio usuario</b>	60 – 100 Kbps	300 – 700 Kbps (DL) y 70 – 90 Kbps (UL)	600 – 1400 Kbps (DL) y 500 – 800 Kbps (UL)

Fuente: [www.cdg.org](http://www.cdg.org)

### 1.5.2. COMPONENTES DE LA RED CDMA 450

La red se compone por un conjunto de radio base (BTS) además es controlada por una estación controladora (BSC), las redes telefónicas son conmutadas por una central MSC la misma que interconecta a la red telefónica PSTN.

El acceso a la red de datos es provisto por un nodo tipo PDSN, que permite brindar servicios a los usuarios, como se observa en la siguiente imagen.



**FIGURA 17.** Estructura del Sistema CDMA450

**Fuente:** IEEE Communications Magazine. Enero 2007

#### **BTS (Estación Base Transceptora)**

Las estaciones base son radios bidireccionales multicanal que emiten y reciben varias señales a la vez, el número de células es igual al número de estaciones base. Una BTS se conecta a la Central de Conmutación Móvil mediante un enlace microonda o por fibra óptica, es la encargada de realizar el procesamiento de la señal, amplificación del nivel de potencia, y la recepción de las referencias de sincronismo del sistema.

**Fuente:** Nuevas tecnologías CDMA 450, Julián Gardella, (2008)

**BSC (Estación Base Controladora)**

Es la encargada de controlar a una o más estaciones base transceptoras, dependiendo del sistema CDMA estas funciones pueden estar implementadas en el centro de conmutación móvil debido a que realiza las funciones de manejo de recursos, administración y mantenimiento del sistema, procesamiento de llamadas, traspaso de servicio y codificación de voz.

**Fuente:** Nuevas tecnologíasCDMA 450, JuliánGardella, (2008)

**MSC (Centro de Conmutación Móvil)**

Es el responsable del establecimiento y desconexión de los servicios tradicionales de voz para los terminales CDMA dentro del área de servicio, realiza el monitoreo de la red, la interconexión con redes públicas, además funciones de contabilidad para la posterior facturación a través de un servidor AAA.

**Fuente:** Nuevas tecnologíasCDMA 450, JuliánGardella, (2008)

**HLR (Registro Local)**

Es una base de datos que contiene toda la información del abonado, como es la información de la cuenta, el estado de la cuenta, preferencia de servicio, características suscritas por el usuario, localización actual del usuario, los HLR son usados por las MSC para originar y entregar las llamadas al suscriptor.

**Fuente:** Nuevas tecnologíasCDMA 450, JuliánGardella, (2008)

**VLR (Registro Visitante)**

Es una base de datos que se utiliza para llevar la información temporal de los usuarios que salen por momentos de su área de cobertura, los datos de la VLR se basa en la recuperación de la información de un usuario de un HLR. Los MSC utilizan los VLR para manejar el roaming del usuario.

**Fuente:** Nuevas tecnologíasCDMA 450, JuliánGardella, (2008)

**MS (Estación Móvil)**

Es el equipo terminal del abonado en otras palabras el teléfono, tiene una unidad de control y un transceptor que envía y recibe señales de radio hacia la estación base más cercana, por lo cual los usuarios pueden acceder a servicios de telefonía básica, fax y datos.

**Fuente:** Nuevas tecnologíasCDMA 450, JuliánGardella, (2008)

**PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada)**

La PSTN es una red de conmutación de circuitos tradicional optimizada para comunicación de voz en tiempo real. En otras palabras, cuando alguien llama se cierra el conmutador al momento que marca y establece así un circuito con el receptor de la llamada. La calidad de servicio es garantizada por la PSTN al dedicar un circuito a la llamada hasta que termine es decir hasta que se cuelgue el teléfono.

**Fuente:** Nuevas tecnologíasCDMA 450, JuliánGardella, (2008)

**PDSN (Nodo Servidor de Paquete de Datos)**

La PDSN cumple las siguientes funciones:

- Es el punto de agregación en el acceso y transporte para todas las estaciones de base.
- Provee la función de conmutación al conectar las sesiones de usuario al sistema proveedor del servicio.
- Es la interfaz entre el operador de acceso y el proveedor de servicios.
- Puede manejar más de 100000 sesiones simultáneas de usuario.

**Fuente:** Nuevas tecnologíasCDMA 450, JuliánGardella, (2008)

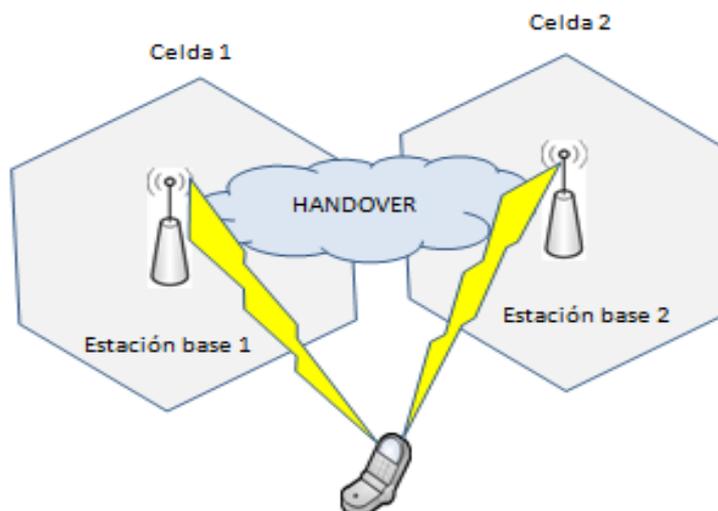
**Servidor AAA (Contabilidad, Autenticación y Autorización)**

Se basa en RADIUS, este contiene la información de provisión de los paquetes de datos de los usuarios.

Que se utiliza para la autenticación, autorización y la facturación de los de usuarios.

## Handoff

Es el sistema que se utiliza para transferir un servicio de una estación base a otra siempre que la calidad del enlace sea insuficiente, esto garantiza que el servicio se realice cuando el móvil se traslada a lo largo de la zona de cobertura.



**FIGURA 18.**Esquema Handoff

Fuente: [www.cnc.gov.ec](http://www.cnc.gov.ec)

## Soft-Handoff

Este fenómeno ocurre cuando un móvil se mantiene conectado con dos o tres estaciones base, cuando esto sucede las dos señales se combinan para mantener brindar una señal de mejor calidad que es transmitida por el móvil en enlace reverso y es recibida por las dos estaciones base, las mismas que demodulan la señal de manera separada y envían la trama a la MSC. La MSC elige la de mejor calidad que es enviada de vuelta.

## Sin Handoff

Cuando no se realice el handoff, no se realiza el traspaso de entre estaciones base en este caso cuando el móvil sale del área de cobertura se establece una nueva llamada.

## HardHandoff

Antes del proceso de traspaso, el móvil está conectado a la estación base de origen, pero en el momento del handover se queda desconectado totalmente, en este proceso utiliza un solo canal, este es el método más utilizado aunque no es el más fiable.

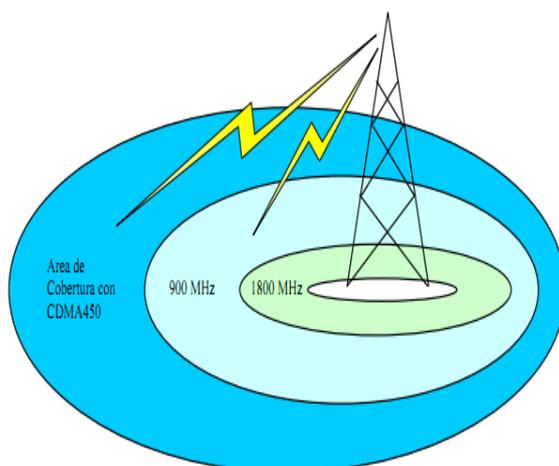
### 1.5.3. COBERTURACDMA450

CDMA 450 provee una capacidad de transmisión de gran amplitud lo que le permite brindar los servicios de información e imágenes a grandes velocidades en cualquier parte en la que el usuario se encuentre.

CDMA 450 es una solución de 3G que adopta los servicios de CDMA2000 en la banda de frecuencia de los 450Mhz, que tiene como ventaja una mayor cobertura con un radio teórico de cobertura de 40 a 60 km y de manera ideal llega hasta 80km sin obstáculos con una sola estación base.

Al combinar los beneficios de CDMA2000 con la eficiencia espectral de los 450MHz, se tiene una superior capacidad de voz, además altas velocidades de transmisión en banda ancha, brindando también una buena calidad de servicio (QoS) y menor latencia, llegando a tener un gran valor intrínseco para los usuarios y los proveedores.

Cabe mencionar que ésta tecnología debido a la frecuencia con que trabaja permite tener radios de cobertura mayores que otras tecnologías que trabajan a frecuencias mayores por lo que se recomienda se la utilice en zonas rurales, lo descrito anteriormente se puede observar en la siguiente imagen.



**FIGURA 19.**Diagrama de propagación de distintas frecuencias

**Fuente:** IEEECommunications Magazine. Enero 2007 Adaptado

Gracias a su mayor cobertura se usa menor cantidad de BTS por lo cual el costo de la infraestructura es más asequible para los operadores brindándoles la posibilidad de atraer la inversión para la instalación de la red base.

El desarrollo de los equipos terminales para CDMA 450 en este momento se lleva a cabo por distintos proveedores que están promocionando esta tecnología de manera atractiva entre ellos tenemos: Alcatel-Lucent, Huawei, Nortel, UTStarcom, ZTE, entre otras.

#### 1.5.4. BANDAS DE FRECUENCIAS DE CDMA 450

CDMA 450 es la solución con mayor criterio que se difunde para proveer servicios de telecomunicaciones económicamente de manera móvil y fija, para zonas urbanas y rurales deficientemente servidas, además los costos operativos disminuyen a comparación con otras tecnologías debido al menor consumo de energía, el uso de menos estaciones radio base y a la vez menor inversión de capital.

La banda de los 450 MHz incluye diferentes sub-bandas de frecuencias que están entre los rangos de 410-430 MHz , 450-470 MHz y 470-490 MHz, siendo una tecnología que permite alcanzar coberturas amplias gracias a las características que tiene de excelente propagación dando como resultado una buena penetración building donde se realiza el 70 % de las conexiones banda ancha.

En la siguiente tabla se describen las bandas de frecuencia de la tecnología CDMA 450:

**TABLA 6.** Sub-bandas CDMA 450

SUB-CLASES DE BANDAS	FRECUENCIA DE ESTACIÓN MOVIL	FRECUENCIA DE ESTACIÓN BASE	PAISES
A(Sub-capa preferida)	452.5 – 457.475	462.5 – 467.475	Argentina, Bulgaria, China, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Islandia, Indonesia, Lituania, Polonia, Portugal, Rumania, Rusia, España, Suecia, Túnez, Ucrania, Bolivia.
B	452 – 456.475	462 – 466.475	Malasia
C	450 – 454.8	460 - 464.8	Francia
D	411.675 – 415.850	421.675 – 425.850	Croacia, Eslovenia, Brasil
E	415.5 – 419.975	425.5 – 429.975	Turquía
F	479 – 483.48	489 – 493.48	Tailandia, ECUADOR
G	455.23 – 459.99	465.230 – 469.99	Hungría
H	451.310 – 455.730	461.31 – 465.73	Alemania, Austria, Bélgica, Rep. Checa, Holanda, Eslovaquia, Portugal

**Fuente:** IEEE Communications Magazine. Enero 2010

La distribución de la banda F que es la utilizada en el Ecuador se encuentra en la siguiente tabla:

**TABLA 7.** Distribución Banda F

Canal	Transmisión desde el Terminal (MHz)	Transmisión desde la Estación Base (MHz)	Ancho de Banda (MHz)
Banda de Guarda	479,000 – 479,365	489,000 – 489,365	0,365
F1 – F1´	479,365 – 480,615	489,365 – 490,615	1,25
F2 – F2´	480,615 – 481,865	490,615 – 491,865	1,25
F3 – F3´	481,865 – 483,115	491,865 – 493,115	1,25
Banda de Guarda	483,115 – 483,480	493,115 – 493,480	0,365

Fuente: [www.450.world.gov.ec](http://www.450.world.gov.ec)

Los requerimientos espectrales de IS-2000 1x o CDMA2000 y sus evoluciones en la banda de los 450 MHz son:

- Requerimiento mínimo de 1.8 MHz por una portadora.
- La 2da y 3ra portadora requieren cada una 1.25 MHz adicionalmente.
  - 3,05 MHz para dos portadoras
  - 4,3 MHz para tres portadoras
- Flexibilidad importante en la portadora colocada dentro de la banda asignada.
- Las portadoras de frecuencias pueden ser elegidas para evitar emisiones de interferencias conocidas.
- El espaciamiento de portadora puede ser modificado en algo, con un mínimo impacto sobre el rendimiento de la banda clase 5/ sub-banda clase A.

En la siguiente imagen se muestra la distribución de las portadoras en enlace directo como en el enlace reverso con sus respectivas bandas de la sub-banda clase A.

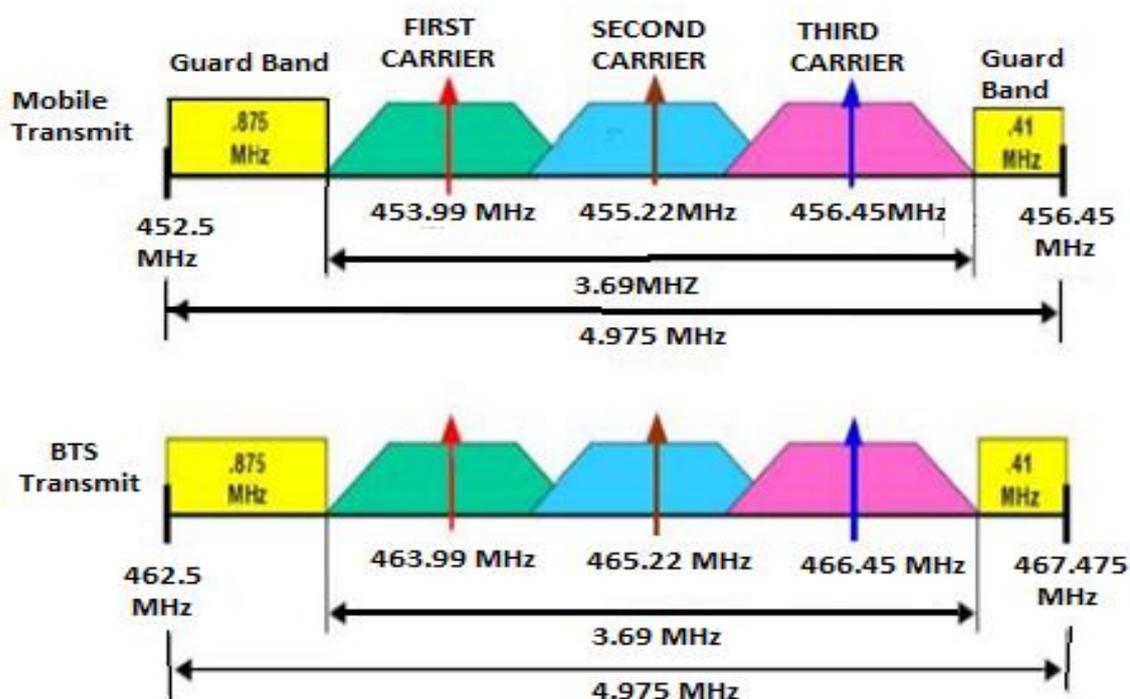


FIGURA 20. Sub-bandas Clase A CDMA2000 1x en la banda 450MHz

fuelle: [www.450.world.gov.ec](http://www.450.world.gov.ec)

### 1.5.5. CAPACIDAD DE USUARIOS DE UNA RED CDMA 450 MHZ.

La tabla que se muestra a continuación muestra en resumen los cálculos de la capacidad por radio base considerando dos portadoras de la sub-banda de CDMA 450.

TABLA 8. Capacidad de una red CDMA 450 MHz

Parámetros	CDMA 450
Erlang por sector por portadora	26.4
Total de Erlang por sector (2 portadoras)	52.8
Total de Erlang por sitio (3 sectores)	158.4
Tráfico por abonado	40 mE
Abonados por radio base	3960

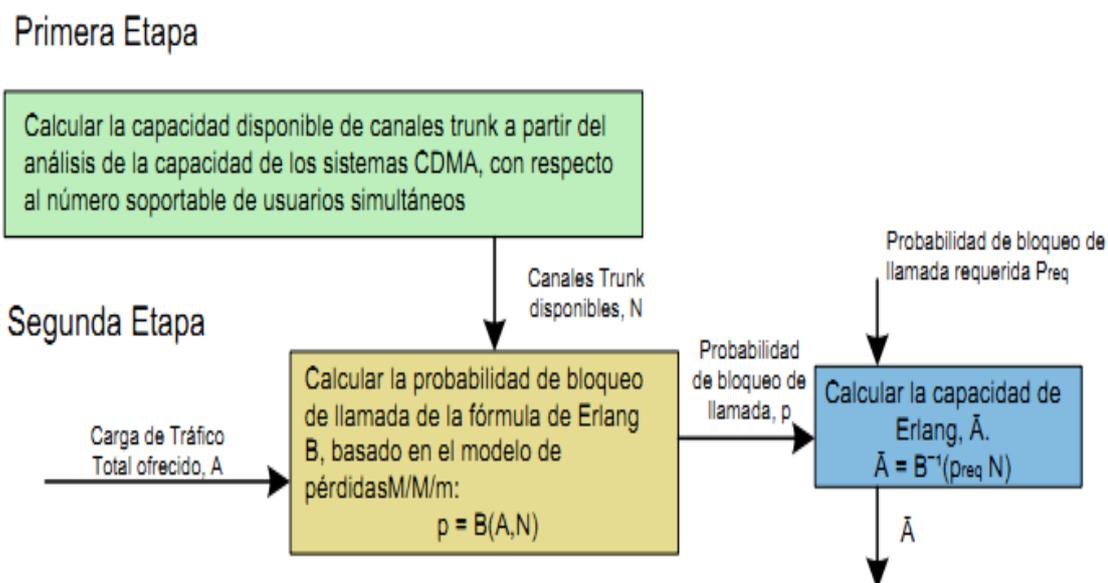
### 1.5.6. CONSIDERACIONES SOBRE TRÁFICO DE VOZ Y DATOS

En este punto se realizará un análisis del tráfico, debido a que en la mayor cantidad de sistemas se tiene que la cantidad de usuarios que requieren soporte exceden el número de canales disponibles, pero en realidad no todos los usuarios de un sistema requieren al mismo tiempo el uso del mismo canal gracias que algunos canales estáticos pueden soportar una gran cantidad de usuarios este fenómeno es conocido como trunking. Este método es menos complicado porque calcula la capacidad del Erlang basándose en las siguientes razones:

**Primera Etapa:** se puede utilizar el resultado de la capacidad de análisis de usuarios simultáneos en el sistema que pueden ser manejados por un requerimiento de calidad de servicio.

**Segunda Etapa:** se puede utilizar el modelo de pérdidas de red y sus resultados determinando la capacidad del Erlang desde el número de canales trunk.

Lo explicado en la parte superior se puede observar en el siguiente esquema:



**FIGURA 21.** Etapas de cálculo del Erlang.

**EDITADO:** Dirección General del Espectro Radioeléctrico SENATEL

### **1.5.7. VENTAJAS CDMA 450**

Existen algunos motivos para utilizar la tecnología CDMA 450, pues posee ventajas competitivas principalmente en economías emergentes en zonas rurales.

Entre las ventajas podemos describir las siguientes:

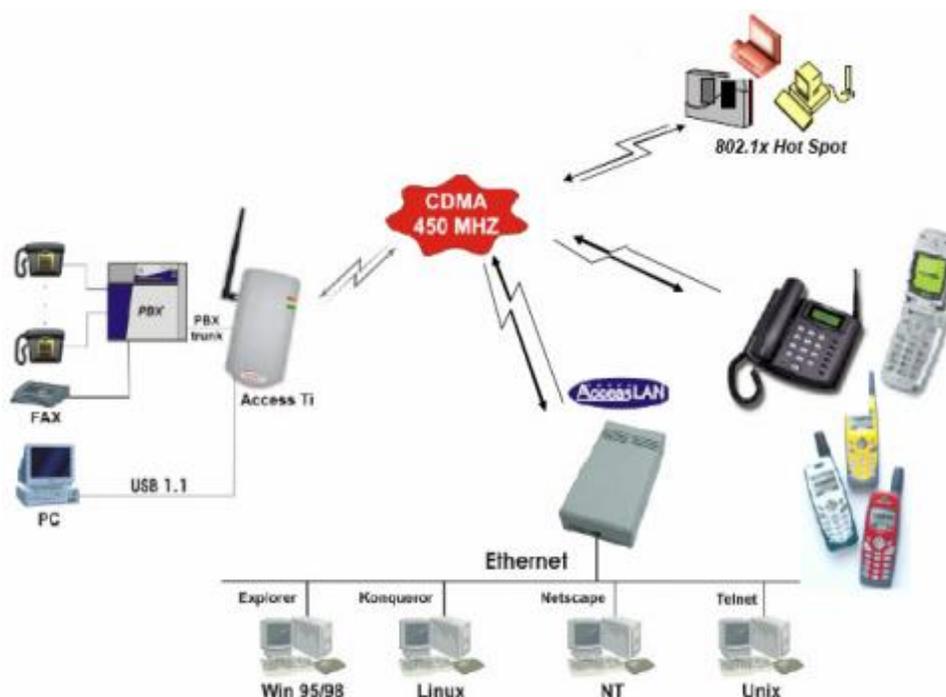
- CDMA450 con su eficiencia espectral CDMA2000 entrega una cobertura ampliada gracias a su banda de frecuencia más baja.
- CDMA450 provee un tamaño de celda más grande comparado con los tamaños de celdas en otras bandas, lo que permite costos menores de infraestructura y de operación.
- CDMA450 ofrece servicio de IMT-2000: la voz de buena calidad.
- CDMA2000 1X soporta los datos de velocidad de hasta 153 Kbps
- CDMA450 requiere solamente una pequeña cantidad del espectro (1,25 MHz).
- Bajo costo total del sistema (equipos en red, instalación y equipos para el usuario final) en comparación con otras soluciones de acceso a transmisión de datos.
- Requiere un número muy pequeño de estaciones base para cubrir una zona determinada, especialmente si se lo compara con otros sistemas ubicados en frecuencias más altas.
- Se adapta en forma ideal a la cobertura rural de base amplia y baja densidad, debido a su propagación de largo alcance (normalmente, hasta 80 kilómetros).
- Permite el re-uso de infraestructura existente ya que es totalmente compatible con las versiones del CDMA2000.

## **1.6 SERVICIOS Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450**

### **1.6.1 SERVICIOS CDMA 450**

La tecnología CDMA 450 ha establecido una gran calidad de voz en telefonía celular en transmisión 3G, pero actualmente se brinda servicios de telefonía fija, VoIP, Acceso a Internet de banda Ancha, Localización, Mensajería Multimedia, Televisión, entre otros servicios de valor agregado.

En general CDMA 450 ofrece algunas ventajas tecnológicas muy significativas, como mayor velocidad, promedio de transmisión de datos por usuario, además es una solución costo – efectiva especialmente en zonas rurales en la imagen podemos observar las diferentes aplicaciones de CDMA 450.



**FIGURA 22:** Aplicaciones de CDMA 450

Fuente: [www.catedra.edu.ec](http://www.catedra.edu.ec)

Todas las implementaciones comerciales de CDMA 450 son para brindar servicios fijos inalámbrico (WLL), algunos de dichos servicios también ofrecen movilidad restringida, en un inicio se pensó solo utilizarla en zonas urbanas en las cuales el espectro estaba disponible actualmente esta idea ha ido evolucionando sin importar el área geográfica.

Como se observa en la imagen superior los servicios son diversos y de calidad por la frecuencia en que se están transmitiendo con mayor cobertura entre los servicios se pueden listar los siguientes:

- Telefonía rural
- Conectividad para acceso a Internet
- Nuevos entrantes urbanos
- Servicios de emergencia

- Servicios fijos y móviles – WLL de baja movilidad
- Facilitar la conectividad e inclusión social
- Servicio Universal
  - Telefonía
  - Internet
  - Sociedad de la información

CDMA 450 es una solución flexible y económica para proveer servicios de voz y datos tanto en móviles y fijos de banda ancha para clientes de zonas urbanas y rurales, brindando servicio universal lo que es una prioridad de los gobiernos y de los reguladores en todo el mundo, desarrollándose cotidianamente, algunos de los gobiernos están aprovechando este sistema para proveer de servicios a las escuelas, hospitales entre otras entidades públicas.

### 1.6.2. APLICACIONES

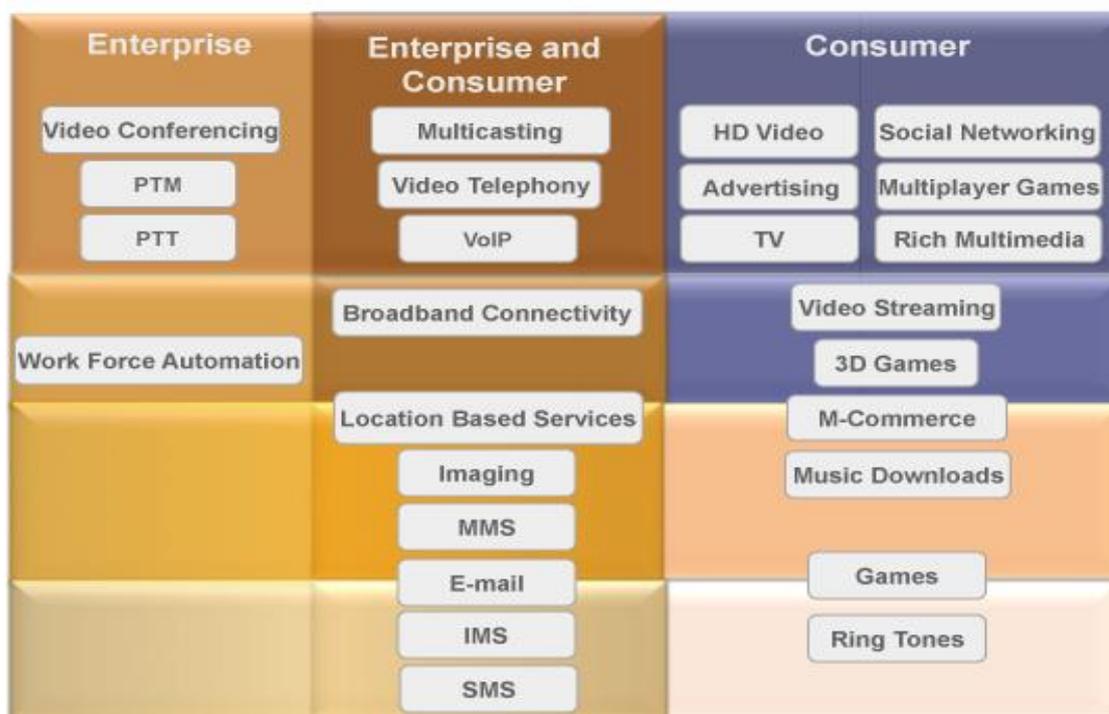
Las aplicaciones que ofrece CDMA450 por la robustez, las cuales están dirigidas a consumidores, empresas y servicios públicos. Para tener más claro las aplicaciones dirigidas a cada uno de las entidades interesadas se describen a continuación.

**Consumidores:** las aplicaciones más populares de consumo incluyen mensajes cortos, mensajería instantánea, mensajería de imágenes, televisión móvil, descargas de música, descargas de vídeo, juegos en línea con gráficos en 3D ricamente, y los servicios basados en localización.

**Empresas:** tener conectividad de alta velocidad de datos a Internet y su red privada virtual (VPN) y servicios tales como enviar y recibir correo electrónico con archivos adjuntos de gran tamaño, pulsar para hablar, y multimedia (PTT y PTM las ventas), y funciones de automatización de la fuerza.

**Servicio Público:** las aplicaciones en el ámbito público son utilizadas en la seguridad nacional. Proporciona acceso universal a los servicios de telefonía e Internet es una prioridad clave económica para la mayoría de los gobiernos tomando en cuenta instituciones como escuelas, hospitales, clínicas, estaciones de policía.

En la siguiente imagen se puede observar la distribución de las aplicaciones:



**FIGURA 23.** Aplicaciones CDMA450.

Fuente: <http://www.cdg.org/technology/applications.asp>

Las aplicaciones están basadas en IP lo cual permitir a los operadores ofrecer una amplia gama de servicios de valor añadido, tales como voz sobre IP (VoIP), videoconferencia, publicidad, redes sociales etc.

### 1.7. PROVEEDORES DE CDMA 450.

Las redes CDMA450 pueden ser rápidamente desplegadas debido a la disponibilidad de equipamiento y la cantidad de operadores fabricando infraestructura CDMA450, además está aprovechando las economías de escala y el desarrollo de sistemas CDMA2000.

- **Infraestructura**

Los proveedores de infraestructura para CDMA 450 que forman parte de la CDG y son los siguientes:

**TABLA 9.** Proveedores de infraestructura

PROVEEDORES DE INFRAESTRUCTURA	
Huawei	
Hyundai Syscomm	
ZTE	
Lucent Technologies	
Nortel Networks	
Research In Motion	
IVIO International Ltd.	
Ericsson	

EDITADO: [http://www.cdg.org/technology/product\\_pavilion/device\\_vendors.asp](http://www.cdg.org/technology/product_pavilion/device_vendors.asp)

- **Terminales**

A nivel mundial existen proveedores que fabrican una selección de equipos terminales:

**TABLA 10.** Proveedores y fabricantes de equipos terminales.

PROVEEDORES DE EQUIPOS TERMINALES	
Any DATA	Topex
Axesstel	Synertek
Compal	Ubiquam
Giga Telecom	ZTE
GTRAN	Wide Telecom
Huawei	Flextronics
Curitel	R-way

EDITADO: [http://www.cdg.org/technology/product\\_pavilion/vendors.asp](http://www.cdg.org/technology/product_pavilion/vendors.asp)

Los diferentes terminales de CDMA 450 disponibles poseen funcionalidades avanzadas para voz, datos imágenes además de interfaces transportables, servicios de mensajes entre otros.

### **1.8 REQUERIMIENTOS PARA ESTACIONES BASE BTS DE CDMA**

El desempeño anti-interferencia en una BTS debe ser asegurado porque la banda de 400MHz- 500MHz es muy popular para usos de TV, radio, comunicaciones por microondas y algunos equipos de comunicación de uso militar o comunitario.

En exteriores es muy importante una BTS debido a que en algunos sitios es muy difícil construir un cuarto de equipos, por lo cual la BTS para exteriores debe ser fiable en diferentes tipos de situación como frío o calor extremos, niebla densa, lluvia, tormentas eléctricas, para exteriores se debe cumplir con Ingress Protection IP55 y la BTS para exterior debe cumplir el estándar IP55 por robustez y fiabilidad.

Las BTS deben ser fáciles de configurar eso quiere decir que los cambios deben ser transparentes para el usuario final sin necesidad de cambiar las tarjetas de la red núcleo y equipos.

### **1.9. COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS**

Una comparación entre tecnologías inalámbricas que se puede hacer es entre CDMA450 y Wimax y UMTS900 las cuales brindan servicios en zonas rurales, por lo cual se puede reducir costos dando la posibilidad que los habitantes de lugares rurales tengan acceso a servicios básicos de telecomunicaciones las mismas que se explican a continuación.

**CDMA 450:** es una tecnología madura, con una gran cobertura con sus redes operando en diversos lugares. El limitante está en que los equipos de la central están dimensionados para una gran cantidad de tráfico por lo cual el área del proyecto debe ser también de gran amplitud.

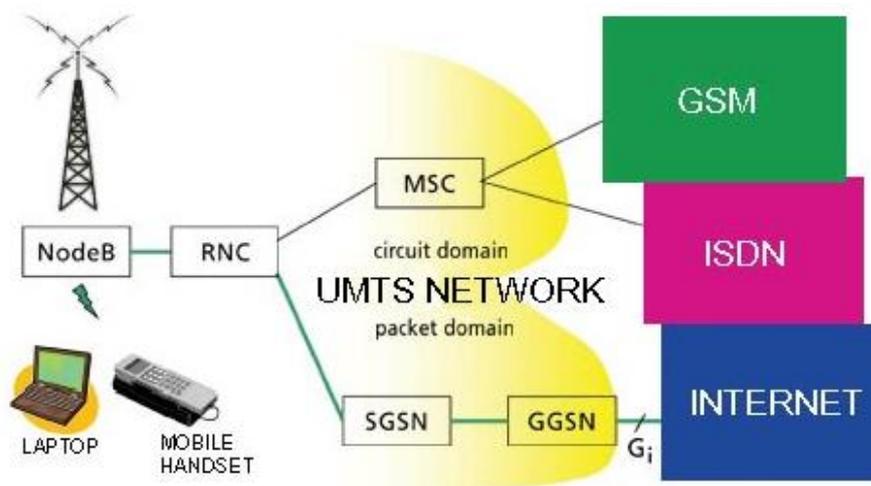
**Wimax:** esta tecnología puede ser implementada tanto en áreas amplias o pequeñas gracias a su gran ancho de banda además que la red puede ser dimensionada de acuerdo a los requerimientos, la desventaja de esta tecnología es que los equipos terminales que requiere son más costosos que los empleados por CDMA 450.



**FIGURA 24.** Red WIMAX

Fuente: [www.kiokuea.net](http://www.kiokuea.net)

**UMTS 900:** es una tecnología que se encuentra desarrollándose pero su predecesor es GSM900 que también se utiliza en zonas rurales, la desventaja de esta tecnología es que presenta una menor cobertura que CDMA450, UMTS900 posee un ancho de banda mayor.



**FIGURA 25.** Arquitectura UMTS

Fuente: [www.ups.edu](http://www.ups.edu)

En la imagen de la parte superior se puede observar la arquitectura de la red UMTS900 y de algunos servicios que brinda.

Después de haber analizado y comparado tres tecnologías de uso inalámbrico con los cuales se puede brindar servicio de telefonía fija en áreas rurales se puede tener claridad del por qué se debe elegir la tecnología CDMA450 y dejando de lado tecnologías como WIMAX y UMTS900.

En la siguiente tabla comparativa se puede observar por qué usar CDMA 450.

**TABLA 11.** Cobertura entre diferentes tecnologías inalámbricas

<b>TECNOLOGIA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>RANGO DE COBERTURA</b>	<b>CELDAS NECESARIAS PARA IGUAL COBERTURA</b>
CDMA 450	450 – 470 MHz	144 kbps- 2.4Mbps	48,9 – 80 Km	1
WIMAX	2 – 6 GHz	30 - 70 Mbps	3.5 - 5 Km	24,1
UMTS 900	900 MHz	2 Mbps	26.5 Km	3.3

**Fuente:** [www.cnc.gov.ar](http://www.cnc.gov.ar)

Para que todo quede más claro se muestra mediante la siguiente imagen una comparación entre wimax y CDMA450 con su área de cobertura.

## CAPÍTULO II

### 2 ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

En este capítulo se empezará realizando un análisis demográfico de la zona tomando en cuenta la ubicación situación geográfica comunidades existentes, población, servicios básicos con los que cuentan, además de la principal fuente de ingresos. Después se detalla la demanda actual y una proyección gracias al estudio demográfico y a las encuestas realizadas en la población.

Pero lo más importante en el desarrollo del capítulo es la determinación de los requerimientos de la red CDMA mediante el cual se lograra establecer el lugar en el que se ubicara la BTS y el dimensionamiento de la red para satisfacer la demanda de la población.

#### 2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DEMOGRÁFICA Y REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

##### 2.1.1 ANTECEDENTES

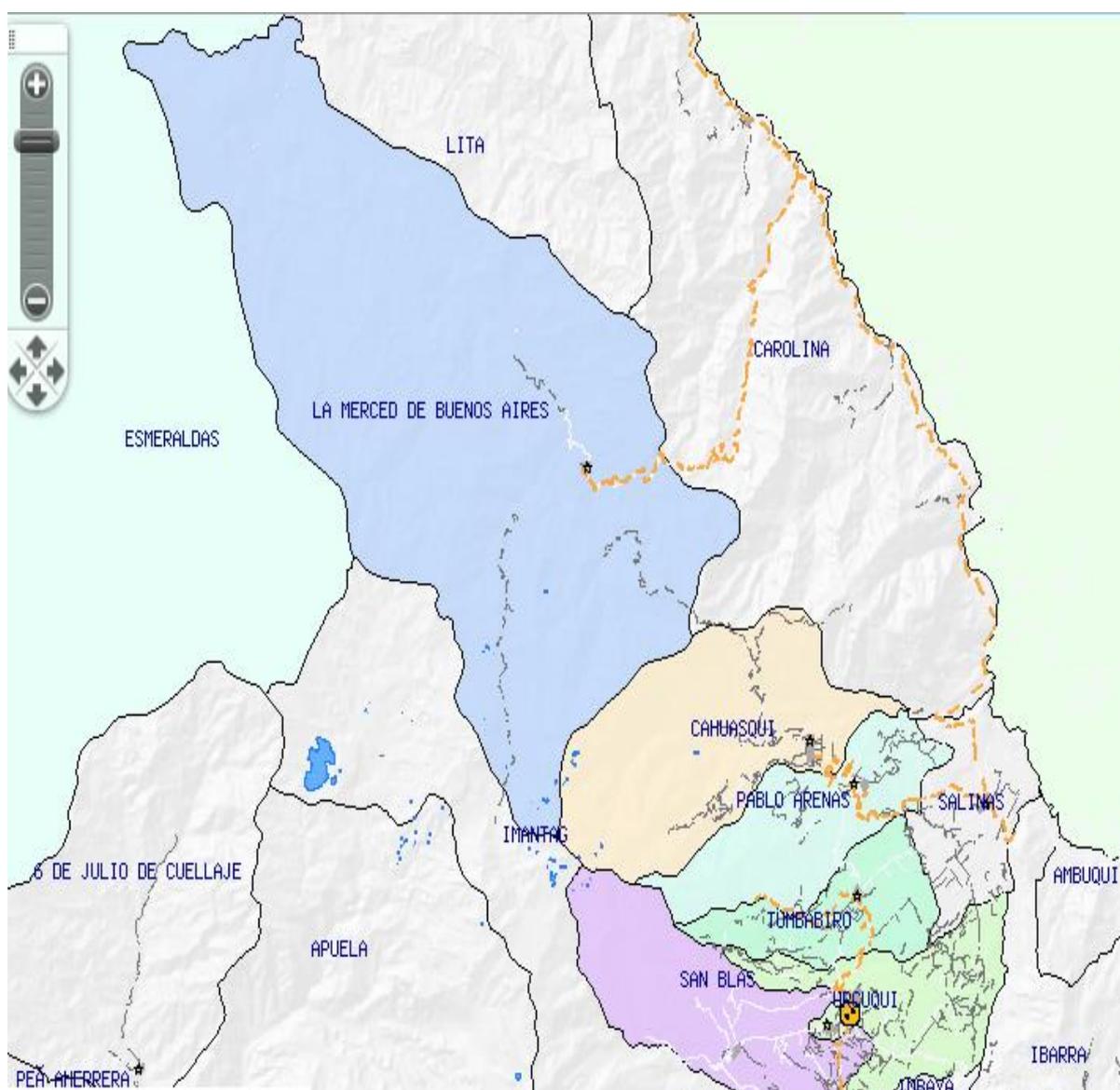
Para realizar el estudio de mercado de la zona a invertir se realizará un análisis demográfico de la provincia de Imbabura hasta llegar a describir al sector de estudio.

La provincia de Imbabura es conocida como la “Provincia de los Lagos” debido a que en ella se encuentran una gran cantidad de lagos de suma importancia a nivel nacional, se encuentra ubicada en la zona norte del país en el callejón interandino con una superficie de 4.986 Km.

##### **Datos Demográficos:**

Población Total: 345.781

Población Rural: 171.500



**FIGURA 26:** Localización de las parroquias del Cantón Urcuquí

**Fuente:** [http://www.gisimbabura.gob.ec/geoportal\\_imbabura/carto\\_imba\\_visor](http://www.gisimbabura.gob.ec/geoportal_imbabura/carto_imba_visor).

## 2.2 PARROQUIAS RURALES DE URCUQUI

La siguiente imagen muestra la distribución de las comunidades de la Parroquia de La Merced de Buenos Aires del Cantón Urcuquí.



**FIGURA 27.** Localización de la Parroquia Rurales del Cantón Urcuquí.

**Fuente:** [http://www.sni.gob.ec/zona1/Imbabura/Urcuquí/PARROQUIAL\\_URCUQUI](http://www.sni.gob.ec/zona1/Imbabura/Urcuquí/PARROQUIAL_URCUQUI)

### La Merced de Buenos Aires

Es una parroquia rural perteneciente al cantón Urcuquí de la Provincia de Imbabura fundada el 26 de abril de 1941.

**Ubicación:** está ubicada al noroccidente de la provincia de Imbabura a 120 km de la capital provincial y a 252 Km de la capital ecuatoriana, con una superficie 433.74 Km<sup>2</sup> sus límites son: al Norte Lita; al Sur Cahuasquí, al Oriente La Carolina al Occidente la provincia de Esmeraldas.

**Altura:** de acuerdo a su topografía va desde los 1.400 msnm y 3.999 msnm posee una variedad climas frío, templado y subtropical que favorece a la variedad agrícola.

**Población:** según el censo realizado en el 2010 por el INEC Instituto Nacional de Estadística y Censos, la parroquia tiene 1893 habitantes de los cuales el 52,25% son hombres y el 47,75% son mujeres.

**Ocupación:** Su población se dedica principalmente a la agricultura y ganadería siendo un 79.29% de la población, sus principales productos en la agricultura que va desde el clima frío hasta el subtropical son la naranjilla, tomate de árbol, maíz, melloco entre otros, que se comercializan en las grandes ciudades.

En la ganadería se dedican a la crianza de ganado vacuno, porcino y lanar, la producción de leche, quesos y demás lácteos es realizada por algunas microempresas.

### **2.2.1 COMUNIDADES QUE INGRESAN EN EL PROYECTO**

La Parroquia de Buenos Aires está formada por 7 comunidades:

- San Pedro
- San Luis
- San José
- El Triunfo
- La Primavera
- El Corazón
- Palmira Awa

Empezando la investigación demográfica del sector podemos ver que solo el 1.39% de la población tiene educación superior, no así la educación primaria y básica que tienen un mayor porcentaje que es de 46.27% y 26.93% respectivamente.

Algo muy importante que se debe tomar en cuenta es el aspecto económico a la hora de recuperar la inversión es la participación laboral lo que nos da a conocer la perspectiva de los posibles clientes potenciales para este proyecto.

Según el último censo se tiene que el estudio predomina ante el trabajo infantil siendo este un buen indicador para la población que día tras día intenta tener un desarrollo a nivel de la provincia, a pesar de que la pobreza tiene niveles altos no es un impedimento para comunicarse o tener acceso a las tecnologías de las comunicaciones debido a que la población podría gastar mayor cantidad de dinero con respecto al tener acceso a telefonía fija CDMA, internet o televisión.

### 2.2.2 DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

El sector a intervenir es La Merced de Buenos Aires y sus alrededores, luego de haber realizado un análisis geográfico y técnico se pudo determinar la factibilidad de la implantar una BTS en la loma EL CHISPO debido a la accesibilidad y sus características geográficas.

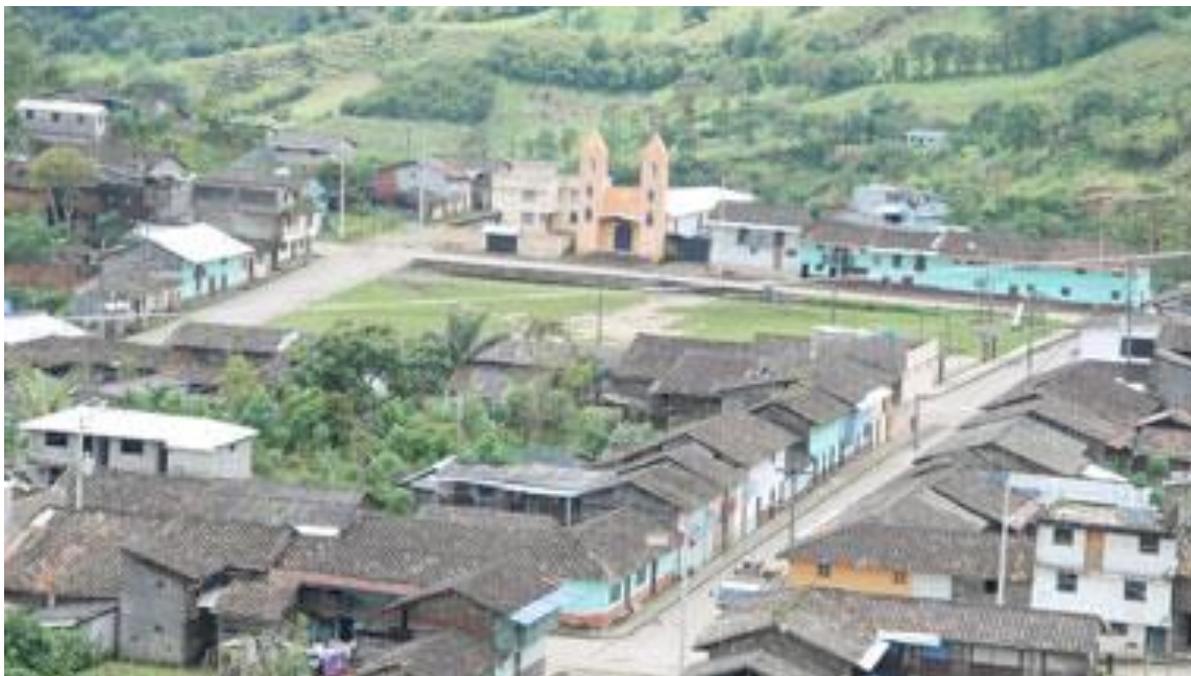
En la siguiente imagen se muestra de forma clara las comunidades beneficiadas con la inversión de este proyecto las mismas que recibirán la cobertura gracias a la BTS instalada en Buenos Aires específicamente en el Cerro El Chispo.

**GRAFICO 1.** Imagen del Cerro El Chispo



**Fuente.** Realizada por la autora

**GRAFICO 2.** Fotografía de la parroquia La merced de Buenos Aires



**Fuente.** Realizada por la autora

## **2.3 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO**

Esta planificación viene diseñada para brindar soluciones y servicios mediante la red de radio que debe soportar a la CNT al desplegar su red de servicios CDMA 450, en la parroquia de Buenos Aires y las comunidades aledañas para lo cual se propondrá un diseño de red de acuerdo a la demanda.

### **2.3.1 INVESTIGACIÓN DE MERCADO**

#### **2.3.1.1 SEGMENTACIÓN DE MERCADO**

Para segmentar el mercado es necesario dividirlo en grupos distintos de compradores o usuarios en base a sus necesidades, características o comportamiento, y que podrían requerir productos o mezclas de marketing distintos, en base a lo anterior se pueden identificar las siguientes variables de segmentación de mercados:

- Geográficas
- Demográficas:
- Psicográficas
- Conductuales

Basándose en la clasificación anterior, la segmentación de mercado del presente proyecto será la siguiente:

**a. Geográfica:**

**País:** Ecuador

**Provincia:** Imbabura

**Ciudad:** Urcuquí, parroquia Buenos Aires

**Sector:** Rural

**b. Demográfica**

**Edad:** entre los 16 años en adelante

**Escolaridad:** Primaria incompleta en adelante

**c. Variable Psicográficas**

En relación a esta variable se puede resumir en:

Poseen un estilo de vida que los lleva a adquirir servicios de consumo masivo indispensables hoy en día, para satisfacer las necesidades personales o familiares

**d. Variable Conductual**

La variable conductual es el mejor punto de partida para segmentar el mercado ya que considera aspectos claves a la hora de elegir un producto o servicio por sobre otro, en la segmentación a la cual se quiere llegar se deben incluir los siguientes aspectos:

El consumidor elegido requiere el servicio por sus beneficios: ya que este proporciona comunicación constante con el resto de la sociedad.

Es un usuario en potencia, considerando que debe adquirir el servicio en beneficio propio y de su familia, y lo debe reponer constantemente.

Es un usuario informado sobre el servicio ya que atañe directamente a él y su familia.

Tiene una actitud entusiasta por el servicio

De lo anterior se deduce que el segmento de mercado abordado estará compuesto mayoritariamente por jóvenes y adultos, que tienen las condiciones económicas para adquirir el servicio, es un consumidor informado puesto que está beneficiando al mismo y su familia.

### 2.3.1.2 POBLACIÓN

La población a investigar está compuesta por aquellos residentes de la parroquia rural La Merced De Buenos Aires mayor de 18 años, según información tomada del último censo de población y vivienda efectuado por el INEC durante el año 2010, en la zona a intervenir viven 1893 personas, de esos, un 41,15% corresponde a mayores de 18 años, por lo tanto, la población identificada es de 1114 residentes.

### 2.3.13 MUESTRA

Inter-aprendizaje de Estadística Básica; Para el cálculo de la muestra se utilizó la siguiente fórmula estadística:

**Fuente:** SUÁREZ, Mario, (2011).

$$n = \frac{Z^2 \delta^2 N}{\varepsilon^2 (N - 1) + Z^2 \delta^2}$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

N = Población

En nuestro caso

N= 1114

$\varepsilon$  = Error maestral, que en este caso por tratarse de población finita, se trabajará con el 5% de margen aceptable.

$\delta^2$  = Desviación de la población al cuadrado o varianza: 0.25 porque se trabaja en el centro, es decir: 0.5 de éxito y 0.5 de fracaso.

Z = Valor tipificado que corresponde a 1.96 doble cola

Nivel de confianza 95%

(N-1) = Corrección geométrica, para muestras grandes > 50

Aplicando la fórmula, se obtiene lo siguiente:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.25)(1114)}{(0.05)^2 (1114 - 1) + (1.96)^2 (0.25)}$$

$$n = \frac{3,84 * 0,25 * 1114}{0,0025 * 1113 + 3,84 * 0,25}$$

$$n = \frac{1069,44}{3,7425}$$

$$n = 285,75$$

Por lo tanto se efectuaron 286 encuestas a residentes de la parroquia rural de La Merced de Buenos Aires.

### 2.3.2 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

El presente trabajo de investigación por los objetivos que persigue representa un proyecto cualitativo factible o de intervención, ya que busca dar solución mediante el desarrollo de una propuesta valida,

**De campo:** porque permite al investigador para que pueda manejar los datos exploratorios, descriptivos y experimentales con más seguridad creando una situación de control. Este tipo de investigación permite cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos desde el lugar donde se presenta el fenómeno o echo a investigar.

#### Técnicas

Las técnicas e instrumentos a utilizarse están: La encuesta que incluye preguntas estructuradas técnicamente que serán aplicadas a las personas que viven en la zona de ejecución del proyecto. Una vez aplicadas las encuestas, se procederá a realizar un análisis de cada uno de los instrumentos de la investigación con la finalidad de tabular los datos consignados, posteriormente se tabulará e interpretará los resultados obtenidos.

#### 3.2.2.1 TABULACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se realiza la recolección de la información de las encuestas en tablas para ser tabulada y analizada para obtener los datos reales de la las encuesta realizada a residentes de la parroquia La Merced de Buenos Aires efectuada con el objeto de conocer su aceptación o rechazo por el servicio de telecomunicaciones que brinda la CNT EP, se tomara en cuéntalos siguientes aspectos:

- Servicios requeridos
- Ubicación geográfica
- Ingreso familiar

A continuación se describe el análisis de cada una de las preguntas que se realizó en las encuestas a los habitantes del sector, tomando en cuenta que respondieron bajo su consentimiento e informados del proyecto que se quiere realizar en beneficio de la población.

La encuesta realizada a los pobladores es la siguiente:

### 1. Desde cuando reside en la parroquia

#### Análisis:

Tabulando los datos obtenidos se obtiene que el 70% de los residentes encuestados residen en la parroquia por tres años o más, a través de esta encuesta se demuestra que la mayor cantidad de encuestados viven más de tres años en la zona.

**TABLA 12.** Porcentaje de residencia

Más de un año	28	10%
De uno a dos años	57	20%
Tres años o mas	201	70%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas  
**Realizado por:** Laautora

### 2. Cuántos Miembros Conforman Su Grupo Familiar

#### Análisis:

De acuerdo a los resultados obtenidos en la zona a intervenir, el promedio de miembros familiares sobrepasa las cuatro, tenemos un 68% en este rango, lo que multiplica las necesidades de tener sistemas de comunicación modernas en las residencias de la parroquia.

**TABLA13.** Miembros de la familia

Dos miembros	29	10%
De tres a cuatro	62	22%
Más de cuatro	195	68%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas  
**Realizado por:** Laautora

### 3. Cuenta con servicio de telefonía fija en su hogar

#### Análisis:

En la totalidad de los residentes encuestados de la parroquia no cuentan con el servicio de telefonía fija, lo que amplia notoriamente el mercado del servicio propuesto en el proyecto.

**TABLA 14.** Porcentaje telefonía fija en el hogar

Si	0	0%
No	286	100%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas

**Realizado por:** La autora

### 4. En su hogar, alguien cuenta con servicio de telefonía móvil

#### Análisis:

Al igual que con los servicios telefónicos fijos, los residentes de la parroquia tampoco cuentan con servicios de telefonía móvil.

**TABLA 15.** Porcentaje acceso telefonía móvil

Si	0	0
No	286	100%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas

**Realizado por:** La autora

### 5. A cuál o cuáles de los siguientes servicios de comunicación le gustaría acceder.

#### Análisis:

Al 85% de los encuestados residentes de la parroquia les gustaría contar con servicio de telefonía fija, lo que nos da unos resultados favorables para el proyecto, otro servicio muy deseado es el de televisión satelital, curiosamente, la telefonía móvil e internet tienen menos demanda.

**TABLA 16.** Porcentaje de posibles servicios requeridos.

Telefonía fija	243	85%
Tv Satelital	29	10%
Telefonía móvil e internet	14	5%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas

**Realizado por:** La autora

## 6. Existe en su comunidad oferta de telefonía fija.

### Análisis:

En la parroquia de La Merced de Buenos Aires no existe actualmente la oferta de telefonía fija de ningún proveedor de acuerdo al 100% de los residentes encuestados.

**TABLA 17.** Oferta de telefonía fija

Si	0	0
No	286	100%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas  
**Realizado por:** La autora

## 7. Puede acceder en su comunidad a algún servicio de internet

### Análisis

El 100% de los encuestados al igual que con el servicio de telefonía fija, los residentes de la parroquia tampoco pueden acceder a Internet.

**TABLA 18.** Acceso a servicio de internet

Si	0	0
No	286	100%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas  
**Realizado por:** La autora

## 8. Puede acceder a servicios de telefonía móvil

### Análisis:

De acuerdo al 100% de los encuestados, la parroquia no tiene cobertura para telefonía móvil.

**TABLA 19.** Acceso a telefonía móvil

Si	286	100%
No	0	0%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas  
**Realizado por:** La autora

### 9. Le gustaría acceder a servicios de televisión satelital

#### Análisis:

La parroquia de La Merced de Buenos Aires no tiene cobertura de televisión satelital ni por cable, en conclusión, los residentes de la zona en intervención se encuentran totalmente aislados.

**TABLA 20.** Acceso a servicio de televisión satelital

Si	286	100%
No	0	0%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas  
**Realizado por:** La autora

### 10. Estaría dispuesto a pagar \$36 dólares mensuales por un paquete compuesto de televisión satelital, internet y telefonía fija

#### Análisis:

Tenemos un 70% de los encuestados, que si están dispuestos a cancelar el precio por el paquete de servicios propuestos, sin embargo un 30% no despreciable manifiesta no estar dispuesto a pagar por el paquete de los tres servicios pero si les gustaría tener acceso a la telefonía por la cual pagaría la tarifa necesaria.

**TABLA 21.** Disponibilidad de cancelación por servicios

Si	200	70%
No	86	30%
Total	286	100%

**Fuente:** Encuestas  
**Realizado por:** La autora

## 2.4 ESTUDIO DE DEMANDA

Debido a la inversión que representa para la empresa un proyecto de este tipo, el estudio de demanda es un factor primordial que nos permite dimensionar el proyecto para cubrir con el servicio propuesto a los habitantes de la zona en estudio.

Después del análisis sobre la proyección de crecimiento poblacional del Ecuador en el año 2010 proporcionado por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo), se pudo estimar que la tasa de crecimiento anual para estos sectores en la base de datos de población y otro factor de interés es el estudio de demanda por encuestas realizadas a los habitantes de las comunidades.

### 2.4.1 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO Y ACTUAL DE LA DEMANDA

Para realizar un análisis del comportamiento histórico de la demanda tomamos como base los datos que nos provee el CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones)

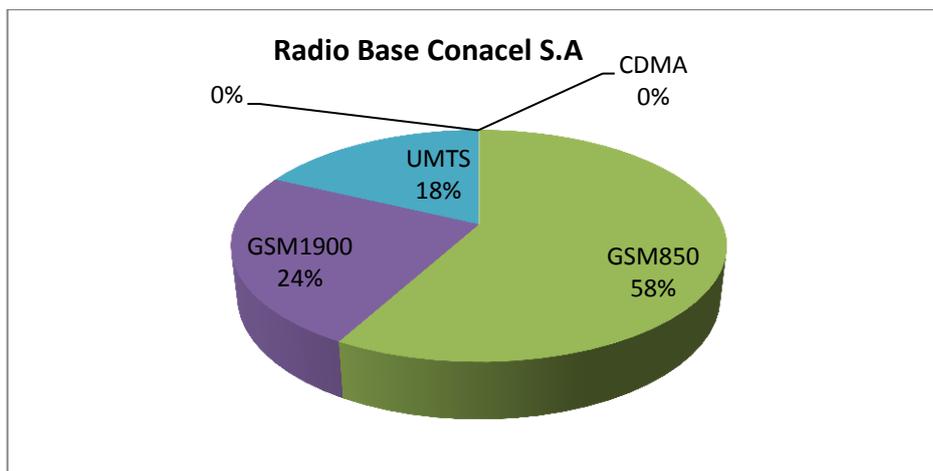
Para referente realizamos un análisis comparativo de las radio bases de telefonía celular instaladas en cada año por cada operadora.

Iniciamos con las instaladas por la empresa CONACEL S.A (CLARO).

**TABLA 22.** Radio bases CONACEL S.A

<b>CLARO (CONECEL S.A.)</b>		<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Radio bases</b>	AMPS/TDMA					
	CDMA	0	0	0	0	0
	GSM 850	1.325	1491	1618	1803	1952
	GSM 1900	551	671	905	1090	1223
	UMTS	409	549	765	993	1213
	<b>Total</b>	<b>2.285</b>	<b>2711</b>	<b>3288</b>	<b>3886</b>	<b>4388</b>
	Promedio de Sectores	3	3	3	3	3
AB asignado (MHz)	35	35	35	35	35	

**Fuente:** Contel, Estadísticas 2013

**GRÁFICO N° 3.** Radio bases CONACEL S.A

**Fuente:** Conatel, Estadísticas 2013

#### **Análisis:**

Tenemos que la empresa CLARO hasta el año 2012 cuenta con un total de 4338 radio bases instaladas en todo el país tomando en cuenta que desde el año 2003 contaba con tan solo 400 radios bases, lo que nos da un incremento muy alto de su infraestructura y cobertura.

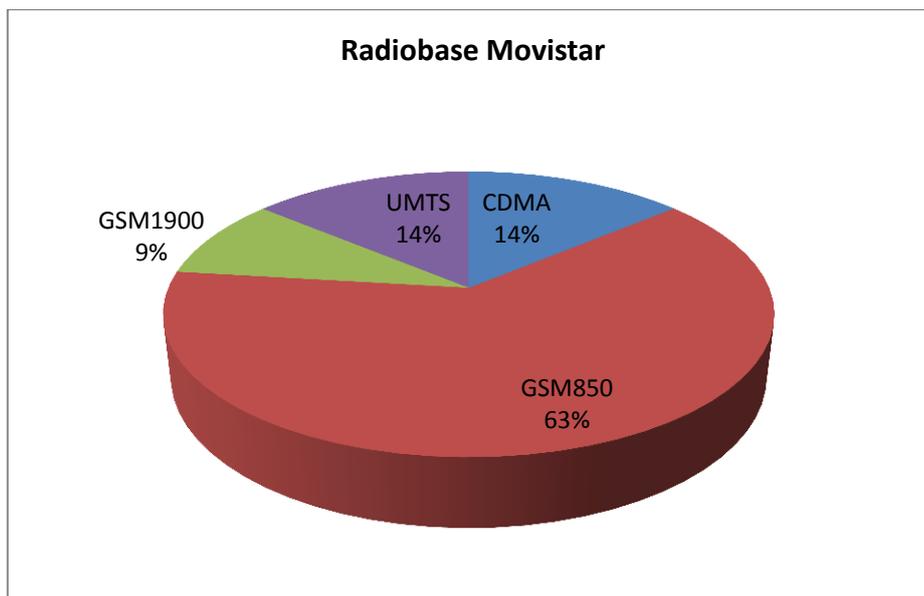
Por otro punto analizamos que la tecnología que más ha instalado esta empresa es la tecnología GSM 1900, que en el año 2012 cuenta con 1223 radio bases en todo el país.

Para la investigación es un dato muy importante que esta empresa no cuenta con Radio bases instaladas con tecnología CDMA.

**TABLA 23.** Datos de la empresa MOVITAR (OTECEL S.A)

<b>MOVISTAR (OTECEL S.A.)</b>		<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Radio bases</b>	AMPS/TDMA				
	CDMA	222	222	219	
	GSM 850	1.010	1193	1247	1282
	GSM 1900	147	272	608	656
	UMTS	223	385	672	982
	<b>Total</b>	<b>1.602</b>	<b>2072</b>	<b>2746</b>	<b>2920</b>
	Promedio de sectores	3	3	3	3
AB asignado (MHz)		35	35	35	35

**Fuente:** Contel, Estadísticas 2013

**GRÁFICO N° 4.** Radio Bases Movistar (OTECEL S.A)

Fuente: Contel, Estadísticas 2013

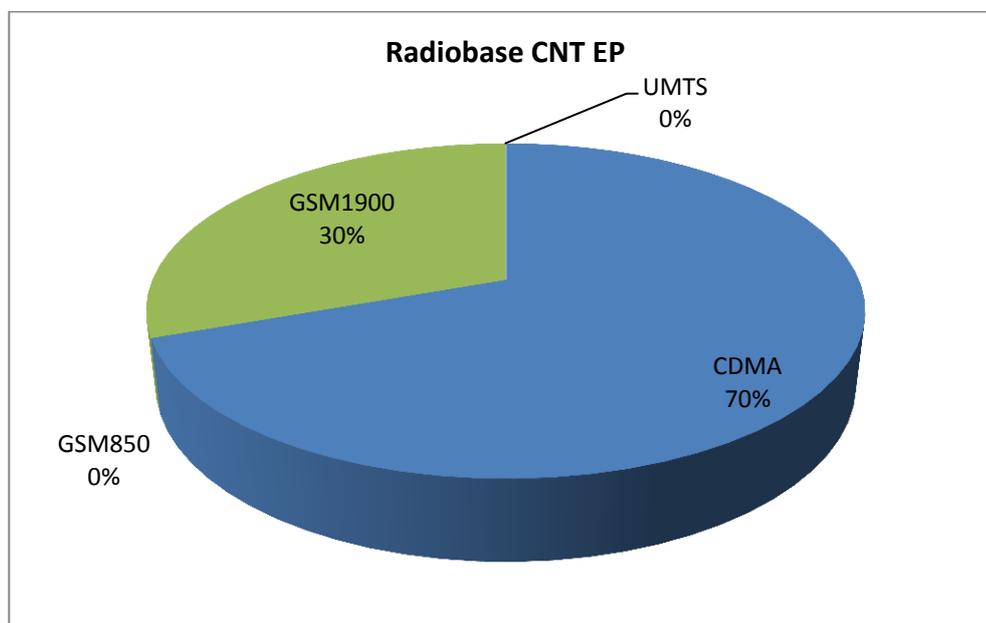
**Análisis:**

Tenemos que la empresa MOVISTAR cuenta con 2920 radio bases instaladas en el país siendo las de mayo instalación las de GSM 850, resalta en esta empresa que hasta el año 2011 contaba con 219 radios bases con tecnología CDMA, información muy útil para nuestro proyecto.

**TABLA 24.** Datos de la empresa (CNT)

<b>CNT E.P.</b>		<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Radio bases</b>	AMPS/TDMA	0	0	0	0	
	CDMA	228	228	228	229	229
	GSM	0	0	0	0	
	UMTS 1900					275
	<b>Total</b>	<b>228</b>	<b>228</b>	<b>228</b>	<b>229</b>	<b>504</b>
	Promedio de sectores	3	3	3	3	
AB asignado (MHz)		30	30	20	20	

Fuente: Contel, Estadísticas 2013

**GRÁFICO N°5.** Radio bases CNT EP.

**Fuente:** Contel, Estadísticas 2013

### **Análisis**

Tenemos que la empresa CNT cuenta con 504 radio bases instaladas en el país de las cuales 229 radio bases con tecnología CDMA, información muy útil para nuestro proyecto, con lo cual se verifica que nuestro proyecto es muy factible y viable para su ejecución.

### **2.4.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA**

Como se aprecia del gráfico anterior, la demanda por los servicios de telefonía fija que se brindara con la tecnología CDMA en estudio están anualmente en alza por parte de la empresa CNT, sin embargo, los que representan mayor interés para la empresa son la televisión satelital y la telefonía fija, cabe mencionar que si bien el servicio de internet no presenta mayor demanda, en la zona existen cuatro instituciones educativas a las cuales se les debe proporcionar este servicio por disposiciones políticas de estado.

Para proyectar la demanda, se utilizó el promedio de crecimiento de la población de los últimos 5 años en el país de acuerdo a estudios realizados por el INEC año 2012.

### 2.4.3 INTERPRETACIÓN SOBRE LA DEMANDA

La demanda que se obtuvo como resultado de las encuestas de 286 habitantes por lo que se determinó que para el proyecto fue de 100 abonados por lo que el proyecto es totalmente viable para la CNT EP IMBABURA.

#### 2.4.3.1 DEMANDA FUTURA

La demanda futura se realiza en base a la siguiente ecuación:

$$D_f = D_0(1+b)^n$$

Dónde:

D<sub>f</sub>: demanda final

D<sub>0</sub>: demanda inicial

B: incremento anual

N: número de años del proyecto.

Según la CNT EP, el incremento en telefonía fija es del 5% anual y el incremento en otros servicios del 1% en las zonas rurales a nivel nacional, el dimensionamiento de la red se plantea a 5 años.

Dimensionamiento para 5 años en el servicio de telefonía:

$$D_f = 243(1+0.05)^5$$

$$D_f = 310$$

Dimensionamiento para 5 años en el servicio de internet:

$$D_f = 37(1+0.05)^5$$

$$D_f = 47$$

#### Análisis

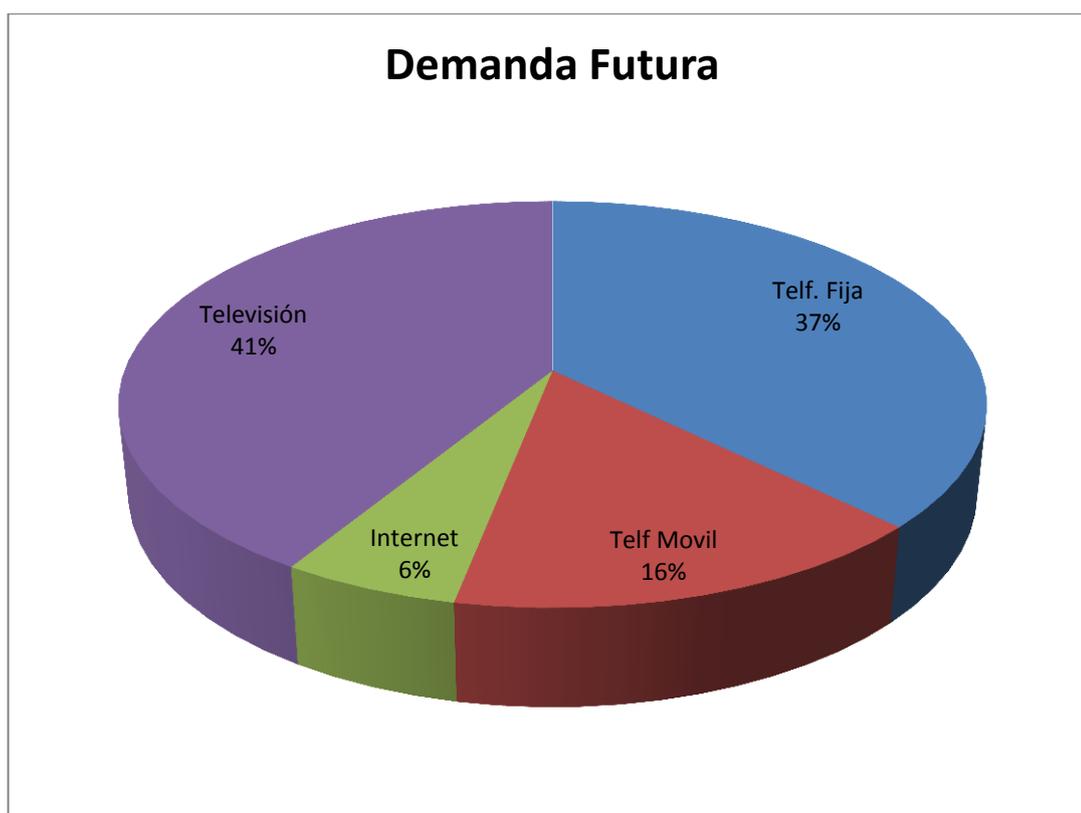
Luego del exhaustivo análisis realizado en cuanto a los servicios que se pueden prestar y también las proyecciones de la demanda se logra afianzar la ejecución del proyecto de servicio de telefonía fija por medio de conexión CDMA que prestará la empresa CNT en el lugar, por lo que se procedió a solicitar la tarifa de precios que la empresa utiliza para realizar los cobros a los usuarios que utilizan este tipo de servicio en otros lugares del país que se está prestando con esta conexión, adjuntamos lista de tarifas proporcionada por CNT.

**TABLA 25.**Proyección De La Demanda

<b>Año</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
Telefonía fija	230	233	237	240	243
Telefonía móvil	97	99	100	102	103
Internet	35	36	36	37	37
Televisión satelital	254	258	262	266	269

**Fuente:** Elaborado por la investigadora

Para entender de mejor manera se realizó la siguiente grafica en la cual se puede observar la proyección de la demanda en los próximos 5 años.

**GRÁFICO N°6.** Proyección demanda futura

**Fuente:** Elaborado por la Autora

**TABLA 26.** Costos De Servicio De Telefonía

Servicios	Precio * min
<b>TELEFONÍA FIJA</b>	
Llamadas locales:	0.01 ctvs.
Llamadas Regionales	0.02 ctvs.
Llamadas Nacionales	0.05 ctvs.
<b>TELEFONÍA CELULAR</b>	
Operadora claro / movistar	0.15 ctvs.
Operadora CNT	0.04 ctvs.
Tarifa básica de telefonía fija	6.20

Fuente: CNT EP., cotos servicios.

## 2.5 DETERMINACIÓN DEL SITIO PARA LA INSTALACIÓN DE LA REPETIDORA

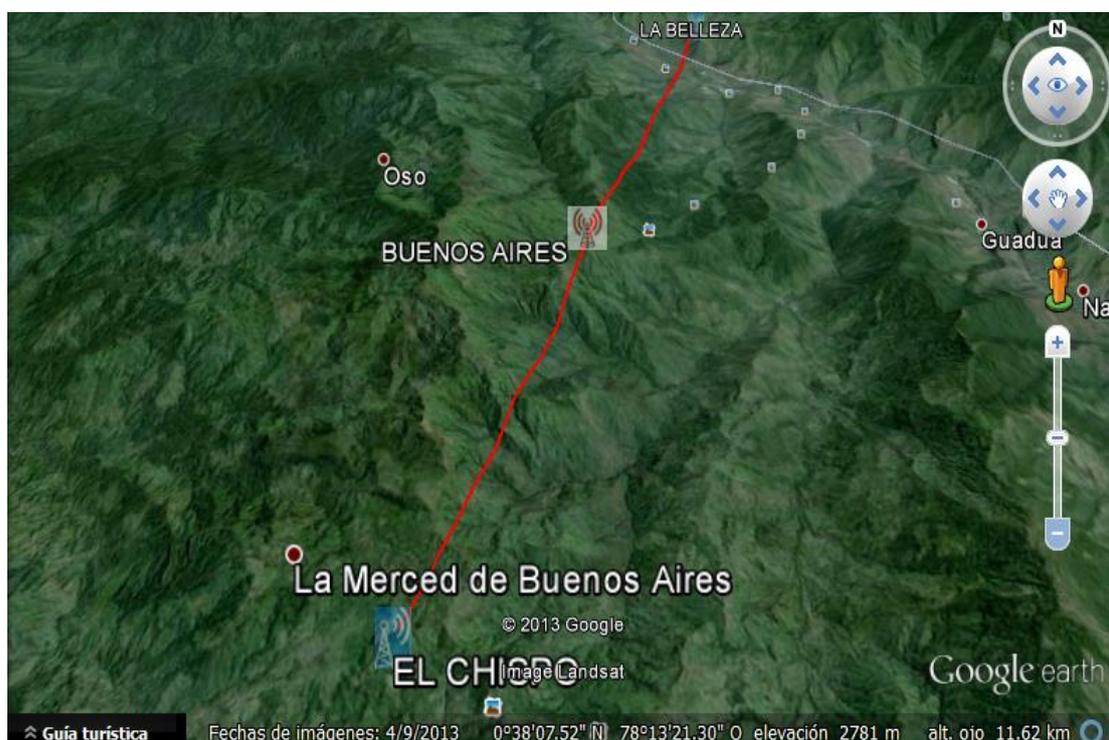
El sitio en el que se ubicará la repetidora que brindara el servicio al sector es una loma llamada el Chispo ubicada a pocos kilómetros del Corazón de Buenos Aires.

El Chispo se encuentra en las siguientes coordenadas de acuerdo al levantamiento realizado mediante la inspección de campo con instrumento de medición como GPS.

00°37'24" N
78°17'19" O

En la siguiente imagen se puede observar las localidades que se han visitado para el levantamiento de información socioeconómica y geográfica

**GRÁFICO N° 6.**Objetivo del área de cobertura



**Fuente:** Simulación en software Google Earth

Se tomó este cerro como el lugar idóneo para la ubicación de la repetidora debido a que cuenta con energía eléctrica, además de su fácil acceso gracias a la apertura de una vía y sobre todo por las características geográficas de este con respecto a las repetidoras de la CNT EP en especial la ubicada en La Belleza.

### **2.5.1 ALTERNATIVAS DE SALIDA DE LA BTS PARA EL ACCESO A LA RED CNTEP (LA BELLEZA).**

En base a la red existente actualmente en la CNT Imbabura se estable como posibles rutas de salida de la BTS en La Belleza de acuerdo a la cercanía, aspectos técnicos y geográficos.

La siguiente tabla describe la ubicación geográfica de las alternativas del enlace, datos basados en la inspección de campo.

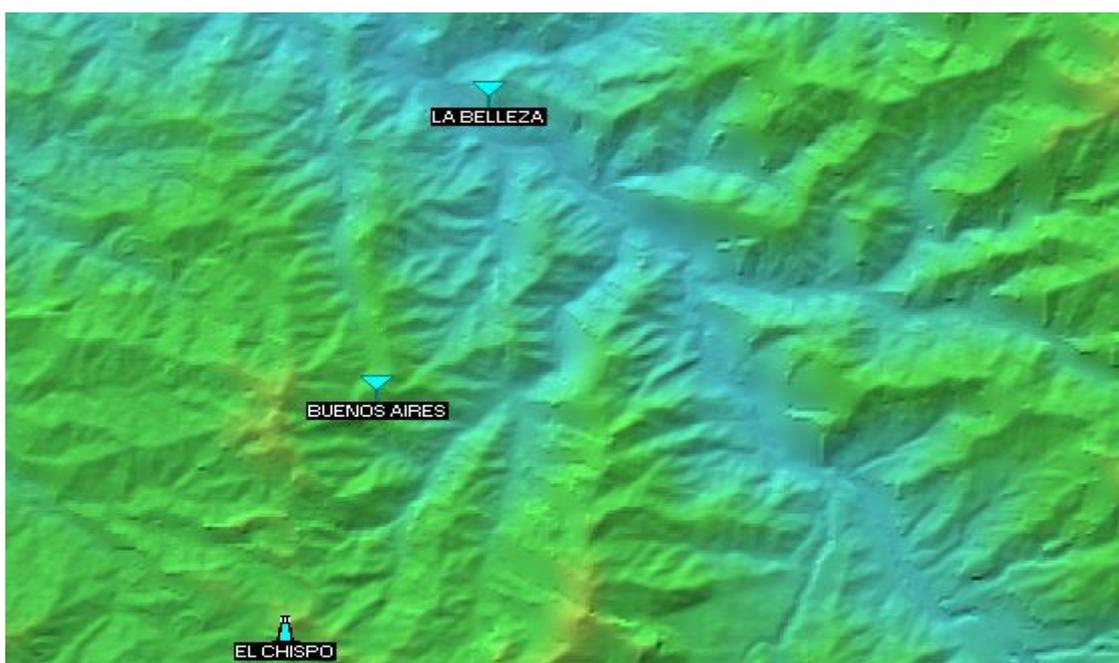
**TABLA 27.** Alternativas de las Repetidora

LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTURA msnm
El Chispo	00°37'24" N	78°17'19" O	2905
Buenos Aires	00°41'2,8" N	78°16'10" O	2368,6
La Belleza	00°45'30" N	78°14'46" O	1404

**Fuente:** Elaborado por la autora

Utilizando el software RADIO MOBILE podemos realizar una simulación para poder ver como se encuentran distribuidos estos puntos, de esta manera comprobar cómo será el enlace idóneo para ubicar los equipos en el Chispo.

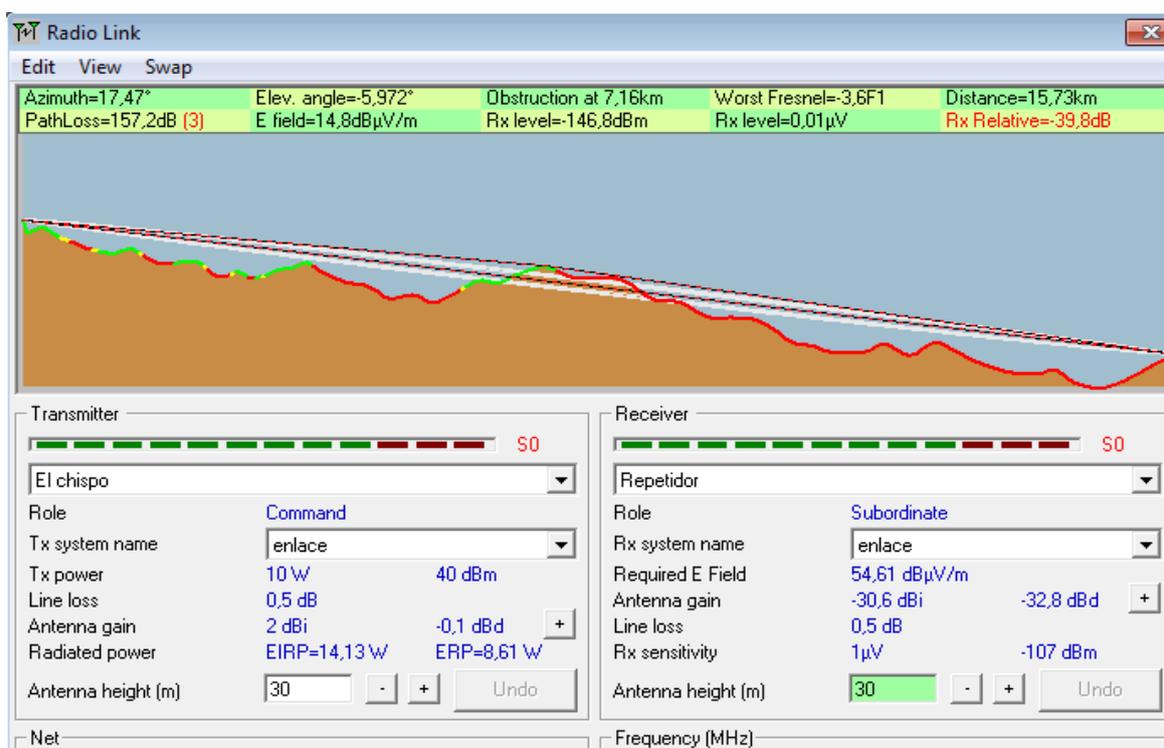
**GRÁFICO N° 8.** Repetidoras alrededor del Chispo



**Fuente.** Elaborado por la autora, Software Radio Mobile.

La siguiente figura muestra la el perfil que tiene el enlace entre El chispo y la Belleza en el que los puntos no tienen una línea de vista adecuada debido a que se encuentra amenazado por una obstrucción como se observa a continuación.

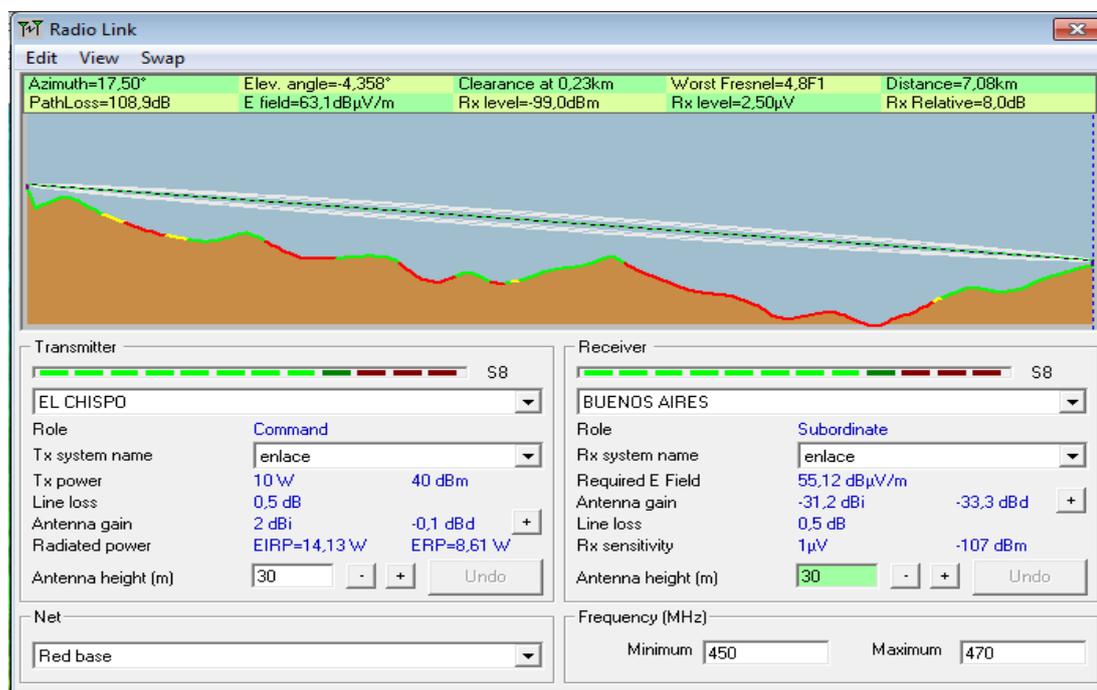
**GRAFICO 9.** Línea de vista entre El Chispo – La Belleza



**Fuente.** Elaborado por la autora, Software Radio Mobile.

Debido al problema evidente que existe en el enlace directo entre el Chispo y la Belleza se vio conveniente poner una repetidora entre estos dos puntos para tener un enlace que brinde mejores posibilidades de conexión.

**GRAFICO10.** Línea de vista El Chispo - Buenos Aires



**Fuente.** Elaborado por la autora, Software Radio Mobile.

El gráfico anterior muestra el enlace El Chispo – Buenos Aires en el mismo que se puede ver una línea de vista que no tiene interferencias geográficas, siendo esta opción la más recomendada debido a que existe mayor despeje brindando excelente línea de vista.

Después de haber realizado el análisis respectivo de las puertas de enlace a la red de la CNT EP, se llega a determinar que el enlace de la red consistirá en un sistema de microondas entre la repetidora Buenos Aires y El Chispo como estación base, en donde se ubicará la BTS como se ha mencionado anteriormente.

## 2.6 CÁLCULO DE LA ZONA DE FRESNEL

Se realiza el cálculo de la zona de Fresnel para tener en cuenta la zona de despeje adicional que hay que tener en consideración, además de haber una visibilidad directa entre las antenas.

El radio aproximadamente 34 metros entre en enlace el Chispo y Buenos Aires:

$$r = 17.32 * \sqrt{(d/4f)}$$

$$r = 17.32 * \sqrt{(7.08/4(0.45))}$$

$$r = 17.32 * 1.9$$

$$r = 34.35$$

El radio aproximadamente 38 metros entre en enlace el La Belleza y Buenos Aires es:

$$r = 17.32 * \sqrt{(d/4f)}$$

$$r = 17.32 * \sqrt{(8.65/4(0.45))}$$

$$r = 17.32 * 2.19$$

$$r = 37.96$$

r = radio en metros

d= distancia total del enlace en kilómetros

f = frecuencia del enlace en gigahertz

Los cálculos anteriores son todos para conexiones ideales, pero se estima que con respetar el radio de fresnel en al menos un 66% se puede lograr un enlace estable, por lo que se optó por el radio de 30 metros que es un 79% en lograr un enlace estable para la zona.

## CAPÍTULO III

### 3 DISEÑO DEL SISTEMA

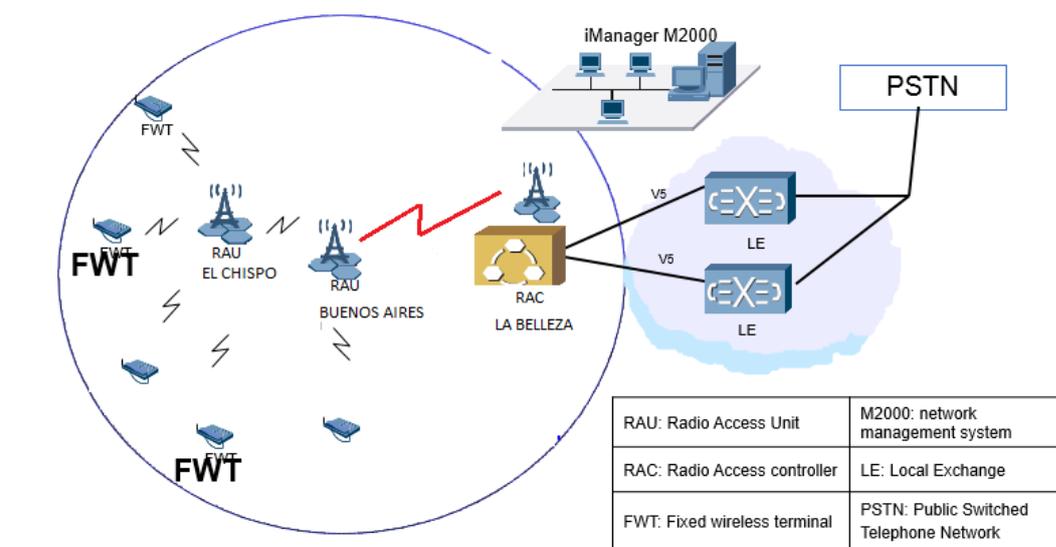
#### 3.1. DISEÑO DE LA RED

El diseño técnico de la red de acceso inalámbrica está constituido por los cálculos referentes a las pérdidas de propagación de la señal, al radio de cobertura de la BTS, al tráfico esperado y al enlace entre la BTS y la MSC

#### 3.2. DIAGRAMA DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS

En la siguiente imagen se puede observar la distribución de la red con sus respectivos equipos.

**GRÁFICO N° 11.** Diseño de red CDMA 450 La Merced de Buenos Aires



**Fuente:** SoftwareNetworkNotepad.

**Elaborado:** Por la Autora

#### 3.3. PROPAGACIÓN EN ESPACIO LIBRE

Al aire libre, las ondas electromagnéticas disminuyen como una función de cuadrado inverso, o  $1/d^2$ , donde  $d$  es la distancia entre el transmisor y el receptor. En su forma lineal, la pérdida por espacio libre es:

$$L_p = 4 \pi f^2 d^2 / c^2$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda de señal. Esta ecuación puede además ser escrita en decibeles de la siguiente forma:

$$L_p = -32.4 - 20 \log(f) - 20 \log(d)$$

Donde  $d$  es en kilómetros,  $f$  es la frecuencia de la señal en megahertz, y la pérdida de trayectoria  $L_p$  es en decibeles. Se aplica el hecho que la velocidad de la luz es un producto de la frecuencia por la longitud de onda (i.e.,  $c = f \lambda$ ). Notar que una vez conocida la frecuencia de canal de la señal,  $f$ , el primero y segundo términos son constantes, y  $L_p$  varía estrictamente como una función de  $d$ .

El modelo de espacio libre está basado en el concepto de expansión de frente de onda esférica, ya que la señal es radiada desde una fuente puntual en el espacio. En sistemas de comunicación móvil, donde pérdidas adicionales se introducen por obstáculos terrestres, modelos alternativos, Hata y Lee, son necesarios a fin de precisar las pérdidas de propagación en una predicción de señal.

Fuente: Land-Mobile Radio System Engineering (2010)

### **3.4. COBERTURA DEL ÁREA DE ATENCIÓN**

La variable importante en un sistema de comunicación móvil viene a ser la máxima distancia a la cual se tiene un nivel aceptable de señal, como es sabido, la señal emitida en el espacio libre a través de su recorrido es afectada por diferentes factores como son la pérdida en el espacio libre, pérdida por multitrayectoria, por reflexión, refracción y difracción, así como por efectos climáticos.

Existen diversos métodos para calcular el radio de cobertura de una señal RF para ambientes abiertos, los cuales pueden ser clasificados en métodos empíricos (Lee, Okumura, Hata, Longley-Rice), semi empíricos (BBC y Walfish/Ikegami), y determinísticos (Trazado de rayos)

Las variables a tomar en cuenta para utilizar la fórmula de Hata vienen a ser: frecuencia, distancia aproximada entre emisor y receptor, altura de la estación base y altura de la estación móvil.

Cabe señalar que el método considera factores de corrección para diferentes tipos de terreno.

Dado que el área total de La Merced de Buenos Aires es de 433.74 Km<sup>2</sup>, podemos asumir una distancia máxima de 30 Km entre el emisor y receptor.

Datos para el cálculo:

Frecuencia = 450 Mhz.

Distancia (d) = 433.74 Km.

Altura estación base (h1) = 30 mts Altura estación móvil (h2) = 1.7 mts Zona = Rural

**Fuente:** Kyoung Kim II,(1999). Manual del Sistema CDMA de Diseño, Ingeniería y Optimización.

### 3.4.1. CÁLCULO DEL LINK BUDGET

El cálculo del Link Budget, nos permite calcular de manera aproximada el radio de cobertura que una estación base puede tener bajo ciertos factores, así mismo podemos utilizar éste método para calcular el número total de celdas, que permitan lograr la cobertura en una determinada área geográfica.

**Datos para el cálculo:**

Zona: La Merced de Buenos Aires (Rural) Frecuencia(f): 450 Mhz Altura BTS (h1): 30 mts.  
 Altura estación móvil (h2): 1.7 mts Ganancia antena BTS (G<sub>bts</sub>): 14 dBi Ganancia antena estación móvil (G<sub>m</sub>): 0 dBi Potencia de transmisión BTS (P<sub>bts</sub>): 20 W  
 Potencia de transmisión estación móvil (P<sub>m</sub>): 1 W Pérdidas adicionales (edificaciones, vegetación)(L<sub>a</sub>): 24 dB Pérdidas cables estación base (L<sub>c</sub>): 3.5 dB

Sensibilidad estación base (S<sub>bts</sub>): -110 dBm

Sensibilidad estación móvil (S<sub>m</sub>): - 92 dBm

#### a) Cálculo de Lo

$$Lo = Lu - 4.78 \times [\log(f)]^2 + 18.33\log(f) - 40.94$$

$$Lu = 69.55 + 26.16\log(f) - 13.82\log(h1) - a(h2) + [44.9 - 6.55\log(h1)] \times \log(d)$$

$$a(h2) = (1.1\log(f) - 0.7) \times h2 - (1.56\log(f) - 0.8)$$

Reemplazando los datos obtenemos que:

$$a(h^2) = 0.43$$

$$L_u = 118.112 + 35.225 \times \log(R) \quad L_o = 92.156 + 32.225 \times \log(R)$$

b) Cálculo del link budget ascendente

**Aplicando la Fórmula:**

$$\text{Link Budget ascendente} = P_{em} + G_{em} - L_a - L_u + G_{bts} - L_c - S_{bts}$$

Reemplazando los diferentes valores tenemos:

$$\text{Link Budget ascendente} = 30 \text{ dBm} + 0 \text{ dB} - 24 \text{ dB} - L_o + 14 \text{ dBi} - 3.4 + 110$$

$$\text{Link Budget ascendente} = 126.6 - L_o$$

Para calcular el radio procedemos a igualar el link budget a cero:

$$\text{Link Budget ascendente} = 0$$

Entonces:

$$92.156 + 32.225 \times \log(R) = 126.6$$

De lo cual tenemos que  $R = 9.502 \text{ km}$

c) Cálculo del link budget descendente

Como el caso anterior, aplicamos la fórmula:

$$\text{Link Budget descendente} = P_{bts} + G_{bts} - L_a - L_o + G_{em} - L_c - S_{em}$$

Reemplazando los diferentes valores tenemos:

$$\text{Link Budget descendente} = 43.010 \text{ dBm} + 14 \text{ dBi} - 24 \text{ dB} - L_o + 0 \text{ dBi} - 3.4 + 92$$

$$\text{Link Budget descendente} = 121.6 - L_o$$

Para calcular el radio procedemos a igualar el link budget a cero: Link Budget descendente = 0  
Entonces:

$$92.156 + 32.225 \times \log(R) = 121.6$$

De lo cual tenemos que  $R = 6.858 \text{ km}$

Fuente: Kyoung Kim II, Manual del Sistema CDMA de Diseño, Ingeniería y Optimización (1999)

### 3.4.2. CÁLCULO DEL RADIO DE COBERTURA

Dado que ya poseemos los radios para ambos casos de link budget, procedemos a calcular el radio aproximado de cobertura para la estación base, bajo las condiciones dadas.

Radio link budget ascendente ( $R_{lua}$ ) = 9.502 Km

Radio link budget descendente ( $R_{lud}$ ) = 6.858 Km

Tomando en cuenta para el diseño del radio de cobertura el radio link de menor valor tenemos que el área de cobertura circular es equivalente a:

Radio Circunferencia = 6.858 Km

Área Cobertura Celda Circular = 147.68 Km<sup>2</sup>

Dado que el área La Merced de Buenos Aires es de 433.74 Km<sup>2</sup> podemos concluir que la cobertura de la estación base está garantizada mediante la utilización de cuatro celdas circulares en cada torre.

**TABLA 28.** Cobertura teórica de las celdas

<b>COBERTURAS TEÓRICAS DE LAS CELDAS</b>			
<b>Frecuencia (MHz)</b>	<b>Radio de celda (Km)</b>	<b>Área de Celda (Km)</b>	<b>Celdas necesarias para coberturas equivalentes</b>
450	48.9	7521	1
850	29.4	2712	2.8
1900	13.3	553	13.6
2500	10	312	24.1

**Fuente:** Zhejiang Trustele Telecom Ltd, Proveedor de tecnología inalámbrica  
Fax: +86 573-87969491 E-Mail: info@trustele.com

### 3.5. CÁLCULO DEL NÚMERO DE CANALES

Debido a que el tráfico de una red de comunicaciones está condicionado por diversos factores, el cálculo de tráfico para un sistema celular sólo se podrá predecir con un grado limitado de exactitud.

Un sistema de comunicaciones deber proveer un alto grado de rendimiento; desde el punto de vista del usuario, sus demandas de comunicaciones deben ser satisfechas con poco o ningún tipo de retraso, y en el caso de los operadores, los equipos a utilizar deben ser seleccionados para garantizar la calidad del servicio pero sin sobredimensionar las necesidades, de tal modo que se evite el incremento innecesario de los costos.

El tráfico en una red móvil está sujeto a diversas condiciones, entre las más importantes podemos mencionar: el número de usuarios, el grado de servicio, el tiempo de duración de la llamada.

Existen diversos métodos para calcular el tráfico probable para una red de comunicaciones, como es el caso del método de matrices, sin embargo para la red inalámbrica de la Merced de Buenos aires utilizaremos un método más simple, el cual permite calcular de manera muy práctica el tráfico de la red en el caso más exigente.

Para poder realizar el cálculo respectivo se hará necesario algunas suposiciones acerca de la cantidad de abonados de la red, así como del tiempo de servicio de la misma.

Teniendo en cuenta que la población de clientes de la Merced de Buenos Aires es la cantidad de 1114 usuarios aproximadamente.

Un tiempo promedio de llamada es de 108 segundos y suponiendo que del número total de abonados, el 30% solicitan el servicio en la hora pico, nuestros datos para el análisis serían:

Datos Hora pico: Usuarios ( $Q_i$ ) = 335

Tiempo llamada ( $T_p$ ) = 108 segundos

Con estos datos podemos obtener el flujo de llamadas en hora pico, el número de erlangs y el número de canales

Donde:

Número de Erlangs (E) =  $Q_i \times T_p / 3600$

Reemplazando los valores tenemos que:  $E = 10.05$ Erlangs

Utilizando un factor de bloqueo de 2 %, mediante la tabla Erlang B podemos obtener el número de canales:

Fuente: [wikipedia.org/wiki/Unidad\\_Erlang](https://es.wikipedia.org/wiki/Unidad_Erlang)

TABLA 29.Erlang B

## TABLA DE ERLANG B(SISTEMA CON PERDIDA)

B: Grado de servicio

n	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	n
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6148	7.1510	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5017	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9825	7.1154	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32

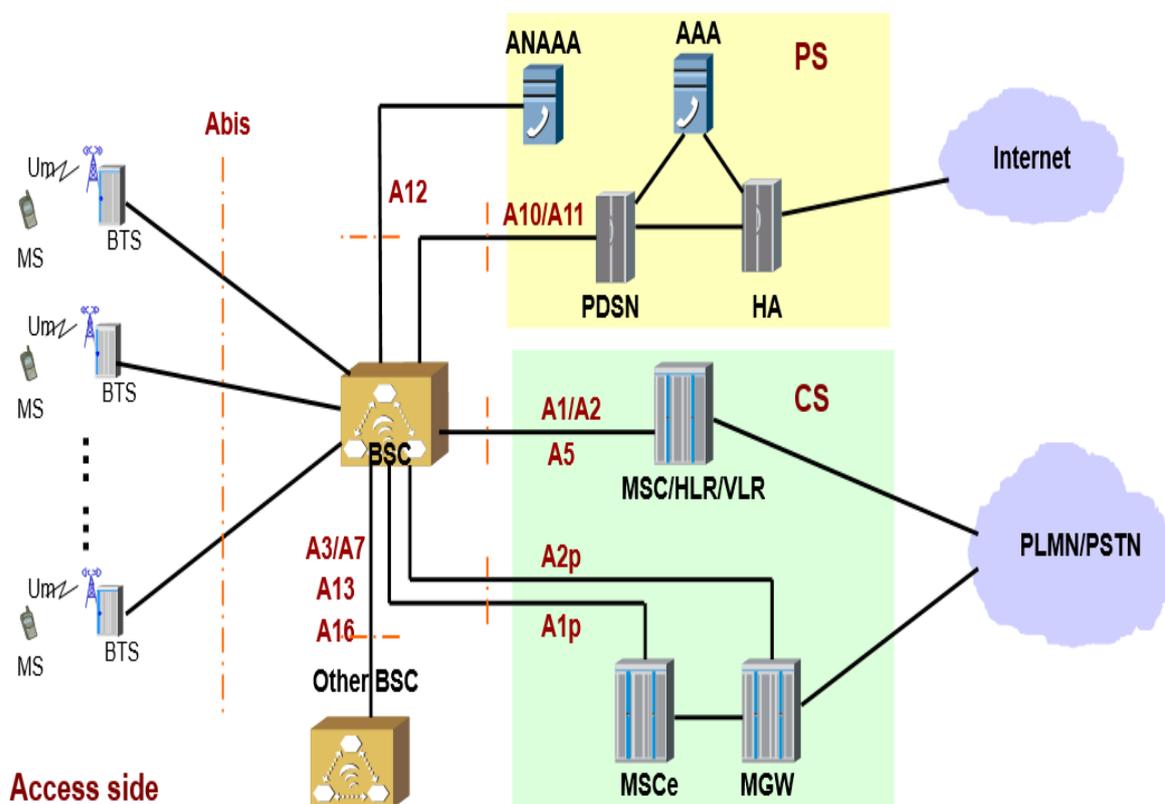
Número de líneas

Tráfico

Fuente: recuperado de <http://andres911-trafficotefonico.blogspot.com/2011>

Para este número de canales, una sola línea E1 permite soportar el tráfico asignado.

GRÁFICO N° 12 Distribución De Bts De Cnt



Fuente: Documentación técnica CNT EP.

### 3.6. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE LA RED

En Telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple digital especificada por la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (TIA), como IS-95. La TIA aprobó el estándar CDMA en julio de 1993. CDMA usa tecnología de Espectro Ensanchado, es decir la información se extiende sobre un ancho de banda muy mayor que el original, contando una señal (código) identificada. Cada dispositivo que utiliza CDMA está programado con su pseudocódigo, y se basa en la siguiente tabla.

TABLA 30. Requerimientos calidad de red

<b>Suposiciones sobre Requerimiento de Calidad de la Red</b>	
Meta FER de Voz (Tasa de Error de Bastidor)	1%(FCH)
Meta FER de Datos (Tasa de Error de Bastidor)	5%(SCH)
Carga del Procesador	0.70
Tiempo de Establecimiento de Llamada	<8s

Fuente: (TIA) Estándar para las redes CDMA

### 3.6.1. MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VOZ EN LA LLAMADA

El codificador de voz de tasa variable no solamente permite incrementar la capacidad, sino también la mejora en la calidad de voz, por medio de la eliminación del ruido de fondo. Por medio del cambio de los umbrales en relación a los niveles de ruido de fondo, se puede alcanzar una comunicación de alta calidad en un ambiente ruidoso.

### 3.6.2. REDUCCIÓN DE INTERFERENCIA

Para reducir la interferencia, los sistemas de CDMA trabajan por medio de transmisión de señales digitales, detección de la actividad de voz y control de potencia.

Por medio del uso de control de potencia dinámico, la señal es transmitida al más bajo nivel de potencia posible, dentro de los límites necesarios para mantener una adecuada relación señal - interferencia. De esto resulta una considerable reducción entre canales y el mantenimiento de niveles consistentemente bajos de error.

### 3.7. ESTUDIO DEL TRÁFICO RED CDMA 450

Cuando se realiza el estudio del tráfico de una red sea esta telefónica o de telecomunicaciones se refiere en si al simple hecho de que dicha red se encuentre ocupada, es decir cuando un móvil o apartado terminal se encuentra causando tráfico.

A dicho tráfico se lo mide mediante el tiempo de ocupación, el cual depende del número de llamadas y el tiempo que dura cada una de ellas.

### 3.7.1. VOLUMEN DEL TRÁFICO

El volumen de tráfico es calificado como la cantidad de tráfico que se tienen un determinado tiempo cursando por el circuito, lo cual es igual al tiempo de ocupación de dicho circuito, por lo que se puede decir que si el tiempo de ocupación es de 24 horas el  $V_t$  es de la misma manera 24 horas.

Para calcular el  $V_t$  de cierta cantidad de llamadas se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_t = n * d$$

Donde:

$n$  = número de llamadas

$d$  = tiempo medio de duración de dichas llamadas

### 3.7.2. INTENSIDAD DE TRÁFICO

En la intensidad de tráfico se debe tener en cuenta en tiempo que tarda un paquete o volumen de tráfico en cursar la red, al cual se lo denomina tiempo de observación.

Donde:

$$it = \frac{V_t}{t_{obs}} \quad Erlangs$$

El valor de  $it$  se relaciona a un valor que se toma como referencia llamada la hora cargada, además se debe saber que un Erlangs es un valor adimensional el cual se refiere al tráfico que cursa en un tiempo determinado en este caso de una hora.

La hora cargada es de 60 minutos y esta definida como la hora en la que mayor tráfico existe.

### 3.7.3. CALCÚLO DEL TRÁFICO

Los datos para los cálculos del tráfico, se estableció un promedio de 3 minutos por llamada y se limitó en un tope de 6 llamadas en la hora de mayor congestión (o de mayor tráfico). Para lo cual se realizan los siguientes cálculos:

$$V_t = n * d$$

$$V_t = 6 * (3 \text{ min} * 60 \text{ seg})$$

$$V_t = 1080 \text{ seg}$$

$$it = \frac{1080}{60 \text{ min} * 60 \text{ seg}}$$

$$it = 0.3 \text{ Erlangs}$$

El valor de 0.3 Erlangs, corresponde al tráfico de llamadas de voz, sin embargo, para lo que es tráfico de datos o imágenes, se utiliza un promedio de un envío de 4 imágenes por hora (imagen con resolución de 1600x1200 pixeles). Generalmente las imágenes con esta resolución (de 1600x1200 pixeles), tienen un tamaño de 400 Kbyte, junto con una velocidad de envío de 153, por lo cual tenemos:

$$t = \frac{\text{cantidad de bits de la imagen}}{Vtx}$$

$$t = \frac{400 * 8192 \text{ bits}}{153000 \text{ bits}} = 21.4 \text{ seg}$$

$$Vt = 4 * 21.4 \text{ seg}$$

$$Vt = 85.6 \text{ seg}$$

$$it = \frac{85.6}{60 \text{ min} * 60 \text{ seg}}$$

$$it = 0.0237 \text{ Erlangs}$$

### 3.8. CÁLCULOS ESTACIÓN BASE UNO TORRE AUTOSOPORTADA BUENOS AIRES

#### **DATOS DE UBICACIÓN**

##### **Sitio 1 (ESTACIÓN BASE BUENOS AIRES)**

Latitud: 00°41'2.8" N

Longitud: 78°16'10" O

Altura: 2368.6 msnm

##### **Sitio 2 (Equipo terminal)**

Latitud: 00°41'7.6"

Longitud: 78°17'16"

Altura: 2216.6

- **Cálculo De La Distancia Entre Puntos**

$$D_{(KM)} = \sqrt{(\Delta \text{longitud} * 111)^2 + (\Delta \text{latitud} * 111)^2 + (\Delta h)^2}$$

$$D_{(KM)} = \sqrt{(0.0183 * 111)^2 + (0,0013 * 111)^2 + (0.152)^2}$$

$$D_{(KM)} = \sqrt{4,1261 + 0.0208 + 0.023104}$$

$$D_{(KM)} = \sqrt{4,1261 + 0.0208 + 0.023104}$$

$$D_{(KM)} = 2.04 \text{ Km}$$

- **Cálculo de Frecuencia de Canal**

$$f_n = f_0 - 0.8125 + 0.0625n$$

$$f'_n = f_0 - 0.1825 + 0.0625n, \text{ Donde } n=1$$

- **Frecuencia a Utilizar**

$$f_n = 7000 - 0.8125 + 0.0625$$

$$f_n = 7000 - 0.8125 + 0.0625$$

$$f_n = 6999,2375$$

$$f'_n = 7000 - 0.1825 + 0.0625n$$

$$f'_n = 7000 - 0.1825 + 0.0625$$

$$f'_n = 6999,9125$$

- **Radio de la Zona de Fresnel**

$$R_{F1} = 8.687 \sqrt{\frac{D}{f}}$$

$$R_{F1} = 8.687 \sqrt{\frac{8.65}{6.999}}$$

$$R_{F1} = 8.687 \sqrt{1.236}$$

$$R_{F1} = 9.66$$

Determinamos la altura del despeje  $H_{desp}$  para un 70%, para tener un margen de seguridad se liberará el 71% de la primera zona de fresnel.

$$H_{desp} = 0.71 * R_{F1}$$

$$H_{desp} = 0.71 * 9.658$$

$$H_{desp} = 6.86 \text{ m}$$

- **Atenuación de Obstáculo**

Recordando: La UIT proporciona la forma de calcular la atenuación producida por un obstáculo en función del parámetro adimensional  $v$ , definido como:

$$v = \sqrt{2} \left( - \frac{H_{desp}}{R_{F1}} \right)$$

$$v = \sqrt{2} \left( - \frac{6.86}{9.66} \right)$$

$$v = \sqrt{2}(-0.710)$$

$$v = -1.004$$

$$L_D(v) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1)$$

$$L_D(v) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(-1.004 - 0.1)^2 + 1} - 1.004 - 0.1)$$

$$L_D(v) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(-1.104)^2 + 1} - 1.104)$$

$$L_D(v) = 6.9 + 20 \log(0.38)$$

$$L_D(v) = 6.9 - 8.40$$

$$L_D(v) = -1.5 \text{ dB}$$

- **Pérdidas en el espacio Libre ( PATHLOSS )**

$$L_p(\text{dB}) = 32.4 + 20 \log f_{(\text{MHZ})} + 20 \log D_{(\text{Km})}$$

$$L_p(\text{dB}) = 32.4 + 20 \log(6999,9125) + 20 (\log 2.04)$$

$$L_p(\text{dB}) = 32.4 + 76.90 + 10.90$$

$$L_p(\text{dB}) = 115.49 \text{ Db}$$

- **Pérdidas En Líneas De Transmisión**

Son las pérdidas de los cables que conectan el radio con la antena, para ello asumimos que utilizamos cables coaxiales con pérdidas típicas de 0,1 dB/m.

**En el sitio 1:** Los dispositivos de radio se ubicarán en caseta de equipos, ubicado a una distancia de 54 m de la antena transmisora.

**En el sitio 2:** El equipo de usuario estará ubicado a una distancia de 3 m de la antena receptora.

$$L_{sitio\ 1\ (dB)} = 54\ m * 0.1\ \frac{dB}{m} = 5.4\ dB$$

$$L_{sitio\ 2\ (dB)} = 3\ m * 0.1\ \frac{dB}{m} = 0.3\ dB$$

- **Pérdida en Conectores**

Se asumen los siguientes valores:

$$L_{sitio\ 1\ (dB)} = 1\ dB$$

$$L_{sitio\ 2\ (dB)} = 1\ dB$$

- **Cálculo de la Potencia de Recepción**

$$P_{r(dBm)} = P_{Tx(dBm)} + G_{Tx\ (dBi)} + G_{r(dBi)} - L_T(dB) - L_p(dB) - L_r(dB) - L_D(dB)$$

$$P_{r(dBm)} = 28.12 + 81.5 + 81.5 - (5.4 + 1) - 115.49 - (0.3 + 1) - (-1.5)$$

$$P_{r(dBm)} = 69.43$$

- **Margen de Umbral (MU)**

Margen de umbral  $MU = P_r - U_r$ , donde U es la sensibilidad del receptor.

$$MU = -69.43 - (-90)$$

$$MU = 20.27$$

- **Indisponibilidad del Sistema**

$$(1 - R) = \frac{0.0001 * D}{40}$$

$$(1 - R) = \frac{0.0001 * 2.04}{40}$$

$$(1 - R) = 0.0000051$$

• **Margen de Desvanecimiento  $F_M$**

$$FM = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \Omega$$

**Donde:**

FM = margen de desvanecimiento [dB]

D = Distancia entre transmisor y receptor [Km]

f = Frecuencia de la portadora

**A = factor de rugosidad**

= 4 sobre agua o un terreno muy liso

= 1 sobre un terreno promedio

= 0.25 sobre un terreno muy aspero y montañoso

**B = factor para convertir la peor probabilidad mensual en una probabilidad anual.**

= 1 para pasar una disponibilidad anual a peor base mensual

= 0.5 para áreas calientes y húmedas

= 0.25 para áreas continentales promedio

= 0.125 para áreas muy secas y montañosas

$$FM = 30 \log(2.04) + 10 \log(6 * 0.25 * 0.125 * 6999,9125) - 10 \log(0.0000051) - 70 \Omega$$

$$FM = -29.41$$

$$MU \geq FM, \text{se cumple.}$$

• **Confiabilidad**

$$R = (1 - P) * 100$$

$$R = (1 - 0.0000051) * 100$$

$$R = (1 - 0.0000051) * 100$$

$$R = 99.99 \%$$

La confiabilidad para la UIT es:

$$RT \geq 99.9664 \% \text{ para } L < 280 \text{ Km}$$

$$R \geq RT \text{ se cumple en este caso}$$

- **Cálculo del Voltaje Recibido**

$$P_R = \frac{V_r^2}{R}$$

$$V = \sqrt{R * P_R} \quad ; \text{ Donde } R = 50 \Omega$$

$$P_{R(W)} = 0.001 * \text{antilog}\left(\frac{P_R (dbm)}{10}\right)$$

$$P_{R(W)} = 0.001 * \text{antilog}\left(\frac{69.43}{10}\right)$$

$$P_{R(W)} = 0.001 * (0.00000877)$$

$$P_R = 8.77^{-9} W$$

$$V_r = \sqrt{8.77^{-9} * 50}$$

$$V_{r(\mu V)} = 662.19$$

- **Ángulo de Evaluación**

$$H_1 = 2368.6 + 54 = 2422.6 \text{ m}$$

$$H_2 = 2216.6 + 3 = 2219.6 \text{ m}$$

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

$$\Delta H = 2219.6 - 2422.6$$

$$\Delta H = -203 \text{ m}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\Delta H}{D}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{203}{2.04}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1} 2.04$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \frac{0.89}{3.51}$$

$$\alpha = 5.68^\circ$$

- **Ángulo de Apuntamiento**

$$\theta = \arctan\left(\frac{\Delta\text{latitud}}{\Delta\text{longitud}}\right)$$

$$\theta = \arctan\left(-\frac{0,0013}{0.0183}\right)$$

$$\theta = -4.06^\circ$$

- **Ázimet**

$$A_{z \text{ sitio2}} = 90 + |\theta|$$

$$A_{z \text{ sitio2}} = 90 + |4.06|$$

$$A_{z \text{ sitio2}} = 94.06^\circ$$

$$A_{z \text{ sitio1}} = 270 + |\theta|$$

$$A_{z \text{ sitio1}} = 270 + |4.06|$$

$$A_{z \text{ sitio1}} = 274.06^\circ$$

- **Cálculo de la Potencia Isotropicamente Radiada Equivalente**

$$PIRE (dbm) = P_r + G_T - L_T$$

$$PIRE (dbm) = 28,12 + 81.5 - 0.5$$

$$PIRE (dbm) = 109.12 \text{ dbm}$$

$$PIRE (W) = 0.001 * \text{antilog} \left( \frac{109.12}{10} \right)$$

$$PIRE(W) = 0.001 * \text{antilog} (6.842) PIRE(W) = 6918.30 \text{ w}$$

### 3.9. CÁLCULO DE LA ESTACIÓN BASE EL CHISPO

#### **Sitio 1 (ESTACIÓN BASE EL CHISPO)**

Latitud: 00°37'24" N

Longitud: 78°17'19" O

Altura: 2905 msnm

#### **Sitio 2 (Equipo terminal)**

Latitud: 00°41'52''

Longitud: 78° 15'41''

Altura: 2854

- **Cálculo de la Distancia entre Puntos**

$$D_{(KM)} = \sqrt{(\Delta \text{longitud} * 111)^2 + (\Delta \text{latitud} * 111)^2 + (\Delta h)^2}$$

$$D_{(KM)} = \sqrt{(0.0213 * 111)^2 + (0.0234 * 111)^2 + (0.051)^2}$$

$$D_{(KM)} = \sqrt{5.58 + 6.74 + 2601}$$

$$D_{(KM)} = 3.51 \text{ Km}$$

- **Cálculo de Frecuencia de Canal**

$$f_n = f_0 - 0.8125 + 0.0625n$$

$$f'_n = f_0 - 0.1825 + 0.0625n, \text{ Donde } n=1$$

- **Frecuencia a Utilizar**

$$f_n = 7000 - 0.8125 + 0.0625$$

$$f_n = 7000 - 0.8125 + 0.0625$$

$$f_n = 6999,2375$$

$$f'_n = 7000 - 0.1825 + 0.0625n$$

$$f'_n = 7000 - 0.1825 + 0.0625$$

$$f'_n = 6999,9125$$

- **Radio de la Zona de Fresnel**

$$R_{F1} = 8.687 \sqrt{\frac{D}{f}}$$

$$R_{F1} = 8.687 \sqrt{\frac{7.08}{6.999}}$$

$$R_{F1} = 8.687 \sqrt{1.011}$$

$$R_{F1} = 8.687 \sqrt{1.011}$$

$$R_{F1} = 8.73$$

Determinamos la altura del despeje  $H_{desp}$  para un 70%, para tener un margen de seguridad se liberará el 71% de la primera zona de fresnel.

$$H_{desp} = 0.71 * R_{F1}$$

$$H_{desp} = 0.71 * 8.73$$

$$H_{desp} = 6.19 \text{ m}$$

- **Atenuación de Obstaculo**

Recordando: La UIT proporciona la forma de calcular la atenuación producida por un obstáculo en función del parámetro adimensional  $v$ , definido como:

$$v = \sqrt{2} \left( - \frac{H_{desp}}{R_{F1}} \right)$$

$$v = \sqrt{2} \left( - \frac{6.19}{8.73} \right)$$

$$v = \sqrt{2}(-0.709)$$

$$v = -1.002$$

$$L_D(v) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(v - 0.1)^2 + 1} + v - 0.1)$$

$$L_D(v) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(-1.002 - 0.1)^2 + 1} - 1.002 - 0.1)$$

$$L_D(v) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(-1.102)^2 + 1} - 1.102)$$

$$L_D(v) = 6.9 + 20 \log(0.39)$$

$$L_D(v) = 6.9 - 8.17$$

$$L_D(v) = -1.27 \text{ dB}$$

- **Pérdidas en el espacio Libre(PATHLOSS )**

$$L_p(\text{dB}) = 32.4 + 20 \log f_{(\text{MHZ})} + 20 \log D_{(\text{Km})}$$

$$L_p(\text{dB}) = 32.4 + 20 \log(6999,9125) + 20 (\log 3.51)$$

$$L_p(\text{dB}) = 32.4 + 76.90 + 10.90$$

$$L_p(\text{dB}) = 120.2 \text{ dB}$$

- **Pérdidas En Líneas De Transmisión**

Son las pérdidas de los cables que conectan el radio con la antena, para ello asumimos que utilizamos cables coaxiales con perdidas típicas de 0,1 dB/m.

**En el sitio 1:** Los dispositivos de radio se ubicarán en caseta de equipos, ubicado a una distancia de 40 m de la antena transmisora.

**En el sitio 2:** El equipo de usuario estará ubicado a una distancia de 3 m de la antena receptora.

$$L_{sitio\ 1\ (dB)} = 40\ m * 0.1\ \frac{dB}{m} = 4\ dB$$

$$L_{sitio\ 2\ (dB)} = 3\ m * 0.1\ \frac{dB}{m} = 0.3\ dB$$

- **Pérdida en Conectores**

Se asumen lossiguientes valores:

$$L_{sitio\ 1\ (dB)} = 1\ dB$$

$$L_{sitio\ 2\ (dB)} = 1\ dB$$

- **Cálculo de la Potencia de Recepción**

$$P_{r(dBm)} = P_{Tx(dBm)} + G_{Tx\ (dBi)} + G_{r(dBi)} - L_T(dB) - L_p(dB) - L_r(dB) - L_D(dB)$$

$$P_{r(dBm)} = 28.12 + 81.5 + 81.5 - (4 + 1) - 120.2 - (0.3 + 1) - (-1.27)$$

$$P_{r(dBm)} = 65.89$$

- **Margen de Umbral (MU)**

Margen de umbral  $MU = P_r - U_r$ , donde U es la sensibilidad del receptor.

$$MU = -65.89 - (-90)$$

$$MU = 24.11$$

- **Indisponibilidad del Sistema**

$$(1 - R) = \frac{0.0001 * D}{400}$$

$$(1 - R) = \frac{0.0001 * 3.51}{40}$$

$$(1 - R) = 0.00000087$$

• **Margen de Desvanecimiento  $F_M$**

$$FM = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \Omega$$

**Donde:**

FM = margen de desvanecimiento [dB]

D = Distancia entre transmisor y receptor [Km]

f = Frecuencia de la portadora

**A = factor de rugosidad**

= 4 sobre agua o un terreno muy liso

= 1 sobre un terreno promedio

= 0.25 sobre un terreno muy aspero y montañoso

**B = factor para convertir la peor probabilidad mensual en una probabilidad anual.**

= 1 para pasar una disponibilidad anual a peor base mensual

= 0.5 para áreas calientes y húmedas

= 0.25 para áreas continentales promedio

= 0.125 para áreas muy secas y montañosas

$$FM = 30 \log(3.51) + 10 \log(6 * 1 * 0.125 * 6999,9125) - 10 \log(0.00000087) - 70 \Omega$$

$$FM = -16.38$$

**$MU \geq FM$ , se cumple.**

• **Confiabilidad**

$$R = (1 - P) * 100$$

$$R = (1 - 0.00000087) * 100$$

$$R = (1 - 0.00000087) * 100$$

$$R = 99.99 \%$$

La confiabilidad para la UIT es:

$$RT \geq 99.9664 \% \text{ para } L < 280 \text{ Km}$$

*$R \geq RT$  se cumple en este caso*

- **Cálculo del Voltaje Recibido**

$$P_R = \frac{V_r^2}{R}$$

$$V = \sqrt{R * P_R} \quad ; \text{ Donde } R = 50 \Omega$$

$$P_{R(W)} = 0.001 * \text{antilog}\left(\frac{P_R (dbm)}{10}\right)$$

$$P_{R(W)} = 0.001 * \text{antilog}\left(\frac{65.89}{10}\right)$$

$$P_{R(W)} = 0.001 * (0.000003881)$$

$$P_R = 3.8815^{-9} W$$

$$V_r = \sqrt{3.8815^{-9} * 50}$$

$$V_{r(\mu V)} = 440.511$$

- **Ángulo de Elevación**

$$H_1 = 2905 + 40 = 2945 \text{ m}$$

$$H_2 = 2854 + 2 = 2856 \text{ m}$$

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

$$\Delta H = 2945 - 2856$$

$$\Delta H = 89 \text{ m}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\Delta H}{D}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{89}{3.51}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \frac{89}{3.51}$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \frac{0.89}{3.51}$$

$$\alpha = 14.68^\circ$$

- **Ángulo de Apuntamiento**

$$\theta = \arctan\left(\frac{\Delta\text{latitud}}{\Delta\text{longitud}}\right)$$

$$\theta = \arctan\left(-\frac{0,0234}{0.0213}\right)$$

$$\theta = -47.69^\circ$$

- **Ázimet**

$$A_{z \text{ sitio2}} = 90 + |\theta|$$

$$A_{z \text{ sitio2}} = 90 + |47.69|$$

$$A_{z \text{ sitio2}} = 137.69^\circ$$

$$A_{z \text{ sitio1}} = 270 + |\theta|$$

$$A_{z \text{ sitio1}} = 270 + |47.69|$$

$$A_{z \text{ sitio1}} = 317.69^\circ$$

- **Cálculo de la Potencia Isotropicamente Radiada Equivalente**

$$PIRE (dbm) = P_r + G_T - L_T$$

$$PIRE (dbm) = 28,12 + 81.5 - 0.5$$

$$PIRE (dbm) = 109.12 \text{ dbm}$$

$$PIRE (W) = 0.001 * \text{antilog} \left( \frac{109.12}{10} \right)$$

$$PIRE(W) = 0.001 * \text{antilog} (6.842) PIRE(W) = 6918.30 \text{ w}$$

### 3.10. DETERMINACIÓN DEL EQUIPO REQUERIDO PARA LA INSTALACIÓN DE LA RED



IMAGEN 1. Antena y BTS

**Fuente:** Fotografía capturada por la autora

Un sistema de CDMA consiste básicamente de cuatro subsistemas:

- MTX : Equipo de Interconexión de Telefonía Móvil
- BSM: Administrador de Estaciones Base.
- BSC: Controlador de Estaciones Base.
- BTS: Subsistema de Transmisión - Recepción de la estación base.

#### 3.10.1. MTX

El MTX, provee funciones de procesamiento de llamadas de alto nivel para sistemas celulares (FDMA, TDMA, CDMA), y conectividad a otras redes celulares. El MTX, realiza las siguientes funciones:

- Recopilar información de facturación.
- Diagnósticos de la Red.
- Archivar estadísticas del comportamiento de la red.
- Archivar información de llamadas.
- Enrutamiento de llamadas.
- Validación de usuarios.

### **3.10.2. BSM**

El BSM, provee la plataforma de operación, administración y mantenimiento para el proveedor de servicios de telefonía móvil. Realiza las siguientes funciones:

- Carga de Software.
- Inicialización y habilitación de los elementos de la red.
- Almacenamiento de software y archivos de configuración.
- Recolección y análisis de datos.
- Diagnóstico, prueba y monitoreo de la red.
- Análisis del rendimiento de la red. r Administración del sistema.

### **3.10.3. BSC**

El BSC, controla el enrutamiento de mensajes y señalización entre el MTX, BTS, y el mismo BSC. También provee la codificación y decodificación de voz, del BTS al MTX. Provee funciones de procesamiento de llamadas, como control de potencia, opciones del servicio y Hand-Off Sintra - sistemas. Este equipo está colocado junto al MTX. El BSC, provee funciones de procesamiento de llamadas como:

Control de potencia.

- Opciones de servicio.
- Soft Hand-Off.

### **3.10.4. BTS**

El BTS, provee el enlace de RF hacia la estación móvil en los diferentes sitios de celda. Provee configuraciones de dos y tres sectores u omnidireccionales. Un BTS, con múltiples equipos puede ser configurado como una celda de 6 sectores, o bien con varias portadoras o frecuencias. El BTS, provee algunas funciones como:

- Conversión de señales digitales codificadas en señales de RF.
- Conversión de señales de RF a señales digitales codificadas
- Control de potencia y Softer Hand-Off.
- Enlace entre el móvil y la MTSO.

Debe determinarse el grado de equipamiento de estos cuatro subsistemas, tomando en cuenta la cantidad de sitios y sectores por sitio, la cantidad estimada de llamadas simultáneas que deberá manejar cada sitio y la red en general y la cantidad de frecuencias o portadoras por sitio.

### 3.11. DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS NECESARIOS

Antes de iniciar la instalación física del equipo de la red, es necesario cubrir varios aspectos importantes. Es necesario generar un reporte de recursos requeridos y sus costos para el cual deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Viajes requeridos, basados en la cantidad de sitios del proyecto.
- Número de planos requeridos por sitio.
- Materiales de construcción requeridos para cada sitio.
- Materiales eléctricos requeridos para cada sitio.
- Kit de transmisión requerido por sitio, basado en altura de antenas y cantidad de portadoras en que operará la red y parámetros de diseño.
- Equipo BTS (Subsistema de Transmisión -Recepción de la Estación Base), por celda.
- Equipo de los subsistemas del MTSO.
- Costos de traslado del equipo a los sitios.
- Equipo y herramientas necesarias para la instalación de cada sitio.

Es muy importante generar un cronograma de trabajo, separando cada proceso del proyecto y tomando en cuenta los recursos necesarios para cada proceso.

Antes de generarse este cronograma deben de definirse las actividades que llevará a cabo cada grupo de trabajo, tanto del lado del cliente como del proveedor. Cada grupo debe de determinar el tiempo que ocupará en cada actividad por sitio y los recursos que necesitará para realizar cada actividad.

Es posible generar un cronograma de los diferentes procesos que se llevarán a cabo en la red.

### 3.12. CRONOGRAMA DEL DESPLIEGUE DE LA RED POR PROCESOS

SEMANAS

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
Diseño																
		Determinación Equipo														
			Firma del contrato y adquisición del equipo													
					Construcción de sitios y MTSO											
							Instalación de sitios y MTSO									
										Pruebas de puesta en servicio						
													Puesta en servicio			

**Fuente:** Realizado La autora

Además debe de especificarse el área requerida tanto para el equipo a instalar en cada sitio, como para el equipo que se instalara en la central controladora de la red. Debe de tomarse en cuenta todas las conexiones necesarias entre los diferentes equipos y partes de la instalación.

Para la generación de los planos de cada sitio y de la central puede usarse una herramienta de CAD (Diseño Asistido por Computador). El plano debe incluir las dimensiones requeridas para presentación a escala al cliente.

Debe de entregarse una copia de cada plano tanto al equipo de ingeniería como al cliente.

### 3.13. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN

#### 3.13.1 PROCESO DE OBRA CIVIL

#### 3.13.2 CONSTRUCCIÓN DE SITIOS DE CELDA

Antes de la construcción de los sitios de celda es necesario contar con los planos correspondientes que identifiquen medidas y ubicación de la torre o donde se coloquen las antenas de BTS, cableado, instalación eléctrica y sistema de tierras. También, debe de especificarse si es necesaria la instalación de aire acondicionado para el sitio.

La construcción del sitio conlleva las siguientes actividades:

- Fundición de la plataforma para la instalación del BTS.
- Fundición de la base para la torre.
- Instalación eléctrica.
- Instalación de la torre
- Sistema de cableado del BTS a las antenas.
- Protección y aislamiento de todas las conexiones.
- Instalación del sistema de tierras
- Instalación de la antena de GPS.
- Instalación de la luz de navegación
- Protección del sitio.

### **3.13.3 CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL**

También debe desarrollarse el proceso de construcción de la central donde se lleva a cabo el proceso de control de las llamadas. El equipo de construcción debe de proveer un lugar adecuado para:

- Área de BSM.
- Área de BSC.
- Área de MTX.

Además debe de encargarse de la colocación de cada uno de estos equipos en la ubicación asignada. También debe hacerse cargo de la instalación de aire acondicionado de ser necesario, instalación de energía eléctrica e iluminación, sistema de escalerilla para el enrutamiento de los cables de conexión entre equipos, así como la protección del lugar.

Todas estas actividades de construcción pueden ser llevadas a cabo por medio de la contratación de los servicios de una tercera compañía que esté en condiciones de cumplir con las especificaciones y normas, tanto del cliente como del proveedor.

Al final del proceso de construcción debe llevarse a cabo una sesión de verificación en el que participen la empresa constructora, la proveedora del equipo y el cliente, para asegurar que cada sitio cuenta con las condiciones adecuadas para la instalación y funcionamiento del equipo.

### 3.13.4. INSTALACIÓN DEL EQUIPO EN LOS SITIOS DE CELDA

El equipo de instalaciones se encarga de interconectar todos los módulos y tarjetas en cada BTS. Existen cinco módulos principales a instalar en el BTS:

FRM,	Módulo de Radio
CEM,	Módulo de Elementos de Canal
CM,	Módulos de Control
CORE,	Módulos de Fuentes de Configuración

GPSTM, Módulos de Sincronización del Sistema de Posicionamiento Global, la BTS, puede ser instalado en una configuración para interiores y exteriores.

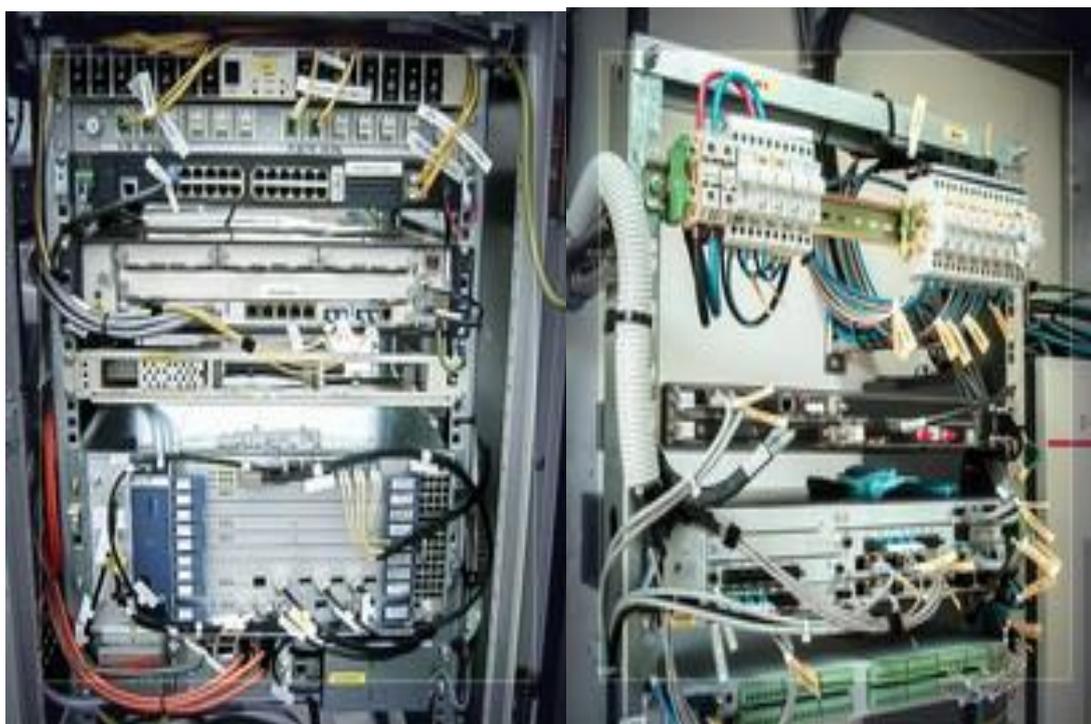


IMAGEN 2. BtsCDMA

Fuente: Fotografías capturadas por la Autora

Si el BTS cuenta con una configuración para interiores, el equipo de construcción debe encargarse de la construcción de los ambientes en que se colocarán los BTS.

### 3.13.5 INSTALACIÓN DEL EQUIPO EN LA CENTRAL

El equipo de instalaciones se encarga, también, de instalar el equipo de la central. Debe de realizar las interconexiones entre el BSM, BSC y MTX, y además realizar las conexiones necesarias dentro de cada módulo del BSC y MTX.

El MTX cuenta generalmente con los siguientes módulos:



IMAGEN 3. MTX

**Fuente:** Fotografías capturadas por la Autora

MPDC: Centro de Distribución de Energía.

SLM: Módulo de Carga del Sistema.

CM: Módulo de Computación.

DTC: Controlador Digital.

LPP: Procesador de enlace periférico.

IOC: Controlador de Entradas y Salidas.

ENET: Sincronizador de la Red.

MTD: Disco Magnético.

STM: Módulo de Servicio.

MAP: Terminal de Mantenimiento y Administración.

Y otros módulos específicos de cada proveedor.

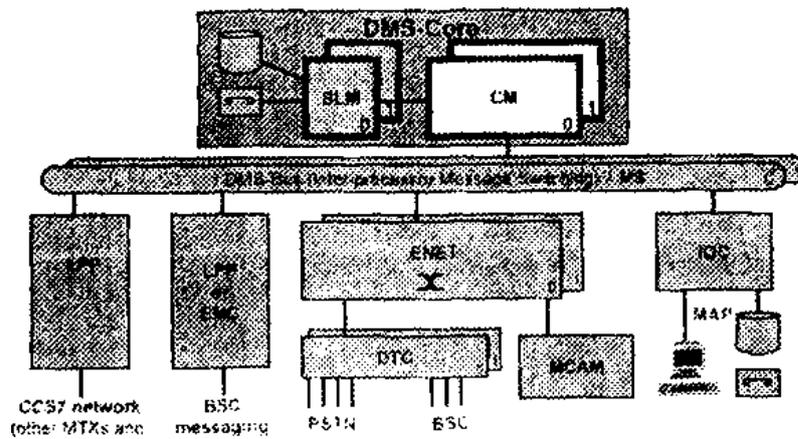


IMAGEN 4. Diagrama de Bloques del MTX

Fuente: Gardella, J. {2008}. vacias tecnologías CDMA 450

El BSC cuenta generalmente con los siguientes módulos

GPSR Receptor de GPS

SBS: Subsistema Selector de Elementos de Canal

TFU: Unidad de Frecuencia y Sincronización

DISCO: Consolidador y Distribuidor de Datos

CDSU: Unidad de Servicio de Datos de Canal

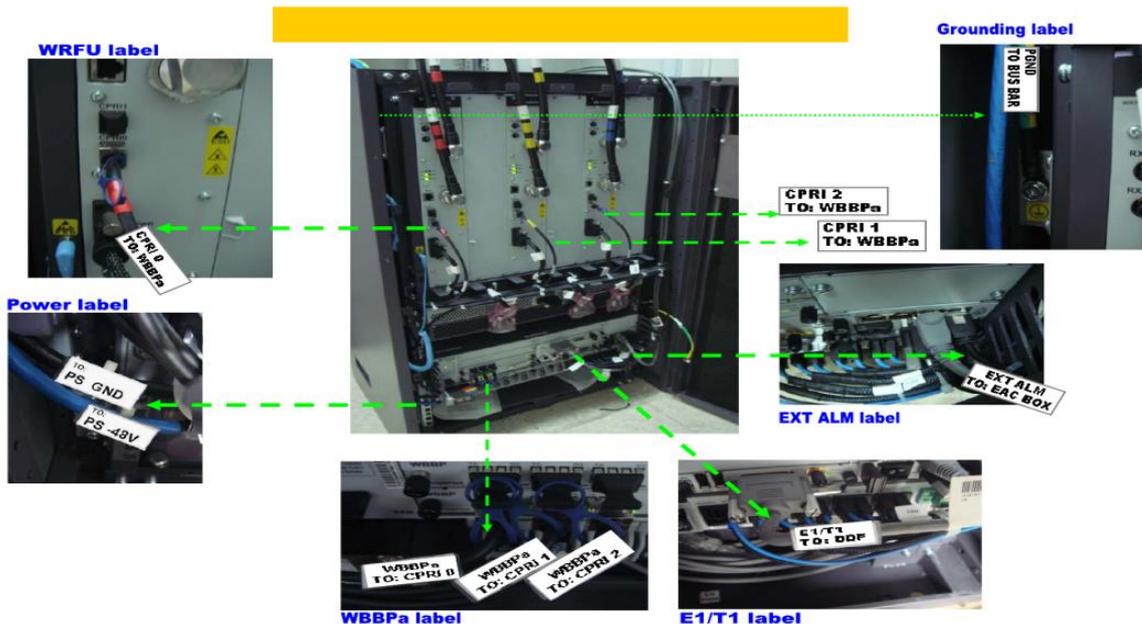


IMAGEN 5. Estructura de BSC y BSM

Fuente: Fotografías capturadas y editada por la Autora

El BSM debe de estar interconectado directamente con el BSC, ya que es la estación donde se controlan los parámetros de las celdas que están relacionadas con el mismo.

También, en esta parte de la instalación debe realizarse una sesión de chequeo para verificar que todas las partes hayan sido instaladas y están listas para funcionar adecuadamente.

### **3.14. PUESTA EN SERVICIO**

Antes de poner la red en servicio, el equipo de construcción debe realizar una visita a cada sitio para verificar que todas las conexiones hayan sido realizadas adecuadamente, debidamente aisladas y protegidas contra la humedad. De no ser así, puede esperarse que el equipo no funcione de la manera adecuada hasta el punto de no procesar llamadas. Además, si las conexiones no son aisladas y protegidas debidamente, esto provocará el deterioro de los conectores, cables y hasta del equipo, lo cual producirá, a la vez, deterioro del funcionamiento y rendimiento del equipo.

El equipo de ingeniería debe de generar una base de datos para cada sitio que incluye información de cada uno de sus sectores y portadoras referente a:

- Ubicación en el BSC y MTX.
- Nombre y número de identificación del sitio.
- Tipo de BTS.
- Coordenadas de ubicación del sitio.
- Número de sectores.
- Canales y puertos asignados.
- Frecuencia de operación
- PN por sector.
- Lista de sectores vecinos, con los que interactuará cada sector.
- Parámetros de ganancia de los diferentes canales.
- Configuración y tipo de antena

Esta base de datos debe ingresarse y actualizarse en el BSM, para que se pueda tener la interacción entre la celda y la central.

Además, el equipo de optimización debe verificar que las antenas estén debidamente configuradas.

- **Altura:** la altura de colocación de las antenas debe coincidir con la altura a la que fue diseñado el sitio.
- **Inclinación:** debe verificarse que la inclinación de cada antena coincida también con la inclinación del diseño; esto se realiza con la ayuda de un inclinómetro.
- **Orientación:** las antenas deben de estar apuntando hacia la dirección para la que fueron diseñadas; esta medición puede realizarse con la ayuda de una brújula. Además, debe verificarse que las antenas que corresponden al mismo sector estén orientadas paralelamente.



**IMAGEN 6:** Verificación De Antenas

**Fuente:** Fotografías capturadas por la Autora



**IMAGEN 7.** Verificación De Cableado

**Fuente:** Fotografías capturadas y editada por la Autora

Si la verificación de la configuración de las antenas no se realiza antes de la puesta en servicio del sitio, dada la probabilidad que la configuración inicial no sea la correcta, el área de cobertura puede ser modificada negativamente. Uno de los problemas que resultarán como consecuencia de lo mencionado es que el área de cobertura del sitio en el momento de la puesta en servicio sea mucho menor a la esperada y, por lo tanto, la completación de llamadas para el sitio sea muy baja o bien que se experimente la caída de un gran porcentaje de las llamadas iniciadas.

Otro problema que puede darse es que al momento de poner en servicio el sitio se tenga cobertura en áreas no esperadas y en el momento de la correcta configuración del sitio se pierda la cobertura en esas áreas y por lo tanto los usuarios que ya operan en ese lugar dejen de recibir el servicio, lo cual ocasionará problemas entre usuario y proveedor.

Por lo tanto, debe de documentarse todos los datos, tanto de la configuración encontrada en el sitio, como de la configuración final del mismo.

También el equipo de instalaciones debe visitar cada sitio para verificar que cada parte del equipo este en buenas condiciones y llevar a cabo pruebas de medición de la pérdida de los cables, que interconectan las antenas con el equipo. Debe de realizarse una medición detallada de la pérdida que se produce en el cable en todo el rango de frecuencias en que operara la red.

Debe de medirse la pérdida de potencia en cada cable, ya que si la pérdida de los cables es mayor a lo esperado, los niveles de recepción y el área de cobertura serán afectados negativamente, lo cual provocará que la red tenga un desempeño pobre.

Cuando ya todo está conectado adecuadamente deben de realizarse pruebas de procesamiento de llamadas, asegurándose de que pueden generarse y recibirse llamadas en cada sector de los sitios.

### **3.15. ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS A UTILIZAR BTS3606 Y ANTENA MICROONDA HUAWEI**

Esta versión (V200R002) se desarrolla sobre la base de V200R001. Puede soportar la transmisión (simultánea de voz y datos), CDMA 1X EV-DO, BCMCS, e inter QoS. El software de esta versión también se puede utilizar en BTS3612.

El sistema de Huawei CDMA2000 1X se compone de los siguientes elementos de red (NES):MS,CBSS, CNSS, y M2000.

El BTS transmite y recibe señales de radio para realizar la comunicación entre el sistema de radio y MSs.

El interior BTS3606 soporta los estándares CDMA2000 1X y CDMA2000 1xEV-DO. La capacidad máxima de un solo gabinete BTS3606 es de seis compañías del sector. Mediante el uso de módulos de múltiples, un solo gabinete BTS3606 tiene una capacidad máxima de 18 compañías del sector. El gabinete BTS3606 cumple con las especificaciones de IEC297.

### **Características**

- Soporta estándares tanto CDMA2000 1X y 1xEV-DO.
- Soporta alta potencia y la cobertura de gran capacidad usando vehículos de diferentes frecuencias para un solo sector.
- Adopta el diseño de fondo de recursos para mejorar la utilización de los recursos de hardware y capacidad de tolerancia de error del sistema.
- Adopta la tecnología digital de frecuencia intermedia (IF) para mejorar la Soporta la combinación de gabinetes que utilizan fibras ópticas.
- Soporta inserción mixta de portadores diferente de banda en el mismo gabinete.
- Soporta transmisión IP a través de la interfaz Abis.
- Soporta transmisión de microondas.

### **Especificaciones Técnicas**

Cuenta con una tasa de transmisión de datos, lo que le permite brindar servicio EVDO. Su tecnología hace que se aumente su capacidad de abonados de E1 o T1. La interfaz Abis soporta hasta 240 canales de o por un E1, permitiendo de esta manera un ahorro de hasta el 68% del ancho de banda, permitiendo reutilizar los recursos existentes.

En la siguiente tabla se describen sus especificaciones técnicas:

**TABLA 31.** Especificaciones técnicas BTS3606

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
<b>Frecuencia de Operación</b>	450MHz
<b>Máxima Potencia de Transmisión (modo mono –canal)</b>	20 W
<b>Sensibilidad de Recepción</b>	Mejor que -127 dBm
<b>Ancho de banda de canal</b>	1.23 MHz
<b>Precisión de canal</b>	25 KHz, 20 KHz
<b>Transmisión</b>	E1/T1
<b>Suministro de Energía</b>	-48VDC / +24VDC
<b>Eficiencia PA</b>	33 %
<b>Dimensiones</b>	700*480*600mm
<b>Peso</b>	85Kg

**Fuente:** Huawei CA

## **ANTENA PARA MICROONDA**

- **Huawei RTN 620**

La interfaz aérea del RTN 620 admite un canal de ancho de banda de 7 MHz a 56 MHz y el modo de modulación QPSK a 256 QAM. La interfaz aérea TDM puede ser configurada en forma flexible de 4E1 a 75E1; el throughput del servicio nativo de Ethernet también puede ser configurado en forma flexible de 10 Mbit/s a 400 Mbit/s.



**IMAGEN** Antena RTN 620

**Fuente:** Huawei CA.

Con el diseño de direcciones de un solo dispositivo de radiofrecuencia múltiple y equipos de microondas de networking, el OptiX RTN 620 proporciona un networking más flexible en forma de anillo (PDH/SDH-Ring) y una cross conexión completa de intervalos de tiempo en toda dirección disponible. Con la prestación de servicios y ajustes rápidos, el OptiX RTN 620 disminuye la cantidad de bastidores DDF, de conectores externos de cable y de unidades de interfaz de servicio IDU, mientras que se omiten los equipos externos de ADM.



**IMAGEN.** Etiqueta Antena RTN 620

**Fuente:** Huawei CA.

La antena RTN 620 tiene las siguientes características técnicas:

**Ganancia**

40.8[dBi]

**Impedancia**

60 [ohm]

**Frecuencia de trabajo**

21.2 – 23.6 Ghz

### 3.16. PARÁMETROS DE INSTALACIÓN EQUIPO TERMINAL

Se debe tratar dentro de lo posible que se cumplan los siguientes valores para las instalaciones de tipo indoor:

Se recomienda que si el valor de RSSI es mayor que  $-84$ , es decir, valores como  $-70$  o  $-60$  se utilice antena indoor, en otro caso, se debe utilizar antena outdoor.



IMAGEN 8. Equipos y antenas terminales

**Fuente:** Fotografías capturadas y editada por la Autora

## CAPÍTULO IV

### 4. PRUEBAS DE DISEÑO

En este capítulo se tienen los resultados obtenidos por las simulaciones realizadas en radio mobile, en base a los parámetros establecidos en el tercer capítulo además de los datos que se levantaron del terreno.

#### 4.1. LEVANTAMIENTO DE PUNTOS REFERENCIALES

Después de haber realizado el levantamiento georáfico de los lugares a intervenir se obtienen los siguientes datos.

LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTURA msnm
El Chispo	00 <sup>o</sup> 37' 24" N	78 <sup>o</sup> 17' 19" O	2905
Buenos Aires	00 <sup>o</sup> 41' 2,8" N	78 <sup>o</sup> 16' 10" O	2368,6
La Belleza	00 <sup>o</sup> 45' 30" N	78 <sup>o</sup> 14' 46" O	1404

Se debe tomar algunas consideraciones para poder tener conectividad a la red de la CNT.EP, en este caso se debe realizar el enlace entre El Chispo y Buenos Aires siendo esta una repetidora que se enlasara a la Belleza debido a que no se tiene línea de vista directa entre la Belleza y El Chispo.

Se utilizará teléfonos móviles que funcionen a frecuencias de 450 Mhz, los mismos que serán usados por los bonados.

Para la simulación de los enlaces se utilizará el software radio mobile, así se probará el diseño de la red.

#### 4.2. ENLACE LA BELLEZA – CERRO BUENOS AIRES

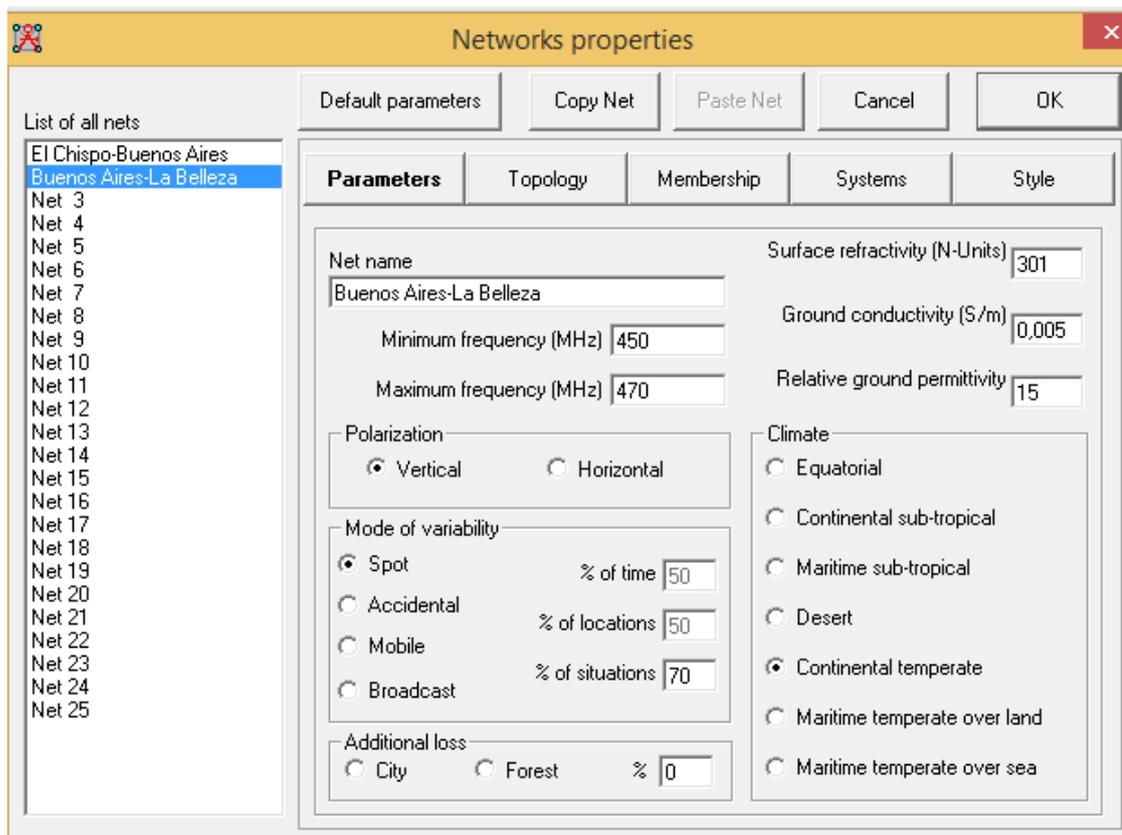
Este enlace sirve para poder tener una puerta de salida a la red de la CNT. EP, debido a que se ubicará una reptidora en el cerro Buenos Aires.

***Los parmetros para el enlace son:***

Frecuencia mínima = 450 Mhz

Frecuencia máxima = 470 Mhz

Polaridad horizontal

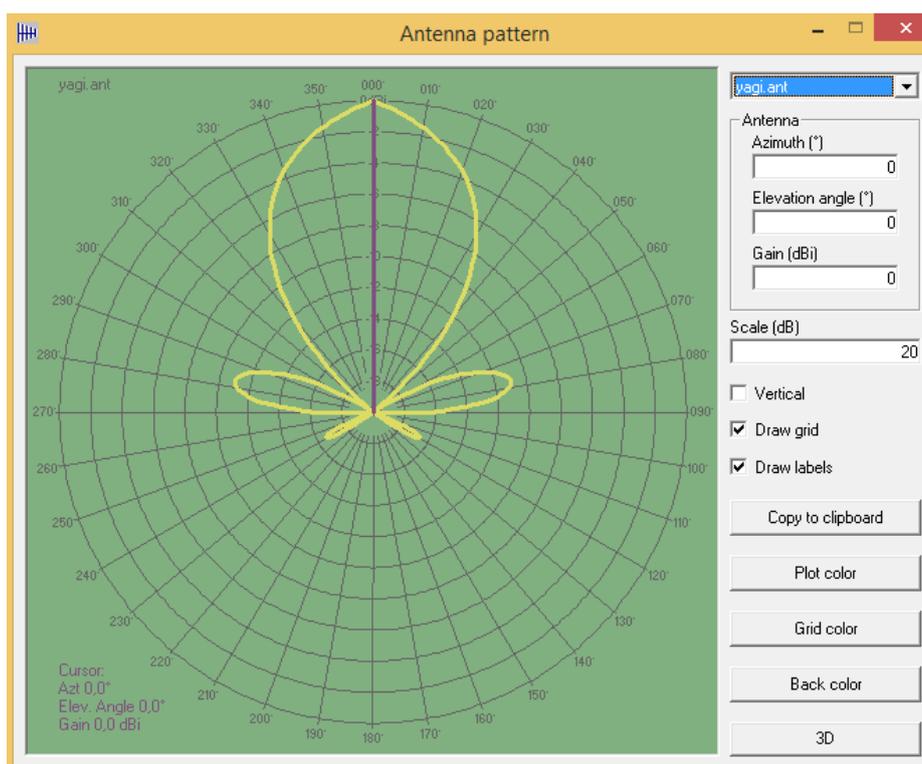


**IMAGEN 9.** Propiedades de la red

**Fuente:** simulación radio mobile –la autora

En la imagen de la parte superior se puede ver la puerta de enlace a la red de la CNT.EP, que en este caso es La Belleza, además se configuró las frecuencias correspondientes para su correcto funcionamiento.

El patrón de la antena en la repetidora del cerro de El Chispo, es sectorial como se muestra en la siguiente imagen.



**IMAGEN 10.** Antena El Chispo

**Fuente:** simulación radio mobile –la autora

### **Especificaciones Técnicas en los Terminales**

Los equipos terminales que vienen a ser el fin del enlace cuando esta donde el abonado, tienen las siguientes especificaciones técnica: potencia de transmisión 27 dbm, umbral de recepción de -118 dbm, pérdidas establecidas por los medios de transmisión de 2db.

Se usará antenas omnidireccionales debido a la ubicación del abonado por el lugar en el que se encuentre su vivienda y deberá comunicarse con la antena sectorial tanto de BUENOS Aires como el Chispo.

La ganancia de la antena es de 11 dbi, a una altura estimada de 1 metro debido a la infraestructura de las viviendas.

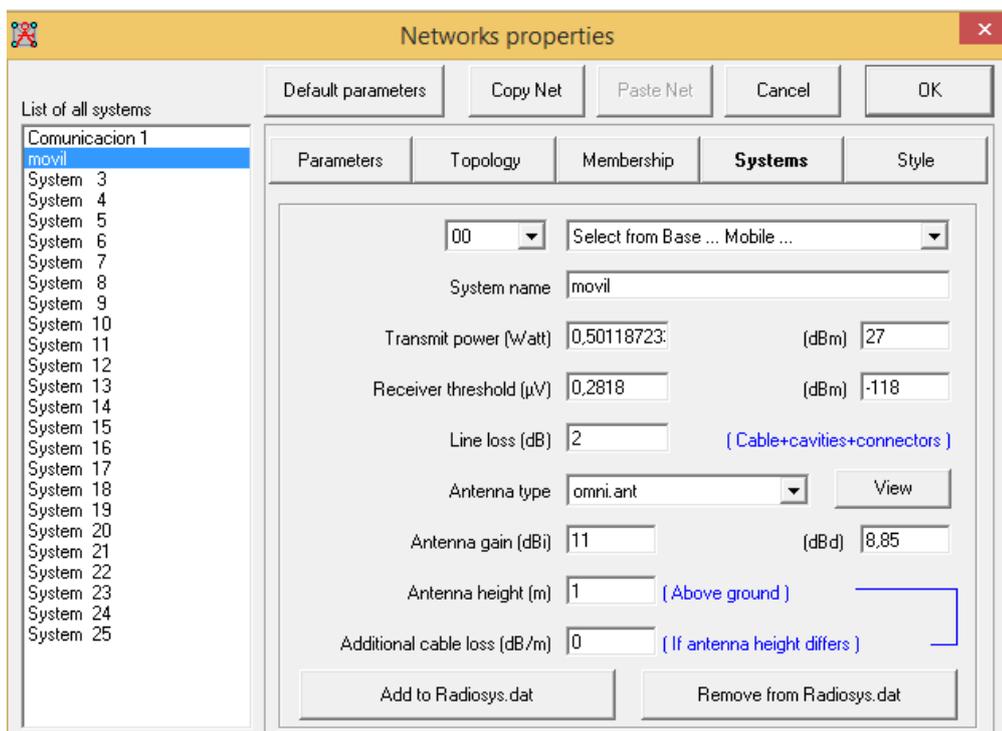
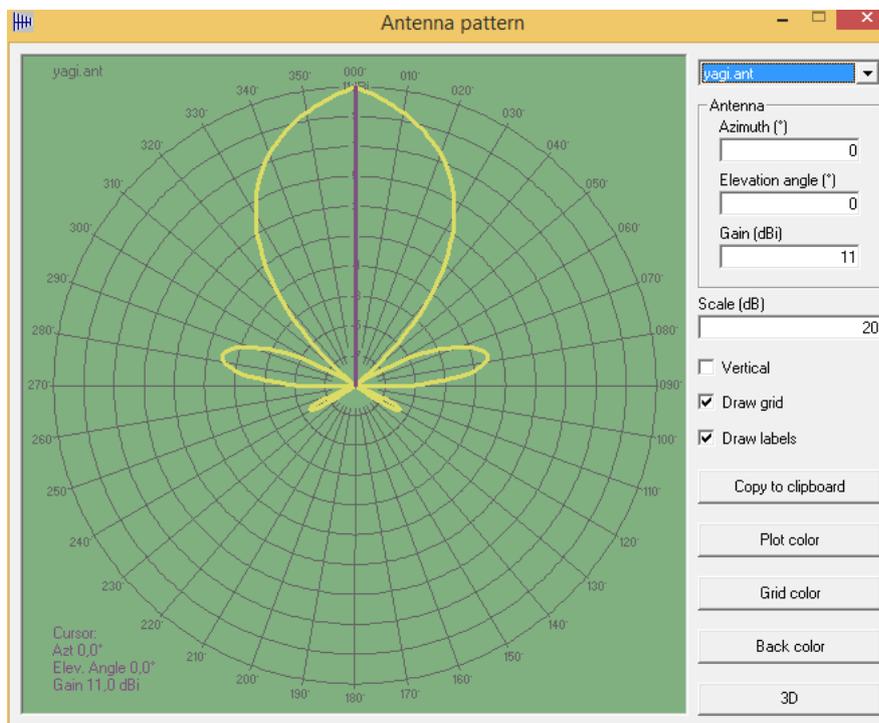
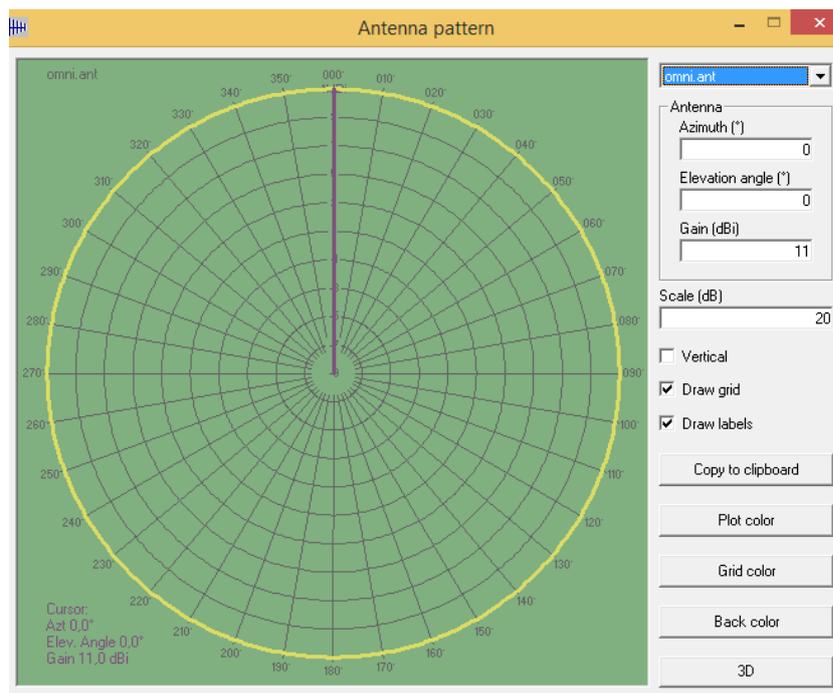


IMAGEN 11. Especificaciones técnicas móviles

Fuente: simulación radio mobile –la autora



a)



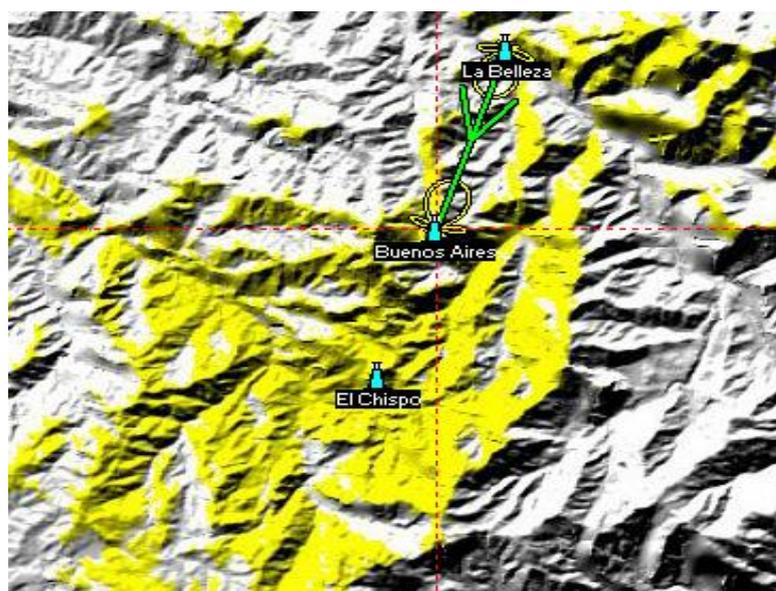
b)

**IMAGEN 12.** a) Antena de 11dB, b) antena de 2.5 dB

**Fuente:** simulación radio mobile –la autora

### 4.3. ENLACES A REALIZAR

#### 4.3.1. LA BELLEZA – CERRO BUENOS AIRES



**IMAGEN 13.**La Belleza-Buenos Aires

**Fuente:** simulación radio mobile –la autora

#### 4.3.2. ENLACE BUENOS AIRE-EL CHISPO



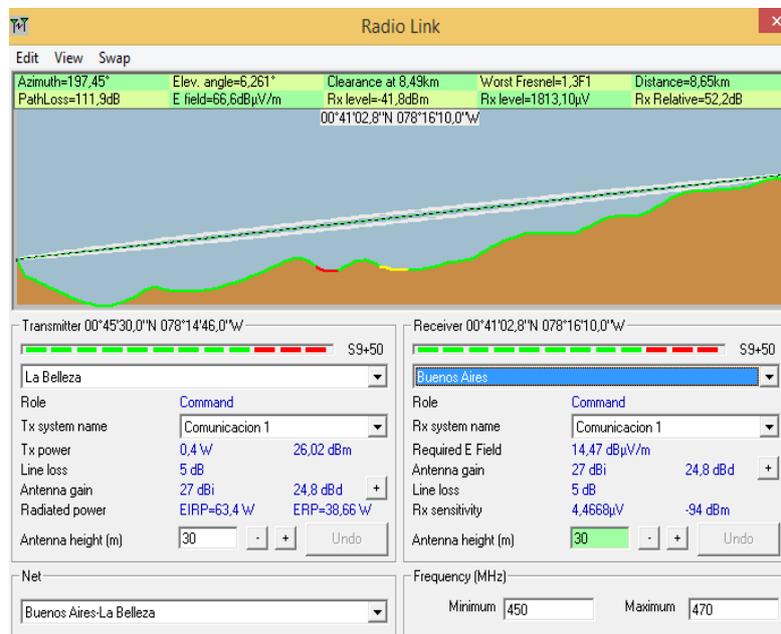
**IMAGEN 14.** Buenos Aires-El Chispo

**Fuente:** simulación radio mobile –la autora

En las figuras anteriores en las que podemos observar los dos enlaces a realizarse para poder llegar desde el Chispo a la red de salida de la CNT. EP, ubicada en La Belleza, podemos verificar que hay pérdidas debido a que se tienen obstrucciones geográficas, por lo cual se colocaran las antenas en ambos puntos a una altura de 30 metros.

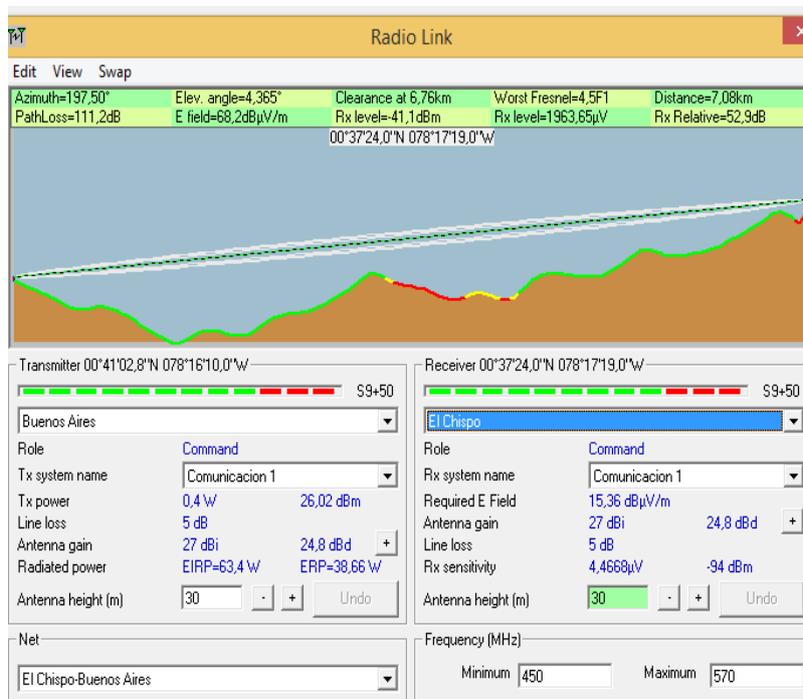
## 4.4. PRUEBA DE ENLACES

### 4.4.1. PRUEBA 1. CERRÓ BUENOS AIRES- RECEPTORA LA BELLEZA



**IMAGEN 15.** Enlace de la Belleza Buenos Aires

Fuente: simulación radio mobile –la autora



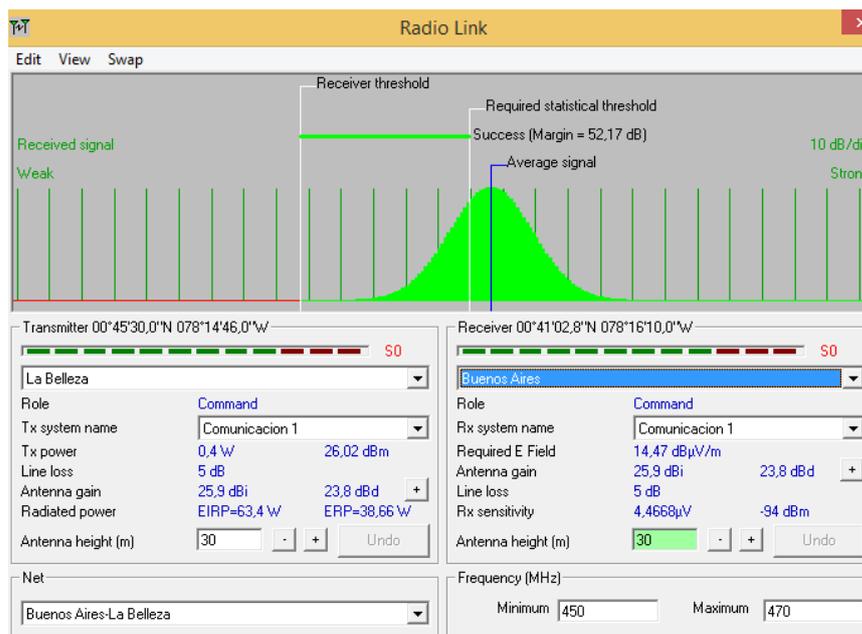
**IMAGEN 16.** Enlace Buenos Aires-El Chipo

Fuente: simulación radio mobile –la autora

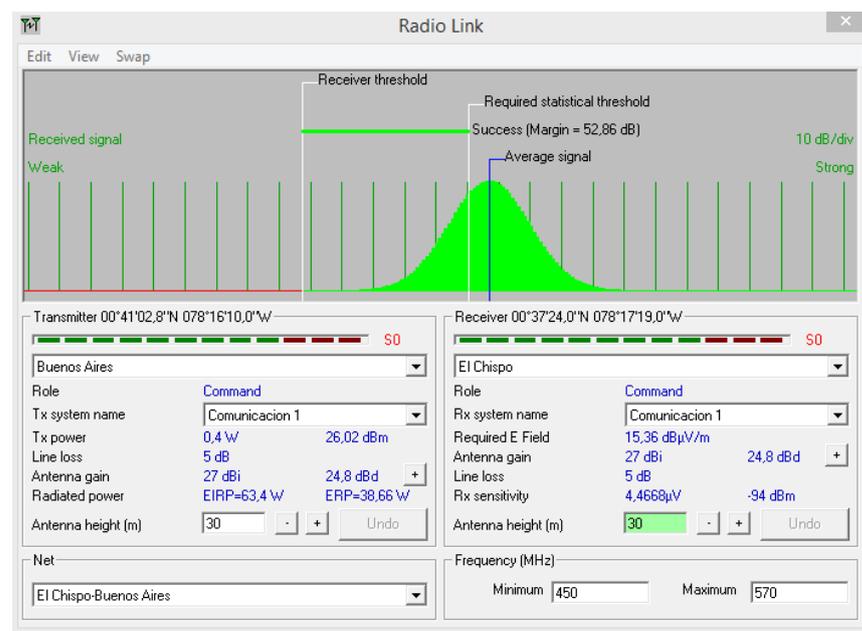
## Resultado

Teniendo en cuenta el perfil de los dos enlaces se ve claramente que es factible el enlace entre la tres localidades, por su línea de vista despejada, la potencia de recepción de 52,9 dB es el resultado de muchos factores.

A continuación podemos observar como se distribuye la señal en los dos enlaces.



a)



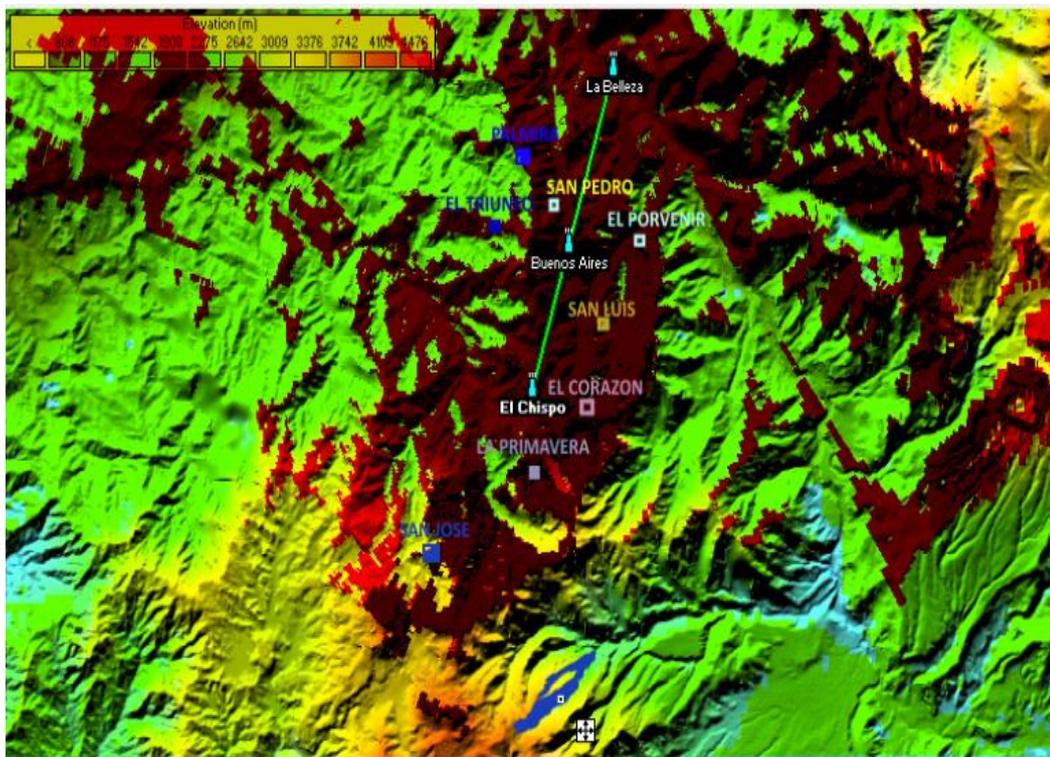
b)

**IMAGEN 17.** Distribución de la señal

**Fuente:** simulación radio mobile –la autora

#### 4.5. COBERTURA

Con la ayuda del software radio mobile podemos ver como esta distribuida el área de cobertura sobre la carta geográfica de interés en este proyecto.



**IMAGEN 18.** Zona geográfica de cobertura

**Fuente:** simulación radio mobile –la autora

En la imagen superior se puede identificar de color rojo el área de cobertura de nuestra red, la cual cubre las comunidades de la Parroquia de la Merced de Buenos Aires y sus alrededores.

Después de realizar un análisis de la parte realizada en radio mobile y los cálculos matemáticos se llega a la conclusión que el enlace es factible, siempre y cuando se ponga una repetidora adicional para llegar hacia el Chispo.

## CAPÍTULO V

### 5 ANÁLISIS DE COSTOS

#### 5.1. COSTOS ACTUALES DE LOS EQUIPOS CDMA 450 EN EL MERCADO DE LAS TELECOMUNICACIONES.

Para proceder a llegar a estimar el presupuesto de la implementación de la red inalámbrica CDMA 450, diseñada es necesario contar con las ofertas reales presentadas en los concursos de contratación en el mercado ecuatoriano. Los costos presentados en esta sección corresponden a datos económicos otorgados por la empresa ofertante a nivel nacional.

A continuación se presentan una estimación de costos de equipos que corresponden a costos referenciales proporcionados por la empresa Huawei referente al despliegue de la tecnología Cdma 1x-EVDO en la banda de los 450 Mhz, según los requerimientos del proyecto.

Los costos pueden variar dependiendo del proveedor de esta tecnología, además va a depender de los equipos y sobre todo si se encuentran en licitación de este tipo de proyectos.

Los costos de los equipos necesarios para el presente proyecto se muestran en la siguiente tabla.

**TABLA 32.** Costos de equipos cdma ofrecidos por la empresa Huawei.

<b>EQUIPO</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>PRECIO (USD)\$</b>
Estación Base	Huawei	BTS3606C	157.922,42
Humper BSC	Huawei	Huper BSC6680	50.104,00
Rack de WM	Huawei	APM200	2.619,62
Terminales del suscriptor	Huawei	indoor / outdoor	835
Mantenimiento Preventivo			0
<b>Equipamiento de Energía DC</b>			
Rectificadores	EMERSON	PS48600	6.646,15
Banco de baterías	COSLIGHT	6GFMZ	2.688,64
Repuestos			322.409,76
Licenciamientos			481.000,0
Para Gabinetes			18.902,70
Expansiones			9.250,00
<b>Entrenamiento</b>			
Local			19.000,00
Fábrica			26.000,00
Sistema de Gestio	Huawei	M200 Y AP Manager	271.797,91
Software de Planeación	Huawei		50.000,00
Controlador de estaciones	Huawei	WASN9770	181.863,66
<b>Otros</b>	Servidor AAA Servidor DNS y DHCP		190.249,00
			64.472,00
<b>EQUIPOS TERMINALES</b>			
Terminal de voz y datos	Huawei	Wireless Gateway Evdo	20.560,00
<b>Subtotal</b>			<b>1'876.320,86</b>
<b>Imprevistos (10%)</b>			187.632,09
<b>TOTAL</b>			<b>2'063.952,95</b>

## 5.2. COSTOS DE INGENIERÍA

Algo que se debe tener en cuenta es el pago al personal encargado de realizar el levantamiento de la información correspondiente al estudio de campo dentro de la zona de cobertura que posteriormente se encargara de realizar el diseño de la red.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Los costos referenciales de los equipos fueron enviados al correo personal el 1 de agosto de 2014.

Se debe tener en cuenta que el estudio de campo consta de la verificación de la infraestructura existente de telecomunicaciones, accesibilidad a los sectores y a las repetidoras, posteriormente se debe tomar datos con los que se pueda realizar el diseño.

En lo referente al diseño de transmisión este comprende dos campos que son la situación actual y la demanda futura, además de la realización de mapas, esquemas de la red, selección de equipos entre otros aspectos relevantes para el diseño de la red.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente se presentan en la siguiente tabla los costos e ingeniería.

**TABLA 32.** Costos de ingeniería

<b>FUNCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Estudio de Campo Por Localidad	1	500,00
Estudios de suelo	2	12.000,00
Diseño del Sistema de Transmisión	1	10.000,00
Obra civil	2	17.920,00
<b>Costos Totales</b>		<b>40.420,00</b>

**Fuente:** Investigación la autora

### **5.3. COSTOS TOTALES DE IMPLEMENTACIÓN**

Una vez determinados los costos de los equipos y los costos de ingeniería se presentan los costos totales de implementación del sistema de transmisión cdma 450 para la parroquia de La Merced de Buenos Aires.

**TABLA 33.** Costos totales de implementación.

Descripción	Costos
Costos de Equipos	2'063.952,95
Costos de Ingeniería	40.420,00
<b>Costo Total</b>	<b>2'104.372,95</b>

Fuente: Autora

#### 5.4. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En el desarrollo de cualquier proyecto, es fundamental realizar la evaluación del mismo para determinar la viabilidad de la implementación de acuerdo a su rentabilidad.

Se debe considerar la evaluación económica en este tipo de proyectos tomando en cuenta los desembolsos e ingresos es decir determinar el flujo de caja que se tendrá en el periodo de 10 años que es la vida útil, lo que permitirá determinar si el proyecto es rentable o no.

##### 5.4.1. PLANES TARIFARIOS

Los planes tarifarios que deben cancelar los clientes para acceder al sistema de internet con los impuestos por la CNT.EP.

En la siguiente tabla podemos observar el plan de tarificación mediante suscripción que presenta la CNT.EP, haciendo énfasis en las velocidades requeridas.

**TABLA 34.** Plan tarifario.

Tipo de Plan	Costo Mensual	Inscripción	Velocidad de Subida	Velocidad de Bajada
EVDO Empresarial	35	50	1 Mbps	4 Mbps
EVDO Hogar	18	50	1 Mbps	2 Mbps
EVDO Social Premiun	10	20	1 Mbps	1 Mbps

Fuente: CNT. EP.

En lo referente al servicio de voz la suscripción es de 60 dolares y una pension básica de 6.20 dólares por lo cual su costo mensual dependerá del consumo que cada cliente realice el mismo que se sumará a la pensión básica, según algunos sondeos el aproximado es de 15 dólares mensuales.

#### 5.4.2. INGRESOS GENERADOS POR SERVICIOS DE VOZ E INTERNET

Los ingresos que generarán los servicios de voz e internet son los siguientes:

El sistema de transmisión cdma 450 contará con 243 clientes en el servicio de voz, generando un ingreso anual de:

$$243 \text{ abonados} * \frac{15}{\text{mes} * \text{abonado}} * 12 \text{ mese} = 43740 \text{ dólares}$$

El servicio de internet contará con 14 abonados los cuales podrían acceder al plan EVDO Hogar teniendo un ingreso anual de:

$$14 \text{ abonados} * \frac{18}{\text{mes} * \text{abonado}} * 12 \text{ mese} = 3024 \text{ dólares}$$

Cabe tomar en cuenta que los servicios de voz e internet generan un ingreso adicional por inscripción:

$$243 \text{ abonados} * \frac{60}{\text{abonado}} = 14580 \text{ dólares}$$

$$14 \text{ abonados} * \frac{50}{\text{abonado}} = 700 \text{ dólares}$$

#### 5.5. ESTUDIO FINANCIERO

En esta parte se encuentra toda la información financiera como: inversiones, ingresos, costos, gastos, los cuales son la base para aplicar la respectiva evaluación y determinar si el proyecto es factible, cuyos resultados ayudan a la correcta toma de decisiones, para lo cual se tomará en cuenta algunos evaluadores de viabilidad.



### 5.5.2. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Se denomina como valor actual neto al valor que tenga una inversión en el momento cero del proyecto. Para lo cual se descuentan todos los ingresos y egresos a una determinada tasa de rentabilidad, el VAN representa las expectativas de retorno depositadas en el proyecto con la cual se tiene un monto en dólares que representa la rancia que se podrá tomar por adelantado al momento de iniciar el proyecto.

Por lo dicho anteriormente, una determinada tasa de rentabilidad es un factor importante en el cálculo del VAN. En el presente proyecto se ha tomado una rentabilidad del 17,89 % establecida por la CNT.EP.

La fórmula que se presenta a continuación permite realizar el cálculo del VAN en el presente proyecto.

$$VAN = \sum_{t=1}^{10} \left[ \frac{FC}{(1+i)^t} \right] - I_0$$

t= tiempo de vida del proyecto

FC= flujo de caja

i= tasa de rentabilidad de la empresa

lo= inversión inicial

A continuación se indican los valores que el presente proyecto tomará para la determinación del VAN.

t= 10 años

FC= \$ 62.044,00 en el año 1 y \$ 46.764,00 a partir del año 2.

i= 17.89 %

lo= \$ 2.104.372,95

$$VAN = \frac{62.044,00}{(1 + 0,1789)^1} + \sum_{t=2}^{10} \left[ \frac{46.764,00}{(1 + 0,1789)^t} \right] - 2'104.372,95$$

$$VAN = \$ - 1.889.444,68$$

El valor positivo del VAN nos permite saber si un proyecto es viable debido a que genera más efectivo del necesario para el reembolso del capital invertido , pero en este caso el valor del VAN es negativo lo cual indica que no existe una recuperación del capital invertido inicialmente, llegando de esta manera a la conclusión de que el proyecto no es viable económicamente por que no se puede tener una rentabilidad del 17,89% , generando una pérdida de  $-1.351.326,02$  con lo cual la CNT.EP, no tendría beneficio del proyecto.

### 5.5.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

El TIR representa la tasa de interés efectiva del proyecto, es el máximo interés que se puede pagar por el financiamiento total de un proyecto. Con esta tasa de interés y con los ingresos generados del proyecto no se generarían pérdidas ni ganancias. El TIR se calcula con la siguiente fórmula.

$$0 = \sum_{t=1}^{10} \left[ \frac{FC}{(1 + TIR)^t} \right] - I_o$$

t= tiempo de vida del proyecto

FC= flujo de caja

Io= inversión inicial

A continuación se indican los valores que el presente proyecto tomará para la determinación del VAN.

t= 10 años

FC= \$ 62.044,00 en el año 1 y \$ 46.764,00 a partir del año 2.

Io= \$ 2.104.372,95

$$0 = \frac{62.044,00}{(1 + TIR)^1} + \sum_{t=2}^{10} \left[ \frac{46.764,00}{(1 + TIR)^t} \right] - 2.104.372,95$$

$$TIR = -20,77\%$$

El valor porcentual obtenido de 20,77 % del TIR, nos indica que el proyecto no es rentable ni viable para la CNT.EP, ya que este valor es inferior a la tasa de rentabilidad esperada de 17,89 %.

#### 5.5.4. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

El PRI, permite identificar la liquidez de un proyecto, así como el riesgo de la inversión del mismo, ya que con un fácil cálculo se mide el tiempo de recuperación de la inversión. El periodo de recuperación de la inversión se puede calcular con la siguiente expresión.

$$PRI = \# \text{ de años anteriores a la recuperación total} + \frac{\text{costo anual no recuperado}}{\text{flujo de caja durante el año}}$$

El número de años anteriores a la recuperación se los obtiene sumando los flujos de caja, desde el año cero hasta cuando la suma nos dé un valor positivo. El año anterior al que nos dio el valor positivo es él el que representará a los años anteriores a la recuperación total.

En el presente proyecto, el valor positivo lo representa en el año 34 por lo que el número de años anteriores a la recuperación total son 33 años como se puede ver a continuación.

<b>Año 0</b>	<b>-2.104.372,95</b>
Año 1	62044
Año 2	46764
Año 3	46764
Año 4	46764
Año 5	46764
Año 6	46764
Año 7	46764
Año 8	46764
Año 9	46764
Año 10	46764
Año 11	46764
Año 12	46764
Año 13	46764
Año 14	46764

Año 15	46764
Año 16	46764
Año 17	46764
Año 18	46764
Año 19	46764
Año 20	46764
Año 21	46764
Año 22	46764
Año 23	46764
Año 24	46764
Año 25	46764
Año 26	46764
Año 27	46764
Año 28	46764
Año 29	46764
Año 30	46764
Año 31	46764
Año 32	46764
Año 33	46764
Año 34	46764
Año 35	46764
Año 36	46764
Año 37	46764
Año 38	46764
Año 39	46764
Año 40	46764
Año 41	46764
Año 42	46764
Año 43	46764
Año 45	46764
Año 46	46764
<b>SUMA</b>	<b>15.287,95</b>

El costo acumulado no recuperado se obtiene sumando los flujos de caja, desde el año cero hasta el año anterior de la recuperación total. En el presente proyecto, el costo acumulado no recuperado se lo obtiene sumando, los flujos de caja desde el año cero hasta el año 45, tal como se puede ver a continuación.

**TABLA 36.**Costo acumulado.

<b>Año 0</b>	<b>Año 1 al Año 45</b>	<b>SUMA</b>
<b>-2'104.372,95</b>	2'119.660,00	-15.287,95

**Fuente:** Autora

Con los valores obtenidos anteriormente, es posible determinar el período de recuperación de la inversión, tal como se observa a continuación.

$$PRI = 45 + \frac{15.287,95}{62.044,00}$$

$$PRI = 45.27$$

El valor del PRI obtenido, representa que los flujos de caja en 45 años, 3 meses y 7 días, sobrepasaran los costos generados por la implementación del proyecto. Siendo por lo tanto un proyecto no rentable para la CNT.EP.

## **5.6. RELACIÓN COSTO – BENEFICIO (B/C)**

La relación costo beneficio, relaciona el hecho de que si los beneficios obtenidos de un proyecto exceden los costos de la inversión, el proyecto sería rentable, caso contrario se debería descartarse.

La relación B/C del proyecto durante los diez años de vida útil de los equipos se la obtiene de la siguiente relación.

$$B/C = \frac{\textit{suma del flujo de caja del año 1 al año 10}}{\textit{inversión inicial del proyecto presentado en el año 0}}$$

*En donde:*

La suma del flujo de caja del año 1 al año 10 =482.920,00

Inversión inicial del proyecto presentado en el año 0 = **2'104.372,95**

$$B/C = \frac{482.920,00}{2'104.372,95}$$

$$B/C = 0.23$$

Lo que significa que por cada dólar que se invierta se obtendrá 0.23 dólares de utilidad. Lo que representa el 23 % de recuperación de la inversión, siendo por lo tanto un proyecto no rentable económicamente para la CNT. EP

### 5.7. ANÁLISIS COSTO - EFICIENCIA

El objetivo del proyecto no es solo obtener rentabilidad económica para la empresa CNT EP., por lo cual se realiza el análisis costo-eficiencia basado en el beneficio social que se brindara a la población, este valor no es cuantitativo sino es cualitativo, tomando en cuenta uno de los objetivo fundamentales del Gobierno es brindar servicios de telecomunicaciones a nivel nacional desde las grandes urbes hasta las localidades más olvidadas y alejadas del país como meta para alcanzar el Buen Vivir.

En la siguiente tabla se analiza los beneficios que tendrán los habitantes de las comunidades de la Parroquia de Buenos Aires.

**TABLA 37.** Detalle Costo-Eficiencia

FUNSIONALIDADES DEL SISTEMA	PONDERADOR	CDMA 450	COBRE
Disponibilidad	20,00%	100	80
Confiabilidad	20,00%	100	80
Información externa	20,00%	80	80
Conectividad	20,00%	100	80
Cobertura/distancia	20,00%	100	60
Total	100%	96	76

**Fuente:** Investigación de campo la autora

Este análisis se lo realizó tomando referencias de experiencias vividas en la Parroquia de Intag, en donde se brinda el servicio de CDMA 450 por parte de la CNT EP.

Se debe tomar en cuenta que si un proyecto tiene un puntaje menor de 80 puntos el cumplimiento del mismo tiene restricciones lo cual no permite que sea socialmente beneficioso.

En este caso el proyecto tiene un puntaje de 96 puntos teniendo un 96% de cumplimiento, lo cual es satisfactorio y es viable en el ámbito social.

## CONCLUSIONES

- El diseño de una red rural, aparte de los aspectos propios de la ingeniería, contiene también un aspecto de sensibilidad y responsabilidad social el cual debe verse reflejado en la búsqueda del desarrollo de los pueblos, sentimientos que han estado presentes desde la concepción de este proyecto y que permanecerán como parte del compromiso con la sociedad.
- Se concluye que lograr brindar una mejor cobertura en áreas rurales como es el caso de las comunidades de la parroquia de Buenos Aires la mejor opción es CDMA 450 debido al radio de cobertura que es amplio tanto en el aire como bajo techo, ocupando menos asentamientos de celdas.
- La tecnología CDMA 450 en el Ecuador es la mejor opción a tomar debido a que es una mezcla de CDMA 2000 en la frecuencia de los 450 MHz siendo la menos explotada en el ámbito inalámbrico dentro del país.
- Se concluye que los futuros clientes esperan y desean que se les brinde a corto plazo los servicios de telefonía para de esta manera tener como comunicarse con sus familiares e incluso cuando suceden catástrofes por el mal tiempo o por salud.
- El compromiso social que tiene la CNT EP., es brindar servicios de telecomunicaciones a la sociedad para poder disminuir las brechas tecnológicas y así poder llegar al Buen Vivir.
- Un proyecto de esta índole debe ser estudiado muy detenidamente para poder concluir si este puede traer beneficios económicos o beneficios sociales, porque es importante diferenciar si la viabilidad del proyecto es social se tiene un análisis costo-eficacia, se cumple satisfactoriamente para que sea ejecutado cumpliendo con un total de 80 puntos como mínimo.
- En el caso de CNT EP., los estudios de proyectos sean estos alámbricos e inalámbricos se los debe realizar cumpliendo con los requerimientos de la empresa y además con los de los proveedores que son un soporte tecnológico como es el caso de Huawei en lo referente a CDMA 450.

- La flexibilidad que se tiene con la tecnología inalámbrica CDMA 450 a futuro en una gran ventaja para la CNT EP., debido a la efectividad que tiene en servicios fijos y móviles.
- Se concluye también que el proyecto no es económicamente rentable debido a que la población de la parroquia de Buenos Aires no es muy grande pero no hay que descartar el pensar en un futuro en el que se pueda utilizar la misma infraestructura para brindar servicio de telefonía celular.
- Los equipos terminales consumen menos energía y sus baterías son más pequeñas.
- Algo muy importante dentro del estudio de la tecnología CDMA 450 es que se puede transmitir voz y datos al mismo tiempo sin causar interferencia como también se pueden hacer llamadas una sobre la otra eliminando el ruido gracias a la codificación diferenciada de cada una de las señales.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable que al momento de diseñar una red sea esta inalámbrica o viceversa se realice un estudio cuidadoso de que es lo que el posible usuario necesita de esta manera se podrá brindar un servicio de calidad ganado de esta manera más confiabilidad en el mercado.
- Es necesario que el estudio geográfico de la zona se lo realice antes de realizar el radio enlace por medio de software para de esta manera verificar físicamente si los lugares en los que posiblemente se ubiquen las estaciones base son de fácil acceso o si hay que tomar medidas de habilitación de vías.
- Es recomendable que la instalación de los equipos dentro de la estación sea distribuidos de manera eficiente para aprovechar el espacio además para que en un futuro sea posible el incremento de servicios.
- Crea una cultura de pertenencia del servicio y de la infraestructura instalada en el sector para evitar actos de vandalismo como los que en los últimos años ha sufrido la CNT EP., en la red de cobre, porque los usuarios deben tener presente que ellos son los únicos beneficiados, generando un sentimiento de conservación y cuidado de toda la población hacia el equipamiento
- Sería factible que se brinde capacitaciones en el manejo de equipos de mantenimiento al personal interno de la CNT EP., para de esta manera realizar periódicamente el mantenimiento y evitar gastos operativos con los proveedores.
- Al diseñar redes para distintas zonas rurales, las cuales se encuentran limitadas por las condiciones geográficas, se recomienda el uso de estaciones base (BTS) compactas, las cuales puedan ser fácilmente transportadas.
- Se recomienda firmar un convenio con los propietarios de los sitios en los que irán ubicadas las portadoras, caso contrario la mejor opción es la compra para poder acceder al lugar durante las 24 horas del día.
- Se debe realizar campañas de socialización a los futuros abonados explicándoles los beneficios de dicha tecnología para poder tener más demanda debido a que las personas que conocen un poco más son las que más consumen.

## BIBLIOGRAFÍA

- Parkinson, R. (2013). Traffic Engineering Techniques in Telecommunications.
- Gabilos. (Mayo, 2013). Definiciones y formulas Del VAN y TIR. Recuperado de: [http://www.gabilos.com/calculadoras/van\\_tir/definiciones\\_van\\_tir.htm](http://www.gabilos.com/calculadoras/van_tir/definiciones_van_tir.htm).
- Váquiro J. (Febrero, 2010).Periodo de Recuperación de Inversión (PRI).Recuperado de: [http](http://)
- Marcia J. Horton, (2005).Wireless Communications & Networks, 2nd Edition, Pearson Prentice Hall.
- Mohamed, I. (2005).Signal processing For Mobile Communications Handbook, 1st Edition, CRC Press LLC.
- Gardella, J. (2008).Nuevas tecnologías CDMA 450.
- SUÁREZ, M. (2011).Estadística.
- Seybold, J. (2011). Introducción a la Propagación de RF
- Roger, C. (2008), Radio Mobile, 2nd Edition.
- Dennis, R. (2006), "Satellite Communications", 4th Edition, Mc-Graw-Hill.
- Marcia, H. (2005) "Wireless Communications & Networks", 2nd Edition, Pearson Prentice Hall.
- Bruce, F. (2006), "Cognitive Radio Technology", 1st Edition, Newnes.
- Ramos, F. (2011).Sensibilidad Del Equipo Receptor. Recuperado de <http://www.radioenlaces.es/articulos/sensibilidad-del-equipo-receptor/>.
- Huawei. RTN620. Recuperado de:<http://huawei.com/es/products/transport-network/microwave/rtn600/index.htm>.
- Arevalo, R.Tecnologías Inalámbrica.Recuperado de:<http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/181/2/Capitulo%201.pdf>

- Sistema Nacional de Información. (2013).Proyecciones y estudios demográficos. Recuperdo de: [www.sni.gob.ec/zona1/imbabura/urcuqui/PARROQUIAL\\_URCUQU](http://www.sni.gob.ec/zona1/imbabura/urcuqui/PARROQUIAL_URCUQU)
- Cadena, Eduardo. (2009).Redes Fijas Inalambricas para el sector rural.
- Win, Z. Communications, IEEE Transaction, and volumen 4, pag. 691.
- Uribe, D.(2009), Uso de la banda 450 Mhz con la tecnología de acceso múltiple por división de código en el Ecuador para la ampliación de acceso universal.Recuperada de:<http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/1076/1/T0807-MDGT-Uribe-Uso%20de%20la%20banda%20450%20MHz.pdf>

## ANEXOS

## ANEXO A ENCUESTA REALIZADA A LOS HABITANTES DE LA PARROQUIA LA MERCED DE BUENOS AIRES

## 1. Desde cuando reside en la parroquia

Gráfico N°1



Fuente. Elaborado por la autora

Gráfico N°2

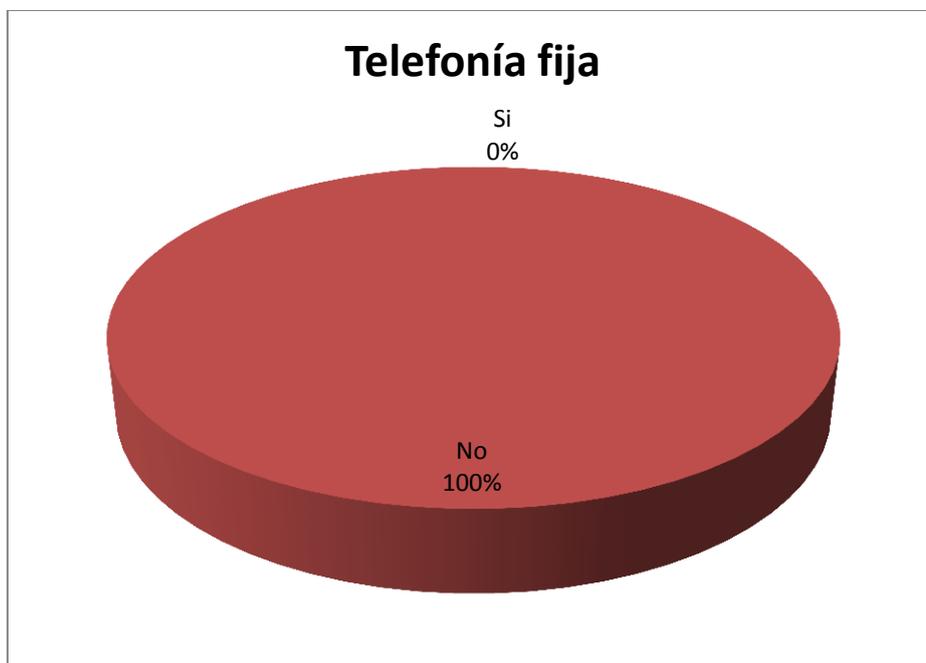
## 2. Cuantos miembros conforman su grupo familiar



Fuente. Elaborado por la autora

Gráfico N°3

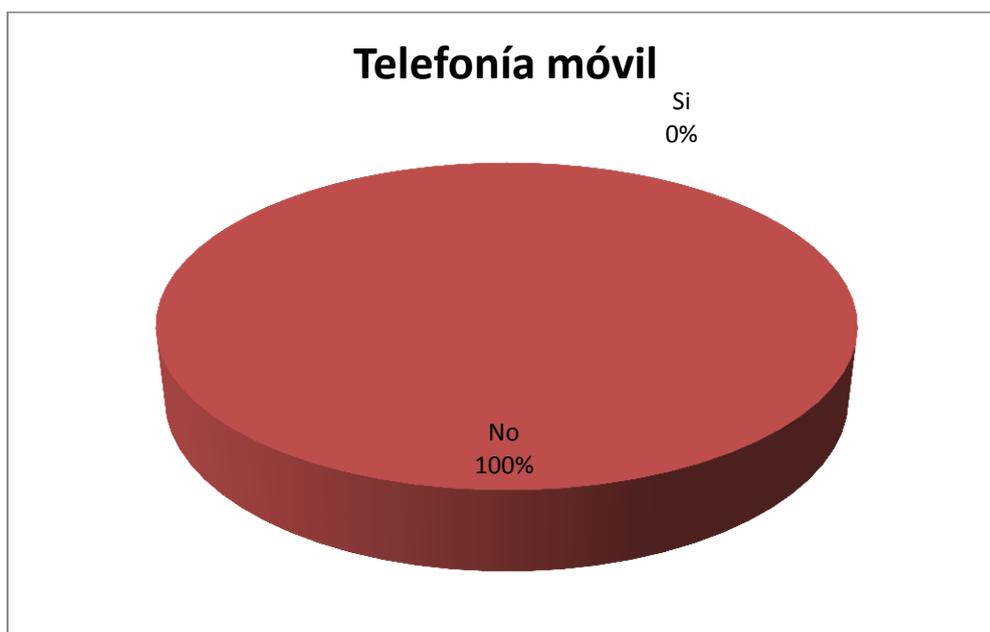
## 3. Cuenta con servicio de telefonía fija en su hogar



Fuente. Elaborado por la autora

Gráfico N° 4

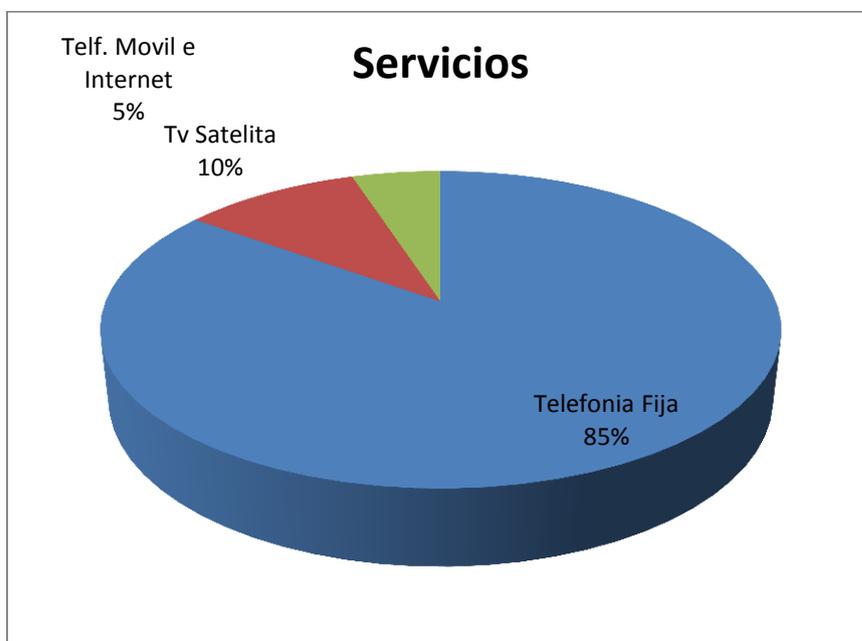
## 4. En su hogar, alguien cuenta con servicio de telefonía móvil



Fuente. Elaborado por la autora

5. A cuales de los siguientes servicios de comunicación le gustaría acceder

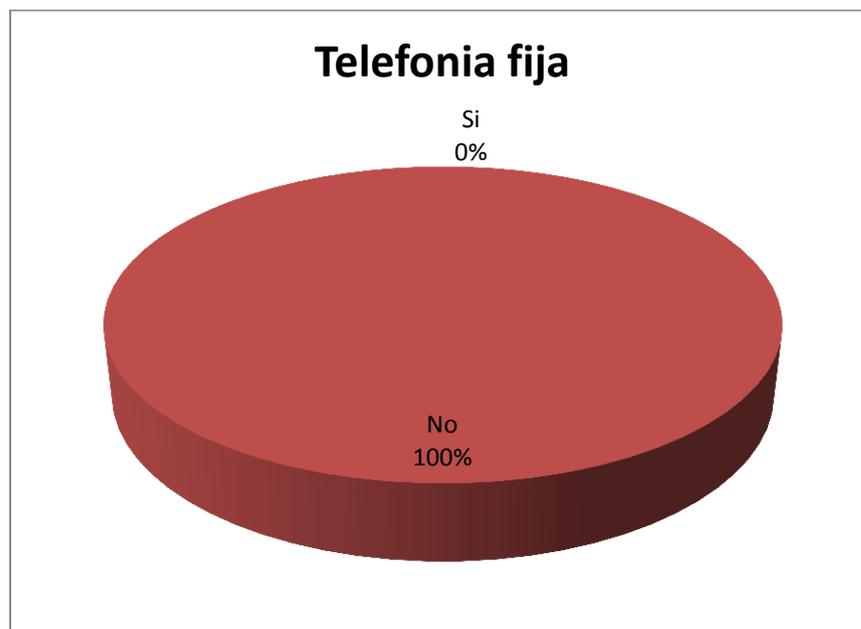
Gráfico N° 5



Fuente. Elaborado por la autora

Gráfico N° 6

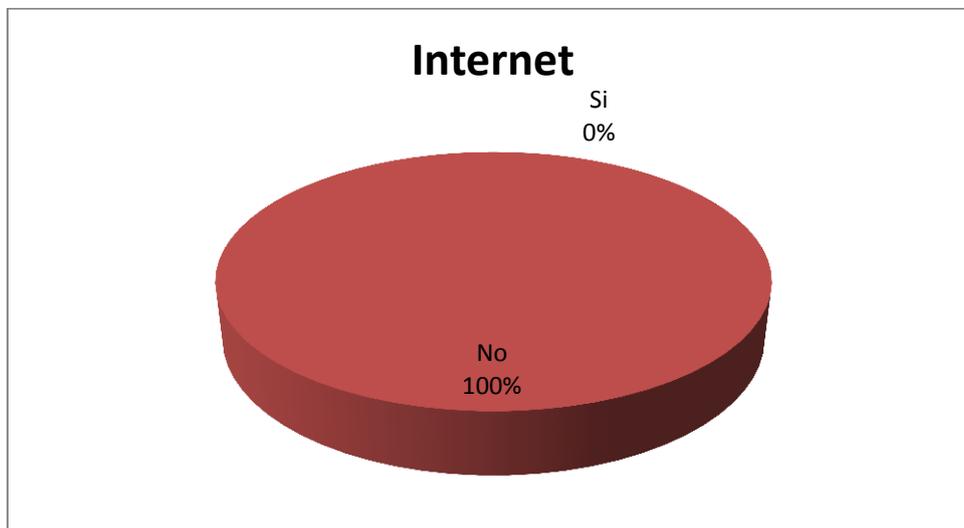
6. Existe en su comunidad servicio público de telefonía fija



Fuente. Elaborado por la autora

Gráfico N° 7

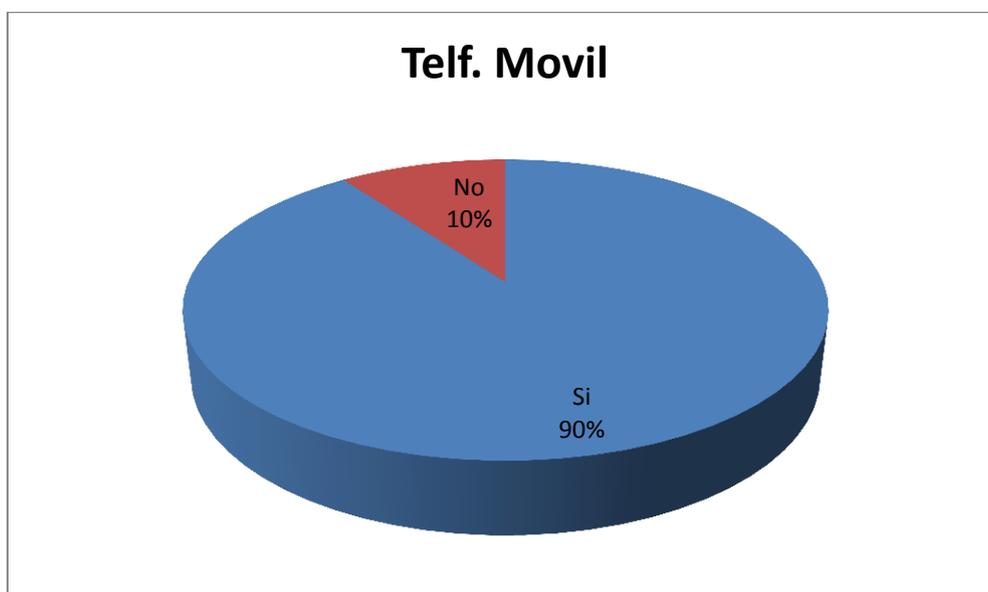
## 7. Puede acceder en su comunidad a algún servicio de internet



Fuente. Elaborado por la autora

Gráfico N° 8

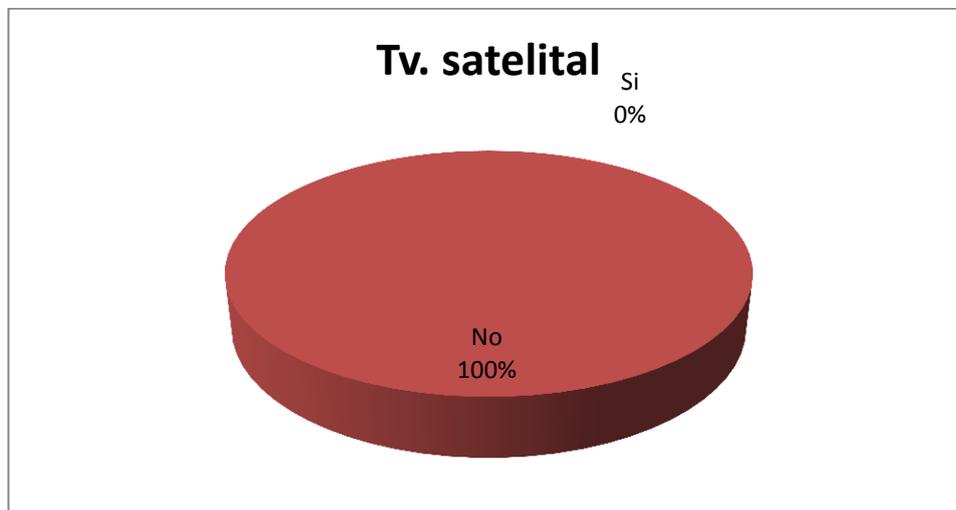
## 8. Puede acceder a servicios de telefonía móvil



Fuente. Elaborado por la autora

Gráfico N° 9

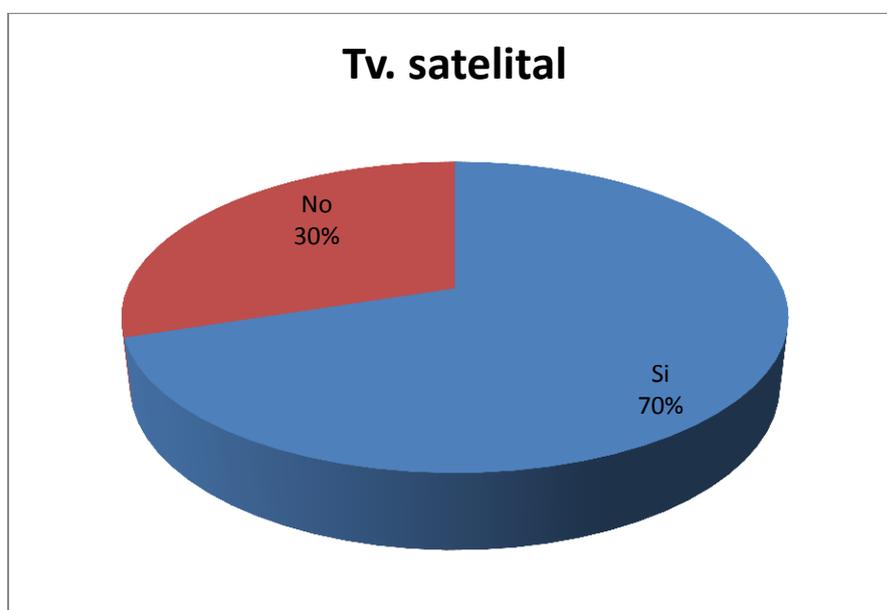
## 9. Puede acceder a servicios de televisión satelital



Fuente. Elaborado por la autora

Gráfico N° 10

## 10. Estaría dispuesto a pagar \$36 mensuales por un paquete compuesto de televisión satelital, internet y telefonía fija.



Fuente. Elaborado por la autora

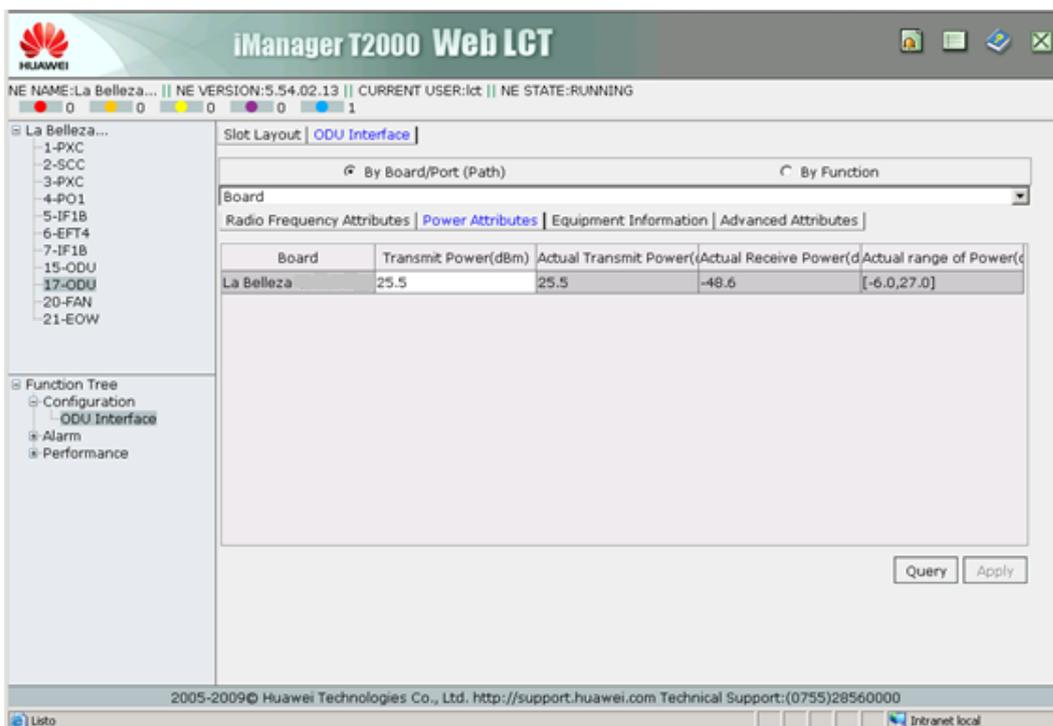
## ANEXO B TABLA DE VALORES ERLANG B

N	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703	36
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41

42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n

## ANEXO C PRUEBAS DEL NIVEL DE RECEPCIÓN DEL RADIO ENLACE

### a) Nivel de Tx y Rx Principal

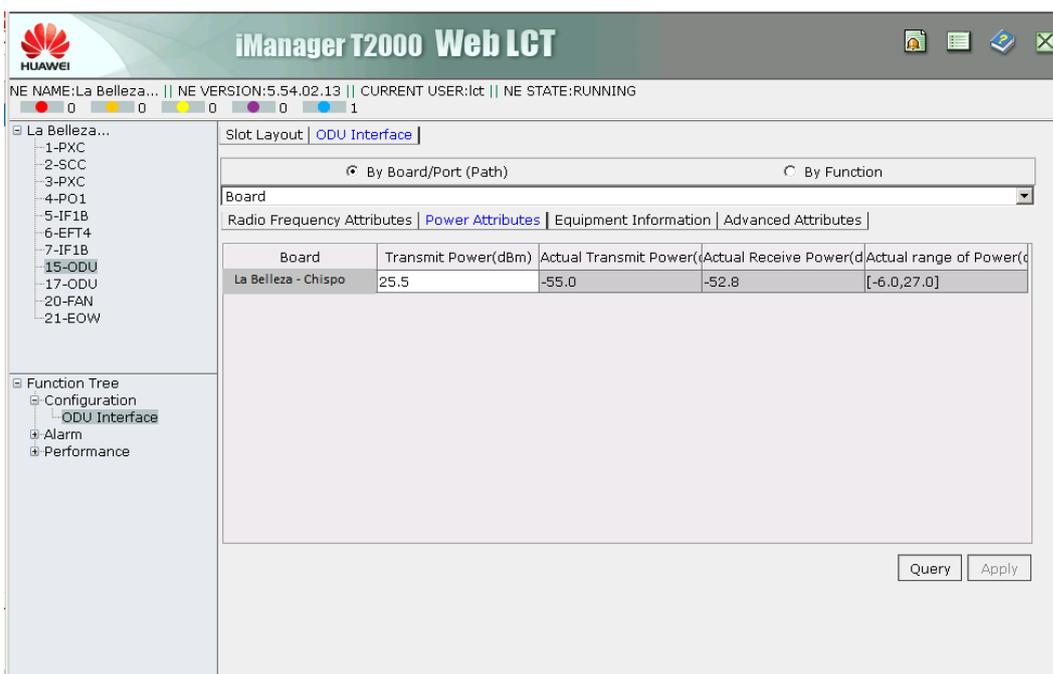


The screenshot shows the iManager T2000 Web LCT interface. The top bar displays the Huawei logo and the title 'iManager T2000 Web LCT'. Below the title, there is a status bar with 'NE NAME: La Belleza...', 'NE VERSION: 5.54.02.13', 'CURRENT USER: lct', and 'NE STATE: RUNNING'. The left sidebar contains a tree view with 'La Belleza...' expanded, showing components like 1-PXC, 2-SCC, 3-PXC, 4-PO1, 5-IF1B, 6-EFT4, 7-IF1B, 15-ODU, 17-ODU, 20-FAN, and 21-EOW. The 'Function Tree' on the left shows 'Configuration' expanded to 'ODU Interface'. The main content area is titled 'Slot Layout | ODU Interface' and has a dropdown menu set to 'Board'. Below this, there are tabs for 'Radio Frequency Attributes', 'Power Attributes', 'Equipment Information', and 'Advanced Attributes'. The 'Power Attributes' tab is active, showing a table with the following data:

Board	Transmit Power(dBm)	Actual Transmit Power(d	Actual Receive Power(d	Actual range of Power(d
La Belleza	25.5	25.5	-48.6	[-6.0,27.0]

At the bottom of the main content area, there are 'Query' and 'Apply' buttons. The footer of the interface shows '2005-2009© Huawei Technologies Co., Ltd. http://support.huawei.com Technical Support:(0755)28560000' and 'Intranet local'.

### b) Nivel de TxyRx BTS



The screenshot shows the iManager T2000 Web LCT interface, similar to the previous one. The top bar and status bar are identical. The left sidebar shows the same tree view, but the 'Function Tree' on the left shows 'Configuration' expanded to 'ODU Interface'. The main content area is titled 'Slot Layout | ODU Interface' and has a dropdown menu set to 'Board'. Below this, there are tabs for 'Radio Frequency Attributes', 'Power Attributes', 'Equipment Information', and 'Advanced Attributes'. The 'Power Attributes' tab is active, showing a table with the following data:

Board	Transmit Power(dBm)	Actual Transmit Power(d	Actual Receive Power(d	Actual range of Power(d
La Belleza - Chispo	25.5	-55.0	-52.8	[-6.0,27.0]

At the bottom of the main content area, there are 'Query' and 'Apply' buttons. The footer of the interface shows '2005-2009© Huawei Technologies Co., Ltd. http://support.huawei.com Technical Support:(0755)28560000' and 'Intranet local'.

### c) Esquema de Modulación BTS

The screenshot displays the iManager T2000 Web LCT interface. The top bar shows the Huawei logo and the title "iManager T2000 Web LCT". Below the title, system information is displayed: "NE NAME: La Belleza...", "NE VERSION: 5.54.02.13", "CURRENT USER: lct", and "NE STATE: RUNNING".

The main interface is divided into several sections:

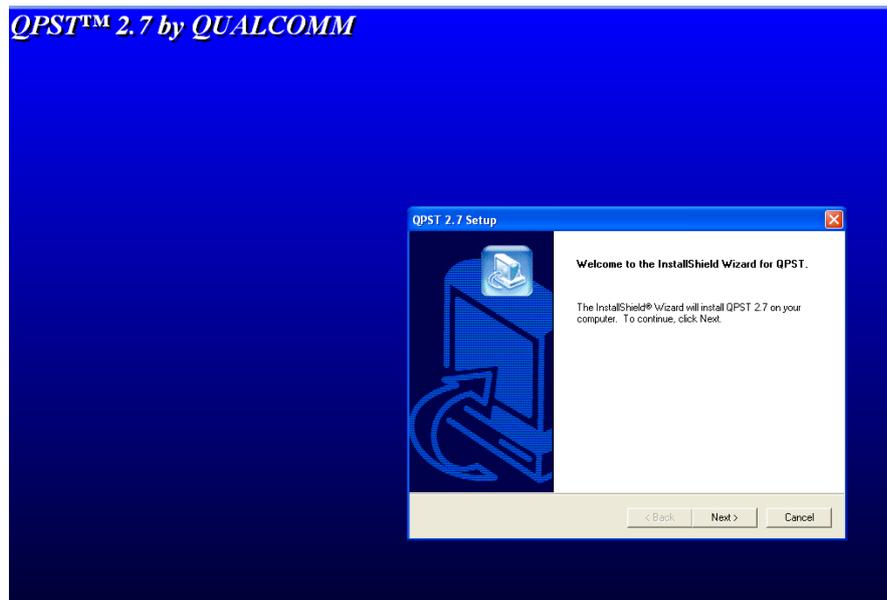
- Left Panel:** A tree view showing the configuration structure for "La Belleza...". The tree includes:
  - 1-PXC
  - 2-SCC
  - 3-PXC
  - 4-PO1
  - 5-IF1B
  - 6-EFT4
  - 7-IF1B
  - 15-ODU
  - 17-ODU
  - 20-FAN
  - 21-EOW
- Function Tree:** A secondary tree view showing:
  - Configuration
    - Digital Interface
    - IF Interface
    - Overhead Management
  - Alarm
  - Performance
- Main Content Area:**
  - Tabbed interface with "Intermediate Frequency Interface" selected.
  - Dropdown menu: "By Board/Port(Path)" (selected) and "By Function".
  - Search field: "port".
  - Buttons: "IF Attributes" and "ATPC Attributes".
  - Table with columns: Port, Radio Work Mode, Radio Link ID, Received Radio, IF Port Loopback, 2M Wayside Enable, 2M Wayside Input.
  - Table content:
 

Port	Radio Work Mode	Radio Link ID	Received Radio	IF Port Loopback	2M Wayside Enable	2M Wayside Input
La Belleza -Chispo	S,16E1,28MHz,QPSK1	1		Non-Loopback	Disabled	-
  - Buttons: "Query" and "Apply".

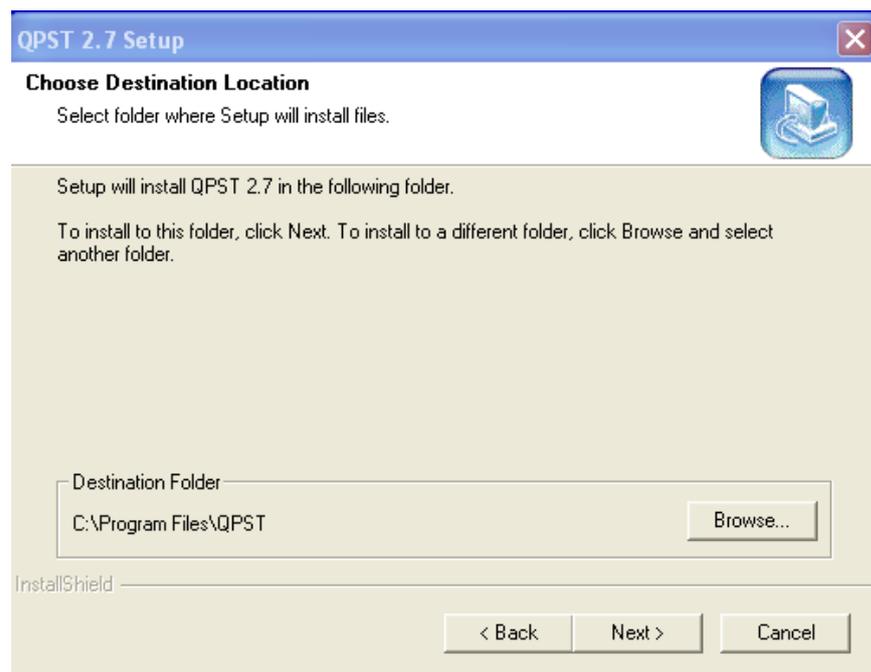
The footer of the interface contains the copyright information: "2005-2009© Huawei Technologies Co., Ltd. http://support.huawei.com Technical Support:(0755)28560000" and the text "Intranet local".

## ANEXO D CONFIGURACIÓN DE TERMINAL

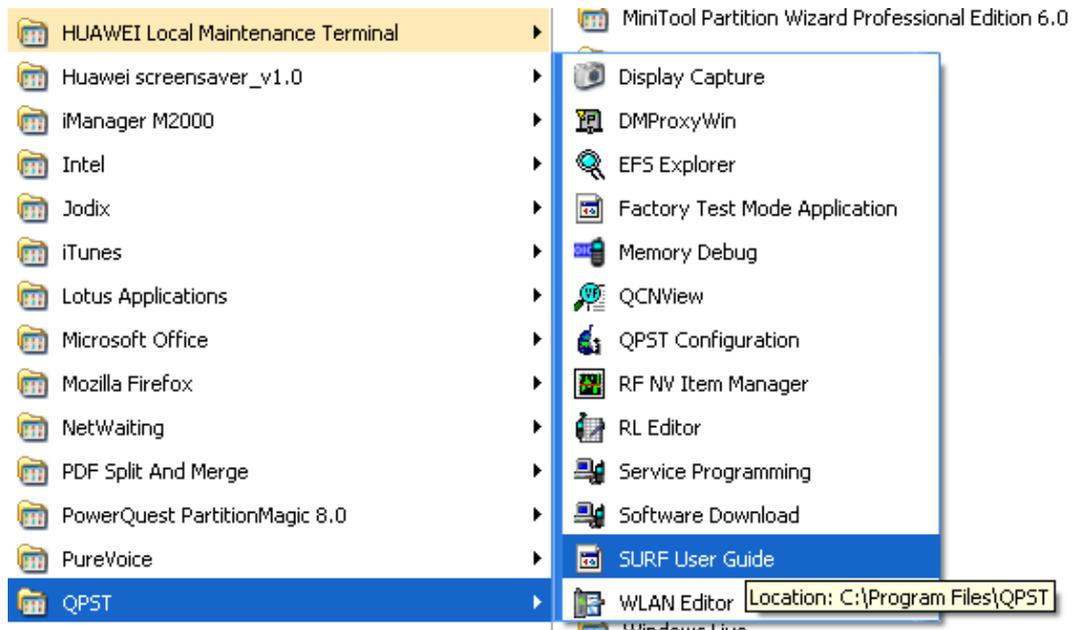
- Instalación del programa de configuración de terminales QPST.
- Dobleclick sobre el archivo setup.exe



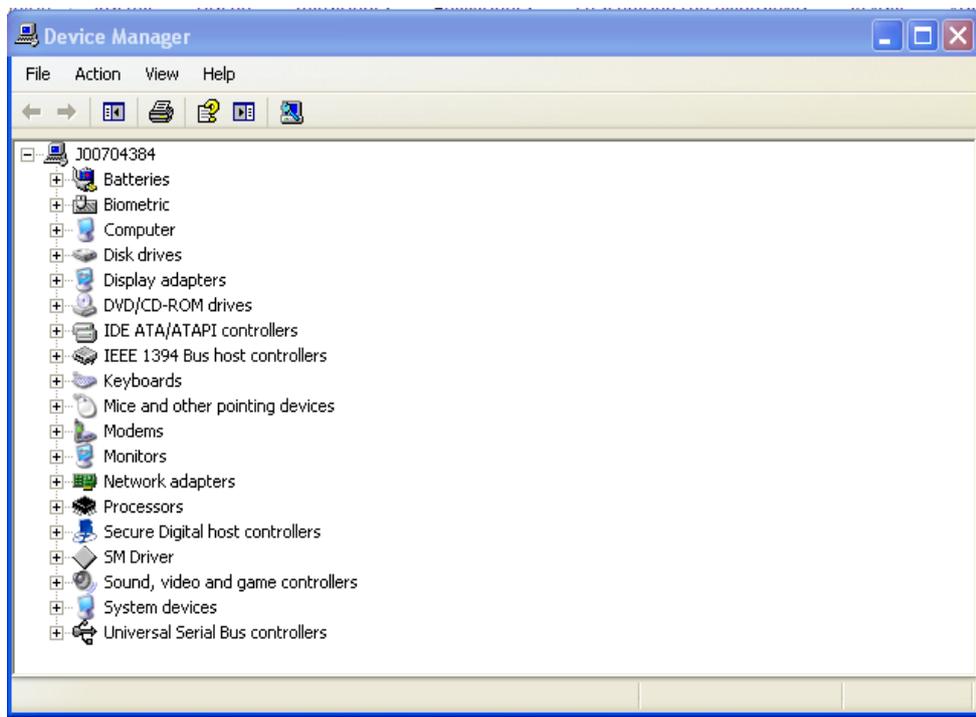
- Presionar next en la pantalla para continuar el proceso de instalación.
- Seleccionar la ruta en la que se va a instalar el programa.



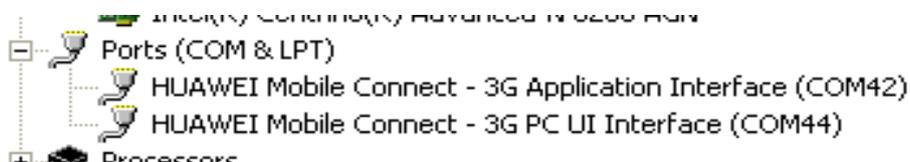
- Aparece el programa instalado correctamente y la siguiente ventana.



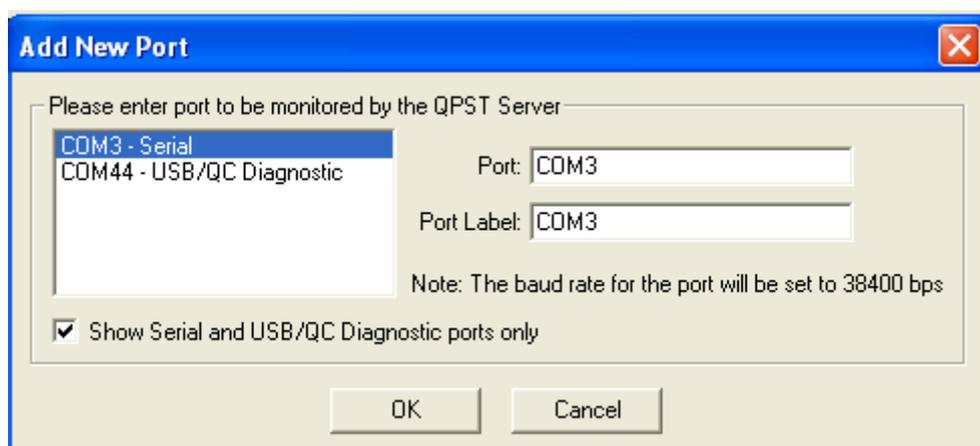
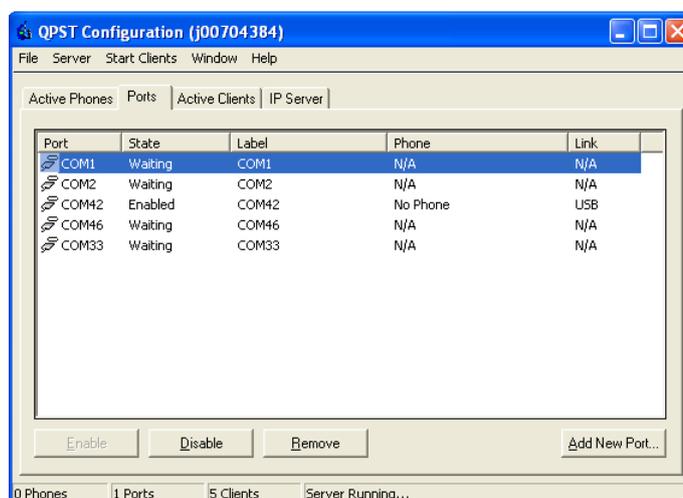
- Conectamos el terminal al Computador y verificamos el puerto que se activó.
- Vamos a mi PC (click derecho), propiedades – y buscamos el administrador de hardware.



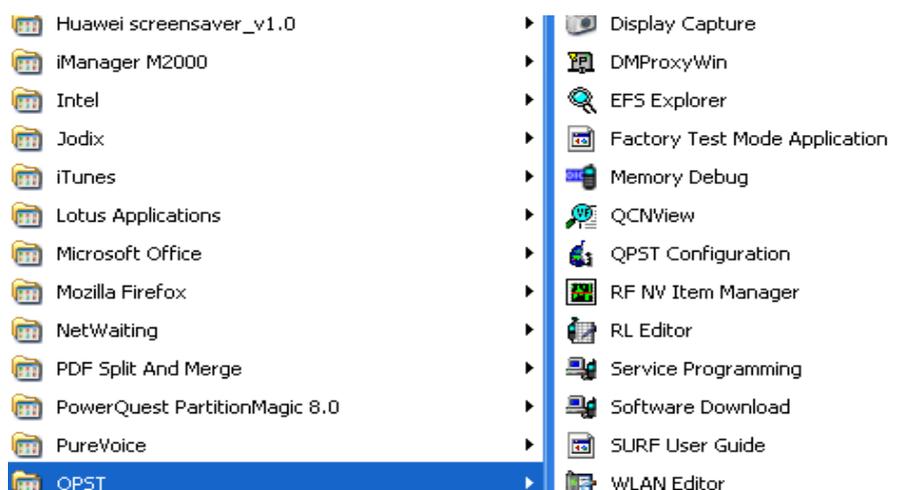
- Ubicamos la opción puertos COM LPT, e identificamos el número de puerto asociado con el terminal.



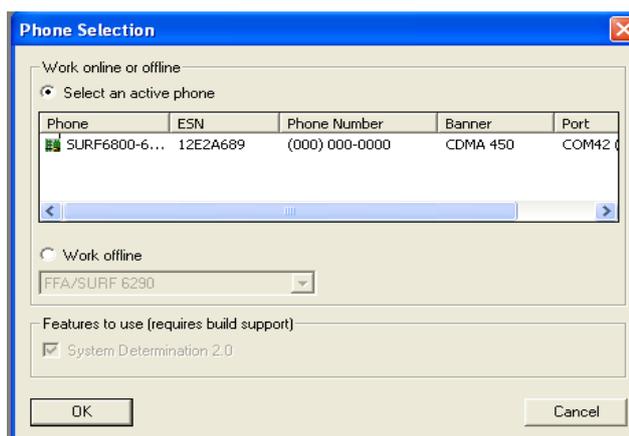
- Ingresamos al QPST y seleccionamos la opción QPST configuración seleccionamos la pestaña Ports y presionamos el botón Add New Port.



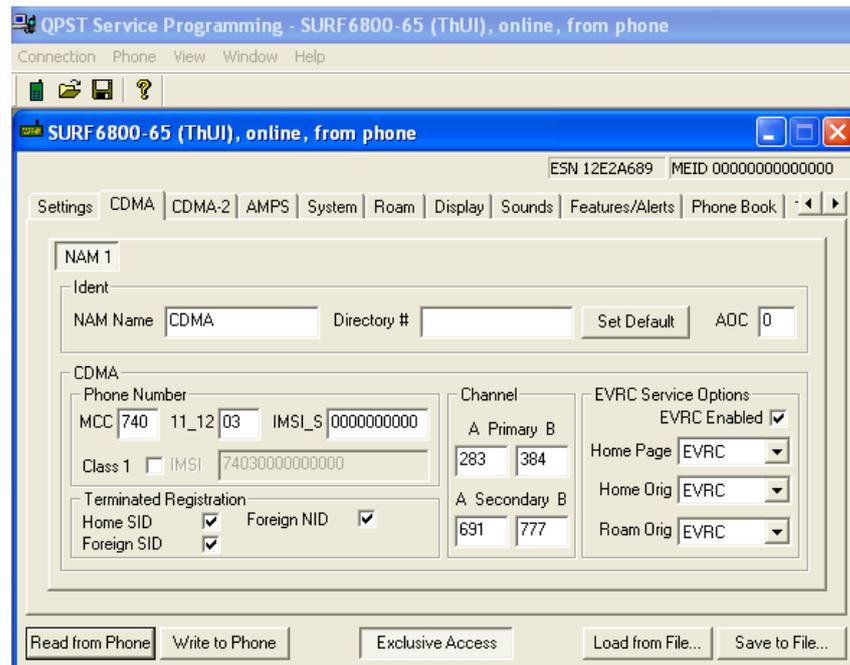
- En ventana AddNewPort aparece el puerto correspondiente al terminal Huawei el cual seleccionamos con doble click y luego OK
- Ingresamos al QPST y seleccionamos la opción ServiceProgramming.



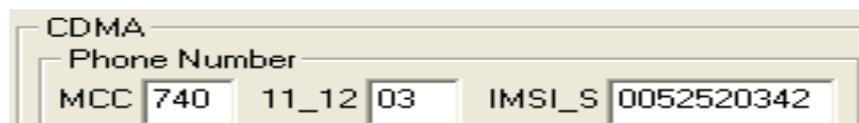
- En la ventana Phoneselection, dentro del grupo active phone debe aparecer el
  - terminal si está conectado al PC y damos click en OK.



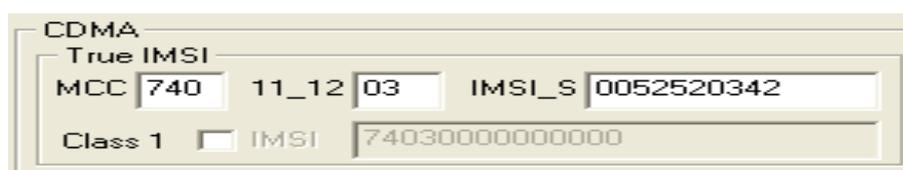
- Si el terminal no está conectado no aparecerá nada en el recuadro active pone.
- Aparece la ventana del terminal online que se encuentre conectado.
- En la parte superior derecha se puede verificar el ESN del terminal conectado, lo que indica que se encuentra listo para ser configurado.



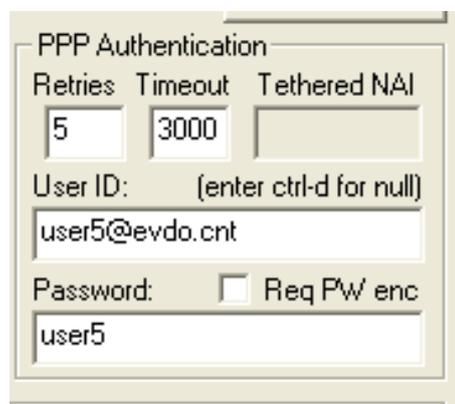
- Seleccionamos la pestaña CDMA que es la que utilizaremos para realizar la configuración del número telefónico.
- Configuración del Número telefónico en la pestaña CDMA ubicamos el campo Phonenummer, dentro del cual tenemos tres campos adicionales que son:
  - MCC: Mobile Country Code, siempre será el 740
  - 11\_12: Mobile Network code siempre usaremos el 03
  - IMSI\_S: 0+Numerotelefónico, Ej. 0052520342



- En la pestaña CDMA – 2 ubicamos el campo True IMSI, dentro del cual tenemos los mismos campos que fueron mencionados en la diapositiva anterior, ingresamos la misma información.



- Luego damos click en el botón WritetoPhone con lo cual queda configurado el terminal para el servicio de voz.
- Para habilitar el acceso a Internet se realizan dos configuraciones en el terminal, a continuación mostraremos la primera configuración
  - En la pestaña PPP Config seleccionamos la opción AN, y encontraremos a la derecha dos campos:
  - User ID: Corresponde al usuario del servicio y es del tipo [user5@evdo.cnt](mailto:user5@evdo.cnt).
  - Password: Corresponde a la contraseña de este usuario.



The image shows a screenshot of a 'PPP Authentication' configuration window. It contains the following fields and options:

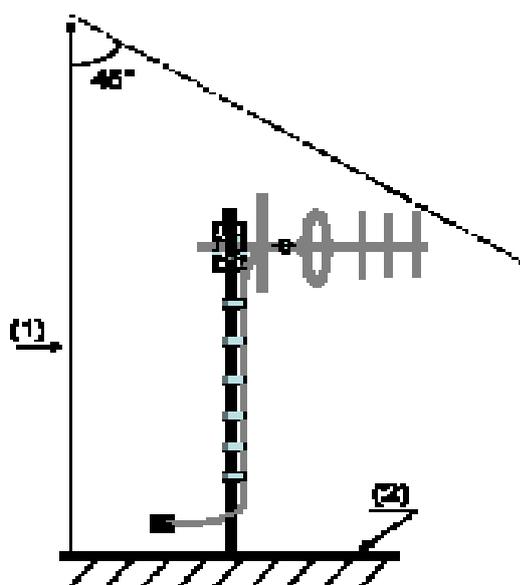
Retries	Timeout	Tethered NAI
5	3000	

User ID: (enter ctrl-d for null)  
user5@evdo.cnt

Password:  Req Pw enc  
user5

- Luego damos click en el botón WritetoPhone con lo cual queda configurado el terminal para su acceso a la red EVDO.

## ANEXO E PARÁMETROS PARA LA INSTALACIÓN DEL TERMINAL



1) Lightning arrester

2) Ground, hill or building top

- La antena se debe mantener alejada de cualquier antena de televisión existente en el lugar de instalación.
- El feeder debe tener la gota necesaria antes de entrar al ambiente indoor para evitar problemas de filtraciones de humedad.
- Luego de encender el terminal y no captar señal (en 5 min) se debe variar la dirección de la antena para poder captar señal.



Fuente: Huawei.com

## TEMPLADORES PARA CABLE DE ACERO FORJADO VULKAN

Los templadores para cable de acero forjado cumplen las Especificaciones Federales FF-T-791b, tipo 1, Forma 1, Clase 6



Gancho &amp; Gancho



Ojo &amp; Gancho



Ojo &amp; Ojo



Ojo &amp; Grillete



Grillete &amp; Grillete



Terminal Roscado



Cuerpo

Tamaño diámetro x cuerpo	Largo con terminales en posición cerrada	Peso Aproximado (lbs.)					Carga de trabajo (lbs.)	
		Ojos y/o Ganchos	Grillete y Ojo	Grillete y Grillete	Terminal Roscado	Cuerpo	Gancho y Gancho Gancho y Ojo	Ojo y Ojo Grillete y Ojo Grillete y Grillete Terminal Roscado
1/4" x 4"	8 1/4	.3	.3	.4	.29	.17	400	500
5/16" x 4 1/2	99/16	.5	.35	.58	.46	.25	700	800
3/8" x 6"	117/8	.75	.82	.93	.75	.3	1.000	12.00
1/2" x 6"	135/16	1.50	1.62	1.68	1.36	.55	1.500	2.200
1/2" x 9"	165/16	1.75	1.82	1.85	1.69	.74	1.500	2.200
1/2" x 12"	195/16	2.18	2.19	2.20	2.0	.93	1.500	2.200
5/8" x 6"	151/2	2.63	2.59	2.82	2.15	.91	2.250	3.500
5/8" x 9"	181/2	3.00	3.01	3.25	2.7	1.2	2.250	3.500
5/8" x 12"	211/2	3.25	3.50	3.75	3.22	1.5	2.250	3.500
3/4" x 6"	17	3.75	4.25	4.68	3.25	1.3	3.000	5.200
3/4" x 9"	20	4.50	5.00	5.38	4.0	1.7	3.000	5.200
3/4" x 12"	23	5.75	5.75	6.12	4.65	2.12	3.000	5.200
3/4" x 18"	29	7.00	7.25	7.25	6.12	2.93	3.000	5.200
7/8" x 6"	18	--	--	--	4.75	2.0	--	7.200
7/8" x 12"	245/8	8.38	8.88	9.36	6.67	3.0	4.000	7.200
7/8" x 18"	305/8	10.25	10.60	11.44	8.75	4.12	4.000	7.200
1" x 6"	205/8	--	--	--	6.41	2.5	--	10.000
1" x 12"	265/8	11.25	12.	12.88	8.9	3.86	5.000	10.000
1" x 18"	325/8	14.	14.75	16.1	11.7	5.5	5.000	10.000
1" x 24"	385/8	17.	17.75	18.6	14.3	7	5.000	10.000
1 1/4" x 6"	20	--	--	--	10.4	4	--	15.200
1 1/4" x 12"	297/8	19.	21.2	23.6	14.2	5.93	--	15.200
1 1/4" x 18"	357/8	24.1	26.	26.6	18	8	--	15.200
1 1/4" x 24"	417/8	25.	28.7	31.2	21.8	10	--	15.200
1 1/2" x 6"	221/2	--	--	--	15.4	5.8	--	21.400
1 1/2" x 12"	323/8	27.	31.1	35.5	20.5	8.4	--	21.400
1 1/2" x 18"	383/8	31.2	36.4	40.7	26.2	11.5	--	21.400
1 1/2" x 24"	443/8	38.2	44.2	47.6	31.4	14.1	--	21.400
1 3/4" x 6"	--	--	--	--	22.7	6.75	--	28.000
1 3/4" x 18"	413/4	45.0	48.8	52.4	--	--	--	28.000
1 3/4" x 24"	473/4	58.	60.	64.	43.9	19.5	--	28.000
2" x 6"	--	--	--	--	31.5	12.5	--	37.000
2" x 24"	513/4	90.	102.	115	60.3	27.5	--	37.000
2 1/2" x 6"	--	--	--	--	60.8	27.0	--	60.000
2 1/2" x 24"	581/2	183.	180.	200	110	54.0	--	60.000
2 3/4" x 24"	611/2	180.	214.	248	--	54.0	--	75.000

Galvanizado por inmersión en caliente - Los templadores se recomiendan para tracción recta o en línea solamente

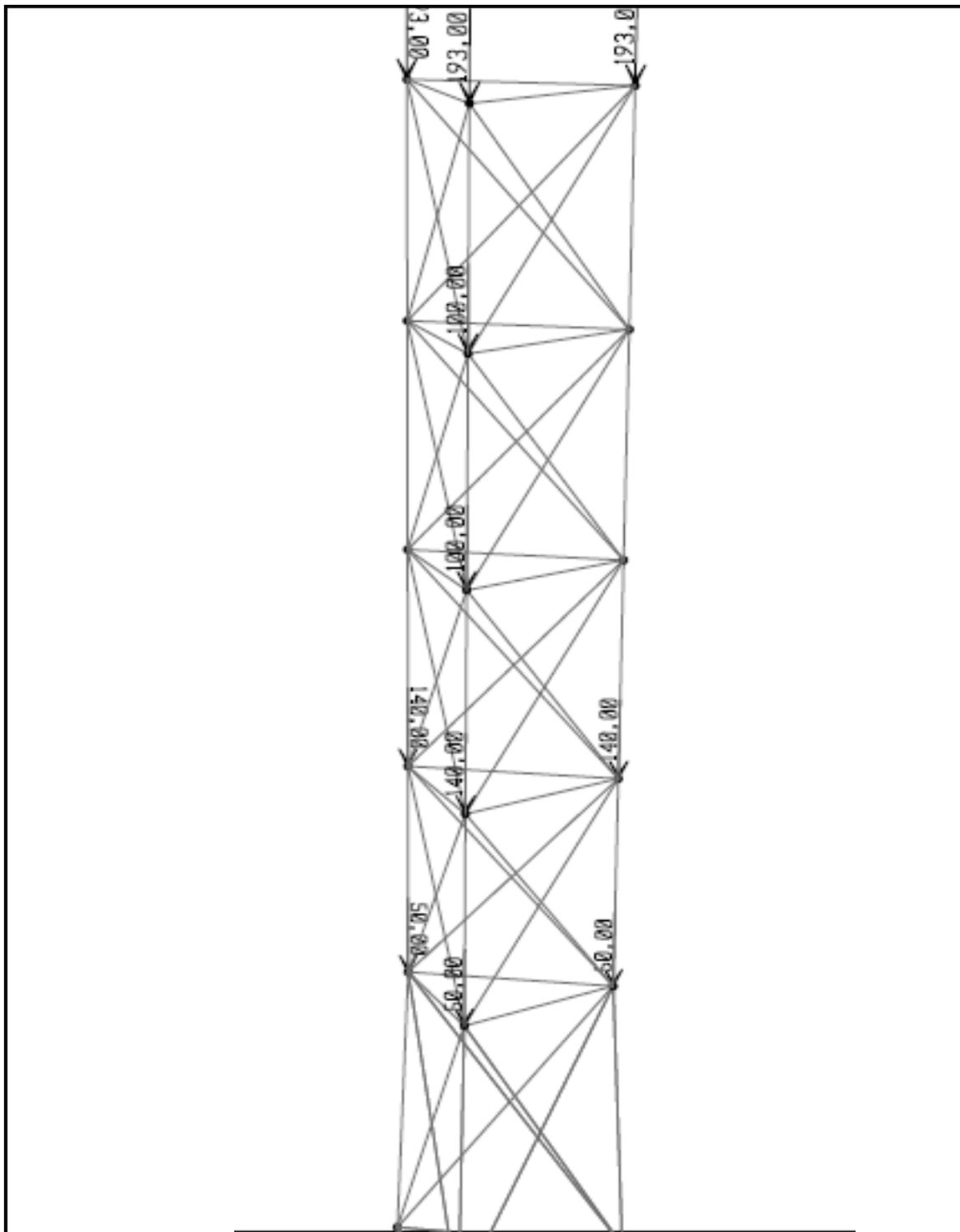
Fuente: Induferro S.A

**Paquete de Repetidor inalámbrico de señal  
Celular GSM, 3G, CDMA, para cubrir áreas  
de hasta 60 x 60 mts. 65 dB de Ganancia**



**Fuente:**Bmasdigital/listado

## ANEXO F DISEÑO DE LA TORRESAP2000



SAP2000 v14.1.0 - File:TT42-140-REV-A - Joint Loads (DEAD) (As Defined) - Kg, mm, C  
Units (construcción de torres)

## ANEXO F NORMATIVA LEGAL CDMA 450 EN EL ECUADOR

Mediante Resolución 331-C-CONATEL-2008 de 23 de junio de 2008, el Consejo Nacional de resolvió en su artículo único: “Realizar las acciones necesarias para la liberación de una parte de la sub-banda A de CDMA 450, comprendida en los rangos 454,400 – 457,475 Mhz y 464,400 – 467,475, en las provincias en las cuales se tenga un número menor o igual a diez (10) concesiones de frecuencias en dichos rangos.

En aquellas provincias en las cuales se tenga un número mayor a diez concesiones, la SENATEL deberá verificar la disponibilidad de espectro para la reasignación de los concesionarios salientes y, además, el compromiso del operador entrante de indemnizar a dichos concesionarios. Todo esto con la finalidad de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos en áreas rurales.”

### Andinatel

Mediante Resolución 349-16-CONATEL-2008 de 31 de julio de 2008, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones en su artículo uno resolvió: “Autorizar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones la suscripción del contrato de concesión de uso de frecuencias otorgado a favor de ANDINATEL S.A.”.

La concesión otorgada a ANDINATEL S.A. incluye los bloques de frecuencias 454,400 – 457,475 (Tx) y 464,400 – 467,475 (Rx), en las provincias de Bolívar, Carchi, Chimborazo, Imbabura, Napo, Orellana, Sucumbíos y Pastaza, según el siguiente detalle:

### Concesiones Cnt. Ep.

PROVINCIA	No. ESTACIONES DE ABONADO
Bolívar	2.494
Carchi	4.368
Chimborazo	9.593
Imbabura	1.034
Napo	290
Orellana	274
Sucumbíos	1.812
Pastaza	966
<b>TOTAL</b>	

Fuente: Documentación técnica CNT EP.