



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

## **UNIDAD DE POSGRADO**

### **MAESTRÍA EN CONECTIVIDAD Y REDES DE ORDENADORES**

Tesis previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Conectividad y Redes de Ordenadores

#### **TEMA:**

**"CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA SUBSISTEMAS DE ESTACIONES BASE EN ENTORNOS GSM PARA LA CNT EP LOS RIOS". AÑO 2015.**

#### **AUTOR:**

**ING. CRISTHIAN AUGUSTO SOLORZANO MORENO**

#### **TUTOR:**

**ING. BYRON OVIEDO BAYAS, MSC**

**QUEVEDO - ECUADOR**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**

**UNIDAD DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CONECTIVIDAD Y REDES DE ORDENADORES**

Tesis previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Conectividad y Redes de Ordenadores

**TEMA:**

**"CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA SUBSISTEMAS DE ESTACIONES BASE EN ENTORNOS GSM PARA LA CNT EP LOS RIOS". AÑO 2015.**

**AUTOR:**

ING. CRISTHIAN AUGUSTO SOLORZANO MORENO

**TUTOR:**

ING. BYRON OVIEDO BAYAS, MSC

**QUEVEDO - ECUADOR**

**2015**

## **CERTIFICACIÓN**

**Ing. Byron Oviedo Bayas, MSC.**, Docente Tutor de Tesis, previo a la obtención del Título Académico de Magíster en Conectividad y Redes de Ordenadores

### **C E R T I F I C A**

Que el Ing. Cristhian Augusto Solórzano Moreno, ha cumplido con la elaboración de la Tesis titulada: **"CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA SUBSISTEMAS DE ESTACIONES BASE EN ENTORNOS GSM PARA LA CNT EP LOS RIOS". AÑO 2015."**

El mismo que está apto para la presentación y sustentación respectiva.

**Ing. Byron Oviedo Bayas, MSC.**  
**DOCENTE- ASESOR**

## **AUTORÍA**

Los criterios, ideas, comentarios, conclusiones y recomendaciones son de mi autoría, excepto aquellos referentes que se encuentran debidamente citados.

Asumo la responsabilidad por el contenido de esta investigación

Ing. Cristhian Augusto Solórzano Moreno

Autor

## **DEDICATORIA**

A Dios, mis Padres, mi hermano y toda mi familia que de cerca y de lejos me han apoyado en todo momento... A todos ellos dedico este, el fruto de sus esfuerzos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco especialmente la ayuda de Dios y de todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

Agradezco a Dios, a mis padres y a toda mi familia porque son los seres que más quiero y sé que se alegraran con la culminación de este trabajo.

Agradezco a todos las personas que de manera desinteresada me brindaron su apoyo moral e intelectual para alcanzar la culminación de este trabajo

Cristhian.

## PRÓLOGO

Este trabajo surge a raíz del análisis realizado sobre la necesidad que tiene la empresa pública CNT EP de la Provincia de Los Ríos para poder aprovechar sus recursos en la expansión de sus servicios móviles, los cuales están en amplio crecimiento dentro de su propuesta comercial.

La CNT EP en su plan de desarrollo móvil está en la búsqueda diaria de la optimización de sus recursos, debido a la gran competencia que tiene dentro del país con otras empresas multinacionales que brinda telefonía móvil como Claro y Movistar, para lo cual este trabajo es de gran importancia.

Por lo anterior expuesto el autor del trabajo investigativo que tiene como nombre **"CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA SUBSISTEMAS DE ESTACIONES BASE EN ENTORNOS GSM PARA LA CNT EP LOS RÍOS"** detalla los problemas y limitaciones que se presentan al momento de diseñar subsistemas GSM, lo cual genera poca cobertura móvil y a su vez una baja considerable en las ventas del producto por parte de la CNT EP Los Ríos.

Una vez hecho los estudios técnicos entre varios medios de propagación, los cuales están mencionados en el capítulo 4, el autor generó los respectivos cuadros comparativos y determinó la utilización del modelo COAST 232, el cual genera un mejor servicio móvil, lo cual hará de la CNT EP que su calidad de servicio mejore y por ende la oferta económica aumente.

**Ing. Christian Dennis Balseca Ramirez.  
Analista de Operación y Mantenimiento.  
CNT EP Los Ríos.**

## RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo está orientado para el análisis de las consideraciones necesarias para la optimización de diseño para los subsistemas de estaciones base en los sistemas GSM para la CNT EP Los Ríos, por el alto costo de estas tecnologías es necesario crear métodos o vías de diseño adecuadas que aseguren el funcionamiento óptimo de estas redes y así prever fallas de las mismas cuando estén a plena capacidad.

Se describe la problemática y la situación actual de los diseños del subsistema de estación base, se describen los objetivos, las hipótesis, la justificación y los cambios esperados al realizar el presente proyecto.

Dentro del marco teórico se hace referencia a los subsistema de estación base, el estudio de herramientas fiables para el análisis de la propagación, el dimensionamiento de la red y se propone los pasos a seguir para el mejoramiento del diseño del subsistema de estaciones base.

En la metodología de la Investigación se determina el método a utilizar en el presente proyecto, se analiza las variables dependientes e independientes de la problemática actual.

Se realizara el análisis de algunos modelos de propagación, los cuales nos ayudara mediante sus ventajas y desventajas cuál de ellos es más apropiado para la elaboración del diseño propuesto

Para finalizar se presenta la propuesta alternativa del proyecto en el que se realizaran consideraciones para un diseño de los subsistemas de estaciones base para entornos GSM CNT EP Los Ríos.

## **ABSTRACT**

This work is oriented to the analysis necessary to optimize design for base station subsystems in GSM systems for CNT EP Los Ríos considerations, the high cost of these technologies is necessary to develop methods or means of appropriate design that ensure optimal performance of these networks to provide fault them when they are at full capacity.

The problems and the current situation of designs base station subsystem described, objectives, assumptions, rationale and expected changes to make this project are described.

Within the framework reference to the base station subsystem is the study of reliable tools for the analysis of the spread, the network dimensioning and proposes steps to improve the design of the base station subsystem.

Then the respective legal basis, it is considered that the organic law on telecommunications in force will be described.

The methodology of the research method used in this project, the dependent and independent variables of the current problems is analyzed is determined.

Analysis of propagation models will be made, which will help us with their advantages and disadvantages which one is more suitable for the preparation of the proposed design

Finally the proposed alternative project in which design considerations for a base station subsystem for GSM environments CNT EP Los Ríos will be made is presented.

## INDICE

CERTIFICACIÓN .....	I
AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
PRÓLOGO .....	V
RESUMEN EJECUTIVO .....	VI
ABSTRACT .....	VII
INDICE .....	VIII
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1. Ubicación y Contextualización de la Problemática. ....	5
1.2. Situación actual de la problemática .....	6
1.3. Problema de investigación.....	7
1.4. Delimitación del problema.....	8
1.5. Justificación .....	8
1.6. Cambios esperados con la investigación.....	9
1.7. Objetivos.....	10
1.7.1. Objetivo General.....	10
1.7.2. Objetivos Específicos.....	10
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>11</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
2.1. Fundamentación conceptual de los subsistemas de estaciones bases en entornos GSM .....	12
2.1.1. Global System for Mobile Communications .....	12
2.1.2. Requisitos básicos del sistema y sus directrices. ....	12
2.1.3. Requisitos básicos.....	12
2.1.4. Directrices que han orientado el desarrollo de las especificaciones. ....	13

2.2. Especificaciones básicas del sistema de los subsistemas de estaciones bases en entornos GSM .....	14
2.3. Fundamentación teórica de los subsistemas de estaciones bases entornos GSM .....	20
2.3.1. Arquitectura del sistema GSM. ....	20
2.3.2. Subsistema de estación base (BSS) .....	23
2.3.3. Funcionalidad del Subsistema de Estación Base (BSS). ....	25
2.3.4. Funciones del Controlador de Estación Base (BSC) .....	25
2.3.5. Funciones de la Estación Base. ....	25
2.3.6. Configuraciones de las estaciones bases. ....	26
2.3.7. Topologías de red Subsistema de Estación Base (BSS). ....	27
2.3.8. Estructura física del sistema GSM .....	28
2.4. Consideraciones de diseño en Subsistemas de Estaciones Base para entornos GSM .....	28
2.4.1. Seleccionar los proveedores y tipo de equipamiento. ....	30
2.4.2. Requerimientos y especificaciones. ....	30
2.4.3. Selección del equipamiento .....	31
2.4.4. Características del equipamiento: .....	32
2.5. Fundamentación Legal de la investigación. ....	34
CAPÍTULO III .....	37
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	37
3.1. Método para la investigación .....	38
3.1.1. Método deductivo .....	38
3.1.2. Método analítico .....	38
3.2. Pasos del desarrollo de la Investigación. ....	38
3.3. Construcción metodológica del objeto de Investigación .....	39
3.4. Elaboración del Marco Teórico .....	39
3.5. Recolección de Información Empírica. ....	39
3.6. Descripción de la Información Obtenida. ....	40
3.7. Análisis e Interpretación de Resultados .....	40

3.8. Construcción del Informe de Investigación .....	40
CAPITULO IV: .....	41
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN. ....	41
4. Hipótesis de la investigación.....	42
4.1. Hipótesis General. ....	42
4.2. Matriz de Operacionalización de las variables.....	42
4.3. Ubicación y descripción de la información empírica pertinente a la hipótesis. ....	42
4.4. Discusión de la información obtenida en relación a la naturaleza de la hipótesis. ....	44
4.4.1. Evaluar los modelos de propagación para escoger el más adecuado para el diseño del caso de estudio. ....	44
4.5. Conclusión parcial .....	63
4.6. Comprobación/Desaprobación de la Hipótesis .....	65
CAPITULO V: .....	67
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1. Conclusiones .....	68
5.2. Recomendaciones .....	69
CAPITULO VI .....	70
PROPUESTA ALTERNATIVA.....	70
6.1. Título de la propuesta .....	71
6.2. Justificación .....	71
6.3. Fundamentación .....	72
6.4. Objetivo.....	75
6.4.1. Objetivos específicos.....	75
6.5. Importancia .....	75
6.6. Ubicación sectorial y física.....	75
6.7. Desarrollo de la Propuesta .....	77
6.8. Impacto .....	85
6.9. Evaluación .....	86

Bibliografía.....	87
Anexos .....	90

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de variables.....	42
Tabla 2: Rangos de validez de los modelos.....	75
Tabla 3: Ubicación sectorial y física.....	756

### INDICE DE GRAFICOS

Figura 1 Estructura del sistema GSM.....	20
Figura 2 Topología de cadena.....	27
Figura 3 Topología de anillo.....	27
Figura 4 Topología de estrella.....	28
Figura 6 Curvas del modelo de Okumura para la atenuación media.....	46
Figura 7 Factor de corrección dependiente del entorno para el modelo de Okumura.....	46
Figura 8 Variables consideradas en los modelos Walfisch–Bertoni y Walfisch-Ikegami.....	51
Figura 9 Angulo entre el rayo de la onda incidente y el eje de la calle, en el modelo Walfisch-Ikegami.....	51
Figura 10 Interfaz gráfica para la comparación de los modelos.....	54
Figura 11 Variación de las pérdidas en función de la frecuencia.....	56
Figura 12 Dispersión de los modelos en función de la frecuencia.....	57
Figura 13 Variación de las pérdidas en función de la distancia.....	58
Figura 14 Dispersión de los modelos en función de la distancia.....	59
Figura 17 Mediciones experimentales y ajuste de las muestras por mínimos cuadrado.....	62
Figura 19 Comparación de los modelos con las mediciones experimentales.....	63
Figura 20 Ubicación sectorial.....	76
Figura 21 RBS 2106.....	77

Figura 22 Diagrama de directividad de TNA800A02. ....	78
Figura 23 Imagen de la ubicación de las antenas .....	79

## INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones móviles y el desarrollo de aplicaciones basadas en sistemas de telecomunicaciones inalámbricas se han incrementado considerablemente en los últimos años, provocando una revolución de los sistemas de comunicaciones, provocando un gran impacto en nuevas redes y en las ya existentes, tendiendo a un mejoramiento de la calidad de vida cotidiana de las personas. Es previsible una gran convergencia de las redes de datos, servicios, aplicaciones, etc., las que aplicando estas tecnologías permitan implementar sistemas inalámbricos que converjan en la obtención de una mejora sustancial en diversos ambientes como laborales, personales, industriales, jugando estas redes móviles un rol importante debido a la gran flexibilidad que presentan.

Es necesario en estos nuevos escenarios proyectar redes que den soporte adecuado a las nuevas necesidades, incorporando a las ya existentes, permitiendo una optimización de los sistemas, mejorando sus rendimientos con menores costos.

Los diseños de los enlaces deben permitir obtener resultados lo más cercanos a la realidad. Existen diversas bandas de frecuencia para estas aplicaciones, las que están en el orden de los Gigahertz (Ghz), a estas frecuencias de operación, la propagación de las ondas electromagnéticas se comportan de forma variada, dependiendo ésta de diversos factores, siendo su análisis realizado a través de modelos de propagación que tienen en cuenta los diversos entornos y frecuencias donde se utilizan estas soluciones.

Se debe evaluar el problema de la propagación en una determinada zona, pudiendo utilizarse los varios modelos disponibles, a los que se deberá corroborar mediante mediciones de campo en la zona en cuestión, con el fin de obtener resultados lo más cercanos a la realidad, permitiendo esto mantener un nivel de actualización adecuado al creciente mundo de las comunicaciones móviles.

La señal que reciben los receptores de los sistemas inalámbricos se ve afectada en su camino desde el emisor al receptor por diversos factores tales como:

- Atenuación a espacio libre.
- Obstrucción presente entre el transmisor y el receptor.
- Reflexiones de la señal.
- Refracciones de la señal.
- Multi trayectorias para la señal emitida.
- Características de las antenas utilizadas.
- Potencia de radio frecuencia del emisor.

Una parte fundamental en la planificación de una red inalámbrica consiste en predecir el camino de propagación entre la estación base o repetidor y el terminal móvil como así también la cantidad de la pérdida de señal en ese camino.

Teniendo en cuenta la pérdida de potencia en esa trayectoria se puede determinar si la cantidad de potencia con que llega la señal al receptor es suficiente para establecer un enlace entre el transmisor y el receptor, pudiendo simplemente calificarse al enlace como suficiente o insuficiente. Esto es independiente del tipo de modulación, técnicas de codificación, protocolos, etc., siendo válido para redes analógicas y digitales.

Este trabajo presenta los principales modelos de propagación y sus limitaciones en su implementación y resultados obtenidos. En los procedimientos se determina la pérdida básica de propagación y la medición de la intensidad de campo en un punto determinado que permita realizar ajustes.

Se utilizarán modelos que permitan obtener el perfil mediante herramientas disponibles en Internet, que permiten obtener el perfil (elevaciones) del terreno a utilizar en las predicciones,

Se realizará un análisis de algunos modelos de propagación, los que utilizan un conjunto de diagramas y expresiones matemáticas que permiten representar en forma parcial las características de un enlace de radio en un ambiente determinado, los que son muy utilizados en comunicaciones móviles.

Algunos modelos aplicables a diferentes entornos ambientales son:

- Okumura
- Okumura-Hata
- Okumura-Hata extendido
- Walfish-Bertoni
- Walfish-Ikegami (COST 231)
- Sakagami-Kuboi (SK)

Al final de esta investigación se darán consideraciones para el diseño de subsistemas que ayudara a dar una robustez y rentabilidad a la vez que reducirán los costos.

Esto ayudara a prevenir diseños deficientes por causa de las pérdidas ocurridas por el mal método de propagación o por un mal dimensionamiento del mismo.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1. Ubicación y Contextualización de la Problemática.

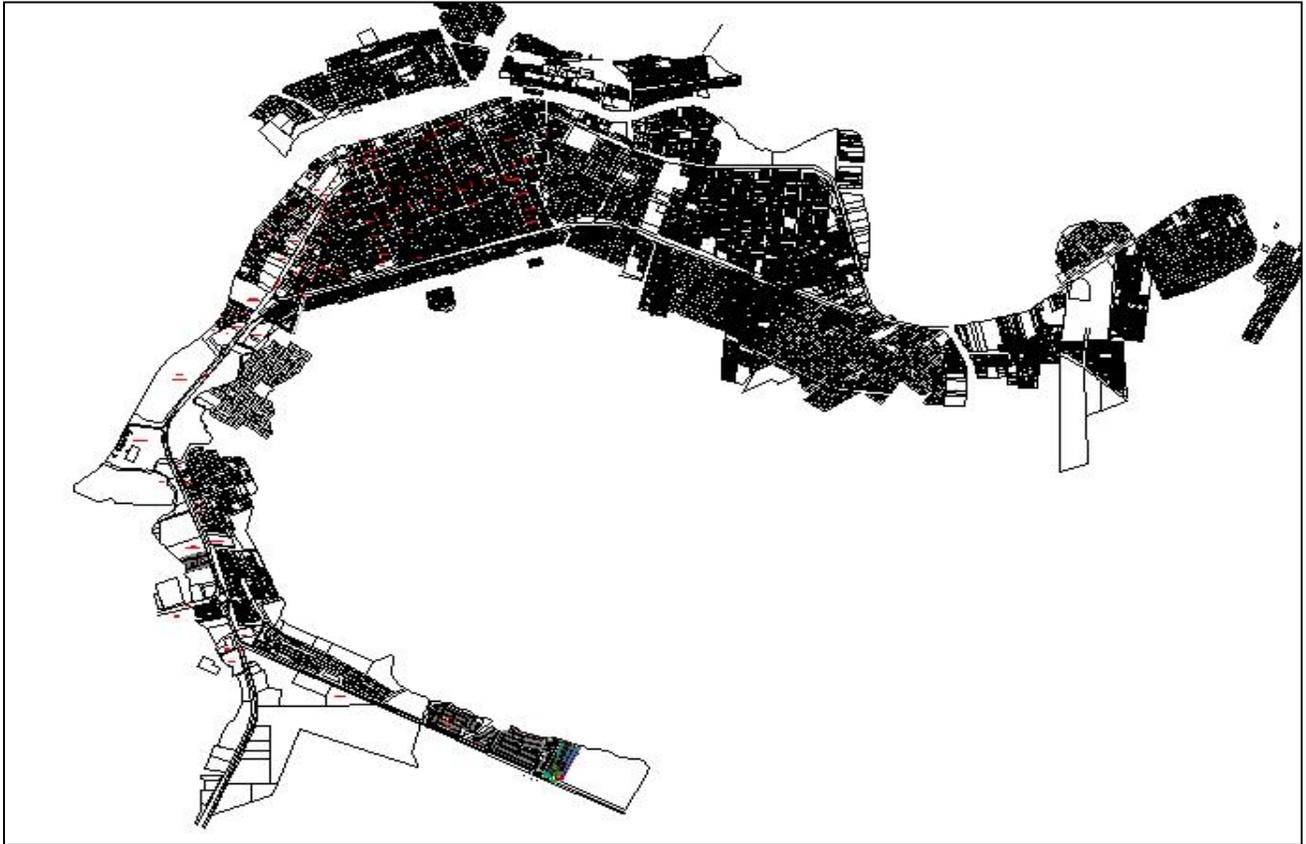
El acelerado crecimiento de abonados de la telefonía celular conllevó a que los operadores locales busquen e implementen un nuevo sistema de telefonía móvil que sea capaz de cubrir un gran número de usuarios debido a la población que ya cuenta con un teléfono celular.

Es por tal motivo la CNT EP Los Ríos decide implementar diseños que le permitan optimizar sus servicios partiendo de los subsistemas para entornos GSM y así poder proporcionar mayor cobertura, calidad de voz, velocidad de conexión, mayor número de abonados y estabilidad del sistema.

La exigencia de la tecnología con lleva a CNT EP Los Ríos a implementar más dispositivos para ofrecer nuevos servicios con mayor capacidad para transferencia de datos, mayor movilidad, mayor calidad de voz, mejor manejo espectral, aumento de capacidad de abonados lo que permite brindar soporte de aplicaciones de voz, datos, video y todos los servicios multimedia.

Este trabajo de investigación se realizara en el nuevo sector urbanístico de la ciudad de Babahoyo se encuentra ubicado en el Km 3 de la Vía Babahoyo – Pueblo Nuevo. Este sector es de clase media alta y está formado por 5 urbanizaciones.

CANTON	LOCALIDAD	SECTOR	COORDENADAS		OBSERVACIONES
BABAHOYO	BABAHOYO	NUEVO BABAHOYO	1° 50'30.45"S	79°31'52.51"O	CDLAS. CIUDAD DEL VALLE, VILLA VERONA, RINCON DE CASTILLA, VALLE VERDE Y BOSQUES DEL VALLE



Por esto CNT EP Los Ríos se plantea la necesidad de realizar la optimización del subsistema de estaciones base, para la implementación en la red bajo GSM.

Esto permitirá establecer los procedimientos necesarios para el análisis y mejoramiento del desempeño de la red una vez puesta en servicio, considerando para ello que se trata de un proceso continuo.

## **1.2. Situación actual de la problemática**

Las redes de telecomunicaciones de hoy en día son cada vez más complejas, porque deben satisfacer una gama de servicios cada vez más amplio, entre los que se encuentran la convergencia de servicios y aplicaciones heterogéneos en la misma red, el soporte para permitir movilidad, o la necesidad de interconexión con otras

redes (posiblemente de distinto tipo como, por ejemplo, red de telefonía fija y red de telefonía móvil).

Diseñar una red es también cada vez más difícil y la forma usual de abordar este problema consiste en dividir la tarea del diseño en subtareas más pequeñas y restringir algunas de las posibilidades de diseño.

Las subtareas resultantes siguen siendo problemas muy complejos (por ejemplo, el diseño de la topología, configuración de los componentes, encaminamiento, localización de funcionalidades y asignación de recursos) que resultan ser, de forma natural, problemas de optimización.

De esta forma, CNT EP Los Ríos a medida que las redes se han vuelto progresivamente más complejas, tiene la necesidad de incorporar técnicas avanzadas de optimización para lo cual se tomara en cuenta los entornos GSM.

### **1.3. Problema de investigación**

¿La forma actual como CNT EP Los Ríos diseña los subsistemas de estaciones bases para entornos GSM, afectan al dimensionamiento de la red y su cobertura?

**P1:** ¿El incremento en la demanda de tráfico CNT EP Los Ríos puede disminuir la calidad de las señales debido a la falta de cobertura que aparece en la red móvil?

**P2:** ¿Los procedimientos para realizar diseños utilizados en CNT EP Los Ríos sobre los entornos GSM brindan un alto porcentaje de fiabilidad?

**P3:** ¿Las técnicas utilizadas en CNT EP Los Ríos han solucionado el problema de la mala asignación de recursos y falta de cobertura de señal en la red móvil?

#### **1.4. Delimitación del problema**

**CAMPO:** Ciencias de la Ingeniería

**ÁREA:** Redes y Telecomunicaciones.

**ASPECTO:** Diseño der subsistemas GSM

**TEMA:**

CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA SUBSISTEMAS DE ESTACIONES BASE EN ENTORNOS GSM PARA LA CNT EP LOS RIOS". AÑO 2015.

**PROBLEMA:**

¿LA FORMA ACTUAL EN QUE SE DISEÑAN LOS SUBSISTEMAS DE ESTACIONES BASES PARA ENTORNOS GSM PARA LA CNT EP LOS RIOS, AFECTAN A LOS DIMENSIONAMIENTOS DE LA RED Y SU COBERTURA?

#### **1.5. Justificación**

Los sistemas de telecomunicaciones se están desarrollando con mayor rapidez, debido a las oportunidades de negocio que para la CNT EP Los Ríos son, sin lugar a dudas, los sistemas de telefonía móvil.

Esto ha hecho que la investigación en el campo del diseño e implementación sea muy intensa con el fin de optimizar los recursos de la CNT EP Los Ríos como empresa proveedora de servicio.

Los problemas de optimización más importantes que aparecen en los sistemas de telefonía móvil de la CNT EP Los Ríos tienen que ver con el propio diseño del

sistema. De esta forma, diseñar una red de este tipo conlleva múltiples tareas de planificación.

Se busca que el sistema sea capaz de soportar una gran carga de usuarios, con muchos de ellos utilizando la red al mismo tiempo. Si sólo hubiera una antena para todos los usuarios, el espacio radioeléctrico disponible se saturaría rápidamente por falta de ancho de banda.

Una vez realizado el diseño esperado por la CNT EP Los Ríos se deberá dotar a las antenas de la electrónica de red necesaria para comunicarse con un sistema central de control y para que puedan encargarse de la gestión del interfaz radio.

Partiendo de un análisis de estos sistemas celulares y debido a las inversiones que se han realizado en el país hacia esta tecnología, la CNT EP considera oportuno realizar un estudio del sistema de telefonía móvil celular (Global System for Mobile Communications).

Se abordara de manera general el procedimiento para la realización del diseño de una red GSM, todos los conceptos a fines y como ha sido el devenir de esta especificación tecnológica en el mundo.

Se brindara un acercamiento al tema desarrollando cronológicamente y detalladamente las etapas de procedimiento que han de realizarse para un diseño óptimo. Para CNT EP Los Ríos se realizara un diseño para un caso de estudio en particular que ilustre la efectividad del procedimiento aquí propuesto.

## **1.6. Cambios esperados con la investigación**

Con este trabajo se espera reducir las zonas muertas o sin cobertura móvil con que cuenta la CNT EP Los Ríos en entornos GSM desde un análisis a varios métodos de

propagación móviles, lo cual se mejorara ostensiblemente con la optimización de diseños que permitirán la reducción de recursos en la implementación de subsistemas de estaciones bases.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Determinar el método de Propagación más indicado que permita realizar un diseño que reduzca las zonas muertas en la cobertura móvil de la CNT EP Los Ríos

### **1.7.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar un análisis crítico sobre el estado actual de las técnicas que se aplican en las redes de telecomunicación móviles para los diseños subsistemas de estaciones base en GSM.
- Desarrollar un modelo de diseño para entornos GSM que permita realizar una mejor distribución de sus coberturas en la red móvil y de esta forma aprovechar de mejor manera la calidad de las señales.
- Elaborar un diseño mediante un caso de estudio que ilustre la efectividad del modelo de propagación más adecuado al procedimiento propuesto.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1. Fundamentación conceptual de los subsistemas de estaciones bases en entornos GSM**

### **2.1.1. Global System for Mobile Communications**

GSM es un sistema de conmutación de circuitos que divide cada canal de 200KHz en ocho 25kHz intervalos de tiempo. GSM opera en las bandas de 900MHz y 1.8GHz en Europa y las bandas de 1,9GHz y 850MHz en la EE.UU. (Fundación Wikimedia, Inc., 2013)

La banda de 850MHz también se utiliza para GSM y 3GSM en Australia , Canadá y muchos países de América del Sur, lo que permite la transmisión de servicios de datos básicos, tales como SMS (Short Message Service) (Rios, 2013).

Otra ventaja importante es su capacidad de roaming internacional, permitiendo a los usuarios acceder a los mismos servicios cuando viaja al extranjero como en casa. Esto les da a los consumidores la conectividad sin fisuras y número misma en más de 210 países. (VALDERRAMA, 2011)

### **2.1.2. Requisitos básicos del sistema y sus directrices.**

Este sistema surgido en Europa tenía como objetivo ser capaz de dar servicio a un gran número de abonados con cobertura internacional y ser muy flexible en cuanto a los terminales; estando abierto a la interacción con las futuras redes avanzadas de telecomunicaciones.

### **2.1.3. Requisitos básicos.**

Algunos requisitos básicos definidos por el GSM para este nuevo sistema fueron (Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), 2013):

- Itinerancia internacional.
- Tecnología digital.
- Gran capacidad de tráfico.
- Utilización eficiente del espectro radioeléctrico.
- Sistema de señalización digital.
- Servicios básicos de voz y datos.
- Amplia variedad de servicios telemáticos.
- Posibilidad de conexión con la ISDN.
- Seguridad y privacidad en la interfaz radio, con protección de la identidad de los usuarios y encriptación de sus transmisiones.
- Utilización de teléfonos portátiles.
- Calidades altas de cobertura, tráfico y señal recibida.

#### **2.1.4. Directrices que han orientado el desarrollo de las especificaciones.**

Cuando comenzaron los estudios para la creación de este sistema todo se centró para realizar una banda de frecuencias común y el desarrollo de especificaciones armonizadas para los interfaces entre unidades funcionales básicas del sistema en el futuro. A continuación se muestran las directrices que guiaron el desarrollo de las diferentes especificaciones. (Córdoba, 2012) (Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), 2013)

- Utilización de una banda común, reservada al GSM en todos los países participantes.
- Estructura celular digital.
- Sistema de acceso múltiple TDMA (Time Division Múltiple Access) de banda estrecha.
- Algoritmo de codificación de fuente de pequeña velocidad de bits.
- Arquitectura OSI (Open System Interconnection).
- Señalización avanzada (CCITT núm. 7).

## **2.2. Especificaciones básicas del sistema de los subsistemas de estaciones bases en entornos GSM**

Dentro de las especificaciones básicas del sistema se tomaran en cuenta lo siguiente (Jiménez, 2013):

### **1. Bandas de frecuencias**

#### 1.1. Banda de 900 MHz

- Transmisión estación móvil 890-915 MHz
- Transmisión estación base 935-960 MHz

#### 1.2. Banda de 1800 MHz

### 2.

- Transmisión estación móvil 1.710-1.785 MHz
- Transmisión estación base 1.805-1.880 MHz

## **2. Separación dúplex**

Banda de 900 MHz 45 MHz

Banda de 1.800 MHz 95 MHz

## **3. Separación de canales**

200 KHz, que suministra un mínimo valor de selectividad de canal RF adyacente dentro del sistema igual a 18 dB. Los valores correspondientes a los segundos y terceros canales son, respectivamente, 50 dB y 58 dB como mínimo. (tenerife.es, s.f.)

#### **4. Modulaci3n**

La modulaci3n es GMSK con  $BbT=0,3$  y velocidad de modulaci3n 270,83 Kb/s en RF, con un rendimiento espectral aproximado de 1 bit/s/Hz (tenerife.es, s.f.)

#### **5. Clase de emisi3n**

271 K F 7 W (tenerife.es, s.f.)

#### **6. Relaci3n de protecci3n**

La relaci3n de protecci3n co-canal es  $R_p=9$  dB (tenerife.es, s.f.)

#### **7. Retardo compensable m3ximo**

223  $\mu$ s (tenerife.es, s.f.)

#### **8. Dispersi3n Doppler**

Puede compensarse esta dispersi3n del canal hasta velocidades del tel3fono m3vil de 200 km/h (Mateu, 2011) (tenerife.es, s.f.)

#### **9. PIRE m3xima de la estaci3n base**

500 W por portadora

#### **10. Dispersi3n temporal**

Puede ecualizarse una dispersi3n temporal de 16  $\mu$ s como m3ximo

## **11. Codificación de canal**

Para la codificación del canal se utiliza un código de bloque detector y un código de corrector de errores, con entrelazado de bits para combatir los errores (Mateu, 2011). (tenerife.es, s.f.)

## **12. Potencia nominal de las estaciones móviles**

Hay diversos tipos de estaciones, con potencias máximas de 2, 5, 8 y 20 W (tenerife.es, s.f.)

## **13. Estructura celular y reutilización**

La estructura celular es sectorizada, de tipo 3/9 ó 4/12 en medios urbanos. Por otro lado en medios rurales las células son omnidireccionales. El radio celular varía entre un máximo de 35 Km (zonas rurales) y unos 0,5 Km (zonas urbanas) (Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), 2013) (tenerife.es, s.f.)

## **14. Acceso múltiple**

Se utiliza el acceso múltiple por división de tiempo TDMA con 8 intervalos de tiempo por cada trama. El tiempo de duración de cada intervalo es de 0,577 ms. Estas tramas comprenden cada una 8 canales físicos, los mismos que transportan los canales lógicos de tráfico y señalización. Se han establecido también estructuras de multi-trama para señalización por canal común. (Jiménez, 2013) (tenerife.es, s.f.)

## **15. Canales de tráfico**

Hay dos clases de canales de tráfico para voz y datos:

a) Canal de tráfico para voz.- Se han definido canales de velocidad total y de velocidad mitad, para los cuales el codec vocal proporciona señales de 13 kbit/s y 6,5 kbit/s, respectivamente (Córdoba, 2012). (tenerife.es, s.f.)

b) Canal de tráfico para datos.- Se sustentan servicios de datos de tipo transparente a velocidades de 2,4; 4,8 y 9,6 kbit/s con diferentes procedimientos de adaptación de velocidad, codificación de canal y entrelazado (Universidad de las Américas Puebla (UDLAP), 2013). (tenerife.es, s.f.)

## **16. Canales de control**

Se han establecido tres categorías de canales de control: (tenerife.es, s.f.)

- Difusión
- Comunes
- Dedicados

## **17. Facilidades radio**

Las potencias de transmisión del móvil y de la base se regulan mediante algoritmos de control de potencia, de forma que sus valores son lo estrictamente necesarios para asegurar una determinada calidad de conexión. Ello conlleva una reducción de la interferencia y del riesgo de uso de los equipos. (Rios, 2013)

Bajo mandato de la red, los dispositivos móviles pueden realizar sus transmisiones cambiando de una frecuencia a otra. Este proceso se conoce como saltos de frecuencia FH (Frequency Hoping). (tenerife.es, s.f.)

Se consigue así mejorar la calidad ya que la Frequency Hoping produce un efecto similar al de diversidad de frecuencia y, además, reduce el número de fuentes de interferencia (Laverde, 2012). (tenerife.es, s.f.)

Suele también utilizarse la técnica de transmisión discontinua (DTX) en virtud de que solo hay emisión de señal RF cuando el usuario está hablando.

De esta manera se disminuye el nivel de interferencia y se prolonga la duración de la batería. (tenerife.es, s.f.)

También es posible la recepción discontinua (DRX) gracias a la cual el receptor móvil puede alternar períodos de reposo y escucha, lo que también aumenta la duración de la batería.

## **18. Reselección de célula**

En situaciones de reposo el móvil está vinculado a una célula, de forma que pueda interpretar con gran fiabilidad las señales de control del enlace descendente y, asimismo con gran probabilidad, establecer una comunicación por el enlace ascendente.

La condición necesaria para efectuar la re-selección de célula se basa en los criterios de pérdida de propagación. Si se propasa un umbral de pérdida, o si el móvil es incapaz de decodificar los bloques de control o de efectuar el acceso a la estación base, inicia el proceso de Reselección. (Rios, 2013) (tenerife.es, s.f.)

## **19. Localización automática**

Este tipo de localización se realiza mediante la evaluación por parte del dispositivo móvil, en lo referente a la señal de control y a la devolución de su identidad a la red.

La localización automática debe ser posible entre los centros de conmutación del servicio móvil (MSC) de cada país y entre países. (Rios, 2013) (tenerife.es, s.f.)

## **20. Traspaso**

El traspaso permite asegurar la continuidad de una comunicación cuando el móvil pasa de la zona de cobertura de una célula a la de otra. Puede también emplearse para aliviar una congestión de tráfico (traspaso gobernado por la red). El traspaso puede hacerse entre un canal de una célula y otro de una adyacente o entre canales de la misma célula. (tenerife.es, s.f.)

La estrategia de traspaso se basa en el control del enlace mediante mediciones efectuadas por las estaciones móviles y base; donde el móvil supervisa el nivel y la calidad de la señal descendente enviada por la estación base que le atiende, así como también de las células vecinas. La estación base supervisa el nivel y calidad de la señal ascendente para cada móvil. (tenerife.es, s.f.)

Las mediciones de nivel se utilizan también para el control de la potencia de RF. Es posible el traspaso entre diferentes zonas de localización y centros de conmutación MSC pertenecientes a la misma PLMN (Rios, 2013). (tenerife.es, s.f.)

## **21. Señalización**

La señalización entre las estaciones base y los MSC sigue un procedimiento estructurado, similar al de la ISDN (Red digital de servicios integrados). Entre los MSC se utiliza el Sistema de Señalización número 7 del UIT-T (Rios, 2013). (tenerife.es, s.f.)

## **22. Numeración**

El plan de numeración es conforme con las Recomendaciones de la Serie E del UIT-T (Rios, 2013). (tenerife.es, s.f.)

## 23. Seguridad

Para brindar seguridad se ha establecido una técnica de cifrado para las comunicaciones de voz y datos, así como un complejo sistema de autenticación para el acceso al sistema por parte de los terminales (Rios, 2013). (tenerife.es, s.f.)

### 2.3. Fundamentación teórica de los subsistemas de estaciones bases entornos GSM

#### 2.3.1. Arquitectura del sistema GSM.

El sistema GSM posee una estructura normalizada basada en entidades funcionales e interfaces. Las primeras son entidades que tienen a su cargo la ejecución de las funciones del sistema. El conjunto organizado de estos elementos constituye la arquitectura funcional de GSM (Rios, 2013).

Lo que se define en el estándar GSM son las interfaces entre las entidades funcionales para que en la red pueda darse la existencia de distintos fabricantes.

El sistema GSM está estructurado de la siguiente forma:

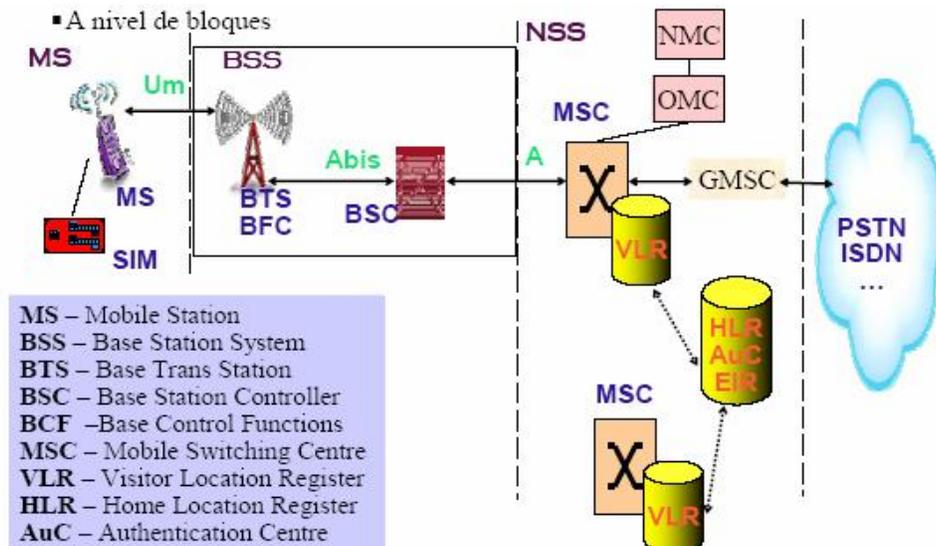


Figura 1 Estructura del sistema GSM

En esta figura se distinguen tres grandes bloques, compuesto cada uno de ellos por una serie de entidades funcionales:

- El subsistema de estaciones base BSS (Base Station Subsystem)
  - Las funciones de control BCF (Base Station Control Functions) y los equipos (TRX) que constituyen la unidad funcional BTS (Base Station Transceivers)
  - El controlador de estación base BSC (Base Station Controller)
  
- El subsistema de conmutación y red NSS (Network Switching Subsystem)
  - Los centros de conmutación de servicios móviles MSC (Mobile Switching Center) con sus registros de visitantes VLR (Visitors Location Register)
  - El MSC de pasarela GMSC (Gateway MSC), a través del cual se efectúa la conexión de la PLMN/GSM con las redes públicas externas: PSTN, ISDN, PLMN.
  - El Registro general de abonados HLR (Home Location Register)
  - El Registro de identidad de equipos EIR (Equipment Identity Register)
  - El Centro de autenticación AuC (Authentication Center)
  - El Centro de operación y mantenimiento OMC (Operation and Maintenance Center)
  - El Centro de gestión de red NMC (Network Management Center)
  
- El conjunto de estaciones móviles MS (Mobile Stations)

Entre estos subsistemas funcionales, se han definido las dos interfaces básicas:

- Interfaz de línea, denominada "A" entre el NSS y el BSS
- Interfaz aérea o interfaz radio, denominada "Um" entre el BSS y el conjunto de MS

La partición funcional más importante tiene lugar en la interfaz A donde se separan las funciones relativas a los aspectos de red y conmutación (asociadas al MSC, VLR y HLR) y las relacionadas con los aspectos radioeléctricos, ejecutadas en el BSS. La interfaz radio Um, la interfaz A y el interfaz A-bis se han definido utilizando un modelo de tres capas (Socorro, 2011) (icim, s.f.):

- Capa 1 (capa física)
- Capa 2 (enlace de datos)
- Capa 3

### **La capa 1**

Coincide con la capa inferior del modelo OSI, y soporta todas las funciones necesarias para la transmisión de una secuencia de bits sobre un canal establecido en un medio físico de transmisión. (icim, s.f.)

### **La capa 2**

Es la capa de enlace de datos, y tiene como misión permitir el intercambio de tramas de información entre dos entidades conectadas a través de un medio físico. (icim, s.f.)

### **La capa 3**

En realidad comprende las capas 3 a 7 del modelo OSI, llegando por lo tanto hasta definir la naturaleza de la comunicación requerida para satisfacer las necesidades de los usuarios de la comunicación. (icim, s.f.)

Para definir totalmente la interconexión del sistema, además de esa estructura de capas es necesario también utilizar funciones de gestión del sistema. Éstas pueden incluir funciones que son comunes a varias capas. (icim, s.f.)

### **2.3.2. Subsistema de estación base (BSS)**

El BSS agrupa la maquinaria de infraestructura específica a los aspectos celulares de GSM. El BSS está en contacto directo con las estaciones móviles a través de la interfaz de radio. Por lo tanto, incluye las máquinas encargadas de la transmisión y recepción de radio, y de su gestión. Por otro lado, el BSS está en contacto con los conmutadores del NSS. La misión del BSS se puede resumir en conectar la estación móvil y el NSS, y por lo tanto, conecta al usuario del móvil con otros usuarios. El BSS tiene que ser controlado, y por tanto debe estar en contacto con el OSS (Córdoba, 2012). (icim, EvolucionTelefoniaCel, s.f.). (maigualidamarin, s.f.)

De acuerdo con la estructura canónica de GSM, el BSS incluye dos tipos de máquinas: el BTS ("Base Transceiver Station" ó Transceptor de la Estación Base), en contacto con las estaciones móviles a través de la interfaz de radio y el BSC ("Base Station Controller" ó Controlador de la Estación Base), en contacto con los conmutadores del NSS (Córdoba, 2012). (icim, EvolucionTelefoniaCel, s.f.) (maigualidamarin, s.f.) (gmspain, s.f.)

Un BTS lleva los dispositivos de transmisión y recepción por radio, incluyendo las antenas, y también todo el procesado de señales específico a la interfaz de radio, y que se verá con posterioridad. Las BTS se pueden considerar como complejos módems de radio, con otras pequeñas funciones. Las antenas tienen generalmente unas pocas decenas de metros, y los armarios se conectan a ellas por unos cables de conexión (Cruz., 2012). (maigualidamarin, s.f.) (gmspain, s.f.)

Un BTS de este tipo era capaz de mantener simultáneamente 3 ó 5 portadoras de radio, permitiendo entre 20 y 40 comunicaciones simultáneas. Actualmente el

volumen de los BTS se ha reducido mucho, esperándose un gran avance en este campo dentro de GSM (Leivic, 2011). (maigualidamarin, s.f.) (gsmSpain, s.f.)

Un componente importante del BSS, que está considerado en la arquitectura canónica de GSM como que forma parte del BTS, es la TRAU (Unidad Transcoder y Adaptadora de Velocidad). (ceres, s.f.) (gsmSpain, s.f.)

La TRAU es el equipo en el cual se lleva a cabo la codificación y decodificación de la voz (fuente), así como la adaptación de velocidades en el caso de los datos.

El segundo componente del BSS es el BSC. Está encargado de toda la gestión de la interfaz de radio a través de comandos remotos sobre el BTS y la MS, principalmente, la gestión de la localización de los canales de tráfico y de la gestión del "handover" (GSM, 2010). (ceres, s.f.)

El BSC está conectado por un lado a varios BTS y por otro al NSS (más específicamente a un MSC). (gsmSpain, s.f.)

Un BSC es en definitiva un pequeño conmutador con una gran capacidad de cómputo. Sus funciones principales, como ya hemos dicho son la gestión de los canales de radio y de los handovers (GSM, 2010). (icim, EvolucionTelefoniaCel, s.f.) (ceres, s.f.) (gsmSpain, s.f.)

Un BSC típico consiste en uno o dos armarios, y puede gestionar hasta algunas decenas de BTS, dependiendo de su capacidad de tráfico. (icim, EvolucionTelefoniaCel, s.f.) (ceres, s.f.) (gsmSpain, s.f.)

El concepto de la interfaz entre el BSC y el MSC (NSS) se le conoce como interfaz A, y se introdujo al principio de la elaboración del Estándar GSM. Solamente después se decidió estandarizar también la interfaz entre el BTS y el BSC, y se le llamó

interfaz Abis, sin tener nada que ver con la interfaz A (Masabanda., 2014). (ceres, s.f.) (maigualidamarin, s.f.) (gsmSpain, s.f.)

### **2.3.3. Funcionalidad del Subsistema de Estación Base (BSS).**

Dentro de la funcionalidad del subsistema de Estación Base (BSS) se detallaran las Funciones del Controlador de Estación Base (BSC) y las funciones de la estación base como tal (Masabanda., 2014).

### **2.3.4. Funciones del Controlador de Estación Base (BSC)**

- Gestión de canales en el enlace BSC-MSC (controlador de estación base- Centro de conmutación de servicios móviles).
- Gestión de canales de radio
- Configuración de los canales radio (recibe del Centro de operación y mantenimiento).
- Gestión de secuencias de salto de frecuencia (Controlador de estación base, Centro de operación y mantenimiento) estas secuencias son enviadas por el controlador de estación base hacia la estación base.
- Selección de canal, supervisión del enlace y liberación de canal. (icim, TecnologiaWireless, s.f.)
- Control de potencia en el móvil. Determinación del nivel de potencia necesario en el móvil Control de potencia en el subsistema de estación base.
- Determinación de la necesidad de realizar cambio de canal.

### **2.3.5. Funciones de la Estación Base**

- Supervisión de canales libres y envío de información de estos hacia la controlador de estación base.

- Temporización de bloques BCCH/CCCH (Broadcast Control Channel/Common Control Channel).
- Detección de accesos al sistema por parte de los móviles.
- Codificación y entrelazado para protección de errores. (icim, TecnologiaWireless, s.f.)
- Determinación del avance de temporización que hay que utilizar para una comunicación con el móvil. (icim, TecnologiaWireless, s.f.)
- Medidas de intensidad de campo y calidad de las señales recibidas de los móviles. (icim, TecnologiaWireless, s.f.)
- Recepción de medidas enviadas por los móviles sobre condiciones de intensidad y calidad. (icim, TecnologiaWireless, s.f.)
- Opcionalmente la estación base puede realizar un pre-procesamiento. (icim, TecnologiaWireless, s.f.)
- Construcción de los mensajes de aviso a partir de la información recibida desde el controlador de estación base. (icim, TecnologiaWireless, s.f.)
- Detección de acceso por traspaso de un móvil y comprobación de la identificación de referencia de este traspaso de acuerdo con la información recibida desde el controlador de estación base. (icim, TecnologiaWireless, s.f.)

La configuración de las estaciones bases es un aspecto muy importante en la compra del equipamiento para poder lograr el mismo desempeño previsto por la red diseñada. Con la misma se interpretan las características que brinda el equipamiento al sitio celular con respeto al tráfico y tipo de propagación (sectorizada u omnidireccional).

### **2.3.6. Configuraciones de las estaciones bases.**

La configuración de las estaciones bases es un aspecto muy importante en la compra del equipamiento para poder lograr el mismo desempeño previsto por la red diseñada. Con la misma se interpretan las características que brinda el equipamiento

al sitio celular con respecto al tráfico y tipo de propagación (sectorizada u omnidireccional) (Jiménez, 2013).

### 2.3.7. Topologías de red Subsistema de Estación Base (BSS).

**Cadena (Chain):** Como ventaja de implementar. Como desventaja el fallo de un solo enlace puede provocar el aislamiento de varias estaciones base (BTS).



Figura 2 Topología de cadena.

**Anillo (Ring):** La redundancia brinda alguna protección si falla un enlace. Es más difícil para implementar y extender porque el anillo debe cerrarse.

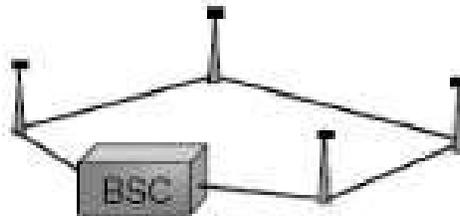


Figura 3 Topología de anillo.

**Estrella (Star):** Es la configuración más utilizada para los primeros sistemas GSM. Es costosa porque cada estación base tiene su propio enlace. Un fallo de enlace siempre resulta en la pérdida de una estación base.

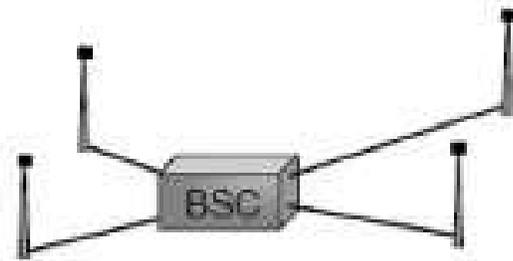


Figura 4 Topología de estrella.

### **2.3.8. Estructura física del sistema GSM**

En la actualidad existen un gran número de fabricantes, de ellos hemos seleccionados a dos que aunque diferentes marcas son muy parecidos, estos son: Motorola y Ericsson (Cruz., 2012).

### **2.4. Consideraciones de diseño en Subsistemas de Estaciones Base para entornos GSM**

Para diseñar un subsistema de estación base se debe tener en cuenta la incidencia del mismo en el diseño del sistema GSM (Global System for Mobile Communication), pues es aquí donde se determina la calidad de la señal que recibirán los móviles o la central (GSM, 2010).

Para realizar el diseño del mismo es recomendable hacerlo siguiendo un procedimiento en el cual se tomen en cuenta los procesos más importantes para que su implementación funcione adecuadamente.

Las etapas a seguir en el proceso de diseño de un Subsistema de Estación Base (BSS) del sistema GSM y que más adelante explicaremos a detalle son (GSM, 2010):

- Seleccionar los proveedores y tipo de equipamiento.
- Realizar el conteo de los sitios y controladores de Estación Base (BSC) realizando posteriormente un pre diseño.
- Pruebas de onda continua (CW Tests).
- Ajuste con el modelo de propagación mediante herramientas diseñadas para el mismo según la morfología del terreno (rural, urbano, suburbano).
- Rediseñar la red según las pruebas de diseño realizadas en las primeras etapas.
- Cuando el diseño esté listo, se realiza la entrega la ubicación de las células propuestas a los especialistas de adquisición.
- Realizar un paseo por sitio, donde los ingenieros civiles, de radiofrecuencia y de telecomunicaciones se reúnen para detallar el diseño del plan del sitio.
- Realizar el plan de frecuencias.
- Etapa de construcción y supervisión.
- Al completar la etapa de construcción, se realizarán barridos de frecuencias para detectar problemas con los coaxiales y antenas.
- Predicción de interferencia en la cobertura.
- Optimización del tráfico existente.

Después de haber enunciado cada una de las etapas para el diseño de esta red se realizará un análisis más detallado de cada una de ellas, exponiéndose en algunos casos algunos ejemplos para su más fácil comprensión (Socorro, 2011).

#### **2.4.1. Seleccionar los proveedores y tipo de equipamiento.**

En la selección de los proveedores, para la adquisición del equipamiento que formará parte del diseño, se deberán tener en cuenta una serie de especificaciones y requerimientos del sistema, para realizar la selección adecuada del sistema que garantice un buen funcionamiento. Esta selección determina la capacidad operacional de nuestro diseño que utiliza como canal de comunicación el espectro de radiofrecuencia (Jiménez, 2013).

#### **2.4.2. Requerimientos y especificaciones.**

Para realizar un informe basado en especificaciones y requerimientos se necesitan tener en cuenta los siguientes elementos en el sistema:

**BER:** Se debe asegurar que la señal llegue con potencia suficiente pero cuando esto sucede, el entorno de radiofrecuencia puede distorsionar la señal y por lo tanto, se produce un error en la transmisión, se ha tomado como valor aceptable en la modulación GSMK de los sistemas GSM una  $BER = 10^{-2}$ .

**Calidad de servicio (QoS):** Es el parámetro que nos indica con qué nivel de calidad se recibirá la señal en un área de cobertura determinada. Esta se logra cuando se ajusta el nivel de potencia requerida para satisfacer una tasa de error de bit determinada y se selecciona un margen de esa potencia por encima o por debajo y con este margen se puede calcular las fluctuaciones aleatorias de la señal sobre un ambiente en particular, lográndose en los receptores una señal estable (Martinez, 2012).

Este margen, se podrá observar en los valores de calidad de servicio que se utilizan en los bordes de la célula y en el área de la misma para realizar los cálculos por los diseñadores, los cuales están en los valores del 75% y el 90% respectivamente.

### **Ejemplo de una cobertura segura:**

Especificación: Para una señal que posea -80dB de potencia se requiere QoS de 75% en el borde de la célula.

¿Qué se desea expresar con esto?: Se quiere expresar que existe suficiente potencia en cada punto del radio de la célula y que la señal recibida (RSS) es mayor o igual a -80dB con una probabilidad del 75%.

Consideraciones de tráfico y capacidad: Dependiendo de los requerimientos de tráfico, se necesita tener estimados acerca del número de canales requeridos por cada lugar en la célula. Para esto se necesita la siguiente información:

- Grado de servicio (GOS).
- Número de suscriptores.
- Intensidad de tráfico (Erlang/suscriptor).
- Localización y distribución de suscriptores.
- Modelos de llamadas.

### **2.4.3. Selección del equipamiento**

La selección del equipamiento que se utiliza en un sistema es de vital importancia, en el desarrollo de un diseño se pueden presentar ciertas restricciones o parámetros que afecten el buen desempeño del mismo. Algunos de los parámetros operacionales que pudieran afectar un buen rendimiento de un sistema diseñado son (Jiménez, 2013):

- Potencia de transmisión del móvil a la estación base.
- Figura de ruido y sensibilidad.
- Pérdidas de inserción y del cable.

- Frecuencia de operación.
- Estándar y regulaciones utilizados por el fabricante.
- Intermodulación de Radiofrecuencia en el equipamiento utilizado.

#### **2.4.4. Características del equipamiento:**

Es necesario saber cómo verificar la operación y tolerancia asociada al equipamiento del sistema que se empleará. Por lo que se re-examinará los componentes principales en el enlace de radiofrecuencia y se examinarán los parámetros fundamentales que definen su desempeño (Jiménez, 2013).

Con relación a esto, se revisa los estándares de desempeño establecidos en IS-137 e IS-13.

**Desempeño del transmisor:** Determina si el equipo puede operar dentro de los límites de ancho de banda, frecuencia y potencia de radiofrecuencia establecido en los mismos por los estándares que se basan los fabricantes como NORTEL, ERICCSO y otros (GSM, 2010).

**Potencia de salida:** Los sistemas GSM utilizan un control de potencia dinámico para asegurar que cada enlace se mantenga adecuadamente con un mínimo de potencia (GSM, 2010).

Esto proporciona dos beneficios fundamentalmente: las interferencias se minimizan y, en el caso de los móviles, la vida de las baterías se maximiza.

La norma específica para una estación base de clase cinco, una potencia máxima de +43 dBm y unos saltos de potencia de 2dB con una desviación límite de +/- 1,5 dB, mientras que para un móvil de clase cuatro, una potencia máxima de +33 dBm y unos saltos de potencia de 2 dB con una desviación límite de +/- 3 dB.

También se tiene en cuenta que se debe transmitir potencia en dependencia del tiempo o sea que empleamos TDMA (Time División Multiplex Access) y esta medida considera la envolvente de la potencia de portadora en el dominio del tiempo, comparándola con una máscara preestablecida.

Los transmisores GSM deben conmutar la potencia de salida entre los estados "on" y "off" dentro de la ranura de tiempo TDMA (*Time División Multiplex Access*) que tienen asignada para evitar interferencias a las ranuras de tiempo adyacentes (GSM, 2010).

**Desempeño del receptor:** Algunos parámetros importantes para el desempeño del receptor son:

**Sensitividad:** Esta describe la intensidad de señal que se requiere para brindar la mínima operación aceptable. Los niveles de sensitividad de referencia especificado por la norma GSM son:

- Equipos Portátiles:  $S = -102$  dBm
- Estaciones Base:  $S = -104$  dBm

**Selectividad:** Es la capacidad que tiene el receptor para rechazar señales fuera de banda y como se ha dicho anteriormente esta se encuentra por los valores de 18 dB para el primer canal adyacente y 50 dB y 58 dB para los siguientes. (GÓMEZ, 2005)

**Rango dinámico:** Es el rango útil de intensidades de señales aceptables entre la más débil reconocida y la más fuerte legible (justo por debajo del nivel en el cual empieza la distorsión).

El rango dinámico típico de equipamiento del tipo de consumidor es de 60 dB o menos, mientras los instrumentos de la calidad de laboratorio pueden alcanzar tanto como 90 dB. (GÓMEZ, 2005)

**Intermodulación:** Los sistemas celulares son sistemas de multi-portadoras. La interacción de múltiples portadoras de frecuencia con el hardware puede resultar en distorsión de señal. (GÓMEZ, 2005)

## **2.5. Fundamentación Legal de la investigación.**

El presente trabajo de investigación está sustentado por el marco legal de la Ley orgánica de telecomunicaciones 2014; Título I, Disposiciones Generales del Capítulo I, Consideraciones Preliminares (Ecuador, 2015)

### **Artículo 1.- Objeto.**

Esta Ley tiene por objeto desarrollar, el régimen general de telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico como sectores estratégicos del Estado que comprende las potestades de administración, regulación, control y gestión en todo el territorio nacional, bajo los principios y derechos constitucionalmente establecidos. (Ecuador, 2015). (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.)

### **Artículo 2.- Ámbito.**

La presente Ley se aplicará a todas las actividades de establecimiento, instalación y explotación de redes, uso y explotación del espectro radioeléctrico, servicios de telecomunicaciones y a todas aquellas personas naturales o jurídicas que realicen tales actividades a fin de garantizar el cumplimiento de los derechos y deberes de los prestadores de servicios y usuarios. (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

## **Artículo 5.- Definición de Telecomunicaciones.**

Se entiende por telecomunicaciones toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, textos, vídeo, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por sistemas alámbricos, ópticos o inalámbricos, inventados o por inventarse. (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

La presente definición no tiene carácter taxativo, en consecuencia, quedarán incluidos en la misma, cualquier medio, modalidad o tipo de transmisión derivada de la innovación tecnológica. (Ecuador, 2015) (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

## **Artículo 6.- Otras Definiciones.**

Para efectos de la presente Ley se aplicarán las siguientes definiciones:

**Espectro radioeléctrico.-** Conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, entre otros. Su utilización responderá a los principios y disposiciones constitucionales. (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

**Estación.-** Uno o más transmisores o receptores o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarios para la operación de un servicio vinculado con el uso de espectro radioeléctrico. (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

**Frecuencias esenciales.-** Frecuencias íntimamente vinculadas a los sistemas y redes involucrados en la prestación de un servicio, utilizadas para el acceso de los

usuarios al servicio, por medio de equipos terminales. (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

**Homologación.-** Es el proceso por el que un equipo terminal de una clase, marca y modelo es sometido a verificación técnica para determinar si es adecuado para operar en una red de telecomunicaciones específica. (Ecuador, 2015) (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

**Radiaciones no ionizantes.-** Para fines de aplicación de la presente Ley, se entenderá como la radiación generada por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico que no es capaz de impartir directamente energía a una molécula o incluso a un átomo, de modo que pueda remover electrones o romper enlaces químicos. (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

**Radiodifusión.-** Servicio cuyas emisiones se destinan a ser recibidas directamente por el público en general, abarcando emisiones sonoras, de televisión o de otro género. Los términos técnicos empleados en esta Ley no definidos, tendrán el significado adoptado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), por los convenios y tratados internacionales ratificados por Ecuador, o en su defecto, a lo establecido en el Reglamento General a la presente Ley y en las regulaciones respectivas. (Ecuador, 2015) (asambleanacional, s.f.) (amazonaws, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Método para la investigación**

Para la presente investigación se tomaran en cuenta los siguientes métodos:

#### **3.1.1. Método deductivo**

Se utilizará este método para elaborar un estudio de diferentes proyectos de diseños de subsistemas GSM de otras operadoras y verificar su eficiencia con respecto a la propuesta aplicable a la CNT Los Ríos.

#### **3.1.2. Método analítico**

Con este método se podrá estudiar los diferentes modelos de propagación, el cual servirá para referenciar el mejor modelo a utilizar dentro de los diseños de subsistemas en entornos GSM en la Provincia de Los Ríos.

### **3.2. Pasos del desarrollo de la Investigación.**

Durante el desarrollo de la investigación se produjo un plan de acción el cual sirvió para analiza información relacionada con las zonas muertas de cobertura de la CNT EP dentro de la Prov. de Los Ríos.

Esto ayudo a realizar los análisis correspondientes del método de propagación a utilizar.

Una vez obtenida esta información, se escoge el mejor método de propagación que este dentro de las necesidades de la CNT Los Ríos para brindar una cobertura eficiente y que esté acorde con las proyecciones de sus servicios a futuro.

### **3.3. Construcción metodológica del objeto de Investigación**

El trabajo de investigación se focalizo en el complejo habitacional de Babahoyo ubicado en el Km 3 de la vía Babahoyo – Pueblo nuevo del cantón Babahoyo, Provincia de Los Ríos.

Este complejo habitacional está formado por las Cdlas. Villa Verona, Rincón de Castillas, Ciudad del Valle, Valle Verde y Bosques del Valle.

### **3.4. Elaboración del Marco Teórico**

Para la elaboración del marco teórico se realizó la investigación de la documentación sacada de textos científicos y página WEB.

Los datos de la investigación ayudo a la realización de la propuesta alternativa orientada a desarrollar proyectos de investigación empleando nuevas tecnologías.

Dentro de los temas más interesantes estudiados están:

- Modelos de Propagación.
- Equipamiento
- Topología de acceso.
- Capacidad de Transmisión.

### **3.5. Recolección de Información Empírica**

Para la ejecución de este trabajo fue necesario un estudio en campo de las zonas muertas de señal móvil en la CNT EP Los Ríos y la necesidad de implementar un diseño de subsistemas para entornos GSM que ayude a solucionar el tema de cobertura móvil.

### **3.6. Descripción de la Información Obtenida.**

Una vez obtenida la información sobre las zonas muertas que presenta la cobertura Móvil de la CNT EP Los Ríos, se realizó estudios de demanda que ayuden a soportar el tema de investigación.

Con esta demanda de servicios de obtuvo la información necesaria para el cálculo de cobertura y la prestación de servicios que deberá tener el subsistema GSM.

### **3.7. Análisis e Interpretación de Resultados**

Con los resultados obtenidos se elaboró una propuesta de diseño que esté acorde con las necesidades de comunicación que tiene tan importante sector inmobiliario de la ciudad de Babahoyo.

Una vez obtenido el diseño de propagación, se realizó la consideración de estos diseños a la CNT EP para su análisis y aprobación del diseño propuesto.

### **3.8. Construcción del Informe de Investigación**

Finalmente se da a conocer un diseño como caso de estudio y se presentan los análisis obtenidos los cuales serán de mucha ayuda al momento de elaborar las respectivas conclusiones.

**CAPITULO IV:**  
**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS**  
**HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.**

#### 4. Hipótesis de la investigación.

##### 4.1. Hipótesis General.

La Optimización de los recursos técnicos y económicos en el diseño de subsistemas de estaciones bases disminuye las zonas muertas en la Empresa CNT EP Los Ríos en los entornos GSM.

##### 4.2. Matriz de Operacionalización de las variables.

TIPO DE VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSION DE LA VARIABLE	INDICADOR
Variable Independiente			
Aplicación de diseños para la Optimización de subsistemas de estaciones bases en entornos GSM CNT EP Los Ríos.	El controlador de estación Base (BSC) es un componente de administración. Es responsable de la administración, asignar y desasignar canales, descolgar y administrar en el tiempo las señales de radio. Un controlador de estación base puede administrar varias estaciones.	Modelación	Definir el procedimiento a utilizar para el diseño de los entornos GSM para la CNT EP Los Ríos.
Variable Dependiente			
Solucionar la capacidad, cobertura y servicios en los entornos GSM CNT EP Los Ríos.	Calidad de Servicio es un concepto que deriva de la propia definición de calidad, entendida como satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente.	Eficacia	Calidad de las soluciones encontradas para el problema de estudio.

Tabla 1 Matriz de Variables

##### 4.3. Ubicación y descripción de la información empírica pertinente a la hipótesis.

Para diseñar un subsistema de estación base se debe tener en cuenta la incidencia del mismo en el diseño del sistema GSM (Global System for Mobile

Communication), pues es aquí donde se determina la calidad de la señal que recibirán los móviles o la central.

Para realizar el diseño del mismo es recomendable hacerlo siguiendo un procedimiento en el cual se tomen en cuenta los procesos más importantes para que su implementación funcione adecuadamente.

Las etapas a seguir en el proceso de diseño de un Subsistema de Estación Base (BSS) del sistema GSM y que más adelante explicaremos a detalle son:

- Seleccionar los proveedores y tipo de equipamiento.
- Realizar el conteo de los sitios y controladores de Estación Base (BSC) realizando posteriormente un pre diseño.
- Pruebas de onda continua (CW Tests).
- Ajuste con el modelo de propagación mediante herramientas diseñadas para el mismo según la morfología del terreno (rural, urbano, suburbano).
- Rediseñar la red según las pruebas de diseño realizadas en las primeras etapas.
- Cuando el diseño esté listo, se realiza la entrega la ubicación de las células propuestas a los especialistas de adquisición.
- Realizar un paseo por sitio, donde los ingenieros civiles, de radiofrecuencia y de telecomunicaciones se reúnen para detallar el diseño del plan del sitio.
- Realizar el plan de frecuencias.
- Etapa de construcción y supervisión.

- Al completar la etapa de construcción, se realizarán barridos de frecuencias para detectar problemas con los coaxiales y antenas.
- Predicción de interferencia en la cobertura.
- Optimización del tráfico existente.

Después de haber enunciado cada una de las etapas para el diseño de esta red se realizará un análisis más detallado de cada una de ellas, exponiéndose en algunos casos algunos ejemplos para su más fácil comprensión.

#### **4.4. Discusión de la información obtenida en relación a la naturaleza de la hipótesis.**

##### **4.4.1. Evaluar los modelos de propagación para escoger el más adecuado para el diseño del caso de estudio.**

##### **Modelo de Okumura**

El modelo de Okumura proporciona un método empírico para el cálculo de las pérdidas de propagación en entornos urbanos. (cujae, s.f.)

Fue desarrollado a partir de mediciones llevadas a cabo en Japón, de las cuales se obtuvieron curvas de la atenuación media relativas a las pérdidas de espacio libre en función de la frecuencia y la distancia entre el móvil y la estación base. (cujae, s.f.) (mdpropagacion, s.f.)

El valor medio de las pérdidas de propagación según este modelo puede estimarse como (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, s.f.):

$$L(db) = L_d + A_{mu}(f,d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{area} \quad (1)$$

Donde  $A_{mu}$  es la atenuación media relativa a las pérdidas de espacio libre,  $G(h_{te})$  y  $G(h_{re})$  son los factores de ganancia de las antenas de la estación base y el móvil, respectivamente;  $G_{area}$  es un factor de corrección que depende del entorno y es diferente de cero para entornos rurales, suburbanos y suburbanos densos. (cujae, s.f.) (mdpropagacion, s.f.) (cujae, 67, s.f.)

Los valores de  $A_{mu}$  y  $G_{area}$  se determinan por curvas experimentales como las mostradas en las 6 y 7, respectivamente;  $G(h_{te})$  y  $G(h_{re})$  pueden hallarse a partir de otras curvas de corrección o calcularse usando las aproximaciones siguientes (Raikel Bordón López, 2012):

$$G(h_{te}) = 20 \log(h_{te}/200), \quad 30\text{m} \leq h_{te} \leq 1000\text{m} \quad (2)$$

$$G(h_{re}) = \begin{cases} 10 \log(h_{re}/3), & h_{re} \leq 3\text{m} \\ 20 \log(h_{re}/3), & 3\text{m} < h_{re} \leq 10\text{m} \end{cases} \quad (3)$$

Es posible además incluir en los cálculos correcciones debidas a varios factores como la ondulación del terreno, su homogeneidad y pendiente media, la presencia de obstáculos, disposición de las calles y densidad de las construcciones en zonas urbanas (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, printerFriendly, s.f.) (cujae, 67, s.f.).

El modelo es aplicable en un rango de frecuencias de 150 a 1 920 MHz, para alturas de las antenas transmisoras entre 30 y 1 000 m. Las distancias pueden variar de 1 a 100 km y la altura de la antena del móvil debe estar entre 3 y 10 m.

El modelo de Okumura es considerado uno de los más simples y eficaces en términos de precisión para sistemas celulares en entornos de naturaleza irregular. (Raikel Bordón López, 2012)

Su efectividad es mayor cuando se aplica para ciudades densas de edificios altos, como aquellas en las que se realizaron las mediciones que dieron origen al modelo.

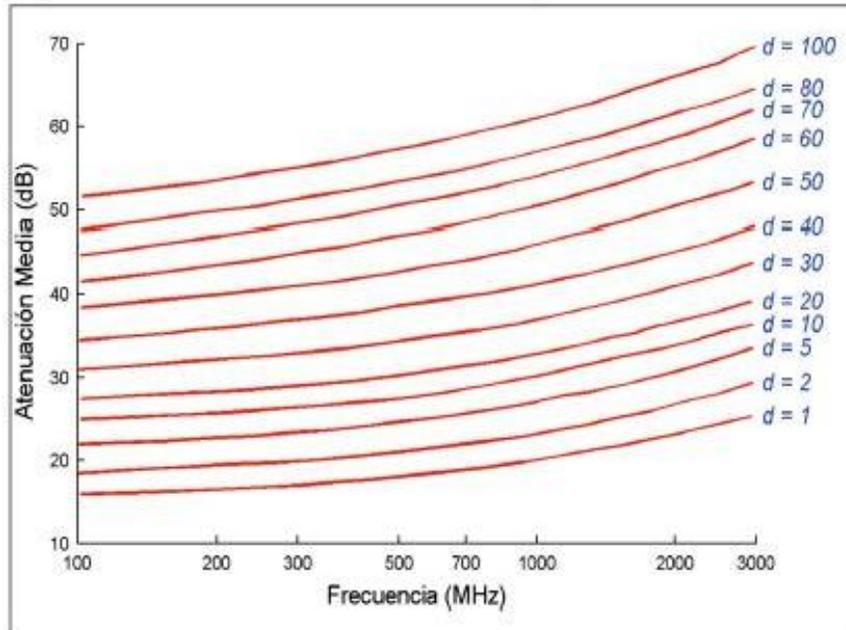


Figura 6 Curvas del modelo de Okumura para la atenuación media

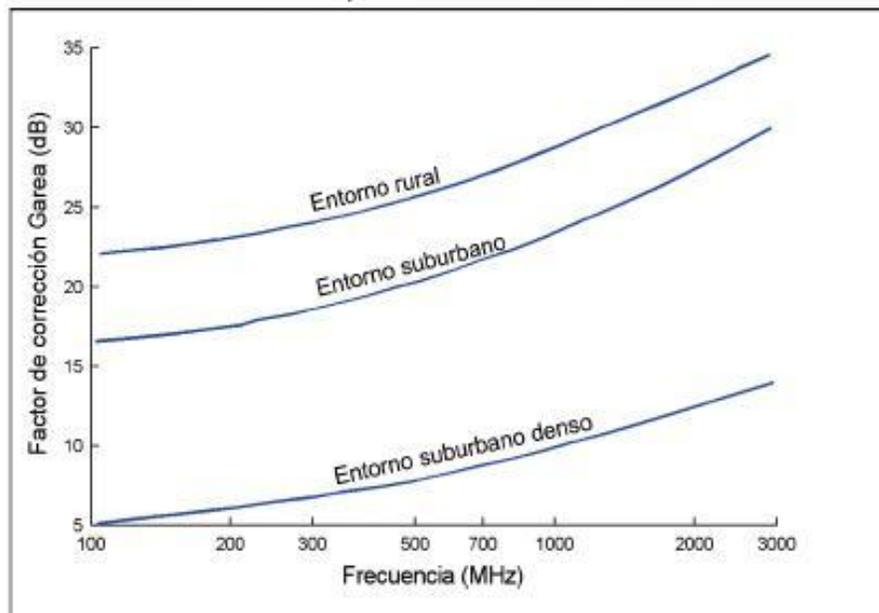


Figura 7 Factor de corrección dependiente del entorno para el modelo de Okumura

## Modelo de Hata

El modelo de propagación de Hata es resultado del desarrollo de expresiones numéricas para las curvas de propagación normalizadas del modelo de Okumura, mediante un análisis de regresión múltiple. (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Generalmente es utilizado para sistemas móviles de macroceldas, en los cuales la distancia entre el móvil y la estación base oscila entre 1 y 20 km (Raikel Bordón López, 2012). (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Su expresión está en función de la frecuencia de operación del sistema, la altura de las antenas transmisora y receptora y la distancia entre la estación base y el terminal móvil. (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Para estimar las pérdidas en ambientes urbanos, suburbanos y rurales se emplean las siguientes las ecuaciones respectivamente: (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

$$L_{urb}(dB) = 69,5 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log d \quad (4)$$

$$L_{suburb}(dB) = L_{urb} - 2[\log(f/28)]^2 - 5,4 \quad (5)$$

$$L_{rural}(dB) = L_{urb} - 4,78 (\log f)^2 - 18,33 \log f - 40,98 \quad (6)$$

El término  $a(hre)$  es un factor de corrección debido a la altura de la antena receptora que depende de la densidad estructural del entorno urbano, se determina usando para entornos urbanos y para entornos suburbanos y rurales. (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

$$A(hre) = \begin{cases} [8,29 [\log(1,54hre)]^2 - 1,1 & f < 300\text{MHz} \\ [3,20 [\log(11,45hre)]^2 - 4,97 & f \geq 300\text{MHz} \end{cases} \quad (7)$$

$$A(hre) = (1,1 \log f - 0,7)hre - (1,56 \log f - 0,8) \quad (8)$$

### **Modelo de Walfisch-Bertoni**

Este modelo, propuesto por Joram Walfisch y Henri Bertoni, tiene en cuenta las pérdidas producidas por las difracciones que se producen en las azoteas de los edificios (Raikel Bordón López, 2012). (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Es un modelo que no considera la existencia de línea de vista entre el transmisor y el receptor, utiliza el fenómeno de la difracción para describir las pérdidas que sufre la señal antes de alcanzar al receptor ubicado a baja altura sobre la calle. Es despreciada la contribución de los rayos que penetran en los edificios y de los que sufren múltiples difracciones. (López, 2011) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

La separación entre los edificios debe ser menor que su altura y se suponen organizados en filas paralelas. El rango de frecuencias en que es aplicable este modelo es de 300 a 3 000 MHz, con separación entre transmisor y receptor de 200 a 5 000 m. No es aplicable cuando la antena de la estación base está por debajo de

la altura media de los edificios. (López, 2011) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

La expresión de las pérdidas totales toma en cuenta la contribución de las pérdidas de espacio libre  $L_b$  y las pérdidas por la difracción de la señal en los edificios situados a ambos lados de la calle en la que se encuentra el móvil. (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

$$L_{8dB} = L_d + L_{ex} \quad (9)$$

$$L_{ex} = 57,1 + A + \log f + 18 [\log ((d-b/2) / (\Delta ht)) - \log(1 - ((d-b/2)^2 / (17\Delta ht)))] \quad (10)$$

$$A = 5 \log (b^2/2 + \Delta hr^2) - 9 \log b + 20 \log [\tan^{-1} (2\Delta hr) / b] \quad (11)$$

Donde  $b$  es la anchura promedio entre centros de edificios. Además son denotados  $h_t$  y  $h_r$  como las alturas de las antenas transmisoras y receptoras, respectivamente y  $h_R$  es denotada como la altura media de las edificaciones. Entonces, se calcula  $\Delta h_R = h_R - h_r$ , mientras que  $\Delta ht = h_t - h_R$ . Puede notarse que todos estos parámetros son expresados en metros. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

### **Modelo COST 231 Walfisch-Ikegami**

Este modelo, propuesto en el proyecto europeo COST 231, es resultado de la integración de los modelos de Ikegami-Ioshida y de Walfisch-Bertoni. En él se incorpora la influencia de edificaciones y calles en las que se encuentra el

dispositivo receptor, para una predicción más precisa de las pérdidas de propagación en entornos urbanos. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

De acuerdo con las pérdidas pueden evaluarse dependiendo de la existencia o no de línea de vista entre el transmisor y el receptor, según las expresiones:

$$L_{los}(dB) = 42,6 + 20 \log f + 26 \log d \quad (12)$$

$$L_{nlos}(dB) = L_d + L_{rts} + L_{msd} \quad (13)$$

Donde  $L_{rts}$  es la pérdida debida a la difracción de la terraza a la calle en que se sitúa el móvil (rooftop to street), que es independiente de la altura de la estación base, y  $L_{msd}$  es la pérdida causada por la difracción de la onda en múltiples construcciones situadas entre el transmisor y el receptor (multiple screen diffraction). (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Este modelo considera las mismas variables que el modelo de Walfisch-Bertoni, en adición a otras dos:  $w$ , el ancho de la calle en la que se encuentra el móvil (expresado en metros) y  $\phi$ , el ángulo entre el rayo de la onda incidente y el eje de la calle (en grados). (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Mediante la aplicación de los principios de la óptica física y asumiendo características geométricas uniformes en los edificios y su disposición, fueron derivadas las siguientes expresiones: (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

$$L_{rts} = -8,23 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log \Delta hr + L_{ori} \quad (14)$$

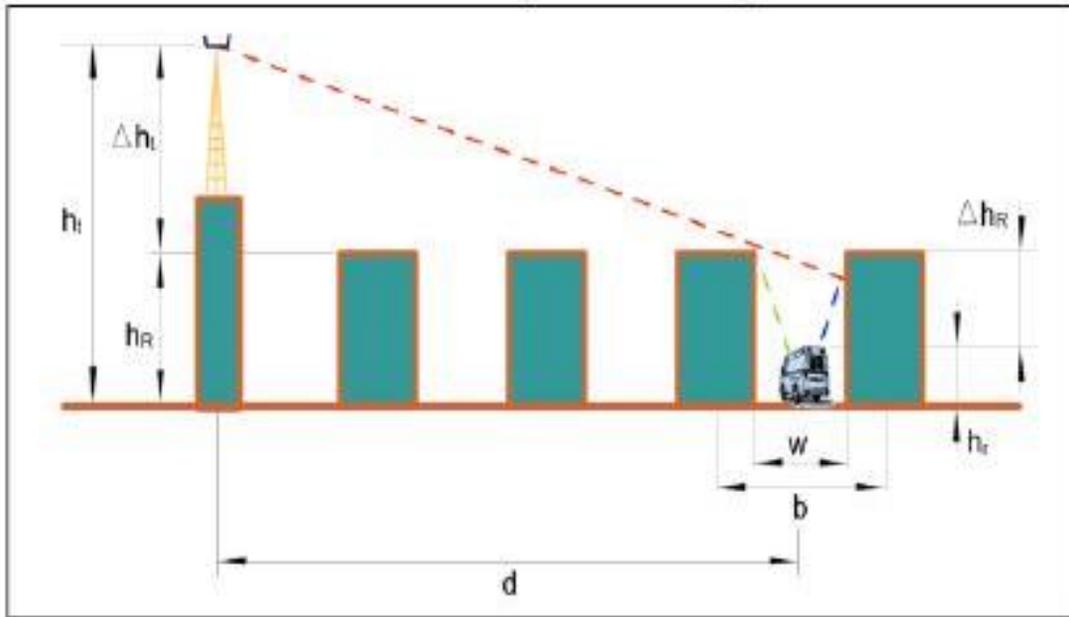


Figura 8 Variables consideradas en los modelos Walfisch–Bertoni y Walfisch-Ikegami.

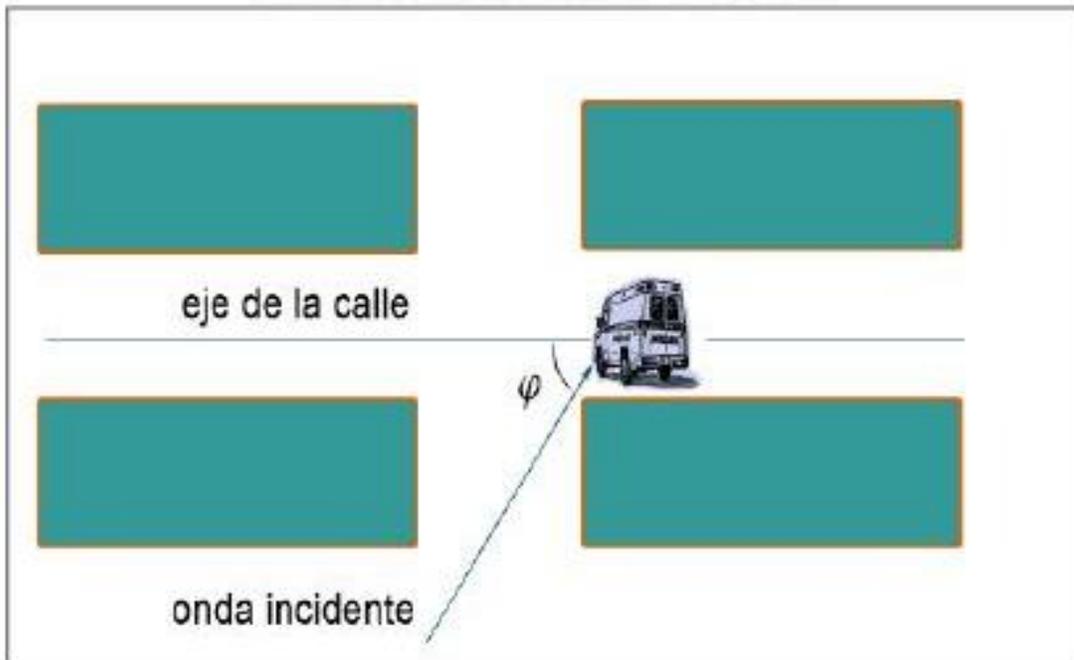


Figura 9 Angulo entre el rayo de la onda incidente y el eje de la calle, en el modelo Walfisch-Ikegami

Es necesario señalar que la expresión presentada para el cálculo de Lrts es el resultado de una corrección, realizada en la formulación original del modelo. El término Lori es un factor de corrección debido a la orientación de las calles, que toma en consideración el efecto de la difracción terraza-calle cuando la calle no es perpendicular a la dirección de propagación. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

$$\begin{aligned} \text{Lori} &= [-10 + 0,3571\varnothing && \varnothing < 35^\circ && (15) \\ &= [2,5 + 0,0075(\varnothing-35^\circ) && 35^\circ \leq \varnothing < 55^\circ \\ &= [4 - 0,114(\varnothing-55^\circ) && 55^\circ \leq \varnothing \leq 90^\circ \end{aligned}$$

$$\text{Lmsd} = \text{Ldsh} + \text{Ka} + \text{Kd} \log d + \text{Kt} \log f - 9 \log b \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \text{Lbsh} &= [-18 \log (1+\Delta ht) && \Delta ht \geq 0 && (17) \\ &= [0 && \Delta ht < 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ka} &= [54, && \Delta ht \geq 0 && (18) \\ &= [54 - 0,8\Delta ht && \Delta ht < 0, d \geq 0,5 \\ &= [54 - 1,6 \Delta ht d && \Delta ht < 0, d < 0,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kd} &= [18, && \Delta ht \geq 0 && (19) \\ &= [18 - 15 (\Delta ht / hr), && \Delta ht < 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kt} &= [-4 + 0,7 (f/925-1), \text{ para zonas suburbanas} && (20) \\ &= [-4 + 1,5 (f /925 - 1), \text{ para zonas grandes} \end{aligned}$$

Este modelo, a diferencia del de Walfisch-Bertoni, puede ser aplicado cuando la antena de la estación base se encuentra por debajo de la altura media de las edificaciones; tiene validez para frecuencias entre 800 y 2 000 MHz, alturas de las antenas transmisoras de 4 a 50 m, distancias en un rango de 200 a 5 000 m y altura

de la antena receptora de 1 a 3 m. (López, 2011) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

## **HERRAMIENTA PARA LA SIMULACIÓN DE LOS MODELOS**

Para facilitar el estudio de los modelos anteriormente presentados se implementó una interfaz gráfica (GUI) en Matlab, la cual se muestra en la figura 10.

En el área principal de la misma se grafican las pérdidas de propagación para cada modelo, en función de uno de los siguientes parámetros ( $f$ ,  $h_r$ ,  $h_t$ ,  $d$ ,  $w$ ,  $b$ ,  $\theta$ ,  $h_R$ ), seleccionado por el usuario al especificar en el botón de edición correspondiente el rango de variación deseado en forma de vector [ $X_{\min}$   $X_{\max}$ ], puede notarse en la figura  $f$  (MHz) = [800 1 500]. (López, 2011) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Es posible asignarle al slider ubicado en la parte superior de la gráfica el control de una de las variables anteriores, permitiendo observar la variación de las curvas, mientras dinámicamente modifica el parámetro seleccionado. Desde la línea de edición de texto ubicada en la parte inferior derecha de la GUI se puede acceder a los datos graficados mediante las variables  $L_{ok}$ ,  $L_{ht}$ ,  $L_{wb}$ ,  $L_{wi}$  que representan las pérdidas dadas por los modelos de Okumura, Hata, Walfisch-Bertoni y Walfisch-Ikegami, respectivamente; así como al parámetro en función del cual se evalúan las pérdidas, representado por la variable  $x$ . (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

En el modelo de Okumura no es posible determinar las pérdidas directamente a partir de una expresión matemática. Este es uno de los inconvenientes del modelo, puesto que su evaluación a una distancia y frecuencia dadas requiere la ubicación de los puntos manualmente en un gráfico. (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

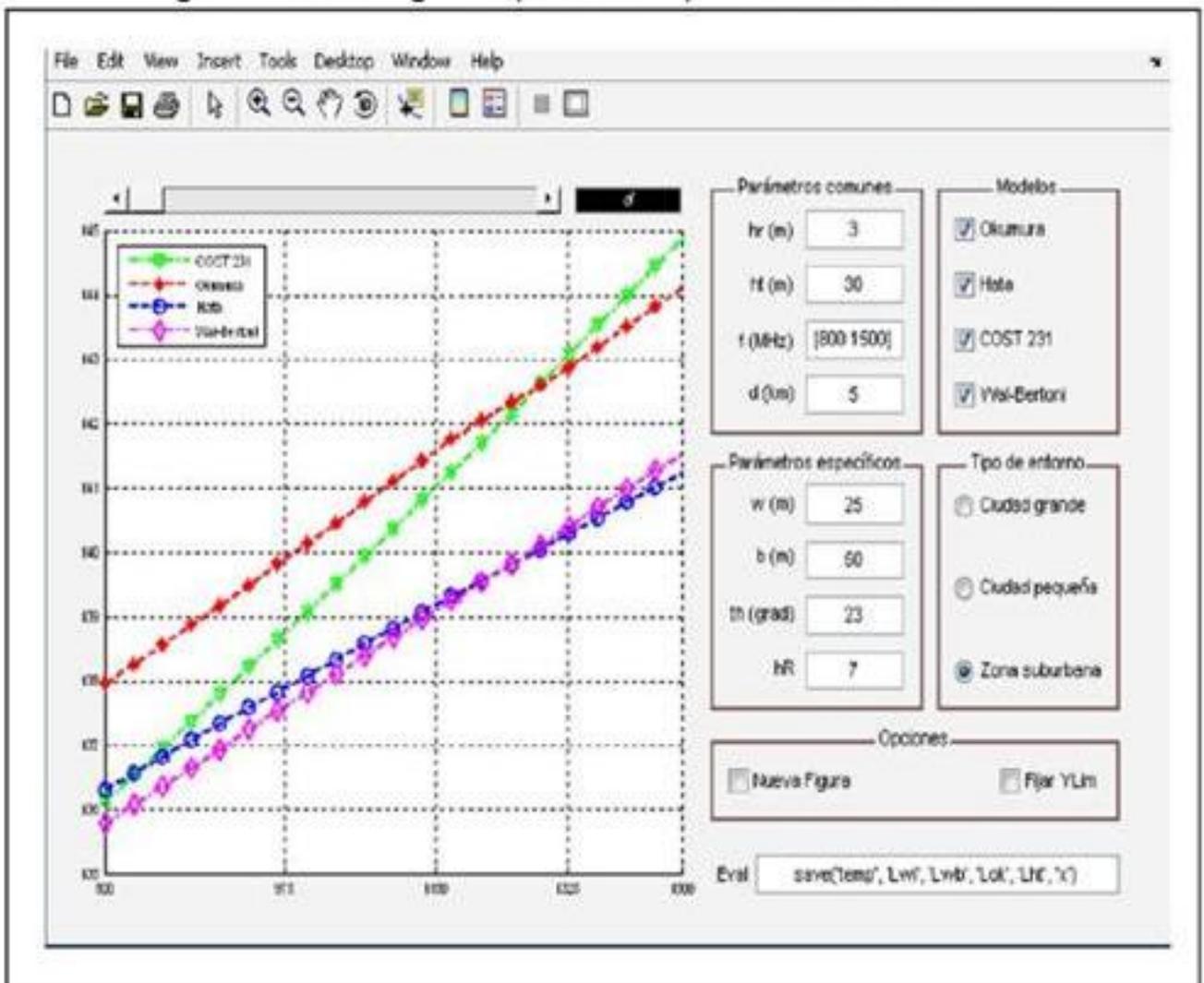


Figura 10 Interfaz gráfica para la comparación de los modelos.

## COMPARACIÓN DE LOS MODELOS

En la comparación entre los modelos presentados se consideraron los rangos comunes de validez mostrados en la tabla 1. (López, 2011) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

MODELO	f (MHz)	ht (m)	hr (m)	d (Km)
Okumura	150-3000	30-1000	1-10	1-100
Hata	150-1500	30-200	1-10	1-20
Walfisch-Bertoni	300-3000	4-50	1-3	0,2-5
COST 231	800-2000	4-50	1-3	0,2-5
Rangos Comunes	800-1500	30-50	1-3	1-5

Tabla 2 Rangos de Validez de los modelos.

Las comparaciones se realizaron entre las pérdidas predichas por los modelos. Se asumieron los siguientes valores de datos:  $f = 800$  MHz,  $hr = 3$  m,  $ht = 30$  m,  $d = 5$  km,  $w = 25$  m,  $b = 50$  m,  $\theta = 28^\circ$ ,  $hR = 7$  m. En todos los casos se consideró un entorno suburbano. Como medida del grado de dispersión de los modelos se utilizó la desviación estándar: (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

$$L\delta = \left[ \frac{1}{3} \sum_{i=1}^4 (L_i - L_\mu)^2 \right]^{1/2} \quad (21)$$

Donde  $L_\mu$  es el valor medio de las pérdidas y  $L_i$  es la pérdida específica de cada modelo.

En la figura 11 se muestra el resultado obtenido para la variación de las pérdidas en función de la frecuencia, entre 800 y 1 500 MHz. (López, 2011) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

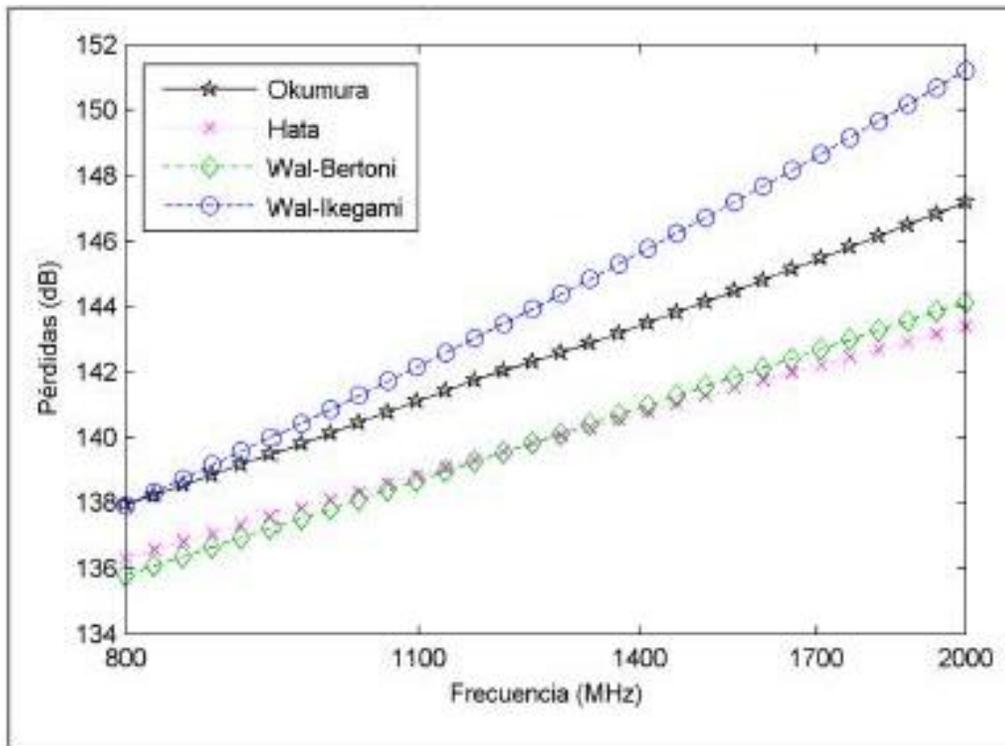


Figura 11 Variación de las pérdidas en función de la frecuencia.

Puede notarse la linealidad de las curvas en el rango seleccionado, debido a la escala logarítmica del eje de frecuencias y la dependencia de los modelos del término  $\log f$ . Considerándolas perfectamente lineales, sus pendientes fueron calculadas y se obtuvieron valores de 23, 18, 21 y 33 dB/década para los modelos de Walfisch-Bertoni, Walfisch-Ikegami, Okumura y Hata, respectivamente. (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Estos valores, excepto para el caso del modelo de Walfisch-Ikegami, se acercan a 20 dB/década, lo que demuestra el peso que dentro de las pérdidas totales tiene el factor  $20\log f$  presente en las pérdidas básicas. A este factor hay que añadir, en el modelo de Walfisch-Ikegami, el término  $10\log f$  contenido en las pérdidas  $L_{rts}$ , de ahí que la pendiente calculada para la curva correspondiente a este modelo sea la que más se aleja de 20 dB/década. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Es importante recordar que las pérdidas en los diferentes modelos dependen de la frecuencia no solo con el término  $\log f$ , sino que también incluyen factores de corrección de menor peso que varían linealmente con  $f$  (factor  $k_f$  en el modelo de Walfisch-Ikegami) o con el cuadrado del logaritmo de la frecuencia (corrección para los entornos suburbanos y rurales en el modelo de Hata). (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

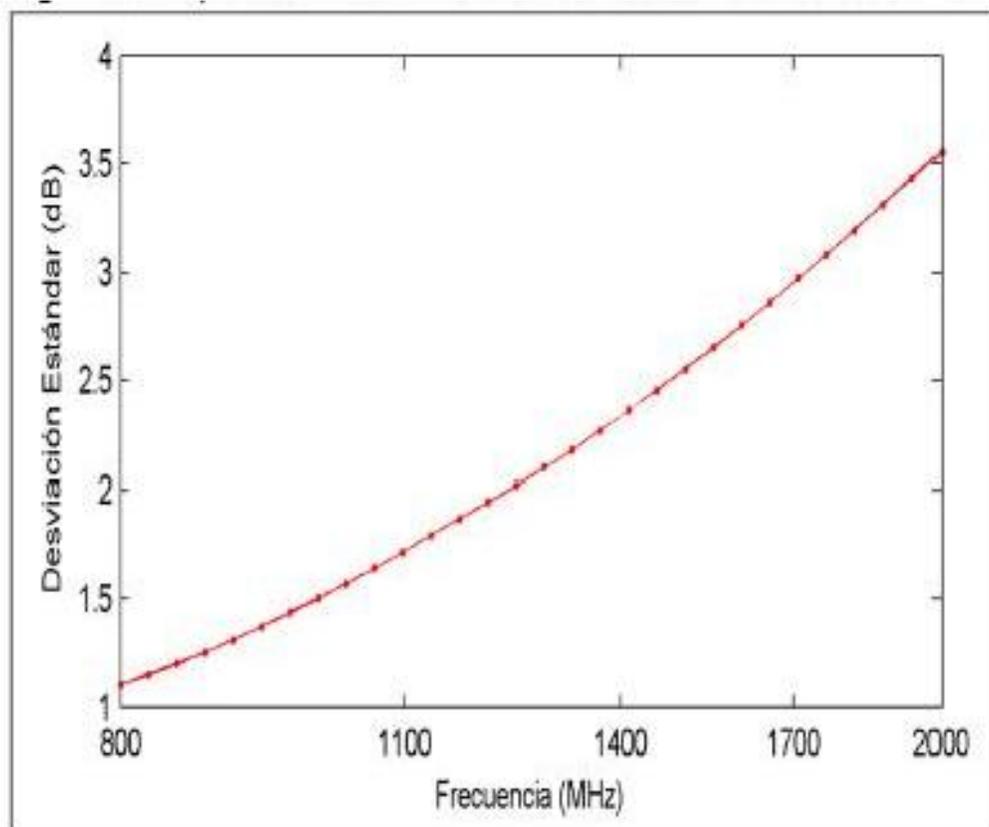


Figura 12 Dispersión de los modelos en función de la frecuencia.

La variación de las pérdidas con el logaritmo de la frecuencia no es del todo lineal, como puede observarse en las curvas de la figura 12 para el modelo de Okumura, pero en un rango relativamente estrecho como el que se considera, la aproximación es aceptable. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

La desviación estándar de las pérdidas fueron calculadas para el rango de frecuencias considerado, empleando (24). Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica de la figura 12, en la que puede notarse la pequeña dispersión, con valores comprendidos entre 1 y 3,5 dB. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

En la figura 13 se representa la dependencia de las pérdidas con la distancia, cuando esta varía en un rango de 1 a 5 km. Pudo comprobarse, al emplear una escala logarítmica para la distancia, un comportamiento lineal de las pérdidas en función del logaritmo de la distancia para los cuatro modelos.

Esto significa que las pérdidas, cuando solo se considera la variable distancia, pueden describirse aproximadamente por una ecuación de la forma  $A \log d + B$ , donde A y B son constantes que dependen del resto de los parámetros.

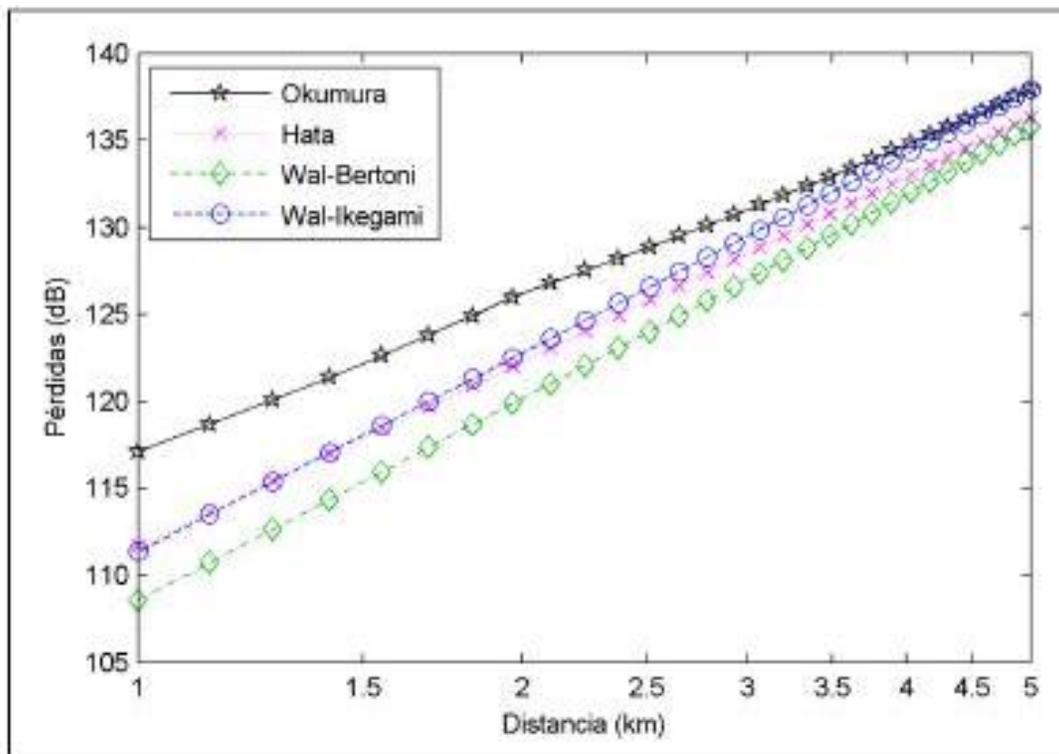


Figura 13 Variación de las pérdidas en función de la distancia.

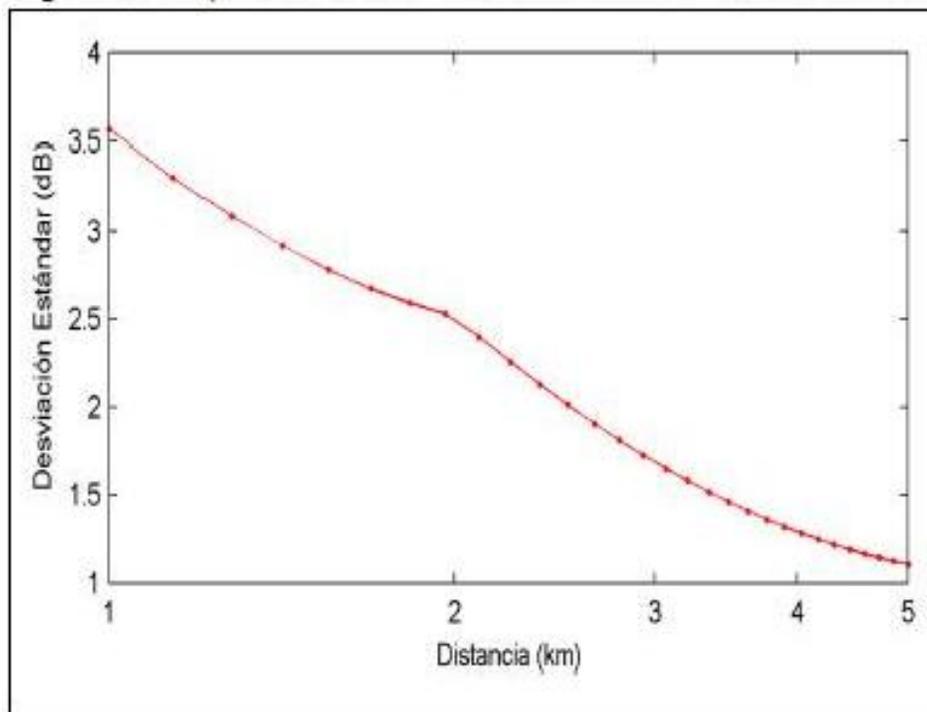


Figura 14 Dispersión de los modelos en función de la distancia.

Para las curvas que se muestran, estas ecuaciones son las siguientes:

$$L_{bk}(\text{dB}) = 29,8 \log d + 117,1 \quad (22)$$

$$L_{ht}(\text{dB}) = 35,2 \log d + 111,7 \quad (23)$$

$$L_{wd}(\text{dB}) = 39 \log d + 108,6 \quad (24)$$

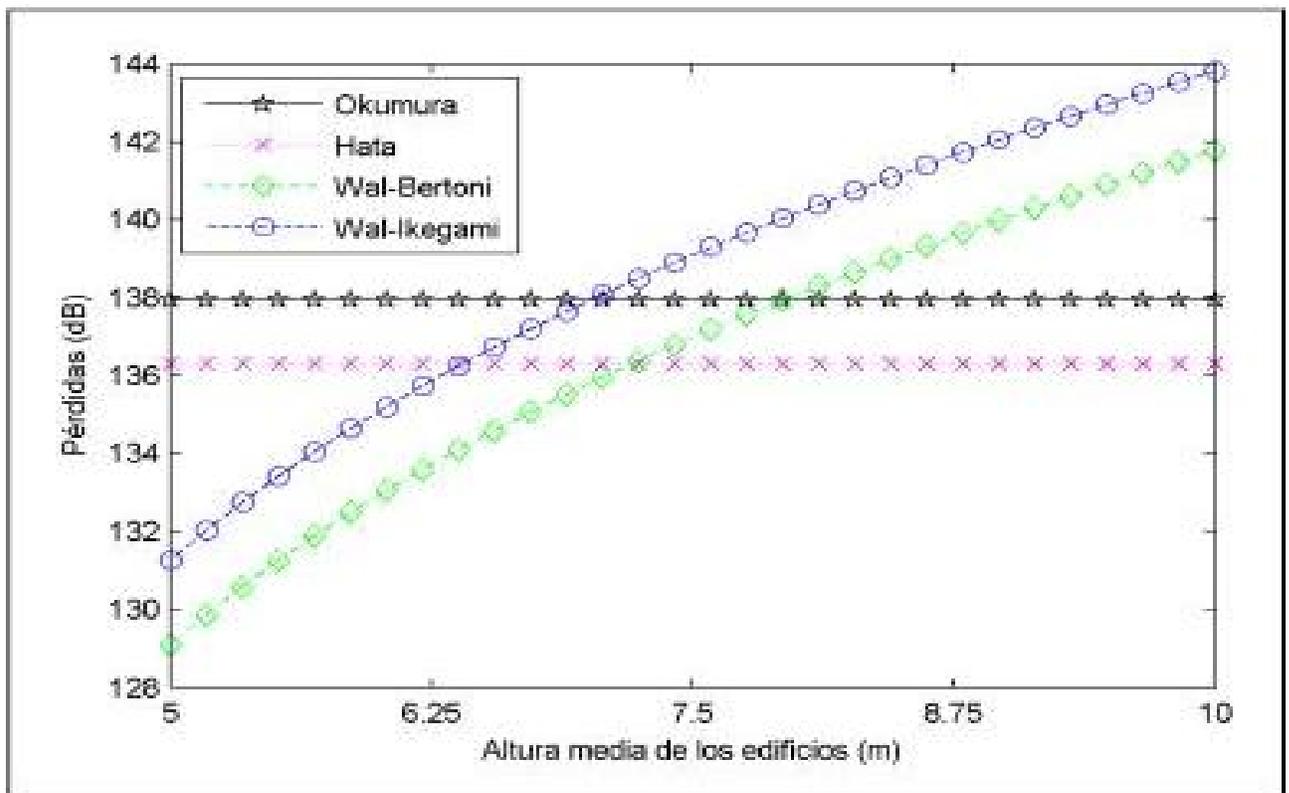
$$L_{wi}(\text{dB}) = 38 \log d + 111,3 \quad (25)$$

Como puede notarse en las ecuaciones anteriores, los modelos de Okumura y Hata son los que presentan la razón de variación más lenta con la distancia. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Para los otros dos modelos las pérdidas varían más rápido debido a que consideran la difracción de la onda en múltiples construcciones situadas entre el transmisor y el

receptor. Del análisis anterior y del hecho de ser más altas las pérdidas del modelo de Okumura en la distancia inicial igual a 1 km puede comprenderse porqué la coincidencia de los modelos es más notable cuando se incrementa la distancia, lo cual se aprecia más claramente en la figura 14. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

En la figura 15 se han graficado las pérdidas en función de la altura media de los edificios, puede notarse que como era de esperar los modelos de Okumura y Hata no muestran dependencia de este parámetro, ya que es considerado implícitamente en el tipo de zona. Cabe destacar cómo las curvas de estos dos modelos coinciden con los modelos de Walfisch-Ikegami y Walfisch-Bertoni para una altura media de las construcciones de aproximadamente 7 m, equivalente a dos plantas o una zona de tipo suburbana (López, 2011) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

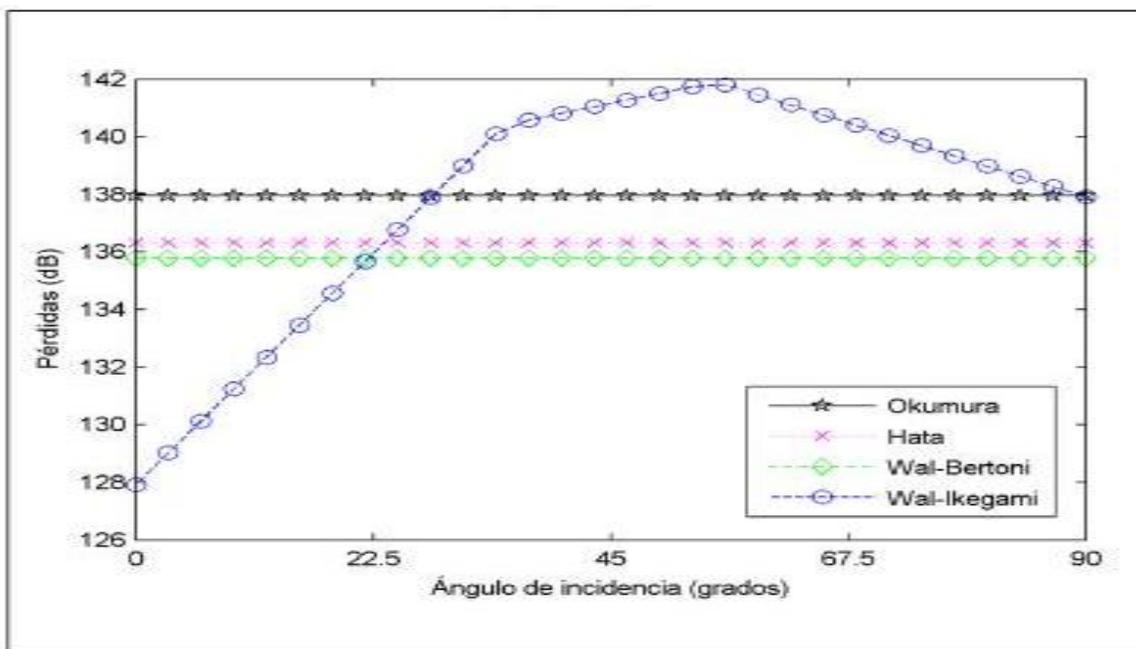


**Figura 15** Variación de las pérdidas en función de la altura media de los edificios

En este sentido la generalización de los modelos Okumura y Hata impide la correcta caracterización del entorno, al no considerar el valor preciso del parámetro hR, se escogió para el parámetro hR un valor de 7 m para una zona suburbana. (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Se aprecia en esta gráfica la notable influencia que tiene en los modelos de Walfisch-Bertoni y Walfisch-Ikegami el valor de hR, ya que al ser más altos los edificios, más obstruido resulta el trayecto de la señal entre el transmisor y el receptor, y por tanto mayores son las pérdidas debido a la difracción terraza-calle. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

La gráfica mostrada en la figura 16 se obtuvo de variar el parámetro, del que solo depende el modelo de Walfisch-Ikegami, en consecuencia las pérdidas correspondientes a los demás modelos permanecen constantes. (Leivic, 2011) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

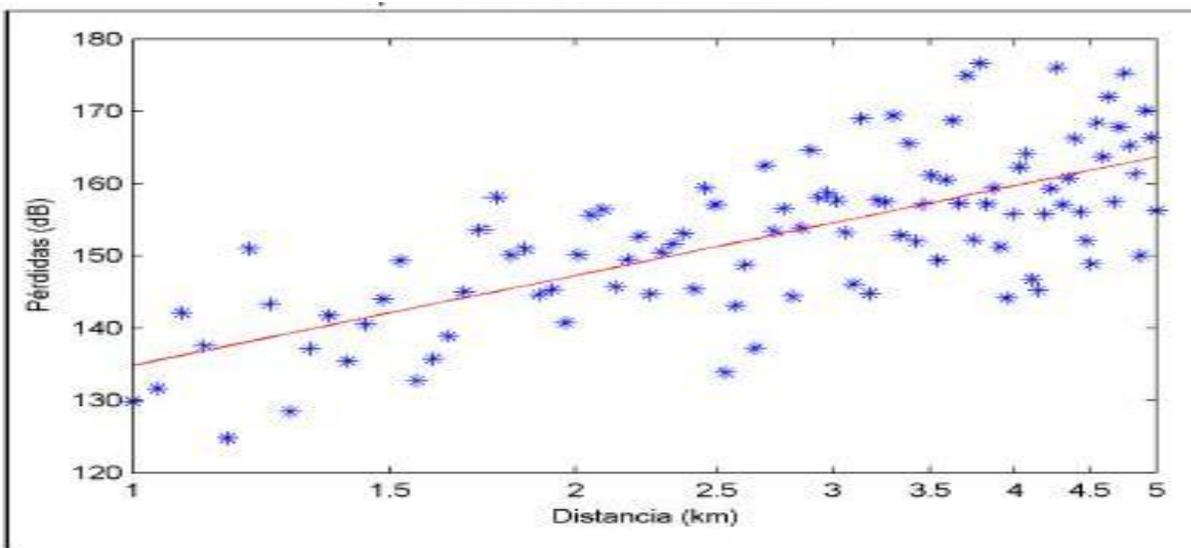


**Figura 16** Variación de las pérdidas en función del ángulo entre el rayo y el eje de la calle.

El valor mínimo de las pérdidas estimadas por este modelo resulta para  $\varphi = 90^\circ$  cuando el rayo entre el transmisor y el receptor sigue la dirección de la calle. Se evidencia que coincide con el modelo de Okumura cuando  $\varphi$  se aproxima a  $28^\circ$ . Puede notarse además, que cuando  $\varphi = 28^\circ$  el factor  $L_{ori} = 0$ . (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Para verificar la incidencia media de este parámetro se generaron 105 valores del ángulo uniformemente distribuidos en el intervalo  $0^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$  y se determinó el valor medio de  $L_{ori}$ , el resultado obtenido fue de  $-0,0076$  dB, valor muy cercano a cero. (López, 2011) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Los resultados obtenidos por los modelos fueron comparados con resultados experimentales obtenidos en COST231 Final Report se describe el procedimiento utilizado para realizar las mediciones. Estas mediciones se realizaron a una frecuencia de 947 MHz y los valores estimados para la descripción del entorno fueron los siguientes:  $w = 13$  m,  $b = 26$  m,  $h_R = 20$  m, correspondientes a una ciudad de tamaño medio. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)



**Figura 17** Mediciones experimentales y ajuste de las muestras por mínimos cuadrado.

En la figura 18 se muestran los resultados experimentales y la recta obtenida al ajustar las muestras por el método de mínimos cuadrados. (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

Dicha recta se usa como referencia en la figura 19 para la comparación con los modelos. Como se observa, los modelos de Walfisch-Bertoni y Walfisch-Ikegami son los que más se acercan a los resultados experimentales. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

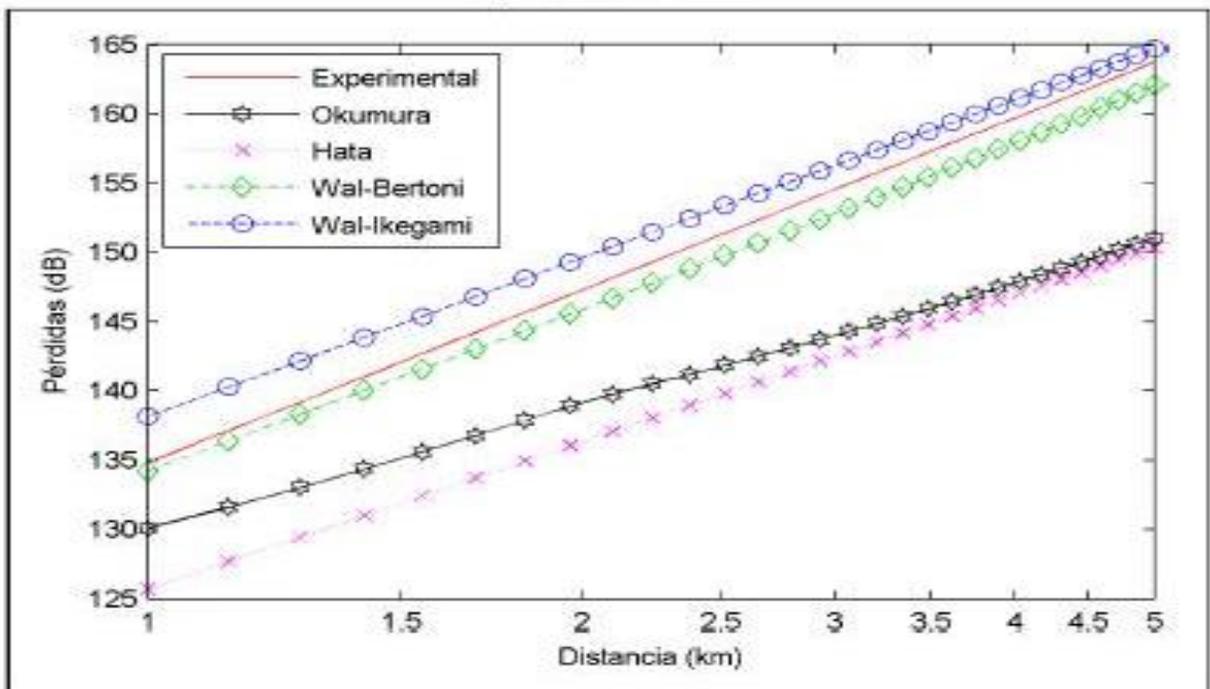


Figura 19 Comparación de los modelos con las mediciones experimentales

#### 4.5. Conclusión parcial

En este capítulo se han comparado cuatro modelos de propagación, de los cuáles hemos analizado las pérdidas estimadas por cada uno en función de la frecuencia,

la distancia, la altura media de las edificaciones y el ángulo de incidencia respecto a las calles.

Los resultados revelan que, aún, cuando el modelo de Hata se basa en expresiones algebraicas obtenidas del modelo de Okumura, se recalcan diferencias significativas entre sus resultados, en ocasiones menores con respecto a los otros modelos.

La coincidencia entre las pérdidas es mayor cuando los valores de las variables del entorno se aproximan a las de los entornos utilizados en la formulación del modelo de Okumura. Adicionalmente podemos evidenciar una mayor sensibilidad de los modelos de Walfisch-Bertoni y Walfisch-Ikegami a las variaciones en la altura media de las edificaciones. (Raikel Bordón López, 2012) (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.)

La adecuada selección de un modelo de propagación para una aplicación en un entorno específico va a depender de la comparación que se realice en cuanto a los parámetros del entorno y a la cantidad de modelos.

El beneficio de utilizar una herramienta de software desarrollada resulta de innegable valor en este sentido. Por un lado, permite la rápida evaluación de las pérdidas en función de las variables del entorno. Por otro, su escalabilidad, al permitir la incorporación de otros modelos, para contar con mayor cantidad de alternativas en la comparación.

La selección del modelo de propagación que deseamos utilizar y como se aplica al área de cobertura es de gran importancia y son determinantes para el buen desempeño de los siguientes aspectos. (López, 2011)

**La planificación del proyecto:** Incluye los requerimientos del capital y el presupuesto, y es un factor de importancia que se toma en cuenta durante uno, dos y cinco años de estudios del desarrollo.

**La instalación del sitio:** Toma un papel en la determinación de la cantidad y localización de los sitios celulares. Se conoce que los requerimientos de cobertura se acoplan con las proyecciones de la carga de tráfico.

**Funcionamiento:** Mientras más preciso sea el modelo de propagación, se podrá estimar y ajustar los parámetros de funcionamiento del sistema, por ejemplo: la predicción de interferencia, el valor umbral de los traspasos (Handoff threshold), ajuste del nivel de potencia y la instalación de la antena (localización y altura).

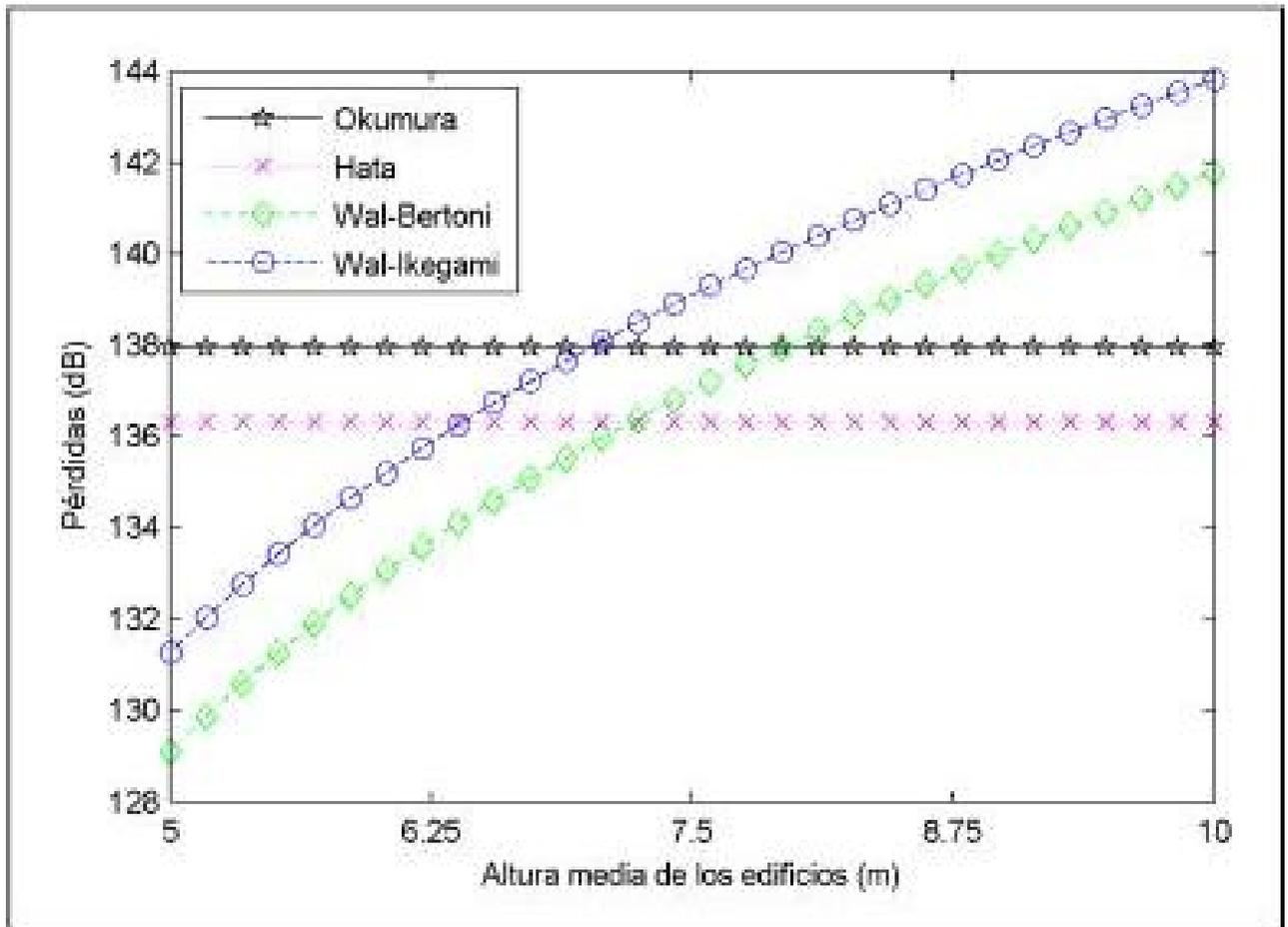
#### **4.6. Comprobación/Desaprobación de la Hipótesis**

**Hipótesis:** La Optimización de los recursos técnicos y económicos en el diseño de subsistemas de estaciones bases disminuye las zonas muertas en la Empresa CNT EP Los Ríos en los entornos GSM.

En base a los resultados obtenidos se determinó que las "CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA SUBSISTEMAS DE ESTACIONES BASE EN ENTORNOS GSM funciona adecuadamente y cumple con los requerimientos de la empresa CNT EP, ya que con el modelo de propagación HATA se pudo cubrir áreas muertas donde la señal móvil es deficiente.

En la gráfica se han graficado las pérdidas en función de la altura media de los edificios, puede notarse que como era de esperar los modelos de Okumura y Hata **no muestran dependencia de este parámetro**, ya que es considerado implícitamente en el tipo de zona tal como se describió en los estudios de (cujae, 67, s.f.) (cujae, printerFriendly, s.f.).

Cabe destacar cómo las curvas de estos dos modelos coinciden con los modelos de Walfisch-Ikegami y Walfisch-Bertoni para una altura media de las construcciones de aproximadamente 7 m, equivalente a dos plantas o una zona de tipo suburbana



Variación de las pérdidas en función de la altura media de los edificios

Por lo antes descrito se puede decir que el modelo de propagación COAST 232 mejorará ostensiblemente la cobertura celular en el proyecto urbanístico donde se realizó el estudio, lo que demuestra que la hipótesis establecida es real.

**CAPITULO V:  
CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

La adecuada selección de un modelo de propagación para una aplicación en un entorno específico va a depender de la comparación que se realice en cuanto a los diferentes parámetros del entorno y cantidad de modelos.

El uso de una herramienta de software resulta de innegable valor porque permite la rápida evaluación de las pérdidas en función de las variables del entorno. Y por su escalabilidad, permiten la incorporación de otros modelos, para contar con mayor cantidad de alternativas en la comparación.

Los resultados obtenidos muestran una notable convergencia de los modelos semiempíricos y empíricos abordados cuando existe correspondencia entre el tipo de entorno y el valor del parámetro asumido.

El modelo de propagación COAST 232 proporciona un método simple y preciso para estimar la factibilidad de un enlace entre una estación base y un móvil. Según el caso particular analizado, se desprende que a pesar de encontrarse ambos equipos a una distancia relativamente grande, el enlace tiene un margen de potencia de más de 25 dB.

Esto es así debido a que la potencia del transmisor es de 33W, valor muy alto en comparación con otras BTS que existen en el mercado, ya que en telefonía móvil se tiende actualmente a aumentar la cantidad de celdas en los ambientes urbanos, y así reducir la potencia y costo de los equipos, además de mejorar el rendimiento al tener una mejor utilización de los canales de comunicación.

En caso de llevar a la práctica el radio enlace, es necesario validar estos datos mediante un software de simulación adecuado, aunque sólo podrá verificarse realmente el área de cobertura y la potencia de señal con la instalación física de los

equipos, debido a la gran cantidad de variables que influyen en la propagación de la onda de radio.

## **5.2. Recomendaciones**

Después de haberse realizado una amplia investigación y conociéndose que el mundo de las telecomunicaciones va evolucionando a gran velocidad se recomienda:

1. Dar seguimiento a este trabajo en años posteriores para seguir de cerca la evolución de estas tecnologías.
2. Al ser esta tecnología una realidad en nuestro país se le debe prestar más atención y aumentar la cantidad de horas impartidas en los sistemas celulares.
3. Hacer una propuesta a la empresa de telecomunicaciones en el país para una posible aplicación del mismo con el objetivo de optimizar las comunicaciones.
4. Se propone la utilización de herramientas o software libres como RF Signal Tracker, G-Net Report, G-NetLog y demás herramientas que realizan análisis de propagación, pues estas, serán las responsables de la efectividad de los resultados realizando las mediciones en el terreno y brindado los datos con un margen de error casi nulo.

**CAPITULO VI**  
**PROPUESTA ALTERNATIVA**

## **6.1. Título de la propuesta**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA GSM PRIMARIO PARA DOTAR DE COBERTURA CELULAR AL NUEVO SECTOR INMOBILIARIO DE BABAHOYO”**

## **6.2. Justificación**

Los sistemas de telecomunicaciones se están desarrollando con mayor rapidez, debido a las oportunidades de negocio que para la CNT EP Los Ríos son, sin lugar a dudas, los sistemas de telefonía móvil.

Esto ha hecho que la investigación en el campo del diseño e implementación sea muy intensa con el fin de optimizar los recursos de la CNT EP Los Ríos como empresa proveedora de servicio.

Los problemas de optimización más importantes que aparecen en los sistemas de telefonía móvil de la CNT EP Los Ríos tienen que ver con el propio diseño del sistema. De esta forma, diseñar una red de este tipo conlleva múltiples tareas de planificación.

Se busca que el sistema sea capaz de soportar una gran carga de usuarios, con muchos de ellos utilizando la red al mismo tiempo. Si sólo hubiera una antena para todos los usuarios, el espacio radioeléctrico disponible se saturaría rápidamente por falta de ancho de banda.

Una vez realizado el diseño esperado por la CNT EP Los Ríos se deberá dotar a las antenas de la electrónica de red necesaria para comunicarse con un sistema central de control y para que puedan encargarse de la gestión del interfaz radio

### 6.3. Fundamentación

#### LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES-DISPOSICIONES GENERALES

##### CAPÍTULO I

##### Consideraciones Preliminares

##### Artículo 1.- Objeto.

Esta Ley tiene por objeto desarrollar, el régimen general de telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico como sectores estratégicos del Estado que comprende las potestades de administración, regulación, control y gestión en todo el territorio nacional, bajo los principios y derechos constitucionalmente establecidos. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

##### Artículo 3.- Objetivos.

Son objetivos de la presente Ley:

1. Promover el desarrollo y fortalecimiento del sector de las telecomunicaciones. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)
2. Fomentar la inversión nacional e internacional, pública o privada para el desarrollo de las telecomunicaciones. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)
3. Incentivar el desarrollo de la industria de productos y servicios de telecomunicaciones. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

4. Promover y fomentar la convergencia de redes, servicios y equipos.  
(amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.)  
(grupotvcable, s.f.)
5. Promover el despliegue de redes e infraestructura de telecomunicaciones, que incluyen audio y vídeo por suscripción y similares, bajo el cumplimiento de normas técnicas, políticas nacionales y regulación de ámbito nacional, relacionadas con ordenamiento de redes, soterramiento y mimetización.  
(amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.)  
(grupotvcable, s.f.)
6. Promover que el país cuente con redes de telecomunicaciones de alta velocidad y capacidad, distribuidas en el territorio nacional, que permitan a la población entre otros servicios, el acceso al servicio de Internet de banda ancha. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.)  
(grupotvcable, s.f.)
7. Establecer el marco legal para la provisión de los servicios públicos de telecomunicaciones como responsabilidad del Estado Central, con sujeción a los principios constitucionalmente establecidos y a los señalados en la presente Ley y normativa aplicable, así como establecer los mecanismos de delegación de los sectores estratégicos de telecomunicaciones y espectro radioeléctrico. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.)  
(ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)
8. Establecer el marco legal para la emisión de regulación ex ante, que permita coadyuvar en el fomento, promoción y reservación de las condiciones de competencia en los mercados correspondientes en el sector de las telecomunicaciones, de manera que se propenda a la reducción de tarifas y a la mejora de la calidad en la prestación de servicios de telecomunicaciones.  
(amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.)  
(grupotvcable, s.f.)

9. Establecer las condiciones idóneas para garantizar a los ciudadanos el derecho a acceder a servicios públicos de telecomunicaciones de óptima calidad, con precios y tarifas equitativas y a elegirlos con libertad así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)
10. Establecer el ámbito de control de calidad y los procedimientos de defensa de los usuarios de servicios de telecomunicaciones, las sanciones por la vulneración de estos derechos, la reparación e indemnización por deficiencias, daños o mala calidad de los servicios y por la interrupción de los servicios públicos de telecomunicaciones que no sea ocasionada por caso fortuito o fuerza mayor. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)
11. Garantizar la asignación a través de métodos transparentes y en igualdad de condiciones de las frecuencias del espectro radioeléctrico que se atribuyan para la gestión de estaciones de radio y televisión, públicas, privadas y comunitarias así como el acceso a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas, precautelando que en su utilización prevalezca el interés colectivo y bajo los principios y normas que rigen la distribución equitativa del espectro radioeléctrico. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)
12. Promover y supervisar el uso efectivo y eficiente del espectro radioeléctrico y demás recursos limitados o escasos de telecomunicaciones y garantizar la adecuada gestión y administración de tales recursos, sin permitir el oligopolio o monopolio directo o indirecto del uso de frecuencias y el acaparamiento. (amazonaws, s.f.) (asambleanacional, s.f.) (ElChuroComunicacion, s.f.) (grupotvcable, s.f.)

## 6.4. Objetivo

Diseñar un sistema GSM utilizando el modelo de propagación COST 232 que permita dotar de cobertura celular al proyecto Urbanístico de la Ciudad de Babahoyo.

### 6.4.1. Objetivos específicos.

- Incrementar la capacidad de conexión móvil en el sector.
- Estudiar el funcionamiento del modelo de propagación COAST 232.
- Elaborar un caso de estudio que simule un sistema GSM, en base a especificaciones técnicas del modelo de propagación COAST 232.

## 6.5. Importancia

Con el despliegue de este sistema GSM en el nuevo sector inmobiliario de Babahoyo y sus alrededores, la CNT EP Los Ríos tendrá un incremento significativo en su plan de negocios tanto masivo como corporativo en el área de telefonía Móvil.

## 6.6. Ubicación sectorial y física

El nuevo sector urbanístico de la ciudad de Babahoyo se encuentra ubicado en el Km 3 de la Vía Babahoyo – Pueblo Nuevo. Este sector es de clase media alta y está formado por 5 urbanizaciones.

CANTON	LOCALIDAD	SECTOR	COORDENADAS		OBSERVACIONES
BABAHOYO	BABAHOYO	NUEVO BABAHOYO	1° 50'30.45"S	79°31'52.51"O	CDLAS. CIUDAD DEL VALLE, VILLA VERONA, RINCON DE CASTILLA, VALLE VERDE Y BOSQUES DEL VALLE

Tabla 3: Ubicación sectorial y física.

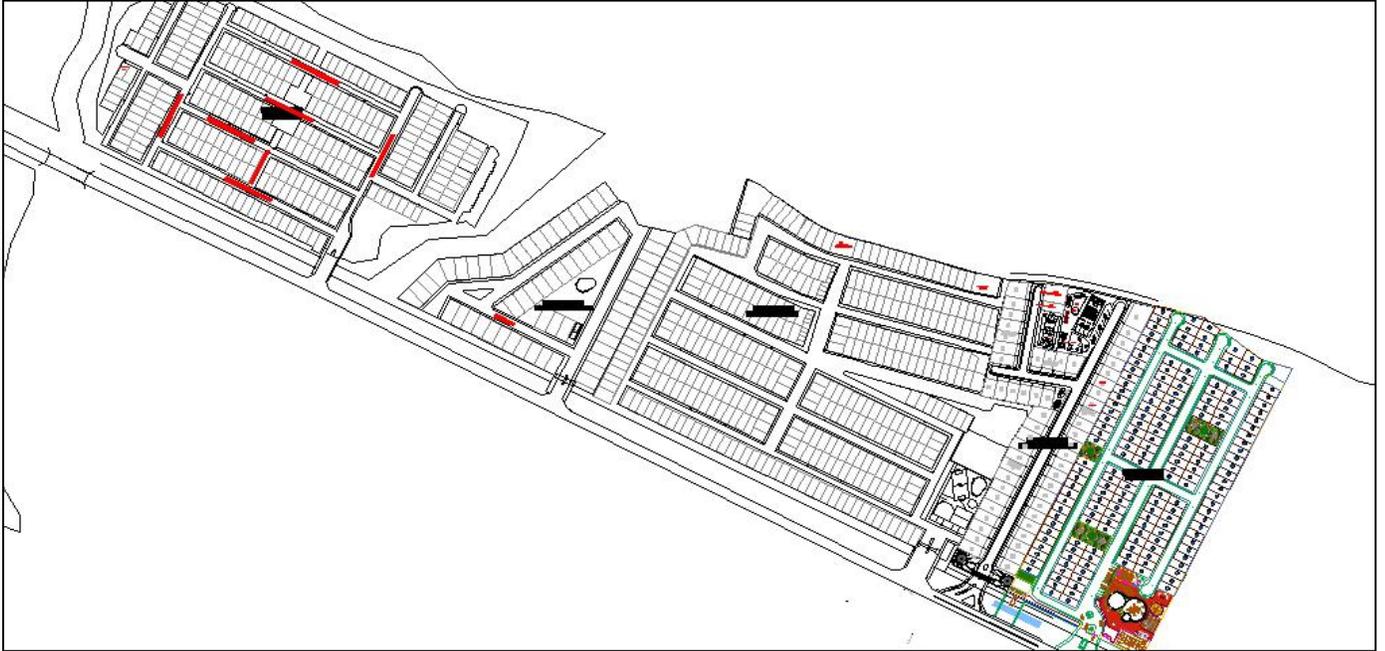
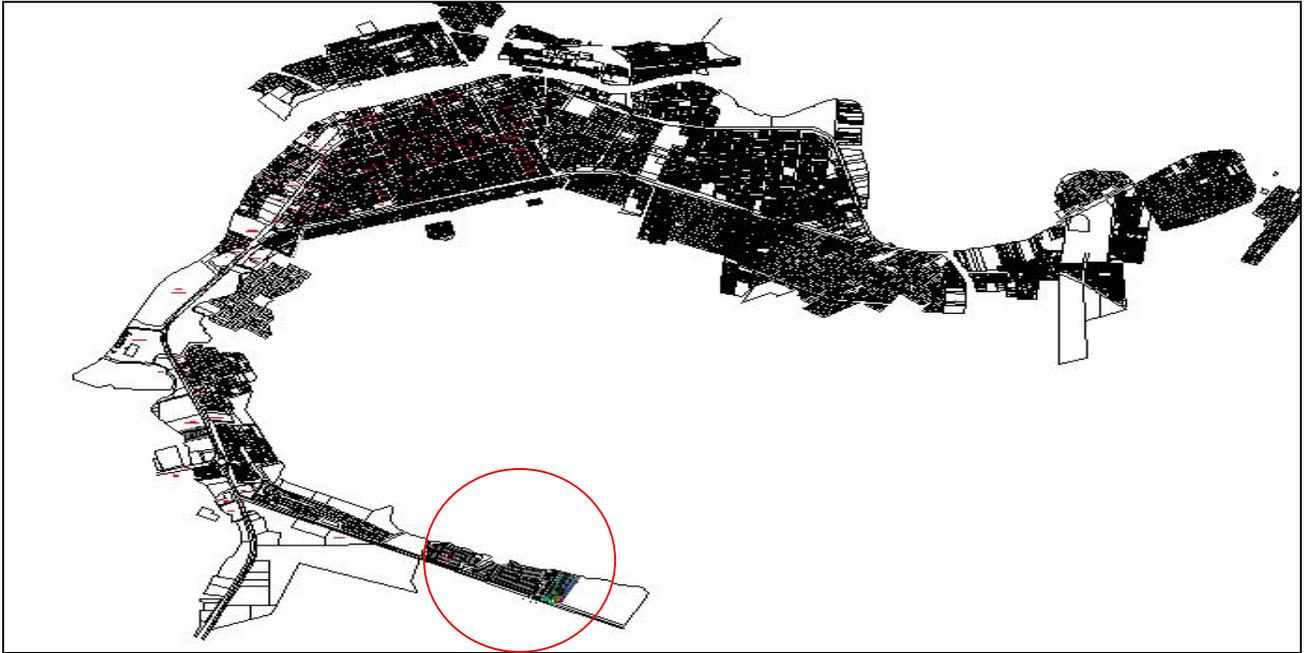


Figura 20 Ubicación sectorial.

## 6.7. Desarrollo de la Propuesta

En este capítulo se realizará el análisis de un caso de estudio el cual servirá para ilustrar los resultados positivos que se pueden obtener cuando se realiza el diseño de un sitio celular con las consideraciones de diseño propuestas en el capítulo anterior.

Este ejemplo se realiza con el objetivo de que este trabajo se convierta en un instrumento importante en la optimización y diseño de las redes de telefonía móvil en nuestro país, mejorando la eficiencia de las mismas y lo cual hará más económica su implementación.

### **Etapa I: Situación problemática.**

#### **A. Selección de los Dispositivos**

La estación base (BTS, Base Transceiver Station) elegida es la RBS 2106 de la firma Ericsson.



Figura 21 RBS 2106

Sus principales características son:

- Bandas de frecuencia soportadas: GSM 800, E-GSM 900, P-GSM 900, GSM 1800, GSM 1900.
- Potencia Tx: 45.2 dBm (GSM 800 / GSM 900) 44.0 dBm (GSM 1800 / GSM 1900)
- Sensibilidad: -110,5 dBm

La antena a utilizar será el modelo TNA800A02 (Antena Compacta Trisector Tribanda), que para la banda de GSM 1900 tiene una ganancia de 15.7 dBi y su patrón de directividad se muestra en la Figura 22.

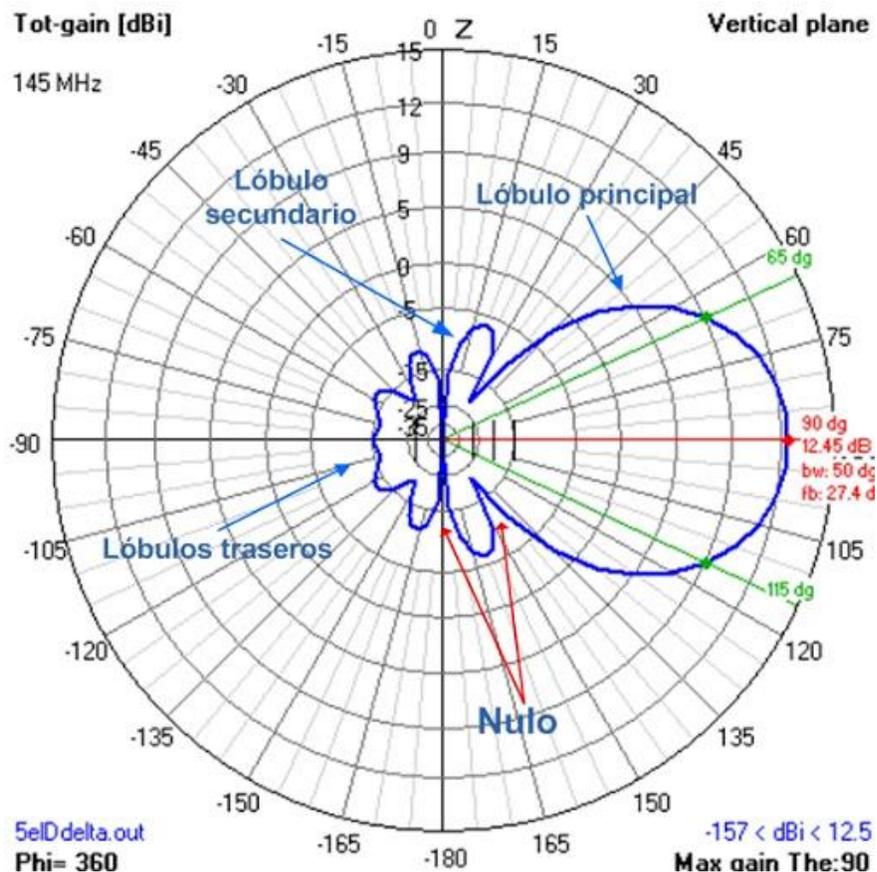


Figura 22 Diagrama de directividad de TNA800A02.

Otros datos necesarios de los equipos que intervendrán en el enlace es la sensibilidad del receptor móvil, que en promedio es de  $S = -100$  dBm, y la ganancia de la antena receptora, valor típico  $GR = 2$  dBi.

### B. Posición de las antenas

Se eligió como lugar de emplazamiento de la BTS la estructura actual de la CNT EP ubicada en la ciudad de Babahoyo en las calles Juan X. Marcos entre Rocafuerte y Eloy Alfaro ( $1^{\circ}48'6,20''S$   $79^{\circ}31'56,9''O$ ).

El lugar en el cuál se encuentra la zona muerta o sin cobertura es la nueva zona inmobiliaria del cantón Babahoyo ( $1^{\circ}50'30,45''S$  -  $79^{\circ}31'52,51''O$ ).

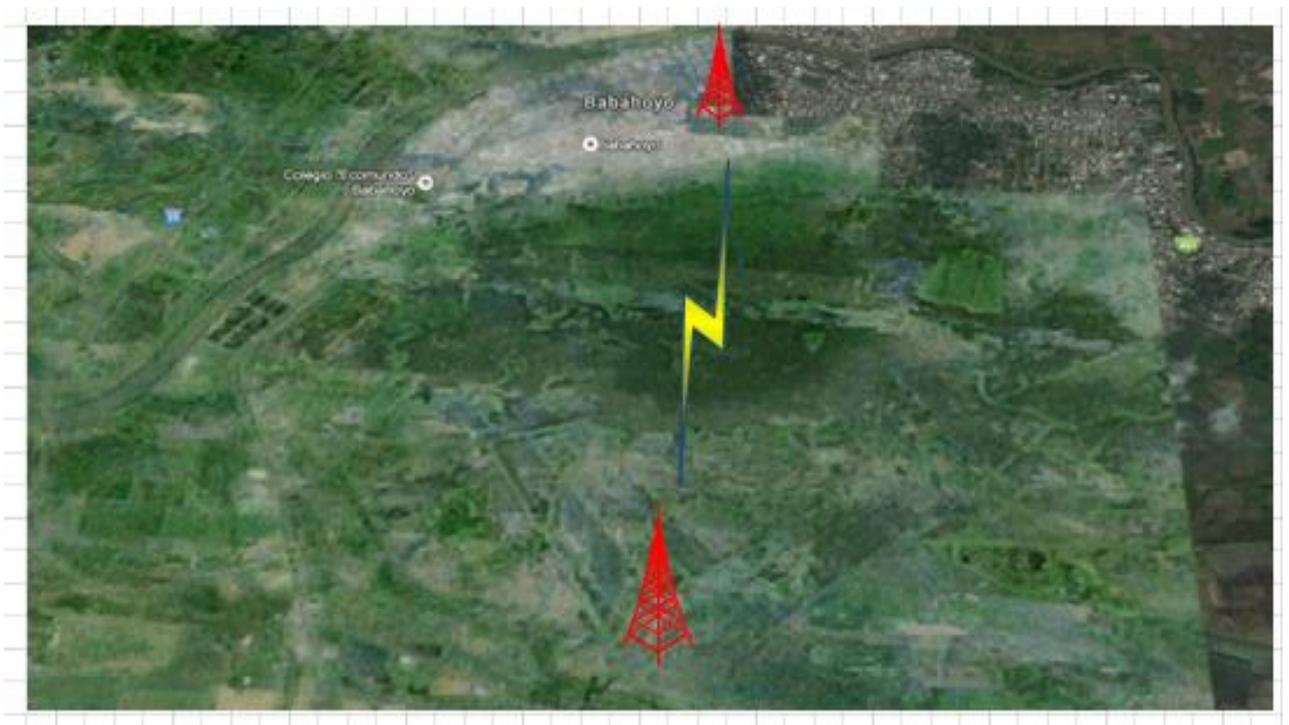


Figura 23 Imagen de la ubicación de las antenas

La distancia  $D$  que une estos puntos es 2.4 km.

La altura efectiva de la antena transmisora hte es 60 m y la altura efectiva de la antena del móvil hre se considera 1.5 m. En cuanto a la frecuencia, en la ciudad de Babahoyo como en el resto de Ecuador se utiliza la banda GSM 1900.

Esta banda utiliza 124 canales de 0.2 MHz, que van desde 1850 – 1910 MHz para enviar información desde la estación móvil a la BTS (uplink) y 1930 – 1990 MHz en la dirección inversa (downlink).

Para los cálculos, se usará la frecuencia  $f_c = 850$  MHz.

### **C. Cálculo del enlace**

Dado que en la zona donde se realizará el enlace existe una gran concentración de edificios de varios pisos, se debe usar la ecuación de pérdidas para entornos urbanos y la del factor de corrección para  $f > 300$  MHz.

#### **$L_{50}(\text{Urbano})_{dB} =$**

$$69,55 + 26,16 \log F_c - 13,82 \log H_{te} - a(H_{re}) + (44,9 - 6,55 \log H_{te}) \log d$$

#### **$a(H_{re}) =$**

$$3,2(\log 11,75 H_{re})^2 - 4,97$$

#### **Datos:**

$F_c$ : 1900Mhz.

$H_{te}$ : 60 mts.

$H_{re}$ : 1,5 mts.

$D$ : 2,4 Km.

Reemplazando, el factor de corrección será:

**A(Hre)dB=**

$$3,2 (\log (11,75*1,5))^2 - 4,97 = -0,001 \text{ dB}$$

Este resultado se puede despreciar ya que es muy pequeño en relación a los otros componentes de la ecuación.

Las pérdidas en el trayecto son:

**L50(Urbano)dB=**

$$69,55 + 26,16 \log 1900 - 13,82 \log 60 + (44,90 - 6,55 \log 60) \log 2,4$$

**L50(Urbano)dB=**

$$69,55 + 76,63 - 24,57 + (44,90 - 11,64) 0,38$$

**L50(Urbano)dB= 134,25 dB**

Con este valor de atenuación del trayecto es posible realizar el cálculo del enlace y verificar si el mismo será exitoso. La ecuación de equilibrio de potencia es:

$$S = P_t - A_{ct} + G_t - L_{50} + G_r - A_{cr} - M$$

**Act:** Atenuación debido a los conectores en la etapa del transmisor= 1dB

**Acr:** Atenuación debido a los conectores en la etapa del receptor= 1dB

$$P_r = S + M = 45,2 - 1 + 15,7 - 134,25 - 1 + 2 = -73,35 \text{ dB}$$

La potencia de señal recibida por el móvil será -73,35 dBm

Y el margen adicional M que tendrá el enlace será:

$$M = Pr - S = 26,65 \text{ dB}$$

## **Etapa II**

En esta etapa es donde se realizará una prueba en el terreno o lugar que se desea diseñar y se le llama CW Test o prueba de onda continua. Esta prueba es aplicada a través de un Drive Test, el cual realiza un análisis de propagación del sitio a diseñar y nos brinda una idea de la intensidad de la señal recibida en varios lugares desde un punto de referencia fijado.

Mediante esta medida se estudian las características existentes del terreno con respecto a los parámetros que influyen sobre la propagación de señales portadoras como los obstáculos no deseados.

Este procedimiento se realiza al colocar un transmisor a la altura de una antena de radiofrecuencia y se transmite a una potencia cercana a - 95 dB, se mide desde un vehículo en movimiento y también estacionado evaluándose las diferentes intensidades de señal recogidas contra una escala de calidad de cero (excelente) a siete (muy mal). Esto les indica a los ingenieros de radiofrecuencia la potencia adecuada que se puede aplicar para poder obtener una cobertura específica.

## **Etapa III**

En esta etapa se realizara con ayuda de los softwares Planet, iPlanner y Odyssey el ajuste del modelo de propagación según la morfología del terreno (rural, urbano, suburbano). Este procedimiento se realiza para poder mejorar la cobertura de las células evitándose obstáculos en la línea de vista. A veces no se puede alterar el terreno para lograr ciertas respuestas que lo definen, por lo tanto el ajuste del

modelo nos brinda la oportunidad de manipular otros parámetros tales como línea de vista (LOS), diversidad, reflexión pues estas pueden mejorar o empeorar la recepción de la señal.

#### **Etapas IV**

En esta cuarta etapa se rediseña el sistema realizándose el Link Budget con los datos obtenidos en las pruebas realizadas anteriormente. Mediante el análisis de estos resultados se facilita el conocimiento de las medidas que se tomarán para poder afrontar y manipular los parámetros principales del terreno en función de lograr un subsistema eficiente.

El conteo de los sitios y estaciones de base corresponde mucho con la compra del equipamiento a instalar. Se tienen que seleccionar las estaciones base que para que puedan adecuar el tráfico que se va a manejar por el subsistema. Las características de las estaciones base son muy selectivas debido a la alta tecnología que ofrecen compañías tales como Nortel Network y Ericsson. Sin embargo se debe realizar la compra tomando en cuenta un presupuesto económico y fiable.

Las estaciones base se limitan por la cantidad de suscriptores y radios que pueden soportar y el tráfico que estas pueden gestionar. Por lo tanto las que se instalan deben cumplir satisfactoriamente con las especificaciones del tráfico.

Para el diseño del Link Budget y para que su funcionamiento sea el más adecuado se deben seguir los pasos que en el capítulo anterior se explicaron y los mismos se exponen a continuación.

**Estimar la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva:** Este dato será tomado de las mediciones realizadas a través del Drive Test que se realizó en las etapas

anteriores y para este ejercicio asumiremos una Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE) de 19.49 Watt .

### **Etapa V**

En esta etapa se realizarán los análisis económicos y de construcción del proyecto.

### **Etapa VI**

En esta etapa los ingenieros presentan las hojas de datos de las antenas, cables coaxiales y sus orientaciones las que servirán para hacer un conteo del material que se utilizará para el diseño.

### **Etapa VII**

Después que los ingenieros presentan sus hojas de datos seguirá la etapa de planificación de la frecuencia y analizándose que en este caso de estudio se toma un área total del sitio de 35 Km<sup>2</sup> y al conocer que un plan de frecuencia en esta área sería muy extenso se decidió tomar una muestra de 10 Km<sup>2</sup> con un radio de célula de  $R = 1.23$  Km. para poder ejemplificar como se realiza esta etapa.

### **Etapa VIII**

Después en la etapa de construcción se realizará una supervisión por parte de los ingenieros en telecomunicaciones y de radiofrecuencias para asegurar que los parámetros propuestos se hayan cumplido durante la construcción de los sitios pero al ser esta una etapa que se realiza en el terreno, para el ejercicio propuesto no será tomado en cuenta, asumiendo que el sitio será construido correctamente.

## **Etapa IX**

Después de estar todo el sistema emplazado se necesita hacer un barrido de frecuencia el cual se realizará con una herramienta llamada "SiteMaster", para probar la eficiencia y efectividad de los alimentadores de las antenas o la orientación de las mismas y servirá para detectar roturas, pérdidas no aceptables u otras anomalías que afecten que las antenas radien a máxima potencia, esto se realiza en el terreno.

## **Etapa X**

La predicción de las interferencias es una etapa importante para mantener la calidad y seguridad del sistema y la forma en que se realiza fue explicada en el capítulo anterior siendo esta también una prueba que se realiza después de construido el sitio en el terreno utilizándose un sistema computarizado llamado "Spectrum Analyzer" o Analizador de Espectro.

## **Etapa XI**

Una vez terminada la implantación del proyecto, este deberá ser documentado para el soporte del proyecto, donde irán las respectivas firmas de responsabilidad.

### **6.8. Impacto**

Mientras más preciso sea el modelo de propagación, se podrá estimar y ajustar los parámetros de funcionamiento del sistema, por ejemplo: la predicción de interferencia, el valor umbral de los traspasos (Handoff threshold), ajuste del nivel de potencia y la instalación de la antena (localización y altura).

## **6.9. Evaluación**

Después de un recorrido por los sistemas digitales de comunicación móvil, especialmente por GSM (Global System for Mobile Communications), se puede obtener una clara idea de la necesidad de realizar diseños óptimos que brinden un alto porcentaje de fiabilidad en el comienzo y a través de la explotación del mismo, siendo la etapa de diseño una de las más importantes cuando se crea el sistema.

Consideraciones de diseño que sean bien establecidas darán al sistema una robustez y rentabilidad a la vez que reducirán los costos, no sucediendo lo mismo en los sistemas con un diseño deficiente por causa de las pérdidas que pudieran ocurrir o por un mal dimensionamiento del mismo.

Por lo anterior dicho las consideraciones para el diseño de los subsistemas de estación base en entornos GSM (Global System for Mobile Communications) que en este trabajo se han propuestos deben ser ejecutadas con un gran rigor para que una red o sistema funcione eficientemente pues las consideraciones aquí planteadas han sufrido una serie de análisis y selecciones para dejar solamente las más importantes e imprescindibles concluyendo que una violación de una de ellas en un diseño aseguraría el fracaso de la eficiencia del sistema.

## Bibliografía.

Córdoba, J. L. (24 de marzo de 2012). ceres. Recuperado el 11 de Febrero de 2015, de <http://ceres.ugr.es/~jlpc/>

amazonaws. (s.f.). noticias. Obtenido de <http://esilecdata.s3.amazonaws.com/Comunidad/Noticias/56701117-a093-4013-bf62-db06ffe3e6f6.pdf>

asambleanacional. (s.f.). Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Obtenido de [http://www.asambleanacional.gob.ec/es/system/files/ro\\_ley\\_organica\\_de\\_telecomunicaciones\\_ro\\_439\\_tercer\\_suplemento\\_del\\_18-02-2015.pdf](http://www.asambleanacional.gob.ec/es/system/files/ro_ley_organica_de_telecomunicaciones_ro_439_tercer_suplemento_del_18-02-2015.pdf)

ceres. (s.f.). gsm23. Obtenido de [http://ceres.ugr.es/~alumnos/c\\_avila/gsm23.htm](http://ceres.ugr.es/~alumnos/c_avila/gsm23.htm)

Córdoba, J. L. (24 de marzo de 2012). ceres. Recuperado el 11 de Febrero de 2015, de <http://ceres.ugr.es/~jlpc/>

Cruz., Á. P. (23 de septiembre de 2012). icesi. Recuperado el 20 de marzo de 2015, de [http://www.icesi.edu.co/contenido/pdfs/apachon\\_gsm.pdf](http://www.icesi.edu.co/contenido/pdfs/apachon_gsm.pdf)

cujae. (s.f.). 67. Obtenido de <http://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/67/html>

cujae. (s.f.). printerFriendly. Obtenido de <http://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/rt/printerFriendly/67/html>

Ecuador, A. N. (8 de febrero de 2015). Asamblea Nacional de la República del Ecuador. Recuperado el 5 de mayo de 2015, de [http://www.asambleanacional.gob.ec/es/system/files/ro\\_ley\\_organica\\_de\\_telecomunicaciones\\_ro\\_439\\_tercer\\_suplemento\\_del\\_18-02-2015.pdf](http://www.asambleanacional.gob.ec/es/system/files/ro_ley_organica_de_telecomunicaciones_ro_439_tercer_suplemento_del_18-02-2015.pdf)

ElChuroComunicacion. (s.f.). Ley de telecomunicaciones. Obtenido de <http://es.slideshare.net/ElChuroComunicacion/ley-de-telecomunicaciones-informe-segundo-debate>

Fundación Wikimedia, Inc. (12 de marzo de 2013). Wikipedia. Recuperado el 5 de febrero de 2015, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Discusi%C3%B3n:Circuit\\_Switched\\_Data](https://es.wikipedia.org/wiki/Discusi%C3%B3n:Circuit_Switched_Data)

GÓMEZ, P. M. (18 de septiembre de 2005). UNAM. Recuperado el 19 de abril de 2015, de [http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis\\_Patricia\\_Sanchez.pdf](http://profesores.fi-b.unam.mx/victor/LTesis_Patricia_Sanchez.pdf)

grupotvcable. (s.f.). ley\_organica\_de\_telecomunicaciones. Obtenido de [https://www.grupotvcable.com/wp-content/uploads/2015/07/ley\\_organica\\_de\\_telecomunicaciones.pdf](https://www.grupotvcable.com/wp-content/uploads/2015/07/ley_organica_de_telecomunicaciones.pdf)

GSM, 2. C. (17 de mayo de 2010). bibdigital. Recuperado el 26 de marzo de 2015, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2288/1/CD-2971.pdf>

gsmspain. (s.f.). info tecnica. Obtenido de [http://www.gsmspain.com/info\\_tecnica/gsm/index6.php](http://www.gsmspain.com/info_tecnica/gsm/index6.php)

icim. (s.f.). EvolucionTelefoniaCel. Obtenido de <http://icim.com/files/EvolucionTelefoniaCel.doc>

icim. (s.f.). TecnologiaWireless. Obtenido de <http://www.icim.com/files/TecnologiaWireless.doc>

Jiménez, L. M. (15 de mayo de 2013). riunet. Recuperado el 20 de febrero de 2015, de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29405/Mu%C3%B1oz\\_Jim%C3%A9nez\\_Laura.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29405/Mu%C3%B1oz_Jim%C3%A9nez_Laura.pdf?sequence=1)

Laverde, R. P. (5 de marzo de 2012). slideshare. Recuperado el 26 de abril de 2015, de <http://es.slideshare.net/Kelwiin/telefon%C3%ADa-celular-cdmagnumts>

Leivic, G. (23 de mayo de 2011). geocities. Recuperado el 12 de marzo de 2015, de <http://www.geocities.ws/maigualidamarin/fase2/t3.html>

López, R. B. (12 de diciembre de 2011). Evaluación de modelos de propagación de canal inalámbrico. Recuperado el 24 de julio de 2015, de <http://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/67/html>

maigualidamarin. (s.f.). t3. Obtenido de <http://www.geocities.ws/maigualidamarin/fase2/t3.html>

Martinez, J. (6 de junio de 2012). Politecnica Unv. Javeriana. Recuperado el 2 de abril de 2015, de [http://cic.puj.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:daysenr:daysenr\\_-\\_calidad\\_de\\_servicio\\_qos\\_.pdf](http://cic.puj.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:daysenr:daysenr_-_calidad_de_servicio_qos_.pdf)

Masabanda., A. L. (8 de octubre de 2014). espol digipath. Recuperado el 17 de marzo de 2015, de [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-99114.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-99114.pdf)

Mateu, M. (5 de mayo de 2011). Recuperado el 25 de marzo de 2015, de [https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/63614/mod\\_resource/content/1/Canal\\_Radio\\_parte1.pdf](https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/63614/mod_resource/content/1/Canal_Radio_parte1.pdf)

mdpropagacion. (s.f.). modelo-okamura. Obtenido de <http://mdpropagacion.blogspot.com/2013/07/modelo-okamura.html>

Morales, J. I. (8 de junio de 2012). Universidad Tecnica Nacional Argentina. Recuperado el 14 de junio de 2015, de <https://utn.academia.edu/JuanIgnacioMorales>

Raikel Bordón López, R. A. (15 de octubre de 2012). Revista Cubana de Ingenieria. Recuperado el 12 de junio de 2015, de <http://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/67/html>

Rios, F. J. (5 de agosto de 2013). bibing. Recuperado el 3 de marzo de 2015, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11091/fichero/Planificacion+Radioelectrica+de+una+red+GSM+para+la+ciudad+de+Sevilla%252F2+Aspectos+teoricos.pdf>

Socorro, G. (10 de octubre de 2011). scrib. Recuperado el 18 de abril de 2015, de [https://es.scribd.com/guillermo\\_socorro\\_2](https://es.scribd.com/guillermo_socorro_2)

tenerife.es. (s.f.). PTEOTelecomunicaciones. Obtenido de <http://www.tenerife.es/planes/PTEOTelecomunicaciones/adjuntos/A2-001.pdf>

Universidad de las Américas Puebla (UDLAP). (15 de junio de 2013). Universidad de las Américas Puebla (UDLAP). Recuperado el 14 de abril de 2015, de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/hernandez\\_c\\_a/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_c_a/capitulo3.pdf)

VALDERRAMA, S. M. (16 de Mayo de 2011). myslide. Recuperado el 4 de febrero de 2015, de <http://myslide.es/documents/aprendiendo-telecomunicaciones.html>

## Anexos

Quevedo, 16 Septiembre del 2015.

Ing.

Roque Luis Gonzaga Vivas Moreira, MSc.

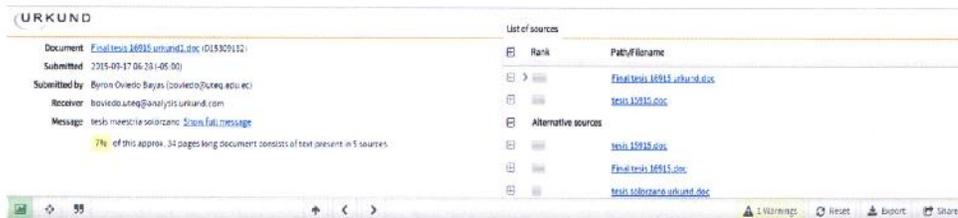
**DIRECTOR DE LA UNIDAD DE POSGRADO UTEQ**

Presente.-

De mis consideraciones:

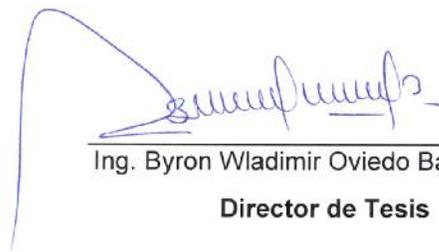
Ing. Byron Wladimir Oviedo Bayas, MSc, en calidad de Director de la Tesis de maestría, cuyo tema es: **"CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA SUBSISTEMAS DE ESTACIONES BASE EN ENTORNOS GSM PARA LA CNT EP LOS RIOS". AÑO 2015.**", me permito manifestar a usted y por su intermedio al Consejo Académico de posgrado lo siguiente:

Que, el señor Ing. Cristhian Augusto Solórzano Moreno, egresado del Programa de maestría en Conectividad y Redes de Ordenadores, ha cumplido con las correcciones pertinentes, de acuerdo al reglamento de Graduación de Posgrado de la UTEQ, e ingresada su tesis de grado al sistema URKUND, tengo bien certificar la siguiente información sobre el informe del sistema reflejando un porcentaje del 7%



The screenshot displays the URKUND interface. On the left, document details are shown: Document ID (FinalTesis.16915.arkund.doc), Submission Date (2015-09-17 06:28:45:00), Submitted by (Byron Oviedo Bayas), Receiver (boviedo@analisis.arkund.com), and Message (tesis maestría solorzano). A progress indicator shows 7% completion. On the right, a 'List of sources' table lists document paths and filenames. The table has columns for Rank and Path/filename. The sources listed are: FinalTesis.16915.arkund.doc, tesis.16915.doc, tesis.16915.doc, FinalTesis.16915.doc, and tesis.solorzano.arkund.doc. The interface includes navigation icons and a status bar at the bottom with '1 Warnings', 'Reset', 'Export', and 'Share' options.

Rank	Path/filename
	FinalTesis.16915.arkund.doc
	tesis.16915.doc
	tesis.16915.doc
	FinalTesis.16915.doc
	tesis.solorzano.arkund.doc



Ing. Byron Wladimir Oviedo Bayas, MSc  
**Director de Tesis**

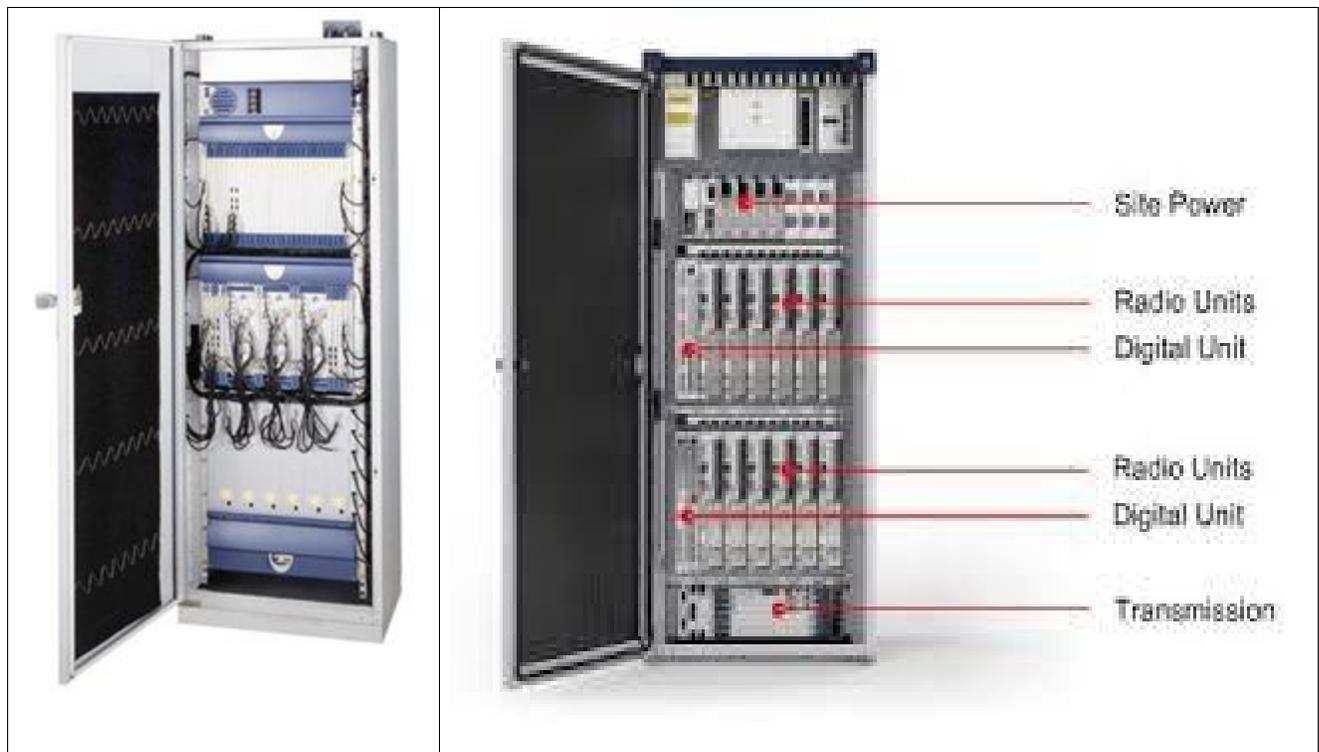
## ANEXO I

Tipo de canal	Denominación		Descripción
Canales de Tráfico (Traffic Channel-TCH)	TCH/FS		S: Voz (Speech) 9.6: Datos a 9600 bps.
	TCH/F9.6		4.8: Datos a 4800 bps 2.4: Datos a 2400 bps.
	TCH/F4.8		F: Full Rate. La información de un usuario se envía en una ranura de tiempo, en cada trama.
	TCH/F2.4		
	TCH/HS		H: Half Rate. La información de un usuario se envía en una ranura de tiempo, trama de por medio. Dos usuarios comparten una misma ranura en diferentes instantes de tiempo.
	TCH/H4.8		
	TCH/H.24		
Canales de Control (Control Channel-CCH)	Canales de Broadcast (Broadcast Channels) -BCH-	BCCH	Canales de control utilizados para permitir el enganche de los móviles y el monitoreo de las potencias de los móviles en celdas vecinas (MAHO).
		FCCH	
		SCH	
	Canales Comunes de Control (Common Control Channels) -CCCH-	PCH	Estos canales permiten el establecimiento de las llamadas y la asignación de canales de control.
		RACH	
		AGCH	
	Canales de Control Dedicados (Dedicated Control Channels) -DCCH-	SDCCH	Canales de control bidireccionales utilizados para prestar los servicios de señalización y supervisión al usuario.
		SACCH	
		FACCH	

## ANEXO II

## RBS 2206

RBS 2206 es una gran capacidad, poco espacio interior macro estación base que soporta hasta doce transceptores por gabinete. Es posible construir una, dos y tres configuraciones sectoriales, incluyendo configuraciones de banda dual en un gabinete.



De la familia RBS 2000 2206 es hasta la fecha el más poderoso de RBS de interior en el mundo. Manteniendo las características exitosas de la cartera de RBS 2000 existente y mejorar la funcionalidad, así como la operación y mantenimiento hace que el RBS 2206 la solución más rentable para el crecimiento de los operadores GSM.

La familia RBS 2000 es compatible con una amplia gama de aplicaciones que van desde la cobertura extrema a la capacidad extrema. Ser miembro RBS 2000 garantiza la convivencia con la base instalada de 200 y RBS RBS 2000 productos. Sincronización basada características BSS de Ericsson asegurar que los transceptores de diferentes generaciones de estaciones base de radio pueden formar fácilmente células comunes.

Parte del concepto crecer-en-sitio, ya que se está convirtiendo cada vez más difícil de encontrar nuevos sitios de estaciones base, es de gran interés para permanecer en los sitios existentes el mayor tiempo posible. Espacio del sitio es a menudo un factor limitante para el crecimiento de la capacidad. El poderoso RBS 2206, incluido en crecer-caja de herramientas en el lugar de Ericsson, aborda este problema. En muchos sitios, dos o más gabinetes existentes pueden ser sustituidos por uno RBS 2206, resolviendo así el problema de espacio web, haciendo espacio para otro gabinete.

Esto es de gran importancia, ya que permite reutilizar y colocar el equipo GSM y WCDMA. El RBS 2206 allanará el camino para WCDMA.

El 2206 Estación Base GSM Macro cubierta RBS capacidad Doblado - rendimiento superior - mismo espacio El RBS 2206 armario 12-transceptor tiene la misma huella que RBS 2202, pero se ha duplicado la capacidad, gracias a los nuevos transceptores de doble capacidad y Combinadores. La Unidad de transceptor doble, DTRU, tiene algunas características de gran alcance.

El RBS 2206 tiene mejor potencia de salida de los actuales RBS 2000 productos, que son los mejores en el mercado hoy en día. Las actuaciones de radio medios mejorados aumentaron la distancia de sitio a sitio, y por lo tanto, un menor número de sitios.

El RBS 2206 viene con dos nuevos Combinadores extremadamente flexibles. Ejemplos de configuraciones admitidas por el combinador filtro (CDU-F) son 3x4, 2x6, 1x12 y 8 + 4 en un solo gabinete. CDU-F soporta hasta 12 transceptores con una sola antena de doble polarización. El otro combinador (CDU-G) se puede configurar en dos modos: el modo de capacidad y el modo de cobertura, lo que es muy flexible. En el modo de cobertura, la potencia de salida de la CDU-G se incrementa, lo que es perfecto para los sitios rurales o cuando se requiere el despliegue rápido a un costo mínimo.

### **Características principales**

- Seis equipos transceptores dobles ( DTRU ); es decir, 12 transceptores tres sectores en un gabinete
- Excelente rendimiento de RF
- Filtro y sintetizado híbrido que combina una, dos, o de banda base y la frecuencia de salto.
- Soporta 12 transceptores EDGE en todos los intervalos de tiempo
- Soporta GSM 800, 900, 1800 y 1900 MHz
- Rango extendido 121 km.
- Duplexor y apoyo TMA en todas las configuraciones
- Cuatro puertos de transmisión que admiten hasta 8 Mbit / s
- Opcional integrado en la transmisión de los equipos de transmisión
- Preparado para GPS asistida servicios de posicionamiento

## Technical specification for RBS 2206

Frequency band:	GSM 800, E-GSM 900, P-GSM 900, GSM 1800, GSM 1900
Tx:	869–894, 925–960, 1805–1880, 1930–1990 MHz
Rx:	824–849, 880–915, 1710–1785, 1850–1910 MHz
Number of transceivers (per cabinet):	2–12
Number of sectors:	1–3
Dimension (H x W x D):	1650 x 600 x 400 mm (725/6 x 233/5 x 153/4 in.) including installation frame
Weight:	230 kg (506 lbs.) fully equipped
Power into antenna feeder:	35 W / 45.5 dBm (GSM 800 / GSM 900) 28 W / 44.5 dBm (GSM 1800 / GSM 1900) With TCC activated, add 2.5 dBm to above values
Receiver sensitivity:	-111 dBm (dynamic, without TMA and diversity gain)
Power supply:	120 – 250V AC, 50 / 60 Hz -43 – -72V DC, +20.5 – +29V DC
Battery backup:	Optional external
Operating temperature:	+5°C – +40°C (+41°F – +104°F)

### RBS 2102- Estación base de la firma Ericsson:



La RBS 2102 es una RBS para exterior que soporta hasta seis transmisores-receptores por gabinete. Se puede utilizar en configuraciones de 1, 2 y 3 sectores.

La RBS 2102 es normalmente montada en piso o en azoteas y provee un gabinete durable, resistente y a prueba de agua. Soporta una batería de respaldo integrada, para una configuración de seis TRUs de hasta cuatro horas.

### **Características Importantes:**

- Seis transmisores-receptores.
- Desempeño Superior de Radio.
- Implementación Rápida.
- Ambiente exterior.
- Resistente presentación.
- Opcionalmente, incluye equipo de transmisión integrado.
- Salto de frecuencia (Frequency hopping).
- Codificación de voz en Full y Half Rate.
- Soporta Amplificadores montados en torre.
- Batería de respaldo integrada y opcional externa.
- Soporta HCS.
- Soporta GPRS, HSCSD, datos de 14.4 Kbits/s.
- Soporta DXX y Mini DXC.

- Soporta equipo de microonda (MINI-LINK de Ericsson).
- Soporta GSM extendido.
- Doble Banda.

### Especificaciones Técnicas:

Banda de Frecuencia	E-GSM 900, GSM 1800, GSM 1900
Tx:	925-960, 1805-1880 o 1930-1990 MHz
Rx:	880-915, 1710-1785 O 1850-1910 MHz
Número de Transceivers	1-06
Número de Sectores	1-03
Interfaz de Transmisión	1.5 Mbits/s (T1), 2 Mbits/s (E1)
Dimensiones (Alto x Ancho x Profundo)	1614 x 1300 x 710 mm
Peso sin baterías	480 kg
Potencia al alimentador de la Antena	28 W / 44.5 dBm (GSM 900) 22 W / 43.5 dBm (GSM 1800 y GSM 1900)
Sensitividad del Receptor	<= -110 dBm
Suministro de Energía	100-127 / 200-250 V AC, 50/60 Hz
Batería de respaldo integrada	Típica, 4 horas (totalmente equipada)
Temperatura de Operación	-33°C - +45°C
Protección contra Agua	Nivel Mínimo IP55 en IEC 529

## **BSC/TRC- Controlador de estación base de la firma Ericsson:**

Basado en la nueva plataforma AXE, el BSC es un nodo BSC independiente sin transcoders que soporta hasta 1020 Transmisores-receptores. Utiliza recursos de transcoder de una central BSC/TRC (nodo combinado de BSC y Transcoder) o de una TRC (nodo Transcoder puro).

El BSC se conecta al BSC/TRC o al TRC vía la interfaz A-ter. Cada enlace de 2 Mbits/s soporta hasta 124 canales de tráfico (TCHs) en la interfaz A-ter. Se controla remotamente desde un OMC. Ya que el BSC está localizado cerca de las radio bases y concentra el tráfico hacia el MSC, los costos de transmisión se reducen.

La plataforma de hardware AXE en la cual el BSC está basado, provee nuevos beneficios para el operador, principalmente en área base. Menor área base facilita la adquisición de los sitios, se traduce también en instalaciones más fáciles y rápidas, menor consumo de energía, menores costos de operación y mantenimiento, etc.

### **Características Clave:**

- Área base reducida.
  
- Consumo de Energía reducido, Alta capacidad.
  
- Modularidad y flexibilidad en la topología de la red.
  
- Costos reducidos de transmisión.
  
- Expansiones fáciles (sólo añadir el gabinete), Control remoto.
  
- Reducción de costos de O&M y refacciones (menor hardware, menos tipos de

tarjetas).

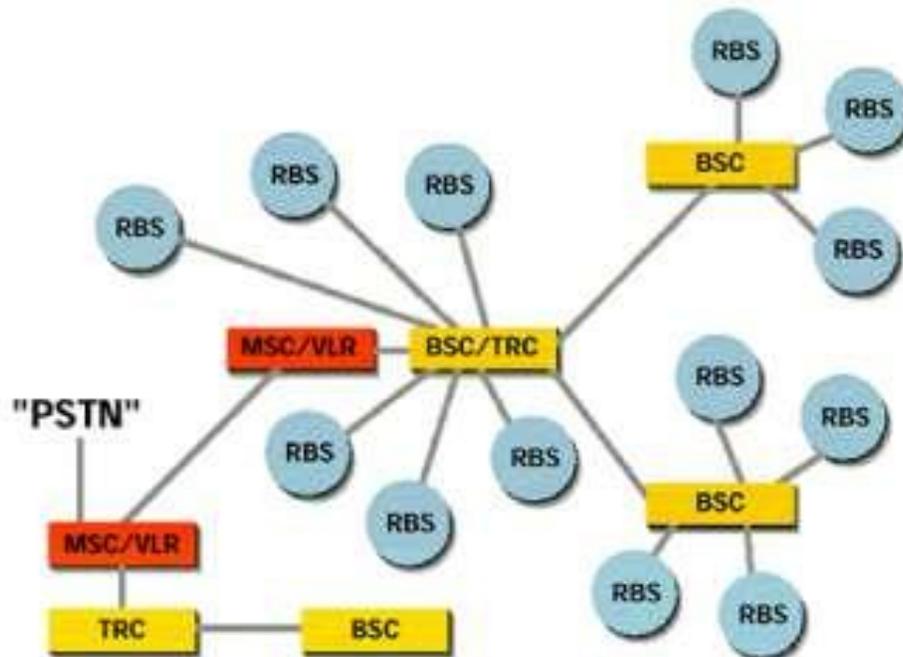
- Menores tiempos de entrega e instalación (pre-equipado y pre-probado directamente al sitio).
- Mayor confiabilidad, Compatible con la Clase B de EMC.

### Topologías BSS

-El BSC está optimizado para redes rurales y áreas suburbanas. Es típicamente localizado cerca de las radio bases para reducir costos de transmisión.

-El BSC/TRC es adecuado para redes de área urbana y suburbana. Hasta 15 BSC pueden conectarse a un nodo BSC/TRC y compartir los mismos recursos del TRC.

-Un nodo TRC permite una localización flexible de los recursos del transcoder. Hasta 16 BSCs se pueden conectar a un TRC para compartir los recursos del transcoder.



## **Configuraciones**

Procesadores APZ-212-25 e interfaz IOG-20C se incluyen en todas las configuraciones. Un Switch de grupo (Group Switch) de 4K se incluye en las configuraciones de baja capacidad.

Para un BSC/TRC de alta capacidad, se necesita un group switch de 16K. Las extensiones se logran añadiendo gabinetes o magazines de extensión. Al combinar los beneficios de tres productos, se puede construir la solución de BSS más flexible del mercado.

Especificaciones Técnicas del controlador de Estaciones Base (BSC) del Sistema GSM Ericsson con interfaz ETSI de 2Mbits/s.

## **Anexo III**

### **Controlador de estación base (BSC) 3000 (BSCe3)**

El Univity BSCe3 responde a GSM mercado densificación necesita. diseñado para satisfacer la creciente demanda de tráfico tanto en lados de voz y datos , el gabinete solo BSC puede crecer de una capacidad de tráfico de 600 Erlangs a 3000 Erlangs simplemente por añadiendo la gestión del tráfico adicional unidades.

Para asegurar una introducción suave, la Univity BSCe3 coexistirá con el Univity BSC2G existente bajo la gestión de la misma MAC-R. Eso ofrece un camino de evolución que permite crecimiento y características de apoyo para hacer frente eficientemente con los requisitos de los operadores.

El Univity BSCe3 ofrece una alta capacidad y la conectividad al tiempo que ofrece un eficiente gestión de recursos de radio y llamadas la calidad en particular mediante el apoyo de AMRC (Adaptive Multi Rate Codec) y EDGE. Cuando se trata de un servicio que ofrece diferenciación en el mercado, el Univity BSCe3 no le defraudará.

La satisfacción del cliente a través de una alta fiabilidad La tela y la arquitectura tolerante a fallos del Univity BSCe3 proporcionar los operadores con la más alta disponibilidad del servicio. La disponibilidad 99,999 por ciento de la Univity BSCe3 se traduce en un promedio cinco minutos el tiempo de inactividad al año.

Este alta fiabilidad se logra mediante un fallo arquitectura tolerante y redundancia completa (Redundancia 1 + 1 hot standby o N + P reparto de carga) para todos los módulos de hardware, incluyendo los módulos de interfaz PCM.

El extremadamente alto MTBF y la rápida localización y corrección de cualquier problema a través del sistema de diagnóstico sofisticado tiene por objeto garantizar que el servicio es rara afectados.

Esto permite al operador alcanzar los objetivos de eficiencia operativa, mientras que el cumplimiento de los altos estándares exigidos del mercado, y proporciona a los usuarios finales con una experiencia de servicio final.

### **Características:**

Alta capacidad, conectividad y flexibilidad: Puede incrementar su tráfico desde 600 Erlangs hasta 3000 Erlangs.

Alta fiabilidad - Arquitectura de tolerancia de fallos y redundancia completa.

Bajo costo de propiedad - Plataforma fiable y mantenimiento fiable.

Ejemplo de equipamiento Nortel Networks, Estación base (BTS) conocido como:  
Univity GSM S12000 BTS

Technical Specifications:		Indoor	Outdoor
Frequency range		900 MHz GSM / 900 MHz Extended GSM 1800 MHz GSM and Dual Band GSM 900 / 1800 850 MHz GSM 1900 MHz GSM and Dual Band GSM 850 / 1900	
Receive sensitivity	w/o diversity with diversity	-110 dBm guaranteed (w/o TMA) -115 dBm guaranteed (w/o TMA)	
Dimensions	Height	1950 mm	1910 mm
	Width	910 mm	1350 mm
	Depth	450 mm	650 mm
Weight	Empty cabinet	170 kg	200 kg
	Fully equipped	415 kg	570 kg
Capacity	Standard	12 TRX per radio cabinet Up to 3 radio cabinets Up to 4 radio cabinets	
	Future option		
Configuration	Monoband Trisectorial	Up to S16-16-16 (4 radio cabinets) S222, 222 (1 radio cabinet)	
	Dual Band Trisectorial	Mono-BCCH dual band cells Cell splitting across radio cabinets	
Amplifier output power	Standard	30W (+/- 0.5 dB) GMSK 30W (+/- 0.5 dB) 8-PSK EDGE	
	Optional	60W (+/- 0.5 dB) GMSK* 45W (+/- 0.5 dB) 8-PSK	
Transmission coupling		All coupling configurations From Duplexers to 4 Ways Hybrid Coupling (H4D)	
Power control	Static	6 steps of 2 dB	
	Dynamic	15 steps of 2 dB	
Space for customer Equipment Frequency Hopping		NA	6U RF Synthetised
Supported vocoders		Full Rate (FR) Enhanced Full Rate (EFR) Adaptive Multi-Rate - Full Rate (AMR FR) Adaptive Multi-Rate - Half Rate (AMR HR)	
Encryption algorithms		A5/1 & A5/2	
Power supply	Nominal	DC -48 V   Single, single-split or tri-phase 230V (50/60Hz) AC Integrated battery backup Optional ancillary battery cabinet	
Operational temperature range		-5°C to +45°C	-40°C to +50°C
Max acoustic noise		65 dB(A)	
Backhaul	Standard	6 E1 / T1 links	
	Future option	8 E1 / T1 links	

\* Frequency dependant