



**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESTUDIO TÉCNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS PARÁMETROS DE  
CAPACIDAD Y COBERTURA DEL SERVICIO DE TELEFONÍA CELULAR 2G  
Y 3G EN LA CIUDAD DE LA LIBERTAD, PROVINCIA SANTA ELENA**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y  
Telecomunicaciones

Profesor guía  
Ing. Julio Freire

Autor  
Pablo Fernando Cárdenas Mena

Año  
2013

### **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Julio Freire  
Ing. Electrónica y Telecomunicaciones, MBA.  
CC: 1709731457

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

---

Pablo Fernando Cárdenas Mena  
CC: 1719038752

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia por haber contribuido a través de su apoyo incondicional, por la confianza y el esfuerzo diario y a la empresa Sertelinte por permitir sacar adelante este proyecto.

## RESUMEN

Para la realización de este análisis se escogió la Ciudad de la Libertad principalmente por ser una de las más turísticas del país dado que está ubicada entre la ciudad de Guayaquil y Salinas, a su vez se encuentra en pleno desarrollo por su actividad turística siendo este su principal fuente de ingresos, por ende el servicio de telefonía móvil debe de ir al ritmo de desarrollo de la misma.

El crecimiento de la ciudad implica que hayan más y mejores servicios, pero al realizarse las mediciones por las operadoras y/o organismos de control deja notar una falencia en la cobertura de ciertas zonas, por eso es necesario realizar el análisis técnico que nos permita plantear soluciones con el fin de establecer un diseño que sea adecuado, viable y que a su vez permita a la red móvil expandirse.

Es por esto que se proponen tres posibles soluciones, con la finalidad de usar los recursos de radio de una manera eficiente y al mismo tiempo buscar alianzas estratégicas de negocios para poder financiar el proyecto y beneficiar ambas partes.

## **ABSTRACT**

To carry out this analysis La Libertad City was chosen principally for being one of the most tourist of the country due to it is located between the city of Guayaquil and Salinas, in turn is rapidly expanding its tourism this being main source of income, therefore the mobile phone service must go to the pace of development of the city.

The growth of the city means that services are better overall, but the measurements made by the operators and / or control agencies leave notice a flaw in the coverage of certain areas, so it is necessary to perform the technical analysis that allows us to propose solutions in order to establish a suitable and practicable design which in turn can expand it.

That is why three possible solutions are proposed in order to use resources efficiently at the same time looking strategic business alliances in order to finance and benefit both parts.



# INDICE

<b>1.1. Introducción</b> .....	1
<b>1.2. Organismos de Regulación y Control</b> .....	4
1.2.1. Conatel (Consejo Nacional de Telecomunicaciones) .....	4
1.2.2. Senatel (Secretaria Nacional de Telecomunicaciones) .....	5
1.2.3. Supertel (Superintendencia de Telecomunicaciones) .....	5
1.2.4. Parámetros de Calidad de Telefonía Móvil .....	5
<b>1.3. Situación Actual del Mercado de Telefonía Móvil</b> .....	7
<b>1.4. Situación Actual en La Libertad</b> .....	11
1.4.1. Características de la Red Móvil en La Libertad .....	12
<b>1.5. Generaciones Actuales de Telefonía Celular</b> .....	15
1.5.1. Sistema Celular 2G .....	15
1.5.1.1. Características Principales .....	15
1.5.1.2. Elementos de la Red 2G .....	15
1.5.1.3. Estructura 2G .....	16
1.5.1.4. Parámetros Básicos GSM .....	17
1.5.2. Sistema Celular 3G .....	18
1.5.2.1. UMTS .....	18
1.5.2.2. W-CDMA .....	18
1.5.2.3. Elementos de la Red 3G .....	19
1.5.2.4 Estructura 3G .....	19
1.5.2.5 Parámetros Básicos WCDMA .....	20
1.5.3. Elementos de la Radio Base o Nodo B .....	20
1.5.4. Antenas .....	21
1.5.5. Propagación .....	22
1.5.5.1. Modelos de Propagación.....	23
1.5.5.2. Modelo Okumura.....	23
1.5.6. Herramientas de Planificación y Optimización .....	25
1.5.6.1 Menthum Planet .....	26
1.5.7. Descripción de las Estaciones Actuales en la Libertad .....	28
1.5.7.1. Radio Base A .....	29



1.5.7.2. Área de Cobertura Radio Base A .....	30
1.5.7.3. Radio Base B .....	30
1.5.7.4. Área de Cobertura Radio Base B .....	31
<b>2. Planteamiento del Problema .....</b>	<b>32</b>
2.1. Drive Test .....	32
2.1.1. Equipos para Mediciones de Cobertura .....	32
2.1.1.1. Computadora Portátil .....	33
2.1.1.2. Tems Investigation .....	33
2.1.1.3. GPS.....	34
2.1.1.4 Terminales Móviles Sony Ericsson W995 .....	35
2.2. Post-procesamiento.....	35
2.2.1 Herramienta de Optimización y Análisis (Actix).....	35
<b>2.3 Parámetros de Calidad .....</b>	<b>38</b>
2.4 Análisis de Mediciones .....	40
2.4.1 Mediciones 2G (GSM).....	41
2.4.2 Mediciones 3G (UMTS).....	44
2.5 Sumario de Mediciones Realizadas por la Supertel.....	47
<b>3. Descripción de las Soluciones .....</b>	<b>51</b>
3.1. Análisis de las Mediciones de Cobertura de La Libertad	51
3.1.1. Análisis de las mediciones de Cobertura 2G.....	52
3.1.2. Análisis de las mediciones de Cobertura 3G.....	53
3.2. Planteamiento de las Posibles Soluciones.....	56
3.3. Desarrollo de la solución para 2G.....	61
3.3.1 Desarrollo de la Opción 2.....	61
3.3.2. Análisis de Resultados .....	62
3.4. Desarrollo de la Solución para 3G .....	63
3.4.1. Desarrollo de la Opción 1. Radios de Búsqueda.....	64
3.4.1.1. Opciones Radios de Búsqueda .....	65
3.4.1.2. Radio de Búsqueda 1 .....	65
3.4.1.3. Candidatos .....	66

3.4.1.4. Especificaciones Técnicas del Nodo B.....	67
3.4.1.5. Configuración del Sistema Radiante .....	68
3.4.1.6. Fotomontajes de Antenas y Equipos.....	69
3.4.1.7. Análisis de Resultados .....	70
3.4.1.8. Radio de Búsqueda 2.....	70
3.4.1.9. Candidatos .....	71
3.4.2.0. Fotomontajes de Antenas y Equipos.....	73
3.4.2.1. Análisis de Resultados .....	74
3.4.2. Desarrollo de la Opción 3 .....	74
3.4.2.1 Configuración de la Radio Base A.....	75
3.4.2.2 Análisis de Resultados .....	75
3.4.2.3 Configuración de la Radio Base B.....	76
3.4.2.4 Análisis de Resultados .....	77
<b>4. Evaluación Económica del Proyecto .....</b>	<b>78</b>
4.1 Propuesta Económica para la Opción Uno .....	78
4.2. Propuesta Económica para la Opción Dos .....	84
4.3 Propuesta Económica para la Opción Tres.....	85
4.4 Alternativas de Financiamiento para las Opción Uno.....	86
4.4.1 Estrategia 1 .....	87
4.4.2 Estrategia 2 .....	88
4.5 Análisis de los Resultados .....	89
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>92</b>
5.1 Conclusiones .....	92
5.2 Recomendaciones .....	94
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>

# 1. Marco Teórico

## 1.1. Introducción

### Antecedentes

El uso de la telefonía celular es muy indispensable en la vida actual, satisface la necesidad de comunicarse desde cualquier lugar, convirtiéndose en parte del desarrollo económico y social, considerado como el medio de comunicación más usado, y es sin duda una de las invenciones más importantes que ha llegado a influenciar cambiando el modo de comunicarse entre las personas en tan poco tiempo.

La telefonía celular aparece en el Ecuador en el año de 1994. Según datos del Conatel (Consejo Nacional de Telecomunicaciones), se designan como operadoras celulares a Porta Celular con aproximadamente 36 mil usuarios y a Bellsouth con algo más de 20 usuarios. Este servicio estaba concentrado en las principales ciudades del país como Quito, Guayaquil y Cuenca, para luego extenderse progresivamente a nivel nacional (Conatel s.f.).

Esta tecnología ha ido evolucionando con la aparición de terminales (teléfonos móviles) análogos, de características y funciones básicas, con el único fin de establecer una comunicación a través de una llamada de muy baja calidad y de alto costo.

Actualmente existe una gran variedad de servicios con teléfonos multifuncionales, que van acorde al avance tecnológico permitiendo el acceso a redes sociales, vídeo conferencias, correo electrónico, ubicación en tiempo real y demás aplicaciones, además convirtiéndose en un atractivo comercial para captar más abonados.

El crecimiento exponencial de los usuarios, hace que la red celular sea cada vez más requerida, por lo tanto las operadoras telefónicas se encuentran realizando constantes mediciones y análisis para mejorar la cobertura, procurando garantizar que todo aquel usuario se mantenga comunicado, brindando una mejor calidad, con una buena comunicación sin cortes o

distorsión que perturbe el entendimiento de la conversación; sin embargo cada vez la capacidad de la red se ve afectada por el incremento de tráfico que generan los usuarios.

Por eso es necesario revisar el rendimiento de la red para detectar los bajos niveles de cobertura, la mala calidad de la llamada, errores de conexión, entre otras, las cuales son frecuentemente percibidas por los abonados que manifiestan su malestar y quejas del servicio.

Estas necesidades se ven reflejadas en la ciudad de La Libertad perteneciente a la provincia de Santa Elena, en donde existe flujo importante de usuarios en días festivos, por el crecimiento de la población, el apareamiento de nuevas urbanizaciones, y el aumento significativo del turismo en la vía Libertad – Salinas, afectando la calidad del servicio de tal manera que muchos sectores urbanos y zonas comerciales pueden ver disminuidas sus ingresos económicos, porque el uso del teléfono móvil también es considerado como una herramienta de trabajo que facilita las relaciones comerciales de manera instantánea en cualquier parte de la ciudad.

### **Alcance**

Para el cumplimiento del mismo se realizará un estudio técnico de la estación existente, mediante el análisis y mediciones de los indicadores lógicos con el fin de post-procesar la información obtenida, de este modo verificar los eventos tales como llamadas establecidas, niveles de señal, entre otros, producidos en el momento de la comunicación.

A través de la optimización de los parámetros y cambios físicos a nivel del sistema radiante, y en función de las áreas geográficas pobladas además del número de abonados; se efectuará el análisis mediante un sistema el cual simulará la propagación, de tal manera que permitirá visualizar las zonas a cubrir, para su correcto dimensionamiento y optimización de los recursos en la ampliación de las tecnologías 2G y 3G.

## **Justificación**

La Supertel por medio de las normas técnicas establecidas por la Conatel regula el correcto funcionamiento del servicio ofertado con el fin de beneficiar al usuario, por medio de los procedimientos y normas para la medición de calidad y cobertura, garantiza el cumplimiento de las mismas, por este motivo es necesario el análisis continuo de la red y evitar sanciones según lo estipulado en la Ley de Telecomunicaciones.

Otro factor muy importante es el incremento de abonados en una ciudad en crecimiento y desarrollo como es La Libertad, donde existen nuevas zonas pobladas que no poseen un buen nivel de cobertura, lo cual conllevaría a realizar un estudio técnico, en donde se plantearía el diseño, que facilite la integración de nuevos equipos y sistemas radiantes.

## **Objetivo**

Realizar un estudio técnico para el mejoramiento de los parámetros de capacidad y cobertura del servicio de telefonía celular a través del uso de la tecnología 2G y 3G para la ciudad La Libertad, Provincia de Santa Elena.

## **Importancia**

El servicio de telecomunicaciones tiene un avance notable en nuestro país, debido al constante desarrollo y crecimiento de la población como es el caso de La Libertad, una ciudad con infraestructura hotelera, complejos y conjuntos habitacionales, organismos financieros, entidades públicas y recintos escolares, que acoge a miles de turistas y forma parte de la ruta de acceso a una de las playas más concurridas de la provincia de Santa Elena.

La telefonía celular ha llegado a formar parte de su vida cotidiana, ayuda acortando distancias con tan solo una llamada sin importar lo lejos que se encuentre; a través de este medio de comunicación se puede concretar cualquier negocio, resolver inquietudes, acceder a información instantáneamente o simplemente mantenerse comunicado.

Es por esta razón y debido al constante desarrollo turístico existe la necesidad de realizar un estudio que permita mejorar la calidad de servicio.

## **1.2. Organismos de Regulación y Control**

El sector de las telecomunicaciones ha formado parte del desarrollo tecnológico social y económico del país, por lo que fue necesario establecer un marco legal destinado a la regulación y control de las empresas que ofrecen este tipo de servicio.

Por tal motivo el 30 de agosto de 1995 se expide una reforma a la Ley de Telecomunicaciones separando las funciones de regulación y control, delegando a nuevos organismos como son el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, apoyada por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones las cuales normarán, regularán y administrarán el uso del espectro radioeléctrico y como ente ejecutor de estas políticas la Superintendencia de Telecomunicaciones (Conatel, 2013).

A continuación se nombrarán las funciones principales de estos organismos.

### **1.2.1. Conatel (Consejo Nacional de Telecomunicaciones)**

Sus principales funciones son:

- Dictar políticas con relación a las telecomunicaciones
- Aprobar el plan de desarrollo de las telecomunicaciones
- Establecer términos, condiciones y plazos para otorgar concesiones y autorizaciones para la explotación de servicios finales y portadores de telecomunicaciones
- Expedir los reglamentos necesarios para la interconexión de las redes
- Promover la investigación científica y tecnológica en el área de las telecomunicaciones (Asociación de Telecomunicaciones de la Comunidad Andina, s.f.).

### **1.2.2. Senatel (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones)**

Sus principales funciones son:

- Ejecutar las resoluciones emitidas por el Conatel
- Gestión y administración del espectro radioeléctrico
- Elaborar el plan de frecuencias para el uso del espectro radioeléctrico
- Elaborar las normas de regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones
- Crear Planes Técnicos Fundamentales para la operación de los servicios (Asociación de Telecomunicaciones de la Comunidad Andina, s.f.).

### **1.2.3. Supertel (Superintendencia de Telecomunicaciones)**

Sus principales funciones son:

- Hacer cumplir y ejecutar las normas establecidas por la Conatel
- Controlar y monitorear el uso del espectro radioeléctrico
- Controlar el cumplimiento de los contratos de concesión para la explotación de los servicios de telecomunicaciones
- Supervisar el cumplimiento de las normas de homologación y regulación
- Controlar la aplicación de los pliegos tarifarios aprobados (Asociación de Telecomunicaciones de la Comunidad Andina, s.f.).

### **1.2.4. Parámetros de Calidad de Telefonía Móvil**

La normativa técnica del Conatel para los servicios de telecomunicaciones menciona que forma parte de los Planes Técnicos Fundamentales, contribuirá para que los usuarios/clientes se beneficien de las ventajas que ofrece un mercado competitivo, en especial del mejoramiento sustancial de precios y de la calidad de los servicios de telecomunicaciones (Norma de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones, 2006, p. 1).

Para la verificación de los problemas en la red, la Supertel realiza pruebas a través de equipos de medición, para constatar el estado en que se encuentra la

calidad de los servicios brindados, para este fin, analiza las muestras obtenidas, para identificar las falencias, y notificar a la operadora correspondiente, para que la misma tome los correctivos pertinentes en beneficio de los usuarios y en función de las siguientes normativas técnicas las cuales se pueden apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Normas de QoS para Telefonía Móvil

#	Código	PARÁMETRO	VALOR OBJETIVO
1	2.1	Relación con el cliente	Valor objetivo trimestral $\geq 4$
2	2.2	Porcentaje de reclamos generales	Valor objetivo mensual $\leq 2\%$
3	2.3	Tiempo promedio de resolución de reclamos	Valor objetivo mensual $\leq 7$ días (168 horas continuas)
4	2.4	Porcentaje de reclamos de facturación	Valor objetivo mensual $\leq 0.35\%$
5	2.6	Calidad de presentación de facturas	Valor objetivo trimestral $\geq 4$
6	2.10	Porcentaje de llamadas completadas	Valor objetivo mensual $\geq 90\%$
7	2.11	Tiempo promedio de establecimiento de llamada	Valor objetivo mensual 1 $\geq 95\%$ de la cantidad de llamadas establecidas hasta en 10 segundos para llamadas dentro de la misma red y otras redes Valor objetivo mensual 2 $\geq 95\%$ de la cantidad de llamadas establecidas hasta en 12 segundos para llamadas de larga distancia internacional
8	2.12	Tiempo promedio de espera por respuesta de operador humano	Valor objetivo mensual 1 $\leq 30$ segundos (Tiempo promedio del total de llamadas contestadas) Valor objetivo mensual 2 $\geq 80\%$ del total de llamadas no deberán ser contestadas en un tiempo mayor a 20 segundos
9	2.13	Porcentaje de llamadas caídas	Valor objetivo mensual $\leq 2\%$ para celdas de Zona A Valor objetivo mensual $\leq 5\%$ para celdas de Zona B Valor objetivo mensual $\leq 7\%$ para celdas de Zona C
10	2.15	Cobertura de red	Para el 95% de los casos de medición en el área de cobertura de cada radiobase se deberá cumplir con los valores señalados en RSSI o RX y en Level Ec/Io
11	2.16	Calidad de conversación	Valor objetivo trimestral $\geq 4$
12	2.17	Porcentaje de mensajes cortos	Valor objetivo mensual $\geq 95\%$
13	2.18	Tiempo promedio de entrega de mensajes cortos	Valor objetivo $\leq 10$ segundos

Tomado de Norma QoS v1 DGP CONATEL.pdf, 2007, p. 102.

En la tabla 1 se puede encontrar los parámetros medidos en una red celular los mismos que se describen a continuación:

- **Porcentaje de llamadas completadas:** significa el número de llamadas que se pudieron establecer entre dos usuarios considerando los siguientes casos:



- El destinatario contesta.
  - El destinatario bloquea o cierra la llamada, dirigiéndose esta al buzón de voz.
  - El destinatario se encuentra con el teléfono apagado o a su vez esta fuera del área de cobertura, derivando la llamada al buzón de voz.
- 
- **Tiempo promedio de establecimiento de una llamada:** es el tiempo transcurrido en segundos desde que se hace la petición de marcado hasta la finalización de la llamada.
  - **Porcentaje de llamadas caídas:** es el número de veces que se pierde la conexión mientras la llamada se encuentra establecida.
  - **Cobertura de red:** es el área geográfica bajo la cual una estación celular provee de la potencia necesaria para que el teléfono pueda acceder a los servicios que tenga contratado.

Este organismo, por medio de los parámetros de calidad, controla y garantiza la calidad del servicio, que brindan las operadoras de telefonía celular, ejecutando lo que indica el Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil, así como también es el ejecutor de las políticas y regulaciones que contribuyen al desarrollo de las telecomunicaciones para que los ecuatorianos puedan acceder a servicios de calidad.

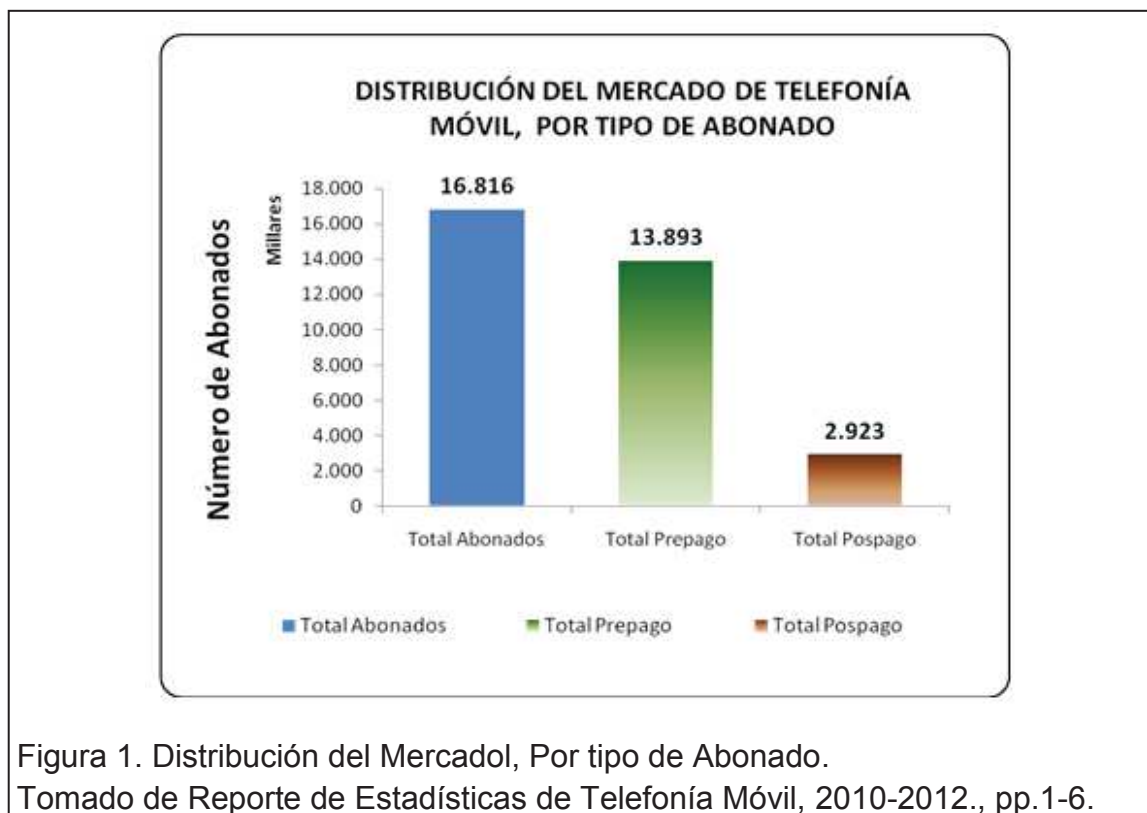
### **1.3. Situación Actual del Mercado de Telefonía Móvil**

En el país existen tres operadoras que ofrecen este tipo de servicio tales como: CNT E.P, CONECEL S.A y OTECEL S.A, donde se identifican comercialmente como CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) empresa pública, CLARO (CONECEL) y MOVISTAR (OTECCEL) empresas privadas.

“Las operadoras de telefonía móvil del país reportaron a la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (Senatel) un total de 16,816 millones de líneas activas a marzo del 2012. Donde Claro, con 11,1 millones de usuarios, domina el mercado con el 69 por ciento, seguido de Movistar,

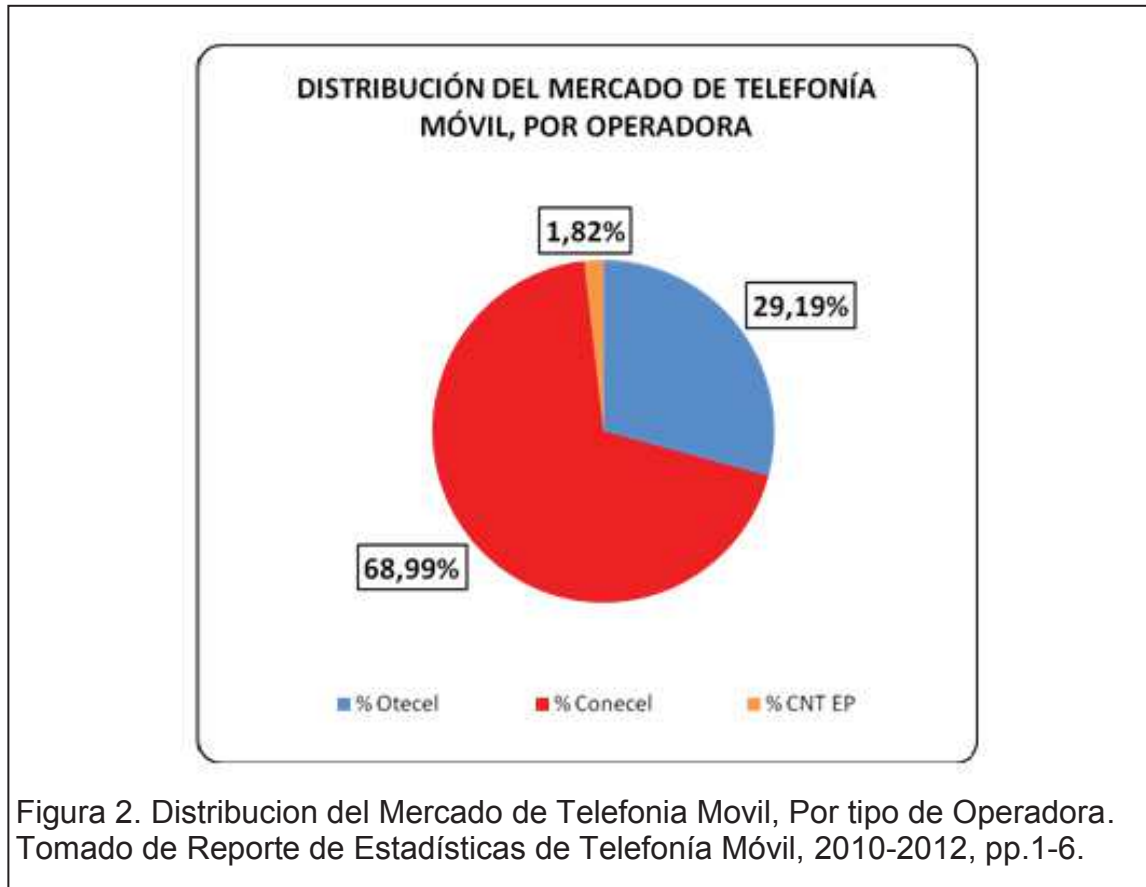
con 4,9 millones de clientes, alcanza una participación de 29 por ciento. Por su parte, el operador estatal CNT retiene unos 338.463 suscriptores, que representan el 2 por ciento del mercado”. (Supertel, Reporte de Estadísticas de Telefonía Móvil, 2010-2012., pp.1-6).

La Superintendencia de Telecomunicaciones reportó los siguientes datos estadísticos representados en la figura 1.

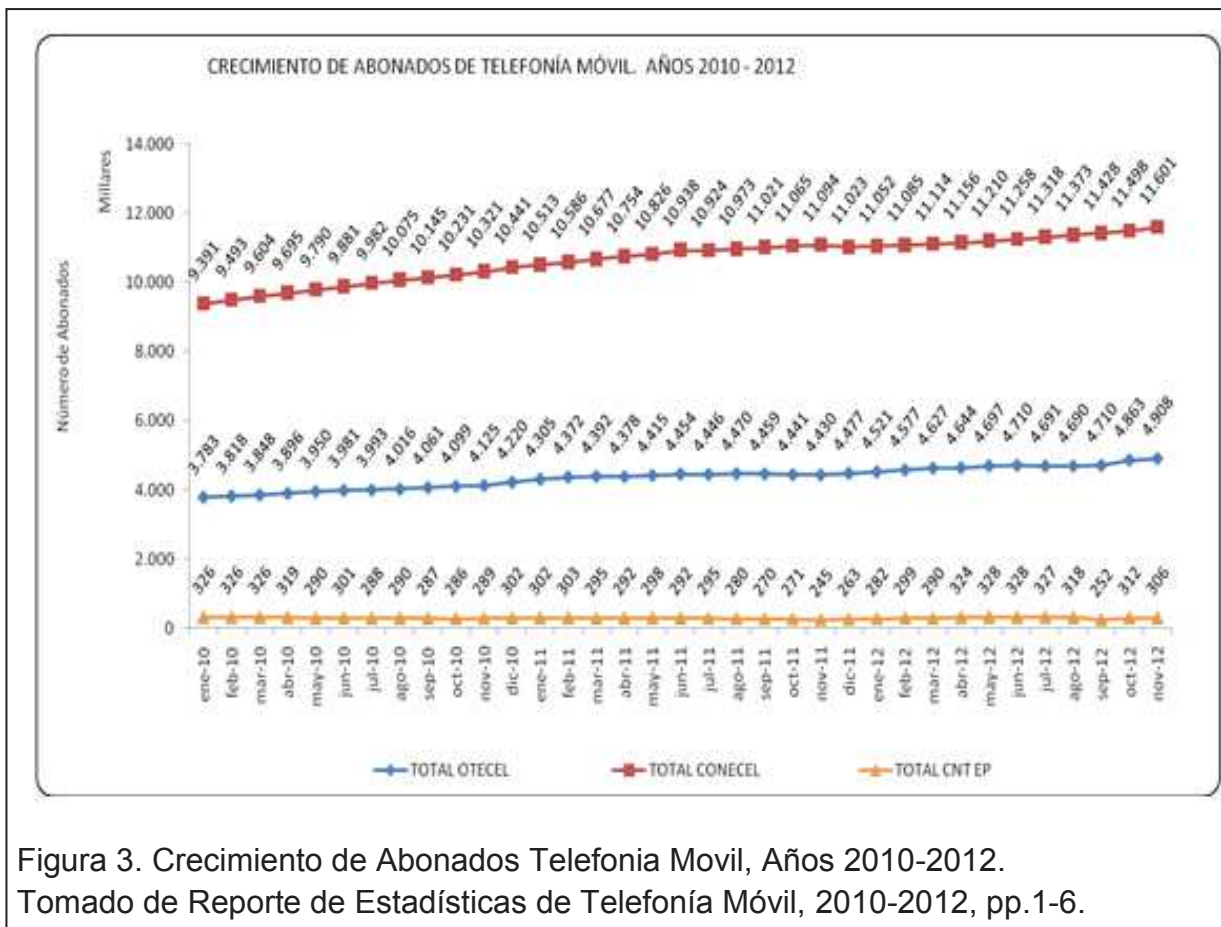


En la figura 1 se puede observar que existen dos tipos de abonados, el abonado prepago es el que posee una línea celular sin un contrato u obligación con la empresa, mantiene y hace uso del servicio mediante la compra de saldo según lo requiera; puede realizar llamadas, enviar mensajes y navegar en la red, todas estas acciones son descontadas en función de su costo, mientras que el abonado post-pago, realiza un contrato mensual, proporcionándole los servicios que tiene el prepago más ciertos beneficios como son tarifas preferenciales de llamada, saldo para llamar a cualquier operadora, paquetes de mensajes, paquetes de datos y otros.

Existe una clara diferencia entre los abonados prepago y post-pago, esto se debe a que aún los precios de los planes ofertados por las empresas no son asequibles, pero la tendencia del mercado y la competitividad tratarán de captar nuevos usuarios por medio de planes reducidos y facilidades de pago.



En la figura 2 es muy evidente el predominio de la operadora Claro (Conecel) sobre sus competidores, ya que esta empresa de telefonía celular según la Supertel, tiene mejor cobertura a nivel nacional y la mayor parte de sus abonados pertenecen a líneas prepago.



En la figura 3 se puede apreciar que la proyección de crecimiento de abonados se mantiene constante entre los años 2010 – 2012, llegando a considerarse que existe más líneas telefónicas que habitantes en el territorio nacional, esto se debe a que existen abonados que tienen varias líneas activas tanto para uso personal y como otras exclusivamente para trabajo.

Tabla 2 Líneas Activas por Operadora

CONECEL S.A.			CNT EP.			OTECEL S.A.		
LATU	LATP	TOTAL LA	LATU	LATP	TOTAL LA	LATU	LATP	TOTAL LA
11.601.454	35.024	11.636.478	306.302	20.771	327.073	4.908.262	50.188	4.958.450

Tomado de Reporte de Estadísticas de Telefonía Móvil, 2010-2012., pp.1-6

En la tabla 2 se puede visualizar que existe un resumen de abonados por operadora

En donde:

**LATU:** Líneas Activas del SMA (Servicio Móvil Avanzado) prestados a través de terminales de usuario

**LATP:** Líneas Activas del SMA (Servicio Móvil Avanzado) prestados a través de terminales de uso público

**TOTAL LA:** Total de Líneas Activas del SMA (Servicio Móvil Avanzado) del mes reportado. (Supertel, Telecomunicaciones Reporte de Estadísticas de Telefonía Móvil, s.f., pp.1-6).

#### 1.4. Situación Actual en La Libertad

Esta ciudad se encuentra ubicada en la región costera, es parte de la península de Santa Elena, con una superficie de 25.6 km<sup>2</sup>, a 10 msnm (metros sobre el nivel del mar) y con 95.942 habitantes según el Censo de Población y Vivienda del año 2010.

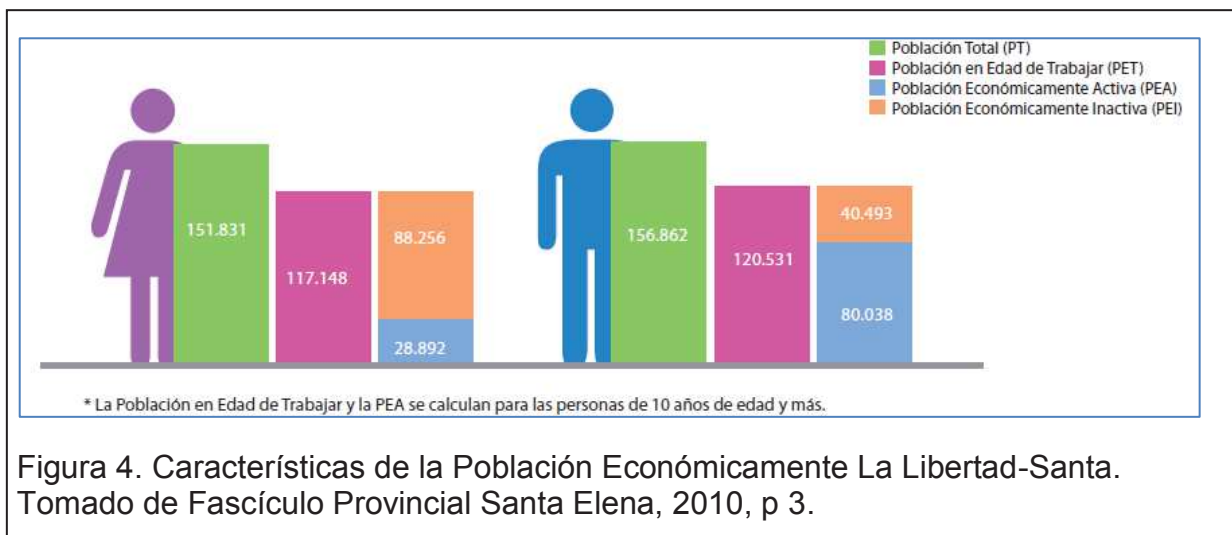


Figura 4. Características de la Población Económicamente Activa en La Libertad-Santa Elena. Tomado de Fascículo Provincial Santa Elena, 2010, p 3.

La figura 4 muestra que la distribución de la población económicamente activa representada en color celeste, es el grupo de la población que tiene dependencia laboral y estaría en la capacidad de adquirir un teléfono móvil, por

lo tanto la relación correspondería a que cada persona es usuaria de cualquiera de las empresas de telefonía celular, pero cabe recalcar que en las actividades turísticas hacen uso de más de un número de contacto, además para acceder a este servicio no se requiere de un contrato, sin embargo se puede acceder a este servicio por medio del ingreso de saldo como abonado prepago, dando lugar a que la gran mayoría pueda ser suscriptora de este servicio.



En la figura 5 se observa que los estudios realizados por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), la telefonía celular es el medio de comunicación más utilizado y que los habitantes de La Libertad hacen uso de la telefonía celular como medio primordial de comunicación.

#### 1.4.1. Características de la Red Móvil en La Libertad

Las operadoras de telefonía celular se encuentran ubicadas en función de su diseño de red, las cuales brindan cobertura hacia las zonas pobladas y a la carretera que comunica Salinas con la Libertad.

Cada operadora posee su propia estación, estas se encuentran cercanas entre sí, por lo que posiblemente tienen los mismos objetivos de cobertura, considerando que es una ciudad pequeña.

La geografía es regular y el paisaje urbanístico no posee edificaciones altas que obstruyan total o parcialmente a las radio bases.

Pero por la falta de estructuras que provean la altura suficiente que permitan cubrir áreas grandes, las operadoras telefónicas implementan como solución la construcción de torres y monoplos, los cuales se detallan a continuación en las figuras 6 y 7 respectivamente:

- **Monopolo:** es una estructura metálica en forma de polígono, constituida por tramos de 6 metros cada una y que puede llegar hasta una altura de 30 m, por estudios estructurales, permisos ambientales y municipales es permitido su construcción en zonas urbanas altamente pobladas, con el fin de causar el menor impacto visual.



Figura 6. Representación gráfica de un Monopolo

- **Torre:** es otra de las opciones para este tipo de casos, es una estructura también metálica, más estable, soporta mayor cantidad de equipos que la estructura anteriormente mencionada y puede superar los 100 m de

altura, dependiendo de los requerimientos de planificación de radio frecuencia.



Figura 7. Representación gráfica de una Torre



## 1.5. Generaciones Actuales de Telefonía Celular

### 1.5.1. Sistema Celular 2G

El Sistema global para las comunicaciones móviles (GSM) es un estándar europeo considerado como segunda generación de telefonía celular, creado con el fin de obtener mayor variedad de servicios, por medio de una tarjeta denominada SIMCARD, la cual almacena la información e identidad del abonado, facilita la portabilidad de esta información hacia otro teléfono con tan solo insertar en el nuevo terminal.

#### 1.5.1.1. Características Principales

- Usa el sistema de comunicación full dúplex, por medio de dos canales permite la transmisión y recepción de información digitalizada.
- La tasa de transmisión promedio es de 9,6 kbps (kilobytes por segundo).
- En Ecuador la banda de operación es 850 MHz.
- El rango de canales para el envío de información desde el teléfono móvil hacia la estación base se denomina Uplink y está asignado en el rango de (824 – 849)MHz y para el envío de información desde la estación base al teléfono móvil se denomina Downlink y el rango se encuentra establecido en (869 - 894) MHz
- Usa la modulación GMSK Modulación con Mínimo Desplazamiento Gaussiano (Minango, 2011, p.4).

#### 1.5.1.2. Elementos de la Red 2G

**MSC (Mobile Switching Center):** es el centro de conmutación, encargado de gestionar y establecer todas las conexiones, enrutando cada llamada hacia la estación celular correcta.

**BTS (Base Transceiver Station):** denominadas estaciones celulares, manejan los recursos de radio estableciendo la interfaz de comunicación entre la red celular y el teléfono móvil.

**BSC (Base Station Controller):** la estación base controladora, es la encargada de gestionar y controlar a las estaciones celulares proveyendo la

comunicación para que el teléfono móvil no pierda la conexión con la red cuando se traslada de un lugar a otro.

**HLR (Home Location Register):** es una base de datos que almacena la identidad y el perfil del abonado.

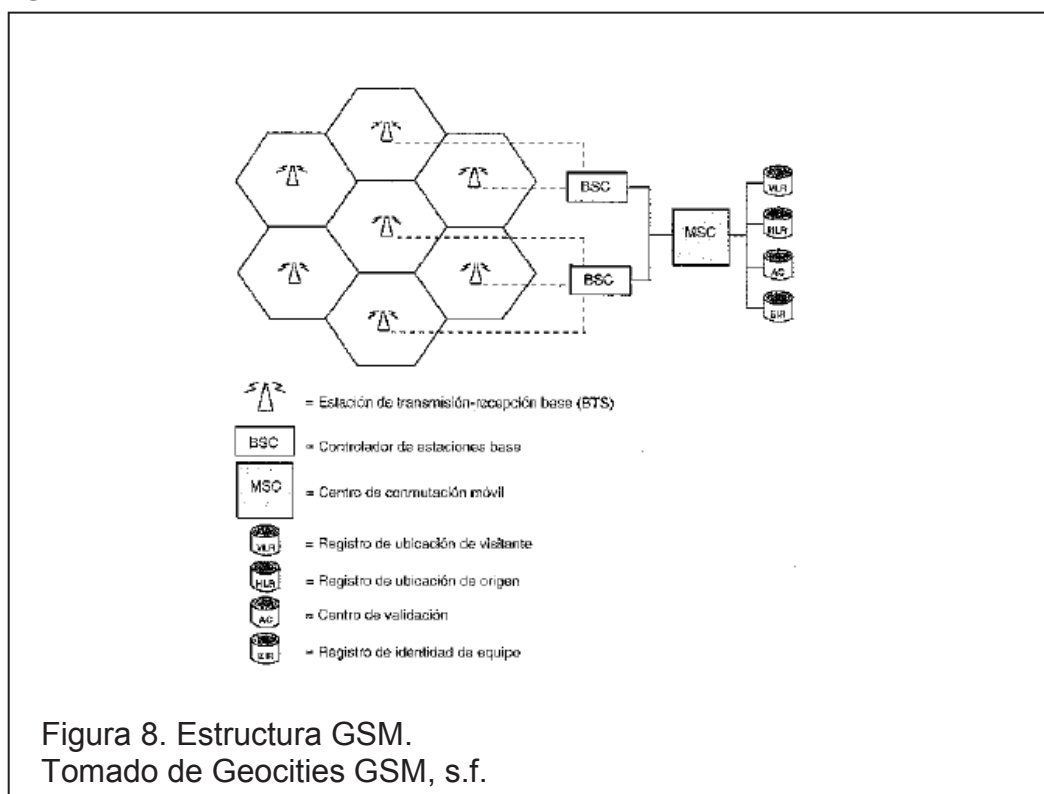
**VLR (Visitor Location Register):** es una base de datos que almacena momentáneamente la ubicación por medio de la estación base donde se encuentra enlazado el teléfono móvil.

**AUC (Authentication Center):** es una base de datos que gestiona la autenticación del usuario para acceder a los servicios que tiene habilitados.

**EIR (Equipment Identity Register):** es el registro de identidad del equipo o teléfono móvil, que ayuda a identificar qué tipo de equipo que se encuentra conectado a la red, ya que cada operadora tiene un registro para llevar un control de seguridad en caso de robo, bloqueando al teléfono móvil.

### 1.5.1.3. Estructura 2G

En la figura 8 se muestra la representación gráfica de los componentes de la red 2G.



#### 1.5.1.4. Parámetros Básicos GSM

GSM posee muchos parámetros que permiten valorar y evaluar la red, para este estudio se analizarán los más importantes y que tienen relación con la cobertura.

- **RxLev:** permite evaluar la calidad de la conexión entre la radio base y el teléfono móvil, mostrando los niveles de potencia recibidos por el teléfono en cada punto geográfico dentro del área de cobertura. Este parámetro además puede restringir la conexión a un teléfono que se encuentren accediendo con bajos niveles y a distancias muy lejanas. Los niveles considerados tanto mínimo como máximo para que un teléfono móvil pueda establecer una comunicación con una radio base son los que se describen en la tabla 3.

Tabla 3 Indicador de niveles Rxlev

RXLEV (dB)
-110
-100
-90
-80
-70
-60
-50
-40
-30
-20
-10
0

Adaptado de Norma QoS v1DGP CONATEL.pdf, 2007, p. 102

- **RxQual:** este parámetro evalúa la calidad del servicio permitiendo localizar las zonas con problemas donde especialmente las llamadas se desconectan de la red por consecuencias de los niveles de señal. Se

puede considerar como muy buena calidad el valor de 0 y 7 como baja calidad.

### **1.5.2. Sistema Celular 3G**

Debido al crecimiento y desarrollo de las aplicaciones móviles, el apareamiento de nuevos servicios y teléfonos más avanzados, se requiere de un acceso rápido que soporte altas transmisiones de información y mayor velocidad de navegación.

Para este propósito se ha desarrollado el estándar denominado UMTS (Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles) basado en la tecnología W-CDMA.

#### **1.5.2.1. UMTS**

El sistema UMTS (Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles), también conocido como telefonía móvil de tercera generación, permite la utilización de varios servicios simultáneamente, haciendo posible el uso de aplicaciones en tiempo real y que van más allá de una llamada de voz común. De este modo, los usuarios tienen acceso a servicios como descargas de cualquier aplicación o información, correo electrónico, redes sociales, compras en línea, entre otros.

#### **1.5.2.2. W-CDMA**

Acceso Múltiple por División de Código de Ancho de Banda, el canal de frecuencia se divide en diferentes secuencias de código por cada usuario sobre un ancho de banda más robusto, es decir los usuarios transmiten simultáneamente sobre el mismo canal y son identificados mediante la asignación de un código.

El ancho de banda para el canal de frecuencia es de 5 MHz que puede soportar transmisiones de hasta 2 Mbps (Mega bytes por segundo).

Esta técnica opera de dos modos:

- WCDMA: FDD (Frequency Division Duplexing), emplean dos bandas distintas de frecuencias por cada usuario. La banda de subida

encargada de transportar el tráfico desde la estación de base hacia el teléfono móvil y la banda de bajada encargada de transportar el tráfico desde el teléfono móvil hacia la estación base.

- TD/CDMA: TDD (Time Division Duplexing), emplean un mismo canal para operación de las bandas de subida y bajada, por medio ranuras o intervalos de tiempo.

### 1.5.2.3. Elementos de la Red 3G

Se encuentra representado por tres grandes bloques los que se mencionarán a continuación:

**Core Network ( Núcleo de Red):** es la parte importante encargada del control, señalización, tráfico y transporte de la información, basada en la conmutación de circuitos denominada MSC y conmutación de paquetes denominada SGSN, que en conjunto se conectan a otras redes.

**RAN O UNTRAN (Red de Acceso de Radio):** contiene al Nodo B o estación base, el cual provee la interfaz de radio, y el RNC (Radio Network Controller) maneja los recursos de radio, el transporte del tráfico y a su vez establece la comunicación con el Núcleo de Red.

**Terminales Móviles (UE):** conocido como teléfono móvil el cual contiene la información suscriptor del usuario.

### 1.5.2.4 Estructura 3G

Esta estructura se encuentra representada mediante bloques como se puede observar en la figura 9:

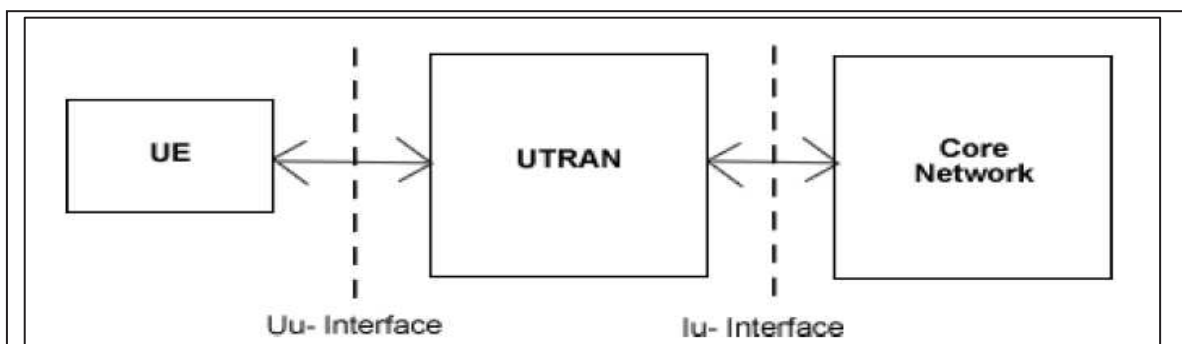
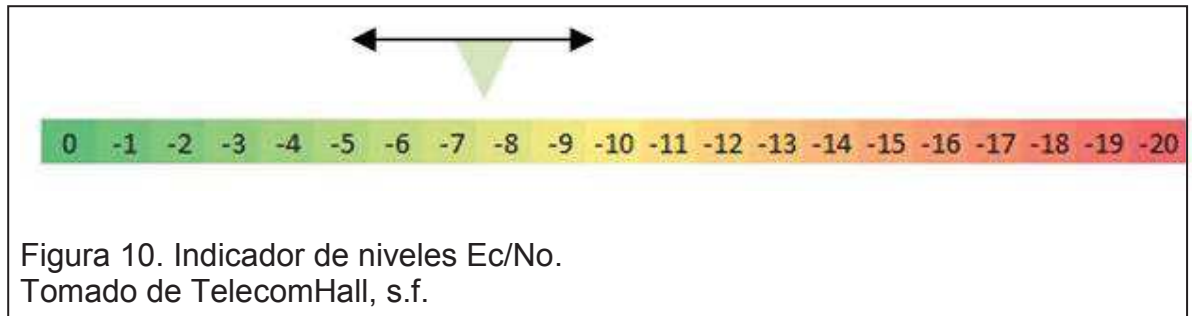


Figura 9. Estructura UMTS.  
Tomado de UMTSForum, s.f.

### 1.5.2.5 Parámetros Básicos WCDMA

- **Ec/No:** es la energía por chip ( $E_c$ ) recibida por el canal piloto, dividida por la densidad de ruido espectral ( $N_o$ ), expresada en dB (Decibelios) como se puede apreciar en la figura 10.



- **RSCP:** significa código de señal recibida de energía, en otras palabras significa la energía recibida del canal piloto de una celda con el código de aleatorización específico.
- **RSSI:** indica la intensidad de la señal recibida en el teléfono móvil.

### 1.5.3. Elementos de la Radio Base o Nodo B

La radio base o estación celular también denominada por sus siglas en inglés como BTS (Base Station Transceiver) para 2G y Nodo B considerado en 3G, es el elemento de la red celular encargado de manejar los recursos de radio frecuencia, para establecer la comunicación de la red celular con el teléfono móvil.

La radio base está conformada por cuatro grandes componentes como son:

- Equipos de Radio Frecuencia: constituyen todas las unidades que en conjunto trabajan en el procesamiento, transmisión y recepción de la señal, además de ejecutar el proceso de comunicación con la BSC.
- Equipo de Radio Enlace: es el encargado de establecer la comunicación con la BSC, con el fin de enrutar el tráfico.
- Equipos de Energía: son todas las unidades de alimentación y protección eléctrica.
- Sistema Radiante: constituyen las antenas, combinadores, diplexores y las tarjetas transmisoras/receptoras.

#### 1.5.4. Antenas

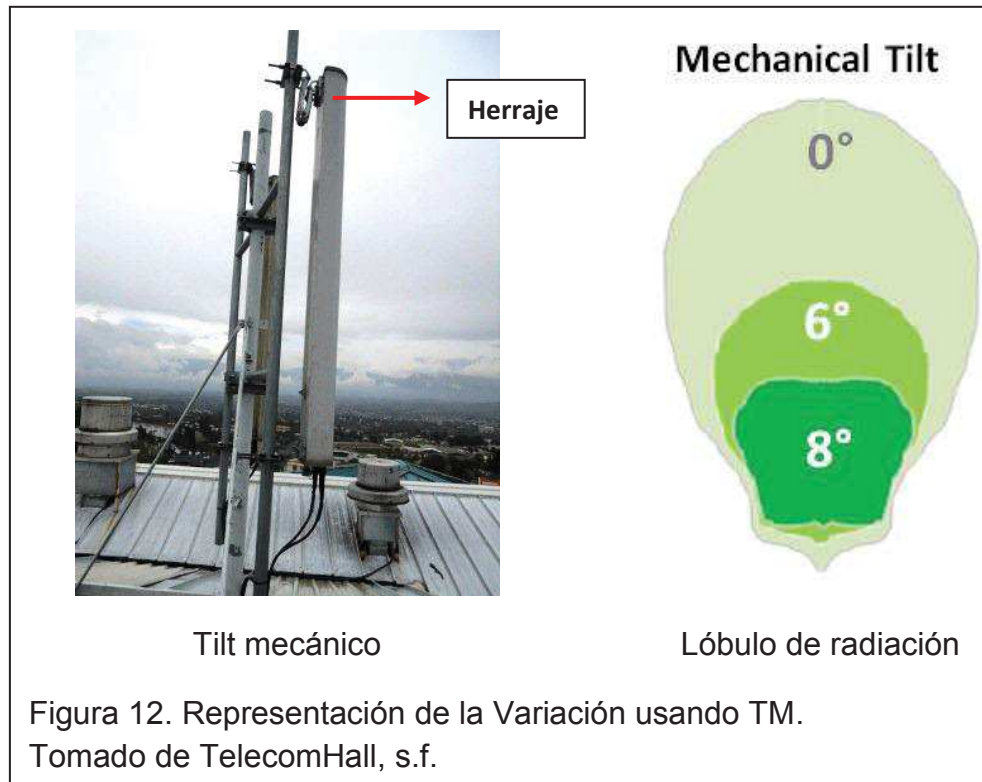
Las antenas celulares son un elemento muy importante de la radio base, irradian la señal de radio frecuencia en varias direcciones, sin embargo son conductores pasivos, es decir no generan potencia o amplifican la señal transmitida.

Las antenas al irradiar presentan una característica muy importante denominada ganancia, esta se define como la ganancia de potencia en la dirección de máxima radiación y su unidad de medida es en dB (Decibelios). Este componente además tiene la capacidad de modificar el lóbulo de radiación para limitar el área de cobertura y así reducir las interferencias con otras celdas vecinas, para esto, se lo realiza mediante mecanismos propios como son:

- Tilt Eléctrico (TE): este mecanismo se encuentra en la parte baja de la antena y sirve para modificar el lóbulo de radiación de tal manera que este se reduce como se puede observar en la figura 11.



- Tilt Mecánico (TM): permite modificar la posición de la antena, tanto arriba (uptilt) como hacia abajo (downtilt) por medio de errajes, de modo que aplicando un downtilt el lóbulo sufre un ensanchamiento, como se puede apreciar en la figura 12:



### 1.5.5. Propagación

Se denomina propagación, a la interfaz de radio o al medio en que las señales viajan (espacio libre), estas señales (ondas electromagnéticas), son transmitidas libremente haciendo posible la comunicación entre el teléfono móvil y la red celular.

Estas señales propagadas son generadas por las estaciones celulares, desde el punto de vista emisor y como equipo receptor los teléfonos móviles, sobre una misma banda de frecuencia, atraviesan por uno o más trayectos dando lugar a un conjunto de fenómenos físicos tales como:

- Refracción: al momento de atravesar uno o varios medios experimenta un cambio de velocidad.
- Reflexión: ocurre cuando en la trayectoria existe un obstáculo el cual produce una desviación o cambio de trayectoria.
- Atenuación: ocurre debido a reflexiones del terreno.
- Desvanecimiento: ocurre cuando la onda viaja por múltiples trayectorias.



- Absorción: dada por el tipo de entorno o medio que se encuentre atravesando.

Por lo que no en todos los lugares tenemos el mismo nivel de señal, además el crecimiento de abonados, las obstrucciones del tipo geográfico u obstrucciones dentro del mismo entorno urbano afectan la calidad de servicio.

Las estaciones celulares por medio de las antenas y equipos de radio frecuencia irradian de forma controlada, dando cobertura sobre una área determinada, según el diseño de red de cada operadora telefónica, de tal manera que predecir el comportamiento es necesario hacer uso de los modelos de propagación los cuales facilitan visualizar la zona de influencia que tiene cada estación celular.

#### **1.5.5.1. Modelos de Propagación**

Para predecir la forma de propagación existen varios estudios que permiten hacer un modelado en ambientes externos, como son los siguientes:

- Modelo Okumura
- Modelo Okumura-Hata
- Modelo Walfisch-Bertoni
- Modelo Walfisch-Ikegami

Estos modelos permiten crear las posibles áreas cubiertas por la estación celular, bajo ciertas condiciones y dependiendo del modelo que se requiera, además hay que considerar otros aspectos que intervienen como son la altura a la que se encuentran las antenas, tilt mecánico, tilt eléctrico, tipo de entorno y las pérdidas en el sistema.

#### **1.5.5.2. Modelo Okumura**

Este modelo es usado para predicciones en ambientes externos urbanos, sobre terrenos regulares, por lo que es adaptable a este estudio, y está basado en

curvas de atenuación relativa al espacio libre, y además este modelo es aplicable con las siguientes consideraciones:

- Frecuencias entre 100MHz y 3000MHz.
- Distancias entre 1Km y 100Km

Donde la atenuación por trayectoria está definida por la siguiente ecuación:

$$L[dB] = L_f + A_{mu}(f, d) - G(h_{tx}) - G(h_{rx}) - G_{AREA}$$

Dónde:

L: Atenuación por trayectoria espacio libre

L<sub>f</sub>: Atenuación espacio libre

A<sub>mu</sub>(f, d): Atenuación relativa promedio (curvas)

G(h<sub>tx</sub>): Ganancia de la antena de transmisión con altura h<sub>tx</sub>

G(h<sub>rx</sub>): Ganancia de la antena de recepción con altura h<sub>rx</sub>

G<sub>AREA</sub>: Ganancia debido al tipo de ambiente

Tomado de Avila, 2013.

### **Curvas de atenuación relativa**

Okumura determina un conjunto de curvas por medio de mediciones sobre zonas urbanas de relieve regular, en función de la distancia entre el transmisor y el receptor, la frecuencia en la que se propagan, del tipo de antenas omnidireccionales y verticales, la altura de la misma y los diferentes tipos de trayectos.

Es considerado uno de los más simples y empíricos pero que el más utilizado por la precisión de cálculo por pérdidas en el trayecto. A continuación se hace referencia de las mediciones de Okumura en la figura 13.

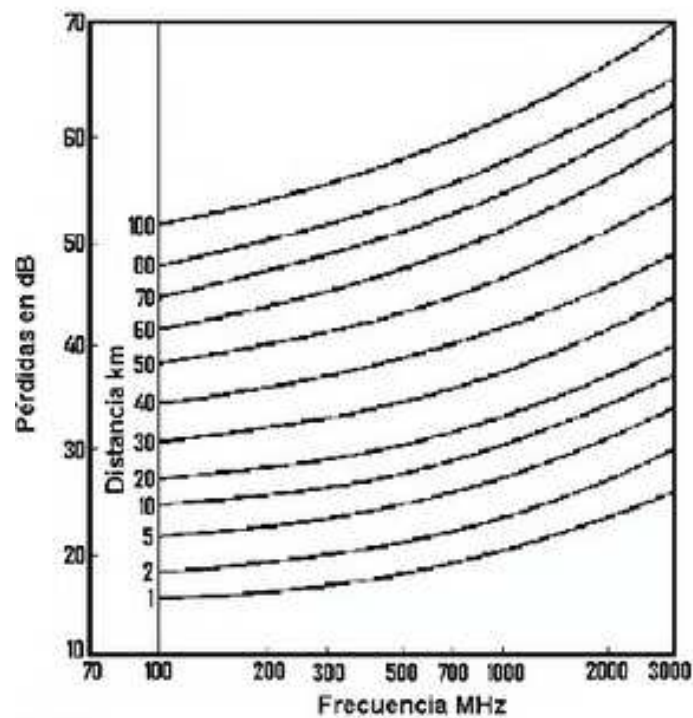


Figura 13. Curvas de atenuación relativa, Modelo de propagación Okumura. Tomado de Avila, 2013.

### 1.5.6. Herramientas de Planificación y Optimización

Actualmente existen varias herramientas de planificación y optimización de para las redes móviles, las cuales facilitan la planificación de la red, una de las facilidades que brinda este tipo de herramientas es la de realizar predicciones de cobertura que servirán para el posterior análisis.

A continuación se muestran las más usadas:

- Mentum Planet
- Netact Planner
- Xirio-Online
- Planet EV
- Wizard

### 1.5.6.1 Mentum Planet

Este software o programa herramienta de planificación y optimización fue diseñado específicamente para las redes inalámbricas, su principal función es la de mejorar el diseño de las redes mediante la planificación, gestión y optimización de los recursos de radio.

Mentum Planet facilitará el análisis en función de las predicciones empleando modelos de propagación, usando librerías que contienen una amplia variedad de modelos de antenas, además complementada con la cartografía digital tal como se puede visualizar en la figura 14.

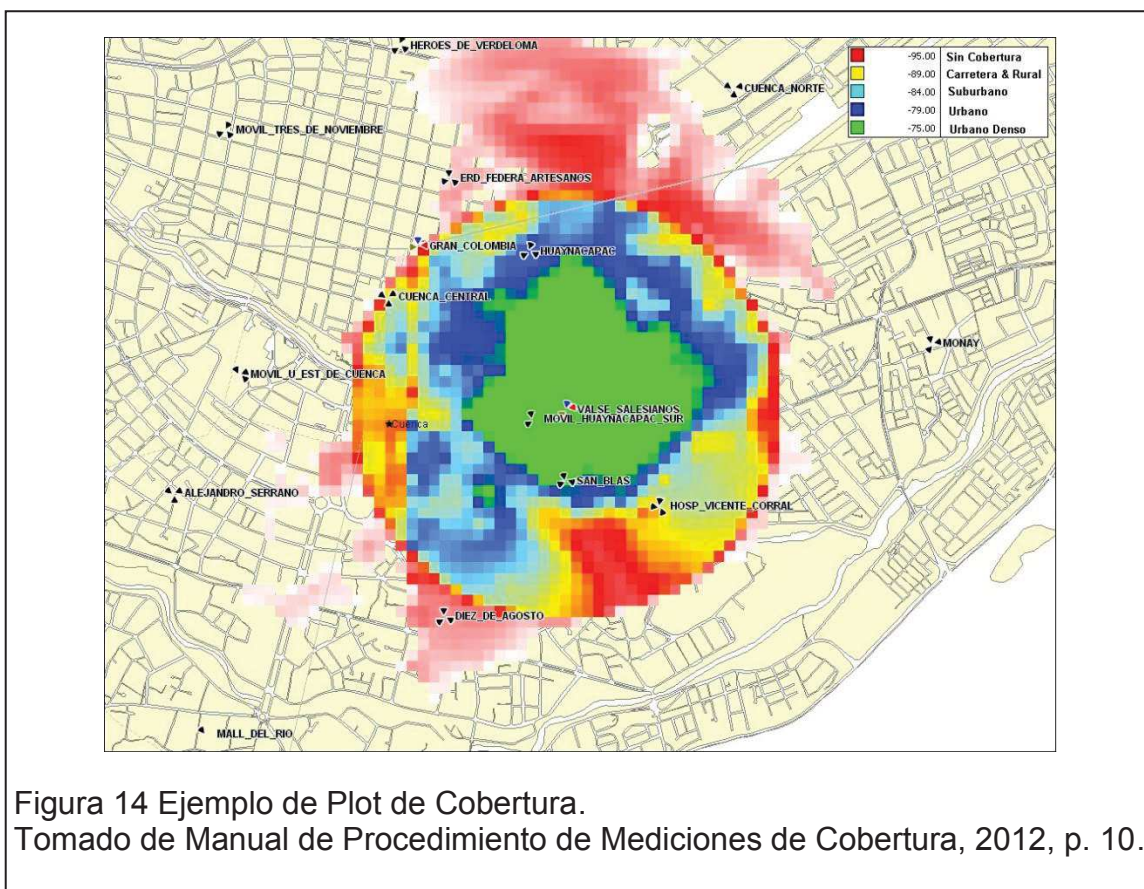


Figura 14 Ejemplo de Plot de Cobertura.

Tomado de Manual de Procedimiento de Mediciones de Cobertura, 2012, p. 10.

Para el proceso de la obtención de los plots de cobertura y previamente instalado el software Mentum Planet, se realizan los siguientes pasos:

- Para crear una nueva estación se procede a dar clic derecho sobre la ventana denominada (Project Explorer) que contiene las estaciones creadas sobre la cartografía digital, permitiendo agregar al proyecto la

estación requerida e identificar el terreno sobre el cual se hará la predicción como se muestra en la figura 15.

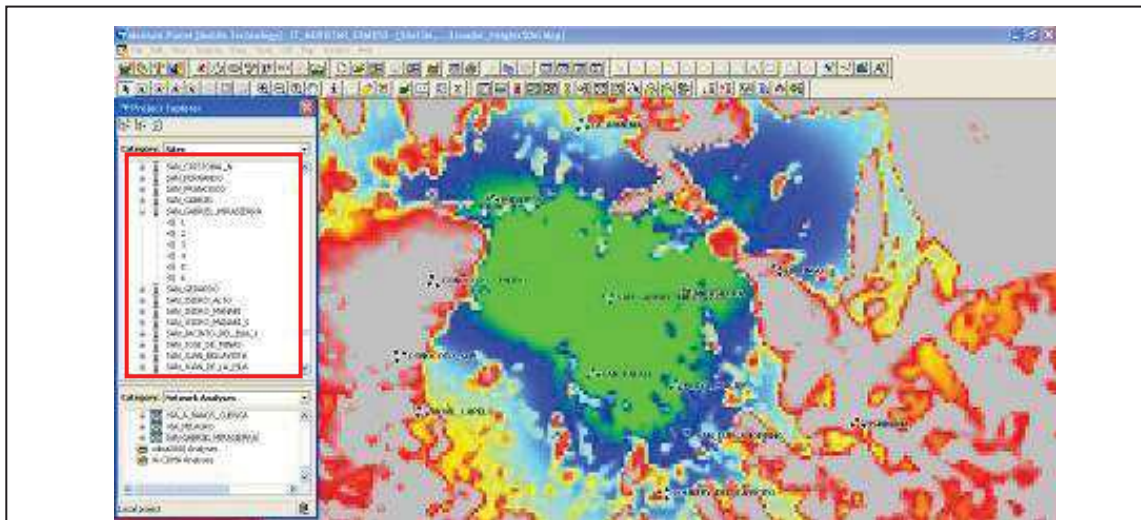


Figura 15. Proceso para la creación de una nueva estación parte I.  
Tomado de Manual de Procedimiento de Mediciones de Cobertura, 2012, p. 23

- A continuación se despliega la ventana donde se ingresarán los datos como la altura, las coordenadas, modelo de propagación, área de propagación estimada e información que permita identificar a la nueva estación como se puede apreciar en la figura 16.



Figura 16. Proceso para la creación de una nueva estación Parte II.  
Tomado de Manual de Procedimiento de Mediciones de Cobertura, 2012, p 24

- Después de haber creado la estación se agregarán los sectores requeridos con todos los datos técnicos de las antenas como son la altura, modelo, ganancias, pérdidas, acimuts, tilts, potencia, tipo de tecnología como se muestra en la figura 17.



Figura 17. Proceso para la creación de una nueva estación parte III.  
Tomado de Manual de Procedimiento de Mediciones de Cobertura, 2012, p 24

Este proceso genera las predicciones de la estación de forma individual o conjunta con las estaciones vecinas, este software brinda la información de forma ideal sin considerar el paisaje urbanístico, por lo que no es muy preciso pero sin embargo complementa al estudio realizado en campo y brinda una referencia aproximada del área de cobertura.

### 1.5.7. Descripción de las Estaciones Actuales en la Libertad

En la ciudad de la Libertad existe la presencia de las tres operadoras de servicio de telefonía celular, cada operadora posee su propia infraestructura, y están ubicadas estratégicamente en función de la planificación de red.

En este caso se realizará una breve descripción de las estaciones, tomando en cuenta que se levantará la información que permitirá crear un sustento que facilite y contribuya al estudio de este proyecto de tesis, cada radio base es una propiedad privada por lo tanto se recopilará información muy general, para complementarla con las mediciones realizadas.

Según la Supertel las operadoras proveen del servicio de 2G y 3G por lo que cada estación está constituida por los siguientes equipos:

- Estructura Torre
- Cuarto de Equipos
  - BTS (2G)
  - Nodo B (3G)
  - Equipos de energía
  - Equipos de transmisión
  - Cables de energía, feeders
  - Escalerillas para recorrido de cables y feorders
- Equipos remotos de radio frecuencia
- Antenas

Ambas tecnologías se encuentran compartiendo la misma infraestructura, y se estima que la posible configuración de radio tomada en el campo según los procesos de medición de la operadoras es la siguiente:

#### 1.5.7.1. Radio Base A

Tabla 4 Configuración 2G

<b>SECTORES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>ALTURA</b>	36 m	36 m	36 m
<b>AZIMUT</b>	80°	180°	290°

Tabla 5 Configuración 3G

<b>SECTORES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>ALTURA</b>	36 m	36 m	36 m
<b>AZIMUT</b>	80°	180°	290°

Las antenas utilizadas según la tecnología mencionada están ubicadas sobre soportes metálicos, estos soportes constan de dos polos sobre una guía horizontal formando una “H”, cada extremo posee una separación aproximada de 1 m, donde la antena está instalada sobre un de los polos respectivamente. Estas antenas son tipo Dual, lo que significa que trabajan en dos frecuencias

diferentes para poder brindar la mayor capacidad, y están conectadas mediante los recorridos de feeders hacia la BTS y jumpers hacia los equipos RF remotos.

### 1.5.7.2. Área de Cobertura Radio Base A

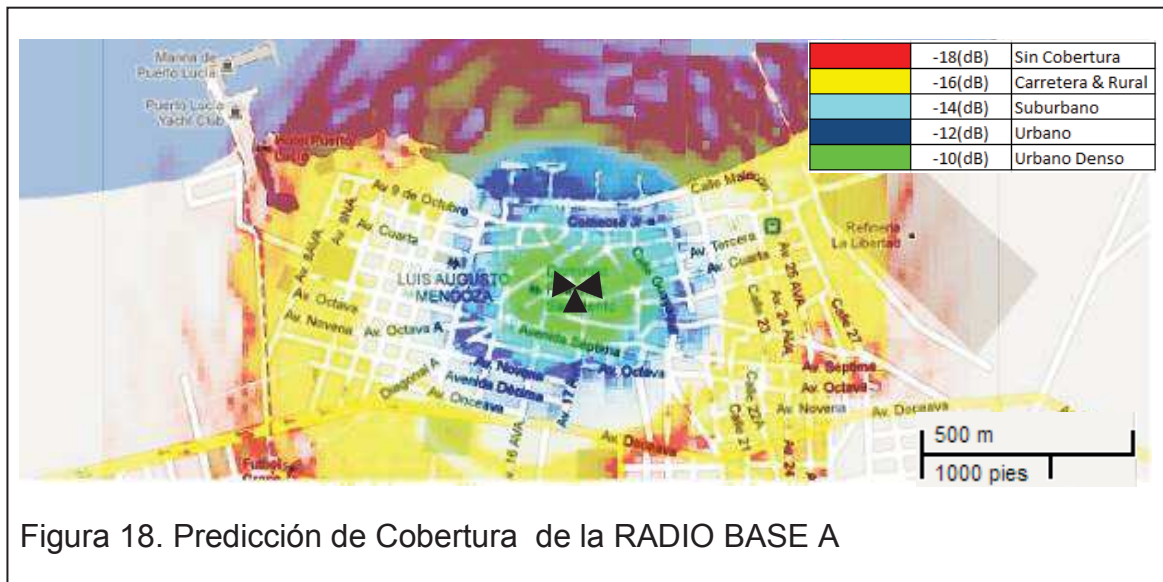


Figura 18. Predicción de Cobertura de la RADIO BASE A

Para poder realizar las predicciones se obtuvo ayuda de las mediciones de drive test, con el fin de estimar la configuración de los tilts y mediante las experiencias de las operadoras en campo, de esta manera se determinaría la posible área de cobertura.

En la figura 18 se observa que existen diferentes niveles de señal, la estación posee buenos niveles en un área aproximada de 100 m cubriendo de manera óptima el centro de la ciudad, y con niveles aceptables sobre la zona periférica, pero se evidencia que existen zonas de color rojo indicando la degradación de la señal, sin embargo en dichas zonas predomina la existencia de extensos terrenos con poca población verificadas en la visita realizada.

### 1.5.7.3. Radio Base B

Tabla 6 Configuración 3G

SECTORES	1	2	3
ALTURA	36 m	36 m	36 m
AZIMUT	20°	120°	240°

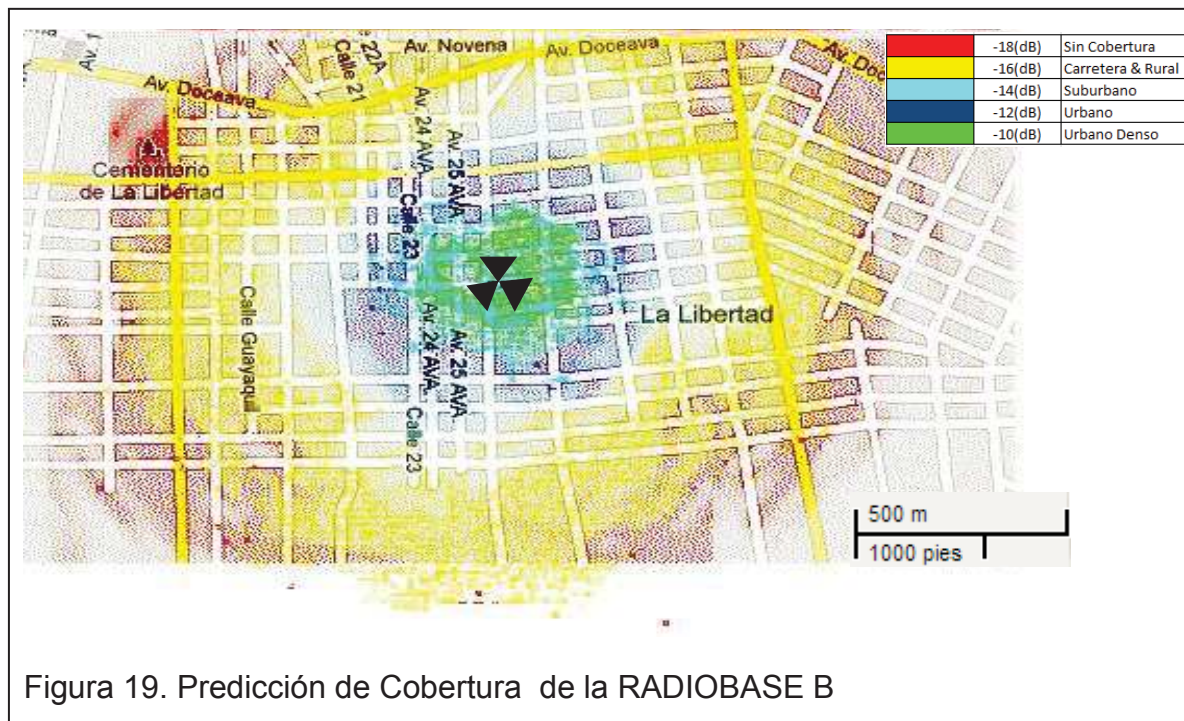


Tabla 7 Configuración 3G

SECTORES	1	2	3
ALTURA	36 m	36 m	36 m
AZIMUT	80°	120°	240°

Esta radio base posee las mismas características que la anterior con el mismo tipo de soportes, ubicada en la parte sur de la ciudad, dando cobertura a áreas suburbanas pero de alta densidad demográfica.

#### 1.5.7.4. Área de Cobertura Radio Base B



La estación se encuentra cubriendo gran parte de la zona sur de la ciudad, ubicada en la parte central para abarcar de mejor manera el área, además está constituida por terrenos baldíos y proyectos de nuevas urbanizaciones como también edificaciones, y empresas de actividades pesqueras.

Esta estación provee de buenos niveles pero la ciudad se encuentra extendiéndose de Este a Oeste y hacia estas direcciones los niveles empiezan a degradarse.

## **2. Planteamiento del Problema**

La verificación de las falencias de la red se realizan por medio de la aplicación de varios procesos, uno de ellos es la técnica denominada Drive Test la cual facilita detectar los problemas de calidad y cobertura. Los resultados son presentados de forma gráfica en función de rangos establecidos por criterios de radio frecuencia, además se puede identificar los puntos geográficos que se encuentran con niveles mínimos y que incumplen con las normas de calidad establecidas por el Conatel.

### **2.1. Drive Test**

Es una técnica de medición que permite ver la calidad de la red móvil, esta consiste en censar continuamente los niveles de señal que son recibidos por el teléfono celular.

Las mediciones son realizadas sobre un automóvil el cual se moviliza con los equipos de medición, recolectando la información a una velocidad máxima de 40 Km/h sugerida por las normas de medición emitidas por el Conatel, con la finalidad de recolectar la mayor cantidad de muestras que permitan, al momento del procesamiento, obtener reportes para analizar y emitir criterios con el objeto de mejorar el rendimiento de la red móvil.

#### **2.1.1. Equipos para Mediciones de Cobertura**

Para el desarrollo de las mediciones intervienen los siguientes equipos:

- Computadora portátil
- Software TEMS INVESTIGATION
- GPS
- Terminales móviles Sony Ericsson W995

### **2.1.1.1. Computadora Portátil**

Es el equipo encargado de almacenar y procesar la información recolectada en las mediciones. Entre las características básicas sugeridas por los fabricantes del software de optimización tenemos:

- Sistema operativo Windows 7, Windows Vista, o Windows XP
- Capacidad de 256 Mb en RAM
- Procesador Pentium IV
- 40 Gb de espacio libre en disco duro

### **2.1.1.2. Tems Investigation**

Es el software que se instala en la computadora portátil, el cual permite probar las redes móviles escaneando los canales que se establecen al momento de la comunicación entre el teléfono móvil y la radio base.

La medición se desarrolla mediante rutinas que consisten en la configuración de intervalos de tiempo en que la llamada es establecida, el intervalo de accesos a la red de datos y el escaneo de los niveles de señal.

Este software permite medir las siguientes tecnologías:

- GSM/GPRS/EGPRS
- WCDMA/HSPA/HSPA+
- LTE
- TD-SCDMA
- CdmaOne/cdma2000/EV-DO. (Manual del Usuario Tems Investigation 11.0, 2010. p 1)

Tems Investigation combina la recolección de datos, con el análisis en tiempo real y el post-procesado de la información, de tal manera que se dividen en dos aplicaciones:

- Data Collection
- Route Analysis

### Data Collection

Es la aplicación del Teme Investigation que funciona conjuntamente con los terminales móviles y el GPS, es la encargada de recolectar la información de la red, y almacenada en archivos con la extensión .TXT llamados logfiles, que luego serán procesados para el respectivo análisis.

### Route Analysis

Este módulo es el complemento del software de medición, que permite analizar los archivos anteriormente mencionados para ser visualizados en mapas, plots o diagramas lineales del recorrido realizado mostrando los eventos y niveles de potencia en cada posición geográfica tal como se observa en la figura 20:

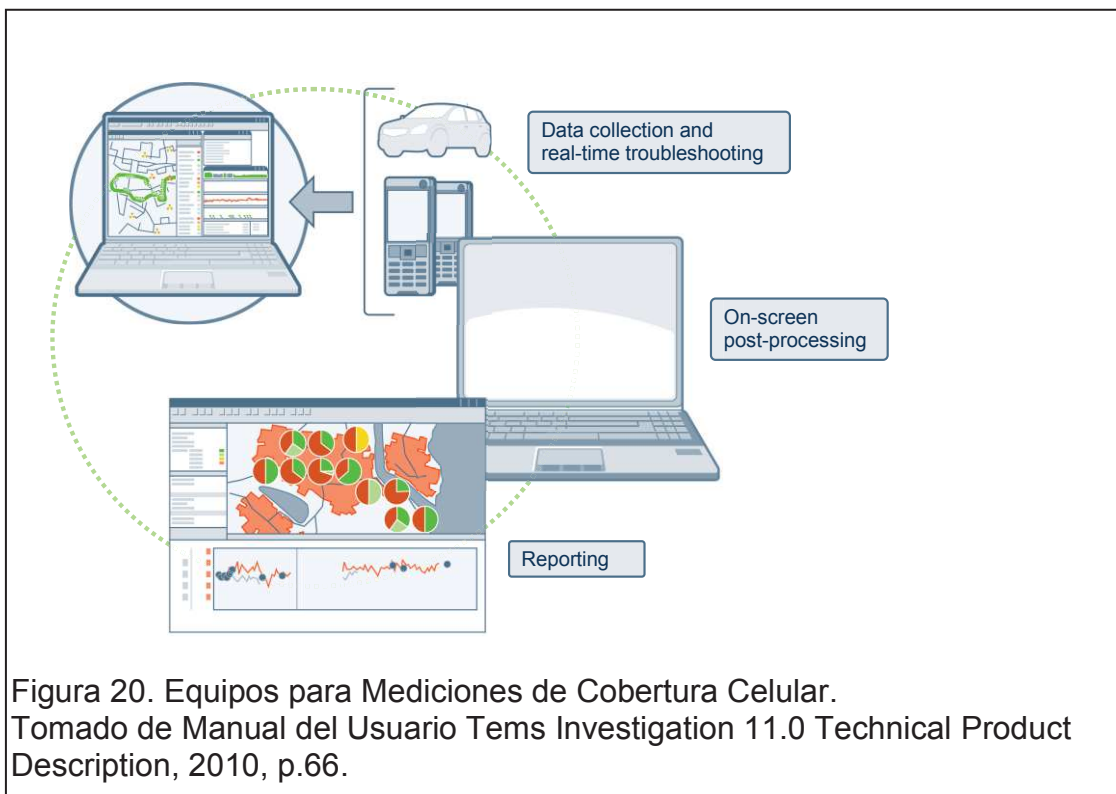


Figura 20. Equipos para Mediciones de Cobertura Celular.  
Tomado de Manual del Usuario Teme Investigation 11.0 Technical Product Description, 2010, p.66.

#### 2.1.1.3. GPS

Sus siglas significan Sistema de Posicionamiento Global, permite obtener la posición actual; su funcionamiento en conjunto con los terminales móviles trazan la ruta que se encuentra midiendo.

#### **2.1.1.4 Terminales Móviles Sony Ericsson W995**

Terminales móviles o teléfonos celulares, son equipos utilizados especialmente para realizar pruebas de las redes móviles, están configurados con la tecnología que se procederá a medir ya sea GSM o UMTS. Se encargarán de censar la red de tal manera que a través de la computadora y el GPS se podrá observar los eventos que están registrando al momento del recorrido del drive test.

## **2.2. Post-procesamiento**

Para el post-procesamiento se requiere de un software o programa que permita convertir la información en reportes para realizar los respectivos análisis de los parámetros medidos que se despliegan de forma gráfica.

Los programas de análisis y optimización más conocidos y usados por las operadoras telefónicas son: Actix Mobile Network Optimization & Analytics Platform, Nemo Analyzer, y Tems Investigation con altas prestaciones para la telefonía celular. Para este caso de estudio se ha recurrido al uso de Actix por la facilidad y manejo que brinda esta herramienta de análisis y optimización.

### **2.2.1 Herramienta de Optimización y Análisis (Actix)**

Es usado por las operadoras móviles para optimizar el rendimiento de la red móvil dando soluciones tales como:

- Acelerar el despliegue de la tecnología de optimización mediante la planificación celular.
- Aumenta la eficiencia operativa mediante la automatización de los procesos de optimización de redes móviles con una sola plataforma
- Mejora la experiencia del cliente mediante la optimización rápida de la red móvil para resolver problemas de servicio cada vez más complejos. (Mejora la experiencia del cliente mediante la optimización rápida de la red móvil para resolver problemas de servicio cada vez más complejos. (Actix s.f.)

A continuación se presentará el proceso a seguir para graficar los plots de cobertura con los parámetros Rxlev y Ec/No respectivamente:

1. Para ingresar al Actix se procede a ejecutar el programa sobre el icono de acceso directo en el escritorio del computador, una vez inicializado aparecerá una ventana como se presenta en la siguiente figura 2.

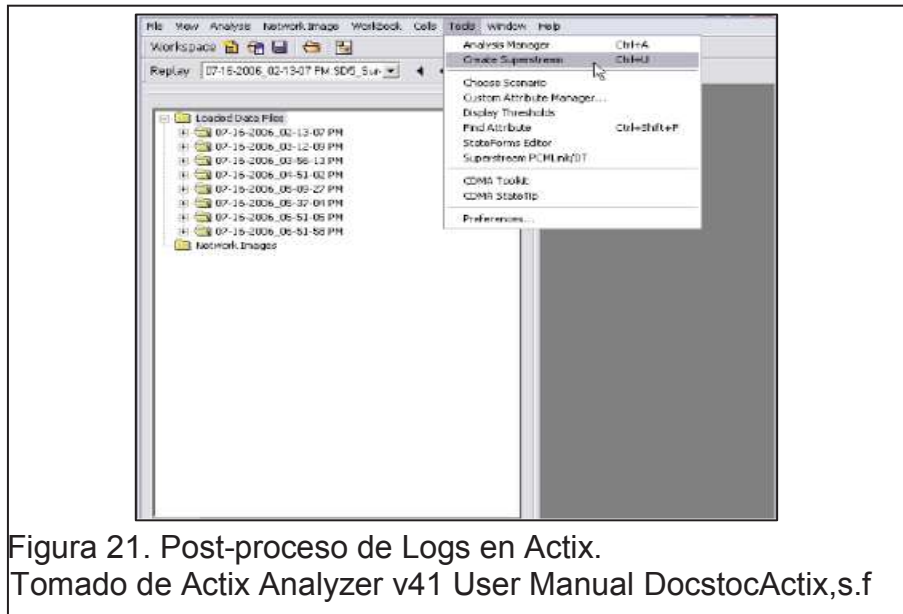


Figura 21. Post-proceso de Logs en Actix.

Tomado de Actix Analyzer v41 User Manual DocstocActix,s.f

Donde en la opción Load Data Files, se cargan los archivos correspondientes a las mediciones realizadas en campo.

2. Las mediciones son recolectadas en varios archivos, por lo tanto se hace indispensable agrupar los mismos, para aquello se combinan todos los archivos que contengan un mismo patrón de medición en uno solo, este proceso se denomina superstream y es el que contiene todos los eventos y niveles señal tal como se indica en la figura 22.

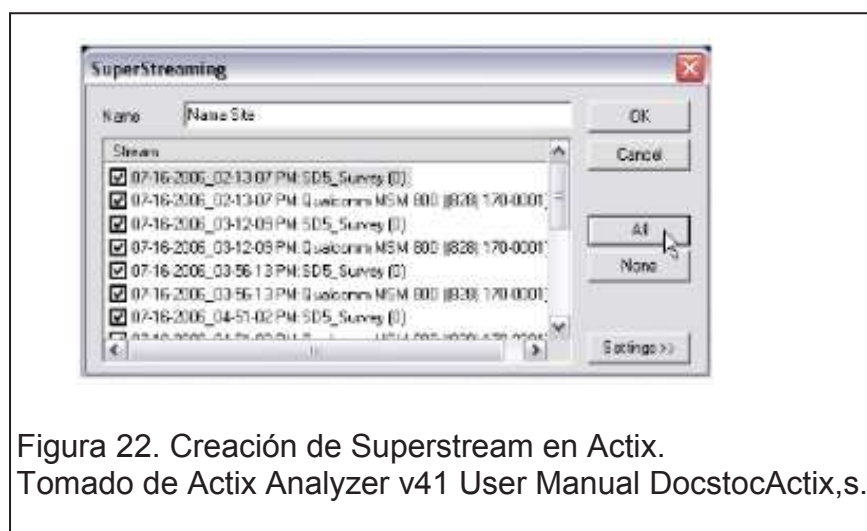
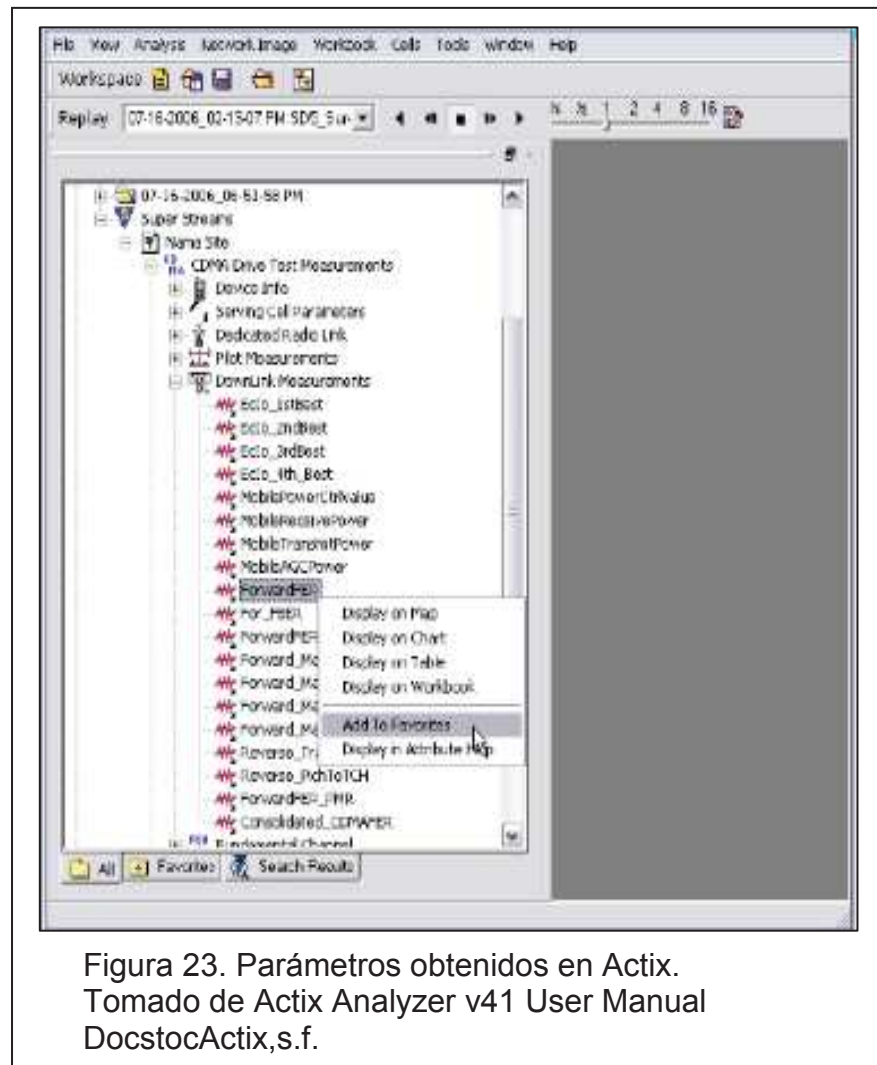


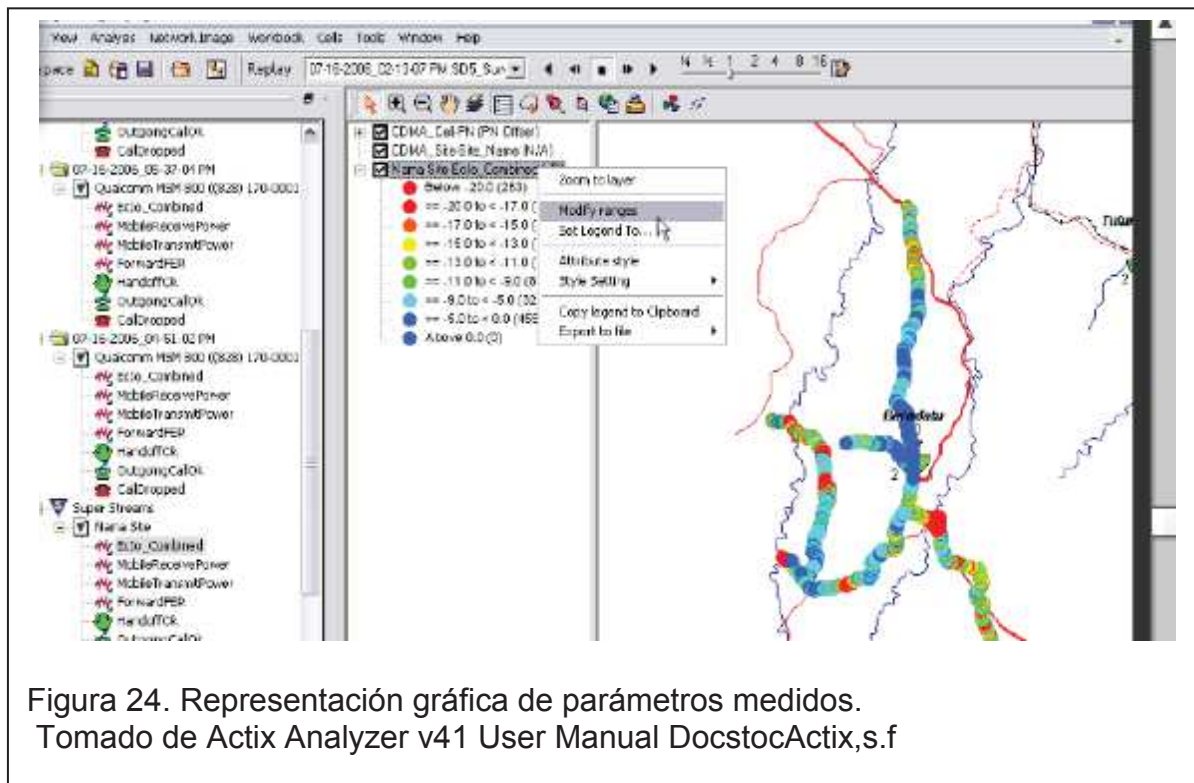
Figura 22. Creación de Superstream en Actix.

Tomado de Actix Analyzer v41 User Manual DocstocActix,s.f

3. El archivo superstream contiene a otro archivo denominado Downlink Measurements el cual una vez desplegado tal como se ve en la figura 23, muestra todos los eventos, parámetros, canales de control, canales de señalización y canales tráfico que maneja la estación celular.



4. Finalmente se gráfica el parámetro requerido desplegándolo sobre el mapa obteniendo la ubicación sobre la cartografía digital representada en la figura 24.



### 2.3 Parámetros de Calidad

Los parámetros de calidad son un conjunto de indicadores que están directamente relacionados con el funcionamiento de la red y que permiten valorar el rendimiento, desempeño y la eficiencia de la misma.

Los indicadores para este estudio están relacionados con los niveles de potencia, los cuales permiten manejar, limitar la conexión entre la radio base y el teléfono móvil, y establecer la comunicación, este parámetro es muy importante porque mediante el manejo de éste se pueden reducir eventos como: degradación de la comunicación, llamadas caídas, handovers fallidos (salto de una celda a otra sin perder la comunicación), accesos fallidos. y problemas por interferencias con otras estaciones vecinas entre otros.

Los parámetros de calidad que intervienen en la cobertura de la red celular son los siguientes:

Parámetros de cobertura 2G:

- **RxLevel:** es el nivel de potencia recibida por el teléfono móvil en 2G, su unidad de medida es en dBm.



- **dBm:** unidad de medida que expresa el nivel de potencia recibida, en relación a un 1 mVatio expresada en función logarítmica.

Parámetros de cobertura 3G:

- **Ec/Io:** es la relación señal ruido, este parámetro se obtiene por medio de la relación entre RSSI y RSCP operado logarítmicamente, entre más negativo sea este valor o cercano a cero (0) significa que se tiene un buen nivel de recepción en el teléfono móvil
- **RSCP:** significa indicador de fuerza de señal de recepción.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones, organismo regulador de las normas de calidad correspondientes al servicio telefonía celular indica que las normativas que se deberán cumplir son las siguientes:

“El nivel de señal mínimo proporcionado por una radio-base para garantizar un nivel adecuado de servicio, debe estar dentro de los siguientes rangos como se puede apreciar en la Tabla 8.

Tabla 8 Parámetros de Calidad de Telefonía Móvil

Valor Objetivo	>=	(-78 dBm RSSI o RxLevel para zonas urbanas)
Valor Objetivo	>=	(-12 dB Ec/Io para zonas urbanas)
Valor Objetivo	>=	(-93 dBm RSSI o RxLevel para zonas rurales)
Valor Objetivo	>=	(-14 dB Ec/Io para zonas rurales)
Valor Objetivo	>=	(-98 dBm RSSI o RxLevel para carreteras)
Valor Objetivo	>=	(-17 dB Ec/Io para carreteras)
<b>GSM</b>	<b>RxLevel</b>	<b>Nivel de recepción</b>
<b>W- CDMA</b>	<b>Ec/Io</b>	<b>Energía transmitida (Potencia Espectral)</b>

Tomado de Norma QoS de los Servicios de Telecomunicaciones, 2006, p. 102

De acuerdo con el organismo de control Supertel, “se considera que al no cumplir con las normas mínimas establecidas se otorgará un plazo máximo de 45 días para que la operadora tome las respectivas acciones correctivas.”

La tabla 8 muestra que la tecnología GSM en zonas urbanas el nivel de potencia recibida por el teléfono móvil debe ser mayor o igual a -78 dBm por cada muestra, o punto geográfico medido bajo el área de cobertura, mientras que para W-CDMA debe ser mayor o igual a -14 dB, en zonas rurales para GSM debe ser mayor o igual a -92 dBm y W-CDMA -14 dB y finalmente las mediciones en carreteras deberán ser mayor o igual a -98 dBm para GSM y -17 dB para W-CDMA.

## 2.4 Análisis de Mediciones

Para el análisis de las mediciones de cobertura, se procedió a zonificar la ciudad de la Libertad en función de las radio bases existentes y del área de cobertura. Para efecto de las mediciones se establecen tres rangos de lectura que facilitará verificar la calidad de la señal como se observa a continuación en la tabla 9 y la tabla 10 respectivamente.

Tabla 9 Rangos de Cobertura GSM

	-98 <	SIN COBERTURA
	-98 =< -78	CARRETERAS & ZONAS RURALES
	-78 <	ZONAS URBANAS

Tomado de Manual de Mediciones de Cobertura GSM, 2012, p. 8.

Tabla 10 Rangos de Cobertura W-CDMA

	-18(dB)	Sin Cobertura
	-16(dB)	Carretera & Rural
	-14(dB)	Suburbano
	-12(dB)	Urbano
	-10(dB)	Urbano Denso

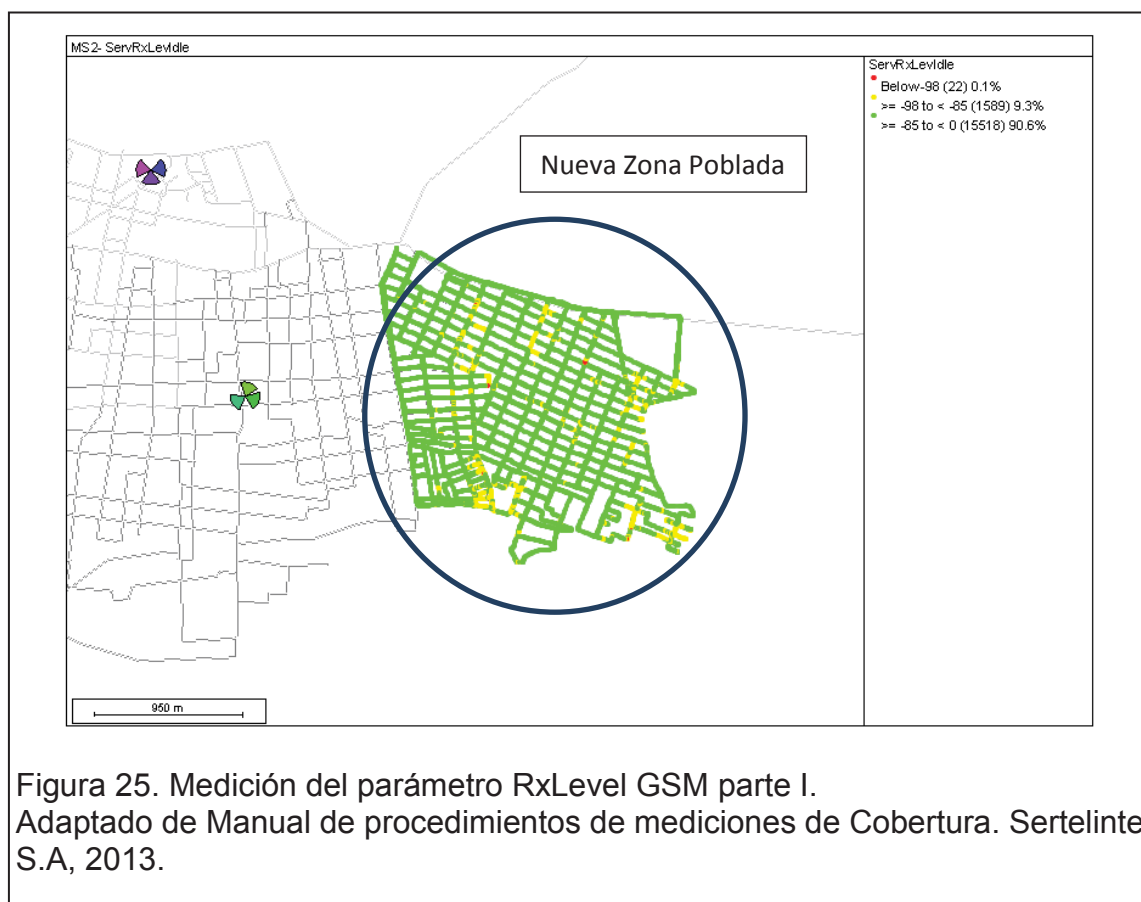
Tomado de Manual de Mediciones de Cobertura W-CDMA, 2012, p. 8.

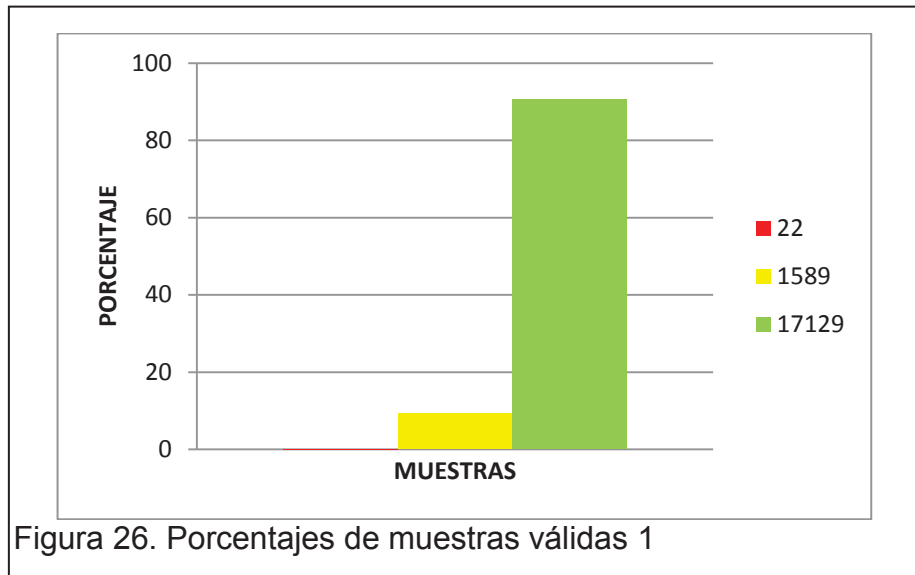
Como se observa en la tabla 9 el rango representado por el color rojo significa que menor a ese nivel el teléfono móvil puede establecer una llamada, pero completamente degradada de muy baja calidad con tendencia a interrumpirse o desconectarse impidiendo la fluidez de la comunicación, el rango de color amarillo, representa que la comunicación mejora relativamente pero pueden aparecer eventos tales como llamadas caídas y finalmente el rango correspondiente al color verde, (mayor a -78 dBm) se establece que se encuentra dentro de los niveles óptimos para la comunicación.

De la misma manera el análisis de la tabla 10 muestra rangos más específicos con el mismo principio y lineamientos de 2G.

#### 2.4.1 Mediciones 2G (GSM)

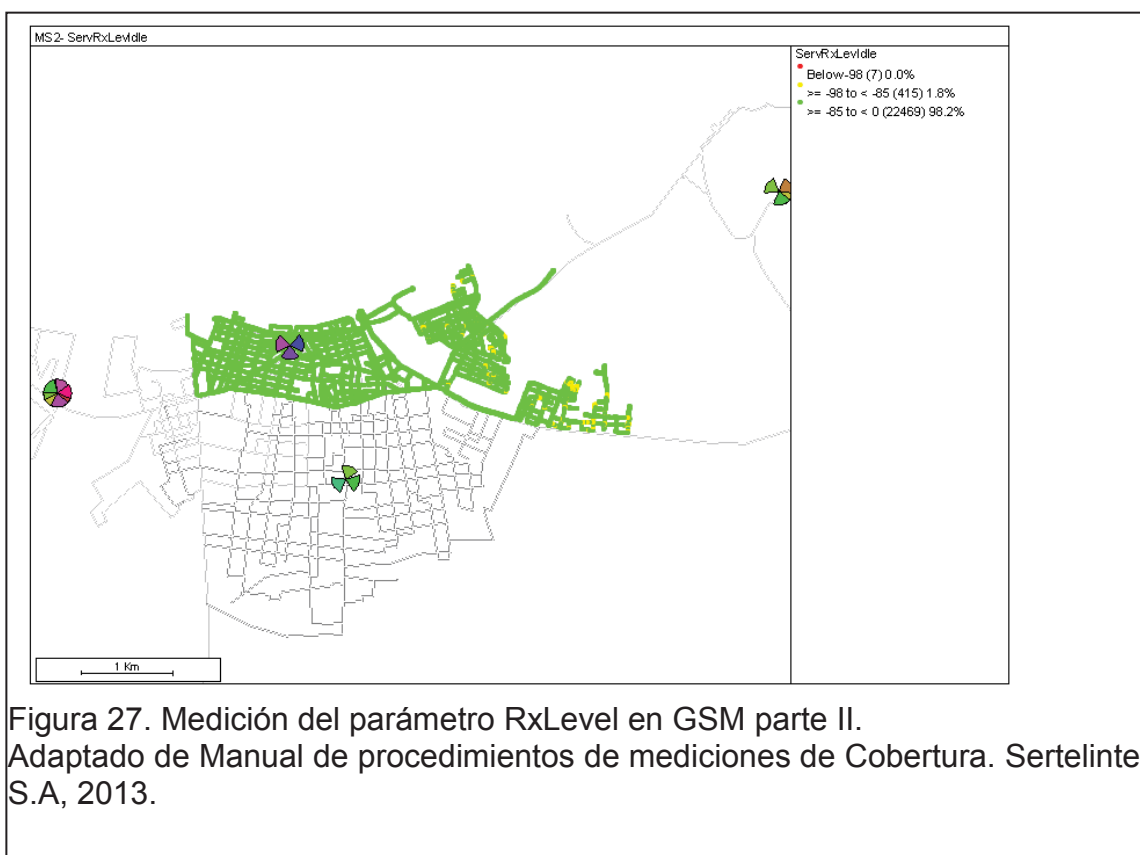
En la figura 25 se procederá a realizar el análisis de cobertura 2G por zonas en la ciudad de la Libertad.



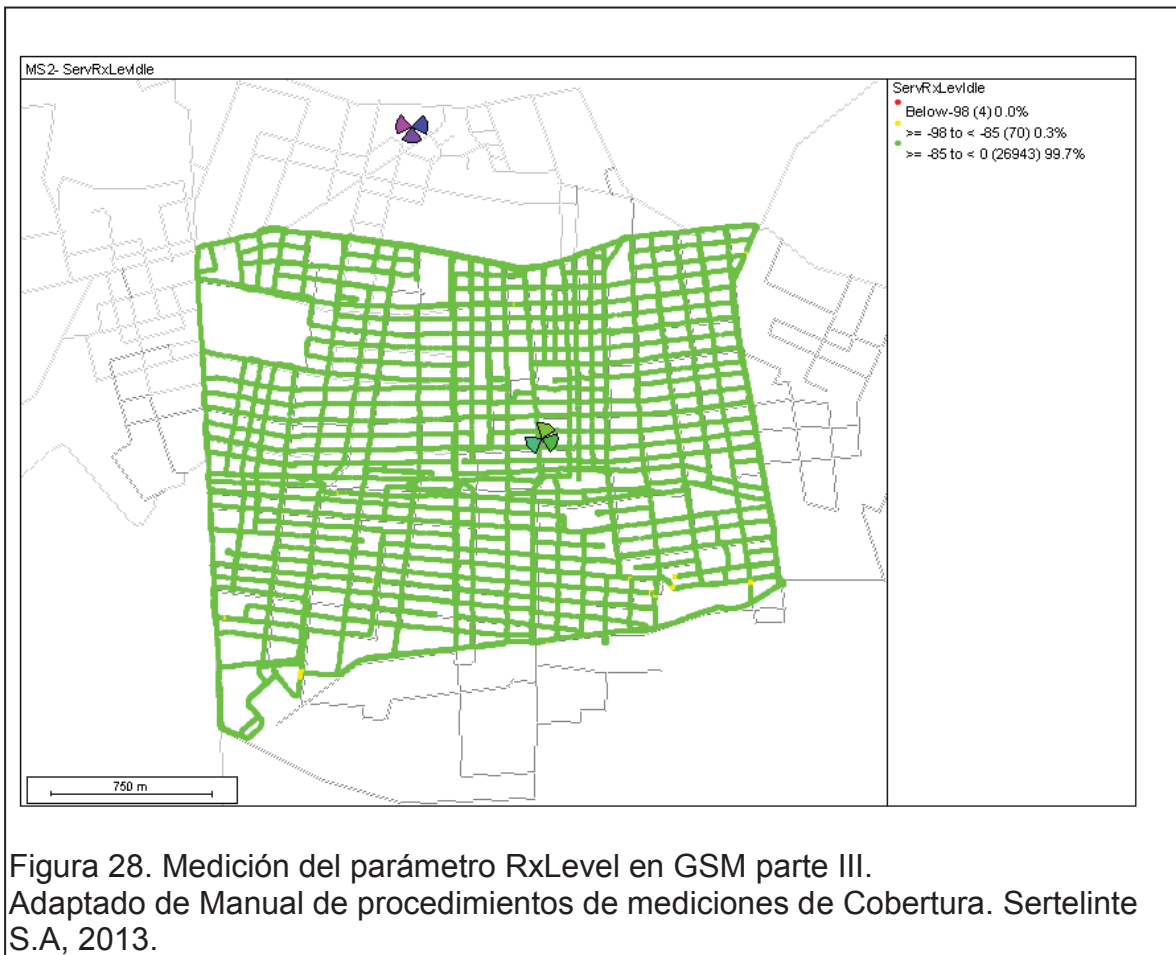


En la figura 25 se observa que existe nuevas zonas pobladas por consiguiente se procedió a medir los niveles señal obteniéndose como resultado que el 90,6% de muestras validas  $\geq$  a -78 dBm, esto significa que existe un buen nivel de señal, de un total de 17121 muestras válidas tal como se muestra tabulada en la figura 26.

Para ser considerado aceptable se requiere del 95% de las muestras validas sean  $\geq$  a -78 dBm, lo cual indican que hay un incumplimiento según la tabla 8.



En la figura 27 se obtiene el resultado de 98,2% de muestras validas  $\geq$  a -78 dBm, significa que existe un buen nivel de señal, de un total de 22891 muestras, cumpliendo con el 95% de muestras válidas superior a -78 dBm.



En la figura 28 se obtiene como resultado el 99,7% de muestras validas  $\geq$  a -78 dBm, significa que existe un buen nivel de señal, de un total de 27017 muestras, cumpliendo con el 95% de muestras validas superior a -78 dBm.

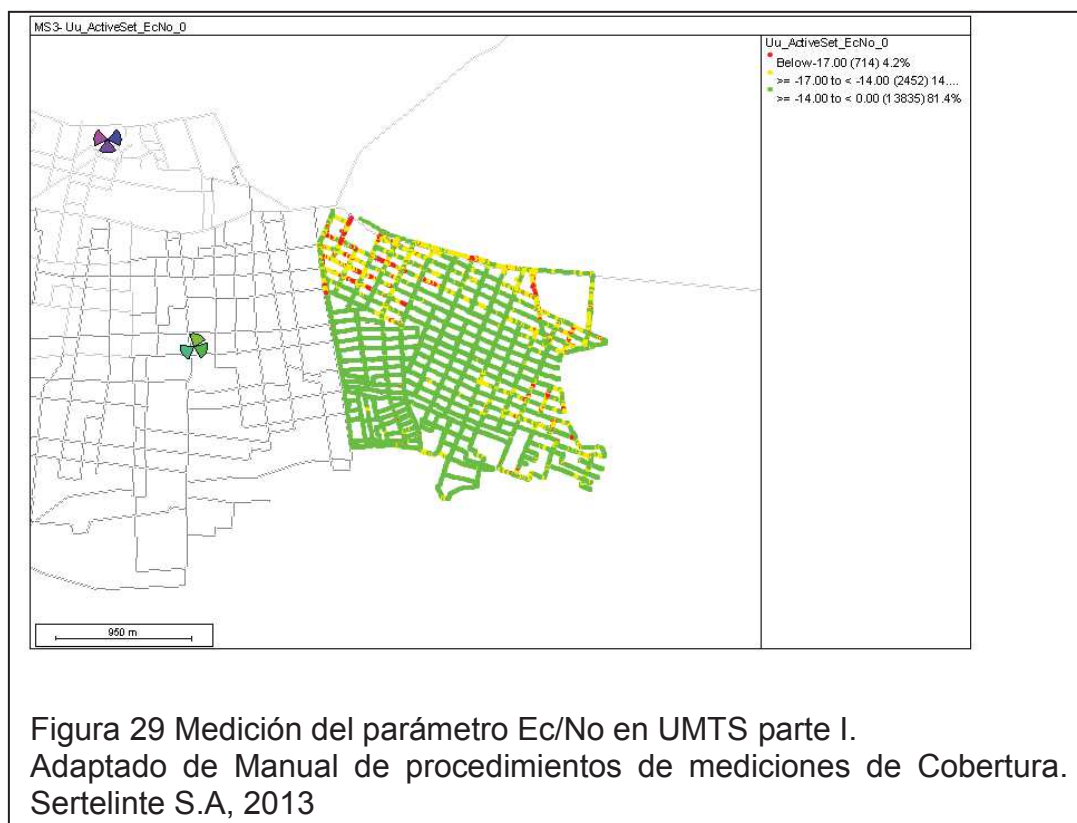
Como se pudo observar, estos resultados indican que en la zona donde existen nuevos asentamientos hay una pérdida de la señal por lo que se requiere corregir para mejorar el servicio y mantenerse dentro de los rangos mínimos de cobertura que controlan los organismos pertinentes. Las posibles causas de este efecto son el dimensionamiento del área de cobertura de la estación base

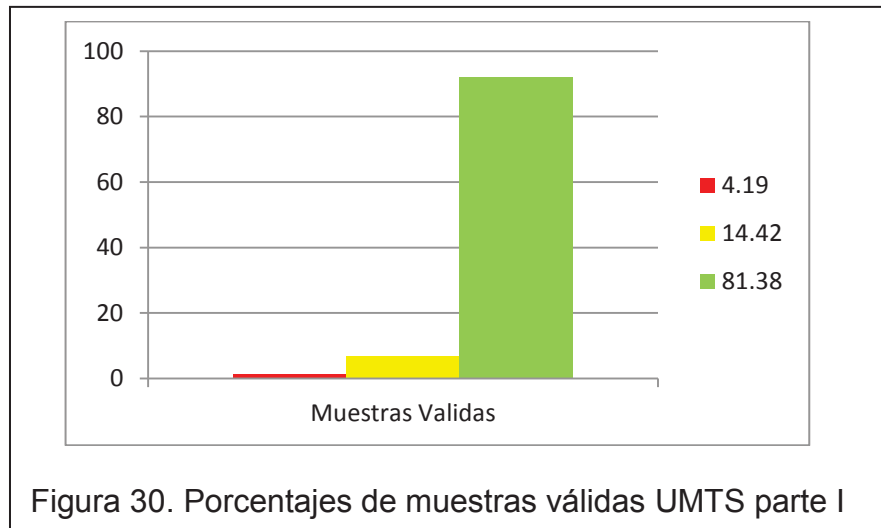
o el desvanecimiento de la propagación hacia esas nuevas áreas y el incremento de usuarios.

En GSM se debe considerar que el dimensionamiento de la estación base uno de los parámetros importantes es la cantidad de usuarios que puede soportar, es por eso que se pudo observar en la figura 25 existen nuevas zonas en crecimiento por tanto la estación se ve exigida más en sus recursos por lo tanto los niveles de señal son malos.

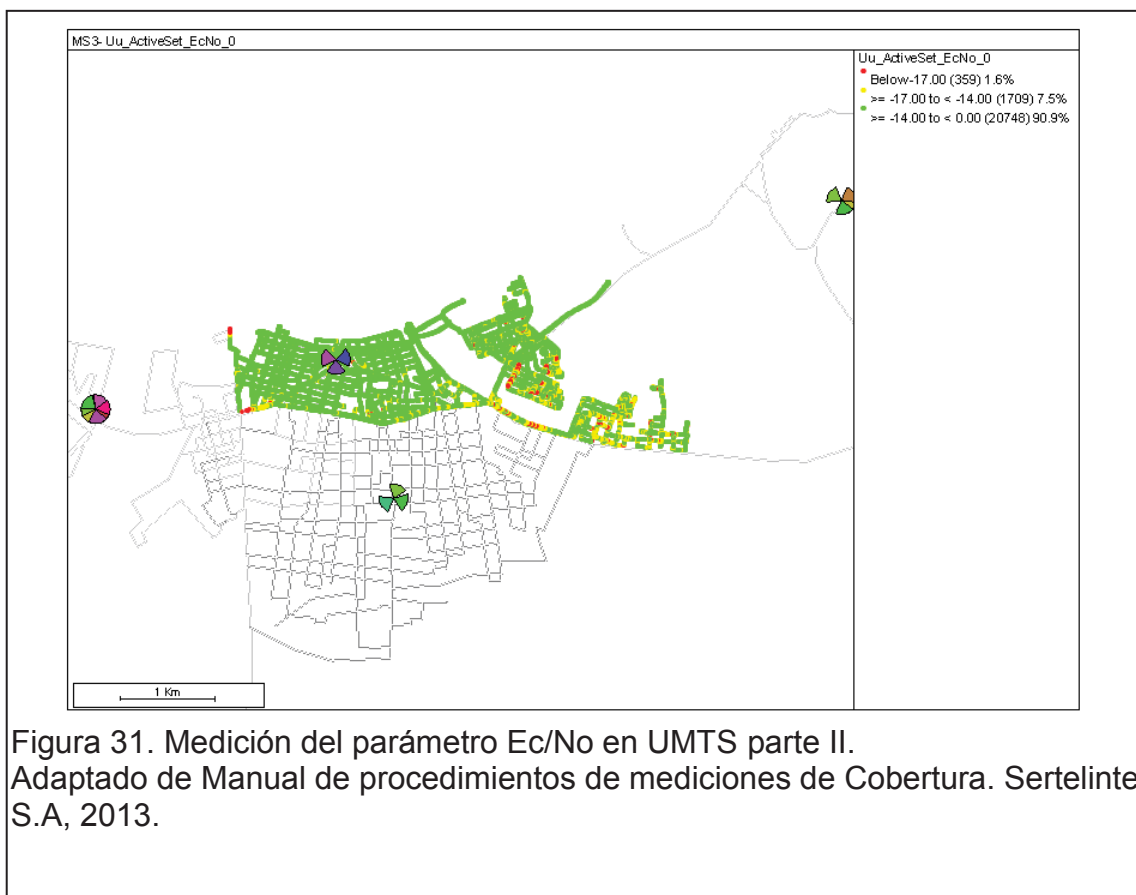
### 2.4.2 Mediciones 3G (UMTS)

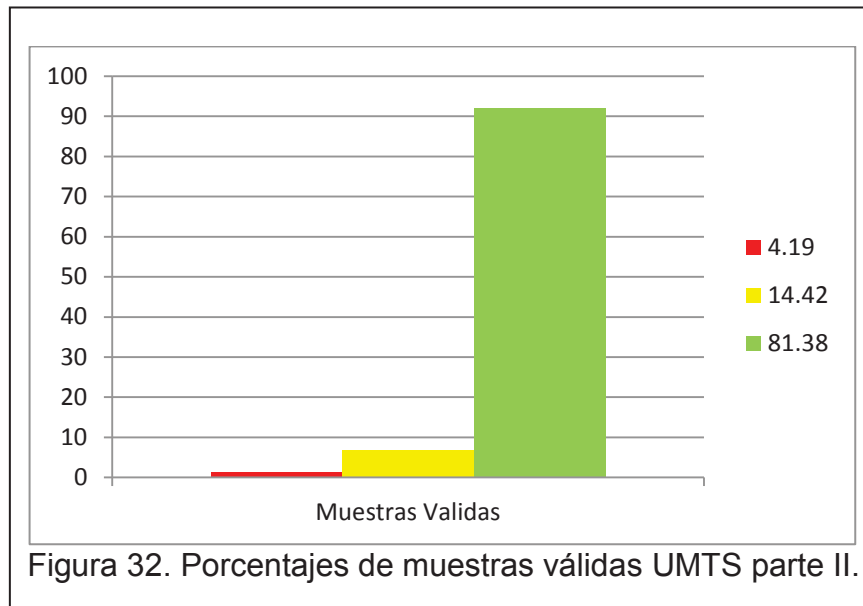
A continuación se procederá a realizar el análisis de cobertura 3G por zonas en la ciudad de la Libertad.



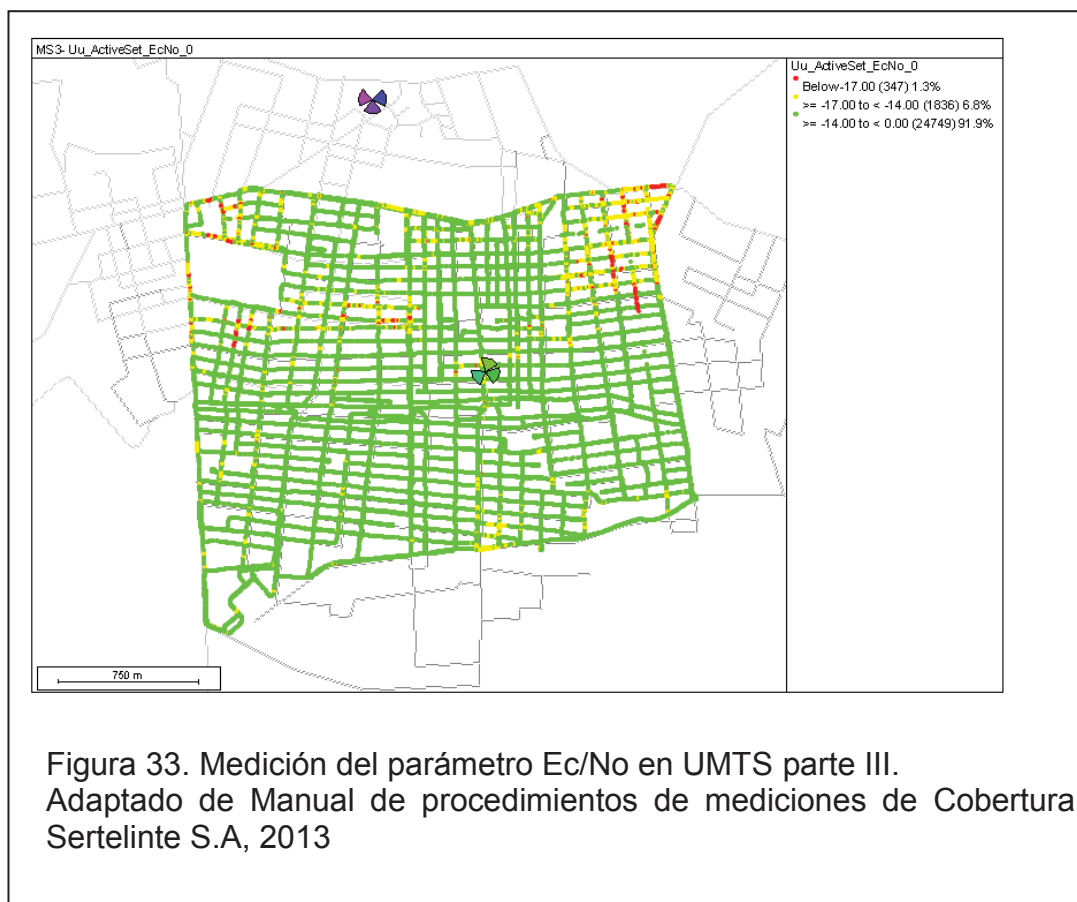


En la figura 30 se observa que el 81,4% son mayores a -14 dB de muestras válidas, esto significa que existen bajos niveles de recepción en esa zona, de un total de 17001 muestras, por lo tanto incumple ubicándose por debajo del 95%, como se muestra en la tabla 8.

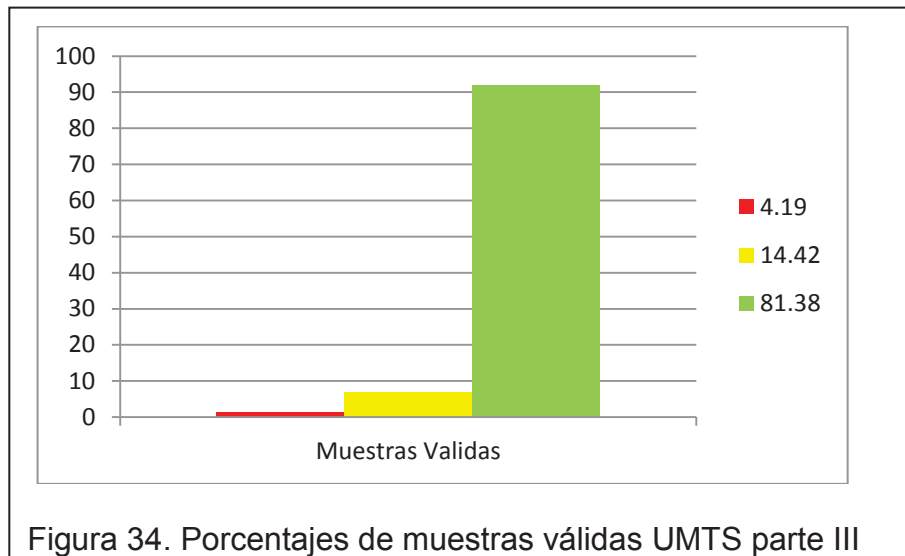




En la figura 32 se observa que el 90,9% de muestras validas son mayores a -14 dB, significa que existe un buen nivel de potencia pero se encuentra por debajo del 95%, de un total de 22816 muestras, incumpliendo como se indica en la tabla 8.







En la figura 33 se observa que zona se obtiene como resultado el 91,9% de muestras validas  $\geq$  a -14 dB, significa que existe un buen nivel de potencia, de un total de 26932 muestras, sin embargo incumple con lo establecido en las normas de calidad estipulado en la tabla 8.

En la tecnología 3G se evidencia que existe más muestras con degradación de la señal, debido a que las bandas asignadas para GSM son 850 MHz y WCDMA 1900 MHz, por lo tanto como característica de las bandas a menor frecuencia mayor alcance por tal razón GSM cubre más área que WCDMA siendo otra de las razones de la mala calidad en esta tecnología.

Se debe considerar que el manejo de la potencia dependerá de la zona a cubrirse por lo que a mayor número de usuarios la potencia se reduce por lo tanto la capacidad disminuye produciéndose bajos niveles en las áreas más lejanas de la zona de cobertura para 3G.

## 2.5 Sumario de Mediciones Realizadas por la Supertel

Las mediciones realizadas por la Supertel reportan incidencias, las mismas que fueron tomadas en el proceso de drive test para la operadora Claro donde se muestra un resumen de los parámetros de calidad medidos donde se muestra de forma detallada los resultados obtenidos y presentados en la tabla 11

Tabla 11 Resumen General del Análisis de Cumplimiento de los Parámetros Contractuales: Conecel s.a.- Claro

<b>Periodo de Prueba: Del 25 de junio al 1 de julio del 2012</b>						
<b>Parámetro Contractual</b>	<b>Valor Objetivo</b>		<b>Valor Medido</b>		<b>Cumplimiento (SI/NO)</b>	
<b>Porcentaje de llamadas establecidas</b>	<b>≥ 95%</b>		99,44%		SI	
<b>Porcentaje de llamadas establecidas en menos de 12 segundos</b>	<b>≥ 95%</b>		90,36%		NO	
<b>Porcentaje de llamadas caídas</b>	A	≤ 2%	A	0,05%	A	SI
	B	≤ 5%	B	---	B	---
	C	≤ 7%	C	---	C	---
<b>Porcentaje de SMS exitosos</b>	<b>≥ 95%</b>		99,31%		SI	
<b>Tiempo de entrega de SMS</b>	<b>≤ 30 (seg)</b>		3,1		SI	
<b>MOS</b>	<b>≥ 3</b>		2,97		NO	

Tomado de Supertel Estadísticas SMA, 2012.

### **Análisis de Resultados**

Las mediciones efectuadas en las ciudades de Babahoyo, Libertad, Machala y Playas muestran un cumplimiento contractual de los índices de calidad medidos, a excepción del “Porcentaje de Llamadas Establecidas en Menos de 12 segundos” debido al valor obtenido en la ciudad de Libertad (75,04%). (Supertel, 2012).

Estos resultados muestran que en el recorrido realizado por las ciudades La Libertad, Machala y Playas, existe un incumplimiento en las llamadas establecidas en menos de 12 segundos, lo que significa que en los primeros 12 segundos solo el 90.36% de las llamadas pudo conectarse con la red para establecer la comunicación con otro teléfono móvil de la misma operadora, siendo el mínimo porcentaje requerido sea mayor o igual al 95%.

**Acciones de Control aplicadas:** Notificación a la operadora sobre los resultados encontrados.

A continuación se presentaran los resultados correspondientes para la Operadora Movistar.

Tabla 12. Resumen General del Análisis de Cumplimiento de los Parámetros Contractuales: Otecel s.a. - Movistar

<b>Periodo de Prueba:</b> Del 21 al 27 de mayo del 2012						
<b>Parámetro Contractual</b>	<b>Valor Objetivo</b>		<b>Valor Medido</b>		<b>Cumplimiento (SI/NO)</b>	
<b>Porcentaje de llamadas establecidas</b>	<b>≥ 95%</b>		82,76%		<b>NO</b>	
<b>Porcentaje de llamadas establecidas en menos de 12 segundos</b>	<b>≥ 95%</b>		100,00%		<b>SI</b>	
<b>Porcentaje de llamadas caídas</b>	A	<b>≤ 2%</b>	A	0,51%	A	<b>SI</b>
	B	<b>≤ 5%</b>	B	---	B	---
	C	<b>≤ 7%</b>	C	---	C	---
<b>Porcentaje de SMS exitosos</b>	<b>≥ 95%</b>		80,82%		<b>NO</b>	
<b>Tiempo de entrega de SMS</b>	<b>≤ 30 (seg)</b>		3,2		<b>SI</b>	

Tomado de Supertel Estadísticas SMA, 2012.

### **Análisis de Resultados**

Las mediciones efectuadas en las ciudades de Babahoyo, Libertad y Machala, muestran un cumplimiento contractual de los índices de calidad medidos, a excepción del “Porcentaje de Llamadas Establecidas” debido al valor obtenido en la ciudad de Machala (46,94%). Adicionalmente también se observa un incumplimiento del “Porcentaje de SMS Exitosos” debido a los valores obtenidos en las ciudades de Babahoyo (61,80%) y Libertad (63,47%). “(Supertel, 2012).

Los resultados obtenidos en la tabla 12, muestran que hay un incumplimiento en la medición de las llamadas establecidas, lo que significa que solo el 82.76% de llamadas se comunicaron con otro teléfono móvil, de igual manera para los mensajes de texto que solo el 80,82% llegaron a su destino en el tiempo establecido, y se requiere que ambas mediciones se encuentren sobre el 95%. Como lo establece en las normas QoS.

### **3. Descripción de las Soluciones**

El planteamiento de las soluciones se enfocará en el manejo óptimo de los recursos de radio de forma física, considerando el proceso general mencionado en el inciso anterior, donde se detallará y explicará los pasos a seguir para tener el resultado deseado en las zonas que presentan problemas y que requieren un mejoramiento de cobertura.

El proceso a seguir es el siguiente:

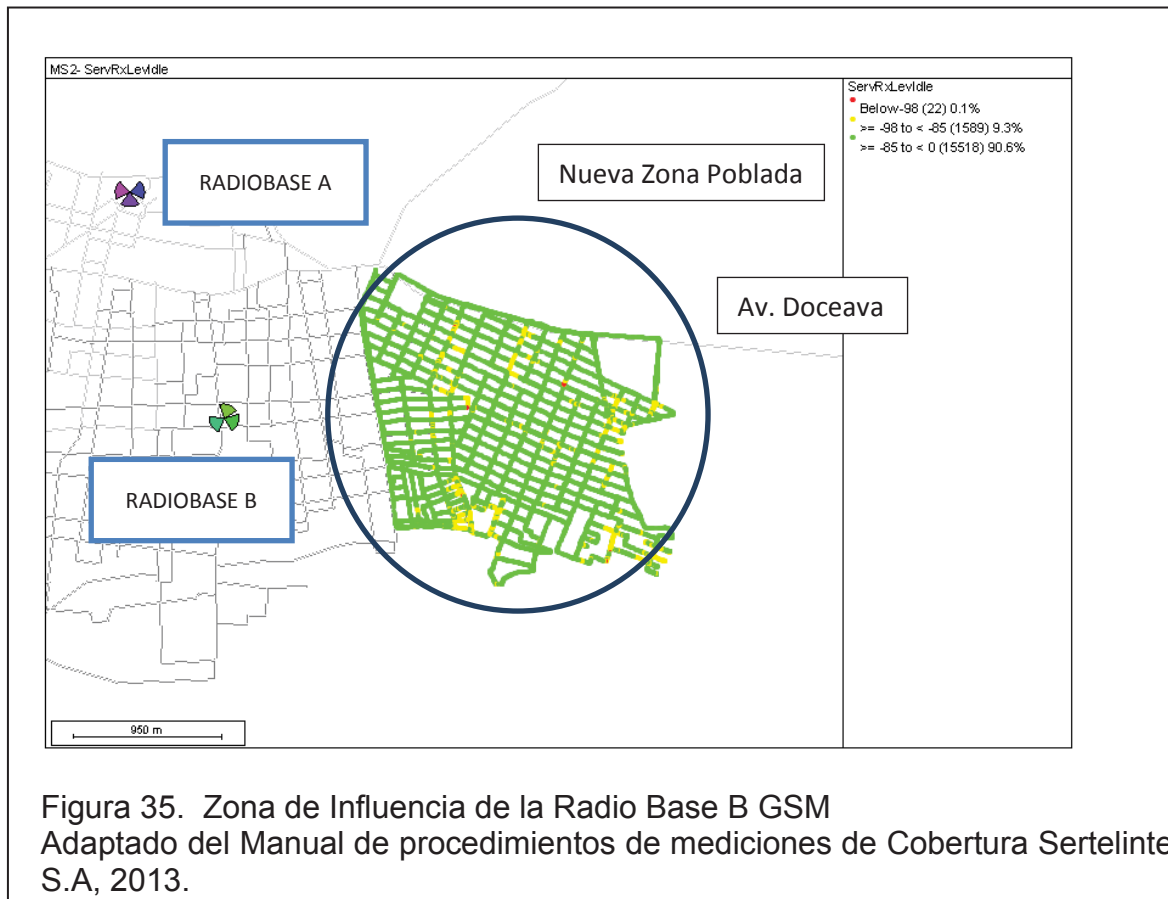
1. Análisis de las mediciones realizadas.
2. Planteamiento de las posibles soluciones:
  - i. Selección de las ubicaciones o candidatos validos
  - ii. Verificación del cumplimiento de objetivos (Sitios Nuevos)
  - iii. Visita técnica al candidato
  - iv. Validación del sitio existente
  - v. Configuración del sistema radiante
3. Predicciones de cobertura
4. Análisis de resultados

#### **3.1. Análisis de las Mediciones de Cobertura de La Libertad**

El análisis consistirá en identificar las zonas con bajos niveles recolectados en el drive test y luego post-procesados, (los mismos que se representan en color rojo), producida por la atenuación de la señal a causa de la topografía del lugar. Para efecto del mismo se comenzará con el análisis de las señales 2G, en cada zona y por consiguiente culminar con la otra tecnología.

### 3.1.1. Análisis de las mediciones de Cobertura 2G

En la siguiente figura correspondiente a la tecnología 2G, se realizará el análisis sobre la zona que brinda cobertura la radio base B y los sectores que se encuentran apuntando hacia el área enmarcada dentro del círculo azul.

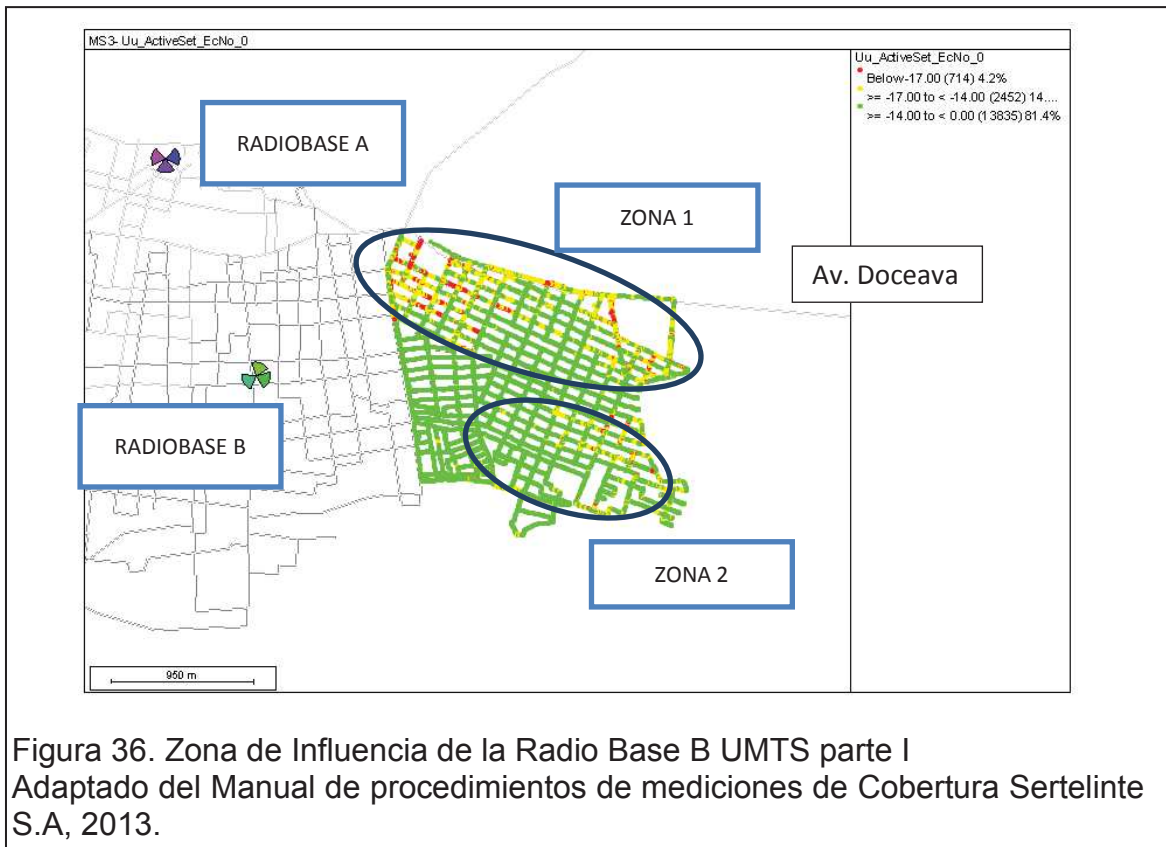


En la figura 35 se observa lo siguiente:

- La radio base B proporciona buenos niveles de RxLev, pero se evidencia que existen muestras dispersas (representadas en amarillo). Esto no significa que sean malos niveles de señal, pero de acuerdo a las normas de calidad, se requiere que las muestras se encuentren sobre los -78 dBm que representan el 95% de las muestras totales.

### 3.1.2. Análisis de las mediciones de Cobertura 3G

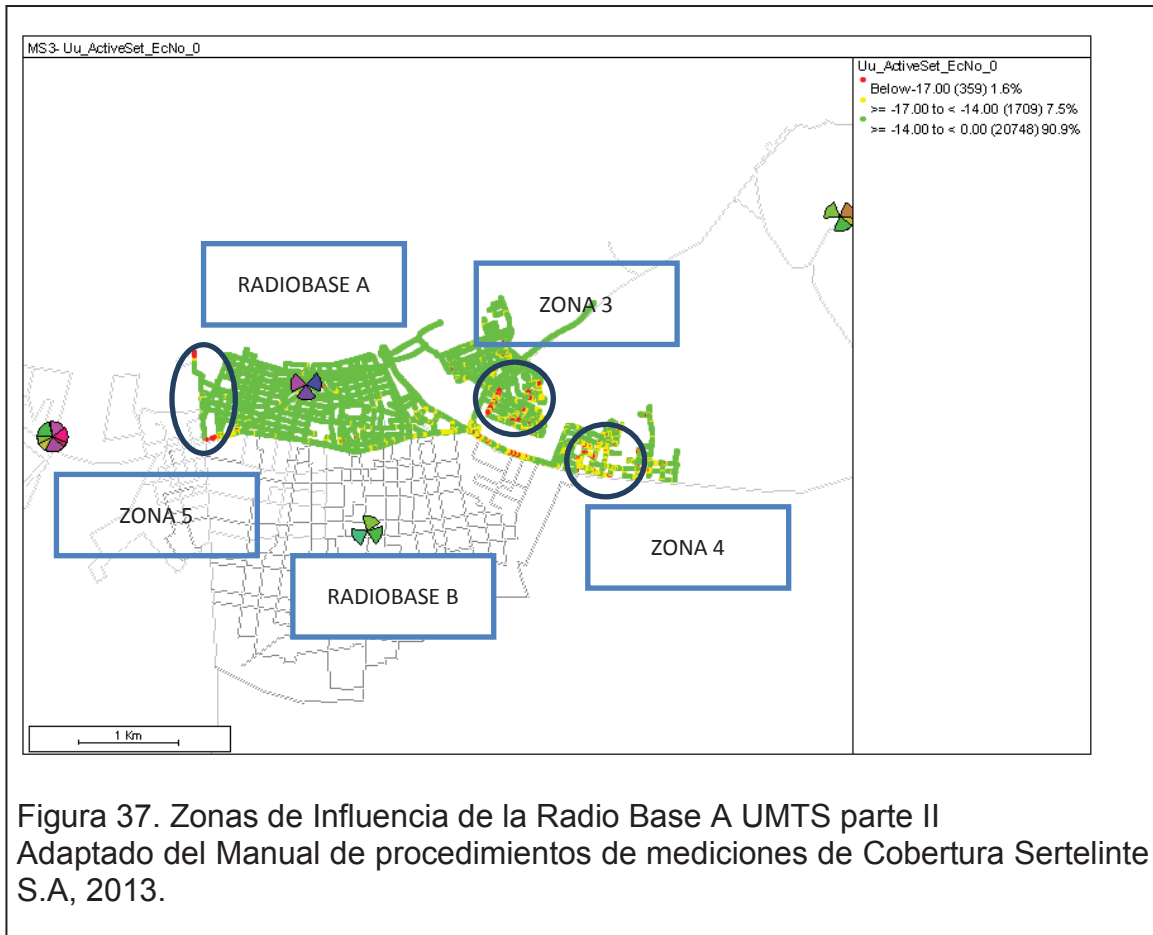
En la siguiente figura se realizará el análisis correspondiente a la tecnología 3G, sobre la zona que brinda cobertura el nodo B, los azimuts son iguales a la tecnología mencionada anteriormente, ya que las operadoras de telefonía celular hacen su despliegue de red en función de sus objetivos.



En la figura 36 se observa lo siguiente:

- En la zona 1, ubicada sobre la vía principal de ingreso a La Libertad, presenta bajos niveles de EcNo, debido a que no existe un sector que cubra directamente y la propagación de los sectores cercanos se encuentra limitada por la configuración de radio.
- En la zona 2, de igual manera se puede observar bajos niveles a pesar que hay un sector perteneciente a la radio base B que se encuentra brindando cobertura hacia dicha dirección.

El nodo B proporciona cobertura a la zona norte de la ciudad, posee tres sectores, los cuales se encuentran dando cobertura en la parte céntrica como se muestra en la siguiente figura.

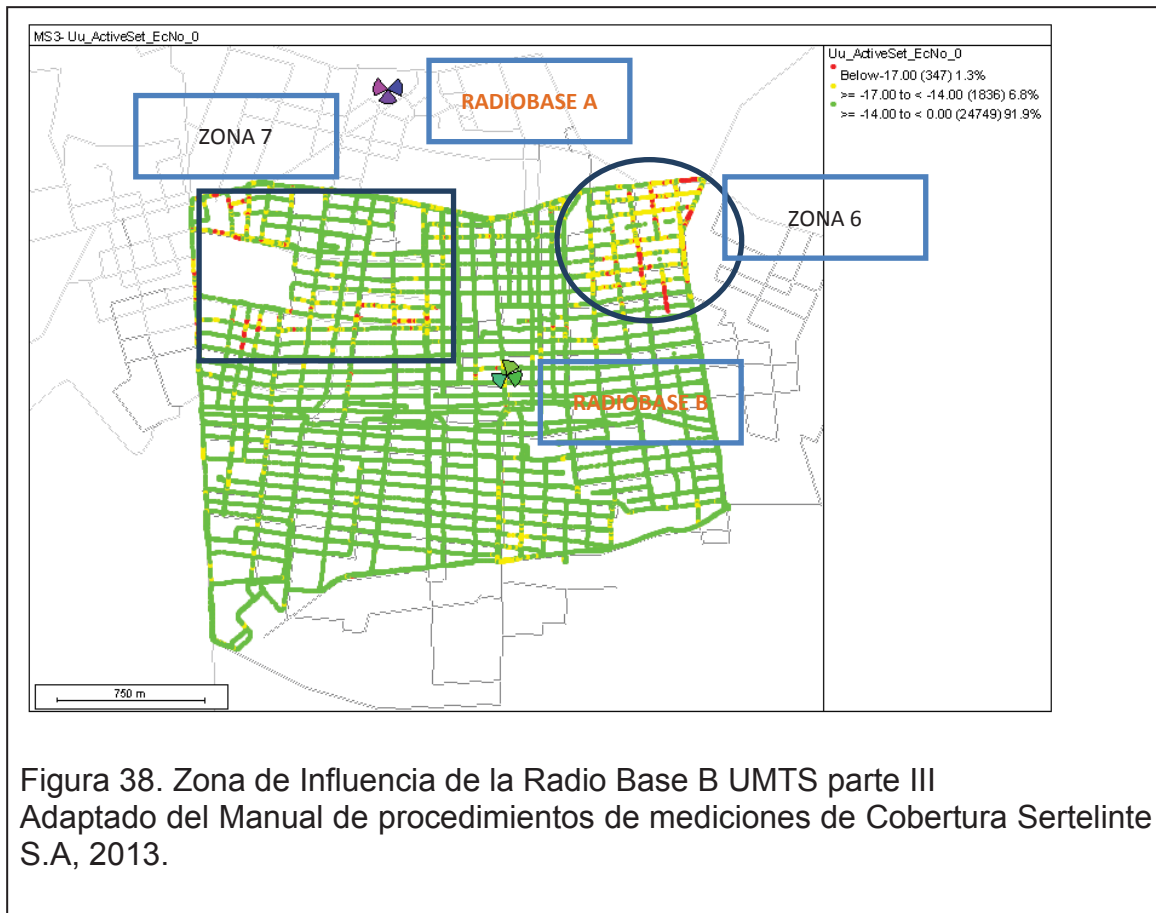


En figura 37 se observa lo siguiente:

- La estación brinda buenos niveles de cobertura en aproximadamente en un perímetro bastante amplio pero en zonas lejanas la señal degradada.
- Las zonas 3 y 4 presentan las mismas características, debido a que no existe una estación servidora o predominante que proporcione buenos niveles de EcNo.
- La zona 5 muestra dos puntos focalizados, que podrían ser corregidos mediante la modificación del sector perteneciente a la radio base A, que se encuentra cubriendo hacia dicha dirección.



La siguiente figura muestra al nodo B constituido por tres sectores, los cuales proveen de cobertura a la zona sur de la ciudad.



En la figura 38 se observa lo siguiente:

- La zona 6 forma parte del ingreso a la ciudad y se encuentra cercana a la vía, por lo que se considera que pertenece a la zona 1 anteriormente descrita.
- La zona 7 presenta las mismas características, considerando que existe un sector perteneciente a la radio base B que se encuentra cubriendo en dicha dirección.

Existen varias zonas donde presentan problemas de cobertura y se considera que la capacidad también se ve afectada debido al número de abonados existentes y a la distancia en la que se encuentren del nodo B, tal como se hace referencia en la figura 39:

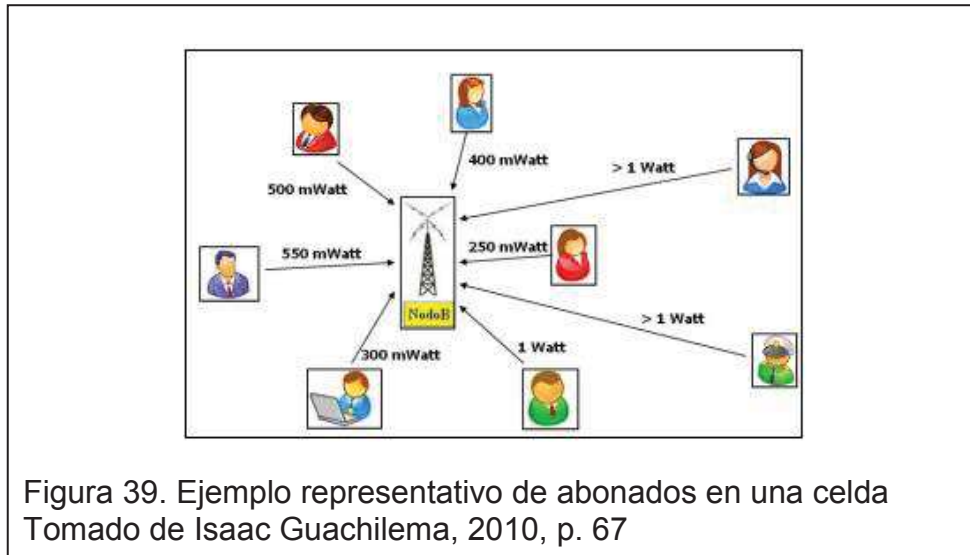


Figura 39. Ejemplo representativo de abonados en una celda  
Tomado de Isaac Guachilema, 2010, p. 67

También se pudo observar que existe una gran diferencia entre las tecnologías 2G y 3G, donde en 2G se aprecia que los niveles de señal no son tan malos pero se ven reflejados sobre una zona en particular, mientras tanto que para 3G existen varias zonas que requieren ser mejoradas.

### 3.2. Planteamiento de las Posibles Soluciones

Luego de realizados los análisis de las figuras 33 a la 36 se determinó en base criterios de RF y experiencias adquiridas por métodos y procesos establecidos por las operadoras móviles, que las posibles soluciones serían las siguientes:

#### 1 Mejoramiento de cobertura por medio de la inclusión de nuevas radio bases:

Consiste en proponer nuevos radios de búsqueda para la posible implementación de una nueva estación, con la ayuda de la herramienta de predicción Mentum Planet, y la visita hecha en campo, por lo tanto, se obtendrá la configuración idónea complementada con la ayuda de la cartografía digital disponible en Google Earth para su ubicación.

El manejo de los parámetros de radio limitará y controlará la propagación, ya que van a influir sobre las estaciones existentes, pero con un control de las estaciones vecinas, se podrá equilibrar el sistema proporcionando un mejor servicio.

## 2 Mejoramiento de cobertura por medio de cambios físicos:

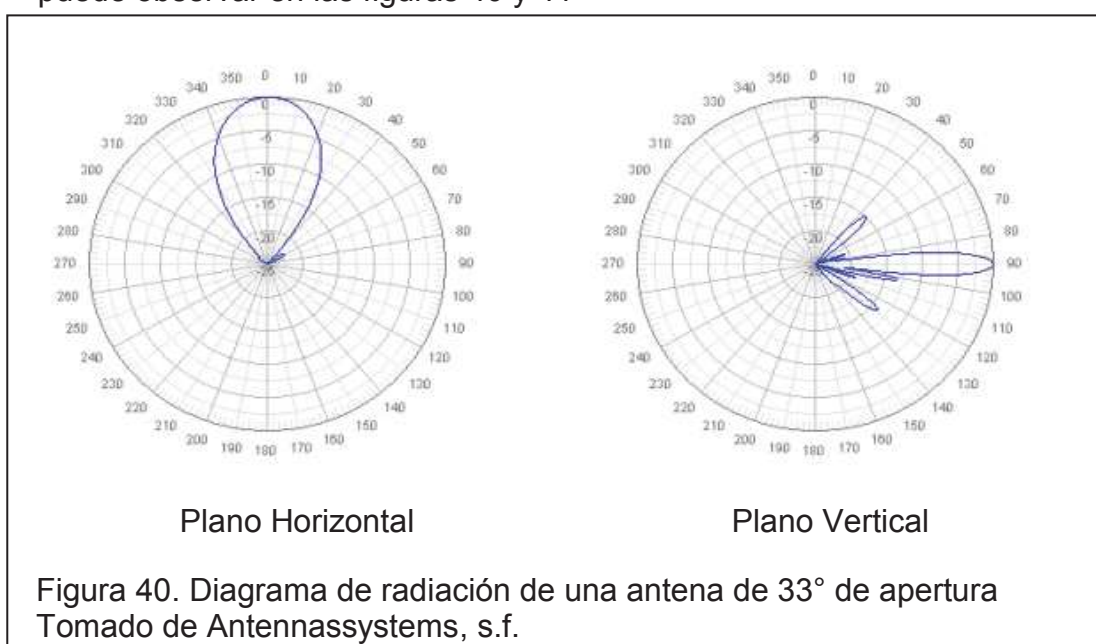
Estos cambios se aplicarán sobre los recursos de radio a la estación existente los mismos que se pueden resumir a continuación:

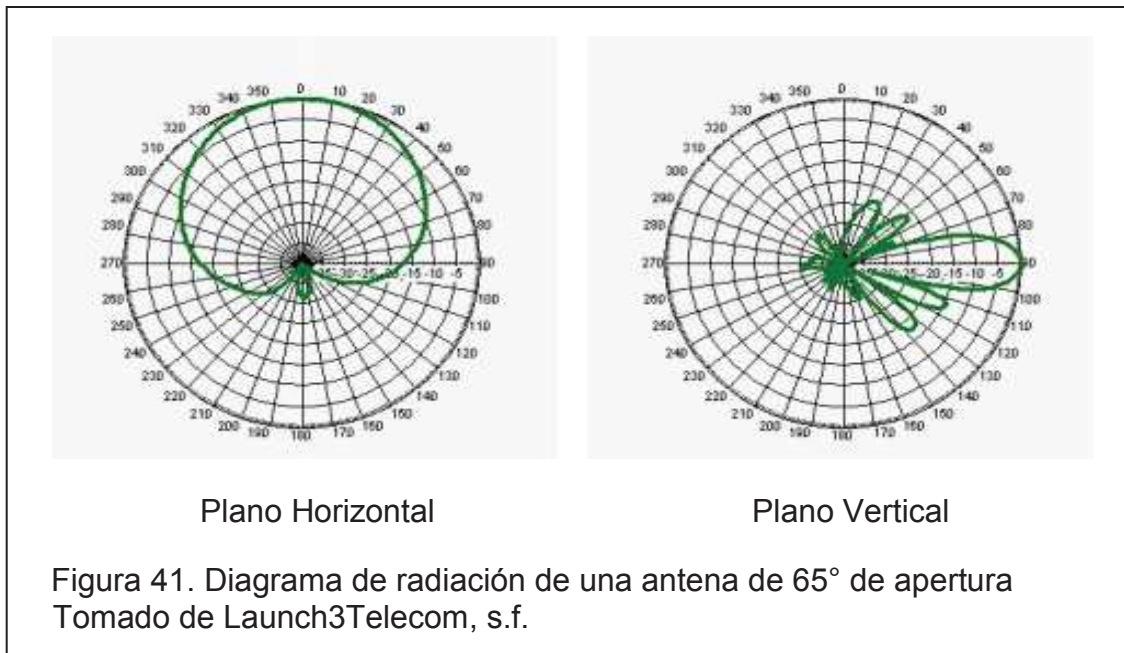
- Tilt Eléctrico
- Tilt Mecánico
- Cambio de altura de la antena
- Añadir equipos de amplificación
- Añadir TRX

El propósito de cambiar estos parámetros es mejorar la cobertura, limitando su direccionamiento con el objeto de reducir las interferencias, aumentar la capacidad y soportar mayor tráfico.

## 3 Mejoramiento de la cobertura mediante sectorización:

Este método consiste en dividir los sectores en haces más angostos concentrando la potencia en una dirección determinada, por medio de la utilización de antenas de  $33^\circ$  grados de apertura horizontal en lugar de las de  $65^\circ$  como se muestra en la figura 42. De esta manera se puede incrementar el rango de cobertura, porque este tipo de antenas poseen un diagrama de radiación donde el lóbulo principal aumenta en intensidad, mientras que los lóbulos secundarios disminuyen, como se puede observar en las figuras 40 y 41





La configuración va a permitir a la estación base manejar más tráfico aumentado la capacidad y cobertura, además suministrará al móvil la potencia suficiente dentro de los rangos establecidos por QoS.

Reemplazar los sectores existentes por antenas de 33° requiere de un estudio y criterios de infraestructura, por lo que generalmente se sugieren soportes reforzados con elementos de anclaje de alta resistencia para brindar una fuerte sujeción y seguridad de la antena frente a los embates del medio ambiente, el soporte deberá ser de ½ pulgadas y de tres metros de altura para sostener las dimensiones de la antena, y finalmente, la antena y su kit de soporte deberán ser instaladas directamente en el perfil de la estructura.

El anexo 2 contiene las especificaciones técnicas, de la antena de 33 grados de apertura.

Todas estas recomendaciones son exigidas por las operadoras con el fin de mantener la seguridad de la estación y el fácil acceso a cambios o mantenimiento de la misma.

En la tabla 13 se muestran las dimensiones de las antenas de 65° y 33° de apertura horizontal.

Tabla 13. Especificaciones técnicas de las antenas de 65° y 33°

<b>Dimensiones</b>	<b>Antena 65°</b>	<b>Antena 33°</b>
Profundidad	132,0 mm	132,0 mm
Longitud	1294,0 mm	2581,0 mm
Ancho	269,0 mm	591,0 mm
Peso neto	14,2 Kg	29,0 Kg

Tomado de Antennasystems, s.f.

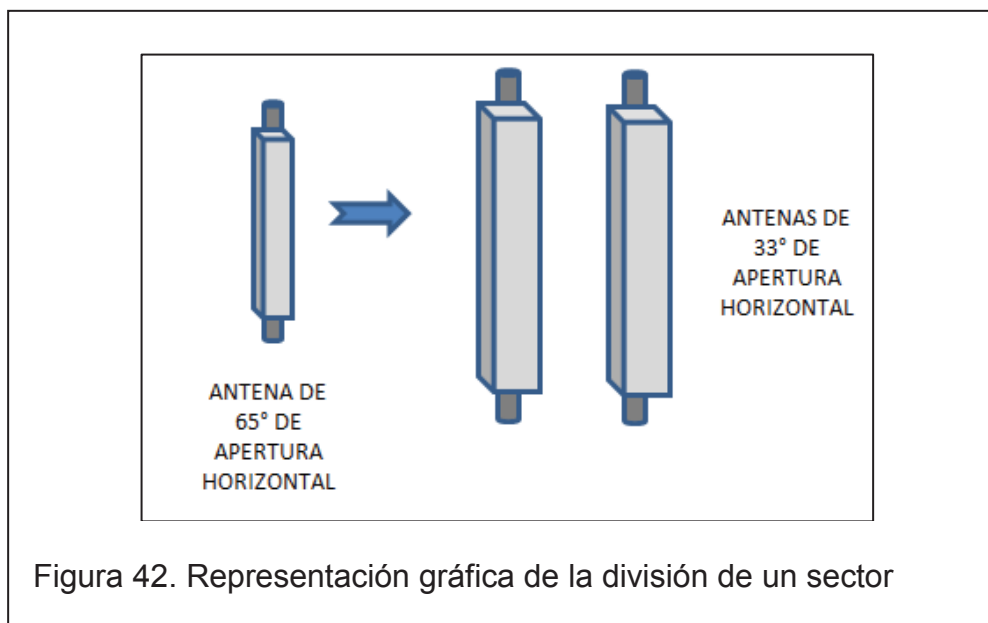


Figura 42. Representación gráfica de la división de un sector

En la figura 43 se muestra el proceso a seguir para el análisis del mejoramiento de cobertura la cual esta descrita a continuación.

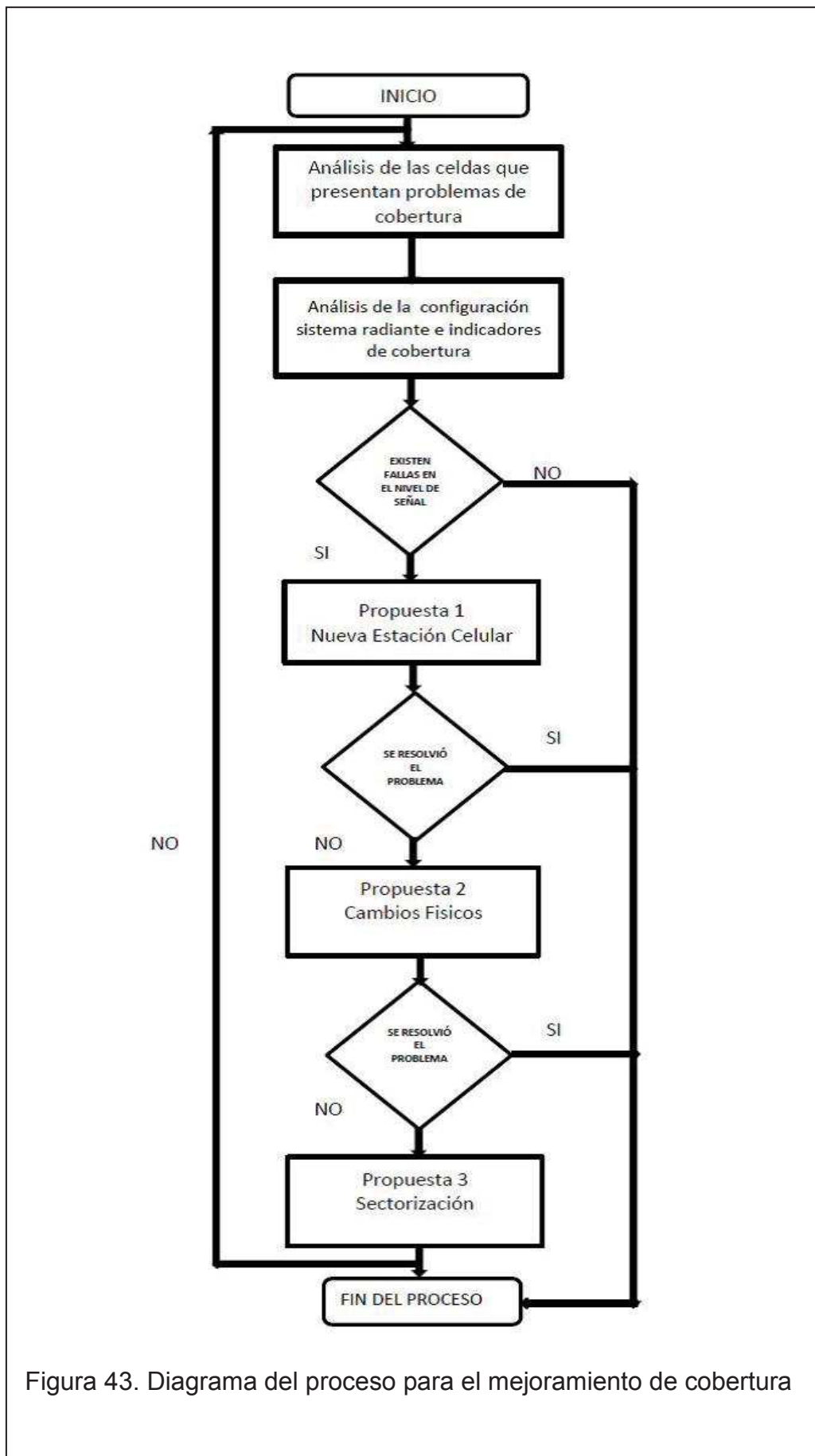


Figura 43. Diagrama del proceso para el mejoramiento de cobertura

### **3.3. Desarrollo de la solución para 2G**

Para la solución en esta tecnología se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- Según la asignación de frecuencias administrada y controlada por los organismos competentes en el Ecuador, la red GSM opera en las bandas de frecuencia 850 y 1900 MHz.
- Una de las características más importantes de la banda 850 MHz es que esta provee mayor cobertura que la banda 1900 MHz, ya que a menor frecuencia existe mayor cobertura por consiguiente menor atenuación, por lo tanto en zonas costeras es muy importante limitar este rango.

Por tal motivo para mejorar los niveles de RxLev sin que esto requiera de una nueva estación, se propondría modificar la configuración y aumentar la capacidad de la misma, de tal manera que se mantendría estable el diseño de red establecido en la ciudad. En consecuencia, la única propuesta, que cumpliría con las consideraciones descritas es la opción 2 que se detalla a continuación:

#### **3.3.1 Desarrollo de la Opción 2**

Los objetivos de la estación son cubrir la zona sur de la ciudad, limitada por la Avenida Doceava. En los alrededores no existe obstrucción alguna que limite su cobertura e interfiera con alguna radio base vecina en dicha dirección, entonces para cumplir con los objetivos y obtener los niveles mínimos requeridos de RxLev, se propondrá realizar cambios en el sector 2 que involucra a la zona analizada.

Se puede decir que la radio base B posee las siguientes características obtenidas mediante los procesos establecidos por las operadoras en el campo, las mismas que se resumen en la tabla 14.

Tabla 14. Configuración del Sistema Radiante

SECTORES	1	2	3
ALTURA	36 m	36 m	36 m
AZIMUT	20°	120°	240°

En la tabla 15 se muestran los cambios en la configuración del sistema radiante para el sector S2, el cual modificará el lóbulo de radiación ampliado.

Tabla 15. Configuración del Sector 2 el rango de cobertura

RADIO BASE	B		
SECTOR	1	2	3
COORDENAS	-2,232837° S -80,905121° W	-2,232837° S -80,905121° W	-2,232837° S -80,905121° W
ALTURA	36 m	36 m	36 m
AZiMUT	20°	110°	240°
ANTENA(APERTURA)	65°	65°	65°
TILT ELECTRICO	N/A	1	N/A
TILT MECANICO	N/A	0	N/A

### 3.3.2. Análisis de Resultados

En la figura 44 se muestra el resultado de la predicción realizada con los cambios efectuados:

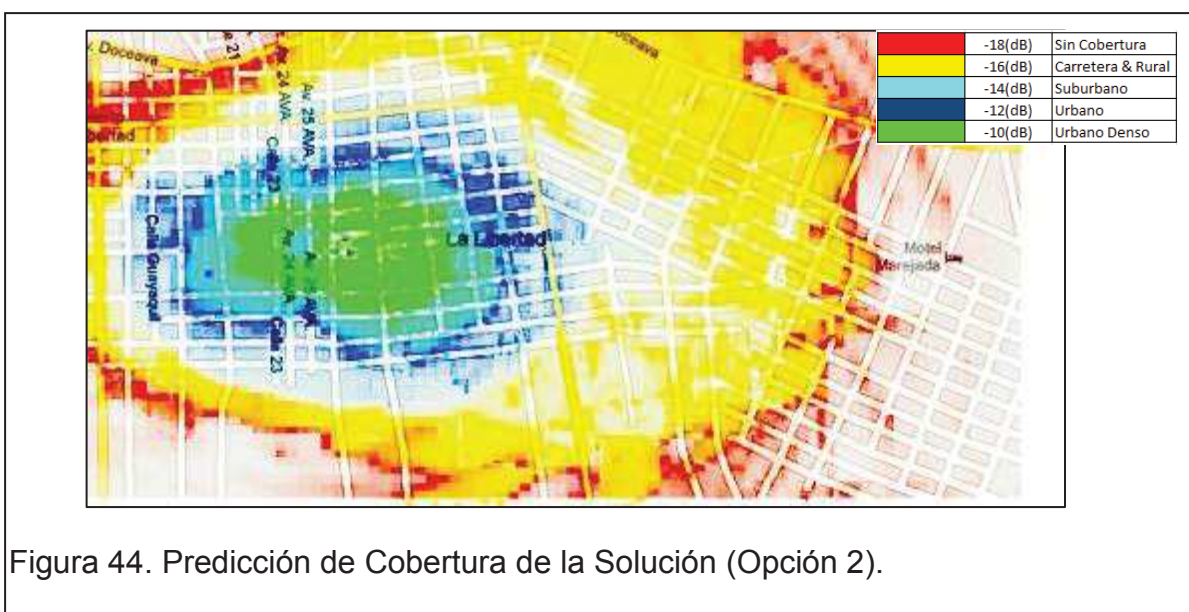


Figura 44. Predicción de Cobertura de la Solución (Opción 2).



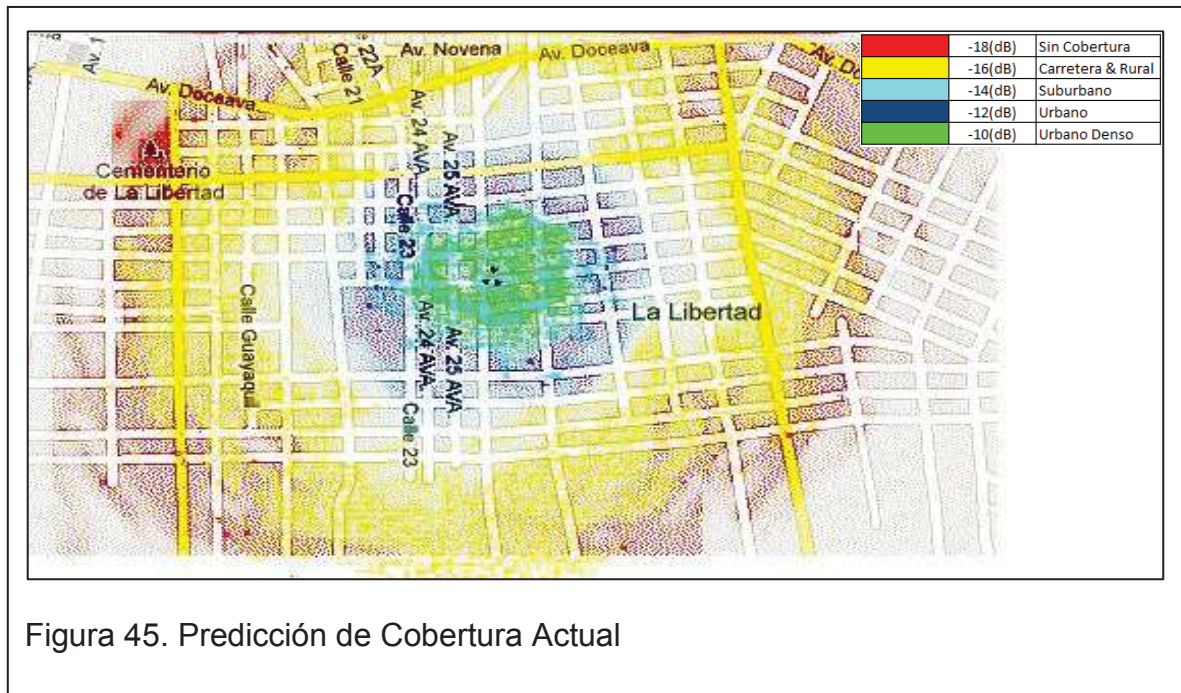


Figura 45. Predicción de Cobertura Actual

Según el plot obtenido, representado por la figura 45, se observa que los cambios realizados en el sector 2, cumplen con el objetivo planificado y el patrón de radiación ha sido modificado para conseguir un mayor alcance mediante el control del tilt mecánico y el tilt eléctrico.

Se ha logrado mejorar el nivel cobertura sobre la zona sur de la ciudad, la cual está constituida por zonas residenciales y proyectos habitacionales.

El sector 2 no afecta al rendimiento de las estaciones vecinas porque hacia dicha dirección no existe una radio base.

La topología de ese entorno no presenta obstrucciones geográficas ni del tipo urbanísticas, por lo tanto la propagación del sector 2 cubre con buenos niveles de señal.

### 3.4. Desarrollo de la Solución para 3G

La solución para esta tecnología requiere de un mejor control de la propagación. Las operadoras móviles optan por la banda 1900 MHz por la saturación de la banda 850 MHz, el uso de la banda 1900MHz ofrece menor cobertura por las características propias de la frecuencia, considerando el número de usuarios y la carga que estos representan sobre la estación, es

decir, entre más usuarios estén conectados en el Nodo B, se reduce el radio de cobertura por la potencia empleada. Este fenómeno es conocido como respiración de celda (cellbreathing).

Según las consideraciones mencionadas se ha procedido plantear las siguientes opciones.

#### **3.4.1. Desarrollo de la Opción 1. Radios de Búsqueda**

El radio de búsqueda consiste en buscar opciones o candidatos que permitan cumplir con los objetivos tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Estaciones cercanas
- Obstrucciones
- Espacio requerido
- Topología del terreno

Para realizar los radios de búsqueda se requieren de los siguientes equipos:

- **Cámara de fotos:** sirve para capturar las imágenes de la opción, sea este un terreno o terraza. Las imágenes deberán contener: el espacio o área en donde ubicar los equipos y antenas, las fotos panorámicas a cubrir desde dicha área, las vías de acceso, las fotos frontales y laterales del inmueble o terreno, y las posibles obstrucciones.
- **Brújula:** ayudará a orientar y buscar los azimut de las posibles antenas que cubrirían los objetivos.
- **GPS:** equipo con el que se obtendría la posición geográfica de la o las posibles opciones.
- **Cinta métrica:** servirá para medir el área estimada para ubicación de la radio base y la altura de la edificación en el caso que sea una terraza.

Consideraciones adicionales:

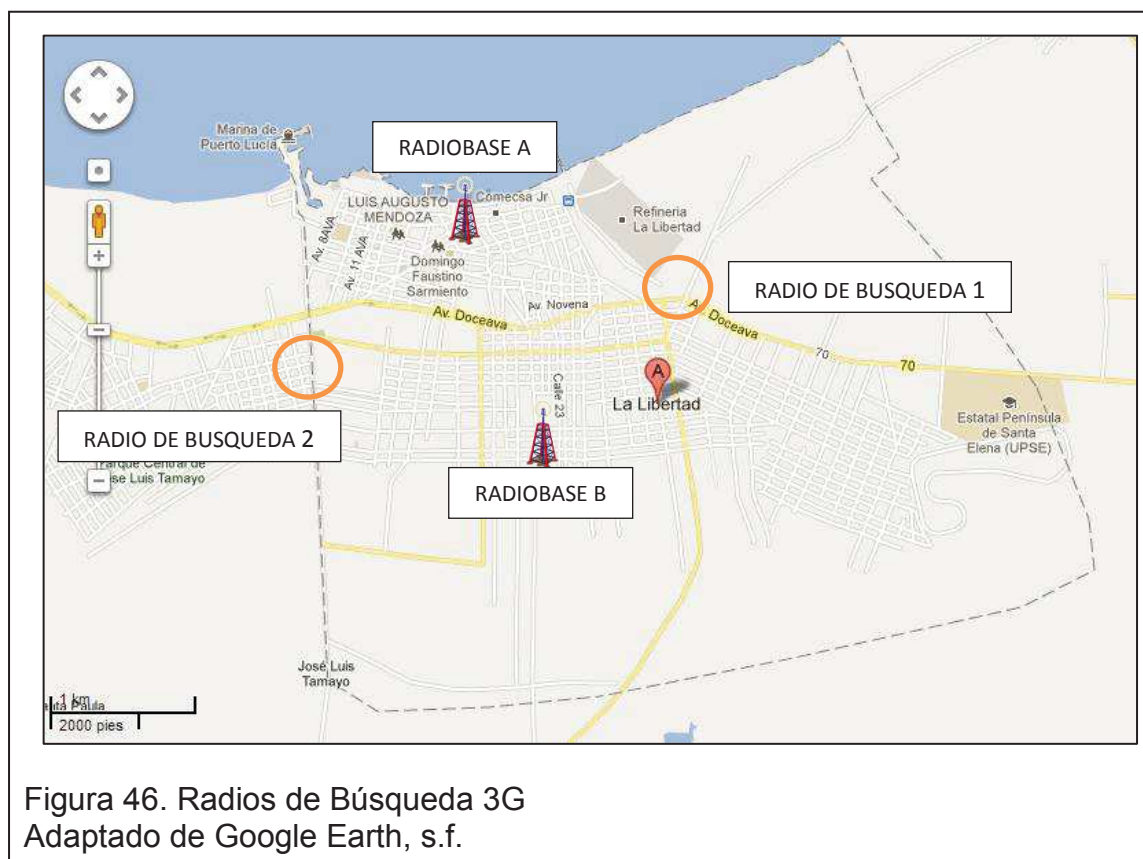
- Ubicar dentro del radio de búsqueda la o las opciones con sus direcciones exactas y referencias que permitan a cualquier persona llegar al sitio.

- Tomar la información necesaria del dueño del inmueble, para un acercamiento y negociación de la posible área a ser contratada.
- Verificar que desde la opción no existan obstrucciones, es decir, que los objetivos se encuentre totalmente despejados.

Definidas las zonas a mejorar, estos serían los objetivos a cubrir con la implementación de la nueva estación, se buscarán los candidatos que brinden el espacio para los equipos y la estructura.

#### 3.4.1.1. Opciones Radios de Búsqueda

En la figura 46 se muestran las propuestas de los radios de búsqueda, mediante estas dos opciones se pretende mejorar la calidad de la señal en las zonas ya identificadas:



#### 3.4.1.2. Radio de Búsqueda 1

La topología de la ciudad La Libertad es totalmente uniforme, siendo parte de la península de Santa Elena, ubicada en la región costera, por lo tanto la elección de las opciones no afectarían los azimuts hacia los objetivos propuestos, ya

que no existe obstrucción que limite la propagación de radio en el lugar verificado en campo.

### 3.4.1.3. Candidatos

Según la figura 47 se observa la existencia de terrenos o espacios disponibles para la posible implementación de la estación celular dentro del radio de búsqueda:



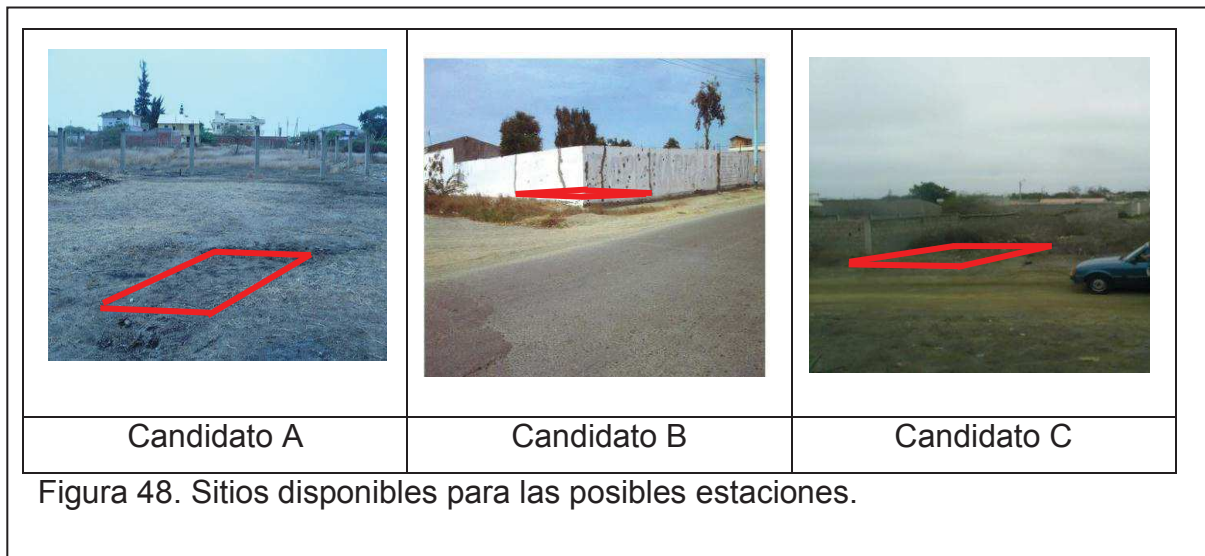
Como parte de la solución se requieren cubrir los objetivos correspondientes a cada zona. En la tabla 16 donde se encontrarán definidos los azimuts partiendo como referencia el radio de búsqueda 1.

Tabla 16. Ubicación de las zonas a mejorar

ZONA	AZIMUTS
1	120°
3	30°
4	120°
6	230°

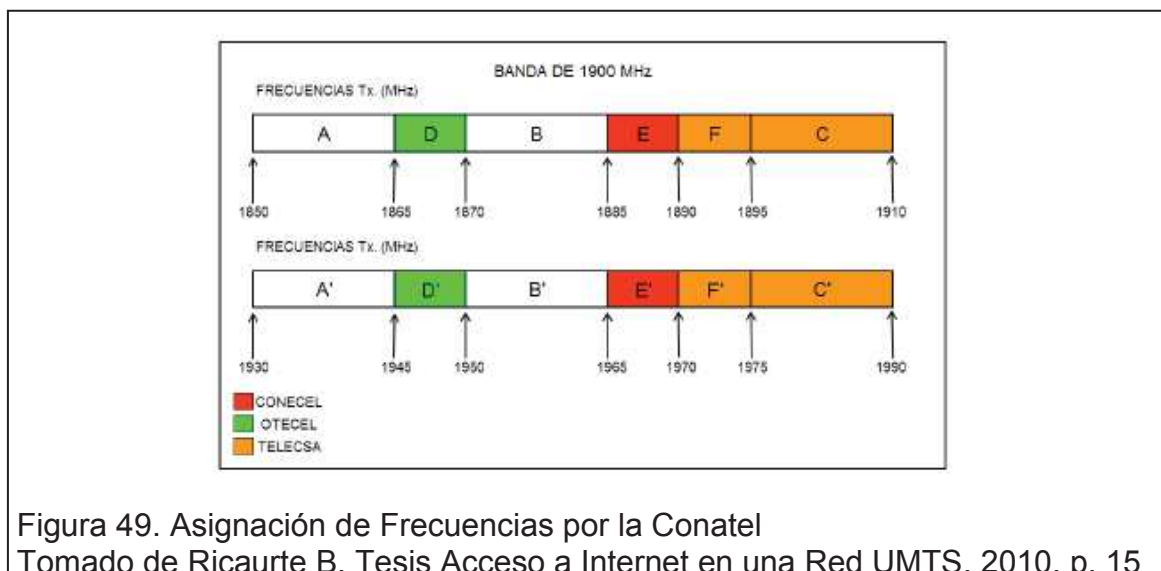
Según la tabla 16, se resumen en tres sectores, con los siguientes azimuts 30°, 120° y 230°.

A continuación se muestran la ubicación de los 3 posibles candidatos que se encuentran cercanos a la Avenida Doceava:



#### 3.4.1.4. Especificaciones Técnicas del Nodo B

La ubicación del nuevo Nodo B se encuentra aproximadamente 1.8Km de la radio base A, la cual brindará cobertura a tres sectores que ya fueron mencionados en el subtema anterior, la nueva estación funcionará sobre la banda 1900 MHz. Para 3G, y en la banda DD' asignada por la Conatel, las cuales se muestra en la figura 49.



La transmisión, enrutamiento del tráfico y comunicación se lo realizará a través de fibra óptica y como respaldo a través de enlace de microonda.

### 3.4.1.5. Configuración del Sistema Radiante

La configuración del sistema radiante para los candidatos sería la siguiente:

#### CANDIDATO A

Tabla 17. Configuración en el candidato A

<b>CANDIDATO</b>	<b>A</b>		
SECTOR	1	2	3
COORDENAS	2°13'33.90"S 80°53'51.37"O	2°13'33.90"S 80°53'51.37"O	2°13'33.90"S 80°53'51.37"O
ALTURA	29 m	29 m	29 m
AZIMUT	30°	110°	230°
ANTENA(APERTURA)	65°	65°	65°
TILT ELECTRICO	6	6	7
TILT MECANICO	0	1	2

#### CANDIDATO B

Tabla 18 Configuración en el candidato B

<b>CANDIDATO</b>	<b>B</b>		
SECTOR	1	2	3
COORDENAS	2°13'35.23"S 80°53'48.89"O	2°13'35.23"S 80°53'48.89"O	2°13'35.23"S 80°53'48.89"O
ALTURA	29 m	29 m	29 m
AZIMUT	30°	110°	230°
ANTENA(APERTURA)	65°	65°	65°
TILT ELECTRICO	6	6	7
TILT MECANICO	0	1	2

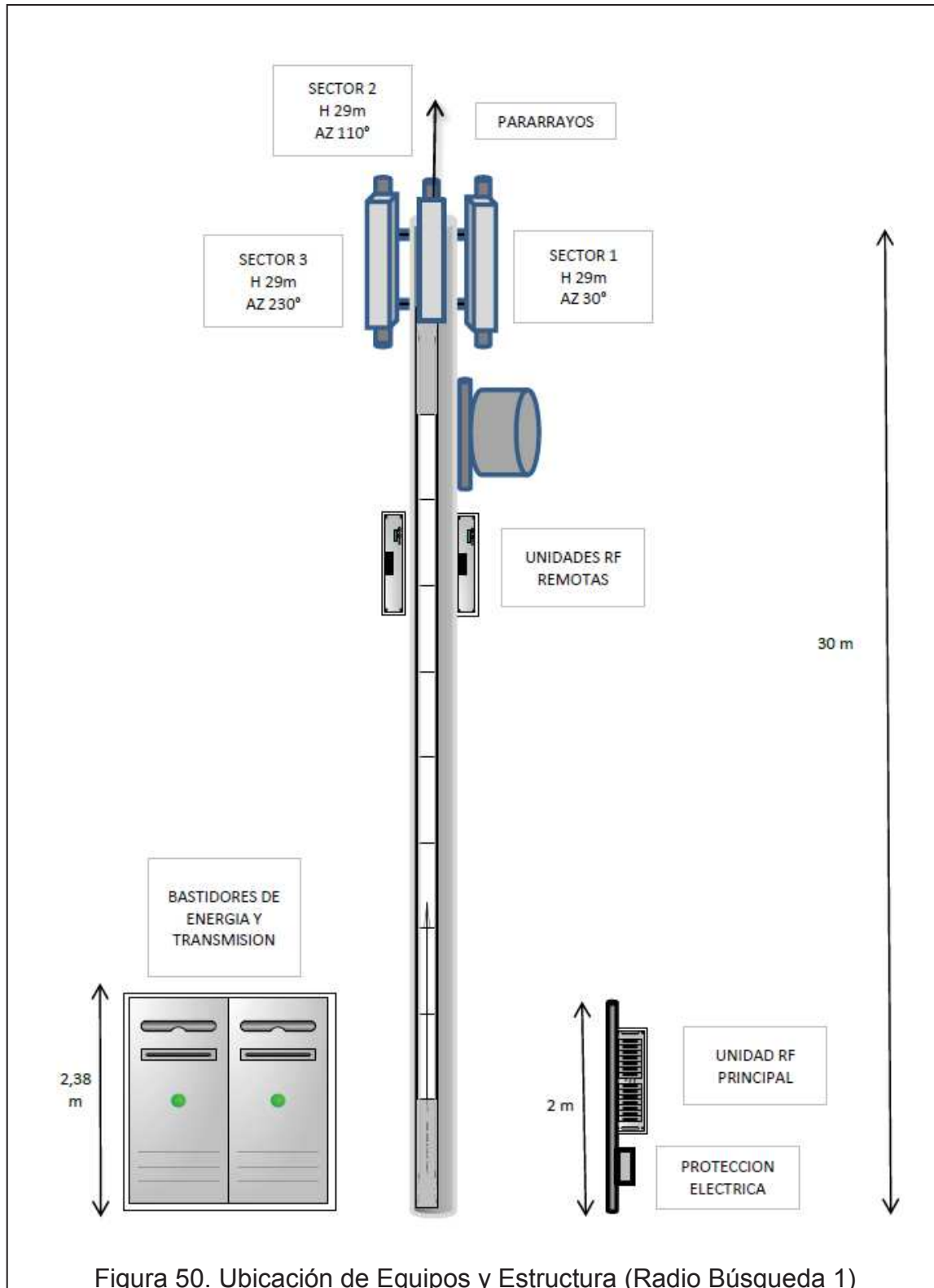
#### CANDIDATO C

Tabla 19 Configuración en el candidato C

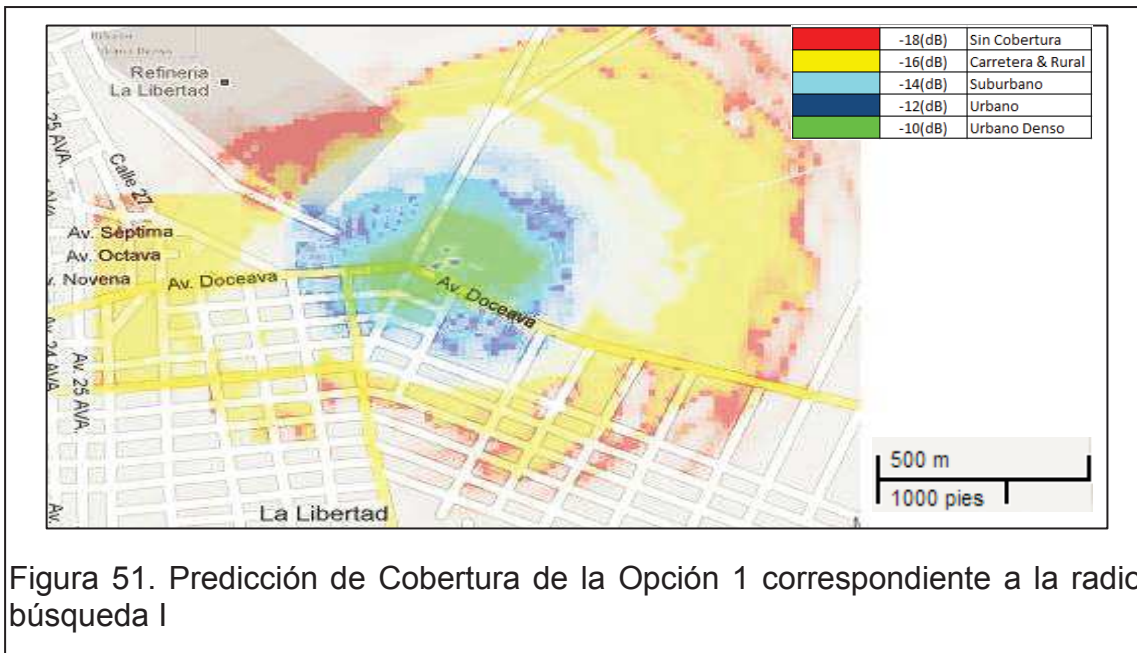
<b>CANDIDATO</b>	<b>C</b>		
SECTOR	1	2	3
COORDENAS	2°13'35.23"S 80°53'48.89"O	2°13'35.23"S 80°53'48.89"O	2°13'35.23"S 80°53'48.89"O
ALTURA	29 m	29 m	29 m
AZ	30°	110°	230°
ANTENA(APERTURA)	65°	65°	65°
TILT ELECTRICO	6	6	7
TILT MECANICO	0	1	2

### 3.4.1.6. Fotomontajes de Antenas y Equipos

La figura 50 presenta la manera en que las operadoras telefónicas proyectan la ubicación del sistema radiante, la estructura y los equipos de radio frecuencia.



### 3.4.1.7. Análisis de Resultados



Con la posible implementación del nuevo Nodo B, mejora los niveles de señal a -14 dB como se muestra en la figura 49, garantizado buenos niveles a la entrada de La Libertad y su principal vía.

La configuración del sistema radiante se encuentra limitando el área de cobertura del Nodo B, con el fin de exclusivamente corregir las zonas involucradas.

El nuevo nodo B creado brindará un equilibrio en el sistema de las estaciones vecinas, captando el tráfico que pueda generarse, ya que son zonas de alta proyección urbanística.

### 3.4.1.8. Radio de Búsqueda 2

El radio de búsqueda se encuentra cercano a la salida de La Libertad sobre la parte sur, el lugar brinda los requerimientos de RF para cumplir los objetivos establecidos. Los azimuts hacia los objetivos se encuentran propuestos en la siguiente tabla.

Tabla 20. Ubicación de las zonas a mejorar

ZONA	AZIMUTS
6	20°
7	100°



### 3.4.1.9. Candidatos

Los candidatos poseen características topológicas semejantes a las planteadas en el radio de búsqueda anterior, la implementación de dicho nodo mejorará la cobertura, y además ayudará a equilibrar el tráfico de las estaciones vecinas.



Figura 52. Ubicación de los candidatos Radio de Búsqueda 2  
Adaptado de Google Earth, s.f.

En la figura 53 se muestran la ubicación de los 3 posibles candidatos:



## CANDIDATO A

Tabla 21. Configuración en el candidato A

<b>CANDIDATO</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>
COORDENAS	2°13'53.27"S 80°55'16.99"O	2°13'53.27"S 80°55'16.99"O
ALTURA	29 m	29 m
AZIMUT	20°	100°
ANTENA(APERTURA)	65°	65°
TILT ELECTRICO	7	6
TILT MECANICO	1	0

## CANDIDATO B

Tabla 22. Configuración en el candidato B

<b>CANDIDATO</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>
COORDENAS	2°13'55.51"S 80°55'16.63"O	2°13'55.51"S 80°55'16.63"O
ALTURA	29 m	29 m
AZIMUT	20°	100°
ANTENA(APERTURA)	65°	65°
TILT ELECTRICO	6	7
TILT MECANICO	0	0

## CANDIDATO C

Tabla 23. Configuración en el candidato C

<b>CANDIDATO</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>
COORDENAS	2°13'56.30"S 80°55'16.68"O	2°13'56.30"S 80°55'16.68"O
ALTURA	29 m	29 m
AZIMUT	20°	100°
ANTENA(APERTURA)	65°	65°
TILT ELECTRICO	6	6
TILT MECANICO	0	1

### 3.4.2.0. Fotomontajes de Antenas y Equipos

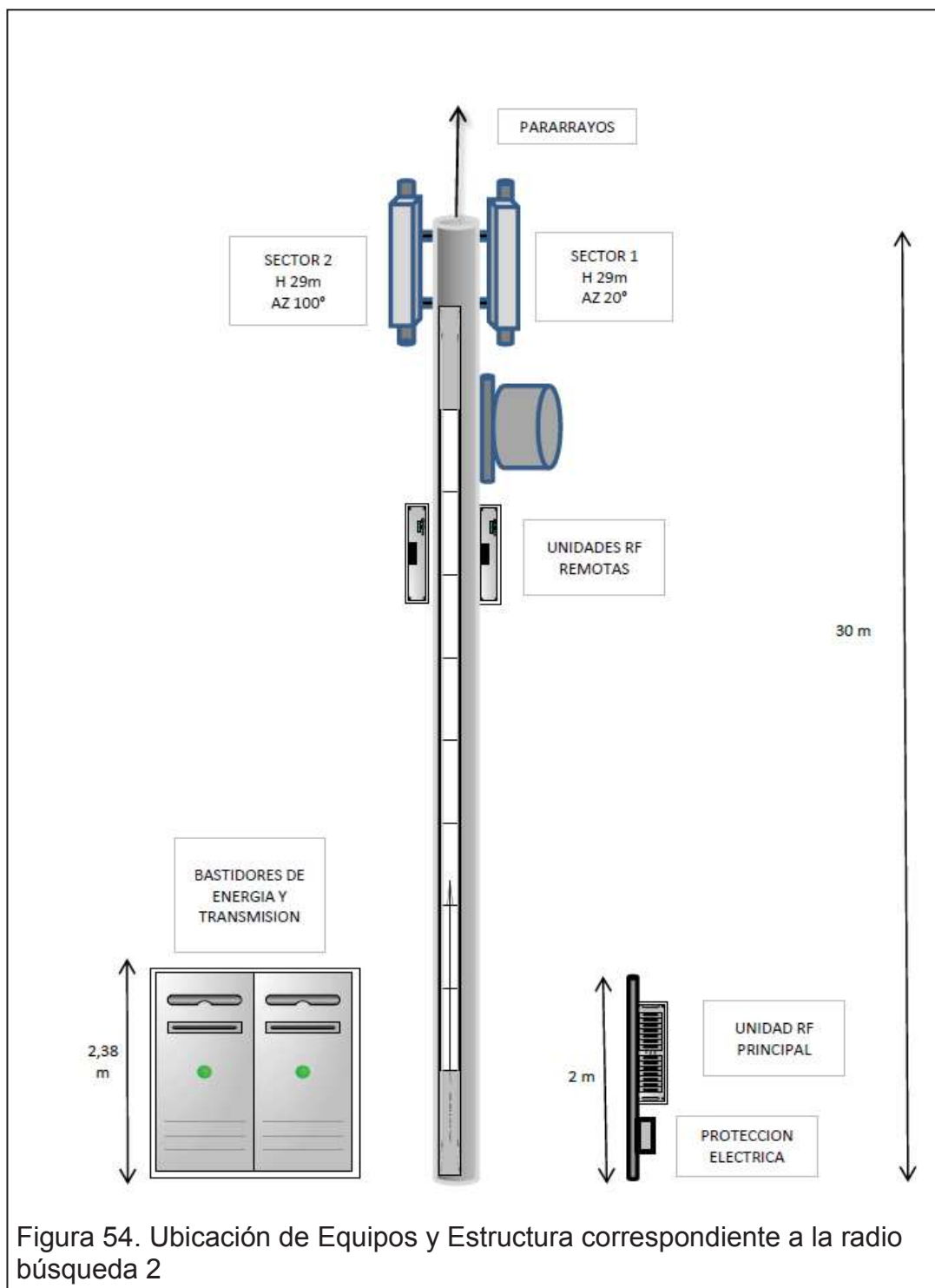


Figura 54. Ubicación de Equipos y Estructura correspondiente a la radio búsqueda 2

La figura 54 presenta la manera en que se proyectarían el sistema radiante, la estructura y los equipos de radio frecuencia según lo establecido por las operadoras móviles.

### 3.4.2.1. Análisis de Resultados

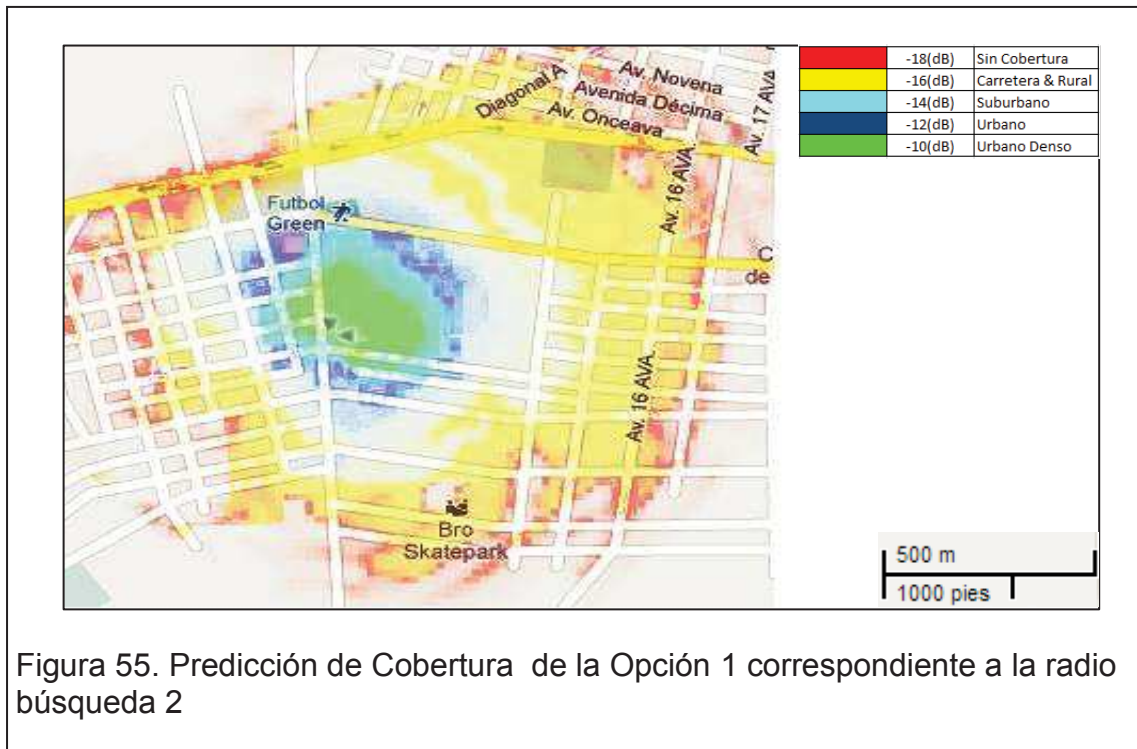


Figura 55. Predicción de Cobertura de la Opción 1 correspondiente a la radio búsqueda 2

Con la posible implementación del nuevo Nodo B, se estaría mejorando los niveles de EcNo cumpliendo con los objetivos planteados, por consiguiente los usuarios sobre la avenida Doceava y parte de la zona sur de la ciudad obtendrán un mejor servicio.

El nuevo nodo B contribuirá a la reducción el tráfico de las estaciones vecinas, y brindará mayor capacidad en caso de presentarse afluencia de turistas.

### 3.4.2. Desarrollo de la Opción 3

Esta opción consistiría en modificar el sistema radiante de tal modo que, se propondría reemplazar las antenas existentes por nuevas antenas de 33° de apertura horizontal; la característica de este tipo de antenas es que la potencia se concentra en el lóbulo principal y por lo tanto disminuye la propagación de los lóbulos secundarios.

Mediante esta propuesta se crearán sectores para cubrir más zonas, dividiendo cada antena en dos sectores, con el fin de incrementar los recursos de radio en la estación y cubrir los objetivos planteados.

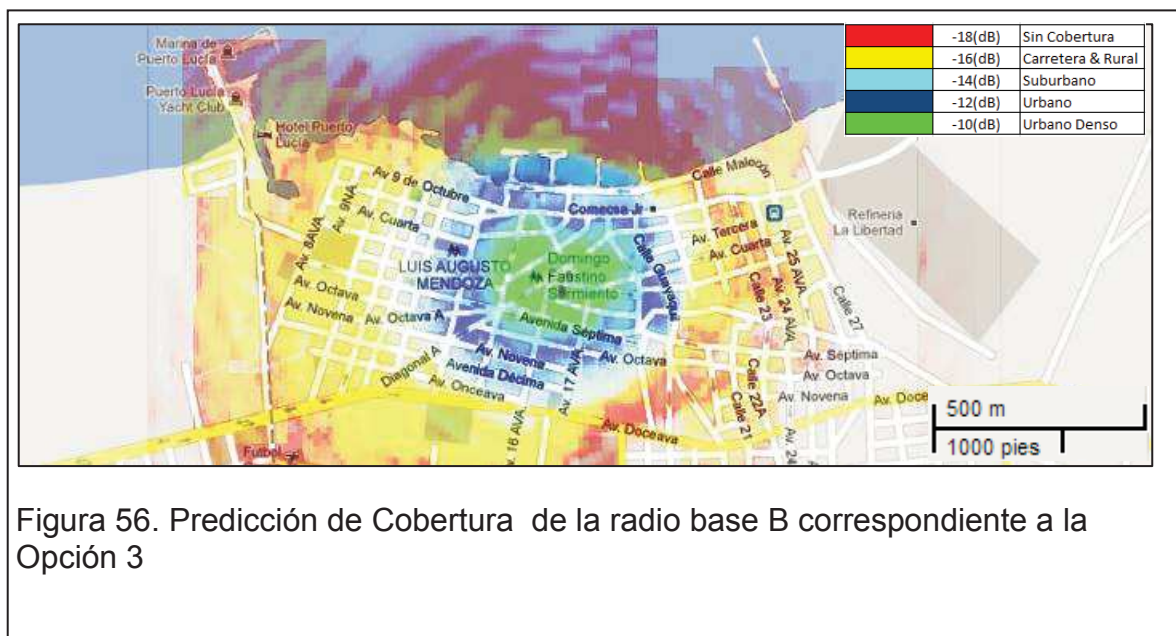
### 3.4.2.1 Configuración de la Radio Base A

Para cubrir la zona 5 se procederá a dividir al sector 3 en la siguiente configuración.

Tabla 24. Nueva Configuración de la radio base A

SECTORES	1	2	3	4
ALTURA	36 m	36 m	36 m	36 m
AZIMUT	80°	180°	260°	290°
ANTENA(APERTURA)	65°	65°	33°	33°
TILT MECANICO	0	0	0	0
TILT ELECTRICO	2	2	1	1

### 3.4.2.2 Análisis de Resultados



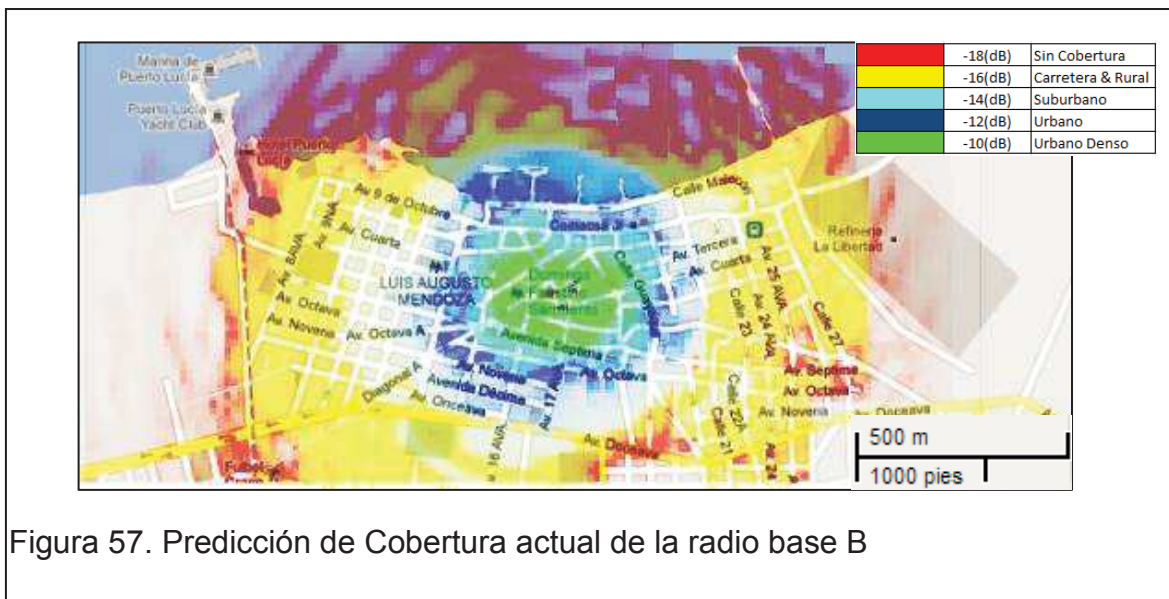


Figura 57. Predicción de Cobertura actual de la radio base B

El sector 3 pasa a ser de dos nuevos sectores (sector 3 y sector 4), esta modificación mejora el nivel de señal en el puerto de la Libertad y parte de la zona comercial.

La configuración de los nuevos sectores evita que se propague hacia el Este donde se encuentra una radio base, en consecuencia, la propagación se encuentra limitada por cambios efectuados sobre el sistema radiante.

Los dos nuevos sectores incrementan el área de cobertura significativamente, proporcionan más capacidad a la radio base existente y contribuirán a captar el tráfico en la zona.

### 3.4.2.3 Configuración de la Radio Base B

La tabla 25 muestra en color rosado los nuevos sectores de 33° de apertura horizontal los cuales reemplazarán a las de 65°.

Tabla 25. Nueva Configuración de la radio base B.

SECTORES	1	2	3	4	5
ALTURA	36 m	36 m	36 m	36 m	36 m
AZIMUT	20°	50°	120°	240°	300°
ANTENA(APERTURA)	33°	33°	65°	33°	33°
TILT MECANICO	0	0	0	0	0
TILT ELECTRICO	3	3	1	2	2

### 3.4.2.4 Análisis de Resultados

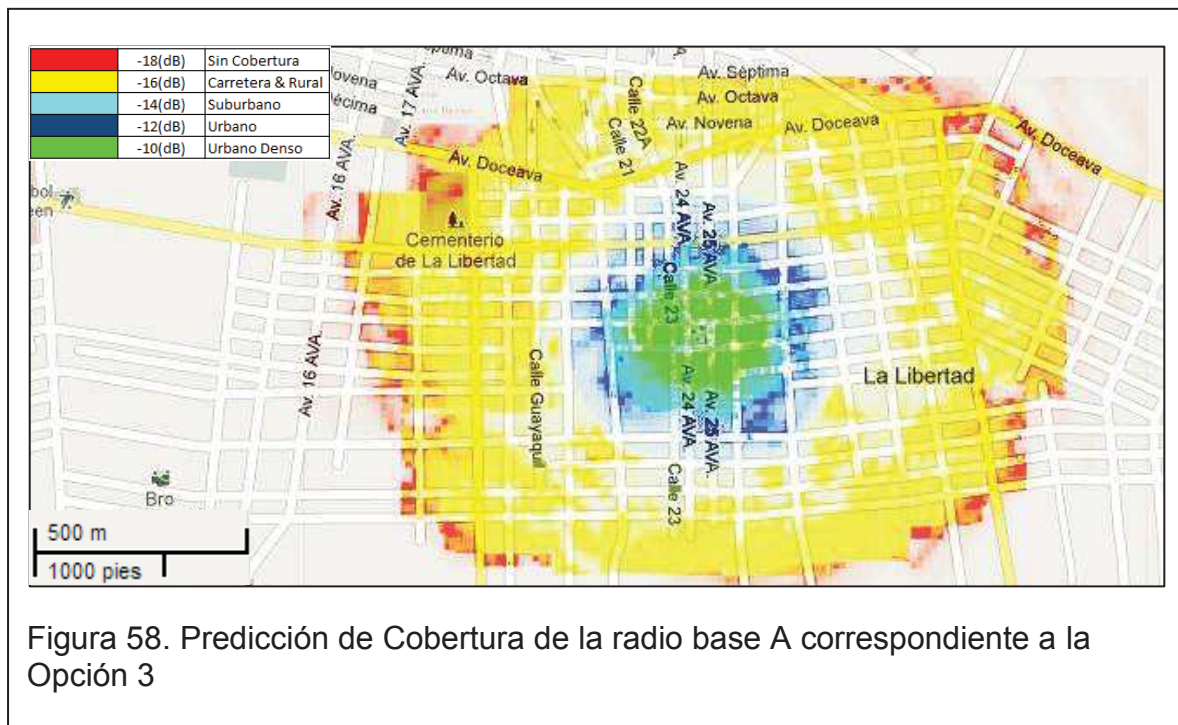


Figura 58. Predicción de Cobertura de la radio base A correspondiente a la Opción 3

En esta radio base la modificación de los dos sectores (sector 1 y sector 3) convertidos en cuatro sectores (sector 1, sector 2, sector 4 y sector 5) respectivamente, mejora el nivel de señal en la entrada de la Libertad y parte de la zona residencial.

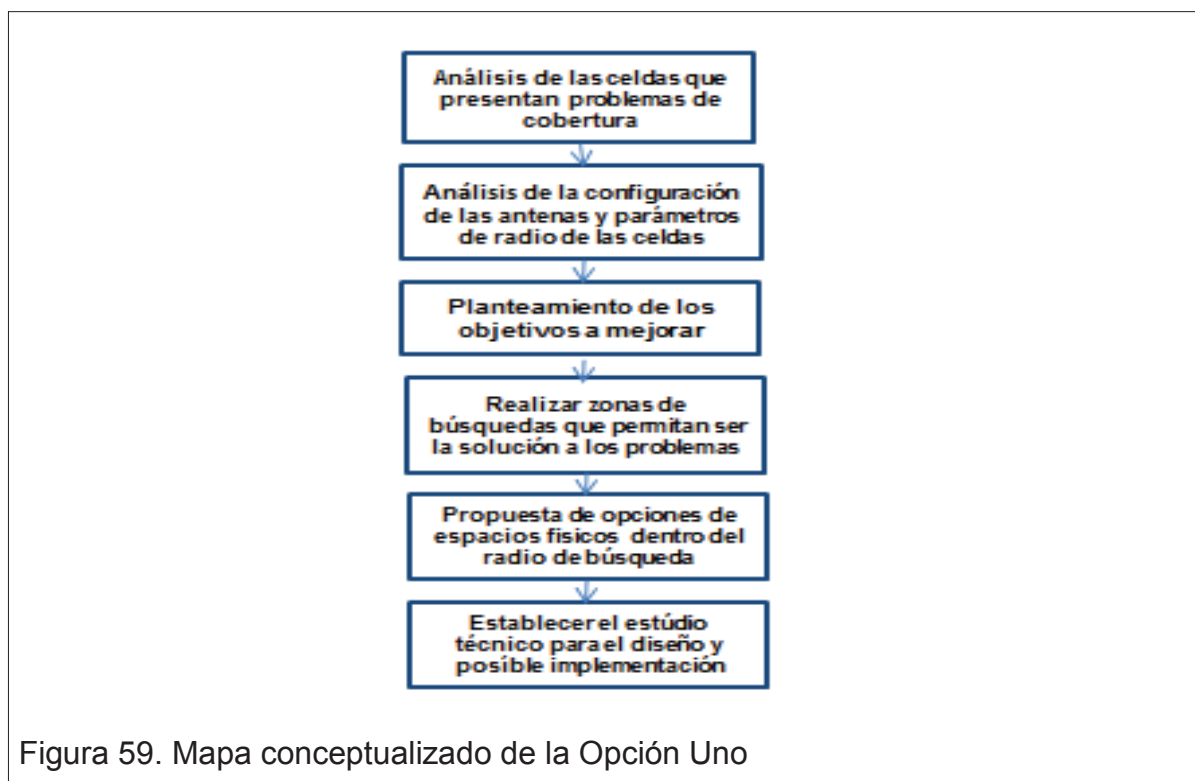
Los cuatro nuevos sectores amplían la cobertura hacia los azimuts propuestos cumpliendo con los objetivos planteados, además aumenta los recursos de la estación, y captarán parte del tráfico en la zona.

## 4. Evaluación Económica del Proyecto

Para poder implementar las posibles soluciones mencionadas en el capítulo anterior se realizarán propuestas económicas por cada opción planteada, con el fin de determinar la inversión que implica cada una y posteriormente sugerir la alternativa más conveniente en base a los criterios técnicos y económicos.

### 4.1 Propuesta Económica para la Opción Uno

En la figura 59 se hace mención al planteamiento y proceso que establece la solución.



Para la implementación se utilizarán los elementos y equipos que conforman la radio base tales como son infraestructura, energía eléctrica, y de telecomunicaciones, los cuales deberán cumplir con todos los requerimientos necesarios para brindar cobertura de forma eficiente en la ciudad de La Libertad.

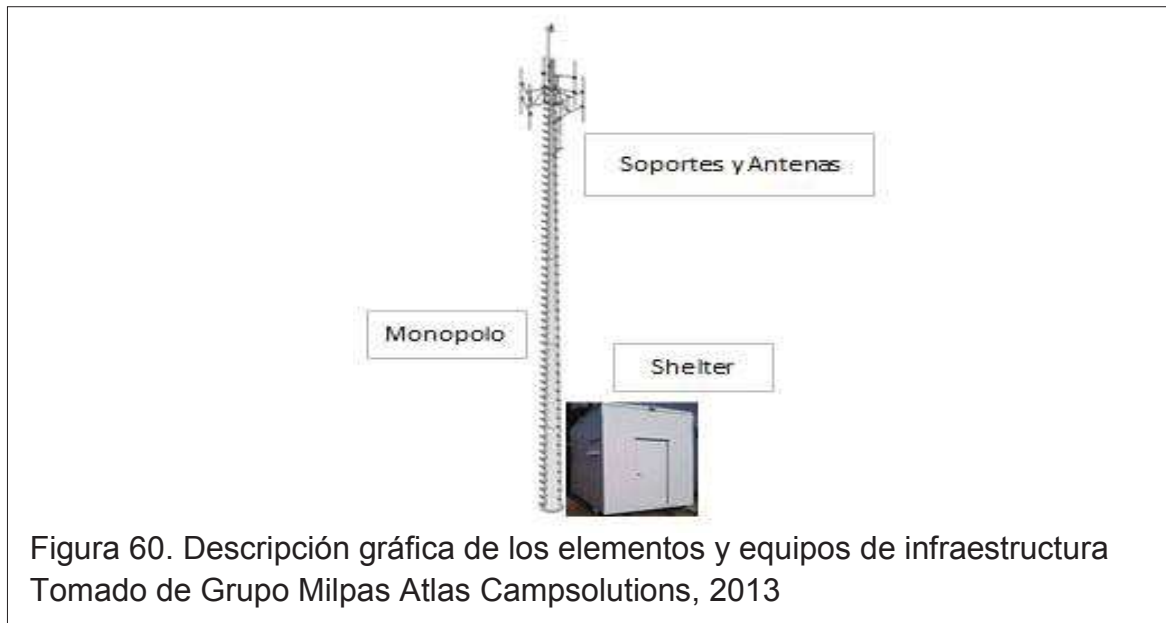


La siguiente descripción puntualizar las características y observaciones más generales para la adecuación de la instalación, como la preparación del terreno con su respectivo cerramiento y otros a fines con respecto a la infraestructura:

- **El terreno** es el espacio físico que será alquilado a uno de los habitantes de la ciudad de la Libertad, el costo es establecido en función de la plusvalía y del sondeo del valor por metro cuadrado, dentro de los radios búsqueda.
- **El cerramiento** brindará la protección adecuada para evitar el robo o daño de las instalaciones. Se sugiere que éste tenga un mínimo 3 m de altura, con estructura de cemento y una puerta de fácil acceso para los equipos y personal autorizado, apegadas a las normas técnicas expuestas por las operadoras.
- **Shelter o cuarto de equipos** es la estructura que proporcionará la seguridad de los equipos para la protección de agentes externos y condiciones climáticas, además proveerá de la temperatura adecuada para su funcionamiento, debido a en la ciudad la temperatura promedio es de 28°C.
- **Monopolo y soportes** deberán cumplir con todas las normas y técnicas sugeridas por el personal de infraestructura, para brindar la seguridad y la altura al sistema radiante.

Todos estos requerimientos son validados por personal de infraestructura, el cual realiza la valoración del lugar para la posible implementación, garantizando que el sitio sea idóneo para la construcción.

En la figura 60 se encuentra la representación gráfica los elementos mencionados.



Una vez concluida la identificación de los requerimientos, en la tabla 57 se presentarán los valores promedios de los fabricantes y proveedores existentes en el mercado.

Tabla 26. Costos estimados de infraestructura.

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO (USD)
1	Terreno (80m2)	1	\$ 500,00
2	Cerramiento	1	\$ 1500,00
3	Shelter	1	\$ 3000,00
4	Monopolo	1	\$ 20000,00
5	Soportes	3	\$ 150,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 25150,00</b>

El valor del subtotal descrito en la tabla 26 indica los costos a cubrir correspondientes a infraestructura.

Ahora se procederá a efectuar el análisis para los requerimientos eléctricos en donde se describirán las características principales:

- **Sistema Eléctrico A.C:** la alimentación eléctrica será proporcionado por las líneas de media tensión de la Empresa Eléctrica para una potencia

requerida de 1 KW y que es requerida para el funcionamiento de la radio base.

- **Sistema Eléctrico D.C:** consta de rectificadores y banco de baterías los cuales deben soportar una carga promedio de 63 amperios, estas debe regirse a las especificaciones técnicas brindadas por el fabricante del Nodo B las cuales se encuentran detalladas en el anexo 1.
- **Sistema de Protección:** toda estación celular deberá contar con el sistema de protección eléctrico con el fin de brindar mayor tiempo de vida útil a los equipos.
- **Banco de Baterías:** son un elemento muy importante que garantiza la alimentación eléctrica, mientras se restablece el fluido eléctrico, **Sistema de Aire Acondicionado:** es el equipo que regula la temperatura adecuada para el funcionamiento correcto y que deberá ser regulado en función de la temperatura optima de trabajo de los equipos.

A continuación se detallarán los valores estimados en la tabla 27 de los sistemas y elementos que lo constituyen.

Tabla 27. Costos estimados de Equipos y Protección Eléctrica.

ITEM	DESCRIPCION	COSTO(USD)
1	Sistema Eléctrico A.C.	\$ 1200,00
2	Sistema Eléctrico D.C.	\$ 1800,00
3	Sistema de Protección	\$ 1500,00
4	Banco de Baterías	\$ 2000,00
5	Sistema de Aire Acondicionado	\$ 700,00
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 7200,00</b>

El valor del subtotal descrito en la tabla 27 indica los costos a cubrir correspondientes para la inversión en equipos de energía y protección eléctrica.

De la misma manera se analizarán los costos de los equipos de telecomunicaciones y que son a su vez los más importantes para el funcionamiento de la radio base.

Para satisfacer la necesidad, con el fin de cumplir con los objetivos de este caso de estudio, se describirán a continuación las características más relevantes que se deben tomar en cuenta para el posterior comisionamiento:

- **Nodo B** en la tabla 28 se describe la configuración básica requerida

Tabla 28. Configuración del Nodo B

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
Unidades	2	Correspondientes a 2 Nodos
Configuración	1+1+1	Una portadora por sector
Ancho de banda de la portadora	5 MHz	-
Modo de acceso	FDD	Duplicación de frecuencia

- **Antenas y Accesorios:** las características requeridas son una ganancia de 18dbi con una apertura horizontal de 65° y que trabaje sobre la banda 1900. Las especificaciones se encuentran detalladas en el anexo 3.
- **Microonda:** el enlace deberá estar constituido por una antena de 7 GHz y sus respectivos equipos de transmisión, además se regirán a los requerimientos establecidos por las áreas de Transmisiones correspondientes cada operadora móvil.
- **Cables de Alimentación y Transmisión:** el recorrido a cubrir de la fibra óptica es establecida por la distancia entre el equipo principal y los remotos, de igual manera para los cables de alimentación eléctrica. Para la conexión de los equipos remotos hacia las antenas se deberá considerar una distancia no mayor a 9 metros según las normas de instalación consideradas y sugeridas por las operadoras.

De esta forma se han definido los equipos a utilizarse para la implementación de la solución.

En la tabla 29 encontramos los valores estimados que se manejan en el mercado donde se ha tomado en cuenta a dos fabricantes más cotizados para considerar las opciones de compra.

Los principales proveedores actualmente son NSN (Nokia Network Siemens) y Huawei, los cuales han abarcado este mercado por las prestaciones y calidad que poseen sus equipos además de brindan soluciones no solamente para telefonía móvil sino también para telefonía fija.

Tabla 29. Costos estimados de Equipos de Telecomunicaciones.

<b>PROVEEDOR</b>	<b>Nodo B (USD)</b>	<b>Antenas &amp; Accesorios (USD)</b>	<b>Microonda (USD)</b>	<b>Cables (USD)</b>
NSN	\$ 70000,00	-	-	\$ 800,00
DIGITEC	-	\$ 1800,00	-	-
SIAE	-	-	\$ 2700,00	-
HUAWEI	\$ 55000,00	-	\$ 2380,00	\$ 600,00
ANDREW	-	\$ 2100,00	-	-

Los fabricantes mencionados en la tabla anterior son los más idóneos ya que brindan la garantía que necesita el inversionista para poder continuar con el proyecto. En cuanto a la facilidad de instalación y comisionamiento de los equipos, HUAWEI sería la marca elegida por costos y prestaciones, además se encuentra posesionada en el mercado de las telecomunicaciones considerando la variedad de servicios complementarios que ofrece la misma.

En función de los costos revisados en las tablas 26 y 27 respectivamente se concluye que el valor aproximado de la implementación de infraestructura, y energía es \$32.350,00 y considerando a Huawei como la opción más económica como proveedor de equipos de telecomunicaciones, el valor de estos equipos es de \$57.980,00 Por lo tanto el valor total de la implementación completa es de \$90.330,00 correspondiente a la opción uno.

## 4.2. Propuesta Económica para la Opción Dos

La opción dos consiste en la modificación de los parámetros de radio de los equipos existentes tales como son las antenas y el sistema principal de radio frecuencia, para lo cual se requiere de un proveedor calificado, este deberá proporcionar el personal y los equipos para realizar los ajustes respectivos.

De esta manera se pretende cubrir las zonas identificadas en el drive test, utilizando el menor número de recursos tanto humano como económico y por consiguiente reducir el tiempo de respuesta a la solución del problema

En la figura 61 se hace mención al planteamiento y proceso que establece la solución.

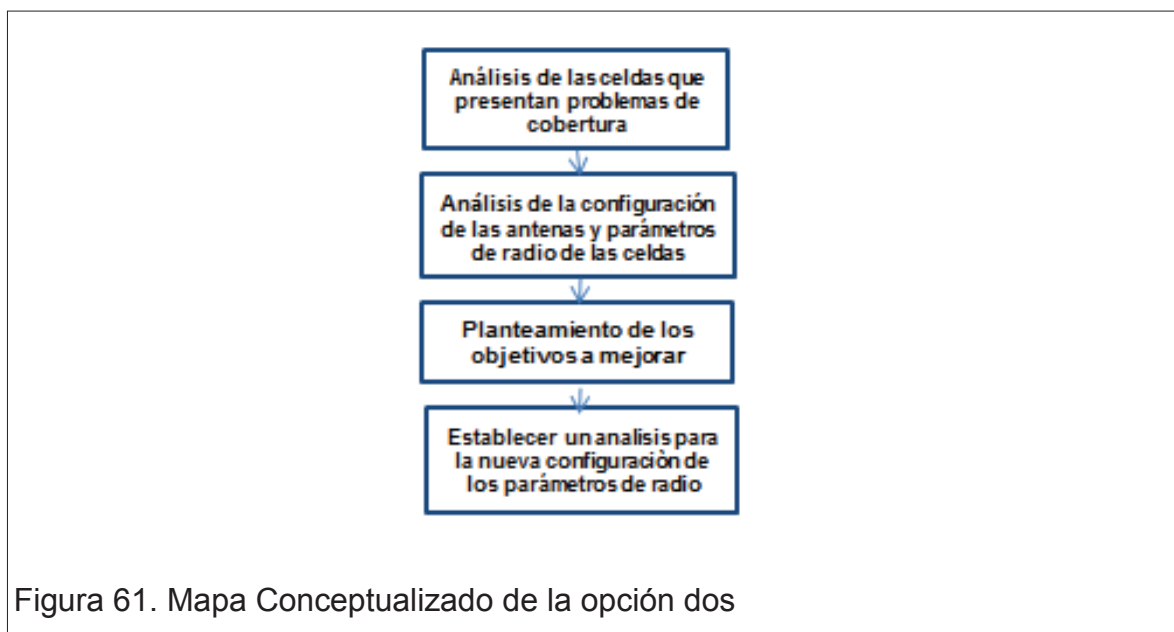


Figura 61. Mapa Conceptualizado de la opción dos

En la tabla 30 se detallan los valores promedios para este tipo de servicio

Tabla 30. Estimación de costos del servicio

ITEM	Costos por Radio Base(USD)	TOTAL
Mano de Obra	\$ 650,00	\$ 1300,00
Equipo de trabajo en alturas	\$ 700,00	\$ 1400,00
Equipos de medición y calibración	\$ 650,00	\$ 1300,00
Gastos Operativos	\$ 550,00	\$ 1100,00
Total	\$ 2550,00	\$ 5100,00

Esta solución es de bajos costos y muy práctico pero a su vez se encuentra limitada por los recursos de la estación existente.

### 4.3 Propuesta Económica para la Opción Tres

Esta opción contempla el estudio para agregar más sectores a la estación existente, por lo que es necesario la instalación de antenas con sus respectivos soportes y accesorios de fijación, además de jumpers para la conexión con los equipos remotos y cables de alimentación eléctrica, y para aquello, de la misma manera se cotizarán las empresas proveedoras que cumplan con los requerimientos, además del respectivo comisionamiento.

En este caso las empresas proveedoras que ofrecen directamente la prestación de este servicio tienen la exigencia de presentar todas las garantías del caso para que el trabajo se desarrolle bajo las normas técnicas de seguridad por el requerimiento de instalación y trabajo en alturas.

En la figura 62 se hace mención al planteamiento y proceso que establece la solución.

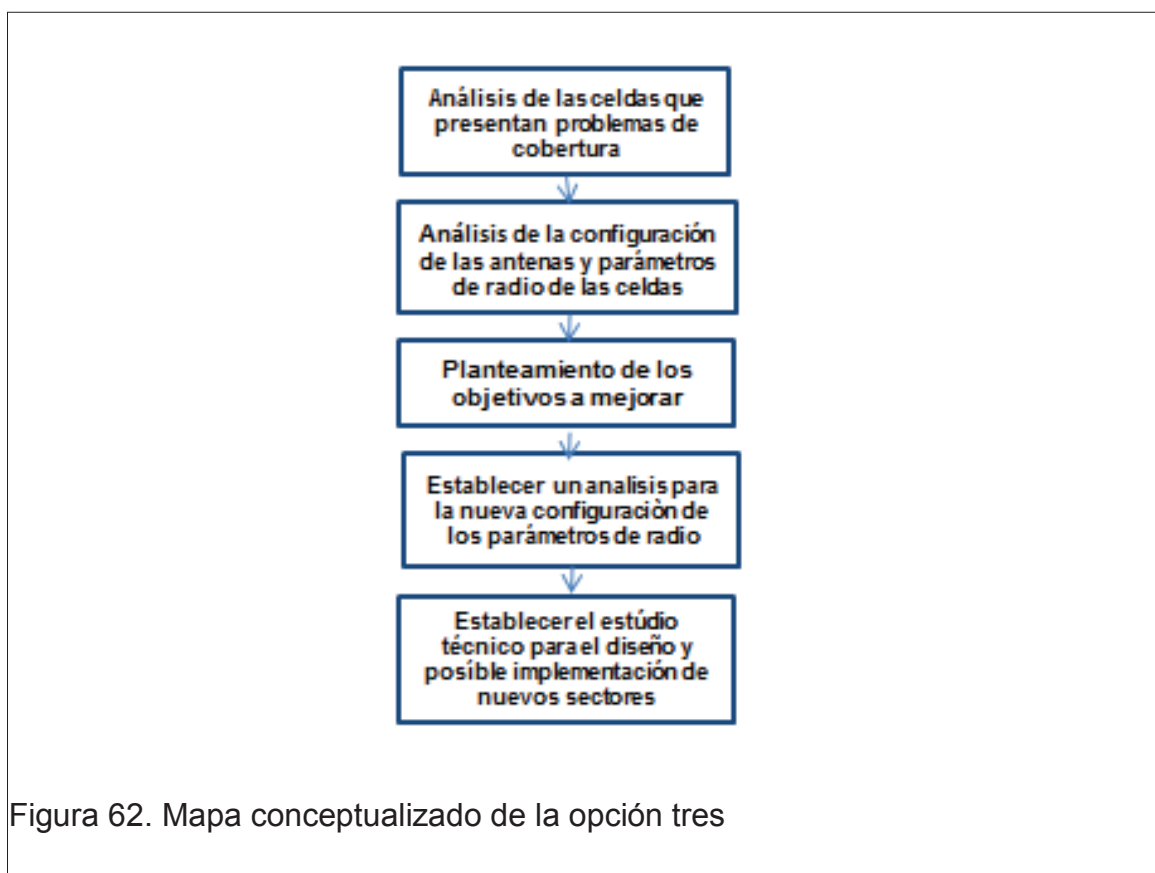


Figura 62. Mapa conceptualizado de la opción tres

En la siguiente tabla se muestran los costos estimados para esta solución

Tabla 3.1 Costos estimados por instalación del sistema radiante y comisionamiento de equipos

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO POR RADIO BASE (USD)	TOTAL
1	Soportes	3	\$ 150,00	\$ 300,00
2	Antenas	3	\$ 1800,00	\$ 3600,00
3	Feeders & Jumpers	6	\$ 600,00	\$ 1200,00
4	Instalación	3	\$ 1500,00	\$ 3000,00
5	Comisionamiento	1	\$ 1200,00	\$ 2400,00
<b>Total</b>			4950	<b>\$ 10500,00</b>

Tabla 32 Costos estimados por servicio

ITEM	Costos por Radio Base(USD)	TOTAL
Mano de Obra	\$ 1550,00	\$ 3100,00
Equipo de trabajo en alturas	\$ 1400,00	\$ 2800,00
Equipos de medición y calibración	\$ 650,00	\$ 1300,00
Gastos Operativos	\$ 1100,00	\$ 2200,00
<b>Total</b>	<b>\$ 4700,00</b>	<b>\$ 9.400,00</b>

El presupuesto para esta opción es de \$19900 siendo un valor considerable que puede ser cubierto por la operadora en función de los beneficios que le brinda la solución a corto plazo.

#### 4.4 Alternativas de Financiamiento para las Opción Uno

Como una alternativa para el financiamiento de este proyecto sería la búsqueda de uno o varios socios estratégicos que aporten económicamente con un porcentaje para cubrir la implementación de la posible solución. A continuación se mencionarán dos tipos de estrategias las cuales contribuirán con el financiamiento.



#### 4.4.1 Estrategia 1

Mediante un convenio con el Municipio de la ciudad de la Libertad se negociaría con la operadora para que él invierta en la amplitud de la cobertura y en la estructura, por medio de la depreciación de la inversión de 5 a 10 años, alquilando a la operadora su acceso con el objeto de que el tráfico celular (voz y datos) que se genere en esa área de cobertura el 70% de tráfico le corresponda a la operadora y el 30% para el municipio, con el fin de reducir los costos de implementación.

Donde el costo inicial por la implementación es de \$90330.y se estima que la facturación generada por el tráfico es de \$24000 anuales este dato es analizado por las áreas comerciales de cada operadora, con un incremento del 5% anual de trafico pon un periodo 5 años, y la inversión por parte del municipio seria no menos del 30%, con esta información se obtendría los siguientes resultados presentados en la tabla 32.

Tabla 32. Costo Beneficio de la estrategia uno

	MUNICIPIO		OPERADORA	
	Monto	%	Monto	%
Inversión inicial	\$ 27.099,00	30	\$ 63.231,00	70
Distribución del tráfico facturado el 1er año	\$ 7.200,00	30	\$ 16.800,00	70
Distribución del tráfico facturado el 5to año	\$ 39.784,55	30	\$ 92.830,61	70
Utilidad	\$ 12.685,55	46,81	\$ 29.599,61	31,89

La tabla 32 muestra que el Municipio de La Libertad aportando con un 30% del costo total de la implementación al final del 5to año podrá obtener como utilidad \$ 12685,55 representado con el 46,61% del valor de inversión inicial, por parte de la operadora ésta recuperaría la inversión, con la posibilidad de incrementar la cobertura a corto o mediano plazo

#### 4.4.2 Estrategia 2

Otra de las opciones sería establecer un contrato en comodato de los equipos de telecomunicaciones, de esta manera serían instalados sin costo, con la opción de compra-venta, y en función del tráfico mensual generado establecer un porcentaje de dicha facturación para destinar al proveedor por un periodo de tiempo determinado y así beneficiar a ambas partes reduciendo los costos de implementación.

Siendo el presupuesto inicial de \$57980 para la compra de los equipos de telecomunicaciones este rubro sería asumido por la empresa proveedora, mientras que la operadora cubriría con \$32350 para la culminación del proyecto, de modo que el tráfico facturado anual aproximado sería de \$24000 con una correspondencia del 50% de este valor a cada uno, este convenio se lo haría por 5 años, y con un crecimiento estimado del 5%.

De esta manera se contribuiría con el financiamiento con un solo socio, beneficiando a la operadora por la utilización de los recursos de la red.

Este planteamiento expondría los siguientes resultados representados en la tabla 33.

Tabla 33. Costo Beneficio de la estrategia dos

	PROVEEDOR		OPERADORA	
	Monto	%	Monto	%
Inversión inicial	\$ 57.980,00	64,19	\$ 32.350,00	35,81
Distribución del tráfico facturado el 1er año	\$ 12.000,00	50	\$ 12.000,00	50
Distribución del tráfico facturado el 5to año	\$ 66.307,58	30	\$ 66.307,58	70
Utilidad	\$ 8.327,58	14,36	\$ 33.957,58	51,21

La tabla 33 muestra que el proveedor aportaría con el 64,19% de la inversión total inicial que representa más del 50% y la operadora contribuiría con el 35,81% de este modo se sugiere plantear como negociación que haya una correspondencia del 50% ya que el aporte por el proveedor es muy

significativo, con estas consideraciones la utilidad favorece a la operadora, sin embargo es una propuesta muy viable y significaría un enganche comercial para el proveedor, con los mantenimientos preventivos y correctivos como un ingreso adicional.

Las estrategias fueron empleadas para cubrir los altos costos que intervienen en la opción uno, debido a que esta solución con respecto a las otras dos implica la adecuación de toda la estación sin embargo puede ser ampliada para nuevas zonas de cobertura, caso contrario son las opciones restantes donde son soluciones muy válidas pero mediáticas porque el continuo crecimiento demográfico causará que se presenten nuevas zonas donde se necesite dar un buen servicio.

Los costos de las opciones dos y tres son significativamente asequibles por la operadora por tal motivo no se consideraron las estrategias mencionadas anteriormente.

#### 4.5 Análisis de los Resultados

A continuación se realizará la revisión de las opciones en función de los costos que fueron analizados al principio de este capítulo.

En la figura 63 representa un cuadro comparativo con los valores estimados para la implementación.

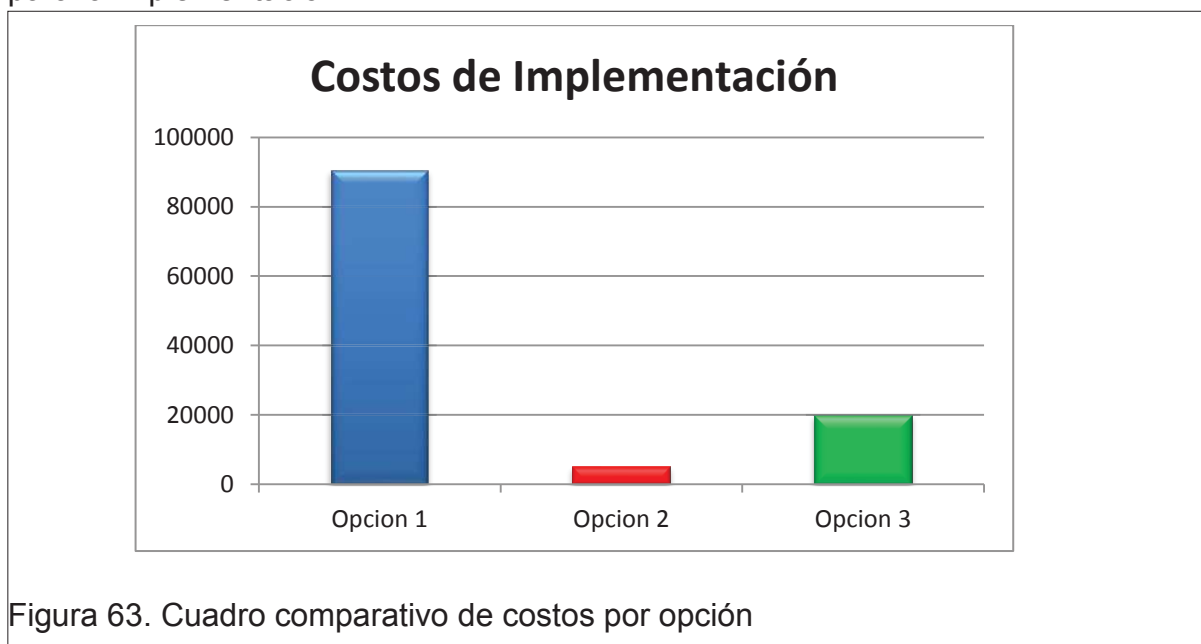


Figura 63. Cuadro comparativo de costos por opción

Se evidencia que la opción uno es la de más alto valor por que se realizó el estudio de la implementación de una nueva celda, la opción dos y la opción tres son más económicas, por que la solución se establece sobre la estación existente por lo tanto no se requiere el análisis de infraestructura y energía sino únicamente de los equipos de radio frecuencia.

Mediante dos estrategias de financiamiento se propone abaratar los costos para la opción de tal manera que haya una participación con al menos un socio que pueda contribuir con un aporte económico y de esta manera obtener un beneficio como se representa en la figura 64 para la estrategia 1.

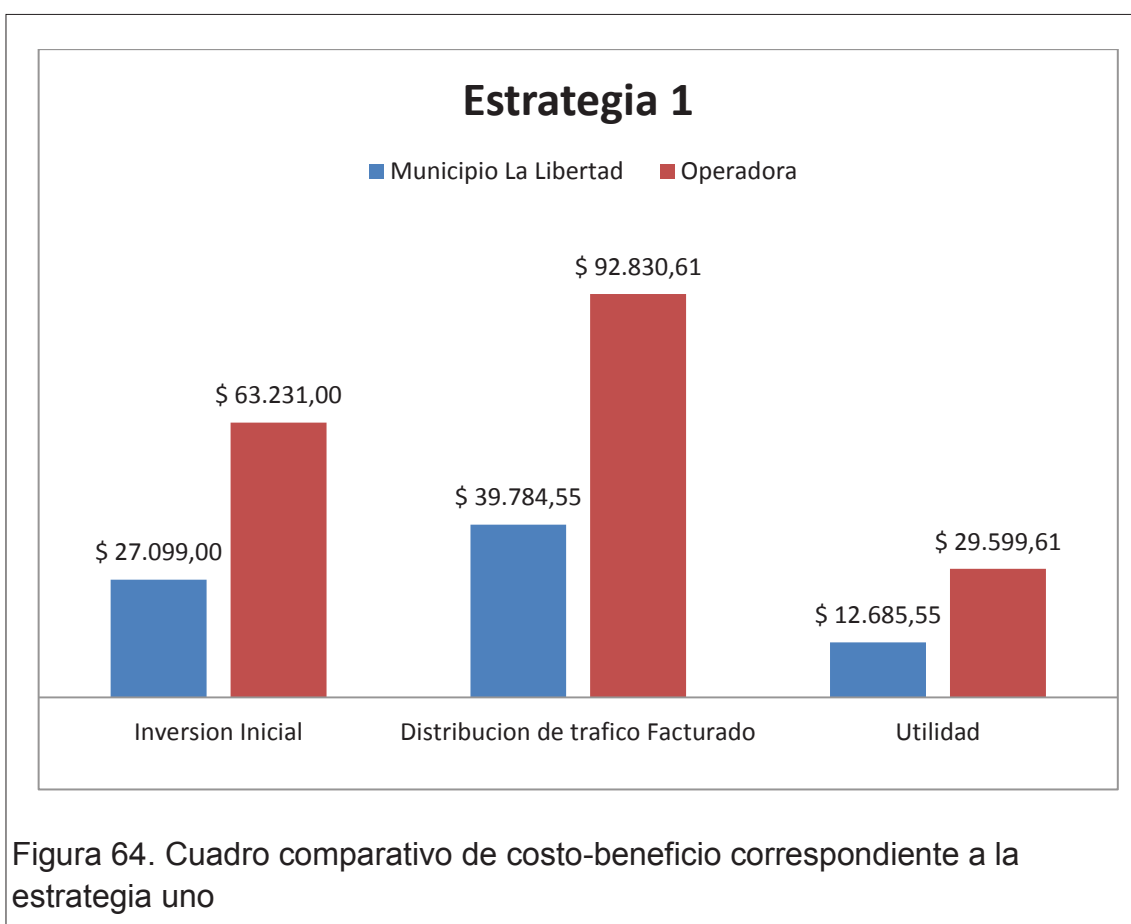
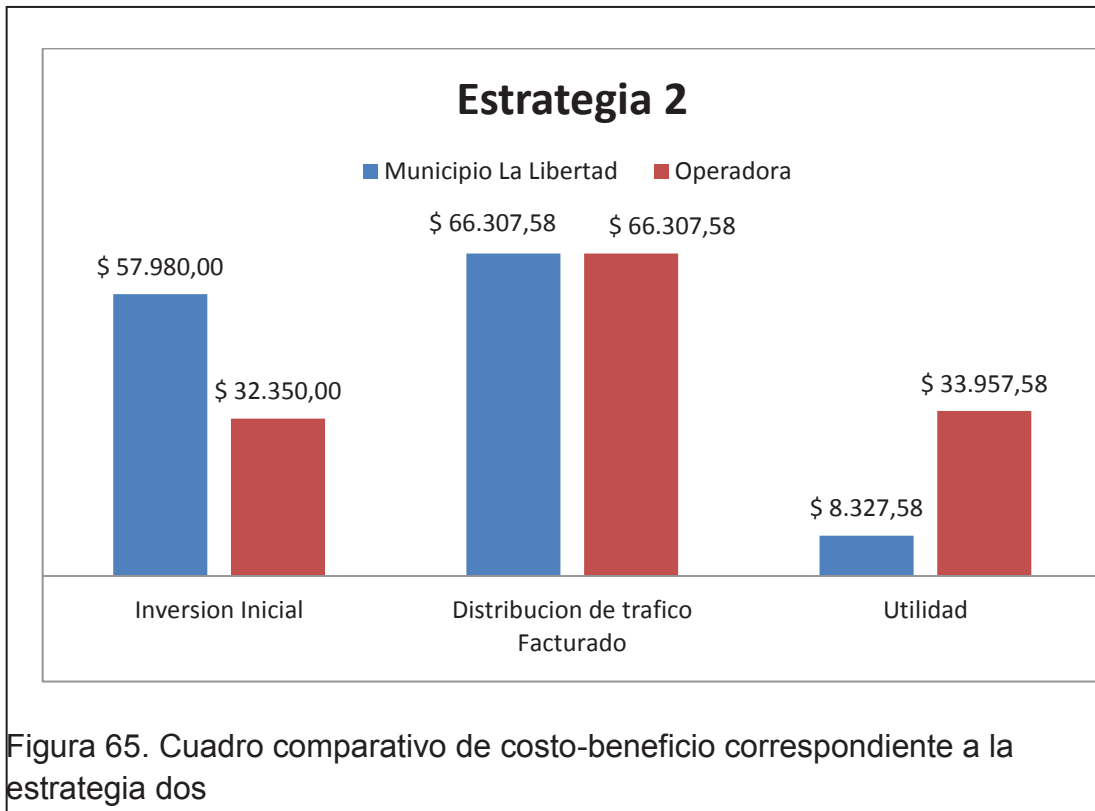


Figura 64. Cuadro comparativo de costo-beneficio correspondiente a la estrategia uno



Según se indican en las figuras 64 y 65 las opciones brindan un porcentaje de utilidad en un plazo de cinco de años, pero la más conveniente es la expuesta en la estrategia uno ya que con menor inversión se obtiene un mayor redito.

Por otra parte la solución RF requerida, cumple con lo establecido pero a diferentes niveles de eficiencia y rendimiento, sin embargo el factor económico es muy indispensable e influye en la implementación de la solución, pero para obtener resultados inmediatos se pueden recurrir a las opciones dos y tres que son de bajo costo con relación a la primera opción.

La solución también debería considerar las posibles ampliaciones de cobertura por lo que es importante realizar un rediseño de red para solventar futuras expansiones, por lo tanto es una inversión, que se adaptaría a mediano plazo para solventar problemas futuros y ofrecer buenos niveles de señal.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- El crecimiento de abonados y la demanda del servicio en la ciudad de La Libertad aumenta gradualmente, debido a que además de albergar a miles de turistas en días festivos, existen nuevas expansiones urbanas por ende es necesario la implementación de nuevas radio bases para solventar el crecimiento de usuarios.
- La avenida doceava es la más importante y la que atraviesa toda la ciudad, considerada como vía con alta densidad vehicular la cual es una de la zonas que presenta bajos niveles de cobertura, es por eso que debe mejorar los niveles de señal para mantener la continuidad de la comunicación y especialmente cuando existe concurrencia del turismo.
- Por medio de los resultados obtenidos en el drive test la ciudad presenta bajos niveles cobertura en ciertas zonas poco habitadas, y de extensos terrenos que se encuentran en proyectos de construcción por lo que no representa todavía un potencial objetivo a cubrir para las operadoras.
- Mediante la herramienta de predicción utilizada en el proceso de la solución y analizada en el capítulo 3, esta brindan una apreciación estimada de la cobertura, pero para complementar y optimizar la solución se requiere de la ayuda de las mediciones de drive test.
- Es muy importante dimensionar el área de cobertura por medio de los mecanismos de regulación de la antena para la solución de la implantación de la nueva estación, porque debido a la creación de esta celda se requiere evitar el efecto de polución e interferencia con las celdas adyacentes.

- La implementación de la solución permite cubrir nuevas áreas ampliando la red de servicio para poder equilibrar el tráfico que se pueda generar en estaciones vecinas.
- El costo de la implementación es una inversión muy alta, pero los beneficios que traerán a futuro ayudarán a solventar los problemas de tal manera que cualquier modificación se lo hará con un mínimo de inversión.
- La modificación de los parámetros de radio para abarcar más área de cobertura de las estaciones existentes son soluciones de bajos costos, pero implica que el problema sea solucionado por un tiempo determinado ya que al momento de cubrir puede sobrecargar a la estación de usuarios afectando la capacidad y la calidad servicio.
- Agregar más sectores como solución es una forma muy viable para abaratar los costos, mediante la instalación de antenas con alta ganancia en el lóbulo principal, por consiguiente se amplía y robustece la capacidad y cobertura de la estación existente, pero esto conlleva a usar todos los recursos disponibles de radio y esto frente a un posible incremento de tráfico, provocaría un encolamiento de peticiones que se reflejarán al usuario como accesos fallidos, y llamadas caídas.
- El costo de la implementación de la solución es más viable con el aporte de un socio estratégico, porque a mediano y largo plazo se recuperaría la inversión y sería un atractivo de capital para invertir en infraestructura propia.
- La opción uno cubre el 100% de los objetivos por encontrarse cerca a los mismos, mientras que las opciones dos y tres por estar más alejadas sufren efectos de atenuación de la señal por lo tanto no se podría asegurar la efectividad que tiene la primera.

## 5.2 Recomendaciones

- La visita técnica a campo es muy importante para el planteamiento y desarrollo de los objetivos y soluciones, ya que de esta manera se evidencia los detalles y el entorno que serán parte de un correcto análisis, debido a que las herramientas cartográficas y predicción muestran los resultados de forma ideal sin tomar en cuenta posibles obstrucciones del tipo urbanísticas.
- Se recomienda que en campo se levante toda la información de forma detallada para realizar un correcto diseño y evitar datos erróneos que conduzcan a cambios y hasta nuevas visitas, demorando el proceso de las soluciones.
- Se recomienda que en las mediciones de drive test sean realizado bajos las normas técnicas exigidas por la Conatel, ya que de no ser así al momento del post-procesamiento puede haber resultados con muestras dispersas y no más bien una ruta bien definida siendo esto lo que se busca para el respectivo análisis.
- Para el desarrollo de las mediciones de drive test se deben tomar ciertas consideraciones como: mantener un orden y etiquetar a los teléfonos para diferenciarlos de las tecnologías, visualizar que el GPS este marcando la posición y unidades de medida solicitadas, que el software se encuentre haya reconocido a los equipos y se encuentre en modo “espera” para proceder a recorrer la ruta.
- Se recomienda como proveedor y fabricante a la marca Huawei por los costos de sus equipos frente a sus competidores y además el bajo costo de mantenimiento de los mismos
- Se recomienda utilizar un Nodo B del tipo outdoor para prescindir del cuarto de equipos y el sistema de climatización con el propósito de reducir los costos de implementación.



- Se recomienda que en los monoplos se realice una adaptación especial en la parte superior con el fin de brindar más espacio en el caso de que se requiere el aumento de sectores.
- Es necesario para la opción tres realizar un estudio sobre la infraestructura y soportes para determinar la capacidad de carga, ya que las antenas de 33° de apertura horizontal son en peso y dimensiones superiores, además se deberá ver la disponibilidad de espacio, caso contrario proponer una nueva altura donde se puedan ubicarlas sin que esto afecte a los objetivos

## REFERENCIAS

- Actix Analyzer. (2001). Actix Analyzer v41 User Manual. Recuperado el 12 de Mayo de 2013 <http://www.docstoc.com/docs/52009864/Actix-Analyzer-v41-User-Manual-10>
- Aguirre, F. (2009). Propuesta de Arquitectura, Protocolos y Funcionamiento de la red de Acceso UMTS para México. Recuperado el 1 de Julio de 2013 <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/4234/1/PROPUESTARQUITECTURA.pdf>
- ASETA. (2010). Las Telecomunicaciones en el Ecuador. Recuperado el 10 de Enero de 2013 <http://www.aseta.org/documentos/ECUADORsector.pdf>
- Avila, J. (2013). Modelo de Propagación Okamura. Recuperado 10 de Julio de 2013 <http://mdpropagacion.blogspot.com/2013/07/modelo-okamura.html>
- Fernández, V. (2010). Diseño e implementación de una radio base GSM UMTS. Recuperado el 30 de Mayo de 2013 <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>
- INEC. (2010). Fascículo de la Provincia de Santa Elena. Recuperado el 18 de Abril de 2013 [http://www.inec.gob.ec/cpv/descargables/fasciculos\\_provinciales/santa\\_elen.pdf](http://www.inec.gob.ec/cpv/descargables/fasciculos_provinciales/santa_elen.pdf)
- Minango, J. (2011). Análisis y Monitorización de la interfaz aire de las operadoras celulares en el campus de la E.S.P.E para determinar la calidad de servicio. Recuperado el 5 de Junio de 2013 <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3180/1/T-ESPE-031030.pdf>
- Ricaurte, B, Delgado, R (2010). Acceso a internet a una red UMTS
- Supertel. (2012). Reporte de Estadísticas de Telefonía Móvil 2012-2012. Recuperado el 2 de Febrero de 2013 <http://www.supertel.gob.ec/pdf/estadisticas/sma.pdf>
- Supertel. (2011). Reseña Histórica de la Supertel. Recuperado el 2 de Febrero de 2013 [http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=74:rese%C3%B1a-hist%C3%B3rica-de-la-superintendencia-de-telecomunicaciones&Itemid=109](http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_k2&view=item&id=74:rese%C3%B1a-hist%C3%B3rica-de-la-superintendencia-de-telecomunicaciones&Itemid=109)
- Telecomhall. (2013). Representación de la Variación usando TE TM, Indicador de niveles Ec/No. Recuperado el 1 de Junio de 2013 <http://www.telecomhall.com/es/que-es-tilt-electrico-y-mecanico-de-la->

antena-y-como-lo-usa.aspx <http://www.telecomhall.com/es/que-es-ecio-y-ebno.aspx>.

Umtsforum (2013). UMTS. Recuperado el 25 de Mayo de 2013

[http://www.umtsforum.net/mostrar\\_articulos.asp?u\\_action=display&u\\_log=15](http://www.umtsforum.net/mostrar_articulos.asp?u_action=display&u_log=15)

Vieitez, F. (2013). GSM. Recuperado el 25 de Mayo de 2013

[http://www.geocities.ws/franciscovieitez/redes/trabajo1/gsm\\_1.html](http://www.geocities.ws/franciscovieitez/redes/trabajo1/gsm_1.html)

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Flexi WCDMA (Nokia Siemens Network)

Las telecomunicaciones del NSN parte la estación base de Flexi WCDMA BTS de los productos de la telecomunicación



Datos del producto:

Lugar de origen: Finlandia

Nombre de la marca: NSN

Certificación: Rohs,CE,ISO9000,3C

Número de modelo: WCDMA

Pago y Envío Términos:

Cantidad de orden mínima: 1 pc

Precio: Please contact us

Detalles de empaquetado: El embalar de /Standard del cartón

Tiempo de entrega: 1-5 días después del pago confirmado

Condiciones de pago: T / T o Western Union

## Características Técnicas

Propiedad	temperarure	Humedad, % telative
transporte	-40°C - +70°C	El 95% máximo
Almacenamiento	-33°C - +40°C	15-100%
Alto límite de temperatura del aire ambiente	+55°C en sombra con garantizado funcionamiento mínimo de 3GPP especificación +50°C en sombra con garantizado funcionamiento +50°C en luz del sol directa con garantizado funcionamiento mínimo de la especificación 3GPP +45°C en luz del sol directa con funcionamiento guatanteed	15-100%

## Huawei's WCDMA outdoor Base Station WCDMA NodeB BTS3802CV100R003

Number: PAL-WN-2005-001-GlobalDate: 07/22,2005Subject: Huawei's WCDMA outdoor Base Station WCDMA NodeB BTS3802CV100R003 is generally available now

### Introduction

BTS3802C is a type of 2-carrier mini NodeB developed by Huawei according to the 3GPP R4 FDD protocols. BTS3802C is characterized by small size, large capacity, flexible addressing, easy installation, little cost, and so on.

### Key Features and Benefits

Features	Benefits
small size, large capacity, flexible addressing, easy installation, little cost	Suitable for the following areas: Medium/Low traffic areas, Blind spots, Hot spots and Areas where an equipment room cannot be constructed
Multiple configuration modes	Flexibly selects configuration mode according to the actual conditions of coverage and traffic
Transmit diversity mode and Multiple receive diversity modes	The downlink gain is increased, the uplink demodulation performance and uplink receiver sensitivity are both improved
Three transmission modes: E1 transmission, T1 transmission and STM-1 transmission, Co-transport of 2G and 3G equipment for mobile communication	Flexibly selects transmission mode according to actual conditions of the transmission resource
Multiple network topologies supported: Chain/Star/Tree/Ring/Hybrid and so on	Flexible and multiple types of networking
Large transmit power and high receiver sensitivity	Wide coverage

## Key Specifications

Working frequency: Uplink: 1920~1980MHz/Downlink: 2110~2170MHz

The transmit power per carrier at the Tx antenna connector (at the top of the BTS3802C cabinet) is over 5W or 10w or 20w according to the configuration of the different amplifier. The 2-way transmit diversity mode is also supported.

The 1-way receiver sensitivity is better than -125 dBm, Multiple receive diversity modes are supported, including 2-way receive diversity and RAKE multi-path receive diversity, the uplink receiver sensitivity is increased 2.5~3dB. The maximum search capability is 180 km.

A single BTS3802C can support up to 2 cells, 64 equivalent voice channels of 12.2 Kbit/s

Supports Circuit Switched (CS) domain services and Packet Switched (PS) domain services of various rates, as well as the combination of PS domain services and CS domain services

Wide operating temperature range. BTS3802C can work normally under the temperature  $-20^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$  (ambient temperature)

Wide operating voltage range. BTS3802C can work normally under the voltage 150 VAC~300 VAC

Good lightning protection. BTS3802C is equipped with a built-in lightning protection board and an external power supply lightning protection box

### Availability and Service

[ HUAWEI WCDMA NodeB BTS3802CV100R003 ] becomes generally available from 06/21, 2005. The monthly supply capability is 600 carriers. This product is to be used for customers all over the world.

## Anexo 2

# Product Specifications



### IBX-3319DS-VM

DualPol® Antenna, 800–960 MHz, 33° horizontal beamwidth, RET compatible variable electrical tilt



- Narrow horizontal beamwidth ideal for corridor coverage or six sector solutions
- Azimuth sidelobe suppression greater than 18 dB
- Field adjustable electrical tilt
- Fully compatible with Andrew Teletilt® remote control system

## CHARACTERISTICS

### General Specifications

Antenna Type	DualPol®
Brand	DualPol®   Teletilt®
Operating Frequency Band	800 – 960 MHz

### Electrical Specifications

Frequency Band, MHz	800–850	870–960
Beamwidth, Horizontal, degrees	33	33
Gain, dBi	17.2	18.4
Gain, dB	19.3	20.5
Beamwidth, vertical, degrees	7.5	7.1
Beam Tilt, degrees	0–8	0–8
Upper Sidelobe Suppression (USLS), typical, dB	17	17
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	30	33
Isolation, dB	30	30
VSWR   Return Loss, dB	1.4:1   15.0	1.4:1   15.0
Intermodulation Products, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-150	-150
Input Power, maximum, watts	300	300
Polarisation	±45°	±45°
Impedance, ohms	50	50
Lightning Protection	dc Ground	dc Ground