UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RADIOPROPAGACIÓN Y COBERTURA DE ESTACIONES BASE DE TELEFONÍA CELULAR

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
MENCIÓN: TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

JOSÉ ALBERTO DÍAZ ZEGARRA

LIMA - PERÚ

2006

A mis Padres: Julio y Victoria

A mi esposa: Victoria

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi agradecimiento a los docentes de la sección de post grado de la Universidad Nacional de Ingeniería por la formación que me brindaron y en particular a mis asesores, el Dr. Guillermo Kemper Vásquez y el MSc José Luis Muñoz Meza, quienes con su paciencia, sus conocimientos y su decisiva participación ayudaron en la culminación de la presente tesis. Mi agradecimiento también a los Ingenieros Especialistas: el Dr. Jorge Del Carpio y el Dr. Carlos Valdez por su contribución en el mejoramiento del presente trabajo.

Mi agradecimiento muy especial a los Ingenieros: Oscar Salaverry Cardó, Naylamp López y Hugo Calderón quienes me brindaron su amistad y me apoyaron con hardware y sus amplios conocimientos en la ingeniería de campo de la telefonía celular.

Mi agradecimiento a la Dra. Teresa Núñez, jefa de la sección de Post Grado, a mis amigos y personal administrativo de la FIEE, que directa o indirectamente estuvieron involucrados en el presente trabajo de Tesis.

A mis padres Victoria y Julio por su aliento y apoyo incondicional, a mis hermanos Walter y Richard, a mi esposa Victoria por su gran paciencia y darme siempre animo para concluir el presente trabajo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Diseño e Implementación de un Software para el cálculo de los Niveles de Radiopropagación y cobertura de estaciones base de Telefonía Celular

TESIS:

Para Optar el Grado de Maestro en Ciencias
Mención: Telecomunicaciones

PRESENTADO POR

Díaz Zegarra, José Alberto

LIMA - PERU

RESUMEN

A través de esta tesis se implementa una herramienta computacional en ambiente visual, capaz de realizar el análisis de cobertura de una estación base de telefonía celular, a partir de parámetros proporcionados por el fabricante de la antena y de los datos digitales correspondientes a la topografía del lugar. El software implementado tiene interfases gráficas para ingresar los parámetros de la antena, patrón de radiación, etc. y coordenadas de la ubicación.

El programa presenta un informe visual de la cobertura mediante un código de colores, indicando los diferentes niveles de recepción y el informe sobre los datos obtenidos del cálculo de cobertura de una estación base, usando modelos matemáticos para sistemas en ambientes abiertos.

Se realiza la implementación de una estación base celular de pruebas, consistente en un transmisor de telefonía celular en la banda de 800 MHz, una antena sectorial, un GPS y un equipo de pruebas para determinar los niveles recibidos, luego estos niveles son comparados con los teóricos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

Design Implementation of a software to Calculate Levels of Radiopropagation and covering of base stations of Cellular Telephony

THESIS:

For obtain the degree of Master in Science
Mention: Telecommunications

PREPARED BY

Díaz Zegarra, José Alberto

LIMA - PERU

ABSTRACT

Through this thesis a tool computacional is implemented in visual enviroment, able to carry out the analysis of covering of a station base of cellular telephony, starting from parameters provided by the maker of the antenna and of the digital data corresponding to the topography of the place. The implemented software has graphic interfaces to enter the parameters of the antenna, radiation pattern, etc. and coordinated of the location.

The program present a visual report of the covering by means of a code of colors, indicating the different reception levels and the report on the obtained data of the calculation of covering of a station bases, using mathematical models for systems outdoor.

It is carried out the implementation of a kit of tests, consistent in a transmitter of cellular telephony in the band of 800 MHz, a sectorial antenna, a GPS and a equipment of tests to determine the received levels, then these levels are compared with the theoretical ones.

Tabla de Contenido

Capítulo 1

Introducción 1

1.1 Antecedentes 1

1.2 Descripción de este documento 2

1.3 Formulación del problema 4

1.4 Objetivo de la tesis 4

Capítulo 2

Antenas Para Estaciones Base 5

2.1 Principales parámetros de antenas 5

2.1.1 Potencia de Radiación 5

2.1.2 Resistencia de pérdidas 6

2.1.3 Impedancia de Entrada 7

2.1.4 Relación de ondas estacionaria y pérdida por retorno 7

2.1.5 Potencia efectiva radiada 8

2.1.6 Directividad de las antenas 8

2.1.7 Ganancia de antena 11

2.1.8 Ancho del lóbulo principal 13

2.1.9 Relación adelante atrás 13

2.1.10 Lóbulos laterales y Nulos 13

2.1.11 Relación de polarización cruzada 14

2.1.12 Beam Squint 14

2.1.13 Relación de potencia sectorial 15

2.1.14 Inclinación del haz principal 16

2.1.14.1 Inclinación Mecánica 16

2.1.14.2 Inclinación Eléctrica 16

2.2 Relaciones del patrón de radiación con otros parámetros 17

2.2.1 Relación con la ganancia de una antena o arreglo de antenas 18

2.2.2 El patrón y ganancia de un arreglo de antenas 18

2.2.3 Relación entre ganacia y ancho de haz 19

2.3 Suma y diferencia de patrones de radiación 19

2.4 Diversidad en la recepción 20

2.4.1 Diversidad de polarización 20

2.4.2 Diversidad espacial 22
2.4.3 Diversidad de frecuencia 24
2.4.4 Diversidad de tiempo 24
2.4.5 Corrección en adelante FEC - una forma de diversidad en el tiempo . . . 24
2.5 Modelos y disposiciones típicas para estaciones base celular usados en el Perú . 25
2.6 Resumen 28

Capítulo 3

Base de datos del terreno en forma digital usados en el cálculo de radiopropagación celular 29
3.1 Datos básicos y sistemas de coordenadas según la recomendación ITU-R 1058 29
3.1.1 Características de los sistemas de coordenadas 29
3.1.2 Selección del sistema de coordenadas 30
3.2 Procesamiento de datos topográficos en forma digital 30
3.2.1 Sistema de información geográfica 30
3.2.2 Formatos para el almacenamiento de información geográfica 31
3.2.2.1 Formato raster 32
3.2.2.2 Formato vectorial 32
3.2.3 Base de datos geográficos 32
3.3 Base de datos aplicado al programa desarrollado 34
3.4 Resumen 34

Capítulo 4

Modelos de Radiopropagación usados en Telefonía celular 35
4.1 Propagación y pérdidas en trayectorias de gran escala 35
4.1.1 Modelos de propagación exterior 35
4.1.1.1 Modelo de Longley Rice o Modelo de terreno irregular 35
4.1.1.2 Modelo de Durkin 36
4.1.1.3 Modelo de Okumura 38
4.1.1.4 Modelo de Hata 39
4.1.1.5 Modelo extendido de Hata para PCS 41
4.1.1.6 Modelo de Walfish Bertoni 42
4.1.1.7 Modelo de Walfish Ikegami 43
4.1.1.8 Modelo microcelda para PCS 46
4.1.1.9 Modelo CCIR 47
4.1.1.10 Modelo ITU-R 529 48

4.1.1.11 Modelo Lee 49
4.1.2 Modelos de Propagación interior 50
4.1.2.1 Pérdidas por particiones en el mismo piso 50
4.1.2.2 Pérdidas por partición entre pisos 51
4.1.2.3 Modelo de pérdida en la trayectoria Log-distancia 51
4.1.2.4 Modelo Ericson de multiple punto de quiebre 51
4.1.2.5 Modelo de factor de atenuación 52
4.1.2.6 Modelamiento con ubicación especifica y trazado de rayos . . 53
4.2 Propagación y desvanecimiento a pequeña escala y multitrayectoria 53
4.2.1 Propagación multitrayectoria en pequeña escala 53
4.2.1.1 Factores que influencian el desvanecimiento a pequeña escala 54
4.2.2 Modelo de respuesta al impulso de un canal con multitrayectoria 55
4.2.3 Parámetros de canales con multitrayectoria 56
4.2.3.1 Parámetro de tiempo de dispersión 56
4.2.3.2 Ancho de banda coherente. 57
4.2.3.3 Ensanchamiento Doppler y tiempo coherente 58
4.2.4 Tipos de desvanecimiento a pequeña escala 59
4.2.4.1 Efectos del desvanecimiento debido a la multitrayectoria y ensanchamiento temporal 60
4.2.4.1.1 Desvanecimiento plano 60
4.2.4.1.2 Desvanecimiento con frecuencia selectiva 60
4.2.4.2 Efectos de desvanecimiento debido al ensanchamiento Doppler 60
4.2.4.2.1 Desvanecimiento rápido 60
4.2.4.2.2 Desvanecimiento lento 61
4.2.5 Distribuciones Rayleigh y Ricean 61
4.2.5.1 Distribución Rayleigh 62
4.2.5.2 Distribución Ricean 63
4.3 Analisis de los modelos matemáticos apropiados para su implementación en el software 64
4.4 Aplicación de normas nacionales para radiaciones no ionizantes 65
4.4.1 Normas legales relacionadas con las RNI en el Perú 66
4.4.1.1 Normas existentes en el Perú 66
4.4.1.2 Normas en Proyecto en el Perú 69
4.4.1.3 LMP de RNI en telefonía celular en el Perú 69
4.5 Resumen 70

Capítulo 5

Implementación del Sistema 71

5.1 Descripción general del sistema 71

5.2 Características del programa implementado 75

5.3 Resumen 81

Capítulo 6

Implementación de una estación base celular para pruebas 83

6.1 Datos de la antena de pruebas 84

6.2 Datos del transmisor 85

6.3 Conexión entre equipos 85

6.4 Metodología de Medición 87

6.5 Resumen 89

Capítulo 7

Resultados y conclusiones en los modelos implementados 90

7.1 Modelo Okumura Hata 91

7.1.1 Conclusiones para el modelo Okumura Hata 97

7.2 Modelo CCIR 98

7.2.1 Conclusiones para el modelo CCIR 106

7.3 Modelo Cost 231 Hata 107

7.3.1 Conclusiones para el modelo Cost 231 Hata 112

7.4 Modelo ITU-R 529 113

7.4.1 Conclusiones para el modelo ITU-R 529 115

7.5 Modelo de Lee 116

7.5.1 Conclusiones para el modelo de Lee 124

7.6 Modelo Longley Rice 125

7.6.1 Conclusiones para el modelo Longley Rice 133

7.7 Comparación de los modelos implementados 134

7.8 Resumen 138

Capítulo 8

Conclusiones generales y recomendaciones para trabajos futuros 140

8.1 Conclusiones generales 140

8.2 Recomendaciones para trabajos futuros 141

Lista De Figuras

Figura 2.1	Ondas estacionarias en un cable coaxial . . .	7
Figura 2.2	Patrón de radiación 3D de una antena de BTS	10
Figura 2.3	Izquierda red de microtiras aérea, derecha red con substrato dieléctrico.	12
Figura 2.4	Región adelante atrás y mitad de potencia del haz principal	13
Figura 2.5	Patrón vertical típico con lóbulos laterales, Nulos y relleno de nulo .	14
Figura 2.6	Beam squint, muestra el error referenciado a una calibración . . .	15
Figura 2.7	Relación de potencia sectorial, área comprendida dentro los 120° .	15
Figura 2.8	Tilt Mecánico, o inclinación mecánica	16
Figura 2.9	Tilt Eléctrico, o inclinación eléctrica .	17
Figura 2.10	Patrón Azimut Para una Antena BTS .	17
Figura 2.11	Patrón de elevación (vertical) en coordenadas polares y rectangulares Para una Antena BTS	18
Figura 2.12	Modelo para una BTS con diversidad de polarización	22
Figura 2.13	Diversidad Espacial	22
Figura 2.14	Modos de diversidad espacial .	23
Figura 2.15	Receptor RAKE de M-Lazos .	25
Figura 2.16	Principales sistemas radiantes	26
Figura 3.1	Funciones del sistema de información geográfico con la información .	31
Figura 3.2	Componentes de un Sistema de Información Geográfica.	31
Figura 4.1	Modelo Durkin con Línea de Vista .	37
Figura 4.2	Modelo Hata – Okumura	40
Figura 4.3	Modelo propuesto por Walfish y Bertoni	43
Figura 4.4	Modelo de Radiopropagación de Walfifh Ikegami .	46
Figura 4.5	Modelo del comité consultor internacional de Radiocomunicación CCIR	47
Figura 4.6	Modelo de Lee para Microceldas	49
Figura 4.7	Cuadro Resumen de los Tipos de desvanecimiento.	59
Figura 5.1	Interfase gráfica para ingreso del patrón de radiación.	71
Figura 5.2	Interfase gráfica para entrada de Datos	72
Figura 5.3	Ingreso de datos de la antena y selección del patrón de radiación	73
Figura 5.4	Rango de niveles y selección del modelo de propagación	73
Figura 5.5	Informe gráfico de la zona de cobertura.	74
Figura 5.6	Informe gráfico de la zona de cobertura (continuación)	75
Figura 5.7	Diagrama de flujo del sistema en general	76

Figura 5.8 Diagrama de Flujo en general (continuación) 77
Figura 5.9 Diagrama de Flujo para el cálculo en cada píxel del picture 1 78
Figura 5.10 Diagrama de Flujo para la captura de datos 79
Figura 5.11 Diagrama de Flujo para la captura de coordenadas 80
Figura 6.1 Patrón de Radiación Azimutal y Vertical para la antena utilizada DB844G90A-XY 84
Figura 6.2 Calibración de frecuencia del transmisor 86
Figura 6.3 Diagrama de bloques de la conexión del equipo transmisor 86
Figura 6.4 Conexión del equipo de medición con GPS y PC 86
Figura 6.5 Lectura de potencia incluida las pérdidas en el cable 87
Figura 6.6 Ubicación de la BTS – Carmen de la Legua y Reynoso 88
Figura 7.1 Curva para el modelo Okumura - Hata en todas las zonas 92
Figura 7.2 Curva de error para el modelo Okumura - Hata en todas las zonas . . . 92
Figura 7.3 Curva obtenida para una ciudad mediana 93
Figura 7.4 Curva obtenida para una ciudad Metropolitana 93
Figura 7.5 Comparación de errores obtenidos con 4, 3 , 2 y 1 dB - Modelo Hata . . 95
Figura 7.6 Curva para el modelo Okumura - Hata con factor de corrección 1 dB . . 95
Figura 7.7 Error para el modelo Okumura - Hata con factor de corrección 1 dB . . 96
Figura 7.8 Curva obtenida para una ciudad mediana con factor de corrección. . . . 96
Figura 7.9 Curva obtenida para una ciudad metropolitana con factor de Corrección 97
Figura 7.10 Comparación Modelo CCIR variando el porcentaje de Construcción desde 10% hasta 50% 101
Figura 7.11 Comparación Modelo CCIR variando el porcentaje de Construcción desde 60% hasta 100% 101
Figura 7.12 Modelo CCIR con 60% de construcción y curva de error. 102
Figura 7.13 Modelo CCIR con 70% de construcción y curva de error. 102
Figura 7.14 Modelo CCIR con 80% de construcción y curva de error. 103
Figura 7.15 Comparación Modelo CCIR variando el porcentaje de Construcción desde 10% hasta 50% con factor de corrección 103
Figura 7.16 Comparación Modelo CCIR variando el porcentaje de Construcción desde 60% hasta 100% con factor de corrección 104
Figura 7.17 Modelo CCIR con 50% de construcción y curva de error. 104
Figura 7.18 Modelo CCIR con 60% de construcción y curva de error. 105
Figura 7.19 Modelo CCIR con 70% de construcción y curva de error. 105
Figura 7.20 Modelo CCIR con 70% de construcción y curva de error. 106

Figura 7.21 Comparación de Curvas para el modelo Hata 108
Figura 7.22 Comparación de Errores en el Modelo Hata Cost 108
Figura 7.23 Modelo Cost 231 - Hata obtenidos para una ciudad mediana 109
Figura 7.24 Modelo Cost 231 - Hata obtenidos para una ciudad metropolitana 109
Figura 7.25 Comparación de curva de datos para Hata Cost con factor de corrección 1dB 110
Figura 7.26 Comparación de Errores en el Modelo Hata Cost con factor 1 dB 110
Figura 7.27 Modelo Cost 231 - Hata para ciudad mediana con factor de 1 dB 111
Figura 7.28 Modelo Cost 231 para una ciudad metropolitana con factor 1 dB 111
Figura 7.29 Curva obtenida en el Modelo de ITU-R 529 113
Figura 7.30 Curva obtenida en el Modelo de ITU-R 529 con factor de corrección . . 114
Figura 7.31 Modelo Lee variando (%) de construcción desde 10% hasta 50% 118
Figura 7.32 Modelo de Lee variando (%) de construcción desde 60% hasta 100% . . 118
Figura 7.33 Modelo Lee con 0% de construcción 119
Figura 7.34 Modelo Lee con 10% de construcción 119
Figura 7.35 Modelo Lee con 20% de construcción 120
Figura 7.36 Modelo Lee con 70% de construcción 120
Figura 7.37 Modelo Lee variando (%) de Construcción desde 0% - 50% Corregido . 121
Figura 7.38 Modelo Lee variando (%) de Construcción desde 60% - 100% Corregido 121
Figura 7.39 Modelo Lee con 0% de construcción con factor de corrección 122
Figura 7.40 Modelo Lee con 10% de construcción con factor de corrección 122
Figura 7.41 Modelo Lee con 20% de construcción con factor de corrección 123
Figura 7.42 Modelo Lee con 70% de construcción con factor de corrección 123
Figura 7.43 Longley Rice con Time 50% y Confidence Variable desde 0 hasta 50%. 126
Figura 7.44 Longley Rice con Time 50% y Confidence Variable desde 60 hasta 100%126
Figura 7.45 Longley Rice con Time 50% y confidence 10% 127
Figura 7.46 Longley Rice con Time 50% y confidence 20% 127
Figura 7.47 Longley Rice con Time 50% y confidence 30% 128
Figura 7.48 Longley Rice con Time 50% y confidence 40% 128
Figura 7.49 Longley Rice con Time 50% y confidence 50% 129
Figura 7.50 Longley Rice con Time 50% y confidence 60% 129
Figura 7.51 Longley Rice con Time 50% y confidence 70% 130
Figura 7.52 Longley Rice con Time 50% y confidence 80% 130
Figura 7.53 Longley Rice con Time 50% y confidence 90% 131
Figura 7.54 Comparación de curvas obtenidas de los Modelos implementados 135

Figura 7.55 Detalles en comparación de curvas estimadas obtenidas 135
Figura 7.56 Comparación de errores obtenidos por modelo implementado 136
Figura 7.57 Comparación de errores obtenidos por modelo implementado (2) 136
Figura 7.58 Comparación de errores obtenidos por modelo implementado (3) 137
Figura 7.59 Comparación de errores obtenidos por modelo implementado (4) 137

Lista de Tablas

Tabla 4.1 LMP para RNI para exposición ocupacional 66
Tabla 4.2 LMP para RNI para exposición poblacional 67
Tabla 4.3 restricciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos 67
Tabla 6.1 Especificaciones eléctricas de la antena DB 844G90A-XY. 84
Tabla 7.1 Datos estadísticos obtenidos en Matlab para el Modelo Hata. 94
Tabla 7.2 Valores Obtenidos en Matlab para CCIR variando el porcentaje de construcción desde 10% hasta 50% 99
Tabla 7.3 Valores Obtenidos en Matlab para CCIR variando el porcentaje de Construcción cada 60% hasta 100%. 99
Tabla 7.4 Valores Obtenidos en Matlab para CCIR para el primer valor de RSSI en la ordenada 100
Tabla 7.5 Valores Obtenidos en Matlab para CCIR para el primer valor de RSSI en la ordenada 100
Tabla 7.6 Datos Estadísticos obtenidos en Matlab para una ciudad Mediana 112
Tabla 7.7 Datos Estadísticos obtenidos en Matlab para una ciudad Metropolitana . 112
Tabla 7.8 Comparación de valores obtenidos en el Modelo ITU-R 529. 113
Tabla 7.9 Valores de error para el Modelo Lee desde 0% hasta 50% 116
Tabla 7.10 Valores de error para el Modelo Lee desde 60 %hasta 100%. 116
Tabla 7.11 Valores para el modelo Lee en la ordenada (1) 117
Tabla 7.12 Valores para el Modelo Lee en la ordenada (2) 117
Tabla 7.13 Valores de error con Time 50% y confidence variable desde 0% hasta 50% 131
Tabla 7.14 Valores de error con Time 50% y confidence variable desde 60% hasta 100% 131
Tabla 7.15 Valores estadísticos de error obtenidos en Matlab para un Time de 0% hasta 50% y confidence 50% 132
Tabla 7.16 Valores estadísticos de error obtenidos en Matlab para un Time de 60% hasta 100% y confidence 50% 132
Tabla 7.17 Valores estadísticos de error obtenidos en Matlab para un Time de 40% y confidence de 0% a 50%. 132
Tabla 7.18 Valores estadísticos de error obtenidos en Matlab para un Time de 40% y confidence de 50% a 100% 133
Tabla 7.19 Valores estadísticos de los errores obtenidos en cada modelo 138

Apéndice A

A.1 Abreviaturas 143
A.2 Simbolos 144
A.3 Términos frecuentemente usados en ingles, traducidos al español 145
A.4 Descripción del programa y comparación con otros 146

Apéndice B

B.1 Fotografías del equipamiento y la antena que se utilizó en el trabajo 147
B.2 Mapa y ubicación de la zona donde se realizó el trabajo 149
B.3 Listado del programa 151
B.4 Valores de Medición y valores estimados 173
Modelo de Okumura Hata 173
Modelo CCIR 181
Modelo Cost Hata. 189
Modelo ITU-R 529 197
Modelo de Lee 205
Modelo Longley Rice. 213

Refencias Bibliográficas 221

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En los últimos años nuestro país ha experimentado una evolución constante en lo que se refiere a la telefonía celular, se ha escuchado constantemente sobre la introducción de la tecnología de telefonía celular de tercera generación - 3G, que no es nueva en el mundo, pero sí nueva en el mercado Peruano. Ya se están desarrollando en la actualidad tecnologías de telefonía de cuarta generación - 4G, la cual usa el protocolo IPv4 e IPv6 como el punto central de su desarrollo, el protocolo IP hará que muchas tecnologías como CDMA, TDMA, GSM, CDMA2000, WCDMA y sus variantes a lo largo de la evolución individual, se puedan integrar, por lo menos eso en teoría [1].

Un factor que hay que tener presente en la transmisión de señales en telefonía celular es el desvanecimiento, que es un poco diferente que en las microondas con línea de vista (LOS). El terminal móvil puede presentar desvanecimiento durante una llamada telefónica, pero eso es más probable que ocurra en condiciones de movimiento, debido a que las trayectorias de las señales están en constante cambio y por lo tanto se recibirán frentes de ondas de distintas direcciones.

La señal radio móvil esta caracterizada por dos componentes, el desvanecimiento logarítmico normal o desvanecimiento lento, cuya variación se debe a la variación del terreno entre la estación base – BTS y la unidad móvil – MS; y la otra componente llamada desvanecimiento rápido o desvanecimiento de multitrayecto, y su variación se debe a las ondas reflejadas desde los edificios de los alrededores y otras estructuras.

La propagación multitrayectoria tiene en cuenta la reflexión y la difracción; por ejemplo, la energía que llega a la antena receptora es reflejada por los edificios, calles, lagos, etc. o llega difractada debido a los bordes, como las esquinas de los edificios o los obstáculos redondos, como tanques de agua o cumbres.

Debido a que cada señal llega hacia la antena receptora por diferentes rutas y con diferentes fases, esta puede presentar un desvanecimiento de amplitud constructivo y destructivo. Todas estas consideraciones han sido modeladas matemáticamente, mediante métodos analíticos y empíricos, los cuales dan buenos resultados en su aplicación.

Se ha encontrado trabajos efectuados anteriormente, tales como: "Efectos del terreno en la propagación electromagnética en entornos urbanos sobre la región andina usando el modelo Cost 231-Walfish- Ikegami", "herramientas de planificación basadas en GIS" realizado en la Universidad Industrial de Santander [2], El trabajo titulado "Terrain análisis with radio calculations for a map presentation program" de la Universidad Uppsala de Suiza [3] desarrollado en C++, "An Integrated cellular network planning tool" del Instituto de computación de la Universidad de Würzburg Am Hubland, cuyo modelo trabaja con un GIS llamado ATKIS y MAPINFO [4], Software con modelos de radiopropagación realizado en la Universidad de las Américas, Puebla México [5], "Software tool for optimizing indoor/outdoor coverage in a construction site" publicado en la revista Electronics Letters [6], el programa denominado TAP o "terrain análisis package" [7] que realiza cálculos de cobertura, así mismo encontramos el programa de "Andrew" [8] que hace predicciones en microondas y telefonía celular, el programa "pathloss" [9] para predicción de cobertura, "WRAP" que es un programa de predicción de la empresa Aerotechtelub [10] .

El principal aporte de este trabajo es que se cuenta con una herramienta con orientación educacional en la que podemos hallar valores de predicción usando varios modelos de propagación y además hacer el ingreso de las coordenadas de los puntos de medición específicos, para obtener los valores de predicción y compararlos luego con valores obtenidos por medición. La mayoría de herramientas de predicción tienen por lo general un único modelo de propagación en el que muchas veces no se sabe cual es.

Con esta herramienta podemos experimentar en el cálculo y determinación de coeficientes de atenuación, lo que nos permite hacer variaciones a las formulas escritas originalmente.

1.2 DESCRIPCIÓN DE ESTE DOCUMENTO

El presente trabajo ha sido dividido en 8 capítulos de la siguiente forma:

En el capitulo 1 se realiza una introducción refiriéndose a la descripción general del documento, formulación del problema y los objetivos del trabajo.

En el capitulo 2 se revisa la teoría fundamental de Antenas, sus principales parámetros, patrones de radiación, suma y diferencia de patrones de radiación, diversidad en la recepción, disposiciones típicas de antenas celulares usadas en nuestro medio.

En el capitulo 3 se revisa el concepto de base de datos topográficos digital, sistemas aceptados y recomendados por la recomendación ITU-R 1058, procesamiento de datos topográficos, elección de base de datos aplicado al presente trabajo.

En el capitulo 4 se revisa los conceptos sobre Radiopropagación en Telefonía Celular, propagación en trayectorias a gran escala, propagación y desvanecimiento a pequeña escala y multitrayectoria, análisis de los modelos apropiados al presente trabajo según la resolución de la base de datos, estudio de normas nacionales para radiaciones no ionizantes - RNI considerados en el D.S. Nº 038-2003-MTC, RM Nº 610-2004 MTC, RM Nº 612-2004 MTC, RM Nº 613-2004 MTC entre otras.

En el capitulo 5 se describe la Implementación del sistema, descripción general y características.

En el capitulo 6 se describe la implementación de una estación base celular - BTS de pruebas, se describe como se realizó el interconectado de equipos, se describe el uso del analizador de redes inalámbricas y la metodología que se usó para realizar las mediciones.

En el capitulo 7 se realizan pruebas diversas con los modelos implementados y luego son contrastados con los obtenidos experimentalmente, para luego obtener resultados y conclusiones de ello.

En el capitulo 8 se dan las conclusiones generales del trabajo y las recomendaciones para trabajos futuros.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Es casi frecuente encontrar programas de predicción de cobertura para telefonía celular que nos brindan los cálculos requeridos, pero el problema radica en que los investigadores y estudiantes de los métodos de predicción de cobertura para telefonía celular, no tienen acceso a programas de predicción que tenga por objetivo el aprendizaje de los mencionados métodos y tampoco se tiene la opción de escoger el método de predicción para efectuar el cálculo deseado y poder comparar los resultados obtenidos entre los diferentes métodos de predicción y contrastarlos con los resultados obtenidos experimentalmente en una antena de estación base celular - BTS, lo que dificulta el aprendizaje de dichos métodos.

En la actualidad se presentan algunos programas de carácter comercial que son muy costosos por sus licencias, ello por el valor agregado que imponen estas empresas, y por lo tanto sólo están al alcance de grandes empresas, como por ejemplo las operadoras de servicio celular, es por ello que se haría muy dificultosa la adquisición de estos programas por un alumno y si lo puede hacer, estos programas no tiene orientación para el aprendizaje de diversos modelos de predicción de cobertura.

De ello surge la necesidad de hacer un análisis y estudio de cobertura de una manera práctica y luego automatizada mediante el programa de predicción de cobertura, utilizando algunos modelos de radiopropagación exterior.

1.4 OBJETIVO DE LA TESIS

Diseñar mediante el lenguaje visual Basic 6.0, una herramienta que sea capaz de calcular de forma automatizada los diversos parámetros relacionados a la cobertura que puede alcanzar una antena de estación base celular, utilizando una base de datos topográficos, parámetros de la antena dados por el fabricante, datos de la estación transmisora y modelos matemáticos para propagación exterior.

Los valores obtenidos en la simulación serán comparados con los datos obtenidos en una estación base experimental, usando el programa matemático Matlab, para luego hallar la curva de error absoluto por cada modelo y determinar valores de atenuación.

CAPITULO 2

2 ANTENAS PARA ESTACIONES BASE

Las antenas son parte indispensable de cualquier dispositivo radiotransmisor o radio receptor, mediante líneas de transmisión la antena se conecta con el radioemisor y la antena de recepción con el radio receptor. Entre las líneas de transmisión se propagan ondas electromagnéticas guiadas, es decir campos electromagnéticos variables con interacción entre cargas y corrientes, La propagación entre antenas es por ondas electromagnéticas libres [11]. La IEEE define a una antena como la parte de un sistema de transmisión y recepción que está diseñado para radiar o recibir ondas electromagnéticas [12] [13].

Algunas consideraciones que hay que tener en cuenta para el diseño de cobertura son: el modelo de la antena, ganancia de antena, inclinación de antena ó tilt, altura de la antena, ubicación, patrón de radiación. La ganancia de la antena compensa las pérdidas de la potencia transmitida [14] y es común para el caso de telefonía celular orientar la antena de forma vertical, por ser más práctico y económico [15], por ejemplo los resultados obtenidos para una señal verticalmente polarizada, desde cualquier antena monopolo o dipolo son sensibles a señales cuyo vector eléctrico es definido en la dirección de polarización vertical [16].

2.1 PRINCIPALES PARÁMETROS DE ANTENA

De manera generalizada se puede hablar de muchos parámetros que determinan el carácter de una antena, desde un punto de vista de la eficacia de la conversión de las ondas electromagnéticas vinculadas en energía de ondas electromagnéticas libres, ver más detalles en [17]. Pero se examinará parámetros que son muy importantes en las antenas para estaciones base celular.

2.1.1 POTENCIA DE RADIACIÓN

Este parámetro está vinculado con la potencia de radiación de la antena, es decir con el valor medio del flujo de energía que pasa en la unidad de tiempo a través de la superficie que envuelve a la antena, esta potencia es activa y no reactiva. Tomando la integral de superficie del vector de Poyting promedio [18] sobre una superficie cualquiera que encierre a

una antena, se obtiene la potencia total radiada por la antena [19], ver ecuación 2.1 Donde P es la potencia total radiada, S_{prom} es el vector de Poyting promedio.

$$P = \iint_S S_{prom}\, dS \tag{2.1}$$

La potencia instantánea debida a todas las fuentes P_{Total} se puede obtener de las ecuaciones de Maxwell, obteniendo la ecuación 2.2, ver detalles en [20].

$$P_{Total} = \frac{d}{dt}\iiint_V \left(\frac{1}{2}\varepsilon_0 \bar{E}^2 + \frac{1}{2}\mu_0^{-1}\bar{B}^2\right) dV + \int_V \bar{E}.\bar{J}^r dV + \oint_S \bar{E}\, X\, \bar{H}_0\, dS \tag{2.2}$$

Donde ε_0 es la permitividad en el vacío y μ_0 es la permeabilidad en el vacío, $\bar{J}^r$ la densidad de corriente, $\bar{B}$ la inducción de campo magnético o densidad de flujo magnético, $\bar{E}$ el campo eléctrico y $\bar{H}_0$ es la intensidad de campo magnético en el espacio libre.

P_{Total} es la potencia total suministrada por todas las fuentes; el primer término calcula la tasa de tiempo de cambio de la energía almacenada en el campo, la segunda integral es la potencia que está siendo absorbida por el sistema de corrientes de respuesta y la última integral representa el flujo de potencia externa instantánea atravesando la superficie que limita el volumen V. De esta ultima integral se define el vector de Pointing $\bar{S}$, ver ecuación 2.3.

$$\bar{S} = \bar{E}\, X\, \bar{H}_0 \tag{2.3}$$

2.1.2 RESISTENCIA DE PÉRDIDAS

Junto a la potencia útil hay una potencia que se pierde por el calentamiento de los conductores, aisladores o estructura dieléctrica, debido a la resistencia de pérdidas R_{perd}.

$$\eta_A = \frac{potencia\ radiada}{potencia\ de\ entrada} = \frac{R_r}{R_r + R_{perd}} \tag{2.4}$$

La ecuación (2.4) expresa el rendimiento de una antena, que aumenta si la resistencia de radiación R_r aumenta y la resistencia de pérdidas R_{perd} disminuye.

2.1.3 IMPEDANCIA DE ENTRADA

La impedancia de entrada de la antena Z tiene una componente activa y una componente reactiva, el valor típico de Z para antenas de BTS es 50 Ω, la impedancia total de la antena esta formada por la autoimpedancia y por la impedancia mutua.

2.1.4 RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA Y PÉRDIDA POR RETORNO

Relación de onda estacionaria - *VSWR* y pérdida por retorno - *RL* son medidas de cuanta energía es reflejada desde la entrada de la antena. Esta cantidad depende de la impedancia. Ver figura 2.1.

Podemos definir algunas relaciones entre la impedancia de entrada de la antena Z, la impedancia característica del sistema Z_0 y el coeficiente de reflexión Γ, ver ecuación 2.5, la relación onda estacionaria *VSWR* o *ROE* se da en la ecuación 2.6, y la pérdida por retorno que es una expresión logarítmica del coeficiente de reflexión [21] ecuación 2.7.

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \tag{2.5}$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \tag{2.6}$$

$$RL = 20 \log \Gamma = 20 \log \left(\frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right) \tag{2.7}$$

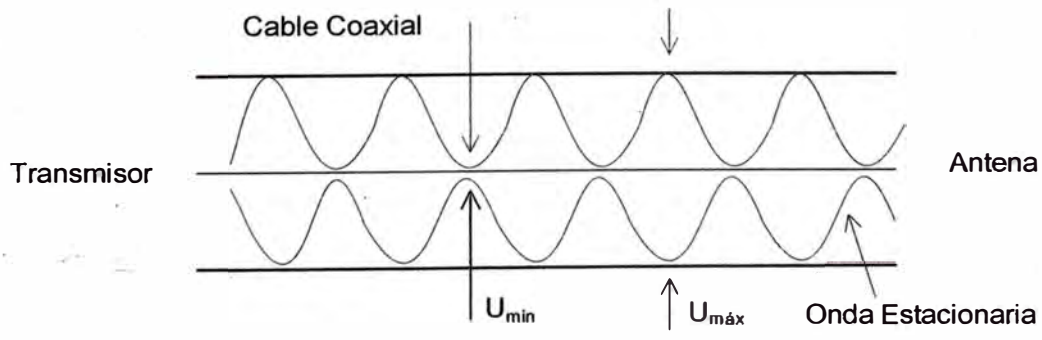


Figura 2.1 Ondas estacionarias en un cable coaxial [22]

2.1.5 POTENCIA EFECTIVA RADIADA

Una antena que radia isotropicamente en el espacio libre, con un nivel de P_T Watts, la densidad de potencia a una distancia d desde la antena es $P_T/4\pi d^2$ (W/m^2) [23], pero si la antena tiene directividad, entonces la densidad de potencia es incrementada por la ganancia de la antena de transmisión G_T, en este caso la densidad de potencia en la distancia d, es $P_T G_T/4\pi d^2$ (W/m^2), el producto $P_T G_T$ usualmente es llamado EIRP o PIRE, que es la potencia efectiva radiada isotropicamente, por lo cual $G_T = 1$ [24]. La potencia recibida P_R en la antena puede ser expresada como en la ecuación 2.8 y A_R es el área efectiva de la antena de recepción que es perpendicular al flujo recibido, ver ecuación 2.9 donde se relaciona la ganancia de la antena de recepción G_R y la longitud de onda λ.

$$P_R = \frac{P_T G_T A_R}{4\pi d^2} \tag{2.8}$$

$$A_R = \frac{G_R \lambda^2}{4\pi} m^2 \tag{2.9}$$

La relación entre ERP que es la potencia efectiva radiada debida a un dipolo y EIRP que es la potencia radiada debida a una antena isotrópica [25] se da en la ecuación 2.10.

$$ERP = EIRP - 2\ dB \tag{2.10}$$

2.1.6 DIRECTIVIDAD DE LAS ANTENAS

Un objetivo principal en el diseño de antenas es establecer un patrón de radiación. En este patrón se ve como la radiación se engrandece en ciertas direcciones y se suprime en otras, una medida usualmente de esto, es la directividad D la cual es la densidad de potencia radiada en la dirección (θ, ϕ) dividida por el promedio de densidad de potencia sobre todas las direcciones [26], ver detalles en [27] [28] [29].

$$D(\theta,\phi) = \frac{U(\theta,\phi)}{U_{prom}} = \frac{\frac{U(\theta,\phi)}{r^2}}{\frac{U_{prom}}{r^2}} = \frac{\frac{1}{2}\mathrm{Re}(E\,X\,H^*).\hat{r}}{\frac{P}{4\pi r^2}} \tag{2.11}$$

Considerando la definición dada por Stutzman, dice que la potencia radiada es obtenida por integración de la intensidad de radiación $U(\theta, \phi)$, sobre todos los ángulos alrededor de la antena, ecuación 2.12.

$$P(\theta,\phi) = \iint U(\theta,\phi)\, d\Omega = U_m \iint |F(\theta,\phi)|^2\, d\Omega \tag{2.12}$$

Donde $|F(\theta, \phi)|^2$ es el patrón de potencia normalizado, $d\Omega$ diferencial del ángulo sólido. Entonces se puede obtener la ecuación 2.13 que tiene en cuenta el ángulo sólido.

$$D(\theta,\phi) = \frac{U(\theta,\phi)}{\frac{1}{4\pi}\iint U(\theta,\phi)\, d\Omega} = \frac{|F(\theta,\phi)|^2}{\frac{1}{4\pi}\iint |F(\theta,\phi)|^2\, d\Omega} = \frac{4\pi}{\Omega_A}|F(\theta,\phi)|^2 \tag{2.13}$$

Ω_A es el haz de ángulo sólido, dado por la ecuación 2.14.

$$\Omega_A = \iint |F(\theta,\phi)|^2\, d\Omega \tag{2.14}$$

$$D = \frac{4\pi}{\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} \left(|f(\theta,\phi)|\right)^2 sen\,\theta\, d\theta\, d\phi} \tag{2.15}$$

La empresa EMS Wíreless da la ecuación (2.15) para la directividad D y llama a $f(\theta, \phi)$ el factor de intensidad de campo, en la integral esta magnitud al cuadrado, es proporcional a la potencia que esta siendo integrada, la formula requiere la información del patrón en 3D particular de una antena, muy raramente esa información existe para una antena. Asumimos la ecuación 2.16.

$$f(\theta,\phi) \approx g(\theta)\, h(\phi) \tag{2.16}$$

Donde $g(\theta)$ es el patrón de elevación y $h(\phi)$ es el patrón del azimut de la intensidad de campo. Reemplazando la ecuación (2.16) en la ecuación 2.15 se obtiene la ecuación 2.17 que depende sólo de $g(\theta)$ y $h(\phi)$.

$$D = \frac{4\pi}{\int_0^{\pi} \left(|g(\theta)|\right)^2 sen\,\theta\, d\theta \int_0^{2\pi} \left(|h(\phi)|\right)^2 d\phi} \tag{2.17}$$

Se desarrolla parte de esta función para el patrón de azimut, el cual incorpora información a -10 dB y -3 dB del ancho del lóbulo principal [30][31].

$$D = 10\log\left[\frac{41250}{(0,53\phi_3 + 0,25\phi_{10} + 18)\theta_3}\right] \tag{2.18}$$

Donde ϕ_3, ϕ_{10} son el azimut a -3 dB y -10 dB, θ_3 es la elevación a -3dB del ancho del lóbulo principal medido en grados y D está en dBi. D se expresa en dBd, ver ecuación 2.19.

$$D(dBd) = D(dBi) - 2,15dB \tag{2.19}$$

En la figura 2.2 vemos un patrón en tercera dimensión 3D para una antena de BTS, donde la radiación no es igual en todas direcciones. La distancia de la superficie del patrón desde el origen de coordenadas es proporcional a la intensidad de radiación, el cual es a su vez proporcional a la magnitud de S en W/m^2, el patrón no forma una esfera. Un patrón esférico es la referencia para otros patrones cuya ganancia es 1, ó 0 dB.

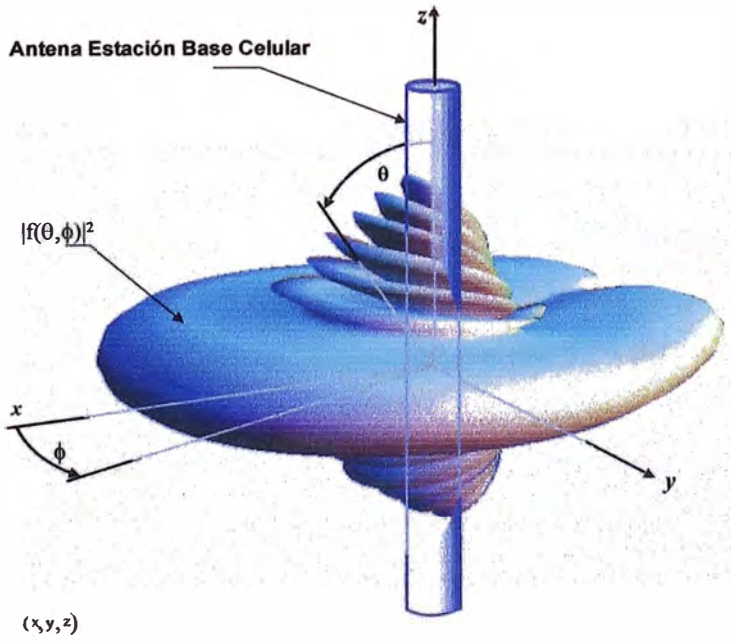


Figura 2.2 Patrón de radiación 3D de una antena de BTS [30]

2.1.7 GANANCIA DE ANTENA

Estamos interesados en que tan eficientemente se transforma la potencia disponible en la entrada de los terminales hacia la potencia radiada, junto con sus propiedades de directividad *D*, la ganancia de potencia *G* o simplemente la ganancia, es usada para cuantificar [28] y toma en cuenta la disminución de radiación por causa de pérdidas de potencia en la antena. [32] [27], la *G* puede ser igual a la *D*, si la antena no tiene pérdidas [33] [30], la ganancia se puede especificar para una polarización determinada, ecuación 2.20 [34].

$$G = D + 10\log_{10} e \tag{2.20}$$

La ecuación 2.21 define *e* como la eficiencia.

$$e = 10^{\frac{G-D}{10}} \tag{2.21}$$

En el caso de las antenas para BTS de telefonía celular existen varios factores que contribuyen con las pérdidas de una antena, estas son:

1. Pérdidas por red de microtiras: las antenas de BTS están típicamente distribuidas en redes de antenas de microtiras que son antenas de tipo parche o microtiras y para alimentar el arreglo de radiadores con una amplitud y distribución de fase deseada, este presenta pérdidas por conductividad del metal, o por el substrato del material dieléctrico y pérdidas de radiación en el arreglo de microtiras, ver figura 2.3.

2. Pérdidas por reflejo: que se deben a la desadaptación de impedancias en la antena, este es un factor pequeño, la *RL* sobre el panel de antenas son mejores que 14 dB *(VSWR < 1,5:1),* la degradación en *G* no es menor que 0,15 dB.

3. Pérdida por polarización: las antenas radian una cierta cantidad de potencia en una dirección ortogonal a la polarización deseada. Esta pérdida es llamada pérdida por polarización cruzada y es esencialmente energía desperdiciada.

4. Pérdidas en el cable y el conector: en torno a la red de microtiras hay siempre conectores y usualmente cables con pérdidas, que dependen de la frecuencia, longitud, temperatura y tipo de cable.

5. Eficiencia en los elementos de antena y adaptación: elementos con alto factor de calidad tales como parches tienen una eficiencia no legible asociada con ellas. La eficiencia es determinada por la relación de la resistencia de radiación y la resistencia total, la cual incluye radiación tal como la disipada en la resistencia.

6. Pérdida en la cubierta de antena, conocida como Radome: en las proximidades cerradas de los elementos de radiación existe un campo cercano reactivo con esta zona no radiante, el cual alternativamente almacena energía en forma eléctrica o magnética, como en un circuito L - C, el efecto es muy pequeño.

Todos los factores mencionados tienen un efecto acumulativo en la reducción de la ganancia *G*, por ejemplo para antenas cortas en AMPS o GSM en frecuencias de 806 MHz – 960 MHz, la suma de todos estos factores esta entre 0,5 a 1 dB o cerca de 10 a 20% en pérdidas, tanto la longitud de la antena y/o frecuencia incrementan las pérdidas, debido a las pérdidas ohmicas asociadas con el alimentador de la red de antenas y cables. Las antenas de polarización dual tienden a tener alta pérdida por desadaptación de polarización. En PCS y altas frecuencias la pérdida total podría llegar hasta 2 dB o más [35].

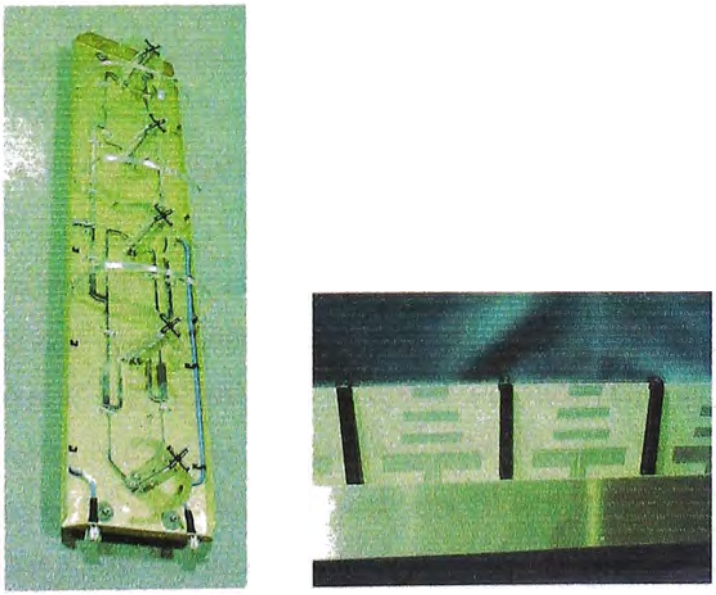


Figura 2.3 izquierda red de microtiras aérea, derecha red con substrato dieléctrico [30]

2.1.8 ANCHO DEL LOBULO PRINCIPAL

Es el ancho angular medido en grados en puntos de la mitad de potencia del lóbulo máximo, exactamente se encuentra a 3 dB por debajo del nivel máximo. Esto es aplicable para el patrón de radiación horizontal y para el patrón de radiación vertical.

2.1.9 RELACIÓN ADELANTE ATRÁS

Es la relación de la máxima directividad de la antena hacia su lóbulo posterior que esta a 180°, en la figura 2.4 se observa la región de adelante atrás y la región de mitad de potencia del haz principal, que es tomado a 3 dB por debajo de su valor máximo.

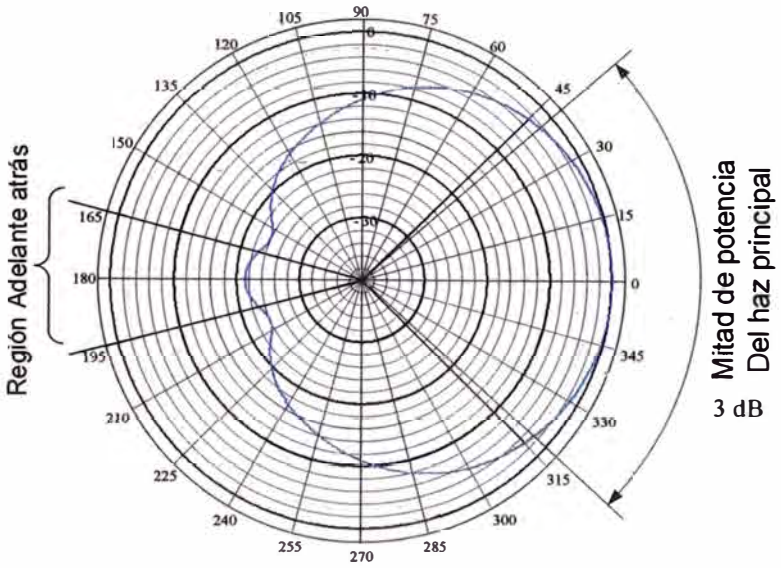


Figura 2.4 Región adelante atrás y mitad de potencia del haz principal [30]

2.1.10 LOBULOS LATERALES Y NULOS

En la figura 2.5 se muestra un patrón de elevación típico de una antena sectorial, el lóbulo principal donde ocurre la máxima radiación, lóbulos secundarios, entre los lóbulos secundarios hay direcciones en que la radiación no ocurre o es muy pequeña, a estos espacios se les denomina Nulos, estos pueden representar 30 o más dB de reducción en el nivel de señal recibida en esa dirección. Existen técnicas para bajar el lóbulo principal y redireccionar la energía radiante y rellenar los Nulos, a esta técnica se le denomina relleno de nulos, el principal efecto es bajar la directividad y reducir la ganancia de antena.

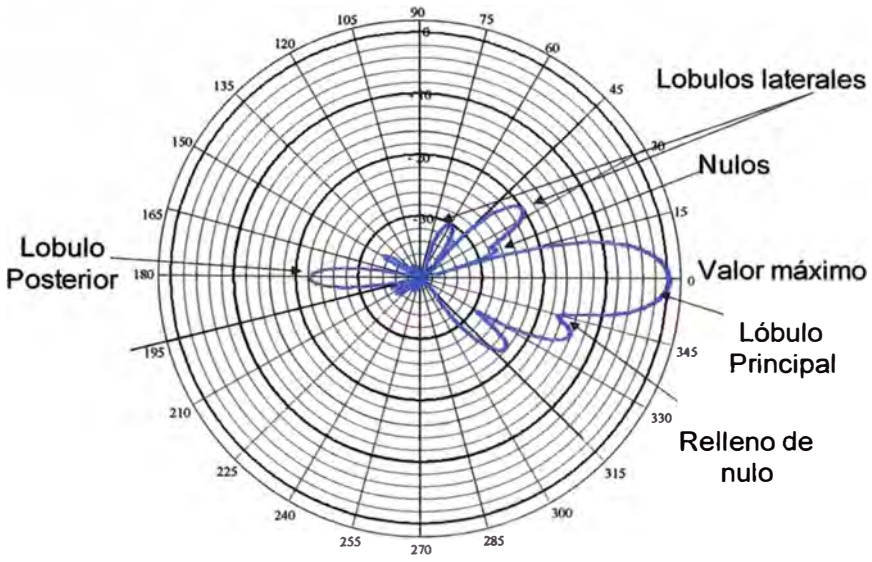


Figura 2.5 Patrón vertical típico con lóbulos laterales, Nulos y relleno de nulo [30]

2.1.11 RELACIÓN DE POLARIZACIÓN CRUZADA

La relación de polarización cruzada - CPR es la comparación de la co-polarización contra la polarización cruzada del patrón de una antena de polarización dual, generalmente es sobre el sector de interés, alternativamente sobre los 3 dB del haz principal [31].

Esta es una medida de la capacidad de un arreglo con polarización cruzada para distinguir entre las ondas ortogonales, El mejor valor de CPR da mejor desempeño en la diversidad de polarización.

Esto es medido usando datos obtenidos desde la antena con un rango de pruebas y comparado con dos gráficas en dB sobre un rango angular específico.

2.1.12 BEAM SQUINT

Es la cantidad de error de cómo se toma un haz principal dado, referenciado a una calibración mecánica. Esto afecta la cobertura del sector y el desempeño que tiene la diversidad de polarización si los dos arreglos no tienen los mismos patrones, ver figura 2.6.

Este parámetro, es medido usando un conjunto de datos obtenidos por medición con un rango de testeo desde la antena [31].

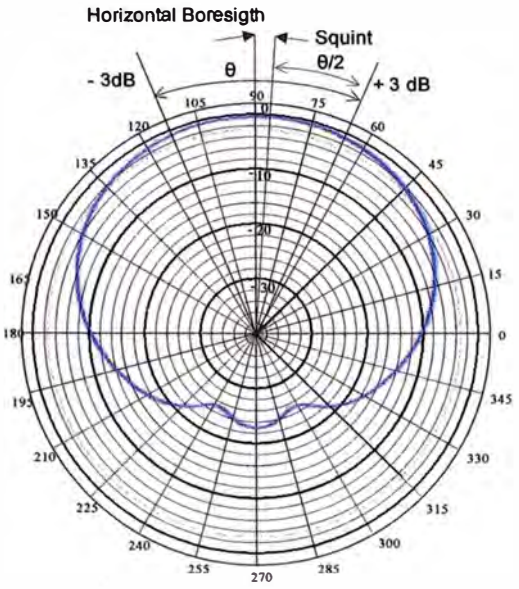


Figura 2.6 Beam squint, muestra el error referenciado a una calibración [31]

2.1.13 RELACIÓN DE POTENCIA SECTORIAL

La relación de potencia sectorial - SPR es la relación de la potencia emitida en el sector no deseado contra la potencia dentro del sector deseado creado por un patrón de antena, ver figura 2.7. Esto es expresado en porcentaje y permite la comparación de antenas, el mejor SPR tiene mejor desempeño del sistema, ver ecuación 2.22.

$$SPR\,(0/0) = \frac{\sum_{60}^{300} P_{no\,deseada}}{\sum_{300}^{60} P_{Deseada}} \tag{2.22}$$

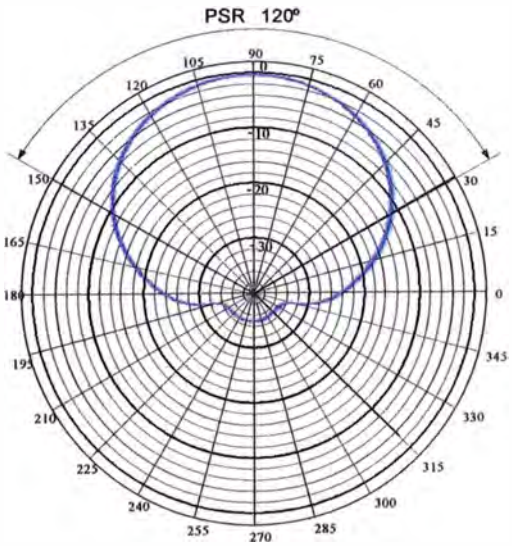


Figura 2.7 Relación de potencia sectorial, área comprendida dentro los 120° [31]

2.1.14 INCLINACIÓN DEL HAZ PRINCIPAL

Una técnica para reducir la cobertura especifica de una antena no solamente puede ser reduciendo la potencia, esto también se puede obtener simplemente inclinando el patrón de radiación vertical. Esta mejora, se puede realizar utilizando inclinación mecánica ó eléctrica.

Esta técnica mejora la cobertura para áreas cercanas a la BTS, esta técnica también mejora la penetración en las construcciones cercanas, garajes y zonas con bajos niveles de recepción. El haz de radiación de cada sector de una BTS debe ser delineado de tal forma que la señal no penetre dentro del territorio de otra célula, causando interferencias destructivas.

2.1.14.1 INCLINACIÓN MECANICA

La inclinación mecánica consiste en inclinar la antena físicamente un cierto ángulo con respecto al soporte vertical, de tal manera que la máxima radiación no ocurriría en la dirección del horizonte sino por debajo de él, ver figura 2.8. Otra manera de lograr esto es diseñando la antena para que el lóbulo principal no este en el horizonte, esto se realiza con técnicas eléctricas asociadas a la alimentación de la red de antena, a ello se denomina inclinación eléctrica, este valor en la práctica varía de 3° a 15° [22].

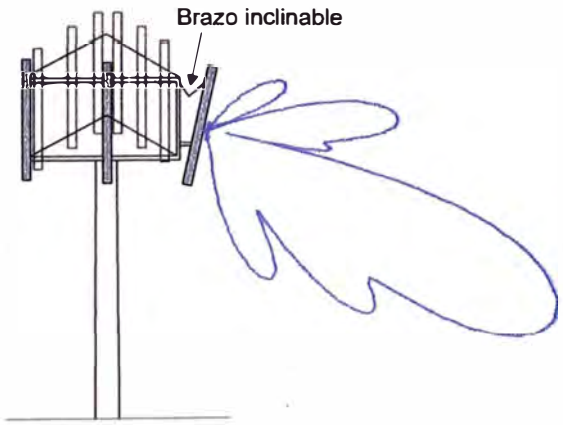


Figura 2.8 Tilt Mecánico, o inclinación mecánica

2.1.14.2 INCLINACIÓN ELÉCTRICA

Es la inclinación obtenida por fabricación, de este modo se puede tener en apariencia una antena BTS con 0° de inclinación, pero eléctricamente puede tener una inclinación del lóbulo principal, ver figura 2.9. Este valor puede ser de 3°, 6°, 9°, 12° [22].

Tanto el inclinamiento bajo, mecánico o eléctrico son ampliamente utilizados para incrementar penetración en edificios y para reducir interferencia co-canal. Una antena con estas características puede producir un decremento uniforme de ganancia en el horizonte.

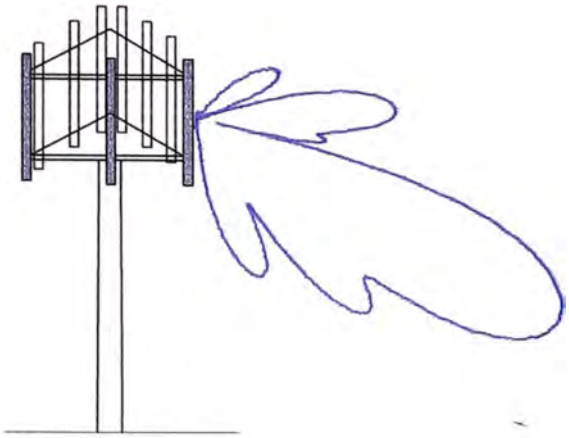


Figura 2.9 Tilt eléctrico o Inclinación Eléctrica

2.2 RELACIONES DEL PATRÓN DE RADIACIÓN CON OTROS PARÁMETROS

El patrón de radiación es una representación gráfica de donde y cuanta energía es radiada, el patrón completo de una antena de BTS esta en coordenadas esféricas, los fabricantes muestran patrones en dos dimensiones, por ser más práctico, $h(\phi)$ y $g(\theta)$, la figura 2.10 muestra el patrón horizontal y la figura 2.11 muestra el patrón vertical.

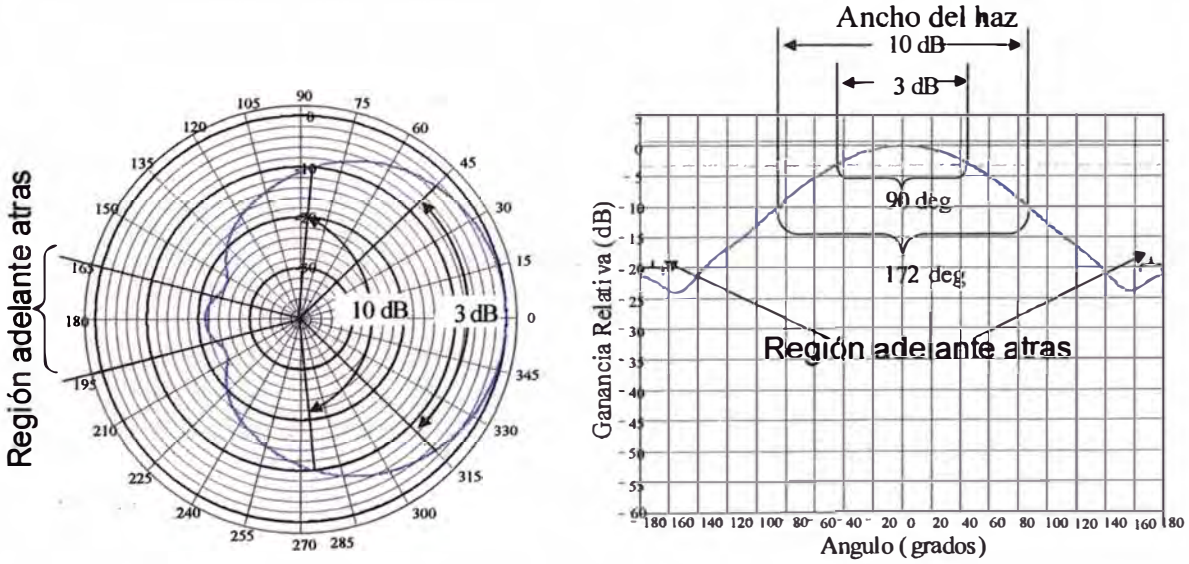


Figura 2.10 Patrón Azimut Para una Antena BTS [30]

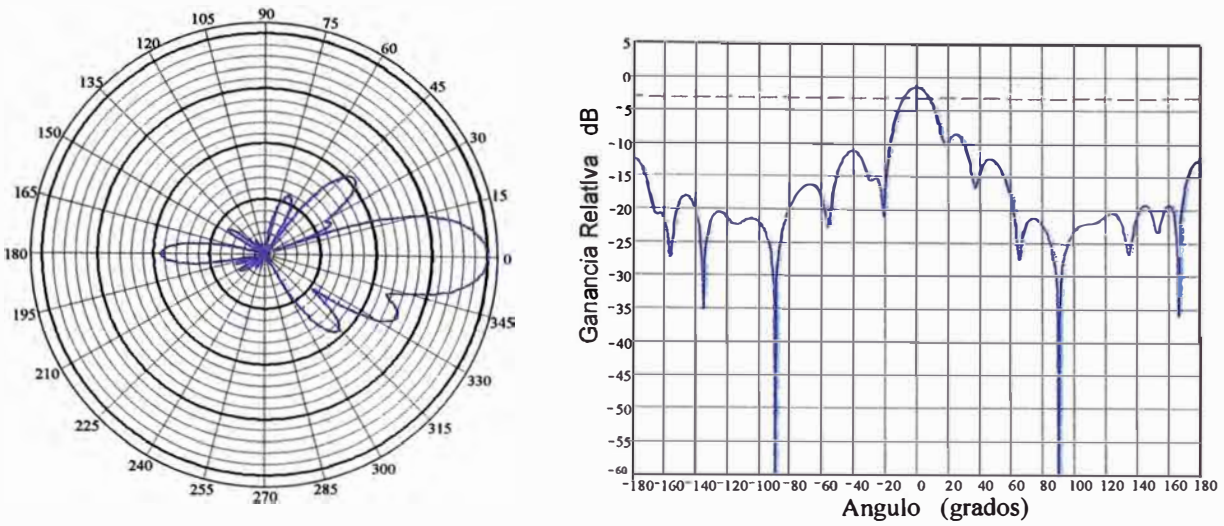


Figura 2.11 Patrón de elevación (vertical) en coordenadas polares y rectangulares Para una Antena BTS [30]

2.2.1 RELACIÓN CON LA GANANCIA DE UNA ANTENA O ARREGLO DE ANTENAS.

$$G = \frac{4\pi\,(\text{máxima intensidad de radiación})}{\text{Total de potencia radiada}} = \frac{E^2_{max}(\theta_m,\phi_m)}{\overline{E}^2(\theta,\phi)} \qquad (2.23)$$

Se puede obtener el patrón de antena desde una forma analítica o de forma experimental, de esta manera la ganancia puede ser calculada.

2.2.2 EL PATRÓN Y GANANCIA DE UN ARREGLO DE ANTENAS

Otro cálculo muy necesario es la ganancia de un arreglo de antenas que puede ser expresado en la ecuación 2.24.

$$E(\theta,\phi) = \frac{sen\left[N\pi\left(d\,\cos\phi\;sen\theta+\Psi\right)\right]}{N\,sen\left[\pi\left(d\,\cos\phi\;sen\theta+\Psi\right)\right]}\,x\;\left(patrón\,individual\,de\,cada\,antena\right) \qquad (2.24)$$

Donde $E(\theta, \phi)$ es el patrón del arreglo de antenas, N es el número de elementos de la antena, d es el espaciamiento entre elementos adyacentes en longitud de onda, ψ es la diferencia de fase entre dos elementos adyacentes, ϕ y θ ángulos de radiación, $\theta = 90^o$ dirección perpendicular hacia el eje del arreglo.

2.2.3 RELACIÓN ENTRE GANANCIA Y ANCHO DE HAZ

Ya se había mencionado que la ganancia y la directividad son cercanamente lo mismo. Kraus considera que la ganancia para pequeños ángulos de θ y ϕ están en los 3 dB de ancho del haz en dos planos, ecuación 2.25.

$$G \approx D = \frac{32400}{\phi^0 \theta^0} \tag{2.25}$$

Para ángulos mayores de 40° se da en la ecuación 2.26.

$$G \approx D = \frac{41253}{\phi^0 \theta^0} \tag{2.26}$$

2.3 SUMA Y DIFERENCIA DE PATRONES DE RADIACIÓN

En arreglos lineales se usa a menudo la suma y diferencia de patrones. El haz principal del patrón es siempre conocido como el punto de la suma de patrones en un ángulo θ_0, la diferencia de ellos produce 2 haces principales ahorcados θ_0. Cuando $2N$ elementos se encuentran en un arreglo equiespaciados por una distancia d, el patrón general para la suma y diferencia se da en la ecuación 2.27 [36][37]:

$$A(\theta) = \sum_{n=1}^{N} I_n \exp\left[j \frac{2n-1}{2} \beta d (\cos\theta - \cos\theta_0) \right] + I_{-n} \exp\left[-j \frac{2n-1}{2} \beta d (\cos\theta - \cos\theta_0) \right] \tag{2.27}$$

Donde $\beta = 2\pi/\lambda$ es el número de onda, I_n es la distribución de corriente normalizada y N el número total de elementos.

Para la suma de patrones, las amplitudes de corriente son las mismas $I_n = I_{-n}$ y para la diferencia de patrones $I_n = - I_{-n}$.

Para la síntesis de suma de patrones se usan métodos como el de Dolph- Chebyshev, Taylor, patrones simétricos, patrones asimétricos [36] [38], transformada de Fourier, Muestreo de Woodward – Lawson, comparación de forma de haces, ver detalles [39].

2.4 DIVERSIDAD EN LA RECEPCIÓN

La propagación de señales en comunicaciones inalámbricas es compleja, las señales multitrayectoria recibidas en la BTS pueden llegar fuera de fase, resultando en una señal con desvanecimiento severo. Las técnicas de diversidad están basadas en el conocimiento de que los errores ocurren en la recepción cuando la atenuación en el canal es grande, se puede proveer varias copias de la misma señal transmitida sobre canales independientes cada uno con desvanecimiento distinto [40].

Se tiene diversidad en espacio, frecuencia, polarización, tiempo. La diversidad de espacio y diversidad de polarización reducen los desvanecimientos de señales en el enlace de subida.

Proakis describe un método más sofisticado de diversidad y está basado en el uso de una señal con un ancho de banda más grande que el ancho de banda coherente $(\Delta f)_c$ del canal, está señal con ancho de banda W resolvería las componentes multitrayectoria y así provee al receptor con varias trayectorias con desvanecimientos independientes. El tiempo de resolución es $1/W$. Entonces con una multitrayectoria ensanchada de $T_m S$, hay $T_m W$ componentes de señal resolubles que pueden ser expresados como $W/(\Delta f)_c$, Este es otro método de diversidad de frecuencia de orden $L \approx W/(\Delta f)_c$, Para este método se debe utilizar un correlador RAKE o un filtro adaptado RAKE [41] [42][43].

2.4.1 DIVERSIDAD DE POLARIZACIÓN

Es implementado con una antena teniendo dos polarizaciones, dependiendo sobre la variación del estado de polarización de la señal causado por reflexión y difracción [44]. El modelo resume que una señal es transmitida desde un móvil con polarización horizontal y vertical, esta es recibida en la BTS con diversidad de polarización con dos ramas. La antena con diversidad de polarización esta compuesta de dos elementos de antena v_1 y v_2, el cual hace un ángulo de polarización $\pm \alpha$ con el eje Y. Una estación móvil esta localizada en la dirección de un ángulo de desplazamiento β desde la dirección del rayo principal.

Algunas de las señales verticalmente polarizadas son convertidas a horizontalmente polarizadas a causa de la propagación multitrayectoria. La señal que llega a la BTS puede ser expresada como la ecuación 2.28.

$$x = r_1 \cos\left(\omega t + \phi_1\right)$$
$$y = r_2 \cos\left(\omega t + \phi_2\right) \tag{2.28}$$

x e y son niveles de señal recibidos cuando $\beta = 0$, se asume que r_1 y r_2 tiene distribuciones Rayleigh independientes, y ϕ_1 y ϕ_2 tienen distribuciones uniformes independientes. Los valores de las señales recibidas en los elementos v_1 y v_2 se dan en la ecuación 2.29.

$$v_1 = \left(a r_1 \cos\phi_1 + r_2 b \cos\phi_2\right)\cos\omega t - \left(a r_1 sen\phi_1 + r_2 b\ sen\phi_2\right) sen\omega t$$
$$v_2 = \left(-a r_1 \cos\phi_1 + r_2 b \cos\phi_2\right)\cos\omega t - \left(-a r_1 sen\phi_1 + r_2 b\ sen\phi_2\right)\ sen\omega t \tag{2.29}$$

Donde $a = sen\ \alpha\ cos\ \beta$ y $b = cos\ \alpha$, El coeficiente de correlación ρ se da en la ecuación 2.30.

$$\rho = \left(\frac{\tan^2(\alpha)\cos^2(\beta) - \Gamma_{cp}}{\tan^2(\alpha)\cos^2(\beta) + \Gamma_{cp}}\right)^2 \tag{2.30}$$

$$\Gamma_{cp} = \left\langle R_2^2 \right\rangle / \left\langle R_1^2 \right\rangle \tag{2.31}$$

$$R_1 = \sqrt{r_1^2 a^2 + r_2^2 b^2 + 2 r_1 r_2 ab \cos\left(\phi_1 + \phi_2\right)}$$
$$R_2 = \sqrt{r_1^2 a^2 + r_2^2 b^2 - 2 r_1 r_2 ab \cos\left(\phi_1 + \phi_2\right)} \tag{2.32}$$

En la ecuación 2.31, Γ_{cp} es la discriminante de polarización cruzada del trayecto de propagación entre un móvil y la BTS. El coeficiente de correlación es determinado por tres factores: ángulo de polarización, ángulo de desplazamiento desde la dirección del haz principal de la antena de diversidad y la discriminante de polarización cruzada [45]. ρ se hace grande cuando β es grande, ρ generalmente es más pequeño cuando el α se incrementa, esto sucede porque la polarización horizontal se hace más grande cuando α incrementa, ver figura 2.12.

A causa de que los elementos de la antena v_1 y v_2 están polarizados en $\pm\ \alpha$ hacia la vertical, el nivel de la señal recibida es más bajo que el recibido por una antena polarizada

verticalmente. El valor promedio de pérdidas en la señal L, relativa a la recibida usando polarización vertical se da en la ecuación 2.33.

$$L = \frac{a^2}{\Gamma_{cp} + b^2} \tag{2.33}$$

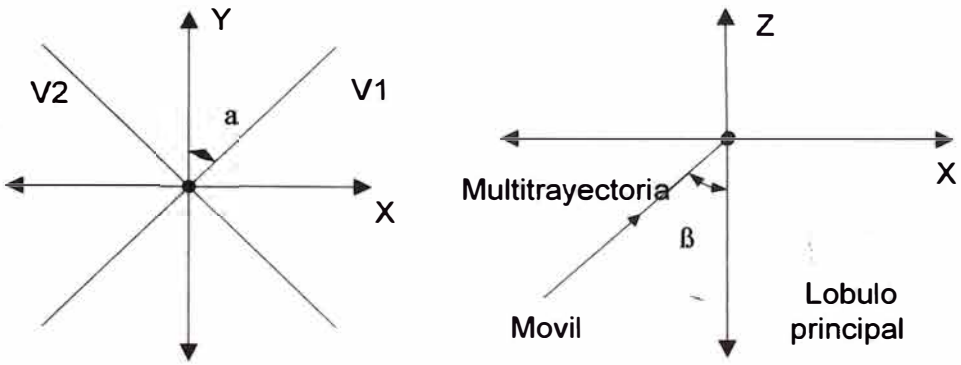


Figura 2.12 Modelo para una BTS con diversidad de polarización [45].

2.4.2 DIVERSIDAD ESPACIAL

En el sistema de diversidad espacial usa dos o más antenas polarizadas verticalmente u horizontalmente, que están físicamente separadas en cada plano respectivamente, la eficacia de este sistema depende de la resolución angular de las antenas [46], ver figura 2.13.

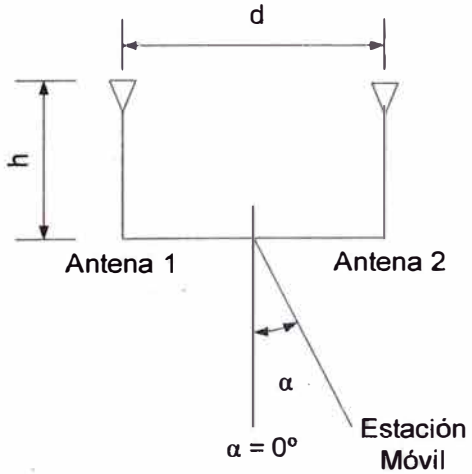


Figura 2.13 Diversidad Espacial [47]

Pero una separación vertical podría no ser muy práctica en comparación con una separación horizontal, las normas de separación entre ellas no son las mismas para una

estación base celular que para una Estación móvil. El grado de correlación entre dos desvanecimientos es determinado por el grado de separación entre dos antenas receptoras, cuando los dos desvanecimientos son combinados, el grado de desvanecimiento es reducido, Lee propone el parámetro η, ecuación 2.34 [48] el cual esta relacionado con la correlación entre dos envolventes de desvanecimiento.

$$\eta = h / d \tag{2.34}$$

Donde h es la altura de la antena y d es la separación entre antenas, ρ coeficiente de correlación y lo relacionamos con η, por ejemplo en una BTS el coeficiente de correlación ρ entre dos antenas se le asigna 0,7 [49], en el caso que η = 11 con una frecuencia de operación de 850 MHz, podemos calcular la distancia, la cual si la altura fuere 36,9 m la distancia sería 3,35 m. [46].

Según Rappaport la diversidad espacial se puede clasificar en cuatro categorías [50]: selección, realimentación, Combinando tasa máxima e igual ganancia, ver figura 2.14.

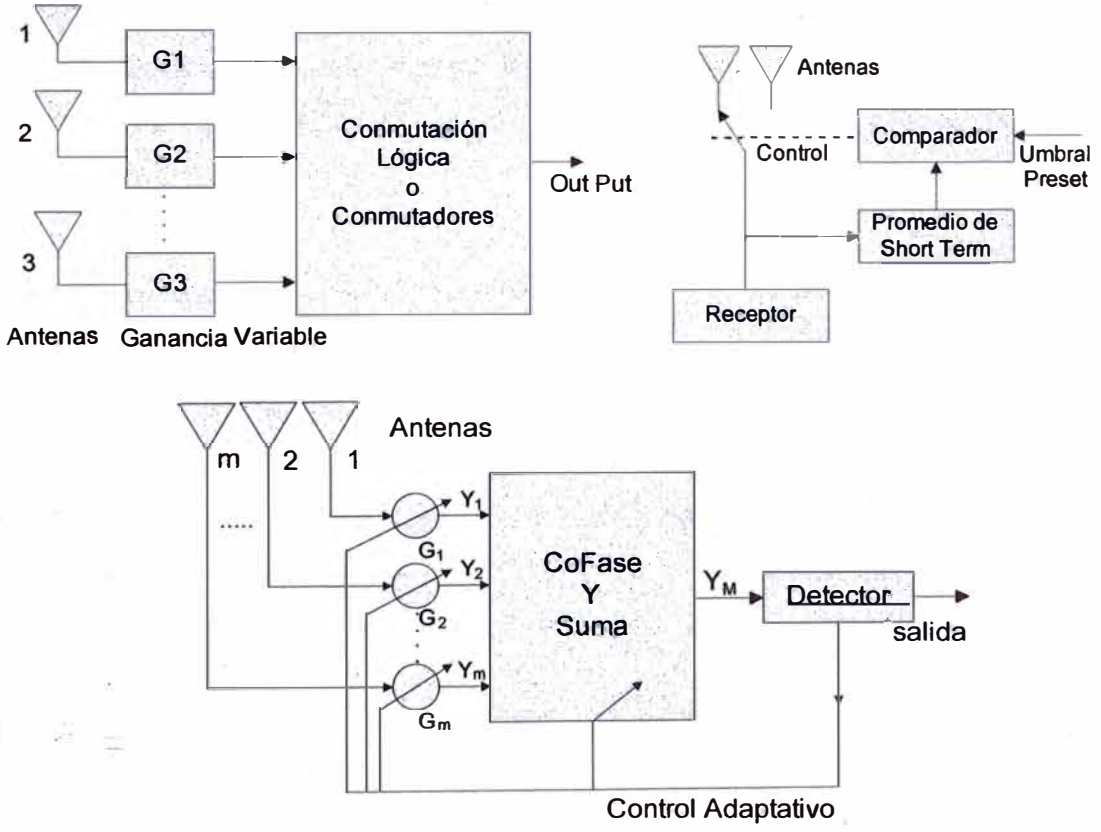


Figura 2.14 Modos de diversidad espacial [50]

2.4.3 DIVERSIDAD DE FRECUENCIA

En este caso no es una alternativa práctica en sistemas celulares por la falta de ancho de banda disponible, pero sin embargo con CDMA, varias trayectorias están disponibles, a esto se le llama diversidad implícita, y las multitrayectorias pueden ser resueltas con el uso de un filtro RAKE.

2.4.4 DIVERSIDAD DE TIEMPO

La diversidad de tiempo transmite información repetidamente en espacios de tiempo que excede el tiempo de coherencia del canal, estas repeticiones múltiples serían recibidas con condiciones de desvanecimientos diferentes, por lo tanto proporcionan diversidad. Una implementación involucra el uso del receptor RAKE para espectro ensanchado CDMA, donde el canal multitrayectoria proporciona redundancia en el mensaje transmitido [51].

2.4.5 CORRECCIÓN DE ERROR EN ADELANTO (FEC) – UNA FORMA DE DIVERSIDAD EN EL TIEMPO

FEC puede ser usado sobre sistemas celulares digitales, no solamente para mejorar la BER, sino también para reducir efectos de desvanecimiento, para ello se incorpora un entrelazador [52][53][54][55].

Los enlaces de radio producen frecuentemente ráfagas de errores que pueden afectar a la decodificación del puntero y producir deslizamientos. Varias causas producen ráfagas de errores: codificación no-Gray, codificación diferencial, aleatorizador autosincronizado; codificación FEC; propagación por caminos múltiples. Las ráfagas de errores son más difíciles de corregir que los errores distribuidos uniformemente. El circuito de Intercalado introduce una distribución temporal de los datos para evitar que una ráfaga de errores afecte a datos adyacentes. Por lo tanto se trata de una diversidad temporal.

Se dispone de entrelazadores por bloques y entrelazadores convolucionales. El entrelazador o intercalador a bloques consiste en una memoria matricial con m filas y n columnas, y bits mn entrelazados en el tiempo, matriz que se escribe por fila y se lee por columna, usualmente cada fila contiene datos de la fuente de n bits.

Los bits de fuente son ubicados en el intercalador, incrementando secuencialmente el número de fila por cada bit sucesivo y rellenando las columnas, los datos intercalados son leídos por columna y transmitidos sobre el canal. El número de filas en el entrelazador debe ser por lo menos más grande que la duración promedio de desvanecimiento esperado en el canal, para aleatorizar efectivamente los símbolos. El intercalador convolucional utiliza un arreglo de retardos; requiere una memoria más pequeña, con idéntico desempeño, estos son usados con códigos convolucionales.

Una señal CDMA es una señal de banda ancha, este modo de acceso usa canales de propagación móvil donde el ancho de banda coherente suele ser menor que el ancho de banda de la señal transmitida, por lo que no se tendrá la misma respuesta para todas las componentes. La calidad de transmisión puede ser mejorada discriminando los caminos de propagación, este modelo se implementa en el receptor RAKE, ver figura 2.15.

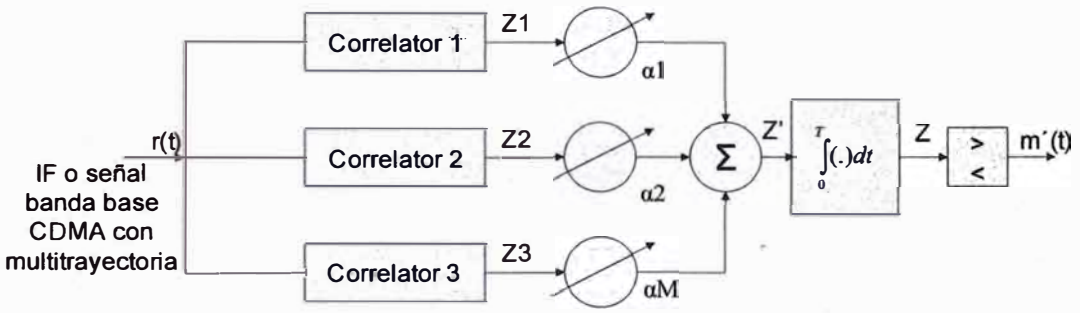


Figura 2.15 Receptor RAKE de M-Lazos [51].

2.5 MODELOS Y DISPOSICIONES TÍPICAS PARA ESTACIONES BASE CELULAR USADOS EN EL PERÚ

En nuestro país se utiliza una amplia variedad de disposiciones en lo que se refiere a antenas para BTS, según las necesidades de cobertura y tráfico, estas tienen en cuenta parámetros como: la ubicación, altura de la antena, patrón de radiación, ganancia, apertura, inclinación de antena, formas de torres, plataformas, etc.

Es importante también saber que hay diversas metodologías en el diseño de cobertura, algunas teóricas y otras prácticas, una buena prueba de cobertura es instalando un transmisor BTS y luego ir tomando muestras de los diferentes niveles de recepción que se obtienen a través del sector de interés, para ello se debe contar con el equipo necesario, tales como

transmisor, antena sectorial, equipo para la medición de pruebas, GPS, una computadora personal portátil para el almacenamiento de datos.

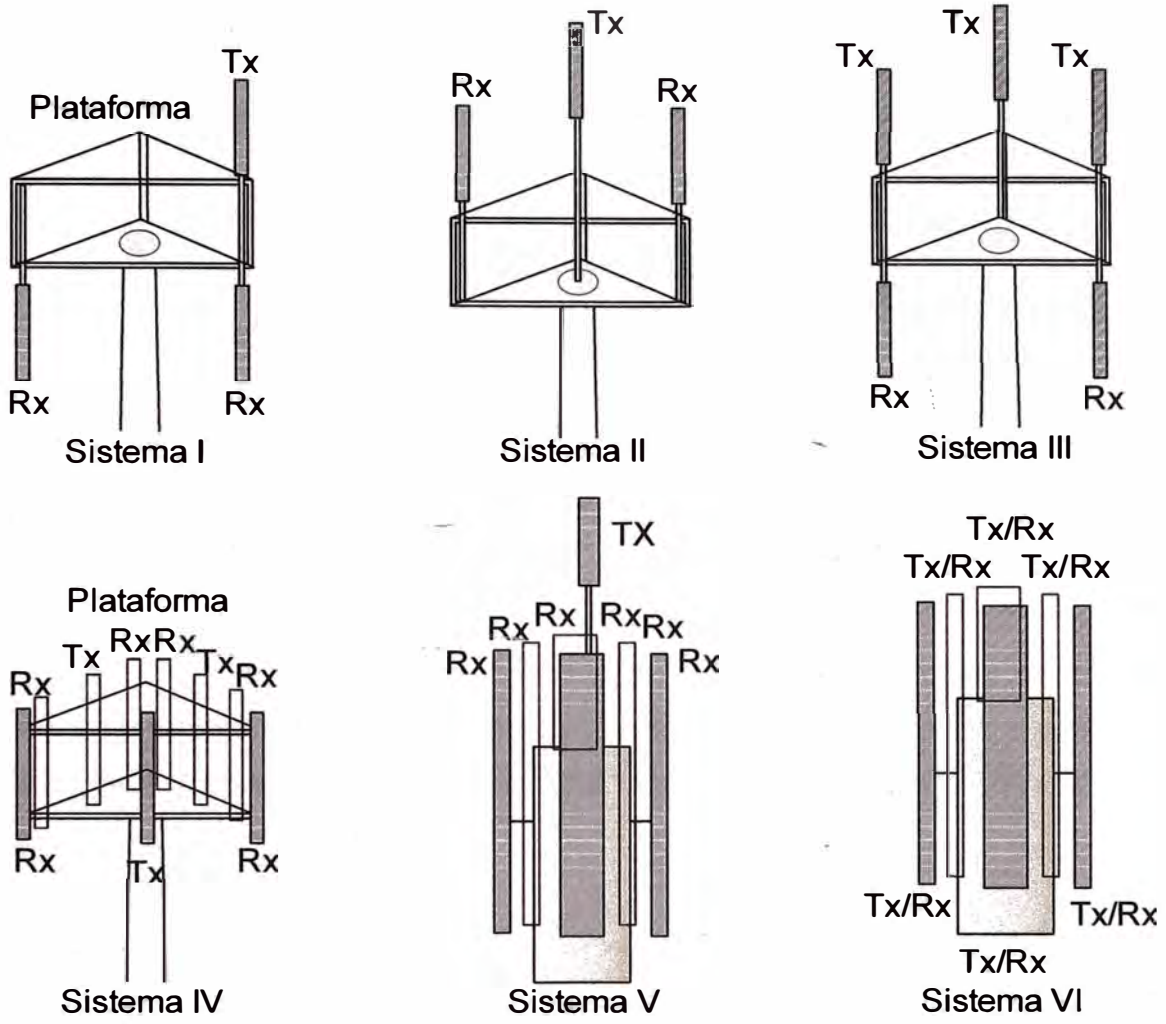


Figura 2.16 Principales sistemas radiantes [56][57].

En la figura 2.16 se muestra 6 sistemas que son los más representativos, estos son:

a) sistema I tiene la irradiación omnidireccional, el sistema consta de una antena de transmisión y dos de recepción.

b) sistema II tiene el patrón de radiación omnidireccional, su instalación también es vertical y requiere un inclinamiento hacia abajo.

c) sistema III que usa tres antenas transmisoras y dos antenas receptoras con patrón de radiación omnidireccional.

d) sistema III que puede usar antenas del sistema I y II pero para realizar el inclinamiento hacia abajo se deben utilizar antenas con inclinamiento hacia arriba, para que cuando sean instaladas en forma invertida, estas proporcionen inclinamiento hacia abajo.

e) El sistema IV divide 3 sectores de 120° y usa antenas sectoriales con patrón de radiación direccional, hay 3 antenas por sector una de transmisión y dos de recepción.

f) Para el sistema V se tiene una antena transmisora con patrón de radiación omnidireccional y 6 antenas receptoras sectorizadas en 60°, a este modelo se le denomina configuración Motorola.

g) Para el sistema VI se usa una división de sectores de 60° cada uno con dos antenas por sector una de transmisión y una de recepción en este sistema no es frecuente el uso de inclinamiento hacia abajo.

El sistema más utilizado en el Perú es el sistema IV, instalado en torres auto soportadas, ventadas ó monopolares con plataformas triangulares o circulares, en verdad esta estructura variaría de acuerdo al espacio disponible para la antena de la BTS y también a la preferencia por parte de los operadores.

Los sistemas con patrones de radiación omnidireccionales casi no se usan en el Perú, ello debido a que con estos sistemas se usa una gran potencia, se obtiene una buena cobertura, pero se atiende bajo tráfico, ese es el caso de algunas provincias. Mientras que en Lima se ve, un conglomerado de BTS con el sistema IV, ello debido a que estas trabajan con potencias bajas alrededor de los 10 Watts y pertenecen a varios operadores de telefonía celular, el radio de cobertura obtenido con este método es muchísimo menor, pero la ventaja esta en que se puede atender mayor demanda de tráfico.

El incremento de las BTS va creando un impacto ambiental, el cual podría ser reducido con la aplicación de políticas de compartimiento de infraestructura, es decir las torres, por otro lado se usa muy poco la instalación mimetizada de una BTS, así como el uso de antena duales, para disminuir el número de antenas por sector.

La utilización de un determinado modelo de antena depende mucho también del propósito de cobertura, la ubicación, por ejemplo si queremos dar cobertura en un edificio que se encuentra debajo de la antena, en esos casos se prefieren antenas con inclinamiento eléctrico. Otro factor es el azimut, y la forma en que se distribuyen las antenas sectoriales, cada operador tiene una forma particular de hacerlo.

Una tendencia de los sistemas celulares es poder utilizar una sola antena para varias tecnologías, pero también se deben tener presente en los diseños el peso de las antenas, carga del viento, valores admisibles del producto de intermodulación, uso de antenas con inclinamiento eléctrico variable con accionamiento remoto y el uso de antenas de banda ancha que permitirán que las redes actualmente en construcción estén preparadas para operar en nuevas frecuencias.

2.6 RESUMEN

En este capitulo se analizó los parámetros más importantes de una antena y los inconvenientes para las antenas de BTS para telefonía celular, asimismo métodos de recepción usando diversidad en frecuencia, diversidad en tiempo, diversidad espacial y diversidad de polarización.

Se hace un hincapié en el tema del patrón de radiación su directividad y su ganancia y su apertura, ello debido a que es un parámetro crítico, porque en cualquier sistema radiante una buena antena provocará grandes impactos en el diseño de cobertura.

CAPITULO 3

3 BASES DE DATOS DEL TERRENO EN FORMATO DIGITAL USADOS EN EL CÁLCULO DE RADIOPROPAGACIÓN CELULAR

3.1 DATOS BÁSICOS Y SISTEMAS DE COORDENADAS SEGÚN LA RECOMENDACIÓN ITU-R 1058

Según la recomendación ITU-R P.1058-I, indica que los datos topográficos para cualquiera de los sistemas de coordenadas, están divididos en dos grupos:

- coordenadas angulares, normalmente la Latitud relativa a la línea ecuatorial y a la Longitud relativa hacia un meridiano, normalmente Greenwich.

- proyección rectangular aplicada a un área particular de la superficie de la tierra según a una proyección matemática definida.

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS

Las coordenadas con latitud y longitud dan cobertura global sin discontinuidad, pero con una relación no lineal entre valores de coordenadas y distancias en la tierra. En particular el factor escala entre longitud y distancia terrena varía con la latitud.

Mientras que las proyecciones rectangulares aproximan hacia una relación lineal e invariante en escala entre coordenadas y distancias terrenas sobre un área geográfica definida, estas deben ser redefinidas para diferentes áreas, para evitar distorsiones significativas.

Muchos sistemas de mapeo nacionales están basados sobre el UTM (Universal transverse marcator), este sistema esta basado en un conjunto de proyecciones sobre definiciones uniformes para diferentes longitudes referenciadas al Ecuador, esto da un grado de estandarización [58].

3.1.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS

La selección del sistema apropiado depende de varios factores. Si la más alta precisión es importante, hay una ventaja en la retención del sistema de coordenadas, dado que las conversiones a diferentes sistemas de coordenadas usualmente resultarían en una pérdida de precisión.

Cuando se extrae datos indexados de trayectorias cortas hacia una proyección rectangular nos da una simplificación, dado que una línea directa en el espacio coordenado se aproximaría a una línea directa sobre la tierra. La diferencia cuando es comparada con una trayectoria circular grande dependería sobre el sistema de proyección, orientación de la trayectoria y longitud. Como una guía general, una proyección rectangular es suficientemente precisa para estudios de propagación cercanos a los 100 Km., sin embargo, estas diferencias variarían según la proyección en uso, y tenderían a ser más grandes para orientaciones de trayectorias Oeste – Este y en latitudes más altas. El usuario evaluaría el peor caso de error.

Para coordinación internacional el uso de coordenadas con latitud y longitud es recomendable por su capacidad para cubrir la superficie entera de la tierra sin discontinuidades. Ahora donde una proyección rectangular es necesitada, el uso de coordenadas UTM es preferible [58].

3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS TOPOGRÁFICOS EN FORMATO DIGITAL

Primero se precisa que es un sistema de información geográfica GIS o SIG y definir el tipo de formatos para la captura de la información.

3.2.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un GIS es un programa de computadora que enlaza información geográfica con información descriptiva [59], se puede definir también como un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, los

cuales son usados en la solución de problemas en diversos campos, estos datos pueden ser almacenados en diferentes formatos, ver figuras 3.1 y 3.2.

Figura 3.1 Funciones del sistema de información geográfico con la información

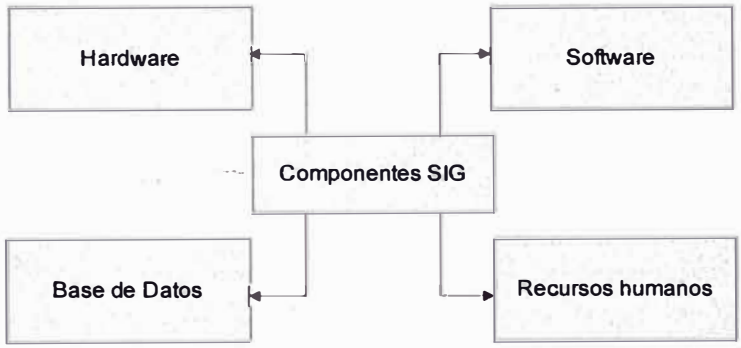


Figura 3.2 Componentes de un Sistema de Información Geográfica

3.2.2 FORMATOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

En el planeamiento de una red de radio se tiene que usar datos digitales del terreno, dependiendo de los diferentes tipos de datos y de los diferentes escenarios como la altura del terreno, tipo del terreno, datos de las construcciones, tipos de formatos vector o raster, resolución (rango típico 5 m. Hasta 200 m.) y exactitud, son usados.

Para áreas urbanas densas los datos de alta resolución contienen información de construcciones y vegetación. El correspondiente modelo de predicción de propagación, usando esta clase de datos debe ser capaz de procesar formatos raster o vectorial.

Adicionalmente algunas técnicas de procesamiento son introducidas para reducir el tiempo de cálculo [60]. Teniendo estos datos podemos trazar un conjunto de perfiles específicos, un ejemplo de ello es el software escrito en entorno visual C++ realizado en los laboratorios de "Harris Farinon Transmisión Engineering Department por Hill Musharbash" [61].

3.2.2.1 FORMATO RASTER

El formato raster se obtiene cuando se digitaliza un mapa, una fotografía o cuando se obtienen imágenes digitales capturadas por satélites. En ambos casos se obtiene un archivo digital de esa información. La captura de la información en este formato se hace mediante los siguientes medios: escaneo, imágenes de satélite, fotografía aérea, cámaras de video, entre otros.

3.2.2.2 FORMATO VECTORIAL

La información gráfica en este tipo de formatos se representa internamente por medio de segmentos orientados de rectas o vectores. De este modo un mapa queda reducido a una serie de pares ordenados de coordenadas, utilizados para representar puntos, líneas y superficies.

La captura de la información en el formato vectorial se hace por medio de: digitalizadoras, convertidores de formato raster a formato vectorial, sistemas GPS, entrada de datos alfanuméricos, entre otros.

3.2.3 BASE DE DATOS GEOGRÁFICOS

La parte principal de un GIS es sin duda la base de datos geográficos, aquí se encuentran insertos los datos acerca de todos los elementos que se encuentran en un área determinada; la eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras.

El vínculo entre las diferentes estructuras se obtiene mediante el campo clave que contiene el número identificador de los elementos, tal número identificador aparece tanto en

los atributos gráficos como en los no gráficos. Los atributos no gráficos son guardados en tablas y manipulados por medio de un sistema manejador de bases de datos. Los atributos gráficos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema GIS. Los objetos geográficos son organizados por temas de información, o capas de información, llamadas también niveles.

Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos. Los elementos simplemente son agrupados por lo que ellos representan, así por ejemplo, en una categoría dada, ríos y carreteras aún siendo ambos objetos en línea están almacenadas en distintos niveles por cuanto sus atributos son diferentes.

Para cálculos de tipo deterministicos se pueden usar datos de alta resolución que contienen información acerca de las construcciones, paredes, altura del terreno y vegetación. Tales datos pueden ser derivados por evaluación estereoscópica de fotografías aéreas, los datos extraídos desde una fotografía aérea son típicamente hechos en formato vector, cada vector objeto contiene información acerca de las formas de las construcciones, altura absoluta del terreno, altura relativa de los edificios, tipo de azoteas y la dirección de las elevaciones, la especificación de la precisión del vector de datos tiene un máximo de desviación estándar de 2 m., en altura y posición.

Por ejemplo la generación de un perfil en dos dimensiones - 2D, el cual es importante para calcular las señales de propagación con un plano vertical entre la estación base celular - BTS y la estación móvil - MS, es más eficiente usando datos raster. Por otro lado, la detección de superficies dispersas en las construcciones fuera del plano vertical, el cual es relevante para considerar propagación multitrayectoria, es rápida cuando se usa formato vector.

La cobertura interior depende sobre el fenómeno de propagación especifica y la interacción a lo largo de todas las trayectorias entre la BTS y las construcciones tal como sobre el material de los edificios.

Métodos no sistemáticos permite conocer y recuperar automáticamente el material de construcción para una ciudad completa, por lo tanto el material de construcción tiene que ser reemplazado por valores empíricos por defecto [60].

3.3 BASE DE DATOS APLICADO AL PROGRAMA DESARROLLADO

La base de datos que se utiliza en este programa es proveniente del proyecto "Shuttle Radar Topography Misión" - SRTM y esta en el formato Datum WGS-84 y cumple la recomendación ITU-R 1058.

El SRTM obtuvo una alta resolución de datos a una escala casi global, generando la más completa base de datos topográfico digital de la Tierra [62]. El "Jet Propulsión Laboratory" preparó, sobre un trasbordador espacial de la NASA, un radar especial que del 11 al 22 de febrero del 2000, capturó los datos topográficos, gracias a la tecnología avanzada de su radar que tiene la capacidad de poder ver a través de las nubes, los datos obtenidos son de la misma alta resolución disponibles para América del Norte y la mayor parte de Europa.

SRTM coleccionó estos datos topográficos entre los 60 grados de latitud norte y los 56 grados de latitud sur, cubriendo en esta forma aproximadamente un 80% de la masa total de nuestro planeta. La Base de datos que obtuvo, está en dos resoluciones: en 3 arco-segundo o 90 metros y en 1 arco – segundo o en 30 metros.

La misión SRTM es un proyecto de cooperación entre la "National Aeronautics and Space Administration" - NASA, la National Geospatial-Intelligence Agency of the United States - NGA, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y las agencias espaciales DLR de Alemania y ASI de Italia.

3.4 RESUMEN

En este capitulo se ha revisado el concepto importante sobre un sistema de información geográfica, llamada GIS ó SIG. La importancia que tiene una base de datos con información geográfica y su aplicación en diversos casos, y el caso nuestro aplicado al diseño de cobertura de una estación BTS.

La BD aplicada al programa cumple con la recomendación ITU-R 1058, con 3 arco-segundo y son provenientes del proyecto STRM [62] es un proyecto internacional encabezado por "the National Geospatial-Intelligence Agency" (NGA) y "the National Aeronautics and Space Administration – NASA".

CAPITULO 4

4 MODELOS DE RADIOPROPAGACIÓN USADOS EN TELEFONÍA CELULAR

La propagación de las ondas de radio sufren atenuación, es decir la energía emitida desde un transmisor puede tomar diferentes trayectorias antes de ser recibida, esta trayectoria depende de muchos factores entre los que se incluye: frecuencia, tipo de antena, altura de antena, condiciones atmosféricas y terreno [63]. Para mas detalles revisar [64] [65] [66] [67].

Es importante mencionar que las pérdidas de propagación tiene un carácter aleatorio debido a la variabilidad del terreno donde se va a realizar la predicción, estos modelos pueden ser empíricos o teóricos, los cuales son implementados en computador. Algunos términos usados en el presente trabajo hacen uso de las definiciones usadas en recomendaciones [68].

4.1 PROPAGACIÓN Y PÉRDIDAS EN TRAYECTORIAS DE GRAN ESCALA

4.1.1 MODELOS DE PROPAGACIÓN EXTERIOR

4.1.1.1 MODELO LONGLEY RICE O MODELO DE TERRENO IRREGULAR

Es aplicable en sistemas de comunicación punto a punto en el rango de frecuencias desde los 40 MHz hasta 100 GHz, sobre diferentes clases de terreno. La pérdida media en la transmisión es calculada usando la geometría en la trayectoria y el perfil del terreno y la refractividad en la troposfera.

Técnicas de geometría óptica, principalmente el modelo de reflexión de 2 rayos en la tierra, son usados para predecir la intensidad de la señal dentro del radio horizonte. Pérdidas de difracción sobre obstáculos aislados son estimados usando los modelos de filo de cuchillo de Fresnel - Kirchoff, ver detalles en [69]. La teoría de dispersión es usada para hacer cálculos troposfericos sobre largas distancias, y pérdidas de difracción en el campo lejano en el doble del horizonte son calculadas usando un método modificado de Van Der Pol – Bremmer [70].

El método de Longley Rice - LR opera en dos modos, cuando un perfil del terreno esta disponible, Los parámetros específicos de trayectoria pueden ser fácilmente determinados y el cálculo es llamado modo de predicción punto a punto. Por otro lado si el perfil del terreno en

la trayectoria no esta disponible, El método LR da técnicas para estimar los parámetros específicos de trayectoria, y tal predicción es llamada una predicción modo área [71].

Un defecto del modelo LR es que no proporciona manera de determinar correcciones debido a factores ambientales en la vecindad del receptor móvil, o considerar factores de corrección para calcular los efectos de construcciones y follaje. Además, la multitrayectoria no es considerada, revisar recomendaciones para propagación por difracción [69].

4.1.1.2 MODELO DE DURKIN

Consiste de dos partes, la primera parte acceso a una base de datos topográficos de un área de servicio propuesta y reconstruye la información del perfil del terreno a lo largo de un radio circundante al transmisor y el receptor usando un método de interpolación. La segunda parte del algoritmo calcula la pérdida esperada en la trayectoria a lo largo de este radial.

Se determina si hay línea de vista - LOS, para ello se define el parámetro δj, se encuentra si δj $(j = 1,\ldots;n)$ es positivo a lo largo del perfil, de ello se concluye que una trayectoria LOS no existe, en otro caso se puede concluir que una trayectoria LOS si existe, ver detalles para sistemas con LOS en [72].

Si la primera zona de fresnel de la trayectoria de radio es no obstruible, entonces la pérdida resultante es aproximadamente igual que en el espacio libre. Si hay una obstrucción que apenas toca la línea que une el transmisor y el receptor, entonces la energía de la señal en el receptor es 6 dB menos que el valor de espacio libre debido a la energía difractada libre de obstrucción y lejano al receptor. El método para determinar la claridad en la primera zona de fresnel es hecha calculando el parámetro de difracción de Fresnel v, se define la integral de Fresnel en función de v, ecuación 4.1, para cada uno de los j- ésimos elementos del terreno, Donde $\vec{E}_d$ es la intensidad de campo eléctrico difractado, $\vec{E}_0$ campo en el espacio libre.

$$\frac{\vec{E}_d}{\vec{E}_0} = F(\upsilon) = \frac{(1+j)}{2}\int_{\upsilon}^{\infty} \exp\left(\frac{(-j\,\pi\, t^2)}{2}\right) dt \qquad (4.1)$$

Si $v_j \leq$ - 0,8 para todos los j, entonces las condiciones en el espacio libre son dominantes. Para este caso, la potencia recibida es calculada usando la formula de transmisión en el espacio libre.

$$P_r(d) = \frac{PtGtGr\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \tag{4.2}$$

Si el perfil del terreno falla la prueba de la primera zona de fresnel, entonces hay dos posibilidades, sin línea de vista - NLOS y LOS, pero con una claridad de la primera zona de fresnel inadecuada. Para ambos casos, se calcula la potencia del espacio libre usando la ecuación 4.2 y la potencia usando el plano de propagación, ecuación 4.3.

$$P_r = P_t G_t G_r \frac{h_t^2 h_r^2}{d^4} \tag{4.3}$$

Seleccionamos la más pequeña de las potencias calculadas con las ecuaciones 4.2 y 4.3. Si el perfil es LOS con una inadecuada claridad en la primera zona de Fresnel, se calcula la pérdida adicional debido a la inadecuada claridad de la zona de Fresnel y agregar esto en dB a la potencia apropiada de recepción, ecuación 4.4.

$$G_d(dB) = 20\log|F(v)| \tag{4.4}$$

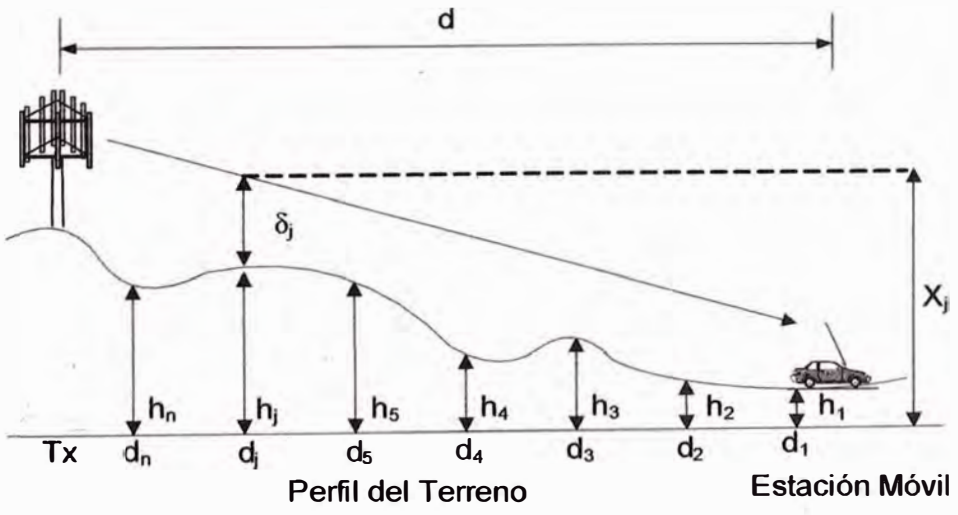


Figura 4.1 Modelo de Durkin con Línea de Vista [73].

Para el caso de NLOS el problema de la calidad del sistema esta dentro de una de las cuatro siguientes categorías: limite de difracción simple, dos límites de difracción, tres límites de difracción y más de tres límites de difracción. No considera efectos de propagación debido al follaje [73][5].

4.1.1.3 MODELO DE OKUMURA

Este modelo es aplicable para frecuencias en el rango de 150 MHz a 1920 MHz y distancias de 1 Km. a 100 Km. Esto puede ser usado para un rango de alturas de antenas de la BTS entre 30 m. a 1000 m.

Okumura desarrolló un conjunto de curvas dando la atenuación media relativa al espacio libre (A_{mu}), en un área urbana sobre un terreno casi parejo con una altura efectiva (h_{te}) de la BTS de 200 m. y una altura de antena de la MS (h_{re}) de 3 m.

Estas curvas fueron desarrolladas luego de extensas medidas usando antenas verticales omnidireccionales, entre la base y el móvil, y son trazadas como una función de la frecuencia en el rango de 100 MHz a 1920 MHz y como una función de la distancia desde la BTS en el rango de 1 Km. a 100 Km.

Se calcula la pérdida en el espacio libre, y entonces el valor de $A_{mu}(f,d)$ leído desde las curvas es añadido con factores de corrección para considerar el tipo de terreno.

$$L_{50}(dB) = L_{fs} + A_{mu}(f,d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA} \tag{4.5}$$

L_{50} es el 50-ésimo percentil valor de pérdida en la trayectoria de propagación, L_{fs} es la pérdida en el espacio libre, A_{mu} es la atenuación media relativa para espacio libre, $G(h_{te})$ es el factor de ganancia altura en la antena de la estación base, $G(h_{re})$ es el factor de ganancia de altura de la antena móvil, y $G_{área}$ es la ganancia debido a el tipo de ambiente.

Okumura encontró que $G(h_{te})$ varía en una tasa de 20 dB/década y $G(h_{re})$ varía en una tasa de 10 dB/década para alturas menores que 3 m.

$$G(h_{te}) = 20\log\left(\frac{h_{te}}{200}\right) \qquad 100m > h_{re} > 10m \tag{4.6}$$

$$G(h_{re}) = 10\log\left(\frac{h_{re}}{3}\right) \qquad h_{re} \leq 3m \tag{4.7}$$

$$G(h_{re}) = 20\log\left(\frac{h_{re}}{3}\right) \qquad 10m > h_{re} > 3m \tag{4.8}$$

Otras correcciones como: la altura del terreno ondulado Δh, inclinación promedio del terreno, pueden ser añadidas [74][75] [76].

4.1.1.4 MODELO DE HATA

Válido desde 150 MHz hasta 1500 MHz, para el valor medio de pérdida en la propagación se da la Formula de Hata, ver ecuación 4.9, que es una consecuencia de los Experimentos realizados por Okumura.

$$L(dB) = 69{,}55 + 26{,}16\ \log_{10} f_{MHz} - 13{,}82\log_{10} h_b - a(h_m) + (44{,}9 - 6{,}55\log_{10} h_b)\log_{10} d_{Km} - K \tag{4.9}$$

Donde f es la frecuencia en MHz, h_b es la altura efectiva de la antena de BTS en m, el rango va desde 30 m hasta 200 m., h_m es la altura efectiva del receptor en m y su rango esta entre 1m a 10 m., d_{Km} es la separación entre transmisor y receptor en Km., K es el factor de corrección para áreas abiertas y suburbanas y $a(h_m)$ es el factor de corrección para la altura de antena efectiva, el cual es una función del tamaño del área de cobertura. Para un área rural y suburbana tenemos la ecuación 4.10.

$$a(h_m) = (1{,}1\ \log_{10} f_{MHz} - 0{,}7)h_m - (1{,}56\ \log_{10} f_{MHz} - 0{,}8)\,dB \tag{4.10}$$

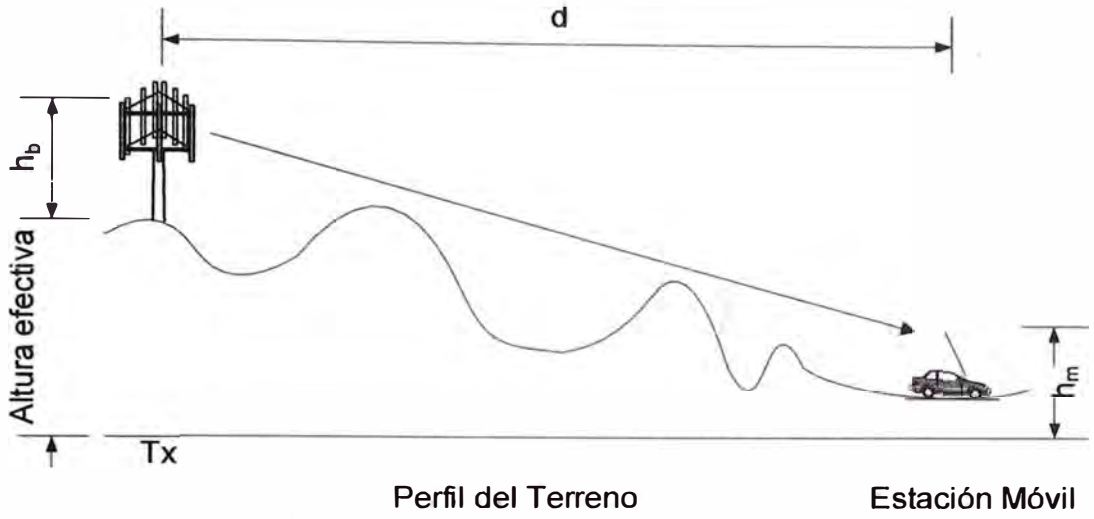


Figura 4.2 Modelo Hata – Okumura

El factor *K* para el caso de áreas rurales esta dado en la ecuación 4.11. Y para ciudades medianas y pequeñas usamos la ecuación 4.10 pero con $k = 0$ y para zonas suburbanas aplicamos la ecuación 4.12.

$$k = 4,78\left(\log_{10} f_{MHz}\right)^2 - 18,33 \log_{10} f_{MHz} + 40,94 \tag{4.11}$$

$$k = 2\left[\log_{10}\left(\frac{f_{MHz}}{28}\right)\right]^2 + 5,4 \tag{4.12}$$

Para el caso de grandes ciudades con frecuencias mayores a 400 MHz utilizamos la ecuación 4.13.

$$a\left(h_m\right) = 3,2\left(\log_{10} 11,75\, h_m\right)^2 - 4,97 \tag{4.13}$$

La categoría de gran ciudad usado por Hata, implica edificios más grandes de 15 m. Para el caso de los 850 MHz el modelo de Hata se convierte en la ecuación 4.14.

$$L_{Hata} = 146,18 + \left(44,9 - 6,55 \log_{10} h_b\right)\log_{10} d_{Km} - a\left(h_m\right) - 13,82 \log_{10} h_b - k \tag{4.14}$$

Para la ecuación 4.14 $a(h_m)$ toma valores dependiendo del tipo de área en el que se realiza la predicción. Para el caso de áreas rurales, suburbanas y ciudades pequeñas y medianas se da la ecuación 4.15.

$$a(h_m) = 2,52h_m - 3,77 \tag{4.15}$$

El valor de k = 28,26 para zonas rurales, k = 9,79 para zonas suburbanas y k = 0 para ciudades pequeñas y medianas. Para el caso de grandes ciudades se da la ecuación 4.16, y el valor de $k = 0$ [75].

$$a(h_m) = 3,2(\log_{10} 11,75h_m)^2 - 4,97 \tag{4.16}$$

Este modelo esta bien aplicado para grandes sistemas celulares, pero no en sistemas PCS (sistema de comunicación personal), los cuales tienen celdas sobre el orden de 1 Km. de radio [77], ver otras consideraciones en [78][79][82][83].

4.1.1.5 MODELO EXTENDIDO DE HATA PARA PCS

La cooperativa Europea para investigación técnica y científica EURO-COST, formó el COST-231, comité de trabajo para desarrollar una versión extendida del modelo de Hata, hasta 2 GHz, ecuación 4.17.

$$L_{Hata} = 46,33 + (44,9 - 6,55\log_{10} h_b)\log_{10} d_{Km} + 33,9\log_{10} f_{MHz} - a(h_m) - 13,82\log_{10} h_b + C \tag{4.17}$$

Donde $a(h_m)$ fue definida en las ecuaciones 4.10, 4.13, 4.15 y 4.16, C es el factor de corrección y su valor depende de la zona de interés para la predicción de cobertura.

$$C = \begin{cases} 0\ dB & \textit{para ciudades medianas y áreas suburbanas} \\ 3\ dB & \textit{para centros metropolitanos} \end{cases} \tag{4.18}$$

El COST-231 restringe el modelo para, f desde 1500 MHz hasta 2000 MHz, h_b desde 30 m hasta 200 m, h_m desde 1 m hasta 10 m y d 1 Km Hasta 10 Km. [77] [74] [80] [84].

4.1.1.6 MODELO DE WALFISH Y BERTONI

Este modelo considera el impacto en los tejados y edificaciones altas, usando modelos de difracción para la predicción del nivel promedio de la señal. El modelo considera las pérdidas en la trayectoria en la variable S, para ser un producto de tres factores, ecuación 4.19.

$$S = P_o Q^2 P_1 \tag{4.19}$$

P_o representa la pérdida en el espacio libre entre antenas isotrópicas, ecuación 4.20.

$$P_o = \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2 \tag{4.20}$$

El factor Q^2 da la reducción de señal en los tejados debido a la fila de construcciones, los cuales sombrean el receptor que está a nivel de la calle. El término P_1 esta basado en la difracción y determina la pérdida de la señal desde los tejados hacia la calle. La pérdida en la trayectoria esta dada por la ecuación 4.21.

$$S(dB) = L_{fs} + L_{rts} + L_{ms} \tag{4.21}$$

L_{fs} representa pérdida en el espacio libre [85][86], L_{rts} representan la difracción y dispersión desde tejados hacia la calle, y L_{ms} denota pérdida por difracción multiscreen debido a la fila de edificaciones.

En la figura 4.1 se ilustra la geometría usada en el modelo de Walfish Bertoni. Este modelo es considerado por la recomendación ITU-R para su uso en actividades estándar del IMT2000 [88].

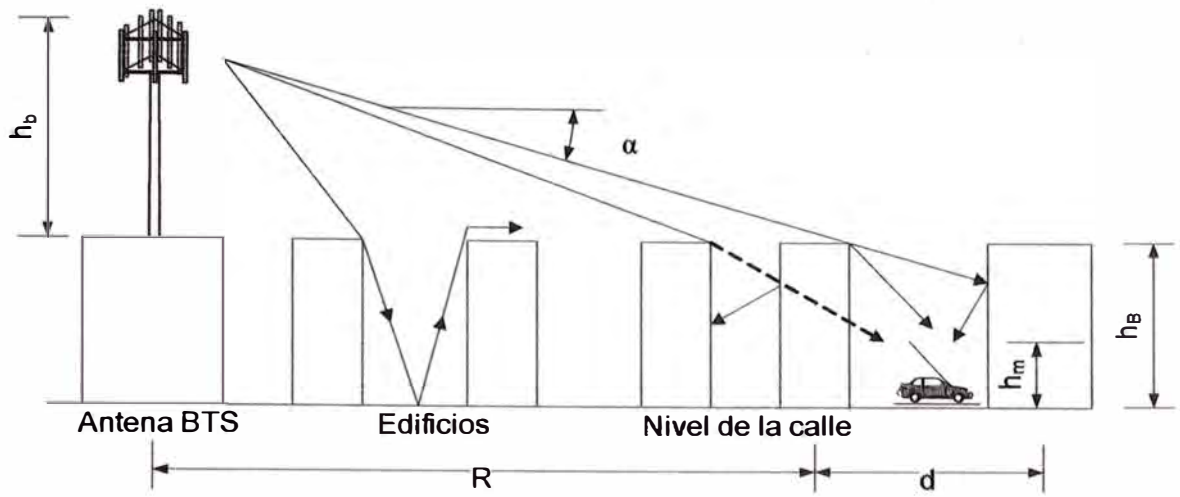


Figura 4.3 Modelo propuesto por Walfish y Bertoni [81].

4.1.1.7 MODELO DE WALFISH IKEGAMI

Este modelo se utiliza en la banda de 800 MHz a 2000 MHz y distancias en el rango de 0,02 Km a 5 Km, este modelo distingue entre situaciones con línea de vista - LOS y sin línea de vista - NLOS. En la situación con línea de vista, la pérdida esta dada por la ecuación 4.22.

$$L_{LOS} = 42,64 + 26\log_{10} d_{Km} + 20\log_{10} f_{MHz} \quad , \quad d_{Km} \geq 0,02 \tag{4.22}$$

Notar que la ley de propagación con línea de vista - LOS es modelado siendo 26/10=2,6 para que el $L_{LOS} \approx L^{2,6}$, el modelo asume que la altura de antena es $\geq$ 30 m. y asegura que la trayectoria tenga una buena claridad en la zona de fresnel, recordemos que la formula de pérdida en el espacio libre esta dada por la ecuación 4.23.

$$L_{fs} = 32,45 + 20\log_{10} d_{Km} + 20\log_{10} f_{MHz} \tag{4.23}$$

Entonces la propagación LOS puede escribirse como la ecuación 4.24.

$$L_{LOS} = L_{fs} + 10,19 + 6\log_{10} d_{Km} = L_{fs} 6\log_{10}(50 d_{Km}) = L_{fs} + 6\log_{10}\left(\frac{d_m}{20}\right) \tag{4.24}$$

En la situación sin línea de vista - NLOS, se usan los parámetros: Altura de antena de BTS h_b entre 4 y 50 m, altura de la estación móvil h_m en el rango de 1 a 3 m, altura nominal de las construcciones h_B en m, $\Delta h_b = h_b - h_B$ es la altura de la antena de BTS por encima de los techos en m, $\Delta h_m = h_B - h_m$ es la altura de la antena móvil por debajo de los tejados, b separación de las construcciones en m, es recomendable entre 20 a 50 m, w es el ancho de la calle, es recomendable $b/2$, φ el ángulo de ondas incidentes con respecto a la calle (usar 90°).

En el caso de ausencia de datos, la altura de los edificios puede ser estimado para ser tres veces el número de pisos mas 3 m si el techo es inclinado en lugar de plano, El modelo trabaja mejor para antenas BTS que están por encima de la altura de los tejados. Usando los parámetros el modelo aplicado para NLOS da la ecuación 4.25.

$$L_{NLOS} = \begin{cases} L_{fs} + L_{rts} + L_{msds}, & L_{rts} + L_{msds} \geq 0 \\ L_{fs} & L_{rts} + L_{msds} < 0 \end{cases} \tag{4.25}$$

En la ecuación L_{fs} es la pérdida en el espacio libre, ecuación 4.23, L_{rts} es la pérdida por dispersión y difracción del techo hacia la calle y L_{msd} es la pérdida por difracción multiple.

La formula dada para L_{rts} involucra una pérdida por orientación L_{ori}, ecuación 4.26 y la ecuación 4.27.

$$L_{rts} = -16{,}9 - 10\log_{10} w + 10\log_{10} f_{MHz} + 20\log_{10} \Delta h_m + L_{ori} \tag{4.26}$$

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0{,}034\phi & 0° \leq \phi \leq 35° \\ 2{,}5 + 0{,}075\,(\phi - 35°) & 35° \leq \phi \leq 55° \\ 4{,}0 - 0{,}114\,(\phi - 55°) & 55° \leq \phi \leq 90° \end{cases} \tag{4.27}$$

La ecuación 4.28, da la pérdida por difracción múltiple.

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log_{10} d_{Km} + k_f \log_{10} f_{MHz} - 9\log_{10} b \tag{4.28}$$

En la ecuación 4.28, el término L_{bsh} es la ganancia por sombra, que ocurre cuando la BTS esta a más altura que los tejados.

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18\log_{10}(1+\Delta h_b), & \Delta h_b > 0 \\ 0 & \Delta h_b \le 0 \end{cases} \tag{4.29}$$

L_{msd} decrementa para una amplia separación entre edificios b y las cantidades k_a, k_d, k_f determinan la dependencia de la pérdida sobre la distancia d_{Km} y la frecuencia $f_{MHz.}$, K_a es la pérdida por difracción múltiple, ecuación 4.30.

$$k_a = \begin{cases} 54 & \Delta h_b > 0 \\ 54 + 0{,}8\ |\Delta h_b| & \Delta h_b \le 0 \ y\ d_{Km} \ge 0{,}5 \\ 54 + 0{,}8\ |\Delta h_b|\,(d_{Km}/0{,}5) & \Delta h_b \le 0 \ y\ d_{Km} < 0{,}5 \end{cases} \tag{4.30}$$

Esta relación resulta en 54dB menos si la BTS está por encima de los techos ($\Delta h_b > 0$), pero más que 54dB si esto esta debajo de los techos. El incremento de 54 dB es menor si la distancia de enlace es más pequeña, menor que 500 m. El factor de distancia k_d, se da en la ecuación 4.31.

$$k_d = \begin{cases} 18 & \Delta h_b > 0 \\ 18 + 15\left(\dfrac{|\Delta h_b|}{h_B}\right) & \Delta h_B \le 0 \end{cases} \tag{4.31}$$

L_{msd} incrementa con la distancia en 18 dB/década si la antena de BTS esta por encima de los tejados $\Delta h_b > 0$. Pero si la antena esta debajo los tejados, el incremento es alto, 30 dB por década cuando este es solamente 20% tan alto como los edificios ($\Delta h_b/h_B$ = 0,8), y el factor de frecuencia k_f se da en la ecuación 4.32. [87][75].

$$k_f = -4 + \begin{cases} 0{,}7\left(\dfrac{f_{MHz}}{925} - 1\right) & \textit{ciudad mediana y suburbana} \\ 1{,}5\left(\dfrac{f_{MHz}}{925} - 1\right) & \textit{área metropolitana} \end{cases} \tag{4.32}$$

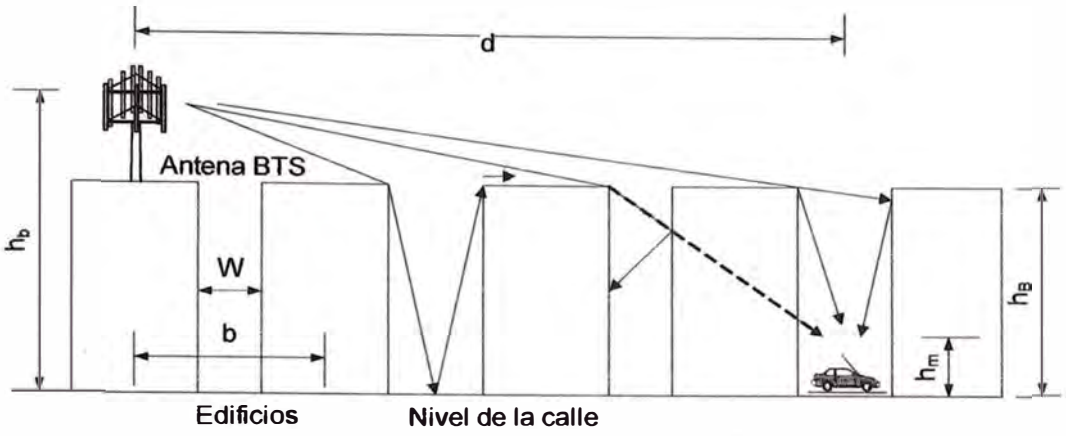


Figura 4.4 Modelo de Radiopropagación de Walfish Ikegami [87]

4.1.1.8 MODELO MICROCELDA PARA PCS

En el modelo se usan alturas de antena, para BTS de 3,7 m, 8,5 m y 13,3 m y altura de antena de la MS de 1,7 m y asegura que el modelo de 2 rayos reflejados en la tierra es una buena estimación para pérdida LOS en microceldas y un simple modelo log-distancia, es una buena aproximación para entornos de microceldas obstruidas. Para un modelo de tierra plana, la distancia d_f en el cual la primera zona de fresnel se obstruye, se da en la ecuación 4.33.

$$d_f = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\left(\sum^2 - \Delta^2\right)^2 - 2\left(\sum^2 - \Delta^2\right)\left(\frac{\lambda}{2}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{2}\right)^4} \tag{4.33}$$

$$d_f = \frac{1}{\lambda}\sqrt{16\, h_t^2\, h_r^2 - \lambda^2\left(h_t^2 + h_r^2\right) + \frac{\lambda^4}{16}} \tag{4.34}$$

Para casos LOS, un modelo de pérdida en la trayectoria de doble regresión, que usó una regresión en el punto de interrupción en la claridad de la primera zona de Fresnel para ajustar las mediciones, el promedio de pérdidas esta dado por las ecuaciones 4.35 y 4.36

$$PL(d) = 10\, n_1 \log(d) + p_1 \qquad para\ 1 < d < d_f \tag{4.35}$$

$$PL(d) = 10\, n_2 \log\left(\frac{d}{d_f}\right) + 10\, n_1 \log d_f + p_1 \qquad para\ d > d_f \tag{4.36}$$

Donde p_1 es igual para $PL(d_0)$, la pérdida en dB con referencia a $d_0 = 1$ m, d en m, n_1 y n_2 están en función de la altura del transmisor. fácilmente se muestra que en los 1900 MHz, $p_1 = 38{,}0$ dB. Para el caso de obstrucción, la pérdida en la trayectoria fue encontrada para ajustarse el estándar log-distancia, ecuación 4.37.

$$PL(d)(dB) = 10\, n \log(d) + p_1 \tag{4.37}$$

Donde n es el exponente de pérdida en la trayectoria obstruida, dado como una función de la altura del transmisor, σ la desviación estándar en dB de la componente de ensombramiento log-normal. Según tablas se indica que la componente de ensombramiento log-normal está entre 7 y 9 dB sin tener en cuenta la altura de la antena. Detalles en [77][81].

4.1.1.9 MODELO CCIR

Una formula empírica para los efectos combinados de pérdidas en el espacio libre y pérdidas por causa del terreno fue publicado por el comité consultor internacional de radio comunicación, ahora ITU-R, ecuación 4.38

$$L(dB) = 69{,}55 + 26{,}16 \log_{10} f_{MHz} - 13{,}82 \log_{10} h_b - a(h_m) + (44{,}9 - 6{,}55 \log_{10} h_b) \log_{10} d_{Km} - B \tag{4.38}$$

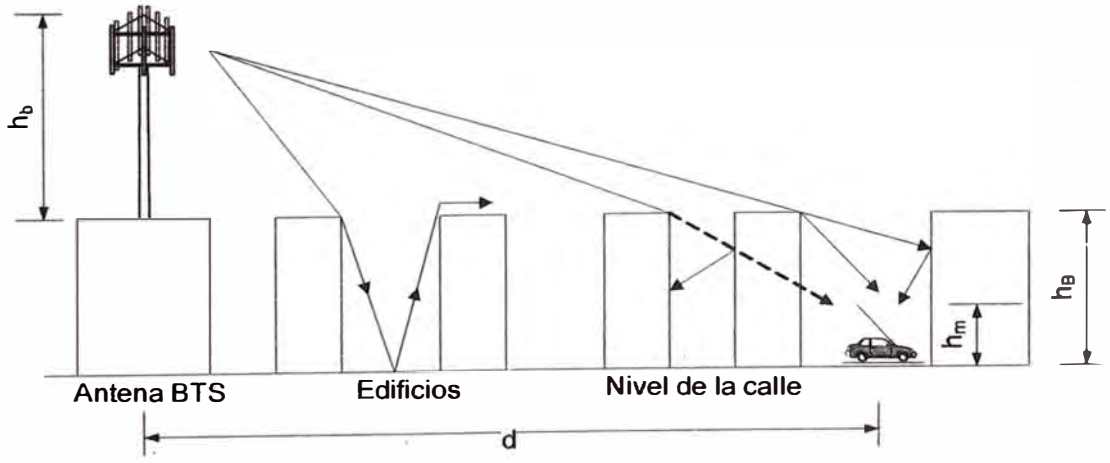


Figura 4.5 Modelo del comité consultor internacional de Radiocomunicación CCIR.

Donde h_b es la altura de la antena de la BTS y h_m la altura del receptor, d_{Km} es la distancia de enlace en Km, f_{MHz} es la frecuencia central en MHz y $a(h_m)$ es el factor de

corrección para el móvil, se da en la ecuación 4.39 y B es la atenuación por porcentaje de área cubierta por edificios, ecuación 4.40.

$$a(h_m) = (1{,}1 \log_{10} f_{MHz} - 0{,}7)\, h_m - (1{,}56 \log_{10} f_{MHz} - 0{,}8) \tag{4.39}$$

$$B = 30 - 25 \log_{10} (\%\ de\ área\ cubierta\ por\ edificios) \tag{4.40}$$

Esta formula proviene del modelo de Hata para condiciones de propagación en una pequeña y mediana ciudad, al que se le ha aplicado un factor de corrección B.

El término B es tal que la corrección $B = 0$ es aplicado para una área urbana, que esta cubierta en 15% por edificaciones, por ejemplo si el 20% del área es cubierta por construcciones entonces $B = 30 - 25 \log_{10} 20 = -2{,}5$dB [75].

4.1.1.10 MODELO ITU-R 529

Este modelo esta basado en el modelo de Okumura - Hata y mediante el cual se han obtenido curvas que se han obtenido en la recomendación ITU-R 529, ecuación 4.41.

$$E = 65{,}55 - 6{,}16 \log f + 13{,}82 \log h_b + a(h_m) - (44{,}9 - 6{,}55 \log h_b) \log R^b \tag{4.41}$$

Donde E es la intensidad de campo, la frecuencia f en MHz, h_b altura de la antena de la BTS en un rango de 30 a 200 m., h_m altura de la antena del móvil en un rango de 1 a 10 m [76].

$$a(h_b) = (1{,}1 \log f - 0{,}7)\, h_m - (1{,}56 \log f - 0{,}8) \tag{4.42}$$

Los valores para b se dan en la ecuación 4.43

$$b = \begin{cases} 1 & R \le 20\ Km \\ 1 + (0{,}14 + 1{,}87\, x\, 10^{-4}\ f + 1{,}07\, x\, 10^{-3}\ h_b) \left(\log \dfrac{R}{20} \right)^{0{,}8} & 20\ Km < R < 100 Km \end{cases} \tag{4.43}$$

4.1.1.11 MODELO DE LEE

Este modelo es ideal para celdas menores a 1Km, estas celdas se usan en áreas urbanizadas con poblaciones densas donde la demanda del servicio es alta, donde condiciones LOS son rara vez encontradas.

El modelo de Lee descompone el proceso de predicción dentro de un nivel de señal de recepción para la componente LOS y luego la atenuación debida a la componente de obstrucción por los edificios, El nivel P_r es igual al nivel de señal recibida para las condiciones LOS en la que se minimiza la pérdida por obstrucción debido a los edificios α_B, B es la distancia de obstrucción.

$$P_L = \begin{cases} P_t - 77\,dB - 21{,}5\log\left(\dfrac{d}{30{,}48}\right) - 30\log\dfrac{h_b}{0{,}096} & 30{,}48\,m \le d \le 60{,}96\,m \\ p_t - 83{,}5\,dB - 14\log\left(\dfrac{d}{60{,}96}\right) + 30\log\dfrac{h_b}{0{,}096} & 0\,m \le d \le 304{,}8\,m \\ p_t - 93{,}3\,dB - 36{,}5\log\left(\dfrac{d}{304{,}8}\right) + 30\log\dfrac{h_b}{0{,}096} & 304{,}8\,m \le d \le 1524\,m \end{cases} \quad (4.44)$$

Los valores α_B se dan en la ecuación 4.45.

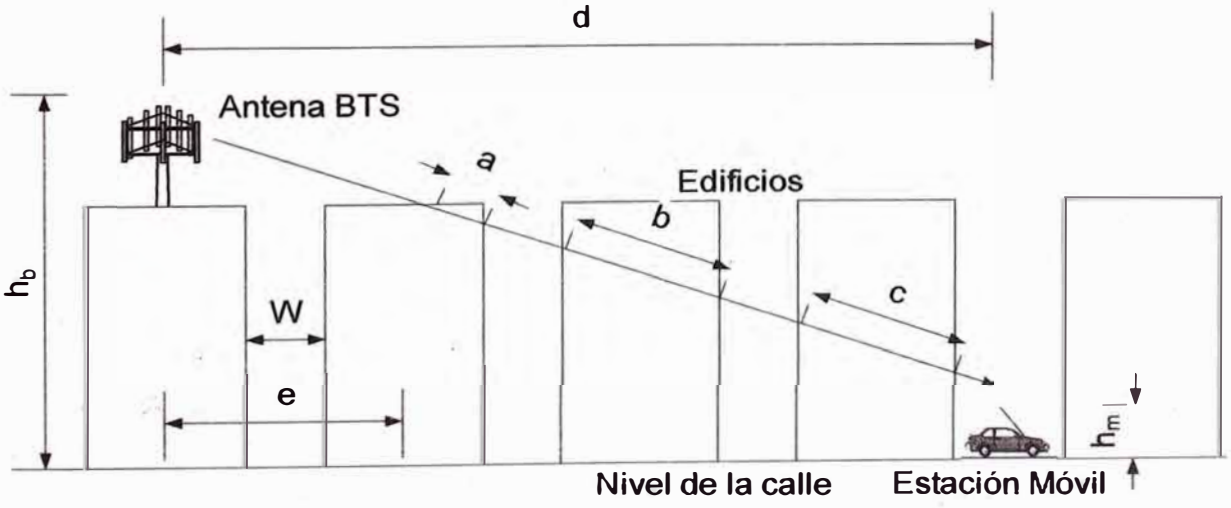


Figura 4.6 Modelo de Lee para Microceldas [88]

En la figura 4.6 se puede apreciar que el parámetro $B = a + b + c$.

$$\alpha_B = \begin{cases} 0 & 0{,}3048\ m \le B \\ 1+0{,}5\log\left(\dfrac{B}{3{,}048}\right) & 0{,}3048\ m \le B < 7{,}62\ m \\ 1{,}2+12{,}5\log\left(\dfrac{B}{7{,}62}\right) & 7{,}62\ m \le B < 182{,}88\ m \\ 17{,}95+3\log\left(\dfrac{B}{182{,}88}\right) & 182{,}88\ m \le B < 914{,}4\ m \\ 20\ dB & 914{,}4\ m \le B \end{cases} \qquad (4.45)$$

P_t es la ERP es la potencia efectiva radiada sobre un dipolo en dBm, d es la distancia total expresada en metros y h es la altura de la antena en metros [88], detalles del modelo en [89].

4.1.2 MODELOS DE PROPAGACIÓN INTERIOR

Hay un gran interés en la caracterización de la radiopropagación en el interior de las edificaciones, ello para las diversas bandas donde se presta el servicio de telefonía celular.

El radio canal interior difiere del tradicional radio canal móvil en dos aspectos, la distancia cubierta es mucho mas pequeña, y la variabilidad del medio ambiente es muy grande para un rango pequeño de separación entre transmisor y receptor. La radio propagación interior es dominada por la reflexión exterior, difracción y dispersión.

4.1.2.1 PÉRDIDAS POR PARTICIÓNES EN EL MISMO PISO

Los edificios tienen una amplia variedad de particiones y obstáculos, los cuales forman una estructura interna y externa. Las particiones que son formadas como parte de la estructura del edificio son llamadas particiones fijas, y las particiones que pueden ser reconfiguradas son llamadas particiones flexibles.

Las particiones varían ampliamente en sus características físicas y eléctricas, haciendo esto dificultoso para aplicar un modelo en general. Algunos investigadores han encontrado diversos valores de pérdidas para un gran número de particiones. Ver algunas tablas en [90].

4.1.2.2 PÉRDIDAS POR PARTICIÓN ENTRE PISOS

Las pérdidas entre pisos de un edificio son determinados por las dimensiones externas y materiales de la construcción, tales como el tipo de la construcción usado para elaborar los pisos y los ambientes externos. Incluso el número de ventanas en una construcción y la presencia de pintura la cual atenúa la energía, pueden impactar en la pérdida entre pisos. Algunos valores factores de atenuación de pisos - FAF son dados en tablas, estos valores corresponden a ciudades de USA. Ver [90]

4.1.2.3 MODELO DE PÉRDIDA EN LA TRAYECTORIA LOG – DISTANCIA

Pérdida en la trayectoria interior viene siendo mostrada por muchos investigadores por la ecuación 4.46.

$$PL(dB) = PL(d_0) + 10\, n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma \qquad (4.46)$$

Donde n depende del entorno y tipo de edificaciones, y X_σ representa una variable aleatoria normal en dB teniendo una desviación estándar de σ dB.

Note que la ecuación 4.46 es idéntica en forma al modelo de ensombramiento log-normal. Valores típicos para varias construcciones que son dados en tablas, ver [90].

4.1.2.4 MODELO ERICSSON DE MÚLTIPLE PUNTO DE QUIEBRE

El modelo fue obtenido por medidas en múltiples pisos de un edificio. El modelo tiene 4 puntos de ruptura y considera un límite superior y un límite inferior para la pérdida en la trayectoria. El modelo asume 30 dB de atenuación en d_0 = 1 m, f = 900 MHz y antenas de ganancia unitaria. En lugar de asumir una componente de ensombramiento log-normal, el modelo de Ericsson da un límite deterministico sobre el rango de pérdida en la trayectoria en una particular distancia. Bernhardt usó una distribución uniforme para generar valores de pérdida en la trayectoria con rango máximo y mínimo como una función de la distancia para simulación en edificios ver [90].

4.1.2.5 MODELO DE FACTOR DE ATENUACIÓN

Un modelo de propagación en una edificación incluye el efecto del tipo de edificación tanto como las variaciones causadas por obstáculos, fue descrito por Seidel.

Este modelo da flexibilidad y fue mostrado para reducir la desviación estándar entre pérdidas en el trayecto medidas y calculadas de alrededor de 4 dB, comparada con 13 dB cuando solamente un modelo log-distancia fue usado en dos diferentes edificios. El modelo de factor de atenuación se da en la ecuación 4.47.

$$PL(d)[dB] = PL(d_0)[dB] + 10\, n_{SF} \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + FAF\,[dB] \tag{4.47}$$

n_{sf} representa el valor del exponente para la medido en el mismo piso, si una buena estimación para n existe sobre el mismo piso, entonces la pérdida sobre un diferente piso puede ser calculada adicionando un apropiado valor de FAF. Alternativamente, en la ecuación 4.48 el FAF puede ser reemplazado por un exponente el cual ya considera los efectos de separación de múltiples pisos.

$$PL(d)[dB] = PL(d_0) + 10\, n_{MF} \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \tag{4.48}$$

Donde n_{MF} denota un exponente de pérdida basado sobre medidas a través de múltiples pisos. Devasirvatham, encontró que la pérdida en un edificio obedece a la pérdida LOS más un factor de pérdida adicional el cual incrementa exponencialmente con la distancia. Entonces la ecuación 4.48 es modificada, ecuación 4.49

$$PL(d)[dB] = PL(d_0)[dB] + 20 \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + \alpha d + FAF\,[dB] \tag{4.49}$$

Donde α es la atenuación constante para el canal, con unidades de dB/m, ver [90].

4.1.2.6 MODELAMIENTO CON UBICACIÓN ESPECIFICA Y TRAZADO DE RAYOS

Nuevos métodos para cálculo de cobertura de señales de radio involucran el uso de modelos de propagación de sitio especifico - SISP y sistemas de información gráfica GIS. Modelos SISP soportan el método de trazado de rayos como un medio deterministico, modelando cualquier entorno interior o exterior. A través del uso de una base de datos de construcciones, los cuales pueden ser dibujados o digitalizados usando algún software gráfico estándar, estos sistemas son capaces de incluir representaciones y características del terreno.

Para cálculo de propagación exterior, técnicas de trazado de rayos son usados en conjunción con fotografías aéreas para la representación tridimensional de las edificaciones, y pueden ser integrados con un programa que calcule reflexión, refracción y dispersión.

4.2 PROPAGACIÓN Y DESVANECIMIENTO A PEQUEÑA ESCALA Y MULTITRAYECTORIA

Los modelos para pequeña escala explican el comportamiento de la señal a distancias comparables con su longitud de onda o muy pocos metros, en comparación con los modelos de gran escala que explican el comportamiento de la señal a distancias mucho mayores que su longitud de onda.

Este desvanecimiento es causado por la interferencia entre dos o más versiones de la señal transmitida, la cual llega al receptor ligeramente en un tiempo diferente. Estas ondas multitrayectoria, se combinan en la antena receptora para dar una señal resultante la cual puede variar notablemente en amplitud y fase, dependiendo sobre la distribución de la intensidad y tiempo de propagación relativo de las ondas y el ancho de banda de la señal transmitida.

4.2.1 PROPAGACIÓN MULTITRAYECTORIA EN PEQUEÑA ESCALA

La multitrayectoria en los radio canales, crea efectos de desvanecimiento a pequeña escala, Los tres más importantes efectos son:

- Rápidos cambios en la intensidad de la señal sobre una pequeña distancia o intervalo de tiempo.

- Modulación de frecuencia aleatoria debido a desplazamientos Doppler variantes sobre diferentes señales multitrayectoria.

- Tiempo de dispersión o eco, causado por retardos en la propagación multitrayectoria.

Estos efectos se dan debido a un gran número de ondas planas teniendo aleatoriamente distribuida sus amplitudes, fases y ángulos de llegada, estas componentes multitrayectoria se combinan vectorialmente en la antena receptora y si aún el móvil permanece estacionario, los objetos del entorno que están en movimiento causarían efecto de multitrayectoria.

Debido al relativo movimiento entre el móvil y la BTS, cada onda multitrayectoria experimenta un aparente desplazamiento en la frecuencia. El desplazamiento en la frecuencia de la señal recibida debido al movimiento es llamado el desplazamiento Doppler, y es directamente proporcional a la velocidad y dirección del movimiento del móvil con respecto a la dirección de llegada de la onda multitrayectoria recibida, ver [91][92].

4.2.1.1 FACTORES QUE INFLUENCIAN EL DESVANECIMIENTO A PEQUEÑA ESCALA

Hay varios factores que influyen en el desvanecimiento tales como la propagación multitrayectoria, la velocidad del móvil, la velocidad de los objetos circundantes al móvil, el ancho de banda de transmisión de la señal.

La presencia de objetos reflejantes y dispersantes en el canal crea un entorno cambiante, el movimiento relativo entre la BTS y la MS resulta en una modulación aleatoria de frecuencia debido a diferentes desplazamientos Doppler sobre cada uno de los componentes de la multitrayectoria. El desplazamiento Doppler sería positivo o negativo dependiendo sobre si la MS esta moviéndose alrededor o lejos de la BTS.

Si los objetos en el radio canal están en movimiento, ellos inducen una variación en el tiempo en el desplazamiento Doppler o componentes multitrayectoria. Si los objetos

circundantes se mueven más en relación que el móvil, entonces este efecto domina el desvanecimiento para pequeña escala. En otro caso, el movimiento de objetos circundantes puede ser ignorado, y solamente la velocidad del móvil sería considerada.

Si el ancho de banda de la señal transmitida es más grande que el ancho de banda del canal multitrayectoria, la señal recibida sería distorsionada, pero la intensidad de la señal recibida no se desvanecería mucho sobre un área local, seria insignificante, el ancho de banda del canal puede ser cuantificado por el ancho de banda coherente. Ver detalles en [91].

4.2.2 MODELO DE RESPUESTA AL IMPULSO DE UN CANAL CON MULTITRAYECTORIA

La respuesta al impulso es la caracterización del ancho de banda del canal y contiene toda la información necesaria para simular o analizar algún tipo de transmisión de radio a través del canal. Este sistema parte del hecho que un canal radio móvil puede ser modelado como un filtro lineal con respuesta al impulso variante en el tiempo, donde la variación del tiempo es debido al movimiento del receptor en el espacio. La característica del filtro del canal es causado por la suma de amplitudes y retardos de las múltiples ondas que llegan en cualquier instante del tiempo.

La respuesta al impulso del canal puede ser expresado como $h(d,t)$. Sea $x(t)$ que representa la señal transmitida, entonces la señal recibida $y(d,t)$ en la posición d puede ser expresado como una convolución de $x(t)$ con $h(d,t)$, ecuación 4.50.

$$y(d,t) = x(t) \otimes h(d,t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)\, h(d, t-\tau)\, d\tau \tag{4.50}$$

Considerando un sistema causal, $h(d,t) = 0$ para $t < 0$ y el receptor se mueve con velocidad constante v la posición del receptor puede ser expresada como $d = v\,t$, Dado que v es una constante, $y(vt, t)$ es sólo una función de t. Por lo tanto obtenemos la ecuación 4.51.

$$y(t) = \int_{-\infty}^{t} x(\tau)\, h(vt, t-\tau)\, d\tau = x(t) \otimes h(vt, t) = x(t) \otimes h(d, t) \tag{4.51}$$

Dado que la señal recibida en un canal multitrayectoria consiste de una serie de replicas de la señal transmitida de fase desplazada, atenuada, con retardo, la respuesta al impulso de un canal multitrayectoria puede ser expresado como la ecuación 4.52.

$$h_b(t,\tau) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i(t,\tau) \exp\left[j 2\pi f_c \tau_i(t) + \phi(t,\tau)\right] \delta(\tau - \tau_i(t)) \tag{4.52}$$

Donde $a_i(t,\tau)$ y τ_i son las amplitudes reales y excesos de retardo, respectivamente de la *i-esima* componente multitrayectoria en el tiempo t. El término de fase $2\pi f \tau_i(t) + \varphi_i(t,\tau)$ en la ecuación 4.52 representa el desplazamiento de fase debido a la propagación en el espacio libre de la *i-esima* componente multitrayectoria, más cualquier desplazamiento de fase adicional los cuales son encontrados en el canal. Detalles en [93] [94] [95].

4.2.3 PARAMETROS DE CANALES MULTITRAYECTORIA

Muchos parámetros del canal multitrayectoria son derivados desde los niveles de potencia en función del retardo, dado por la ecuación 4.53

$$|r(t_0)|^2 = \frac{1}{\tau_{\max}} \int_0^{\tau_{\max}} \frac{1}{4}\left(\sum_{k=0}^{N-1} a_k^2(t_0) p^2(t-\tau_k)\right) dt = \frac{1}{\tau_{\max}} \sum_{k=0}^{N-1} a_k^2(t_0) \int_0^{\tau_{\max}} \left\{\sqrt{\frac{\tau_{\max}}{T_{bb}}} rect\left[t - \frac{T_{bb}}{2} - \tau_k\right]\right\}^2 dt$$

$$|r(t_0)|^2 = \sum_{k=0}^{N-1} a_k^2(t_0) \tag{4.53}$$

4.2.3.1 PARAMETRO DE TIEMPO DE DISPERSIÓN

Las propiedades de tiempo dispersivo de canales multitrayectoria de banda ancha son comúnmente cuantificadas por su promedio del exceso de retardo (τ) y el valor cuadrático medio de ensanchamiento temporal (σ_τ). La media del exceso de retardo es el primer momento del perfil de retardo de potencia y es definido en la ecuación 4.54

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k)\tau_k}{\sum_k P(\tau_k)} \tag{4.54}$$

El valor rms del ensanchamiento temporal es la raíz cuadrada del segundo momento central del retardo de potencia, ecuación 4.55.

$$\sigma_\tau = \sqrt{\overline{\tau^2} - (\overline{\tau})^2} \tag{4.55}$$

Donde:

$$\overline{\tau^2} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k^2}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k)\tau_k^2}{\sum_k P(\tau_k)} \tag{4.56}$$

Donde $P(\tau_k)$ es la potencia recibida con retardo τ_k. Estos retardos son medidos, relativos a la primera señal detectable de llegada en el receptor $\tau_0 = 0$. Las ecuaciones 4.55, 4.56 y 4.57 no cuentan con el nivel absoluto de potencia $P(\tau)$, pero solamente las amplitudes relativas de las componentes multitrayectoria con $P(\tau)$.

Valores típicos del rms de ensanchamiento temporal son del orden de μs en canales de radio móvil en ambientes abiertos, y en el orden de *ns* en radiocanales de propagación para interiores [95], ver tabla en [97] [98].

4.2.3.2 ANCHO DE BANDA COHERENTE

Mientras el ensanchamiento temporal es un fenómeno natural causado por trayectorias de propagación reflejada y dispersa en un radio canal, El ancho de banda coherente B_c, es una relación derivada desde el ensanchamiento temporal rms.

El B_c es una medida estadística del rango de frecuencias sobre la cual el canal puede ser considerado plano, es decir canal en el cual pasan todos los componentes del espectro con aproximadamente igual ganancia y fase lineal. Si el B_c es definido como el ancho de banda sobre el cual la función de correlación de frecuencia esta por encima de 0,9, ver ecuación 4.57 [96]. Mas detalles en [97] [98].

$$B_c \approx \frac{1}{50\,\sigma_\tau} \tag{4.57}$$

4.2.3.3 ENSANCHAMIENTO DOPPLER Y TIEMPO COHERENTE

Debido al movimiento relativo entre el transmisor y el receptor, cada onda de multitrayectoria esta sujeta a un desplazamiento en frecuencia, el desplazamiento de frecuencia de la señal recibida es llamado desplazamiento Doppler y es proporcional a la velocidad del móvil. Por ejemplo sea la frecuencia transmitida f_c y la señal recibida llega con un ángulo incidente θ con respecto a la dirección de la velocidad del móvil v, El desplazamiento Doppler de la señal recibida estaría dado por $f_d = (V f_c \, Cos\, \theta)/c$, donde c es la velocidad de la luz.

El efecto de desplazamiento Doppler en entornos con propagación multitrayectoria, causa un ancho de banda de las ondas multitrayectoria que esta dentro del rango de $f_c \pm f_{dmax}$, es decir hay un corrimiento de frecuencia, donde f_{dmax} es el máximo desplazamiento Doppler. Gráficamente la distribución Espectral del Corrimiento Doppler se define por una Parábola.

El tiempo de coherencia T_c es usado para caracterizar la variación del tiempo de la frecuencia dispersiva del canal en el dominio del tiempo. El ensanchamiento Doppler y tiempo de coherencia son inversamente proporcionales [99], ecuación 4.58.

$$T_C \approx \frac{1}{f_{d\max}} \tag{4.58}$$

El T_c es una medida estadística de la duración del tiempo sobre el cual la respuesta al impulso en el canal es esencialmente invariante, y cuantifica la similitud de la respuesta del canal en los diferentes tiempos, es decir el tiempo de duración sobre el cual dos señales tienen alta correlación [100].

En la ecuación 4.58 f_{dmax} hace referencia al máximo desplazamiento Doppler experimentado; dado por $f_{dmax} = v\, f_c / c$, donde f_c es la frecuencia de la portadora y v la velocidad relativa del usuario y c la velocidad de la luz. En consideraciones de diseño y simulación, si el ancho de banda de la señal de banda base es mucho más grande que el ensanchamiento Doppler, los efectos del ensanchamiento Doppler serán insignificantes en el receptor, lo que es una gran ventaja para los sistemas de espectro expandido como el DS-CDMA.

4.2.4 TIPOS DE DESVANECIMIENTO A PEQUEÑA ESCALA

Estos pueden ser clasificados por efectos debido a multitrayectoria, time delay spread y efectos sobre ensanchamiento Doppler.

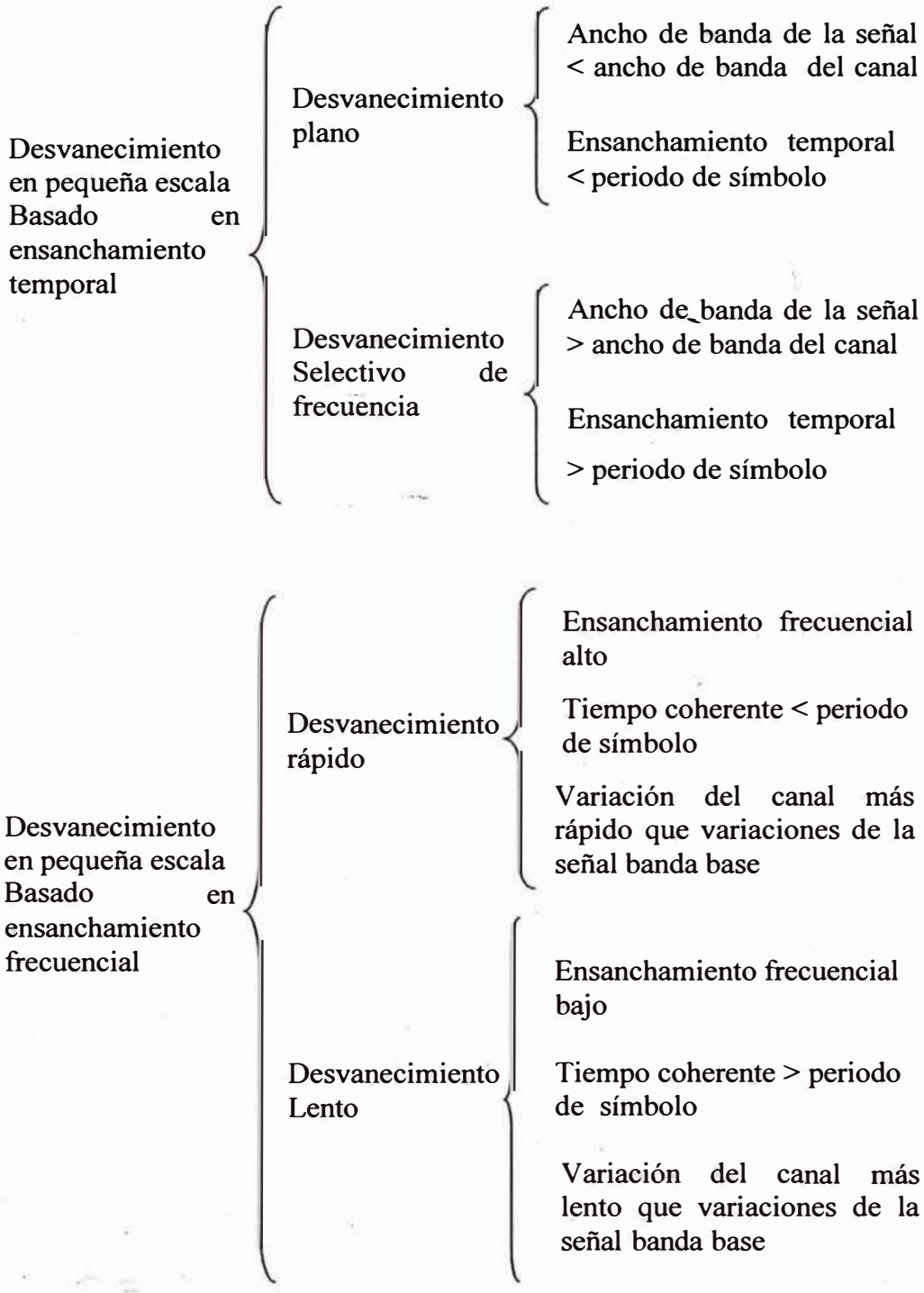


Figura 4.7 **Cuadro Resumen de los Tipos de desvanecimiento**

4.2.4.1 EFECTOS DEL DESVANECIMIENTO DEBIDO A LA MULTITRAYECTORIA Y ENSANCHAMIENTO TEMPORAL

4.2.4.1.1 DESVANECIMIENTO PLANO

Si el radio canal móvil tiene ganancia constante y respuesta de fase lineal sobre un ancho de banda de la señal transmitida, entonces la señal recibida sufriría desvanecimiento plano. Sin embargo la intensidad de la señal recibida cambia con el tiempo debido a fluctuaciones en la ganancia del canal causado por la multitrayectoria. El ensanchamiento temporal es menor que el periodo de símbolo.

4.2.4.1.2 DESVANECIMEINTO CON FRECUENCIA SELECTIVA

Si el canal posee una ganancia constante y respuesta de fase lineal sobre un ancho de banda que es más pequeño que el ancho de banda de la señal transmitida, entonces el canal crea desvanecimiento selectivo de frecuencia sobre la señal recibida. La respuesta al impulso del canal tiene un ensanchamiento temporal multitrayectoria el cual es más grande que el ancho de banda reciproco de la forma de onda del mensaje transmitido. El desvanecimiento de frecuencia selectiva es debido al tiempo de dispersión de los símbolos transmitidos con el canal. Así el canal induce interferencia ínter simbólica. Visto en el dominio de la frecuencia, ciertos componentes de frecuencia en el espectro de la señal recibida tienen ganancias más grandes que otras.

4.2.4.2 EFECTOS DEL DESVANECIMIENTO DEBIDO AL ENSANCHAMIENTO DOPPLER

4.2.4.2.1 DESVANECIMIENTO RÁPIDO

En un canal de desvanecimiento rápido, el canal con respuesta al impulso cambia rápidamente con la duración del símbolo. Esto es, el tiempo coherente del canal es tan pequeño que el periodo del símbolo de la señal transmitida. Esto causa dispersión de frecuencia también llamado desvanecimiento selectivo, debido al ensanchamiento Doppler, el cual trata una señal distorsionada. Visto en el dominio de la frecuencia, la distorsión de la señal debida a la fase de desvanecimiento se incrementa con el incremento del

ensanchamiento Doppler relativo al ancho de banda de la señal transmitida, por lo tanto, una señal sufre desvanecimiento rápido si $T_S > T_C$ y $B_S < B_D$.

4.2.4.2.2 DESVANECIMIENTO LENTO

En un canal de desvanecimiento lento, el canal de respuesta al impulso cambia en una tasa mucho más lenta que la señal banda base transmitida *S(t).* En este caso, el canal puede ser asumido para ser estático sobre uno o varios intervalos del ancho de banda reciproco. En el dominio de la frecuencia, Esto implica que el ensanchamiento Doppler del canal sea mucho menor que el ancho de banda de la señal banda base. Por lo tanto, una señal es sometida bajo un desvanecimiento lento si, $T_S << T_C$ y $B_S >> B_D$.

4.2.5 DISTRIBUCIONES RAYLEIGH Y RICEAN

La telefonía celular, normalmente es utilizada en condiciones el que el receptor esta en movimiento, el receptor recibe diferentes frentes de onda, con diferentes retardos, o si el receptor móvil esta estacionario algunos elementos circundantes que están en movimiento producirían el mismo efecto, esta región de un radio de aproximadamente 100 longitudes de onda se le conoce como región de dispersión activa.

En el presente trabajo se realizaron mediciones con un receptor que se desplazó a una velocidad promedio de 30 Km/hora, en donde la línea de vista desde el receptor hacia la antena transmisora no es predominante, y para describir las variaciones de la señal es necesario utilizar técnicas estadísticas, en este caso se usa la distribución de probabilidad Rayleigh, dado que el analizador de redes inalámbricas hace lecturas en fracciones de segundo, dándose lecturas promedio en pequeños intervalos de distancia y tiempo, pero si la señal predominante tiene línea de vista se considera la distribución de probabilidad de Ricean que es el caso de los radioenlaces.

Modelos de propagación exterior, como el de Hata, divide el modelo en dos partes, la primera que depende logarítmicamente de la distancia o log-distancia y un término que no depende de la distancia, ese factor depende de factores de corrección que depende del entorno de propagación.

También es considerada la distribución logarítmica normal o log-normal que describe los efectos de ensombramiento aleatorio que implica niveles de señal en una distancia de separación especifica entre el transmisor y receptor que tiene una distribución normal o Gaussiana, se considera una desviación estándar que también tiene unidades en dB.

4.2.5.1 DISTRIBUCION RAYLEIGH

En radio canales móvil, la distribución Rayleigh es comúnmente usada para describir el carácter de variación estadística de la evolvente recibida de una señal desvanecida plana o la envolvente de una componente multitrayectoria individual. En un radio canal móvil, podemos asumir que la onda directa es obstruida y que la unidad móvil recibe solamente ondas reflejadas. Cuando el número de ondas reflejadas es grande, según el teorema de límite central, dos componentes en cuadratura de respuesta al impulso sería un proceso aleatorio Gaussiano no correlacionado con media cero y varianza σ^2. La distribución Rayleigh tiene una función de distribución de probabilidad PDF descrita en la ecuación 4.59.

$$p(r) = \begin{cases} \dfrac{r}{\sigma^2}\exp\left(-\dfrac{r^2}{2\sigma^2}\right) & (0 \le r \le \infty) \\ 0 & (r < 0) \end{cases} \tag{4.59}$$

Donde σ es el valor rms del voltaje de la señal recibida antes de la detección de la envolvente, y σ^2 es el tiempo promedio de la potencia de la señal recibida antes de la detección de la envolvente. La probabilidad que la envolvente de la señal recibida no exceda un valor especifico R es dado por la función de distribución acumulativa CDF.

$$P(R) = \Pr(r \le R) = \int_0^R p(r)\,dr = 1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\,\sigma^2}\right) \tag{4.60}$$

El valor medio r_{mean} de la distribución Rayleigh esta dada por:

$$r_{mean} = E[r] = \int_0^x r\, p(r)\, dr = \sigma\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,2533\sigma \tag{4.61}$$

La variancia de la distribución Rayleigh esta dada por σ_r^2, el cual representa la potencia AC en la envolvente de la señal, ecuación 4.62.

$$\sigma_r^2 = E[r^2] - E^2[r] = \int_0^\infty r^2 p(r)\, dr - \frac{\sigma^2 \pi}{2} = \sigma^2\left(2 - \frac{\pi}{2}\right) = 0,4292\sigma^2 \tag{4.62}$$

El valor rms de la envolvente es la raíz cuadrada de la media cuadrática, o $\sqrt{2}\sigma$, el valor medio de r es encontrado resolviendo la ecuación 4.63.

$$\frac{1}{2} = \int_0^{r_{mediana}} p(r)\, dr \tag{4.63}$$

$$r_{mediana} = 1,177\,\sigma \tag{4.64}$$

Así la media y la mediana se diferencian por solamente 0,55 dB en una señal con desvanecimiento Rayleigh. Notar que la mediana es frecuentemente usada en la práctica, dado que datos desvanecidos son usualmente medidos en el campo y una distribución particular no puede ser asumida. Usando valores medianos en lugar de valores promedio es fácil comparar diferentes distribuciones fading las cuales pueden tener promedios ampliamente variantes. Detalles en [101][102][103][104][105].

4.2.5.2 DISTRIBUCION RICEAN

Cuando hay presente un componente de señal estacionaria dominante, tal como una propagación con línea de vista, la distribución de la envolvente en pequeña escala es Ricean. En tal situación, las componentes multitrayectoria aleatorias llegando con diferentes ángulos, son superpuestas sobre una señal estacionaria dominante. En la salida de un detector de envolvente, esto tiene el efecto de sumar una componente DC a la multitrayectoria aleatoria.

Así como para el caso de detección de una onda seno en ruido térmico, el efecto de una señal dominante llegando con señales multitrayectorias muy débiles da realce a la

distribución Ricean, ecuación 4.65. Como la señal dominante se hace débil, la señal compuesta parece una señal de ruido el cual tiene una envolvente que es Rayleigh. Así, la distribución Ricean degenera a una distribución Rayleigh cuando la componente dominante desvanece.

$$p(r)\begin{cases}\dfrac{r}{\sigma^2}\, e^{-\frac{r^2+A^2}{2\sigma^2}} J_0\left(\dfrac{Ar}{\sigma^2}\right) & para\ (A \geq 0, r \geq 0) \\ 0 & para(r < 0)\end{cases} \tag{4.65}$$

El parámetro A denota la amplitud máxima de la señal dominante y $J_0(A,/\sigma^2)$ es la función Bessel modificada de primera clase y orden cero. La distribución Ricean es frecuentemente descrita en términos del parámetro K el cual es definido como la relación que hay entre la potencia de la señal deterministica y la varianza de la multitrayectoria. Esto es dado por $K=A^2/(2\sigma^2)$ ó expresada en decibelios, ecuación 4.66.

$$K(dB) = 10\log\frac{A^2}{2\sigma^2} dB \tag{4.66}$$

El parámetro K es el factor Ricean y especifica completamente la distribución Ricean. Como $A \rightarrow 0$, $K \rightarrow -\infty$ dB, y puesto que la trayectoria dominante decrementa en amplitud, La distribución Ricean degenera a una distribución Rayleigh [102][104][105].

4.3 ANÁLISIS DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS APROPIADOS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL SOFTWARE

Los modelos de desvanecimiento a gran escala predicen el comportamiento promedio sobre distancias mucho mayores que la longitud de onda, estos modelos están en función de la distancia y características significativas del entorno los cuales son útiles para modelar el rango de un sistema de radio, mientras que los modelos de desvanecimiento a pequeña escala describen la variabilidad de la señal sobre una escala del orden de la longitud de onda.

Los modelos utilizados en el presente trabajo son los denominados modelos de propagación exterior y están incluidos dentro de la clasificación de modelos de desvanecimiento a gran escala.

Los modelos matemáticos que se han sido propuestos hasta la fecha dependen del tipo de sistema a diseñar, ello porque los modelos propuestos fueron diseñados para una zona especifica como por ejemplo el modelo de Okumura que ha sido diseñado y pensado para zonas planas, todo ello a través de mediciones efectuadas en Japón, pero que hasta la actualidad se utilizan, pero con factores de corrección. El modelo de Hata es uno de los primeros que realiza la corrección y formula una ecuación general. A partir de este modelo nacen el resto de modelos matemáticos.

Entre los modelos considerados en el presente trabajo están el modelo de Longley Rice, Okumura Hata, Cost 231, CCIR, Lee, con los cuales se hicieron una serie de pruebas descritas en el capitulo 5 y 6. Estos valores obtenidos de la simulación fueron comparados con valores reales medidos en una BTS de prueba y llevado a curvas de comparación y determinación del error en la predicción.

Los modelos apropiados para el presente trabajo son aquellos que se aplican a microceldas, dado que la potencia con la que se realizaron las pruebas es de 30 dBm, y también es necesario considerar el tipo de zona de interés, en nuestro caso la ubicación de la BTS de pruebas esta a 12° 03' 06.2" latitud Sur y 77° 05' 55" longitud Oeste en el sistema WGS-84 y su equivalente en coordenadas UTM son Y = 8666854 y X = 0271554, perteneciente al distrito de Carmen de la Legua de la provincia de Lima.

Los modelos interesantes de aplicar son aquellos que consideran un porcentaje de construcciones, ello nos da un margen experimentación en las simulaciones.

4.4 APLICACIÓN DE NORMAS NACIONALES PARA RADIACIONES NO IONIZANTES

Estos últimos años ha tomado mucha importancia el tema de las radiaciones no ionizantes RNI, se han desarrollado diversas investigaciones tanto a nivel internacional como nacional por instituciones muy serias e imparciales tales como la organización mundial de la salud, la comisión internacional para la protección de las RNI – ICNIRP, y a nivel nacional por el Ministerio de transportes y comunicaciones MTC, instituto nacional de investigación y capacitación en telecomunicaciones INICTEL, entre otras.

Según el ICNIRP una RNI es aquella que normalmente no contenga suficiente energía para producir ionización en la materia, caracterizado porque la energía del fotón es menos que 12 eV, longitudes de onda mayores a 100 nm y frecuencias mas bajas que 3 x 10^{15} Hz. [106][107].

4.4.1 NORMAS LEGALES RELACIONADAS CON LAS RNI EN EL PERÚ

4.4.1.1 NORMAS EXISTENTES EN EL PERÚ

El tema ha sido de tal interés que el MTC publica el 6 de Julio del 2003 en el diario El Peruano el DS 038-2003-MTC y establecen los LMP para las RNI, el cual esta basado legalmente en el articulo 2 inciso 22, articulo 67 de la constitución política del Perú, articulo 1° del decreto legislativo N° 613 del código del medio ambiente y los recursos naturales, articulo 50 del DL N° 757 de la ley marco para el crecimiento de la inversión privada y el DS N° 044-98-PCM que establece el reglamento nacional para la aprobación de estándares de calidad ambiental y LMP.

Básicamente los limites máximos permisibles de radiaciones no Ionizantes en telecomunicaciones son un instrumento de gestión ambiental destinado a la protección de la salud.

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m^2)
9 - 65 KHz	610	24,4	-
0,065 – 1 MHz	610	1,6 / f	-
1 – 10 MHz	610 / f	1,6 / f	-
10 – 100 MHz	61	0,16	10
400 – 2000 MHz	$3\ f^{0,5}$	$0,008\ f^{0,5}$	f / 40
2 – 300 GHz	137	0,36	50

Tabla 4.1 LMP para RNI para exposición ocupacional

Rango de frecuencias	Intensidad de Campo eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m^2)
9 – 150 KHz	87	5	-
0,15 – 1 MHz	87	0,73 / f	-
1 – 10 MHz	$87/f^{0,5}$	0,73 / f	-
10 – 400 MHz	28	0,073	2
400 – 2000 MHz	$1,375\ f^{0,5}$	$0,0037\ f^{0,5}$	f / 200
2 – 300 GHz	61	0,16	10

Tabla 4.2 LMP para RNI para exposición poblacional

Estos valores han sido tomados de las recomendaciones de la ICNIRP, detalles en [107], los valores de las tablas 4.1 y 4.2 están expresados según el sistema legal de unidades de medida del Perú – SLUMP.

Para el caso del servicio de telefonía móvil celular se requiere monitoreo y la distancia de la antena a todo punto accesible por las personas es menor a 10 metros y su PIRE mayor a 1230 Vatios y para el caso de PCS la distancia de la antena a todo punto accesible por las personas es menor a 10 m y su PIRE mayor a 1570 Vatios.

Asimismo los valores del SAR descritos en la tabla 4.3 son los mismos existentes en las recomendaciones del ICNIRP.

Características De exposición	Banda de Frecuencias	SAR media de Cuerpo entero (W/Kg)	SAR localizada Cabeza y tronco (W/Kg)	SAR localizada Miembros (W/Kg)
Exposición Ocupacional	10 MHz a 10 GHz	0,4	10	20
Exposición Poblacional	10 MHz a 10 GHz	0,08	2	4

Tabla 4.3 restricciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos

Se publica la RM Nº 610-2004 MTC/03, que aprueba la directiva sobre procedimiento de supervisión y control de LMP de RNI, la RM Nº 613-2004 MTC/03, que aprueba normas técnicas sobre protocolos de medición de las RNI, RM Nº 534-2005-MTC/03, para la inscripción en el registro de personas habilitadas a realizar estudios teóricos y mediciones de RNI en telecomunicaciones[108], RM Nº 120-2005-MTC/03 que es la norma técnica sobre restricciones radioeléctricas en áreas de uso publico[109].

También hay contribuciones a la normalización de las RNI por parte de la municipalidad de Surco, que mediante la Ordenanza Nº 182-MSS, regula la instalación y funcionamiento de las estaciones base radioeléctricas en su distrito, se limita la altura de las EBC a una altura máxima de 25 m. y se considera mimetizar las antenas con el paisaje y el entorno urbano, la torre deberá ser instalada desde el suelo y dèberá ser tipo monopolo [110], es decir se prioriza el impacto de las RNI, el impacto de las EBR en el paisaje y el entorno urbano y el impacto de ruidos y vibraciones [111].

La RM Nº 610-2004 MTC/03 contempla el procedimiento de supervisión y control de los LMP de RNI, ámbito de aplicación, acciones que puede ejecutar el MTC, inspecciones técnicas, verificaciones técnicas, monitoreos, procedimiento general de las inspecciones [112]. Mientras que la RM Nº 613-2004 MTC/03 establece protocolos de medición de RNI que tiene como objetivo, obtener una correcta cuantificación de los valores de emisión individual y emisiones múltiples [113]. En el artículo 3 de dicha norma se tratan aspectos generales como la clasificación de las mediciones en emplazamientos fijos y mediciones en equipos móviles, equipos portátiles y terminales portátiles que utilizan el espectro electromagnético.

Las magnitudes que se deben considerar para los emplazamientos fijos son la densidad de potencia, intensidad de campo eléctrico, intensidad de campo magnético, para los equipos móviles se mide la intensidad de campo, para los equipos portátiles y/o terminales portátiles consideramos la SAR, para el caso de los emplazamientos fijos se usará mediciones en la región del campo lejano y para portátiles en la región de campo cercano, en el articulo 4 se trata sobre los tipos de mediciones y el equipamiento utilizado, mediciones en la región de campo lejano con fuente única y con fuente múltiple, mediciones en la región del campo cercano, mediciones de la SAR, características de mediciones y los métodos de premediación temporal y espacial. En el artículo 5 se tratan los protocolos de medición de procedimiento

general, procedimientos para emplazamientos fijos, procedimientos para emisoras móviles y portátiles.

La selección del instrumento de medición, técnica, métodos de medición preliminar – selectiva o detallada, ejecución de las medidas en el emplazamiento, informe técnico de mediciones, se contemplan en la RM N° 613-2004-MTC. Dentro de los procedimientos para emplazamientos fijos se tienen en cuenta la prospección técnica sobre el lugar del emplazamiento, factores de entorno físico, factores de entorno radioeléctrico, características técnicas de la estación radioeléctrica a evaluar, características técnicas de las estaciones radioeléctricas del entorno, estimación teórica que son considerados mediante la norma complementaria sobre "lineamientos para el desarrollo de estudios teóricos de radiaciones no ionizantes" contemplado en la RM N° 612-2004-MTC del 18 Agosto del 2004 [114].

4.4.1.2 NORMAS EN PROYECTO EN EL PERÚ

Las normas que establecen los estándares nacionales de calidad ambiental - ECA para las RNI dan los lineamientos para no exceder los límites, con el objetivo de proteger la salud ambiental y sostiene tres principios: principio de precaución [107][115][116], principio ALARA que es el principio que pretende mantener el nivel de las RNI tan bajo como sea razonablemente posible, principio ALATA que es el principio que pretende mantener el nivel de las RNI tan bajo como sea técnicamente posible.

4.4.1.3 LMP DE LAS RNI EN TELEFONIA CELULAR EN EL PERÚ

En el caso de la telefonía celular, las BTS que son estaciones bidireccionales multicanal de baja potencia, producen radiación de RF cuando se produce una comunicación, de esta manera se crea un campo de exposición hacia las personas en la cercanía, los niveles de exposición son generalmente muy bajos [106], según el Dr. Repacholi, las exposiciones hacia las personas son muy bajas y son aproximadamente de 1 $\mu W/cm^2$ y además afirma que ningún estudio ha establecido algún efecto por exposición a RF de baja potencia a largo plazo [111][115][117].

En el Perú los valores de campo eléctrico medidos para servicios celulares son de 5 V/m es decir 1,5 % de las recomendaciones ICNIRP y según el ICNIRP se tiene para la

banda de 800 MHz 4,4604 W/m^2 y para la banda de 1900 MHz 9,8164. En el morro solar es el lugar donde el INICTEL ha encontrado los valores más altos de intensidad de campo y que corresponden a los servicios de Broadcast, ver detalles en el proyecto de investigación de RNI del INICTEL [118].

Asimismo la Organización mundial de la salud en su hoja informativa N° 153 sobre Teléfonos móviles y los efectos a la salud de sus estaciones base, señala que todos los efectos establecidos de la exposición a la radiofrecuencia esta claramente relacionada al calentamiento y mientras la energía de RF puede interactuar a niveles lo suficientemente bajos que no incrementan la temperatura, no hay estudio que haya demostrado efectos adversos a la salud para niveles por debajo de las recomendaciones internacionales.

La potencia de las ondas electromagnéticas siempre varían; esto dependerá de la dirección a emitirse, distancia y obstáculos que se encuentren a su paso. En el caso en que una EBC es instalada sobre una vivienda, ciertamente hay una constante exposición a la RF.

4.5 RESUMEN

En este capitulo se han revisado los modelos mas importantes para la predicción de cobertura de telefonía celular, tales como el Longley Rice, Okumura, Okumura Hata, Walfish Bertoni, Cost 231, modificación del modelo Hata para Cost, Modelo de Walfish Ikegami, modelo de la CCIR. Luego se hace un análisis de cual o cuales modelos matemáticos de los presentados en este documento pueden ser implementados en la herramienta propuesta, teniendo en cuenta la frecuencia, la ubicación y la distancia.

También se hace un breve análisis de las RNI y los LMP en nuestro país, en lo que concierne a la telefonía celular, se describen los principales documentos expedido por el MTC y algunas entidades interesadas en el tema como la Municipalidad de Surco, Sociedad de protección ambiental, etc., que regulan hasta la fecha los radiaciones electromagnéticas.

CAPITULO 5

5 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

El presente trabajo ha sido implementado en entorno visual mediante el lenguaje de programación, Microsoft Visual Basic versión 6.0, ello por la facilidad que presta el programa para el trabajo y diseño de la interfase gráfica, necesaria para la presentación del informe de cobertura mediante un código de colores.

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Este sistema es capaz de calcular en forma automatizada los niveles de RSSI que puede alcanzar una antena de BTS, para tal objetivo se realiza la implementación de algoritmos matemáticos para modelamiento en ambientes abiertos, es decir los algoritmos que permitirán realizan la predicción, tales como el de Okumura - Hata, CCIR, ITU-R, Lee.

Pero para determinar las cotas, es decir las coordenadas geográficas y altura del punto de interés donde se realizará la predicción es necesario hacer uso de una base de datos que contenga esa información, dicha información la obtenemos del proyecto Shuttle como se explicó en el capitulo 3.

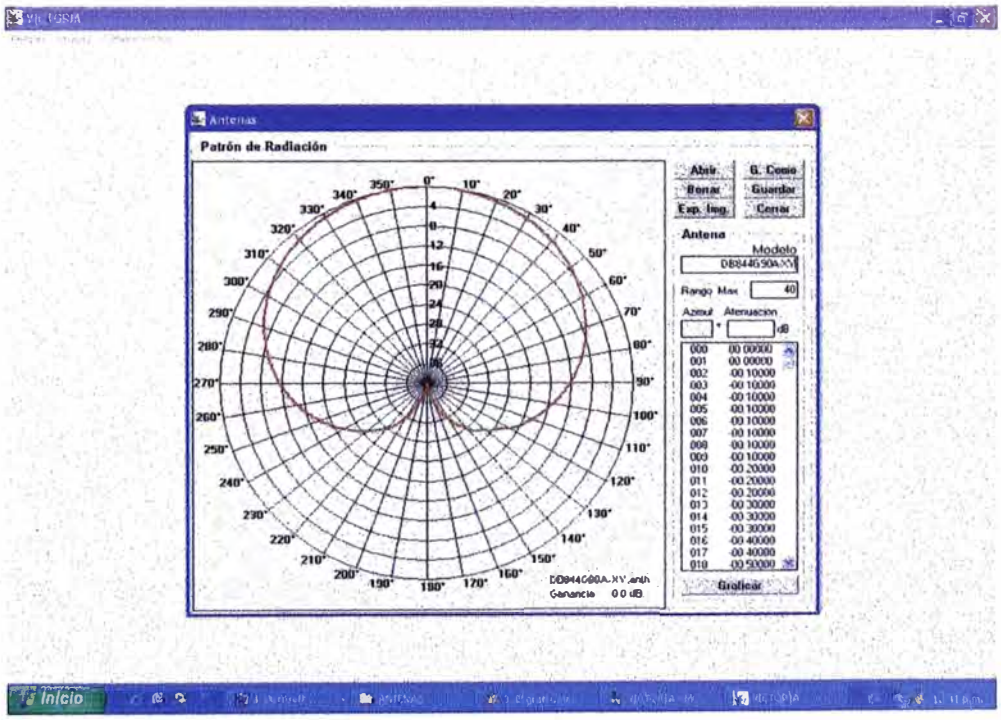


Figura 5.1 Interfase gráfica para ingreso del patrón de radiación

Este sistema también hace uso del patrón de radiación horizontal, el cual es necesario porque cada antena, según el modelo y marca tiene su propio patrón de radiación; se ha encontrado antenas de la misma marca y serie pero en diferentes frecuencias, que no tienen el mismo patrón de radiación, es el caso de la antena que se esta usando en la experimentación la antena DB 844G90A-XY que presenta un patrón de radiación en el rango de frecuencias 806 - 896 MHz y otro distinto para el rango de 870 - 960 MHZ. Este programa también incluye un editor de patrones de radiación, el diagrama de radiación se empieza a graficar tomando como origen el punto de interés para el cálculo de la predicción de cobertura, se usa un escalamiento de acuerdo a lo obtenido con el modelo de predicción, ver figura 5.1.

La manera de distinguir los diversos niveles RSSI calculados se diferencian mediante un código de colores que van desde el amarillo, naranja, rojo y azul, que van variando su tonalidad, al mismo tiempo también observamos en tiempo real las coordenadas geográficas donde se posicione el cursor, indicando la cota, el nivel RSSI y el azimut en esa posición.

La primera interfase gráfica, solicita el nombre del proyecto, código del proyecto, ingreso de las coordenadas geográficas del lugar de interés y el cuadro de visualización, al cual sólo es necesario ingresar un valor en grados ya que el programa considera un cuadrado de visualización por lo tanto los lados son iguales y este valor es automáticamente convertido a Km., ver figura 5.2.

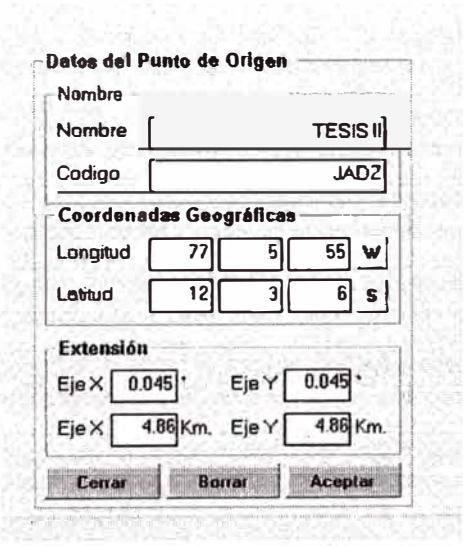


Figura 5.2 Interfase Gráfica para entrada de Datos

La siguiente interfaz solicita datos para el cálculo de la predicción de cobertura, tales como frecuencia, pérdidas, altura de la antena, ganancia de la antena, potencia del transmisor,

Azimut, y tipo de antena. Luego de ello se tiene que ingresar el rango de niveles de recepción, ello se distinguirá en el gráfico mediante un código de colores, el rango de cobertura que va desde la ubicación de la antena hasta la distancia deseada, ver figura 5.3 y figura 5.4.

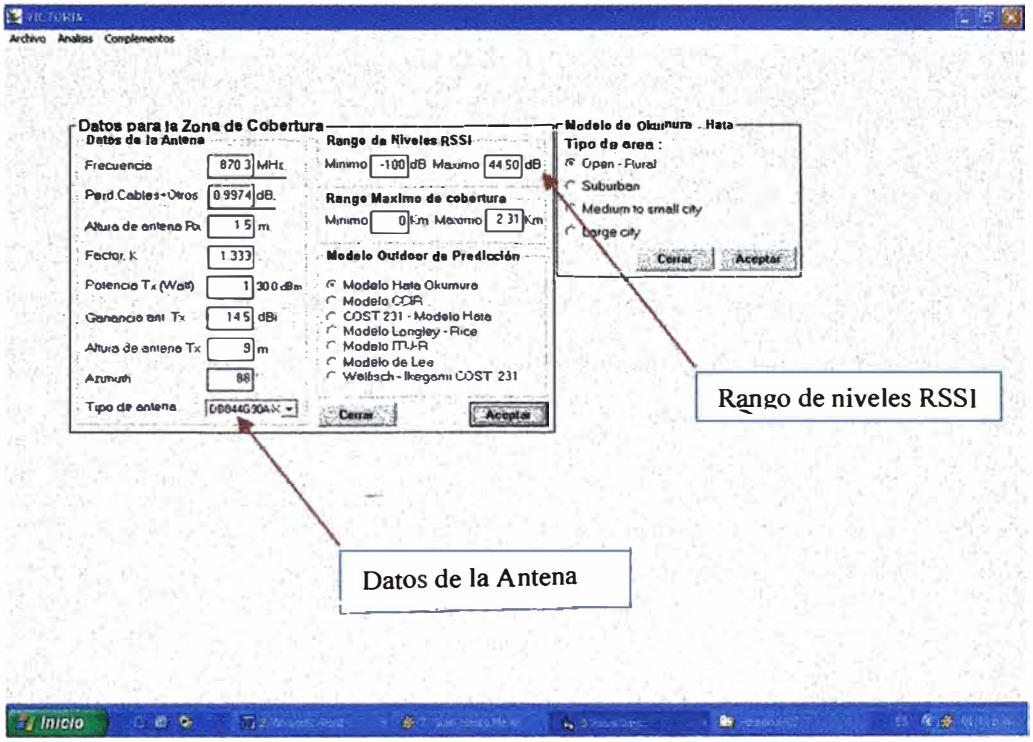


Figura 5.3 ingreso de datos de la Antena y selección del Patrón de radiación

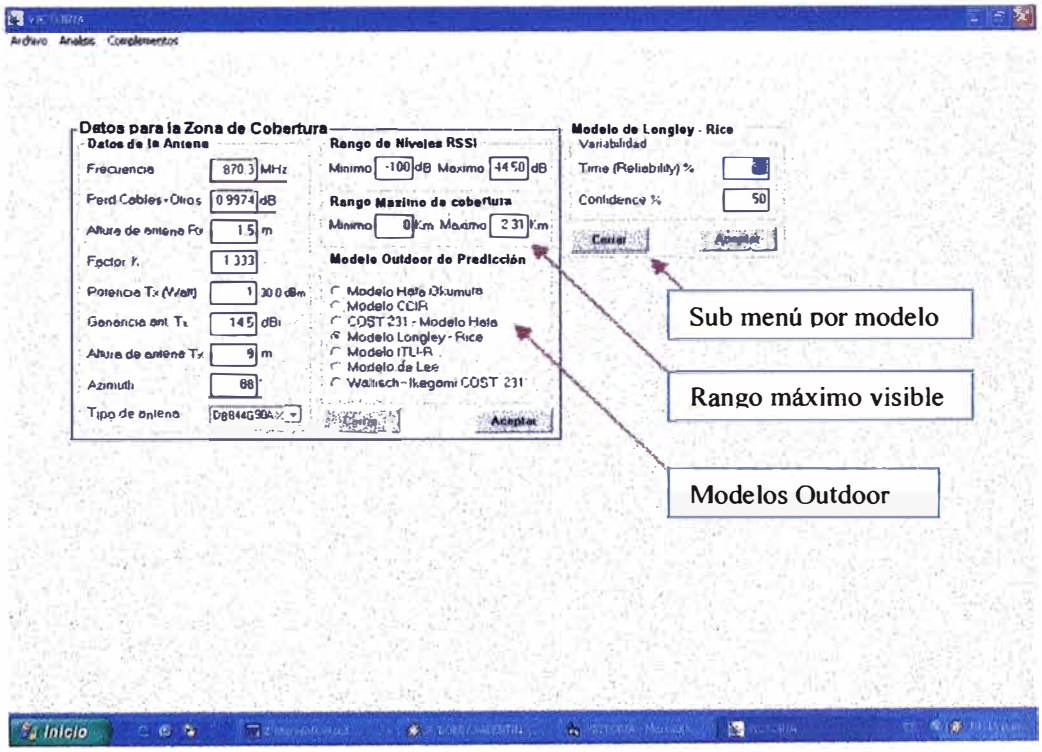


Figura 5.4 Rango de niveles y selección del modelo de propagación

Por ultimo se selecciona el modelo de propagación con el que se quiere realizar la predicción, ver figura 5.4, según el modelo que se escoja se tendrán nuevas interfases.

Por ejemplo si se selecciona el método de Okumura – Hata se debe seleccionar el tipo de área ya sean: rural, suburbana, mediana o ciudad pequeña, gran ciudad, ver figura 5.3.

Si el modelo de propagación es el CCIR se solicita el ingreso del porcentaje de construcciones, para el modelo COST 231 – Hata se pide el ingreso del tipo de área que pueden ser zonas suburbanas o Urbanas.

El modelo Lee solicita el ingreso de un área determinada de construcciones.

El informe gráfico de la zona de cobertura muestra el diagrama de radiación debidamente escalado, mostrando los diferentes niveles de recepción – RSSI, para ello se utiliza un código de colores, dando un color diferente para determinados rangos de niveles de recepción y presentando además un informe en tiempo real del valor RSSI según sea posicionado el Mouse, ver figura 5.5, en la figura 5.6 se puede apreciar en la parte inferior derecha una herramienta en la que se puede cargar una lista de coordenadas especificas en formato texto, para capturar niveles RSSI correspondientes.

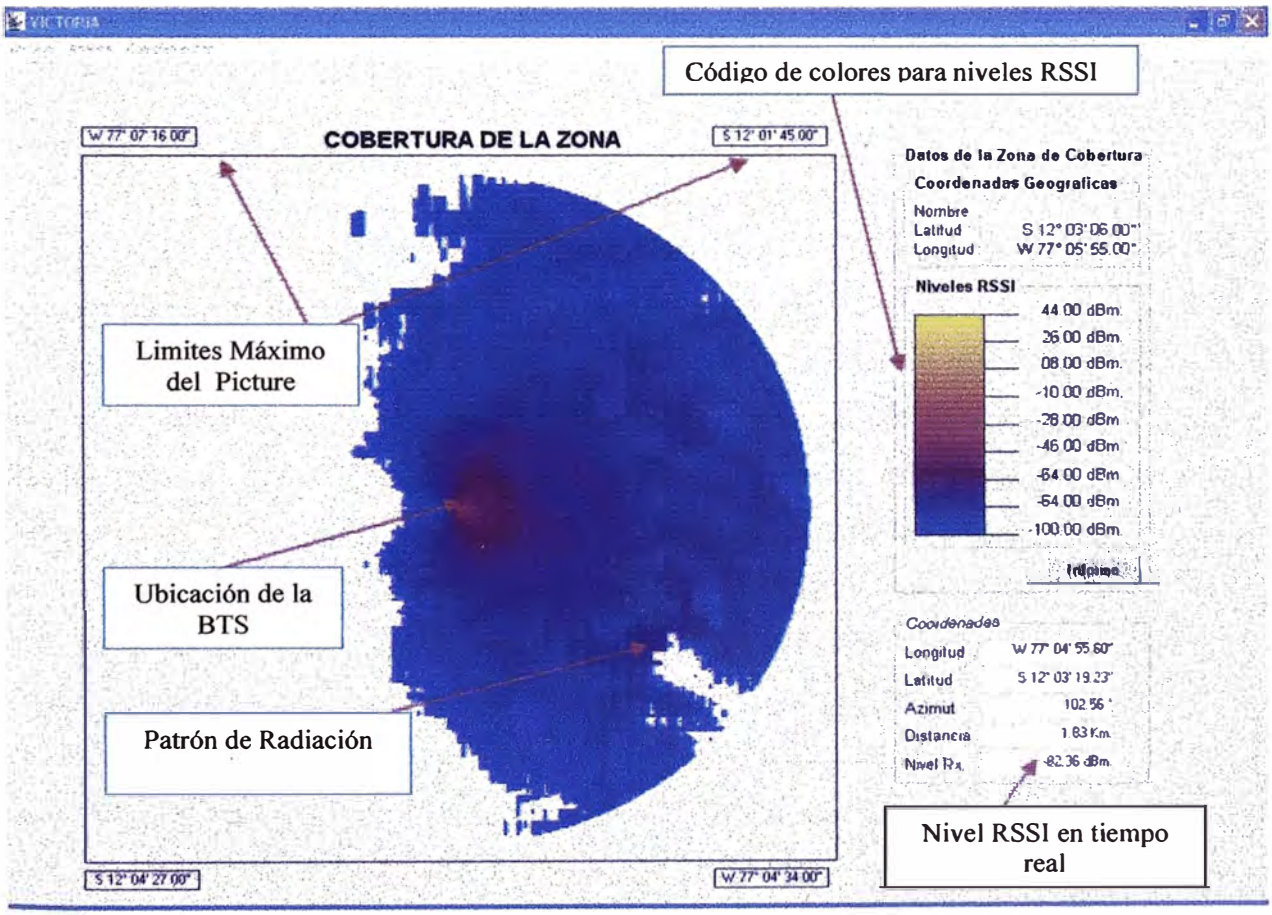


Figura 5.5 Informe gráfico de la zona de cobertura

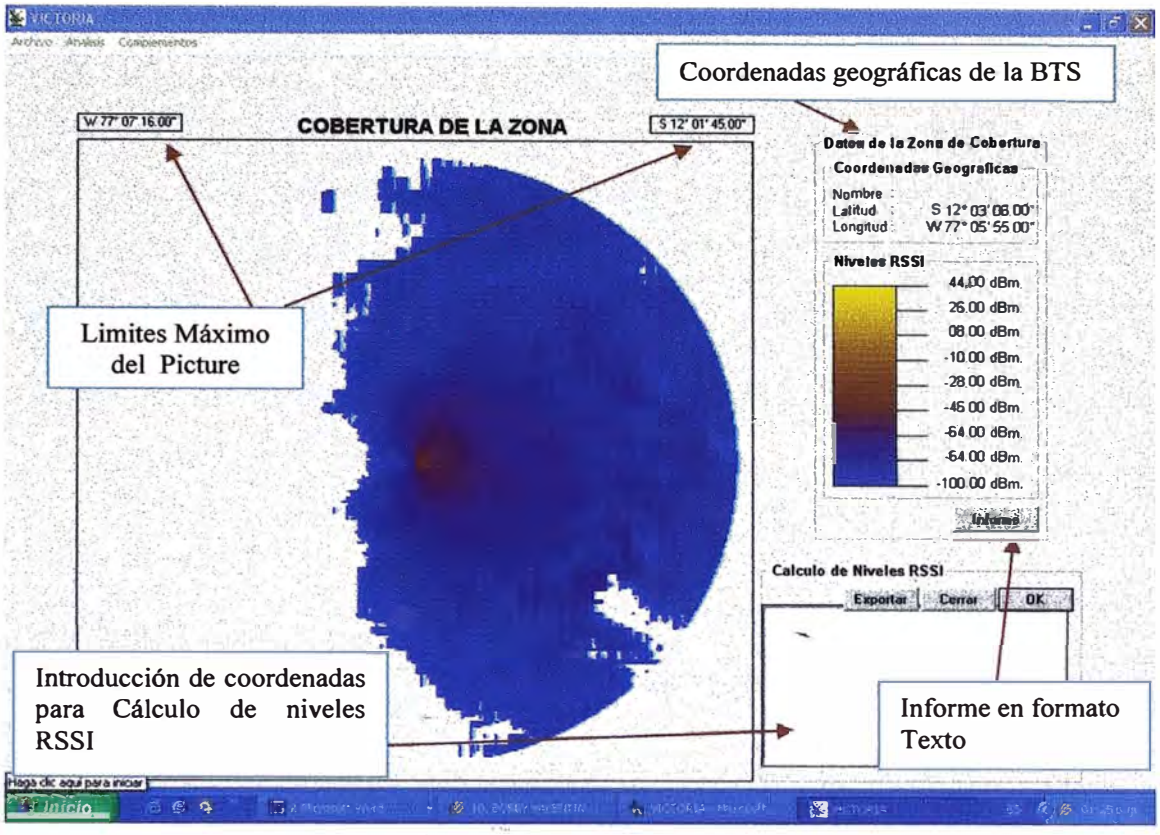


Figura 5.6 Informe gráfico de la zona de cobertura (continuación)

5.2 CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA IMPLEMENTADO

En la figura 5.7 y 5.8 muestran el diagrama de flujo general para todo el sistema, lo primero que se hace es ingresar manualmente las coordenadas geográficas más las dimensiones en grados, estos son convertidos a un equivalente en Km.

Luego el punto de interés para el cálculo de la predicción se ubica en el centro de un cuadrado, dicho punto contiene la ubicación ingresada, el gráfico se definirá en 2D el cual tiene que ser un cuadrado para dar facilidad y asegurar simetría en la presentación del gráfico. Cuando ya se tiene el punto de radiación entonces ingresamos los valores para los parámetros del transmisor y la antena como por ejemplo: la potencia del transmisor el cual es transformado en dBm para facilidad en el cálculo, pérdidas en el sistema de distribución y cables, Altura de la antena de transmisión, altura de la antena de recepción, Ganancia de la antena, azimut, frecuencia de operación, y captura de datos en general.

Luego de ello se hace la captura del modelo de propagación que tiene que ser elegido desde una lista de modelos de radiopropagación, luego que se captura el modelo se llama al procedimiento de lectura de la base de datos, aquí es donde se tiene un cuadro con los valores

de la base de datos según el ancho del cuadro elegido, es decir el área cuadrada que tiene como centro las coordenadas de la antena.

En otro procedimiento se debe ingresar los valores para la graficación del patrón de radiación, se deben ingresar 360 valores los cuales serán negativos, los valores de azimut son tomados con intervalos de 1°, este es guardado en un archivo de texto en un directorio, de donde será llamado.

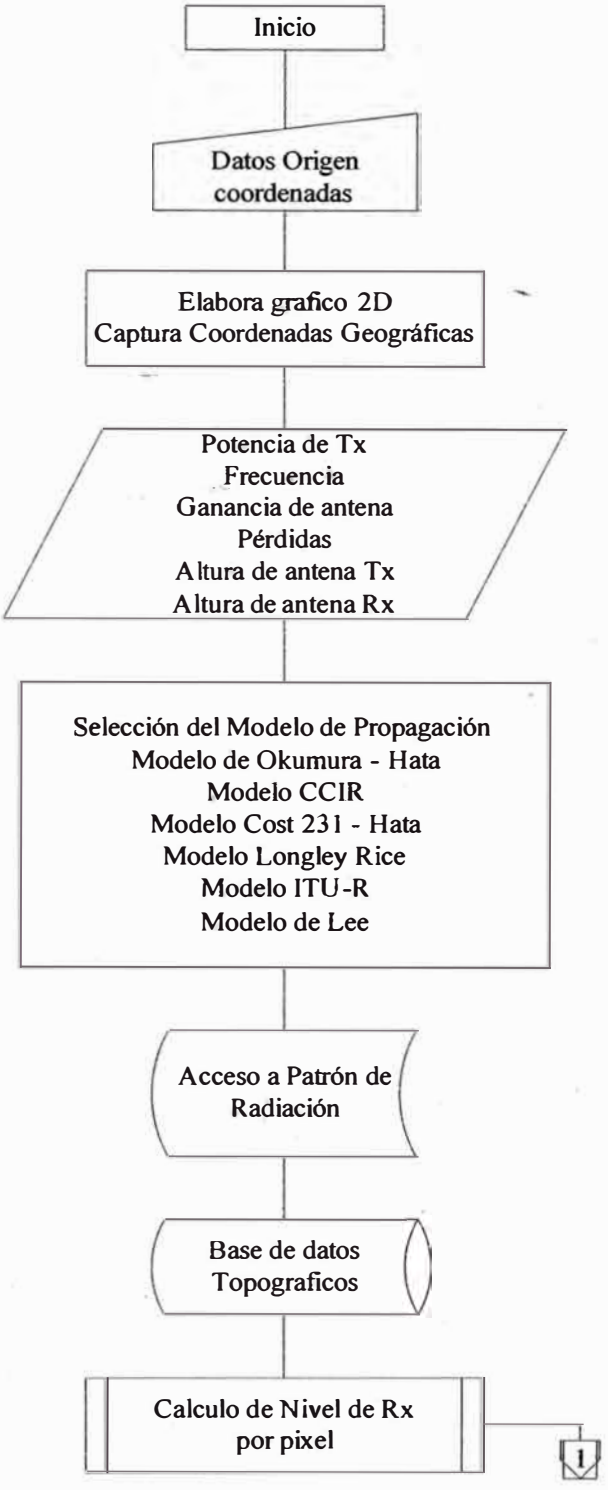


Figura 5.7 Diagrama de flujo del sistema en general

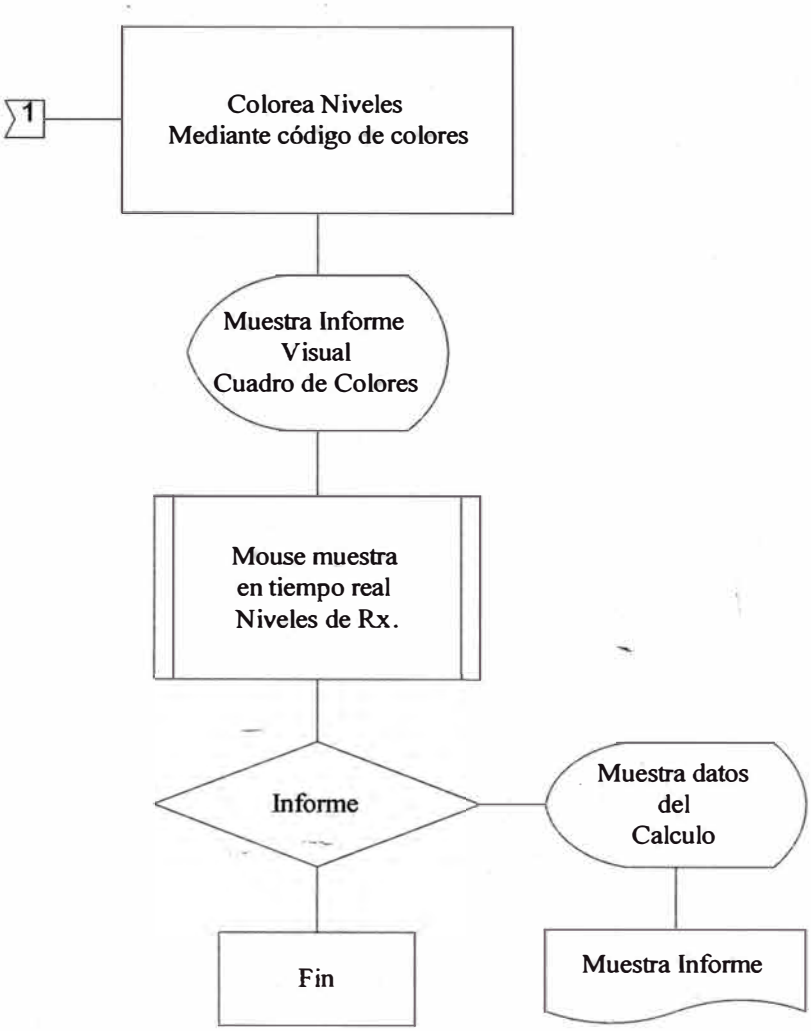


Figura 5.8 Diagrama de Flujo en general (continuación)

La parte más importante es calcular el nivel de recepción en cada píxel, el programa contiene un código de colores es cual va tomando valores según definamos el intervalo de niveles requeridos, ver figura 5.9.

Con esto el programa ya esta en capacidad para graficar en el picture 1 los diferentes niveles de recepción según el código de colores, luego se muestra un informe gráfico en 2D teniendo una forma muy semejante al patrón de radiación el cual ha sido escalado y graficado según el nivel de recepción en los diferentes píxeles.

También se presenta un informe o un reporte el cual puede ser impreso, este procedimiento captura los datos con los que se realizó el análisis de cobertura y los deposita en la variable global info y luego cuando se activa informe se muestra el reporte, ver figura 5.10.

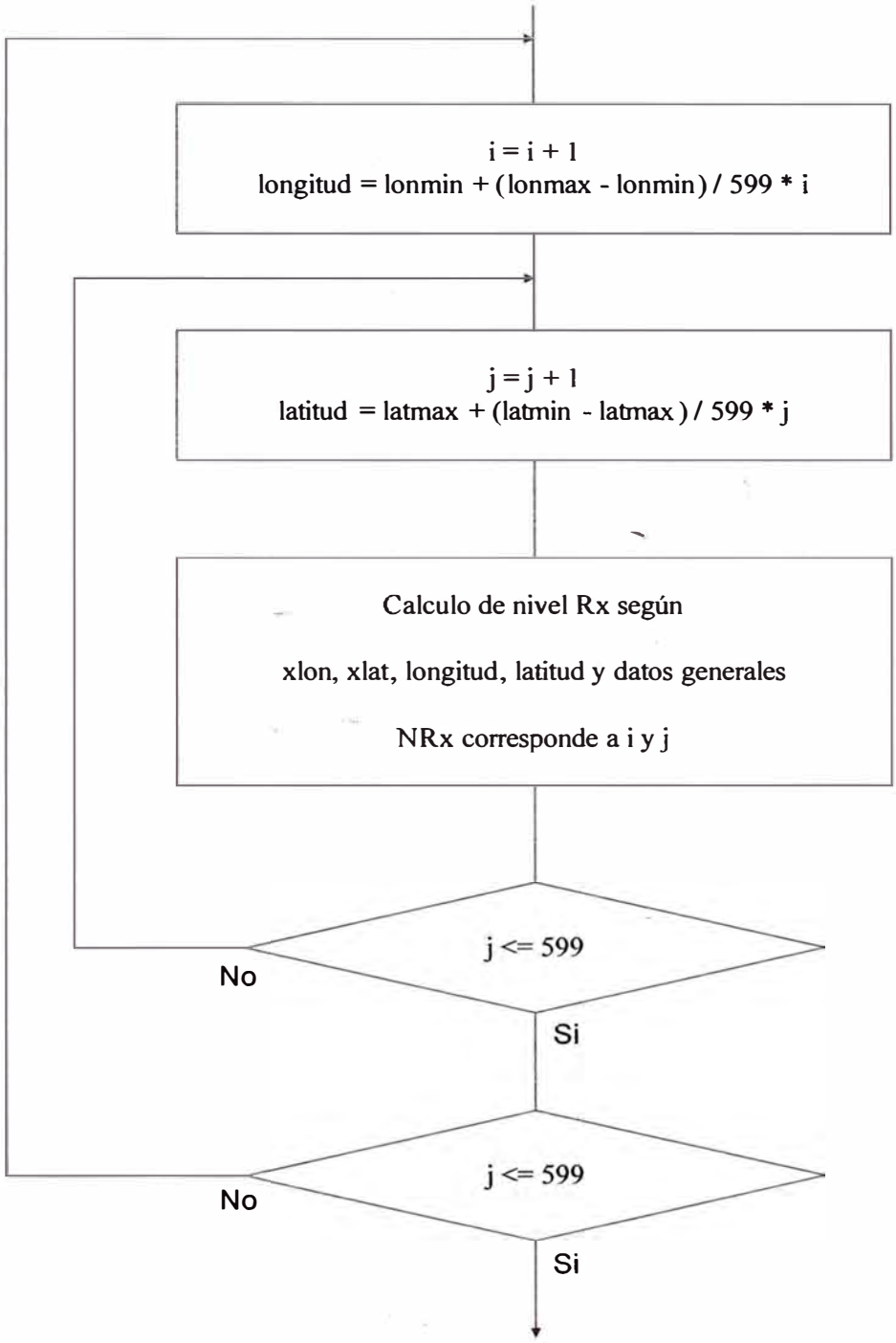


Figura 5.9 Diagrama de Flujo para el cálculo en cada píxel del picture 1

El procedimiento para llamar un patrón de antena editado en esta misma herramienta computacional, en el que se leen las atenuaciones propias del modelo de antena y se le asigna un vector llamado antenauno, este vector contiene los 360 valores de azimut espaciados a intervalos de 1°.

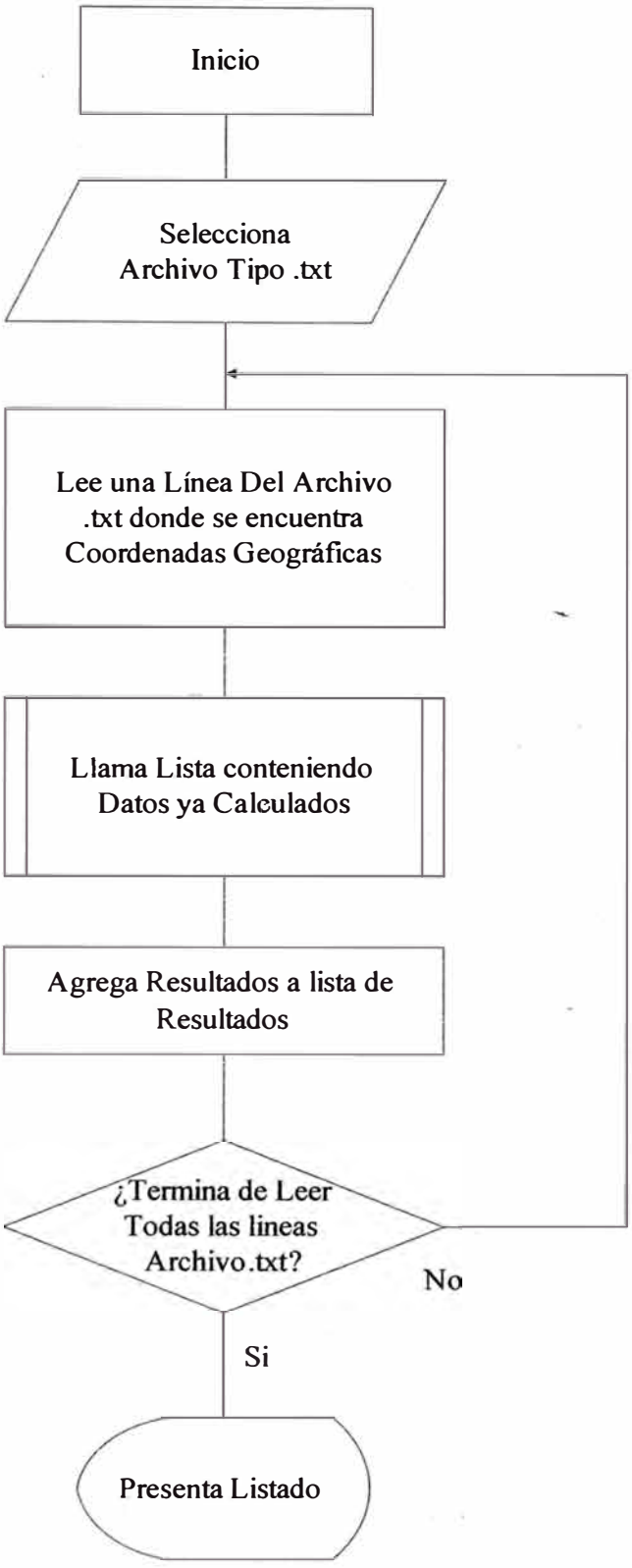


Figura 5.10 Diagrama de Flujo para la captura de datos

Esta herramienta posee una herramienta muy importante, y es que podemos ingresar una lista de coordenadas en formato texto las cuales van a ser capturadas y se recuperará los valores RSSI correspondientes, ver figura 5.11.

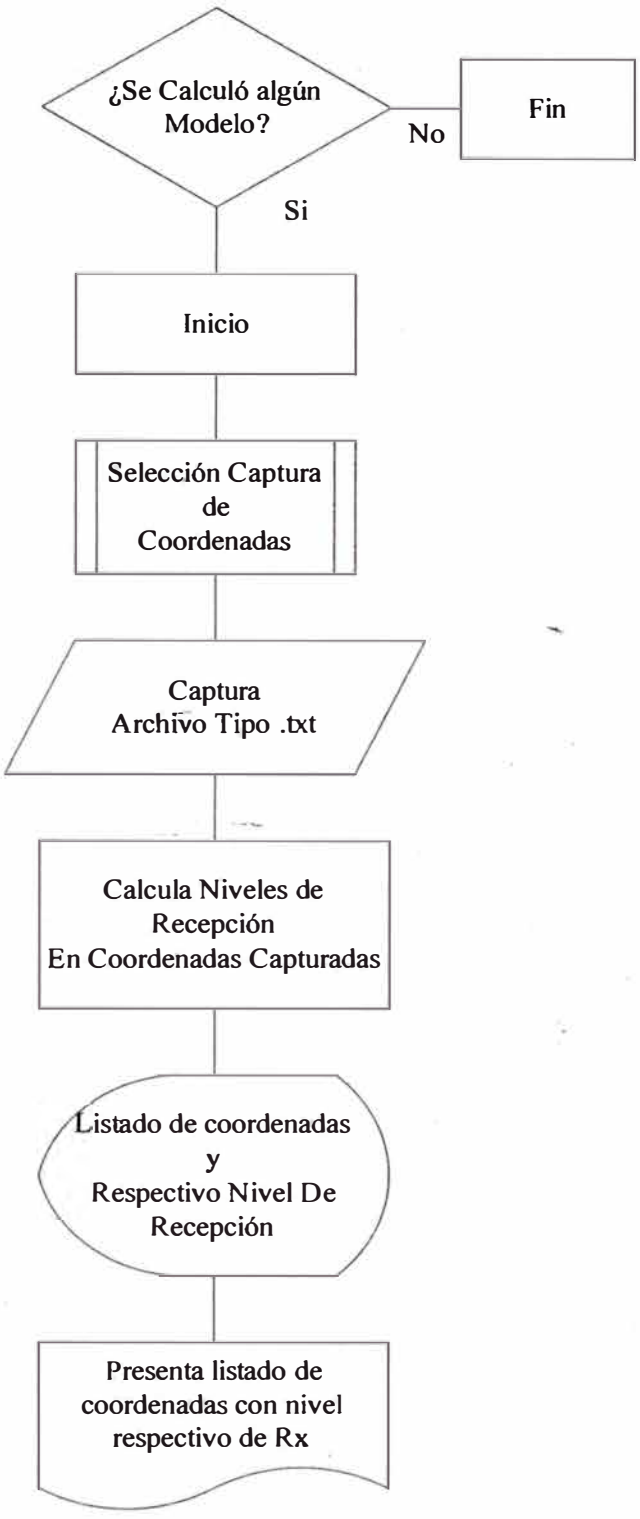


Figura 5.11 Diagrama de Flujo para la captura de coordenadas

El procedimiento para el cálculo de cada píxel del picture 1, definimos como las coordenadas de la antena xlon y xlat, ecuaciones 5.1, 5.2, y el cuadro se define en 600 x 600 píxeles, cada píxel es ubicado con las variable i, j, las variables del cuadro son latmin, latmax,

ecuación 5.3, 5.4 que son la latitud mínima y la latitud máxima, lonmin, lonmax que son longitud mínima y longitud máxima, ecuación 5.5 y 5.6.

$$lon = xlon - Val(txtxg.text)/2 \tag{5.1}$$

$$lat = xlat + Val(txtxg.text)/2 \tag{5.2}$$

$$lat\,\min = xlat - Val(txtxg.text)/2 \tag{5.3}$$

$$lat\,\max = xlat + Val(txtxg.text)/2 \tag{5.4}$$

$$lon\,\min = xlon - Val(txtxg.text)/2 \tag{5.5}$$

$$lon\,\max = xlon + Val(txtxg.text)/2 \tag{5.6}$$

Según las variables definidas en las ecuaciones 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6, el picture 1 se puede dividir en 600 x 600 partes, cada parte tiene una longitud y latitud. Ver figura 5.9, el nivel de recepción es considerado a la potencia de transmisión más la ganancia de la antena menos las pérdidas en el trayecto y las pérdidas varias, ecuación 5.7.

$$NRx = potTx + ganancia\ de\ antena\ -\ pérdidas\ en\ el\ trayecto\ -\ pérdidas\ varias \tag{5.7}$$

5.3 RESUMEN

En el presente capitulo se describe la implementación del sistema, se realiza la descripción general del sistema y se mencionan las principales características que posee la herramienta computacional diseñada.

Se presenta además un diagrama de flujo funcional que da la idea de cómo se procesan los datos. Se describe sobre el ingreso de datos topográficos como las coordenadas geográficas donde se situará la antena o punto de irradiación, definición del cuadro de

visualización la cual debe ser expresada en grados, luego el programa lo convierte automáticamente a Km.

Se describe la interfaz para el ingreso de los parámetros del transmisor y de la antena, tales como potencia del transmisor, altura del transmisor, ganancia de la antena transmisora, pérdidas generales, altura de la antena receptora.

Y por último sobre la selección del método de predicción a usarse, el cálculo de recepción es realizado píxel por píxel.

CAPITULO 6

6 IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN BASE CELULAR DE PRUEBAS

Los modelos implementados en la herramienta computacional que se ha implementado necesitan ser comparados con datos reales obtenidos de una fuente muy confiable. Es por ello que se obtiene un equipo de medición Grayson para análisis de redes inalámbricas.

Se obtuvo adicionalmente un transmisor para telefonía celular en la banda de los 800 MHz, un equipo GPS GARMIN, soportes tipo mástil para la antena, una antena sectorial DB844G90A-XY, cables RG 214, 1 antena de recepción de ganancia cero, 1 equipo inversor, 1 computadora portátil para programar el transmisor vía hiperterminal y una computadora portátil Toshiba T1910CS conjuntamente un equipo de medición para redes inalámbricas para la captura de datos de medición.

El transmisor que se utilizó, fue configurado de tal manera para que sea transparente a las señales emitidas por estaciones base cercanas en servicio, y fue calibrado en canales que no estaban en servicio en la zona, para ello se debe contar con la información de la distribución de canales en la zona. De esta manera se evitó la interferencia de cualquier tipo sobre las estaciones celulares en servicio de la zona.

Por otro lado la potencia de transmisión fue de 30 dBm o su equivalente a 1 Watt, que realmente es bajísima y se utilizó una antena sectorial, bajando la probabilidad de causar alguna interferencia.

6.1 DATOS DE LA ANTENA DE PRUEBAS

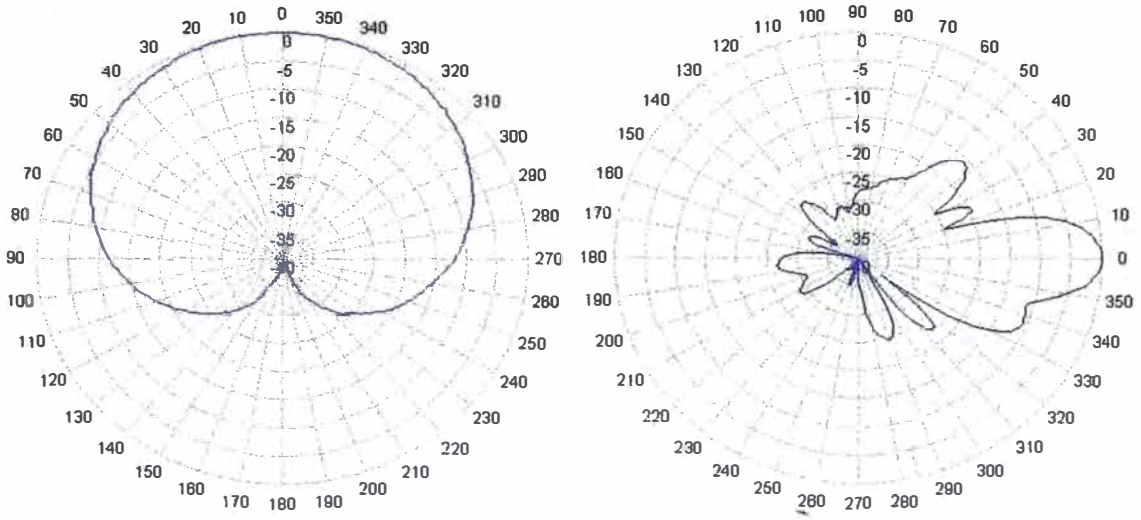


Figura 6.1 Patrón de Radiación Azimutal y Vertical para La antena utilizada DB844G90A-XY [119]

La antena fue instalada con un azimut de 90° en un soporte tipo mástil, la calibración fue mediante una brújula y la inclinación mecánica de la antena es de 0°, medida comprobada mediante un inclinómetro. Ver figura 6.1.

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS DB844G90A-XY	
Ganancia máxima de antena (dBd/dBi)	12 / 14,15
Ancho del haz horizontal (grados)	90,00
Ancho del haz vertical (grados)	15,50
Relación adelante - atrás (dB)	40,00
Frecuencia mínima de operación (MHz)	806,00
Frecuencia máxima de operación (MHz)	896,00
polarización	Vertical
Inclinación hacia abajo	0,00

Tabla 6.1 Especificaciones eléctricas de la antena DB 844G90A-XY

La lectura de esta antena según el manual de Andrew DB es que 84X es una antena dipolo directiva en forma de panel, con patrón y estilo de arreglo G que significa máxima

ganancia, 90 es el ancho de haz horizontal, (A) significa que puede usar un conector opcional y XY es la banda de frecuencia, ver tabla 6.1, para más detalles de la antena en [119]. Podemos tener un error de calibración en la inclinación de ±1° y se puede tener una tolerancia en el azimut de ±3°.

6.2 DATOS DEL TRANSMISOR

El transmisor es de tipo analógico con potencia variable alimentado con una fuente conmutada de ± 24 V, El transmisor es configurado mediante una computadora portátil mediante acceso hiperterminal, la frecuencia seleccionada es de 870,3 MHz esto equivale al canal N° 1, En la pantalla de estado se configuró el parámetro carrier de off a on y Rx en audio mute y Tx en audio on, audio looped en la opción no, antena A:1.

La potencia del transmisor que es entregada hacia el terminal de la antena la podemos determinar de dos maneras. La primera es utilizando un vatímetro y midiendo la potencia a la salida del transmisor, utilizando una carga pasiva de 50W ó 150W con una impedancia de 50Ω y calcular la pérdida en el cable que conecta el transmisor con la antena, se trata de un cable RG 214 que tiene una pérdida de 7,6 dB/100 ft el cable tiene 4 m, sabiendo que 1 pie = 30,48 cm, se tiene una pérdida total en el cable de 0,997375 dB, ver figura 6.2.

El otro método utilizado es midiendo directamente con el vatímetro a la salida del cable que ha sido conectado al transmisor, siempre utilizando la carga pasiva, ver figura 6.5. Se trabajó con una potencia de 1 Watt o su equivalente 30 dBm medidos a la salida del transmisor.

6.3 CONEXIÓN ENTRE EQUIPOS

Se debe de conectar el transmisor hacia una computadora portátil como se muestra en la figura 6.2 aquí se selecciona el canal que usaremos para la prueba, esta conexión es mediante un cable desde el transmisor hacia el puerto paralelo de la computadora y mediante un hiperterminal, dicha conexión permanecerá hasta el final de la prueba.

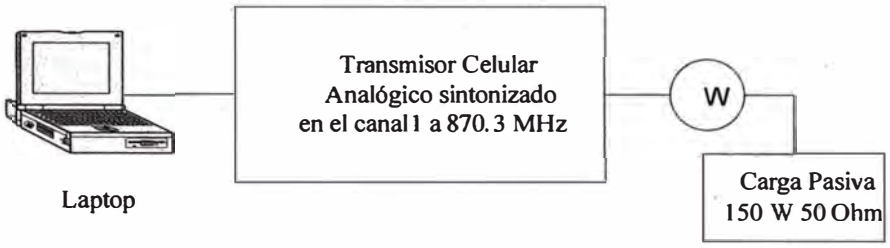


Figura 6.2 Calibración de frecuencia del transmisor

Luego el transmisor debe ser conectado hacia la antena, para ello usaremos un cable RG 214 cuya longitud es de 4 m. como se muestra en la figura 6.3, los terminales de conexión son tipo N y la impedancia es de 50 Ω.

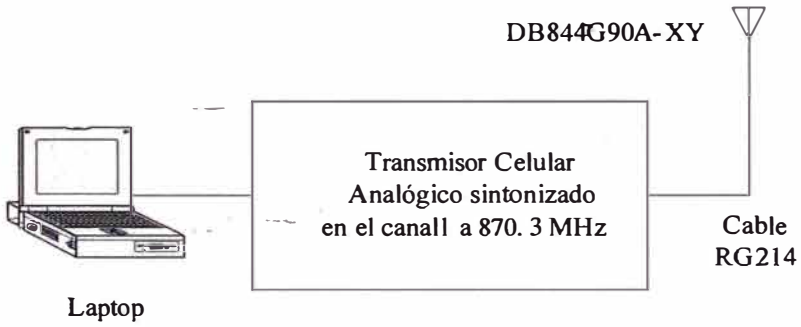


Figura 6.3 Diagrama de bloques de la conexión del equipo transmisor

Para la conexión del equipo de medición debemos conectar el equipo analizador de redes inalámbricas hacia una antena receptora con patrón omnidireccional de ganancia cero, además se deberá conectar el GPS Garmin hacia la entrada indicada como GPS in, del equipo de medición, también será conectado el equipo de medición hacia la computadora portátil Toshiba T1910CS. Ver figura 6.4.

Figura 6.4 Conexión del equipo de medición con GPS y PC

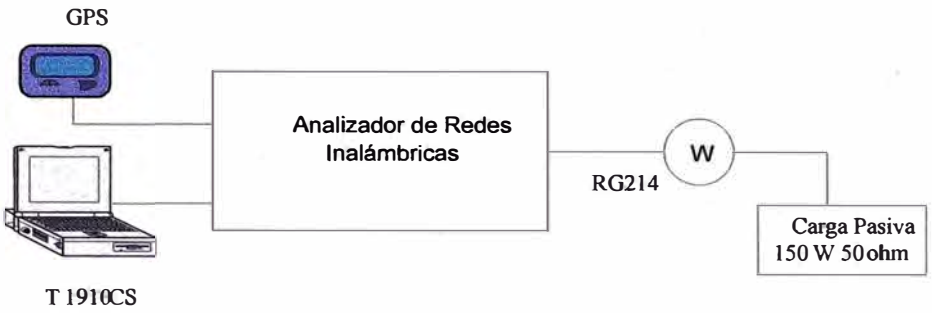


Figura 6.5 Lectura de potencia incluida las pérdidas en el cable

6.4 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Primeramente trazamos en un mapa correspondiente a la zona de Carmen de la Legua el azimut de 90° y marcamos la cobertura teórica que tendría la antena sectorial, teniendo en cuenta que la antena DB844G90A-XY es una antena panel sectorial y tiene un ancho del haz principal de 90°, dibujamos sobre el plano el patrón de radiación con el respectivo

escalamiento, lo que nos da una idea sobre el plano, por donde estará ubicado el haz principal y por donde están localizados los lóbulos secundarios, y por lo tanto cuales son los posibles lugares para realizar las mediciones, ver figura 6.6.

Para la medición utilizamos un equipo de medición y analizador de redes inalámbricas de Grayson Wíreless de Allen Telecom, interconectado a un GPS el cual dará constantemente al instrumento de medición un valor de coordenadas geográficas, el instrumento sincroniza estos datos obtenidos desde el GPS y asigna 3 niveles de recepción por cada coordenada geográfica, un valor mínimo, un valor máximo y un valor promedio, ello debido a que el instrumento de medición esta tomando muestras cada 200 ms., Todos estos datos son capturados en una computadora portátil Toshiba T1910CS, en la que se presenta un informe visual en tiempo real de los datos medidos en las distintas coordenadas. Los datos asumidos para el presente trabajo son los valores promedio.

Todo el equipo de medición debe comportarse como un móvil, para la solución de ello transportamos el equipamiento en un vehículo. Para la alimentación del equipamiento usaremos un equipo inversor, el cual es alimentado directamente con los 12V CC del vehículo y este es convertido a 220 VAC.

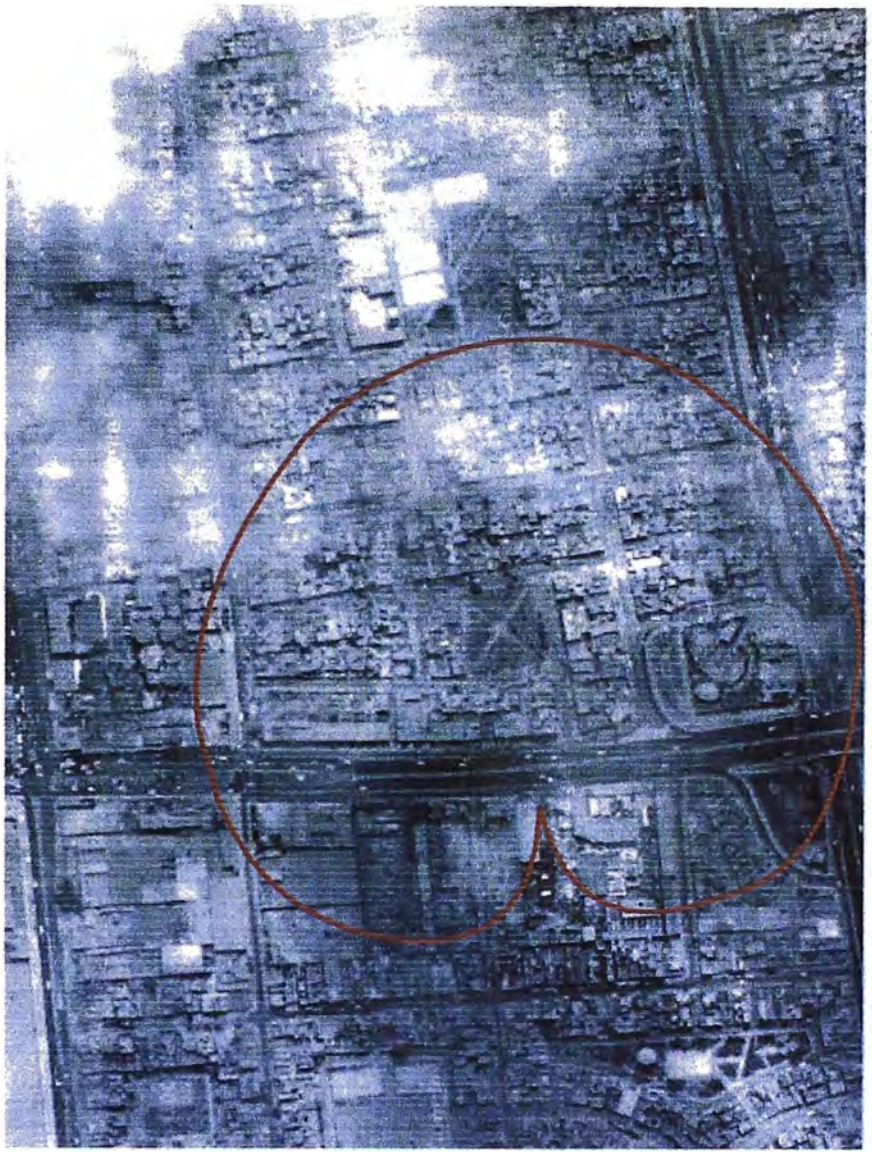


Figura 6.6 Ubicación de la BTS – Carmen de la Legua y Reynoso

Para efectos de la medición la velocidad del vehículo debe ser constante y aproximadamente a 30 Km/h, ya que si nosotros variamos la velocidad estaremos también variando el valor de desvanecimiento, porque recordemos que el efecto multitrayectoria es directamente proporcional a la velocidad del móvil, y por lo tanto nuestra medición tendrá errores adicionales.

La antena de prueba que usamos es una antena de patrón omnidireccional y de ganancia cero, ello para obtener valores RSSI reales. La antena fue instalada fuera del vehículo con un ángulo de 45° con respecto a la normal, ello para simular la posición humana habitual al sostener un equipo móvil, pero para mediciones mucho más rigurosas, donde se

quiera asegurar un buen nivel de recepción se debe tener la antena dentro del vehículo porque dentro del mismo hay una pérdida de 2 dB adicionales comparados con el espacio libre.

6.5 RESUMEN

En este capitulo se describe como se llevó a cabo el proceso de implementación de la estación base de pruebas, consistente en la programación del transmisor para el uso del canal 1 o su equivalente de 870,3 MHz, la instalación de una antena sectorial DB844G90A-XY de la empresa Decibel ahora perteneciente al grupo Andrew, también se presenta en forma visual el conexionado de los diversos instrumentos necesarios en el experimento.

Se describe el proceso de instalación del equipo de medición, el cual consta de un equipo analizador de redes inalámbricas Grayson Wíreless de Allen Telecom, que conjuntamente un GPS y una computadora portátil, logran capturar los datos.

CAPITULO 7

7 RESULTADOS Y CONCLUSIONES EN LOS MODELOS IMPLEMENTADOS

En este capitulo se describirá las principales pruebas y resultados por cada modelo de radiopropagación implementado, graficando curvas desarrolladas en Matlab tanto para los datos obtenidos directamente por la medición, los cuales son comparados con los obtenidos mediante el software implementado y el modelo de propagación seleccionado, el cual es un valor estimado o un dato de predicción, luego encontramos el valor absoluto del error o la diferencia que hay entre ambas curvas, dichas curvas también son graficadas en Matlab mostrando un cuadro de valores estadísticos para los errores.

Los datos obtenidos mediante medición como se explicó en el capitulo 6 fueron realizados mediante un instrumento de medición especializado para telefonía celular, el cual captura tres valores instantáneos del nivel de recepción RSSI por cada coordenada geográfica, un valor mínimo, un valor promedio y un valor máximo y a su vez este proceso se repite entre 10 y 20 intervalos de tiempo por coordenada geográfica.

En el presente trabajo manejamos datos estadísticos, pues las mediciones varían instantáneamente dependiendo de muchos factores, pues se tratan de ondas multitrayectoria, y dependen mucho de la dinámica del entorno por ejemplo clima, vehículos circundantes en la zona de medición, zonas de sombra, hasta la velocidad con la que nosotros hagamos la medida, etc., por lo que las pruebas finales se realizan con datos promediados del total de datos por coordenada y estas son graficadas con datos promediados, pues el nivel de recepción es dinámico.

También es necesario saber que se ha trabajado con una antena de la compañía Decibel la cual según el manual del fabricante nos da un patrón de radiación teórico con el cual se ha realizado el presente trabajo, pero en la realidad el patrón de radiación teórico difiere un poco del patrón de radiación real, provocando un posible error por el uso del patrón de radiación teórico, sobre todo en las zonas donde existen nulos y zonas muy próximas entre los limites del patrón de radiación.

Generalmente los operadores de telefonía celular están trabajando con antenas sectoriales, las cuales realizan su cobertura a 120° por sector, utilizando 3 antenas por sector, una antena de transmisión, una de recepción y una de diversidad, siendo un modelo de configuración típico, ahora se están utilizando antenas sectoriales con combinadores y

dúplexores los cuales disminuyen la cantidad de antenas por sector, lo cual da el beneficio de ocupar menor espacio y como consecuencia, disminuir el impacto ambiental.

La instalación de una estación base celular se realiza de acuerdo a un estudio muy similar al presentado en el presente trabajo, pues se realiza una prueba denominada Drive Test o punto cero cuando se realiza por primera vez, con la salvedad que se deberá ver la reacción de la señal en diferentes canales lo que implica cambiar la frecuencia, según ello se realiza una predicción de que tan bueno puede ser el nivel RSSI en la zona de interés.

Para nuestro caso, como ya lo mencionamos las pruebas se realizaron en el distrito de Carmen de la Legua Reynoso en el Callao, la cual podemos considerar como una ciudad mediana y plana.

La graficación de las curvas también se ha desarrollado para zonas rurales, suburbanas y zonas metropolitanas ello como referencia para desarrollar el estudio y analizar su comportamiento, por lo tanto presentaran errores mucho más grandes que el obtenido con un modelo para una ciudad mediana.

Los modelos que se analizan los de Okumura Hata, CCIR, Cost 231 – Hata, ITU- R, Lee y Longley Rice, que son los modelos con los que se ha podido implementar mejor el presente trabajo, Algunos otros modelos no han sido tomados en cuenta por el requerimiento de datos muy exactos tales como los que se pueden obtener de un plano digital catastral, el cual puede ser considerado en otros trabajos futuros.

7.1 MODELO OKUMURA - HATA

En la figura 7.5 se presenta la gráfica general del modelo Okumura Hata para las zonas rural, suburbana, mediana metropolitana, en la cual podemos observar que en la ordenada la curva de datos medidos toma el valor de -74,7dB, zona rural en -51,86 dB, zona suburbana en -70,37dB, ciudad mediana en -80,22 dB y metropolitana en -80,24dB y se observa también la curva de errores en la figura 7.6, también se muestran los datos estadísticos obtenidas de las curvas de error para cada caso, los cuales se presentan en la tabla 7.1, el caso que se ha planteado en este trabajo corresponde a una ciudad mediana, estas gráficas se presentan con detalle en la figura 7.3 y adicionalmente en la figura 7.4 se muestra el detalle para una zona metropolitana la cual difiere en la ordenada en 0,02 dB con la curva de una ciudad mediana, valor que no garantiza la diferenciación entre zonas. Observando dichas curvas y los datos estadísticos de las curvas de error nos damos cuenta que se pueden realizar mejoras en el perfomance del modelo, acondicionándolo de esta manera a nuestro medio.

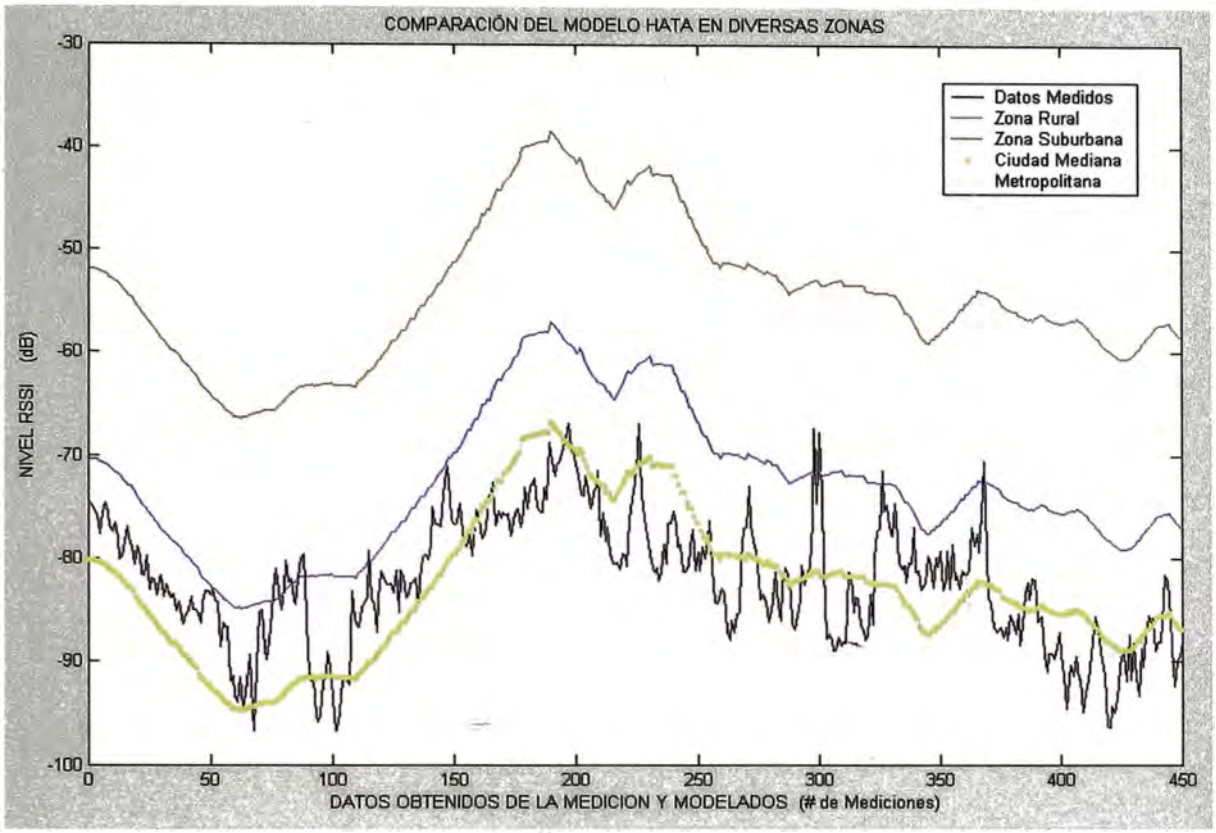


Figura 7.1 Curva para el modelo Okumura – Hata en todas las zonas

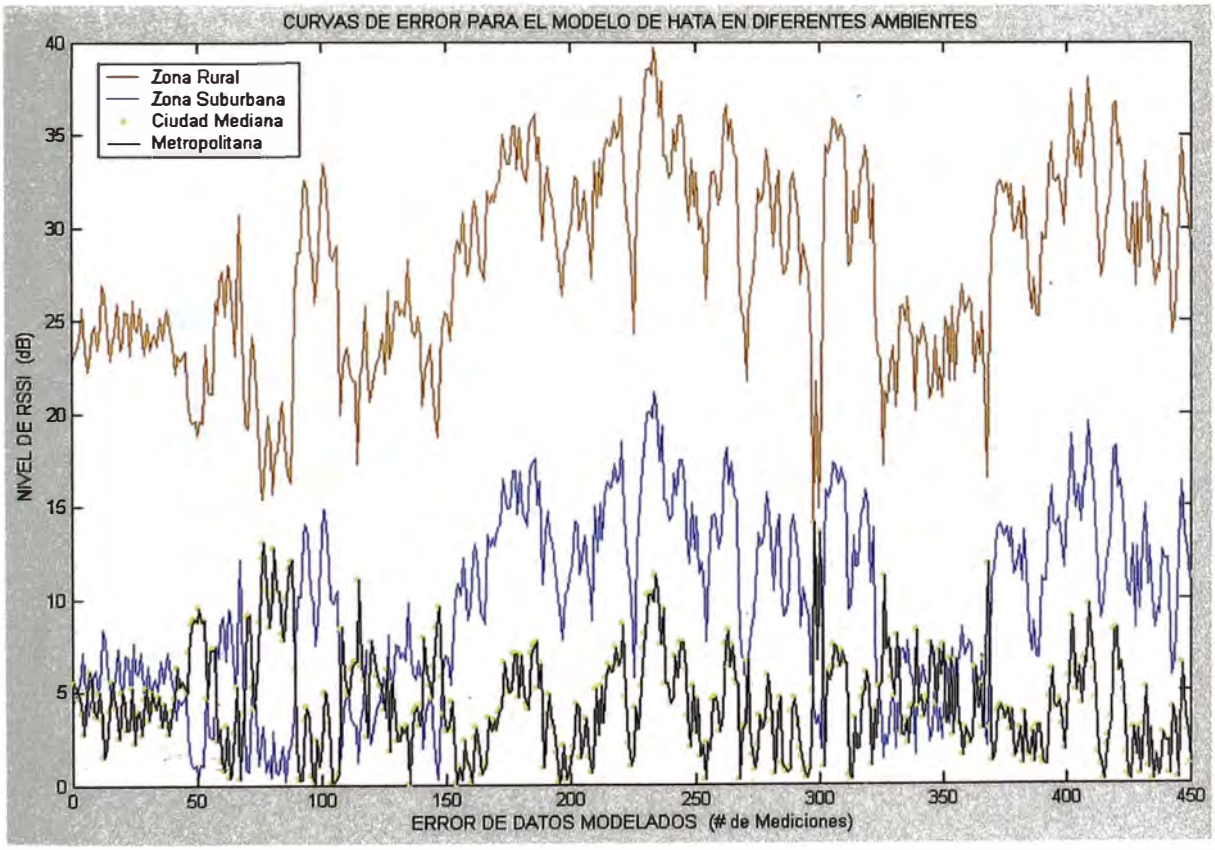


Figura 7.2 Curva de error para el modelo Okumura – Hata en todas las zonas

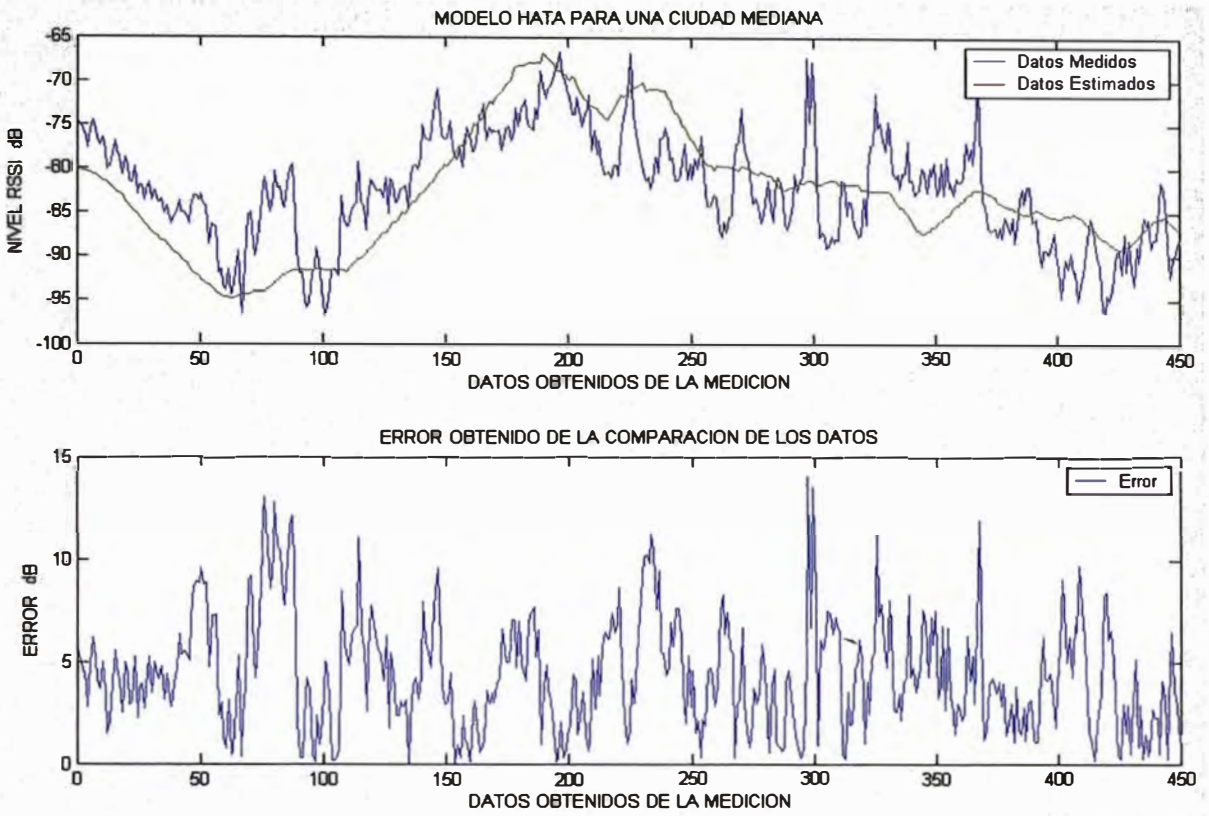


Figura 7.3 Curva obtenida para una ciudad mediana

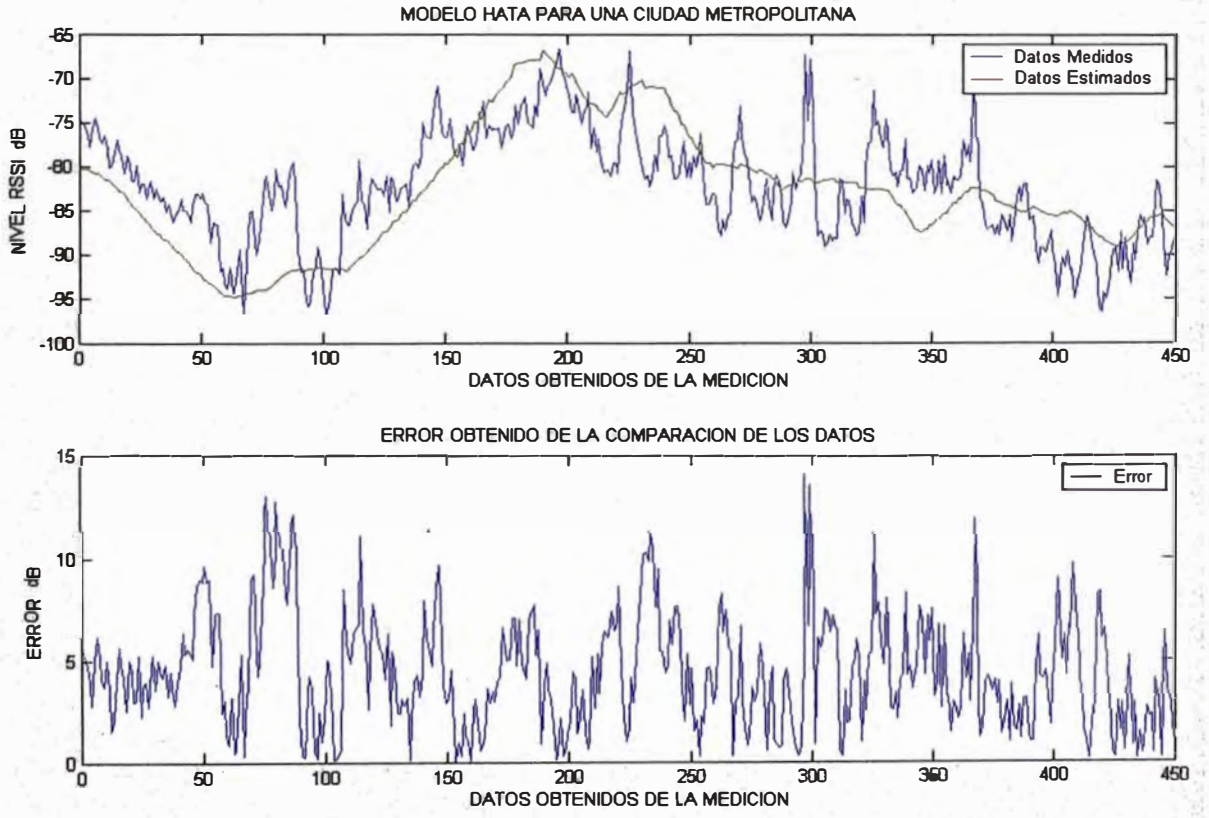


Figura 7.4 Curva obtenida para una ciudad Metropolitana

	Zona Rural	Zona Suburbana	Ciudad Mediana	Metropolitana
Mínimo	14,28	0,18	0,01	0,03
Máximo	39,64	21,13	14,08	14,09
Media	27,98	9,594	4,378	4,378
Mediana	28,21	9,704	4,09	4,10
Estándar	5,158	4,927	2,747	2,749
Rango	25,36	20,95	14,07	14,06

Tabla 7.1 Datos estadísticos obtenidos en Matlab para el Modelo Hata

Como se mencionó anteriormente es posible realizar una mejora en el perfomance del software acondicionándolo a las características de propagación en nuestro medio, los datos de la tabla 7.1 nos sugieren una corrección entre 1 y 4 dB, y en la figura 7.5 se grafica los errores obtenidos con una corrección en la formula con 4 dB, 3dB, 2dB y 1dB.

Con los valores obtenidos con una corrección de 4 dB se mejora significativamente el perfomance para los valores de medición muy cercanos a los valores de predicción, pero existe el compromiso de aquellos valores que estén muy alejados, allí ocurrirá que el error será mas grande aún, lo que consideramos que no es conveniente, el mismo análisis ocurre para los valores de corrección con 2dB y 3dB, pero se encuentra que el valor a 1 dB es el que ofrece mejor perfomance, analizando la curva de datos estimados observamos que cuando este es corregido en un 1 dB la curva se desplaza positivamente de tal manera que esta sobrepuesta con la curva de datos obtenidos por medición, debido a esto se observa que en la curva hay valores estimados que se encuentran por encima de los valores medidos y hay valores que se encuentran por debajo de los valores medidos, esta situación ira variando según se haga algún tipo de corrección ya sea positivo o negativo.

En la gráfica 7.6 se observa como las curvas se desplazan positivamente en 1dB, y en la figura 7.9 se muestra los errores obtenidos con los nuevos valores de estimación con el factor de mejoramiento de perfomance.

Entonces como consecuencia de la suma de 1 dB la formula general de Okumura Hata queda modificada, también luego del análisis respectivo se sugiere el cambio del factor de atenuación para una ciudad metropolitana, debido a que la diferencia que observamos en la figura 7.6 es de tan sólo 0,02, dicha diferencia debe ser 10 dB como mínimo de diferencia con la curva obtenida para una ciudad mediana. En las figuras 7.8 y 7.9 se muestran detalles de los errores obtenidos.

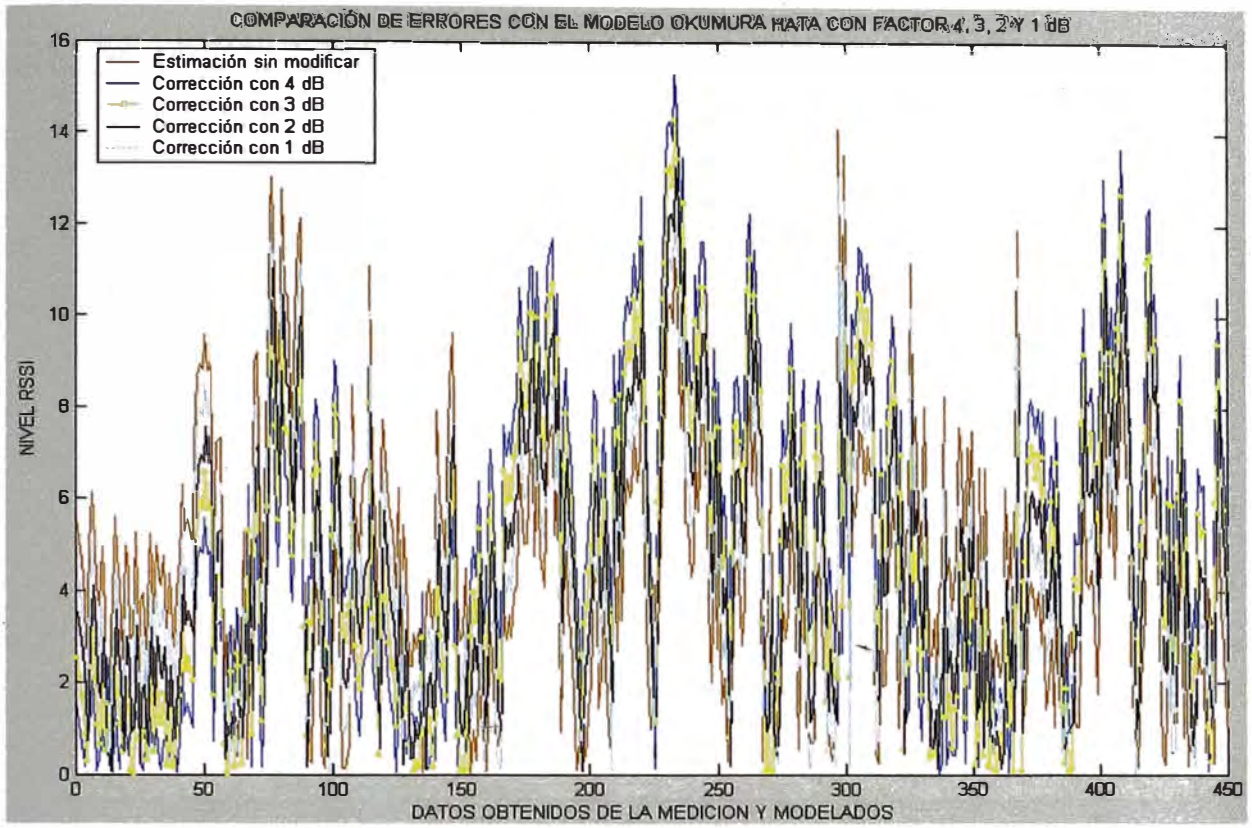


Figura 7.5 Comparación de errores obtenidos con 4, 3, 2 y 1 dB - Modelo Hata

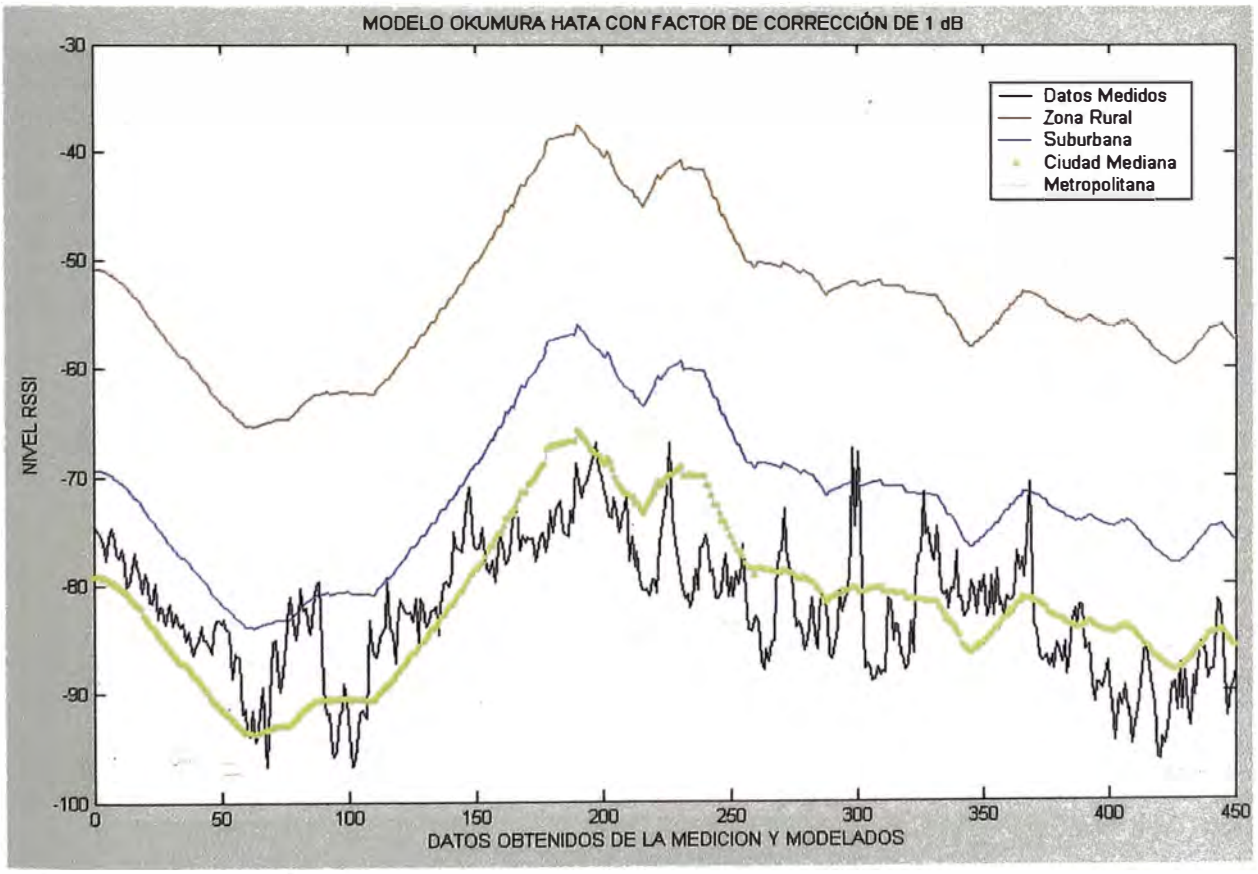


Figura 7.6 Curva para el modelo Okumura – Hata con factor de corrección 1 dB

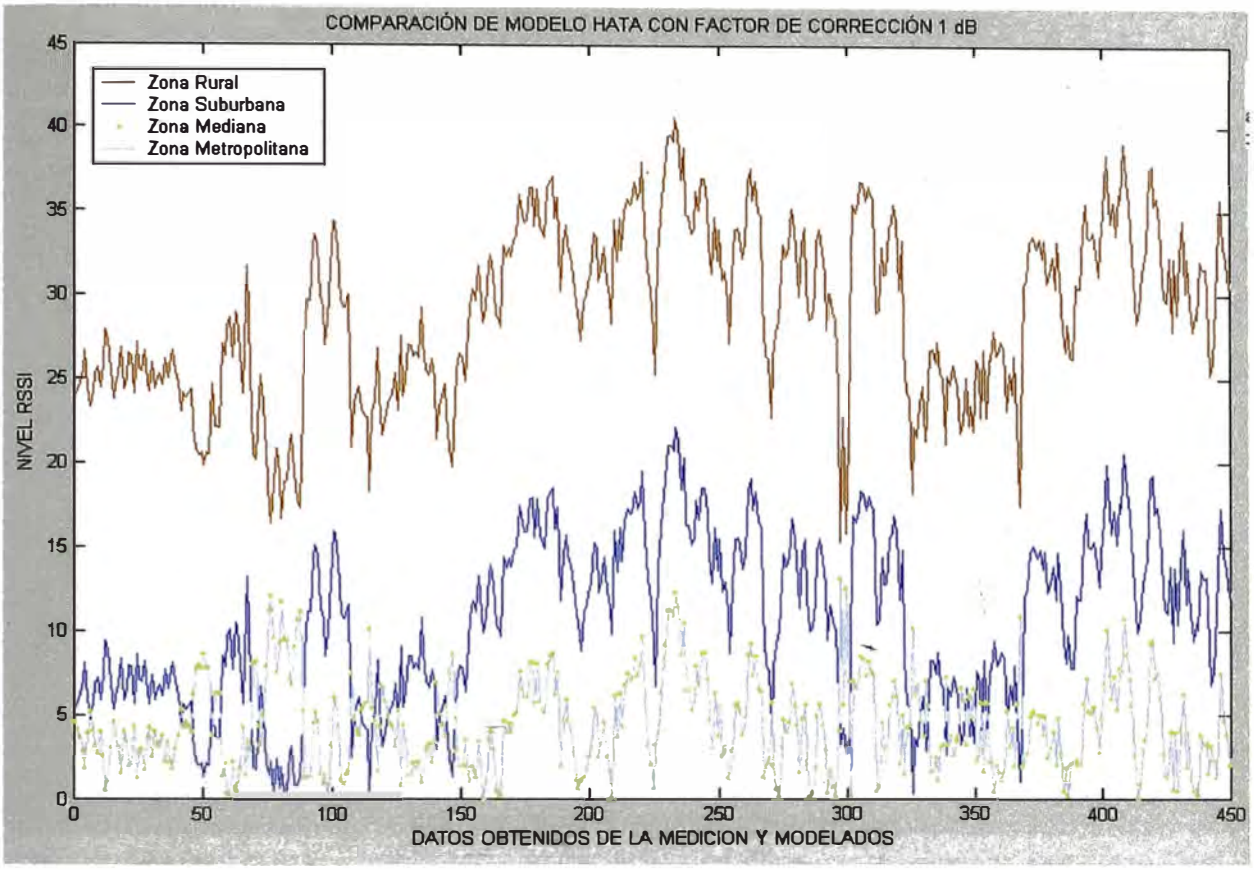


Figura 7.7 Error para el modelo Okumura – Hata con factor de corrección 1 dB

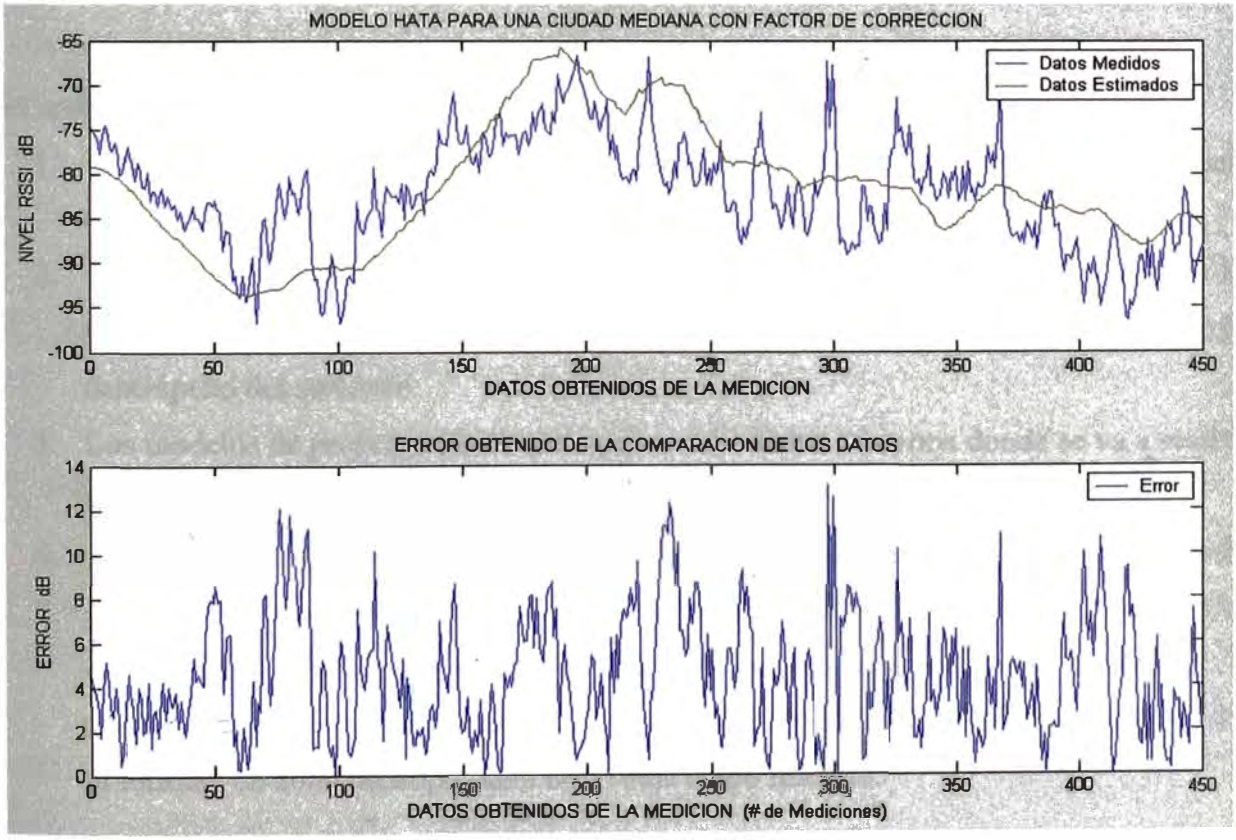


Figura 7.8 Curva obtenida para una ciudad mediana con factor de corrección

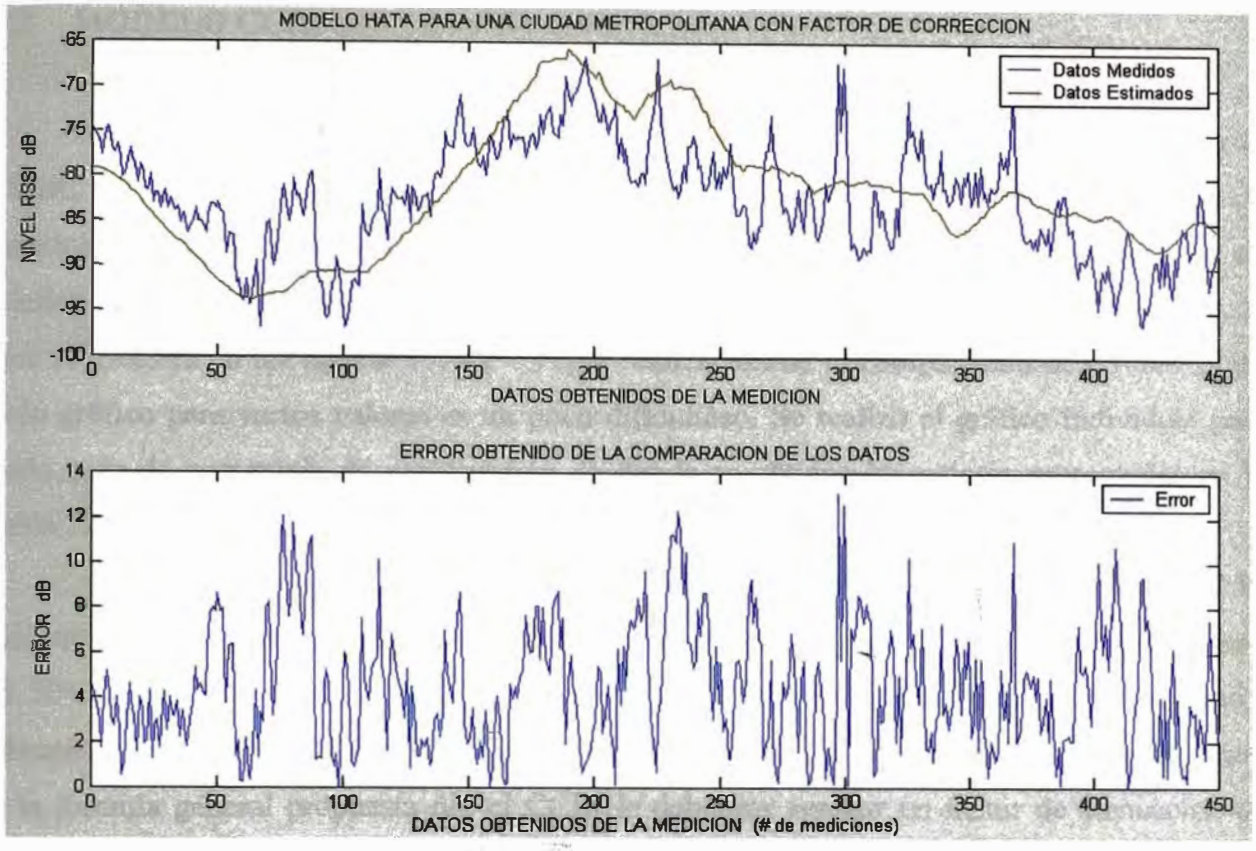


Figura 7.9 Curva obtenida para una ciudad metropolitana con factor de corrección

7.1.1 CONCLUSIONES PARA EL MODELO OKUMURA HATA

Del análisis efectuado en los modelos implementados en forma original se concluye que:

1. El modelo Okumura – Hata tiene muy buena perfomance en las zonas donde el terreno es plano, tal cual lo comprobamos con la zona de nuestro interés.
2. Que el valor de error puede ser disminuido usando una curva de error y que de los valores estadísticos obtenidos mediante ella pueden realizarse ajustes para el mejor desempeño del software.
3. Los modelos de propagación tienen que ser adecuados a la zona donde se va a realizar la predicción de datos.
4. Que la formula general de predicción del modelo Hata Okumura será variada en +1dB.
5. Que las curvas de los valores de predicción para una ciudad mediana y una ciudad metropolitana están muy cerca, y 0,02 no asegura una verdadera diferencia de atenuación por efecto de los edificios. Este valor debe ser como mínimo variado para la formula de zona metropolitana en +10dB como mínimo.

7.2 MODELO CCIR

A continuación se muestran los datos obtenidos mediante el modelo propuesto por la CCIR, la formula de predicción propone una atenuación por cierto porcentaje de construcciones en la zona de interés, entonces basados en ello, realizamos el análisis en Matlab haciendo variar el porcentaje de construcciones desde 0% hasta 100%, cada 10%, lo que se muestra en las figuras 7.10 y 7.11, la realización de la comparación de errores en un solo gráfico para varios valores es un poco dificultoso. Se realizó el gráfico individual para cada caso de porcentaje de construcción de donde se obtiene los valores presentados en la tabla 7.2 y 7.3.

Del análisis de los valores estadísticos de las curvas de error y la figura 7.10 encontramos que tratándose de una población mediana con un gran número de construcciones, el 70% es un buen acercamiento para obtener datos estimados muy parecidos a los datos obtenidos por medición. Del análisis de los valores estadísticos en la tabla 7.3 se concluye que a la formula general propuesta por el CCIR le debemos agregar un factor de atenuación de +17dB, realmente se podría trabajar con decimales pero no tendría mucho sentido porque los datos con los que vamos a trabajar son estadísticos, siempre son variantes en más o menos el 10dB, recordemos que los valores que se han obtenidos por medición son realmente datos promedios dado que el instrumento de medición nos ofrece 10 lecturas por coordenada y tres valores por cada lectura, un valor mínimo, un valor máximo y un valor superior. Ello se debe a que estamos trabajando con ondas multitrayectoria, las cuales sufren cambios en cada instante, es un fenómeno muy particular.

En la figura 7.12 se muestra la curva obtenida para un porcentaje de construcciones de 60% y su respectiva curva de error, en la figura 7.13 se muestra la curva para 70% de construcciones y su curva de error, en la figura 7.14 se muestra la curva para 80% de construcciones y su curva de error, ello para ver con mayor detalle la variación de los valores del error absoluto.

En la figura 7.15 se observa las curvas obtenidas con un factor de corrección de +17dB se desplazan positivamente, entonces los valores que habíamos encontrado originalmente son cambiados, ver tabla 7.4 y 7.5, finalmente las figuras 7.15 y 7.16 muestran las curvas obtenidas con el nuevo factor de corrección, ello permite la adaptación del modelo a nuestro entorno de propagación, porque las condiciones que ofrece cada lugar donde se hace el modelado ofrecen condiciones distintas de trabajo.

Las figura 7.17 muestra el detalle de la curva de valores de predicción con una atenuación por construcciones del 50% y su respectiva curva del valor absoluto del error obtenido de la diferencia de la curva de los datos reales o de medición y los valores estimados o valores de predicción, la figura 7.18 muestra curvas de datos y errores para un 60% de construcciones, la figura 7.19 muestra curvas de datos y errores para un 70% de construcciones y la curva 7.20 muestra la curva de datos y error para un 80% de construcciones. La curva con la que se obtiene el menor error posible es usando el 70% de atenuación por construcciones.

En el gráfico 7.10 se puede observar que se ha hecho una graficación para el valor de 15% por atenuación de construcciones, precisamente en este valor es donde se tienen los valores de errores menores, no hablamos del error absoluto porque estamos trabajando con datos estocásticos ó estadísticos los cuales van a variar de acuerdo a las variables del entorno de la zona de propagación

	10%	15%	20%	30%	40%	50%
Mínimo	0,01	0,04	0	0	0,1236	1,198
Máximo	16,28	13,48	16,61	21,01	24,13	26,55
Media	5,653	4,385	4,809	7,486	10,44	12,86
Mediana	5,285	4,145	4,205	7,076	10,20	12,63
Estándar	3,992	2,717	3,45	4,899	5,141	5,158
Rango	16,27	13,44	16,61	21,01	24,00	25,35

Tabla 7.2 Valores Obtenidos en Matlab para CCIR variando el porcentaje de construcción desde 10% hasta 50%

	60%	70%	80%	90%	100%
Mínimo	3,178	4,848	6,298	7,598	8,718
Máximo	28,53	30,21	31,66	32,94	34,08
Media	14,84	16,51	17,98	19,24	20,38
Mediana	14,61	16,28	17,73	19,01	20,15
Estándar	5,158	5,158	5,158	5,158	5,158
Rango	25,35	25,36	25,36	25,36	25,36

Tabla 7.3 Valores Obtenidos en Matlab para CCIR variando el porcentaje de construcción cada 60% hasta 100%

	10%	15%	20%	30%	40%
RSSI	-75,22	-79,62	-82,75	-87,15	-90,27
RSSI corregido	-58,22	-62,62	-65,75	-70.15	-73,27

Tabla 7.4 Valores Obtenidos en Matlab para CCIR para el primer valor de RSSI en la ordenada

	50%	60%	70%	80%	90%	100%
RSSI	-92,7	-94,68	-96,35	-97,8	-99,08	-100,22
RSSI corregido	-75,7	-77,68	79,35	-80,8	-82.08	-83,22

Tabla 7.5 Valores Obtenidos en Matlab para CCIR para el primer valor de RSSI en la ordenada

Los datos mostrados en las tablas 7.4 y 7.5 sólo son referenciales, ello porque cortan en la ordenada y facilitan el análisis, realmente cualquier punto de referencia es posible tomarse, se realizaría el mismo análisis, los valores de RSSI serían distintos porque cada valor en la abscisa indica una medición en una coordenada especifica y por lo tanto presentará un valor de RSSI para ese punto.

La ventaja de la implementación de este modelo de propagación es el uso de una sola formula para todos los casos, debido a que de acuerdo a un porcentaje de construcciones podemos indicar si el lugar es un lugar rural, suburbano, ciudad mediana o una ciudad metropolitana. Esto en comparación con modelos como el propuesto por Okumura – Hata o el modelo Cost 231 Hata, que presentan una formula general y valores de corrección para los casos de el entorno usado, ya sea rural, suburbano , ciudad mediana o ciudad metropolitana.

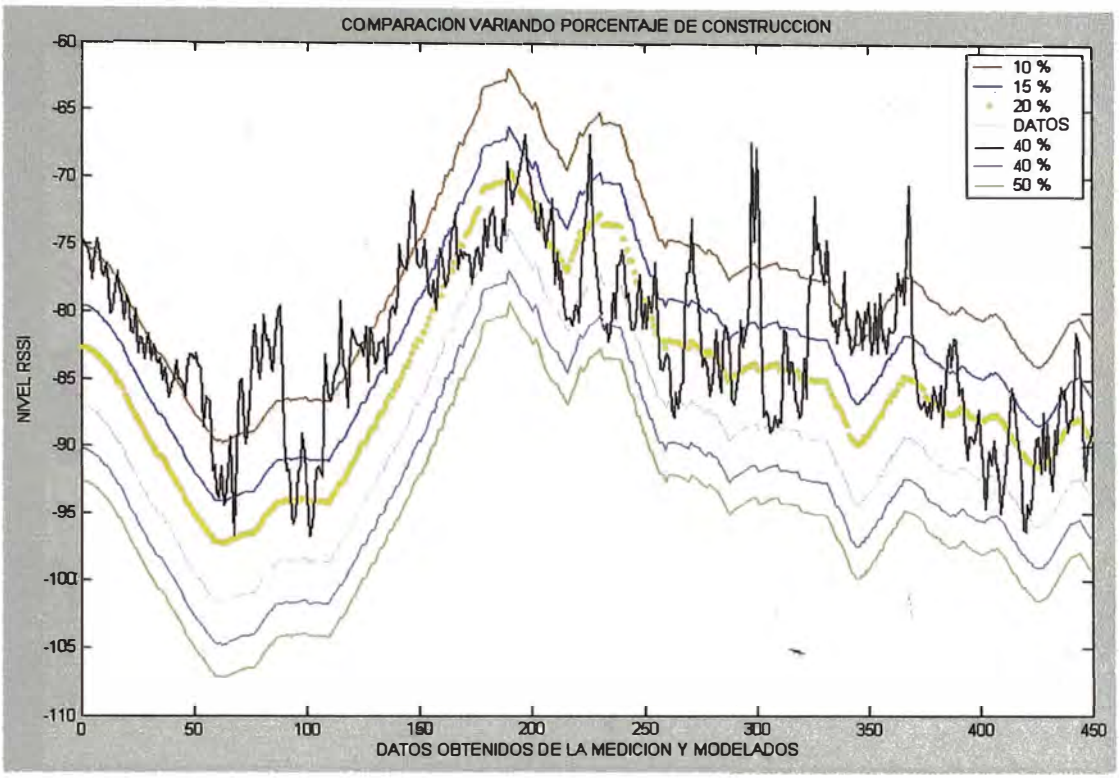


Figura 7.10 Comparación Modelo CCIR variando el porcentaje de Construcción desde 10% hasta 50%

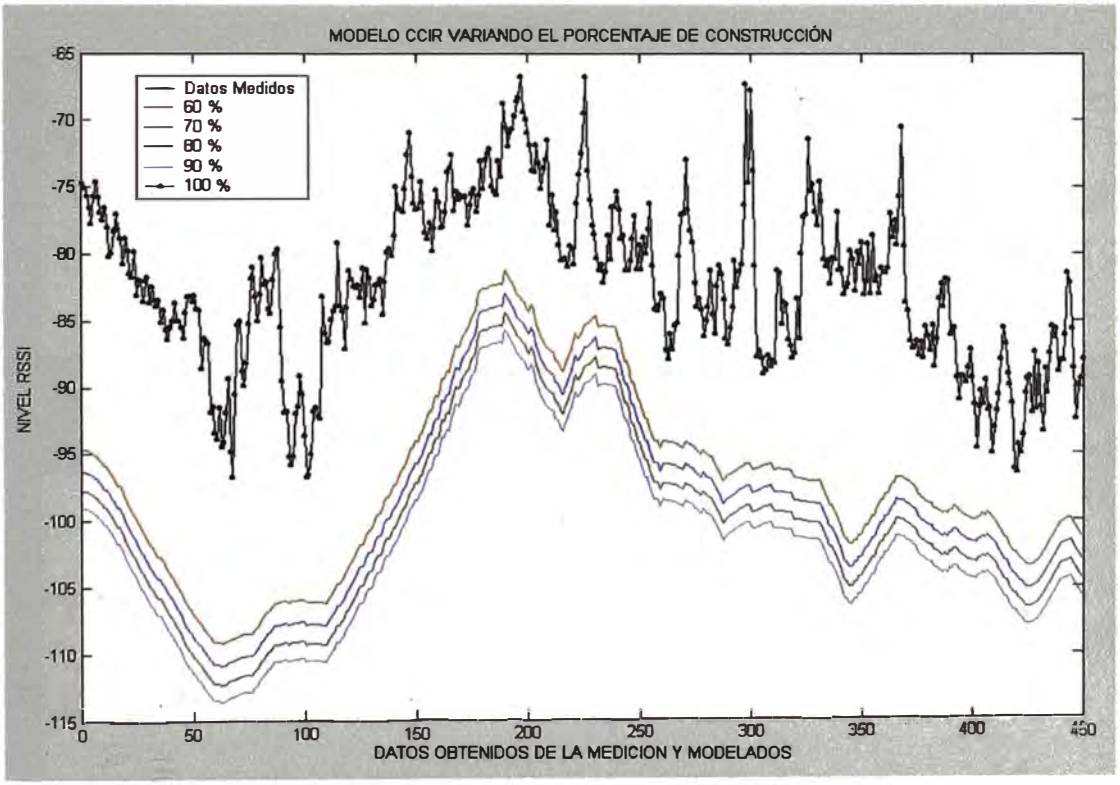


Figura 7.11 Comparación Modelo CCIR variando el porcentaje de Construcción desde 60% hasta 100%

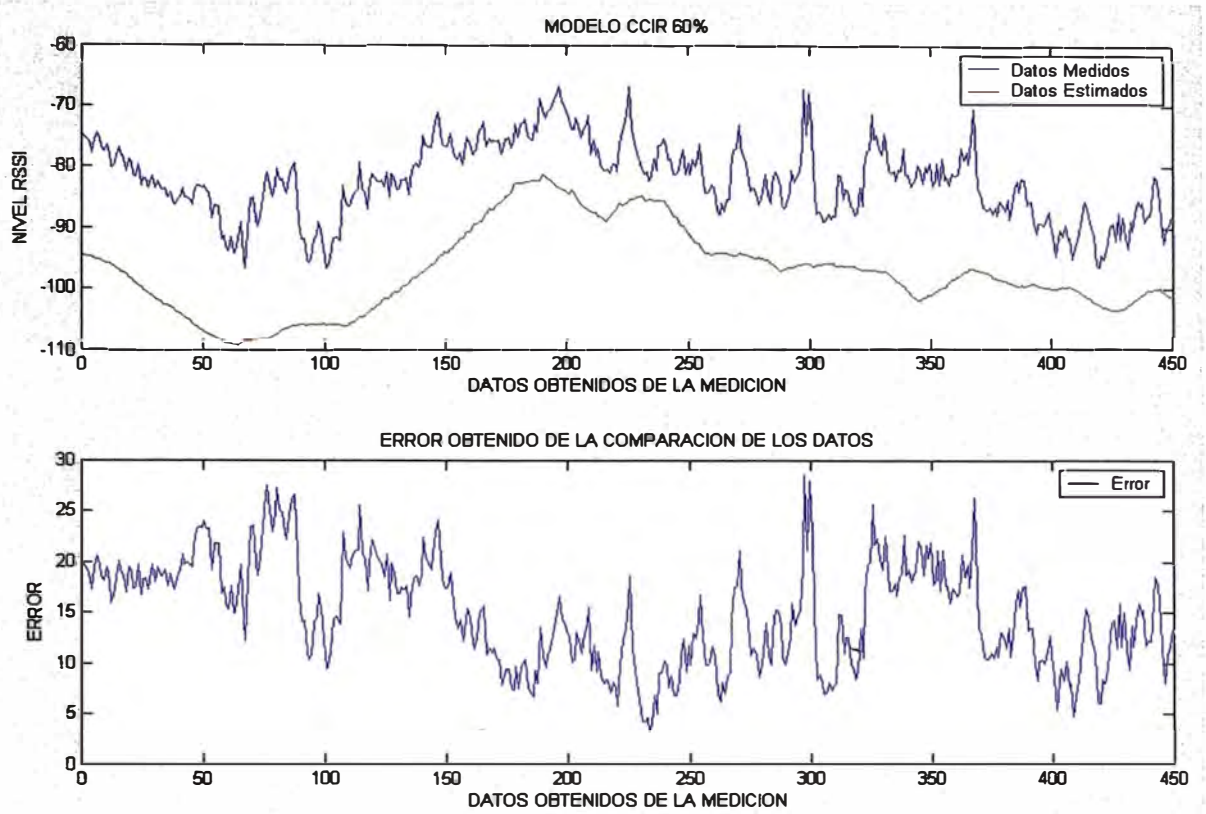


Figura 7.12 Modelo CCIR con 60% de construcción y curva de error

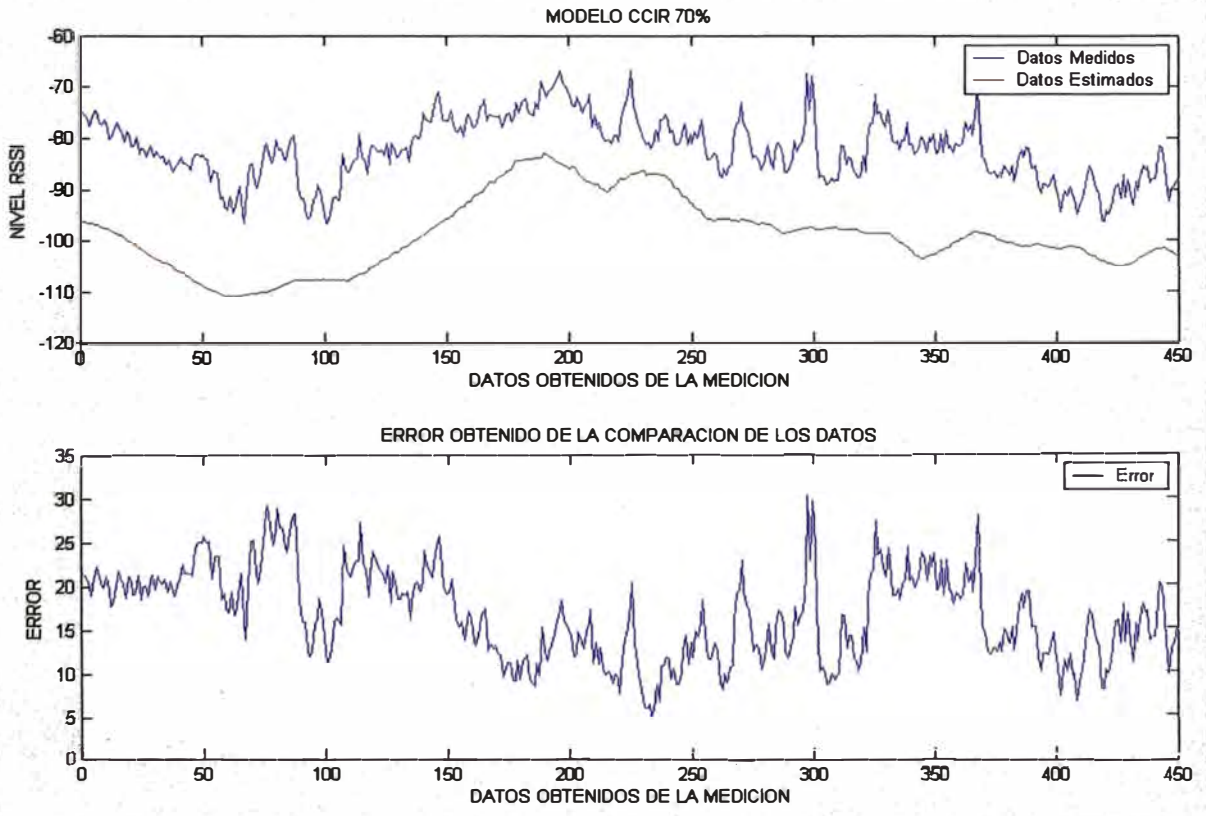


Figura 7.13 Modelo CCIR con 70% de construcción y curva de error

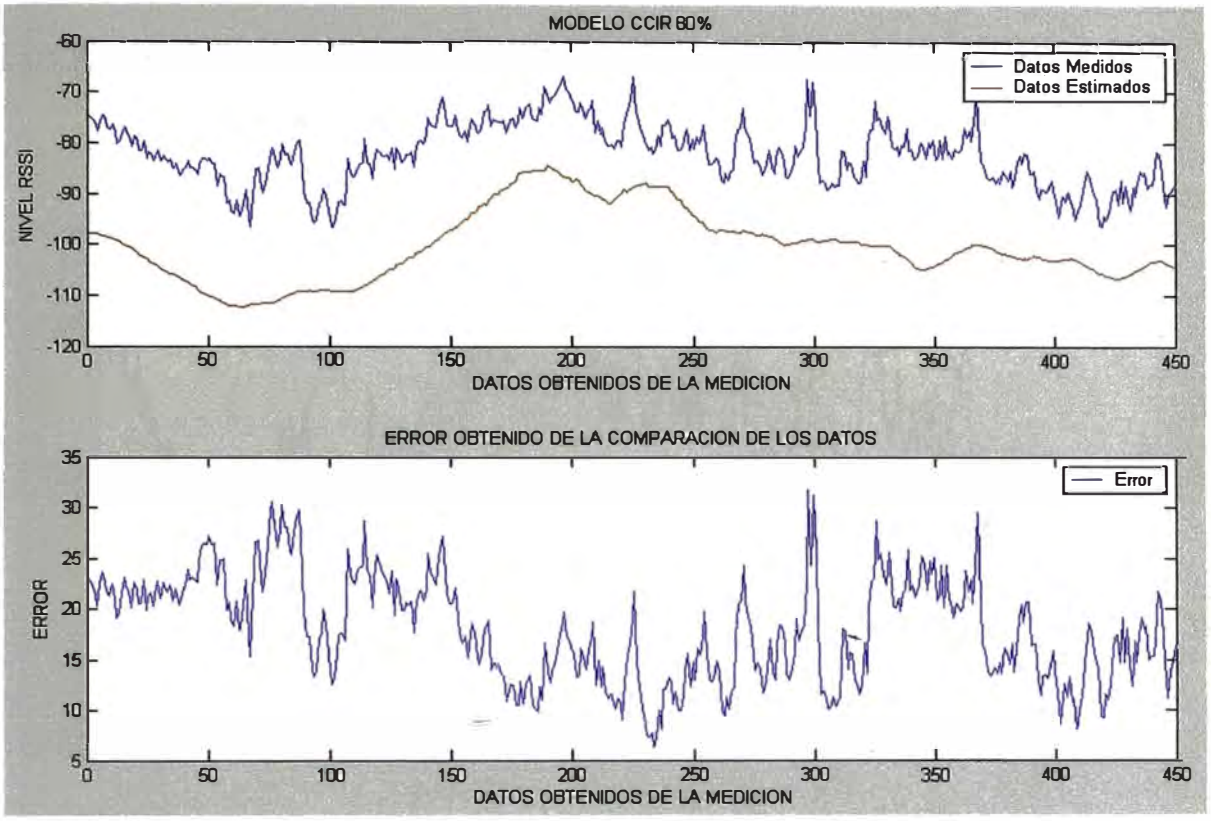


Figura 7.14 Modelo CCIR con 80% de construcción y curva de error

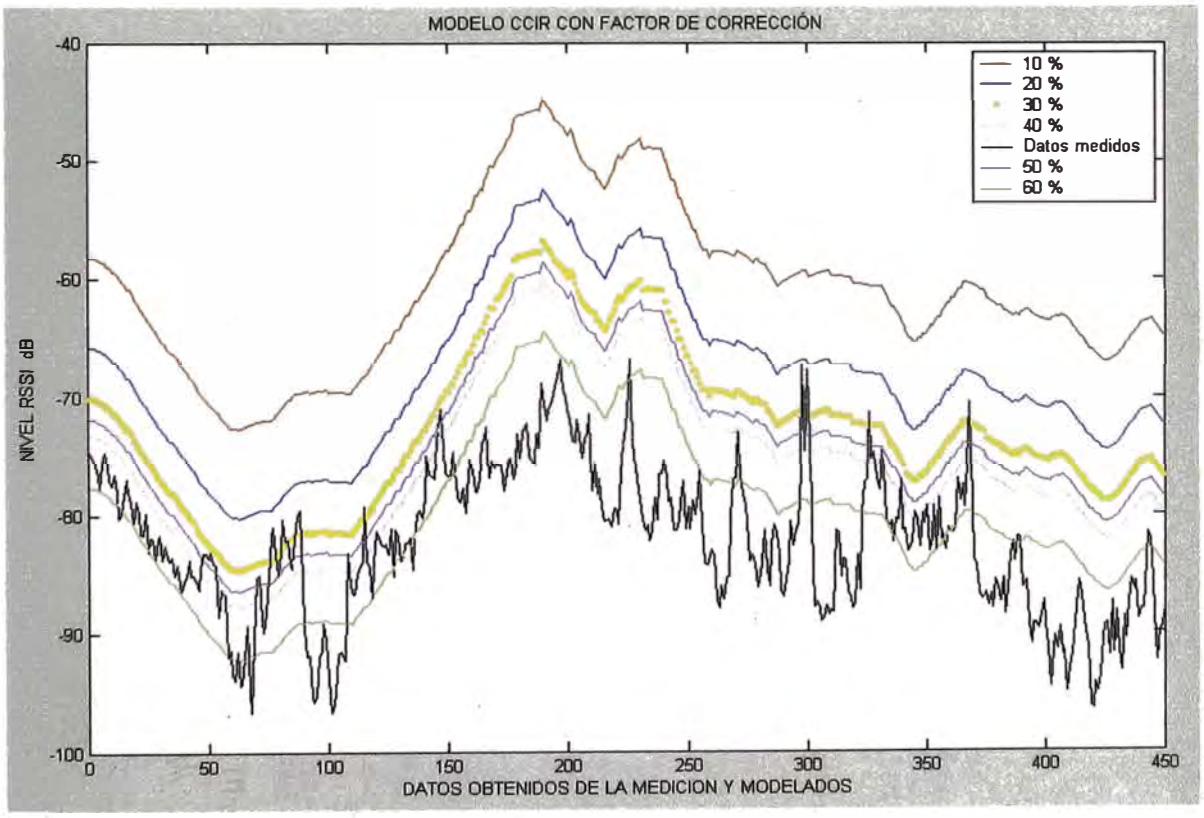


Figura 7.15 Comparación Modelo CCIR variando el porcentaje de construcción desde 10% hasta 50% con factor de corrección

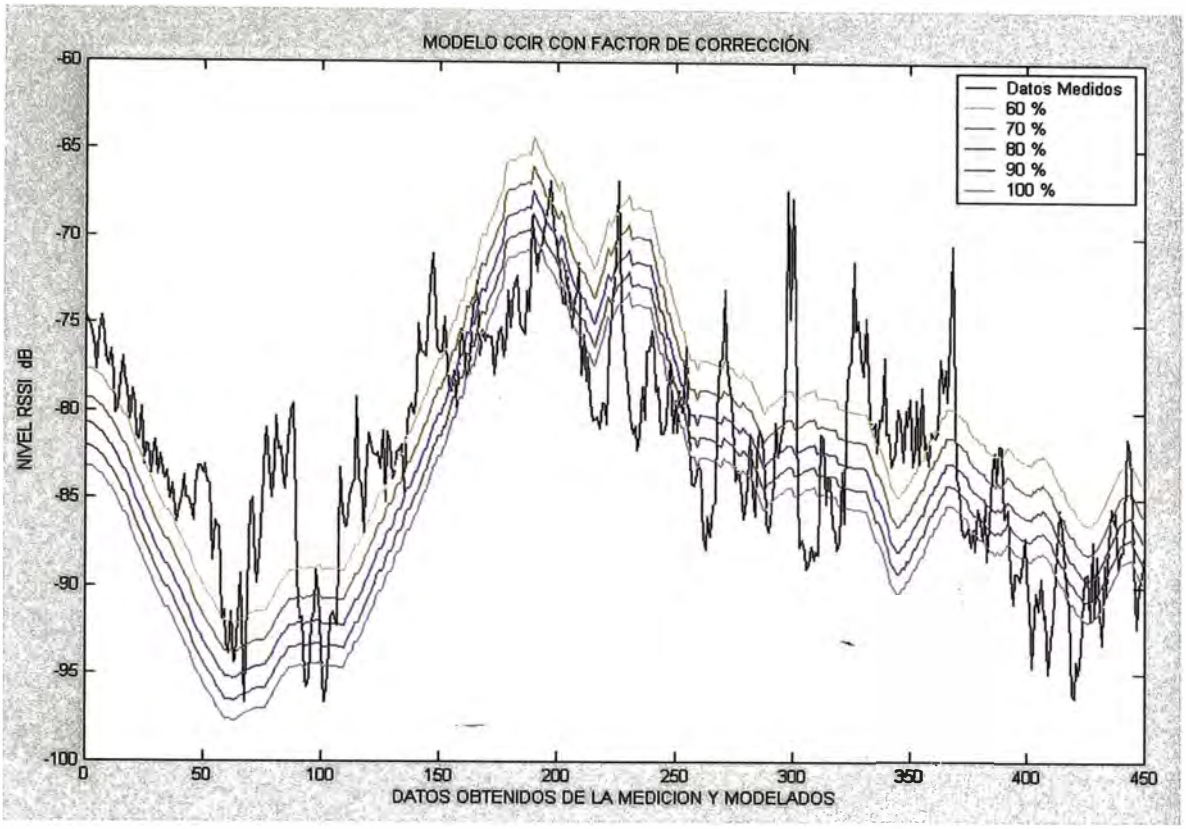


Figura 7.16 Comparación Modelo CCIR variando el porcentaje de construcción desde 60% hasta 100% con factor de corrección

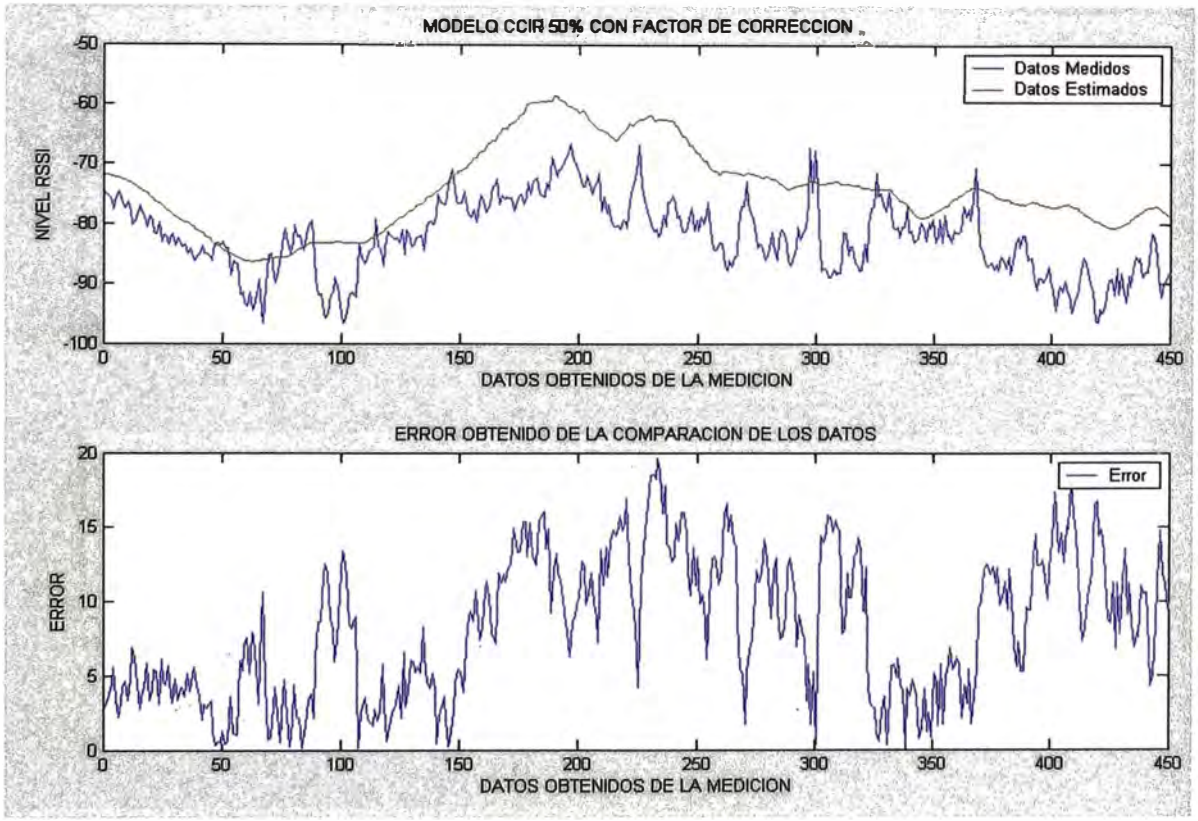


Figura 7.17 Modelo CCIR con 50% de construcción y curva de error

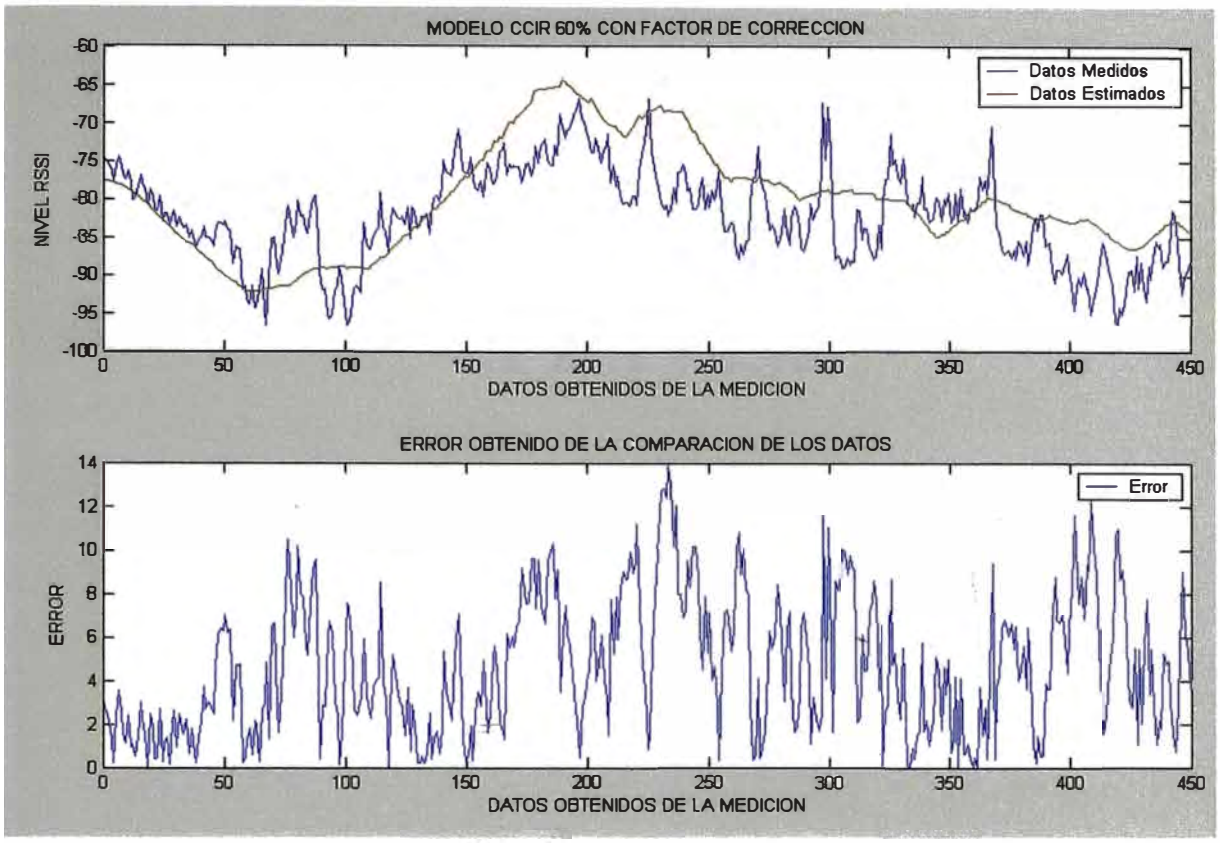


Figura 7.18 Modelo CCIR con 60% de construcción y curva de error

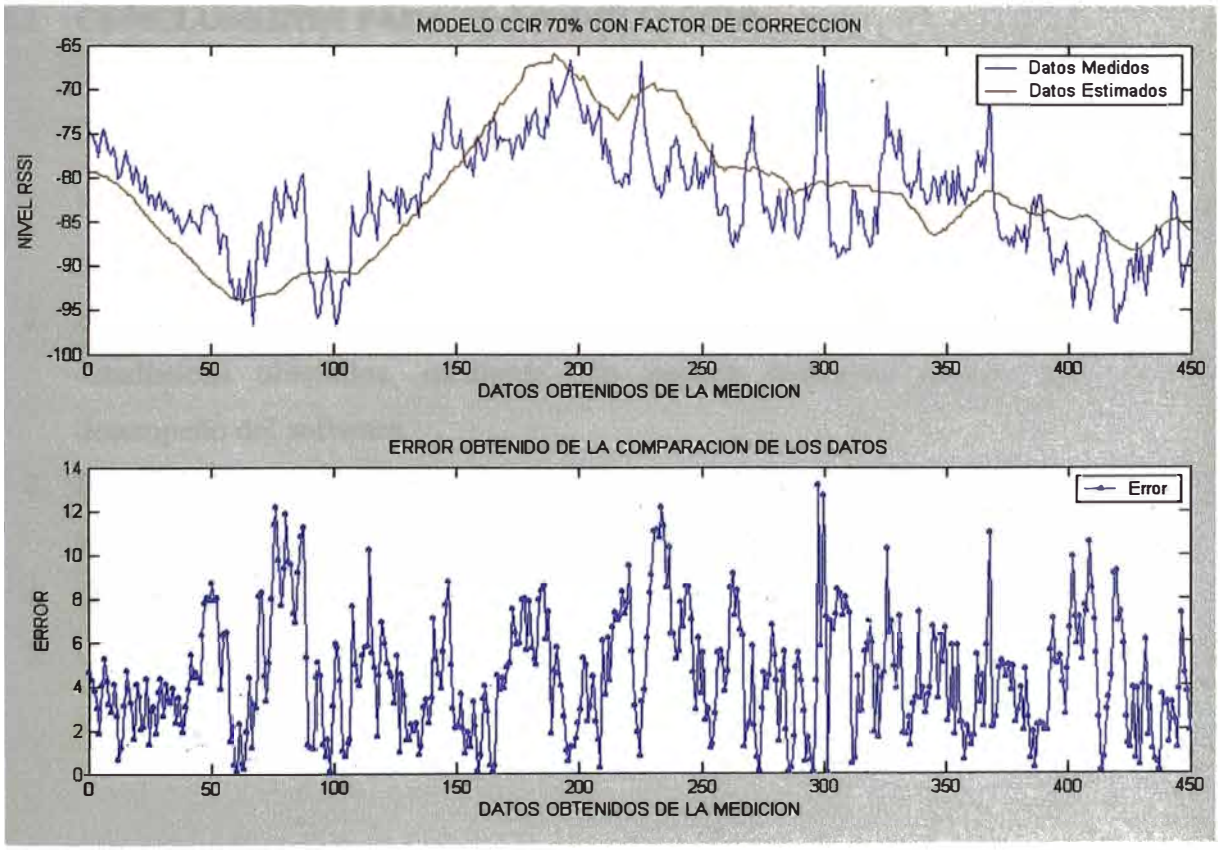


Figura 7.19 Modelo CCIR con 70% de construcción y curva de error

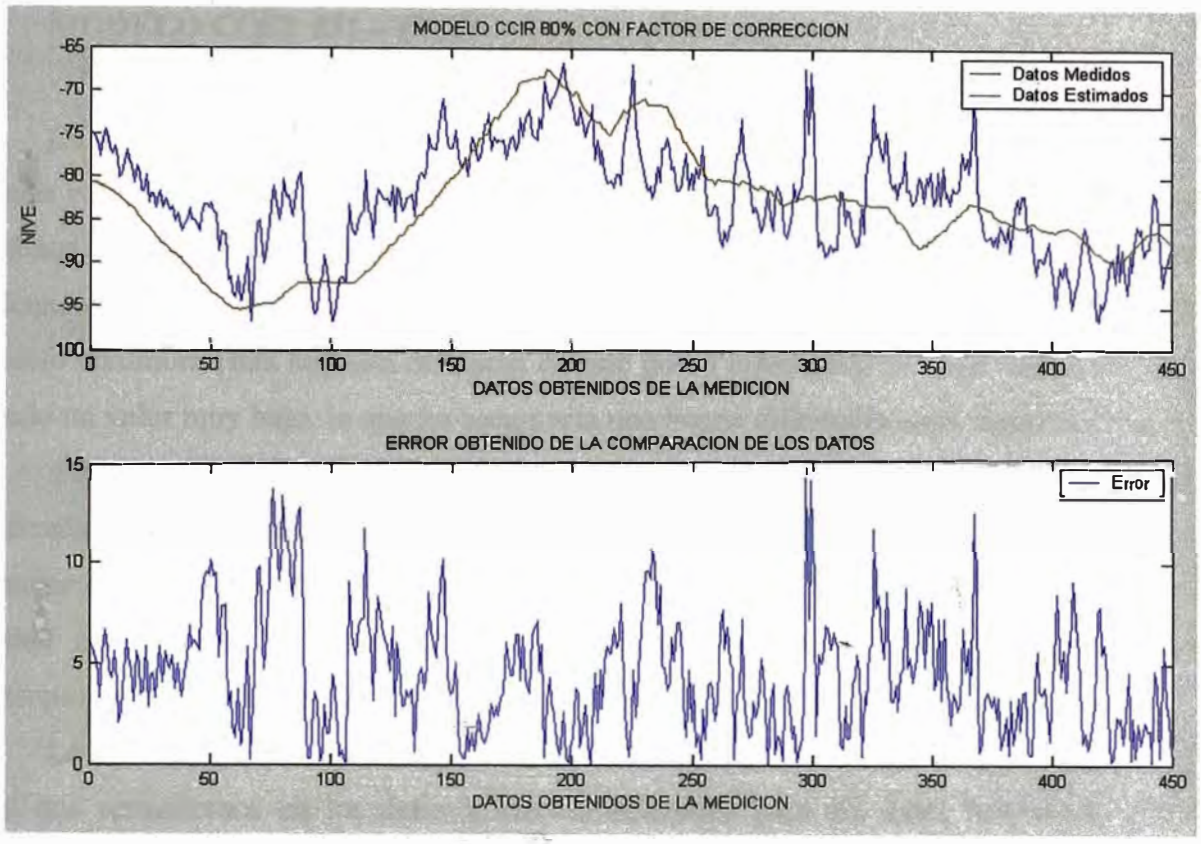


Figura 7.20 Modelo CCIR con 70% de construcción y curva de error

7.2.1 CONCLUSIONES PARA EL MODELO CCIR

De los análisis realizados se presentan las siguientes conclusiones:

1. El modelo CCIR tiene muy buena desempeño en las zonas donde el terreno es plano, tal cual lo comprobamos con la zona de nuestro interés.
2. El valor de error puede ser disminuido usando la curva de error y de los valores estadísticos obtenidos, mediante ella pueden realizarse ajustes para el mejor desempeño del software.
3. Los modelos de propagación tienen que ser adecuados a la zona donde se va a realizar la predicción de datos, en este caso hacemos una corrección a la formula de +17dB.
4. Que la formula general de predicción del modelo CCIR será variada en +17dB.
5. Que la implementación del modelo matemático es mediante una sola formula general que considera un porcentaje de construcción como factor de atenuación.

7.3 MODELO COST 231 – HATA

En la figura 7.21 se tienen la curva de datos obtenidos mediante la medición cuyo primer valor es -74,7 dB y la curva de datos obtenidos mediante la predicción para una ciudad mediana y para una ciudad metropolitana, la curva para una ciudad mediana corta en la ordenada en -79,72dB y la curva para una ciudad metropolitana en -82,74dB, a diferencia del modelo Okumura Hata hay una distancia en este punto referencial de -3,02 dB que aún sigue siendo un valor muy bajo, lo que no aseguraría una buena diferencia entre ambas curvas.

En la tabla 7.6 y 7.7 se muestran los datos estadísticos obtenidos en cada curva graficada independientemente, observando la gráfica 7.21 y las tablas 7.6 y 7.7 se puede apreciar que la reducción de los valores de error es factible, detalles de las curvas para una ciudad mediana en la figura 7.23 y detalles de los valores de error para una ciudad metropolitana en la figura 7.24.

La zona en que se realizaron las mediciones corresponde a una ciudad mediana por lo cual nos centraremos en los datos y errores obtenidos para ese caso, las curvas para una ciudad metropolitana también son obtenidas pero como un método referencial y poder apreciar el comportamiento de la misma en cuanto al análisis se refiere.

Los valores estadísticos obtenidos en la tabla 7.6 y 7.7 nos sugieren factores de corrección entre 1 y 4 dB. De acuerdo al comportamiento observado hacemos un análisis con factores de corrección de 1dB y 2dB cuyos valores se presentan en la tabla 7.6 y 7.7.

Observemos la figura 7.22 muestra la comparación entre los errores obtenidos con la formula original sin modificación alguna, ahora observemos la curva 7.26 la cual muestra la comparación de errores de la curvas obtenidas con un factor de corrección que es de +1 dB, el cual significa como lo habíamos dicho, una adecuación de las condiciones del entorno donde se realizaron las pruebas, es decir en términos generales, nuestro medio, para ver mayores detalles de las curvas obtenidas ver figura 7.27 y 7.28.

Las curvas con valores de corrección de +1dB para una ciudad mediana es de -78,72dB mientras que sin factor de corrección el valor de esta curva en la ordenada es de -79,72dB, del análisis que se realizó para estos valores se determina que con el valor de corrección de +1dB, los valores que inicialmente se encontraban alejados; con el factor de corrección se encuentran mas cercanos a la curva de datos obtenidos por medición y por lo tanto su valor de error absoluto es menor, mientras que para el caso de los valores que se encontraban inicialmente cercanos con el valor de corrección se encuentran ahora un poco mas lejanos, esto según sea el caso, porque las curvas están sobrelapadas y se cruzan en varios puntos.

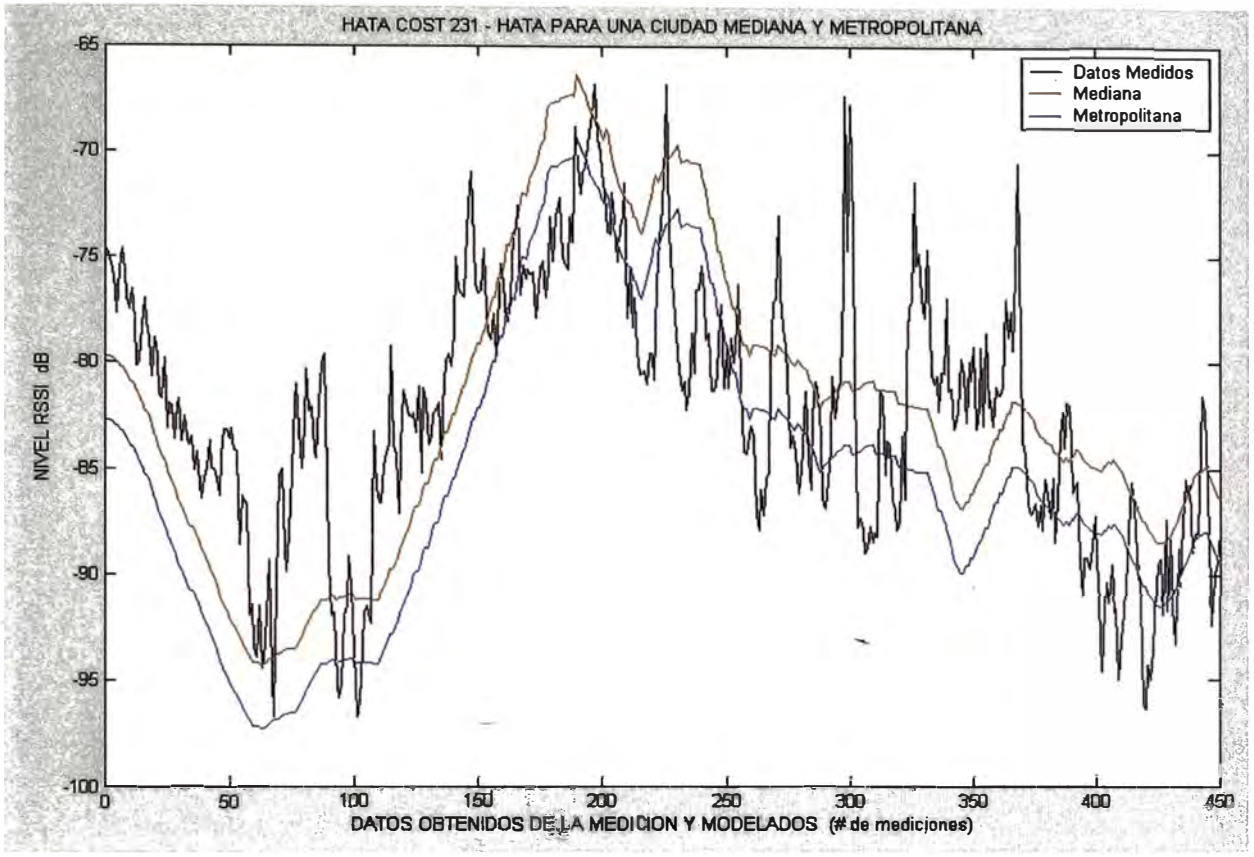


Figura 7.21 Comparación de Curvas para el modelo Hata

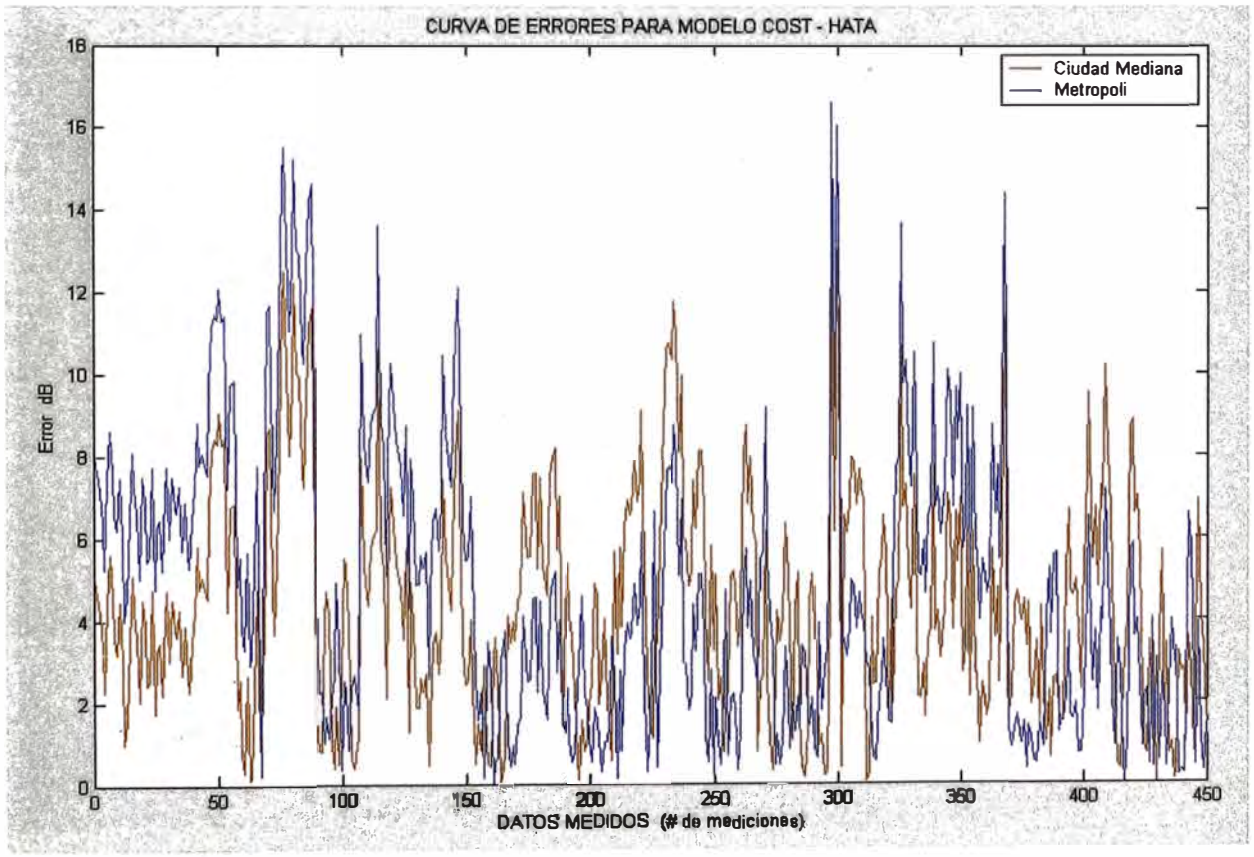


Figura 7.22 Comparación de Errores en el Modelo Hata Cost

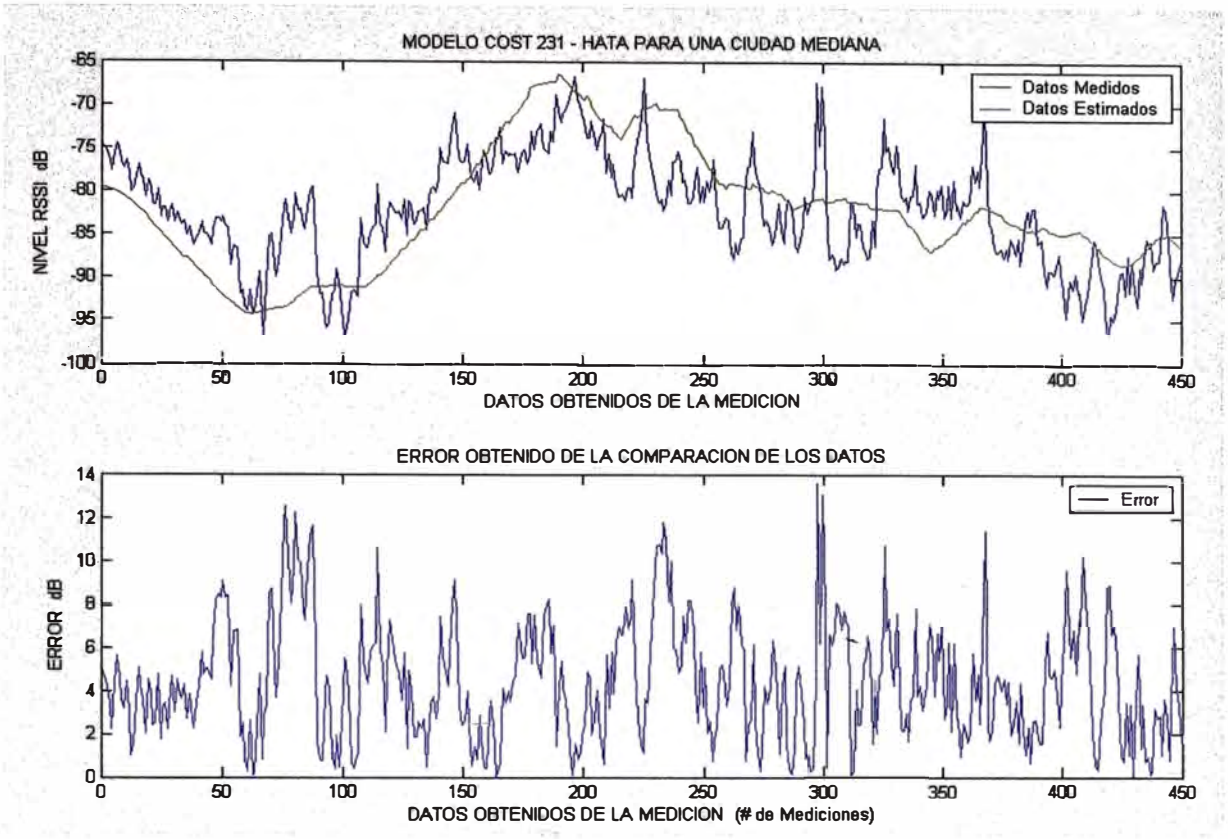


Figura 7.23 Modelo Cost 231 – Hata obtenidos para una ciudad mediana

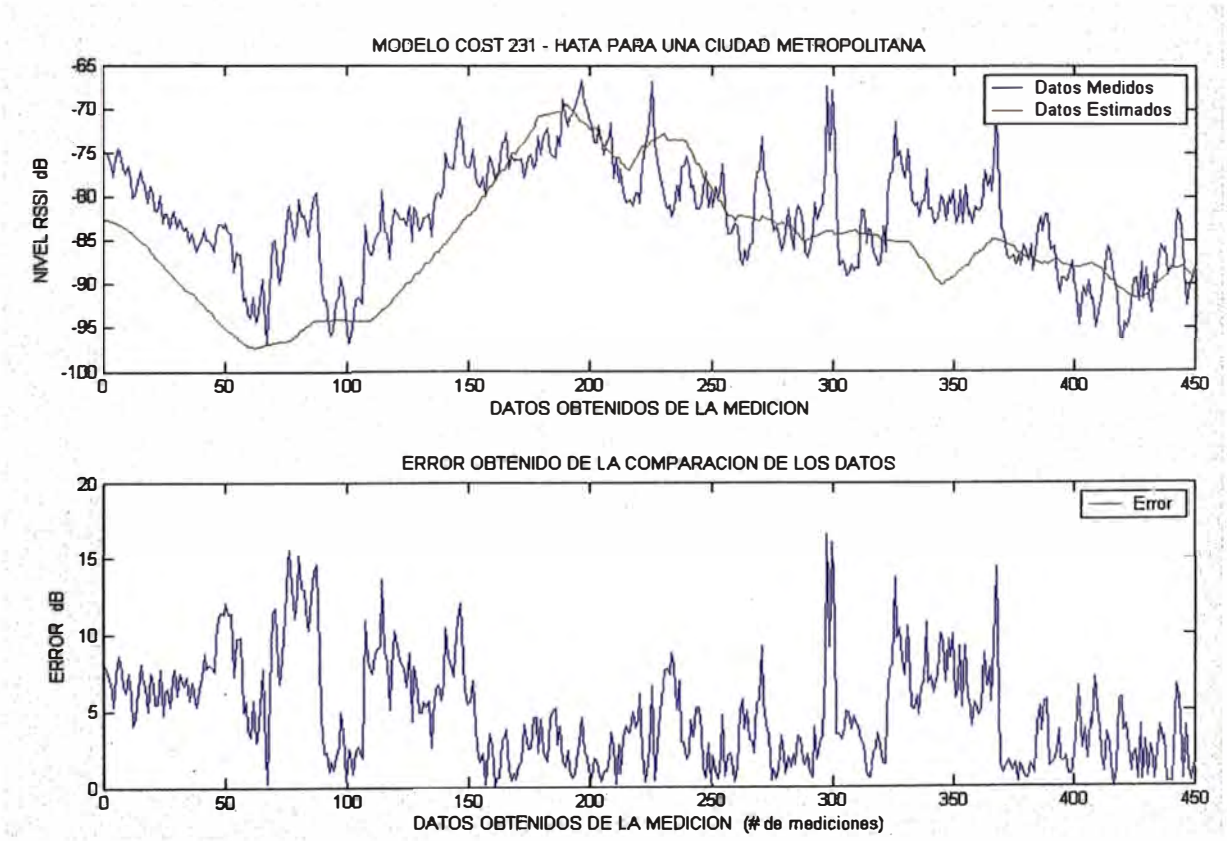


Figura 7.24 Modelo Cost 231 – Hata obtenidos para una ciudad metropolitana

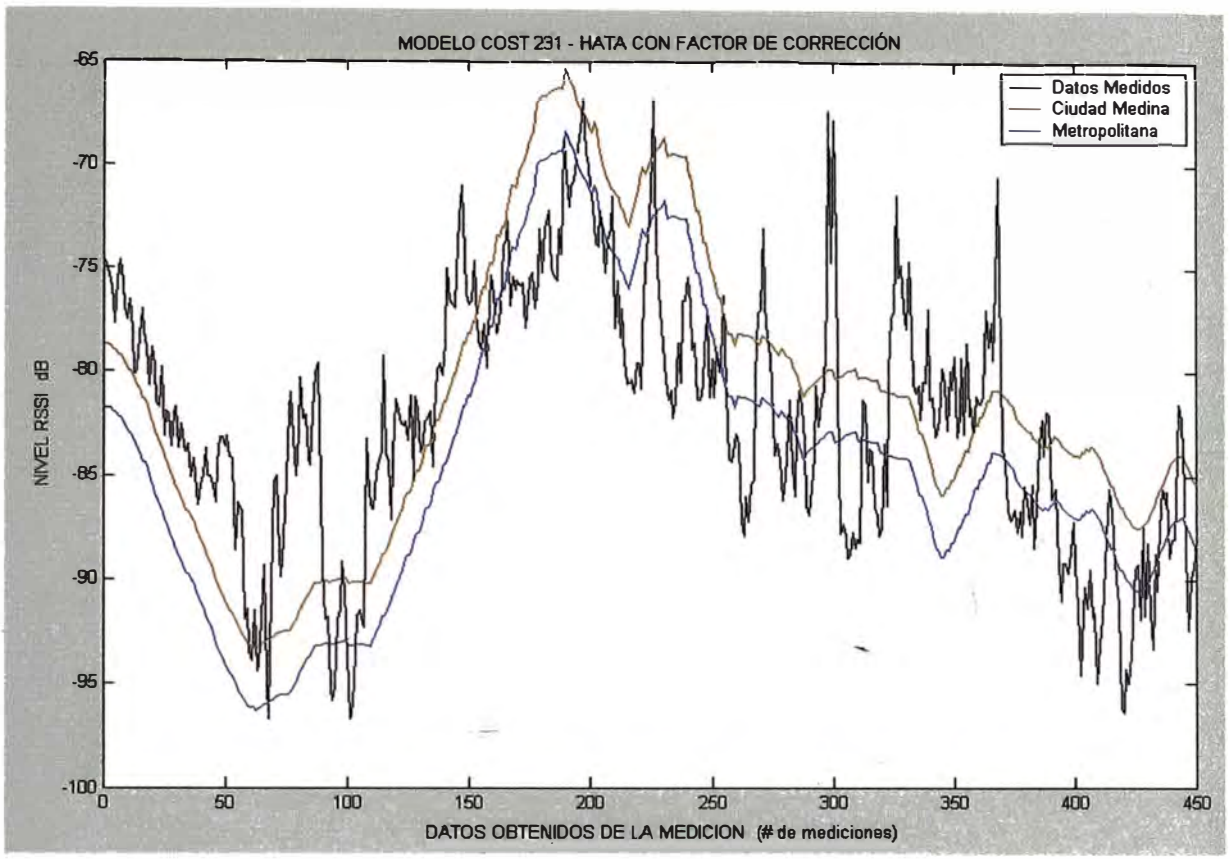


Fig. 7.25 Comparación de curva de datos para Hata Cost con factor de corrección 1dB

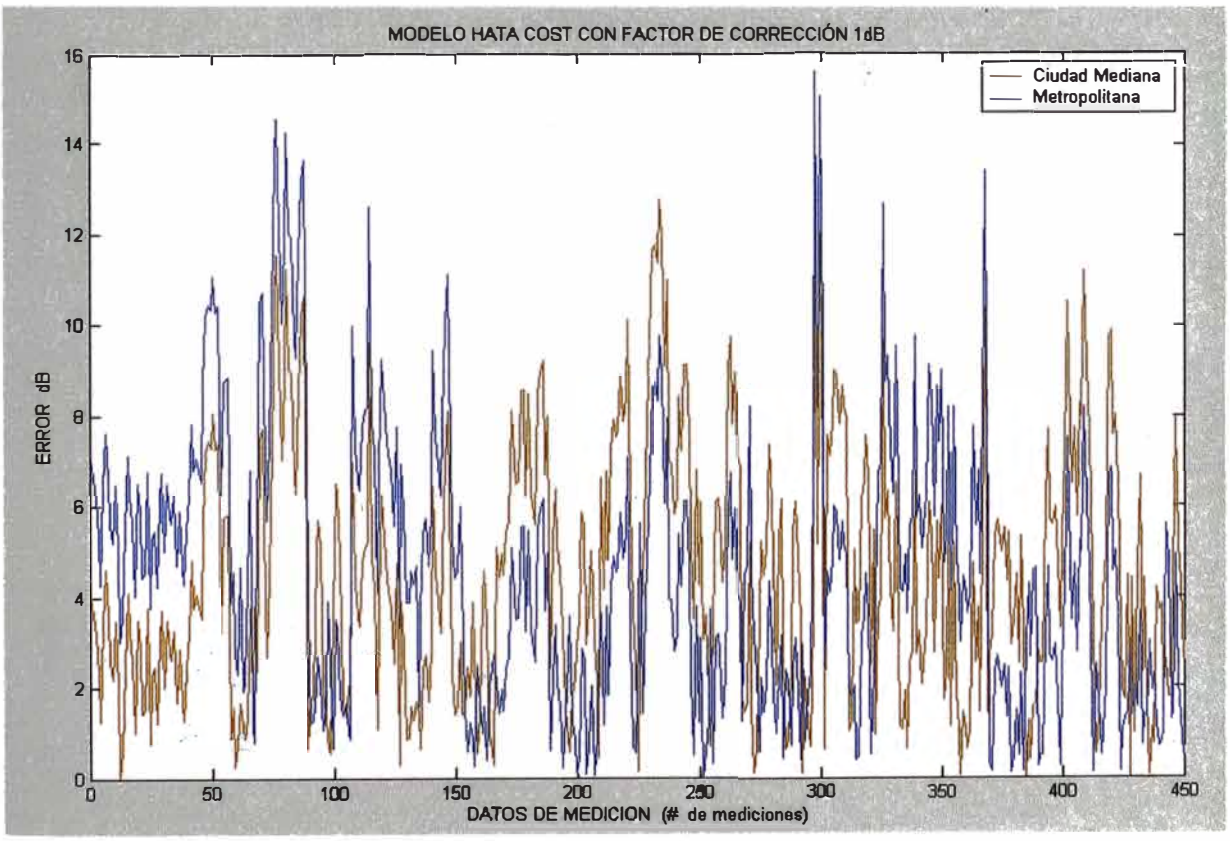


Figura 7.26 Comparación de Errores en el Modelo Hata Cost con factor 1 dB

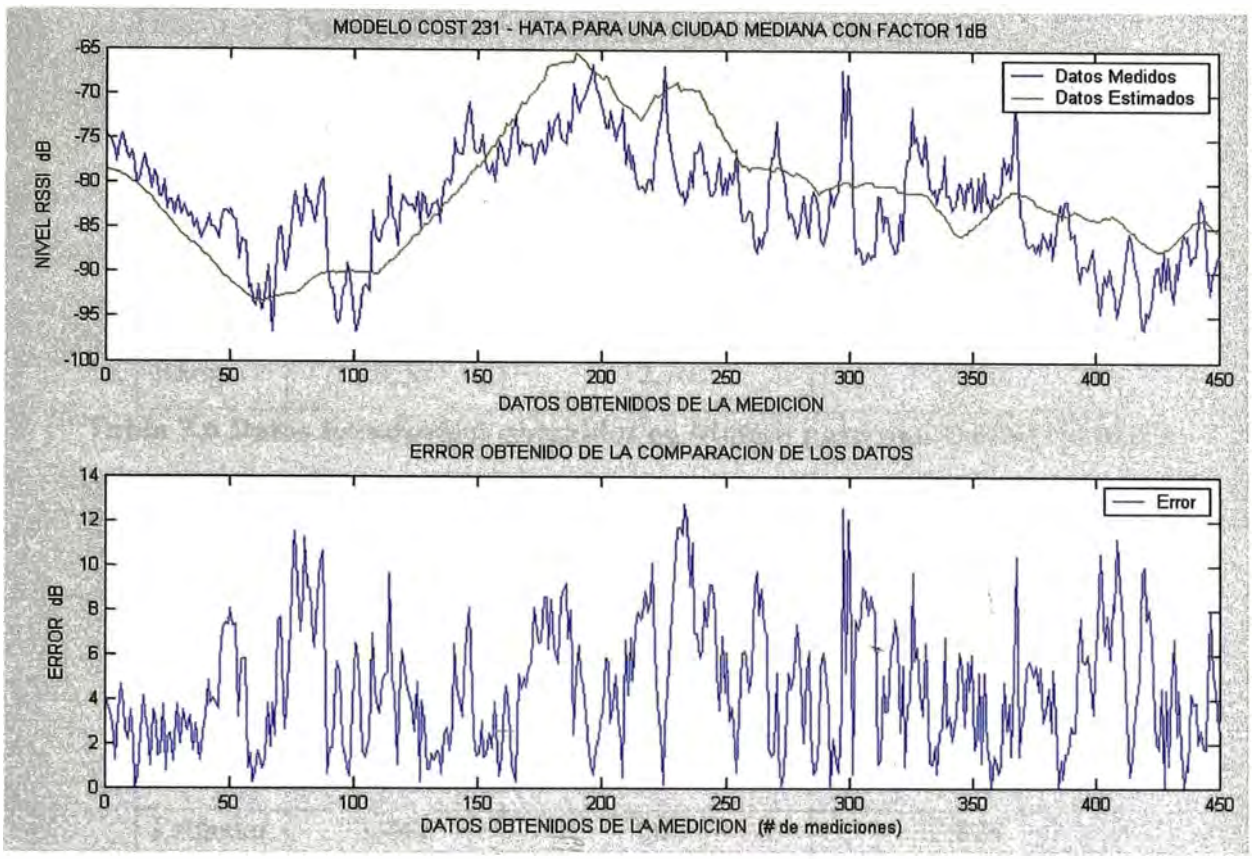


Figura 7.27 Modelo Cost 231 – Hata para ciudad mediana con factor de 1 dB

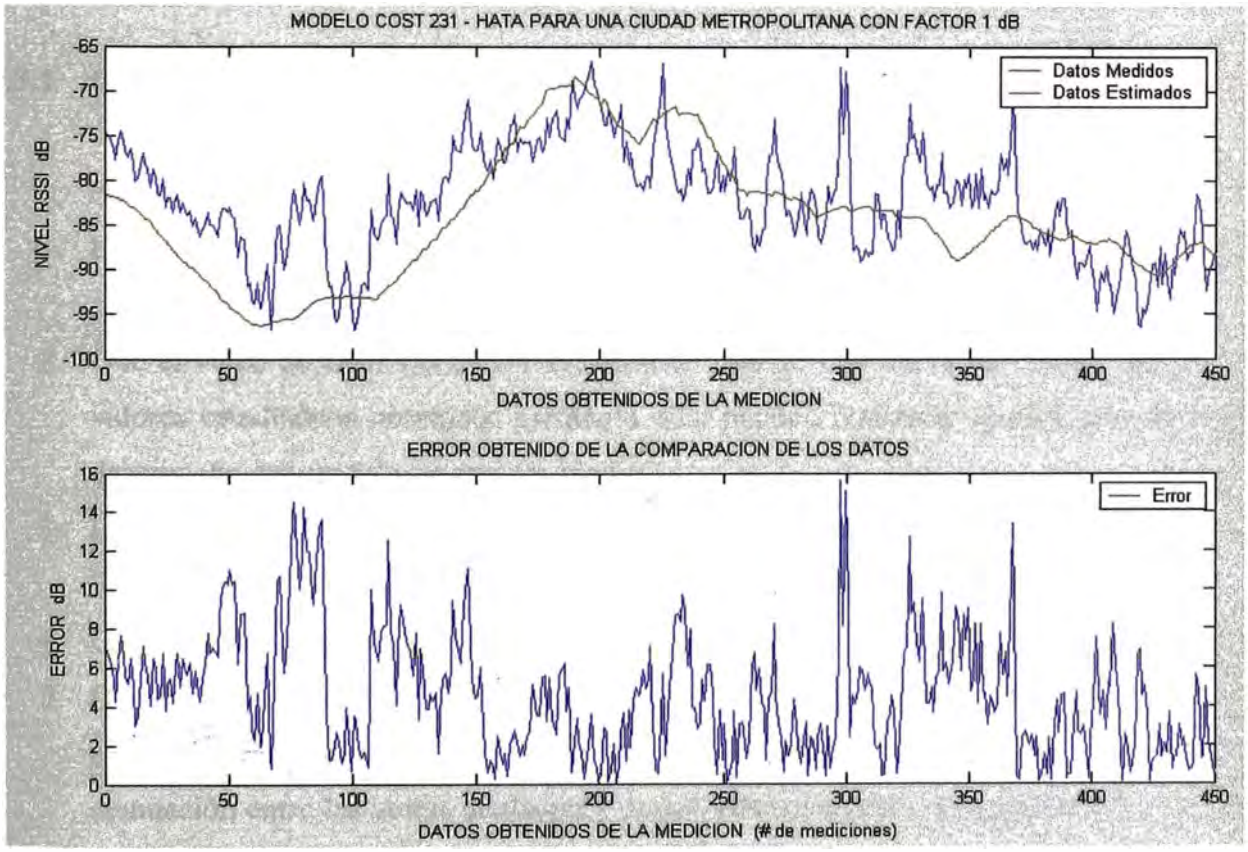


Figura 7.28 Modelo Cost 231 para una ciudad metropolitana con factor 1 dB

	Sin modificar	Modificado con 1dB	Modificado con 2dB
Mínimo	0,01	0,01	0,01
Máximo	13,52	12,77	13,77
Media	4,381	4,464	4,628
Mediana	4,18	4,06	4,17
Estándar	2,717	2,809	3,103
Rango	13,57	12,76	13,76

Tabla 7.6 Datos Estadísticos obtenidos en Matlab para una ciudad Mediana

	Sin modificar	Modificado con 1dB	Modificado con 2dB
Mínimo	0,01	0	0,03
Máximo	16,6	15,6	14,6
Media	4,807	4,549	4,405
Mediana	4,215	4,264	4,105
Estándar	3,447	3,08	2,824
Rango	16,59	15,6	14,54

Tabla 7.7 Datos Estadísticos obtenidos en Matlab para una ciudad Metropolitana

7.3.1 CONCLUSIONES PARA EL MODELO COST 231 - HATA

Para el modelo Cost 231-Hata se presentan las siguientes conclusiones:

1. El modelo Cost-Hata tiene muy buena perfomance en las zonas donde el terreno es plano, tal cual lo comprobamos con la zona de nuestro interés.
2. Que el valor de error puede ser disminuido usando una curva de error y que de los valores estadísticos obtenidos mediante ella, pueden realizarse ajustes para el mejor desempeño del modelo en nuestro medio.
3. Los modelos de propagación tienen que ser adecuados a la zona donde se va a realizar la predicción de datos, debido a las variaciones y condiciones del entorno.
4. Que la formula general de predicción del modelo Cost 231 Hata será variada en +1dB.
5. Que las curvas de los valores de predicción para una ciudad mediana y una ciudad metropolitana están a 3,02dB lo que no asegura una verdadera diferencia de atenuación entre las zonas medianas y zonas metropolitanas, se sugiere como mínimo una diferencia de 10 dB.

7.4 MODELO ITU-R 529

La formula presentada en la norma ITU-R 529 es válida para 1KW ERP, adecuamos la formula para poder ser utilizada con los parámetros con los que se obtuvo la medición, recordando que el transmisor utilizado es de 1 W o 30dBm.

En la figura 7.29 se muestra la curva obtenida para los datos obtenidos en la medición y la curva obtenida por los datos estimados, en la parte inferior de la misma figura se aprecian los valores de error absoluto, los cuales como podemos apreciar son altos.

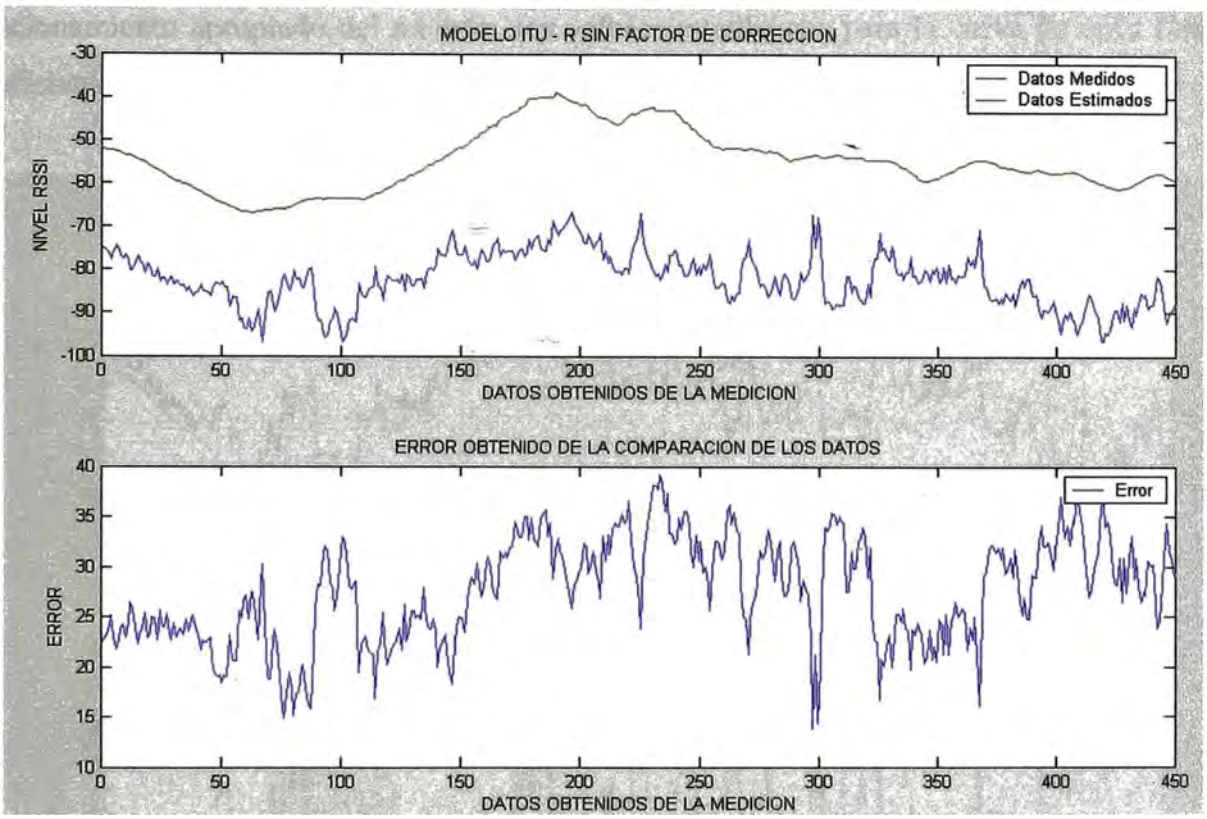


Figura 7.29 Curva obtenida en el Modelo de ITU-R 529

	Sin corrección	Con corrección
Mínimo	13,82	0,12
Máximo	39,18	13,18
Media	27,52	4,522
Mediana	27,75	4,08
Estándar	5,158	2,902
Rango	25,36	13,06

Tabla 7.8 Comparación de valores obtenidos en el Modelo ITU-R 529

En la tabla 7.8 se muestra los datos estadísticos obtenidos para este modelo, los cuales nos sugieren un valor de -27dB, realizando prueba con varios valores encontramos que el valor de -26dB nos da buenos valores de disminución de errores promedio, si observamos la figura 7.29 notamos que la curva obtenida por datos estimados, está muy por encima de los valores de la curva de los valores obtenidos por medición y si ahora observamos la figura 7.30 la curva de datos estimados cruza en varios puntos a la curva de datos medidos, teniendo de esta manera un modelo que se ajusta a las condiciones del entorno de trabajo, que es distinto a los que se aplicaron para encontrar las correcciones estas formulas en Japón o Europa.

Los efectos que producen el aumento de -26dB a la formula nos garantiza el funcionamiento apropiado del modelo, los valores estadísticos para la curva de error con el coeficiente de corrección se muestran en la tabla 7.8.

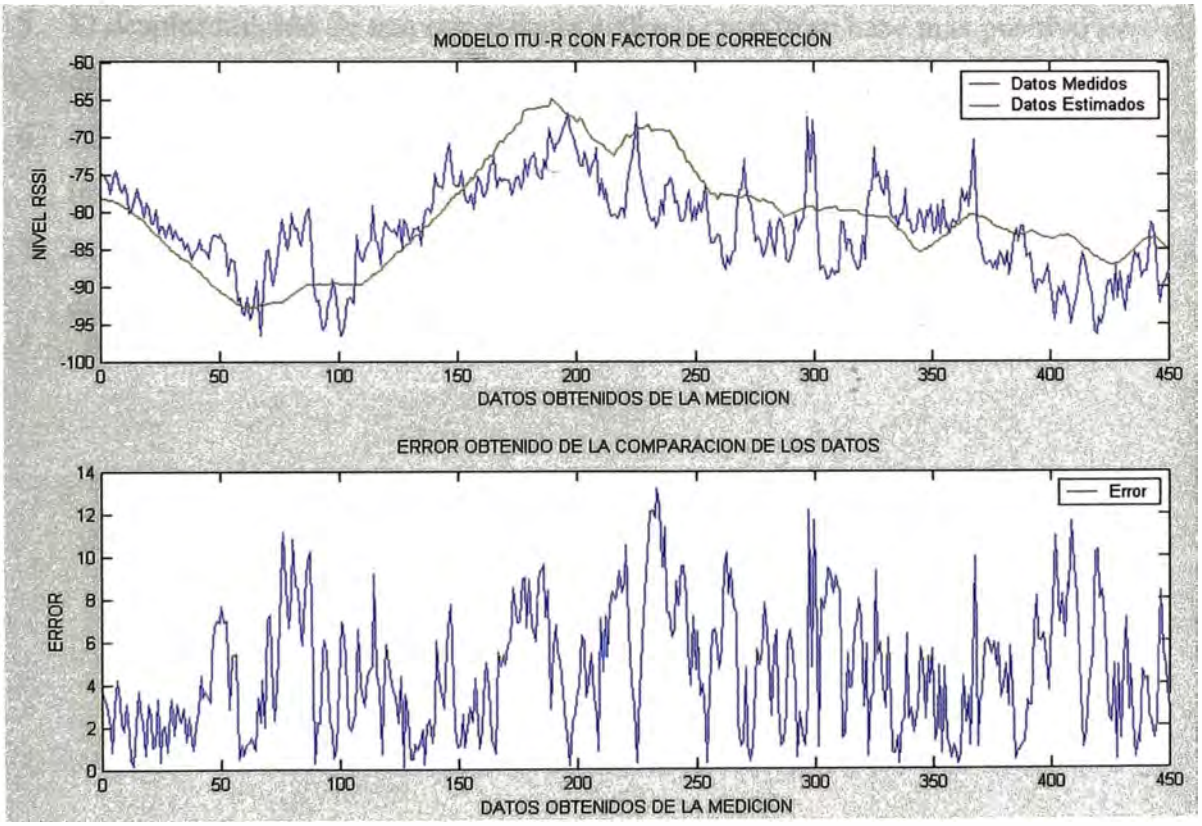


Figura 7.30 Curva obtenida en el Modelo de ITU-R 529 con factor de corrección

Se puede apreciar en el modelo no hay una diferenciación entre lo que es una zona rural, suburbana, ciudad mediana o ciudad metropolitana, pero si presenta un factor de corrección para distancias entre 20 Km. y 100 Km., lo que no es aplicable para diseños en una estación base de telefonía celular, donde necesitamos generalmente hacer diseños de microceldas, ello por la potencia utilizada en dichas estaciones.

7.4.1 CONCLUSIONES PARA EL MODELO ITU-R 529

Las conclusiones para el modelo presentado en la recomendación ITU-R 529 luego del análisis matemático son las siguientes:

1. La formula planteada sólo es válida para ciudades planas.
2. La curva de datos estimados se encuentra muy por encima de los datos obtenidos mediante la medición, antes se encontraba su valor en la ordenada a -52,32 y después del aumento del factor de corrección esta se encuentra en -78,32dB.
3. El valor de corrección para el modelo ITU-R 529 es de -26dB.
4. A partir de este valor se pueden determinar valores de corrección para zonas rurales, zonas suburbanas y zonas metropolitanas.
5. El desplazamiento de una curva hacia arriba o cuando se hace mas positivo los valores de RSSI aumentan.
6. El desplazamiento de una curva hacia abajo o cuando se hace más negativo los valores implica que los valores de RSSI o de recepción disminuyen.
7. El presente modelo es de carácter general y no especifico para aplicación en el diseño de estaciones base para telefonía celular.

7.5 MODELO LEE

Este modelo hace uso del ancho de las calles y del ancho de los edificios, en este trabajo se plantea una formula en la que se utilizó en lugar de ello, pérdidas por porcentaje de construcciones lo cual nos dará una buena aproximación hacia los valores reales.

En la figura 7.31 se muestra la comparación de curvas obtenidas haciendo variar el porcentaje de construcciones por cada 10% desde 0% hasta 50%, y en la figura 7.32 se muestra las curvas obtenidas haciendo variar el porcentaje de construcciones desde 60% hasta 100%, se puede apreciar que el comportamiento inicialmente es muy bueno, pero a medida en que se aumenta el porcentaje de construcciones la curva de datos estimados tiende a converger, por ello se puede apreciar que las curvas de predicción a partir de 30% de construcciones son casi la misma curva.

En las tablas 7.9 y 7.10 se presentan los valores obtenidos mediante Matlab para las curvas de error individual haciendo la variación del porcentaje de construcciones desde 0% hasta 100%.

	0 %	10%	20%	30%	40%	50%
Mínimo	0,33	0,04	0	0,01	0,07	0,05
Máximo	20,92	18,48	20,45	22,14	22,15	22,44
Media	9,866	5,638	7,067	8,026	8,461	8,85
Mediana	9,91	5,19	6,705	7,625	8,21	8,64
Estándar	4,749	3,918	5,042	5,192	5,183	5,102
Rango	20,59	18,44	20,45	22,13	22,08	22,39

Tabla 7.9 Valores de error para el Modelo Lee desde 0% hasta 50%

	60%	70%	80%	90%	100%
Mínimo	0,1844	0,05	0,01	0,15	0,28
Máximo	22,67	22,87	23,05	23,2	23,34
Media	9,127	9,321	9,475	9,602	9,71
Mediana	8,945	9,145	9,325	9,4	9,501
Estándar	5,083	5,095	5,097	5,086	5,072
Rango	22,49	22,82	23,04	23,05	23,06

Tabla 7.10 Valores de error para el Modelo Lee desde 60% hasta 100%

En la tabla 7.11 se observa el valor del primer dato de la curva de estimación obtenido en Matlab, este valor es considerado en la ordenada, como se dijo antes este valor es referencial, se pudo haber trazado una vertical en el gráfico en cualquier punto igual se logran las correcciones deseadas.

	0%	10%	20%	30%	40%
RSSI	-70,33	-80,75	-84,51	-86,71	-88,27
RSSI corregido	-61,33	-71,75	-75,51	-77,71	-79,27

Tabla 7.11 Valores para el modelo Lee en la ordenada (1)

	50%	60%	70%	80%	90%	100%
RSSI	-88,45	-88,69	-88,89	-89,06	-89,22	-89,35
RSSI corregido	-79,45	-79,69	-79,89	-80,06	-80,22	-80,35

Tabla 7.12 Valores para el Modelo Lee en la ordenada (2)

En la tabla 7.11 y 7.12 se muestran los valores para las curvas de datos medidos y datos con factor de corrección en la ordenada, se puede observar que la diferencia entre 0% y 10% es de 10,42dB, la diferencia entre la curva de 10% y 20% es de 3,76, la diferencia entre la curva de 20% y 30% es de 2,2dB y la diferencia entre la curva de 30% y 40% es de 1,56dB, existiendo una convergencia de valores. Lo que nos podría sugerir la idea de plantear una modificación a la ecuación planteada por Lee, y dividirlos en cuatro casos, para una zona rural, una zona suburbana, una ciudad mediana y una ciudad metropolitana. Observamos en las tablas 7.10 y 7.11 los valores estadísticos para las curvas de error individual para cada caso, ver figura 7.33, 7.34, 735 y 7.36 donde se ve detalladamente la curva de error obtenida en los casos descritos en cada curva. De estas curvas, de la figura 7.31 y 7.32 y los datos de las tablas 7.10 y 7.11 podemos darnos cuenta de que se puede hallar un mejor perfomance añadiendo un factor de corrección el cual hace posible que se adecue el modelo de propagación al entorno y condiciones de nuestra ciudad. El factor de corrección hallado es de +9dB, produciendo este factor el desplazamiento de toda la familia de curva hacia arriba es decir se hace mas positiva la curva, con lo cual mejoramos el valor absoluto de error obtenido para un porcentaje de construcciones de 70% que es nuestro caso, ver figura 7.37 y 7.38 donde se presentan la comparación de las curvas que varían el porcentaje de construcción desde 0% hasta el 100%, ver detalles figura 7.39, 7.40, 7.41 y 7.42.

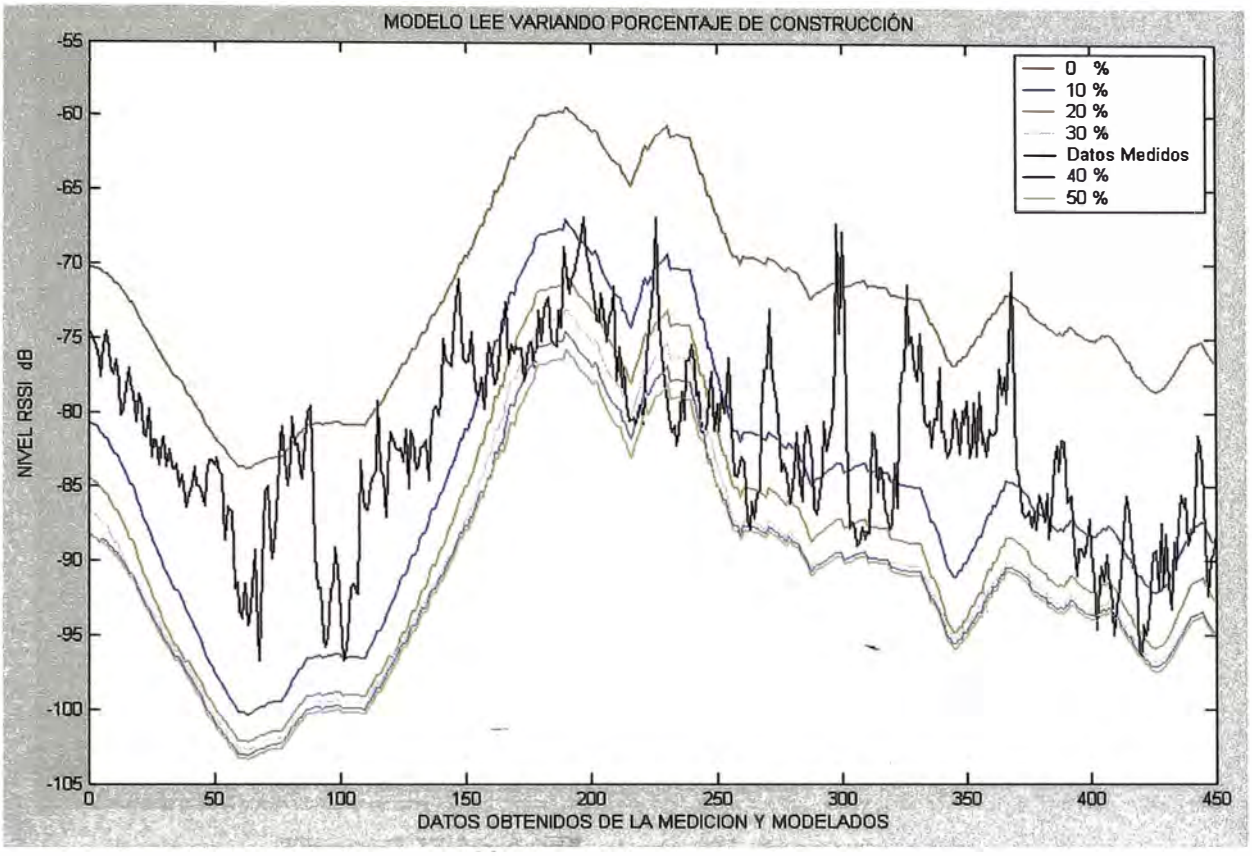


Figura 7.31 Modelo Lee variando (%) de construcción desde 10% hasta 50%

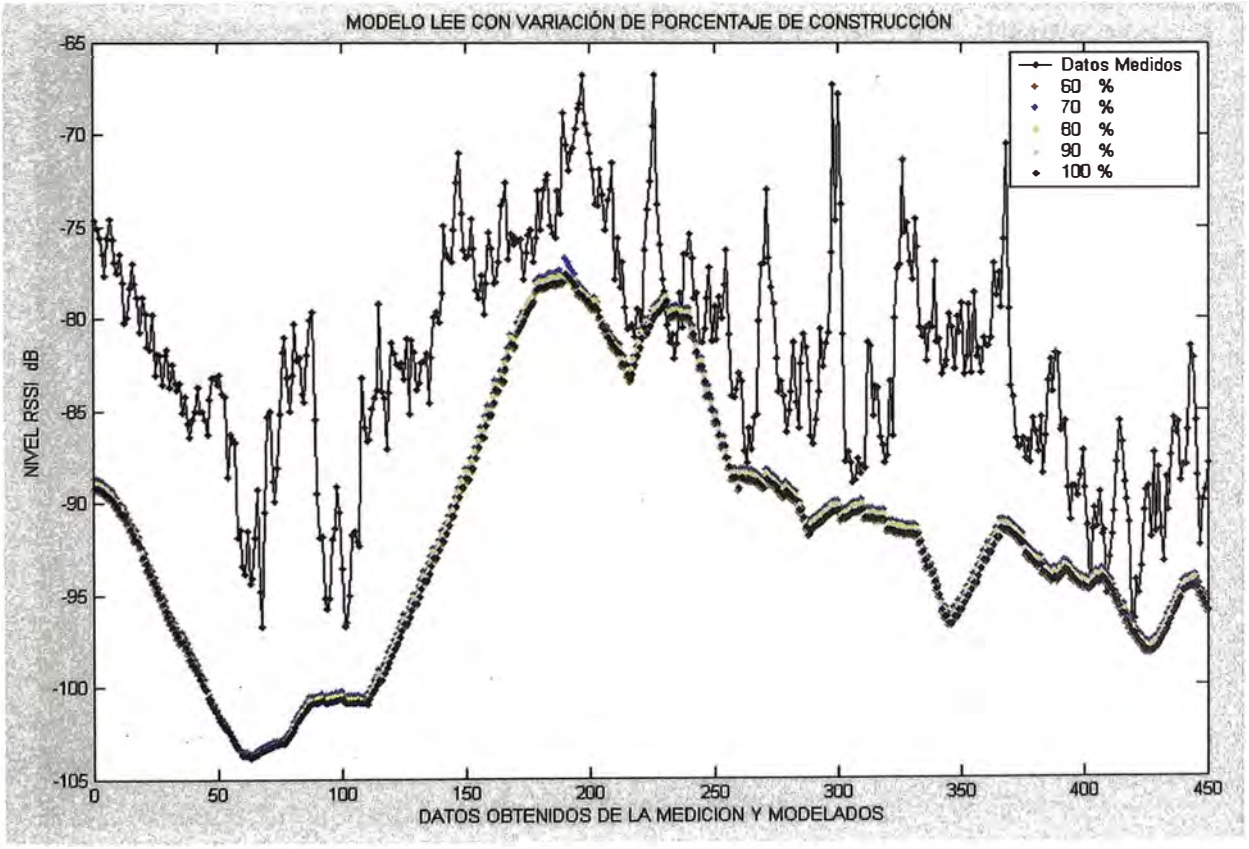


Figura 7.32 Modelo de Lee variando (%) de construcción desde 60% hasta 100%

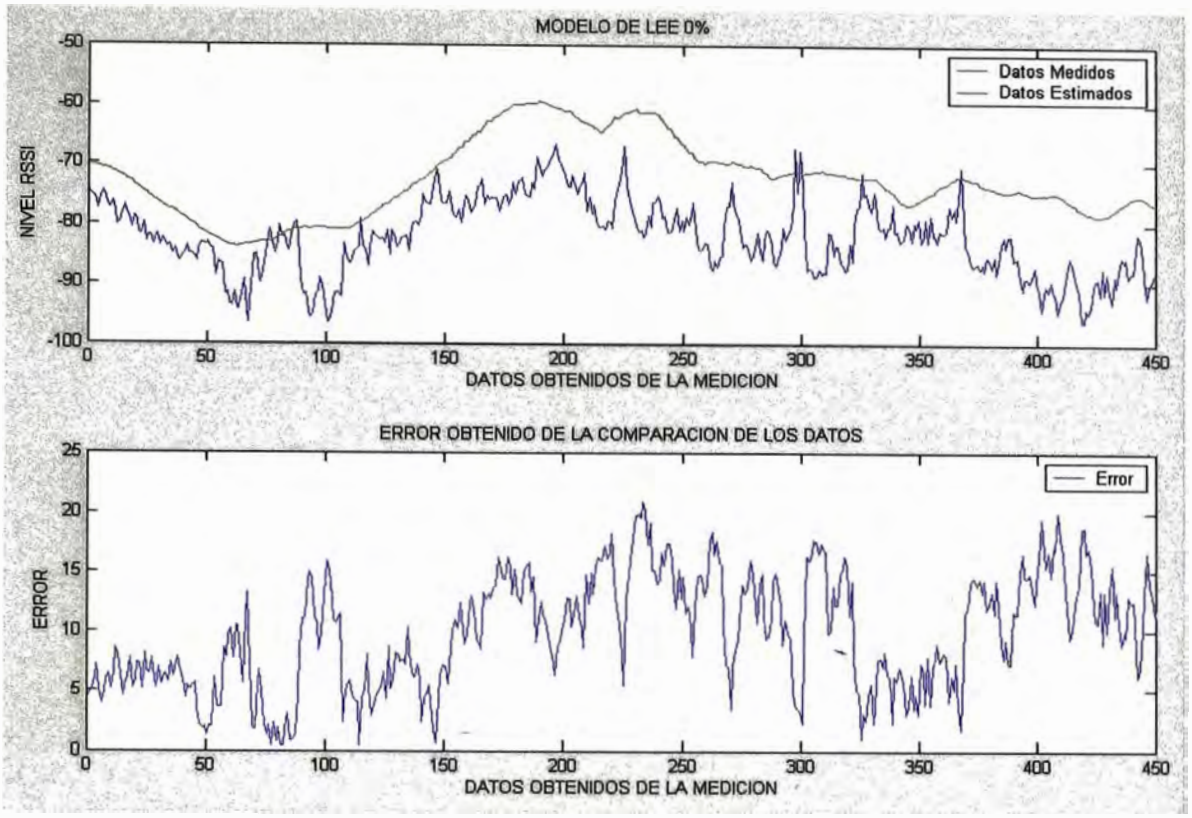


Figura 7.33 Modelo Lee con 0% de construcción

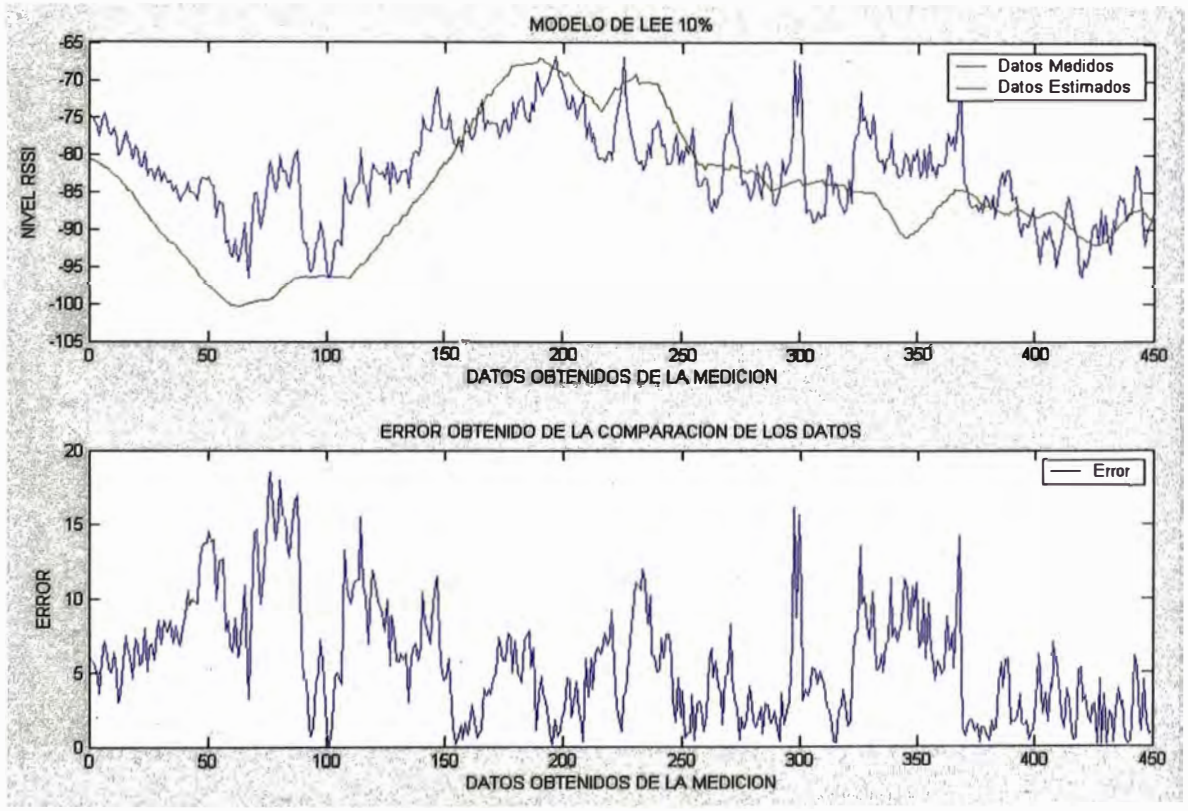


Figura 7.34 Modelo Lee con 10% de construcción

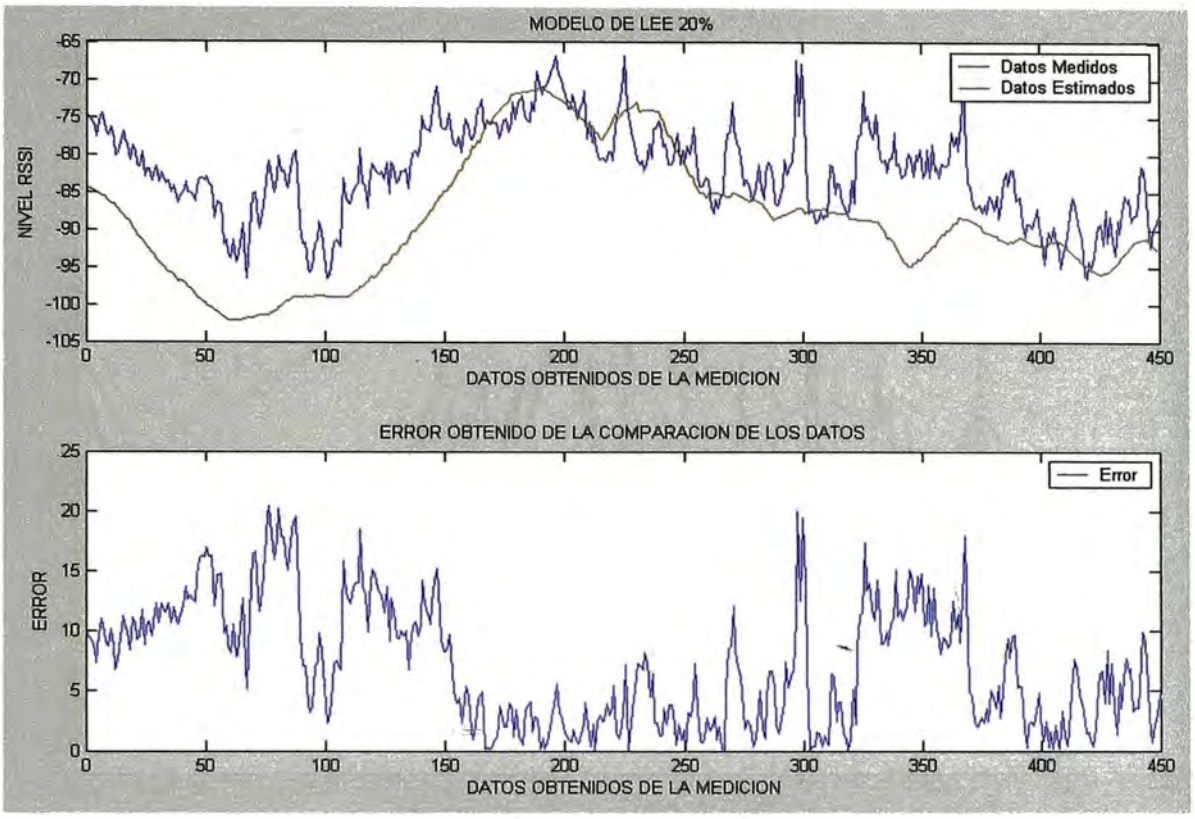


Figura 7.35 Modelo Lee con 20% de construcción

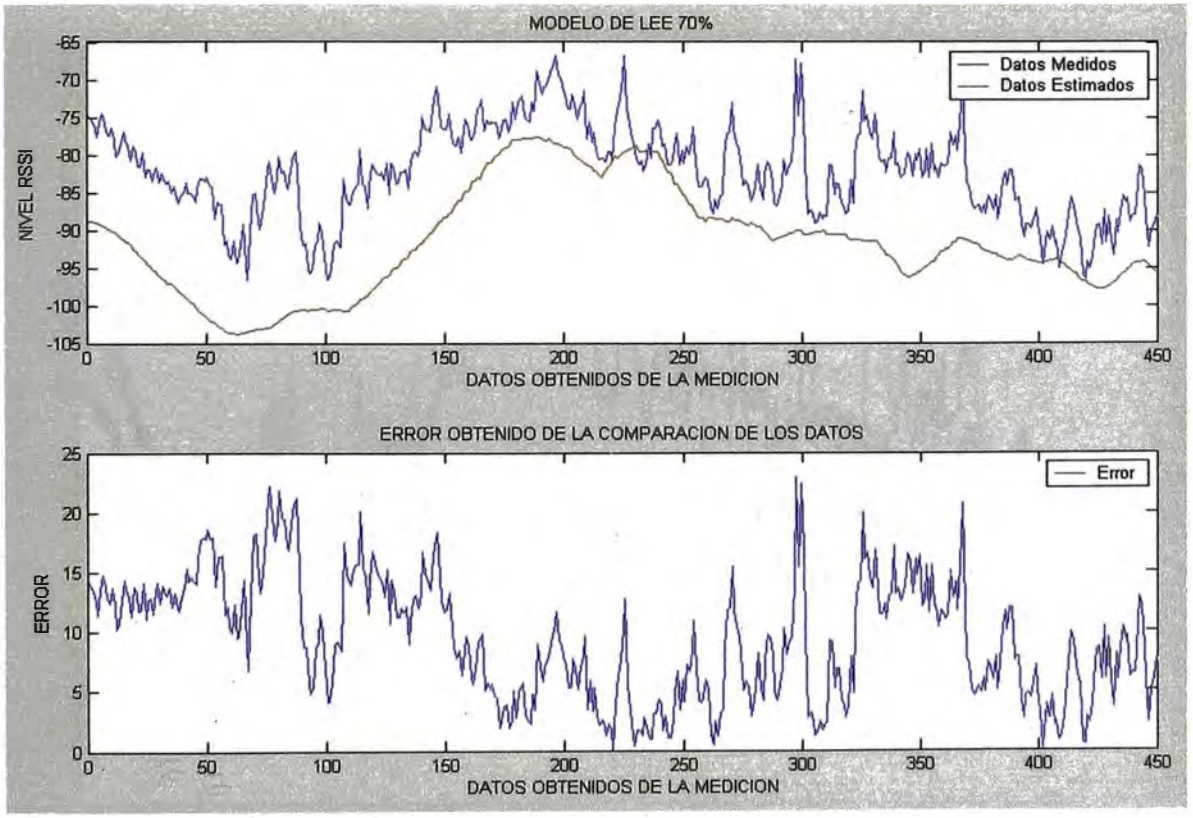


Figura 7.36 Modelo Lee con 70% de construcción

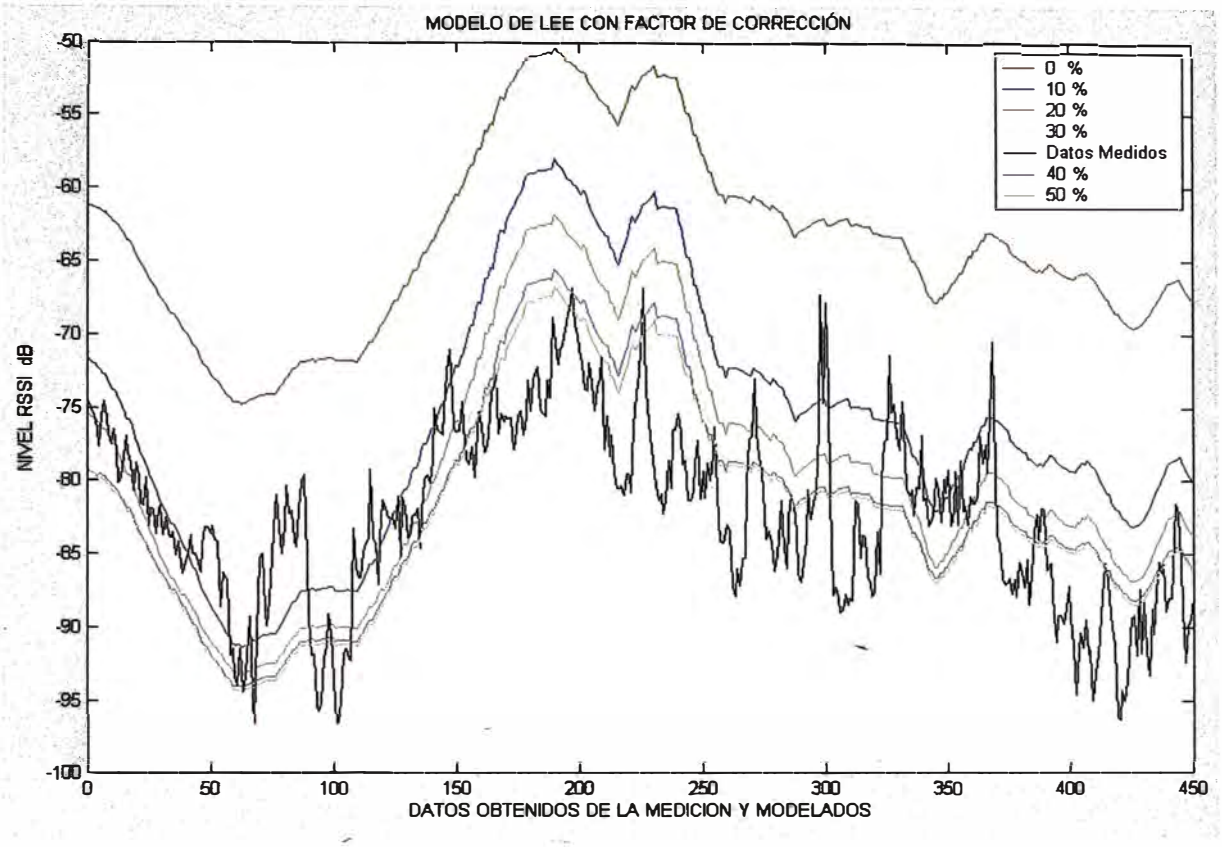


Figura 7.37 Modelo Lee variando (%) de Construcción desde 0% - 50%. corregido

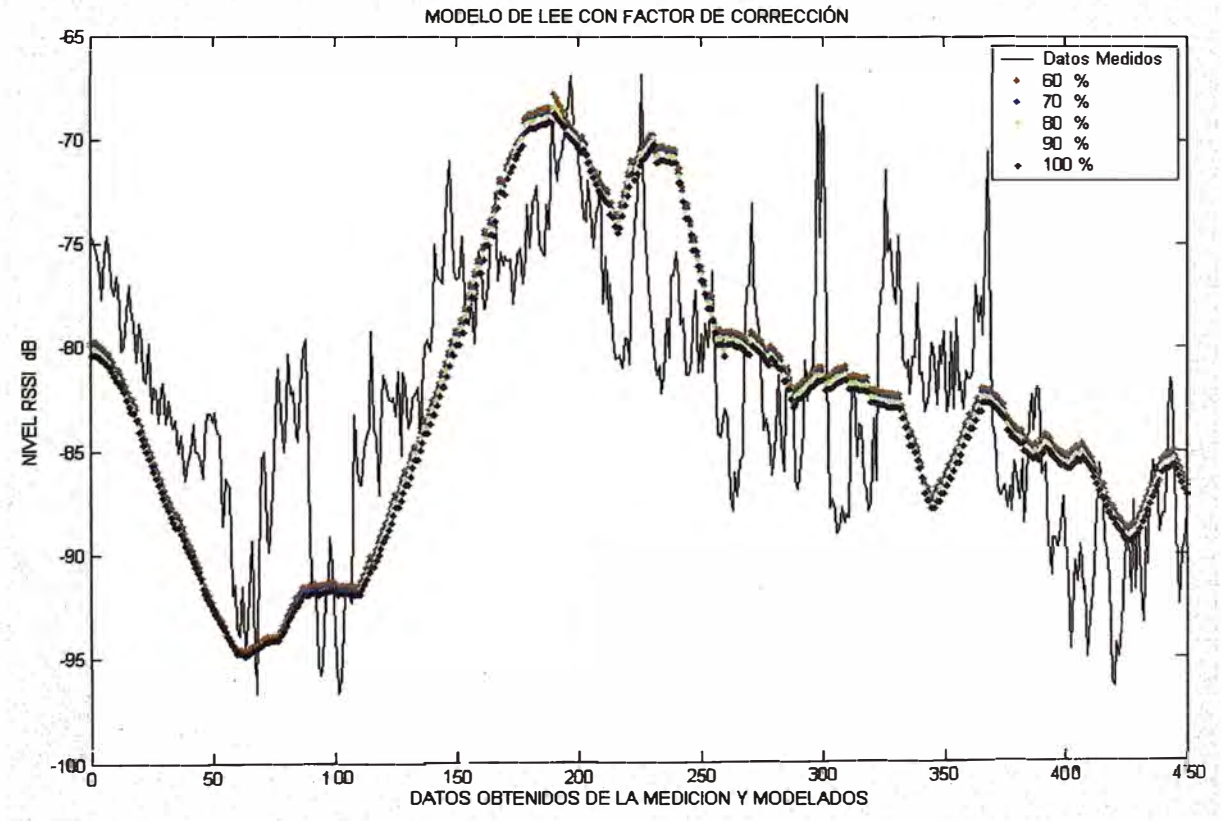


Figura 7.38 Modelo Lee variando (%) de Construcción desde 60% - 100%. Corregido

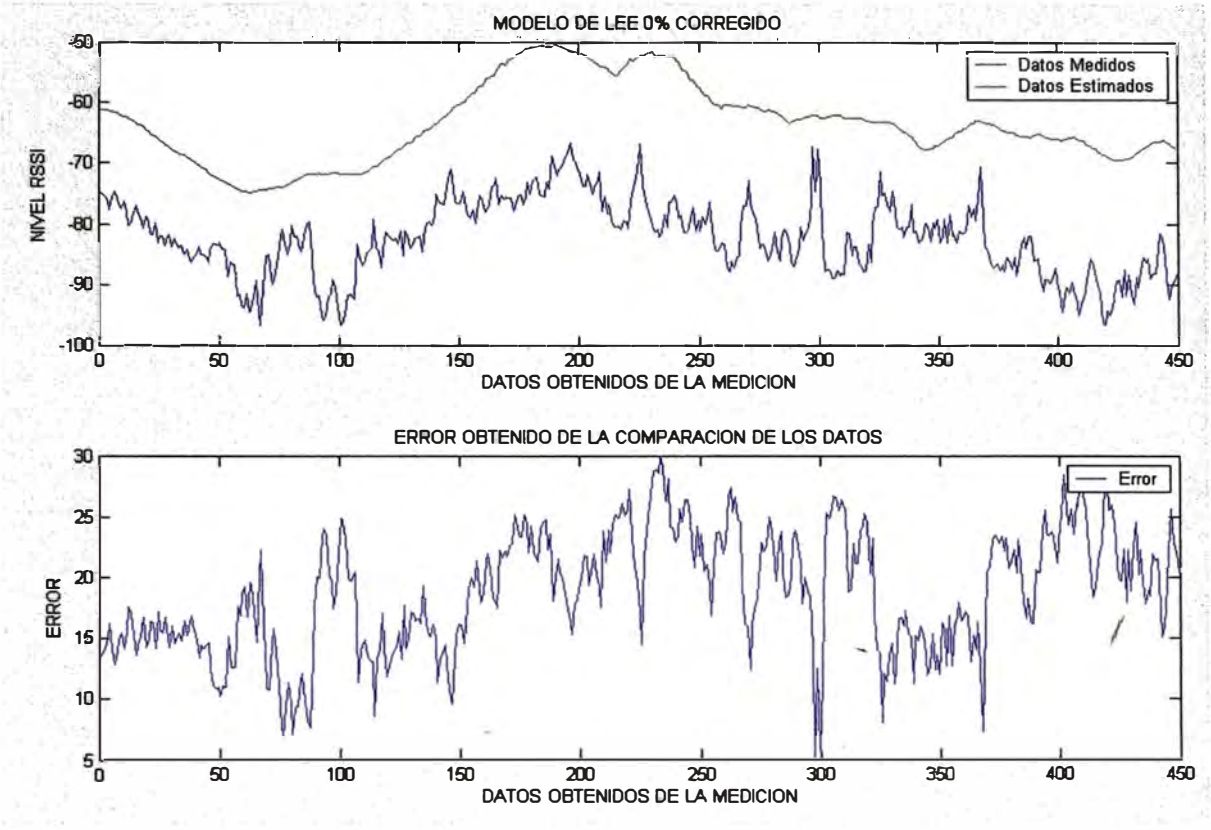


Figura 7.39 Modelo Lee con 0% de construcción con factor de corrección

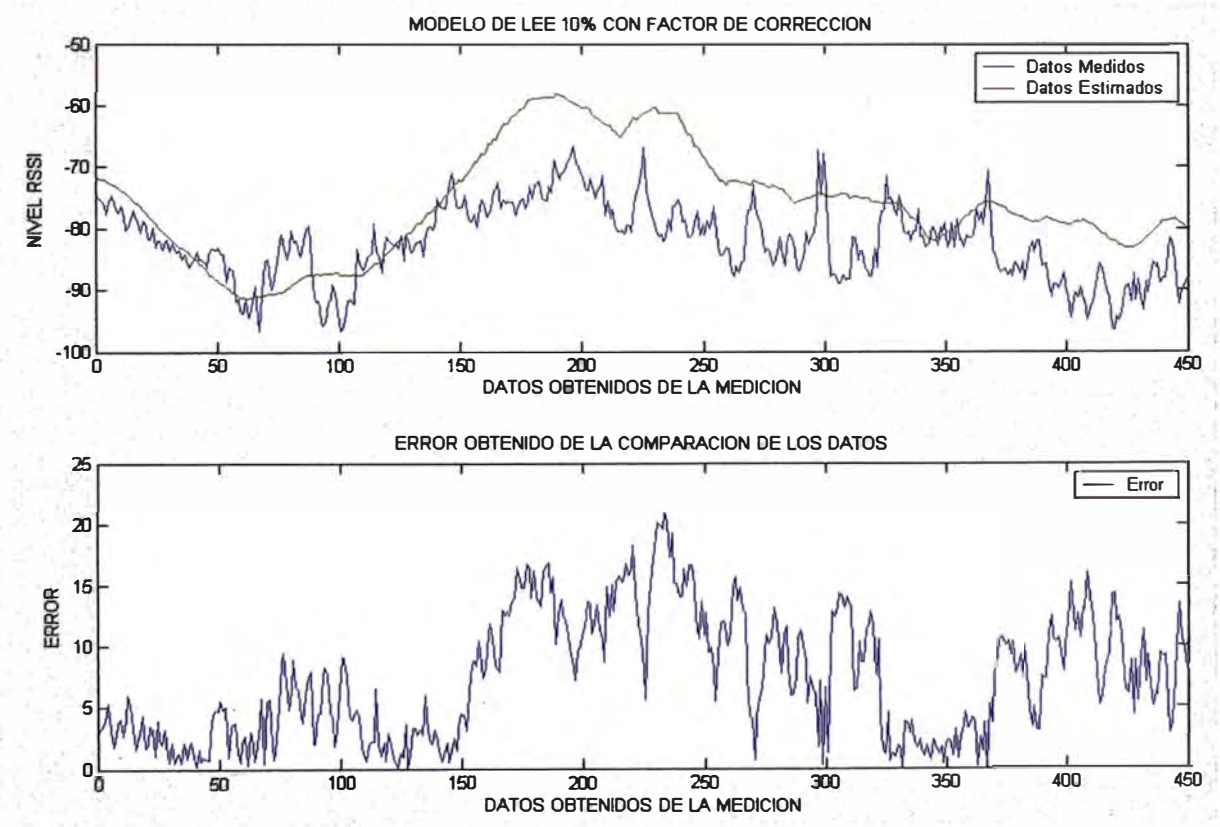


Figura 7.40 Modelo Lee con 10% de construcción con factor de corrección

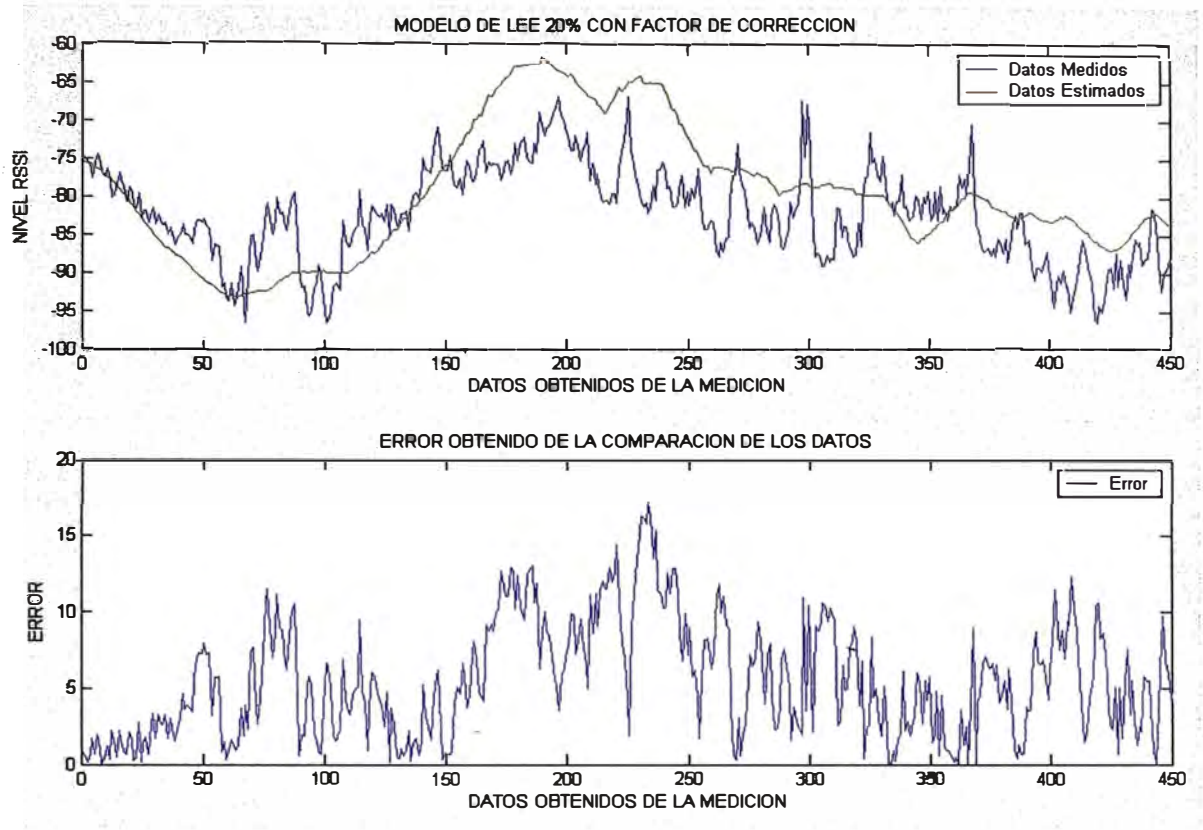


Figura 7.41 Modelo Lee con 20% de construcción con factor de corrección

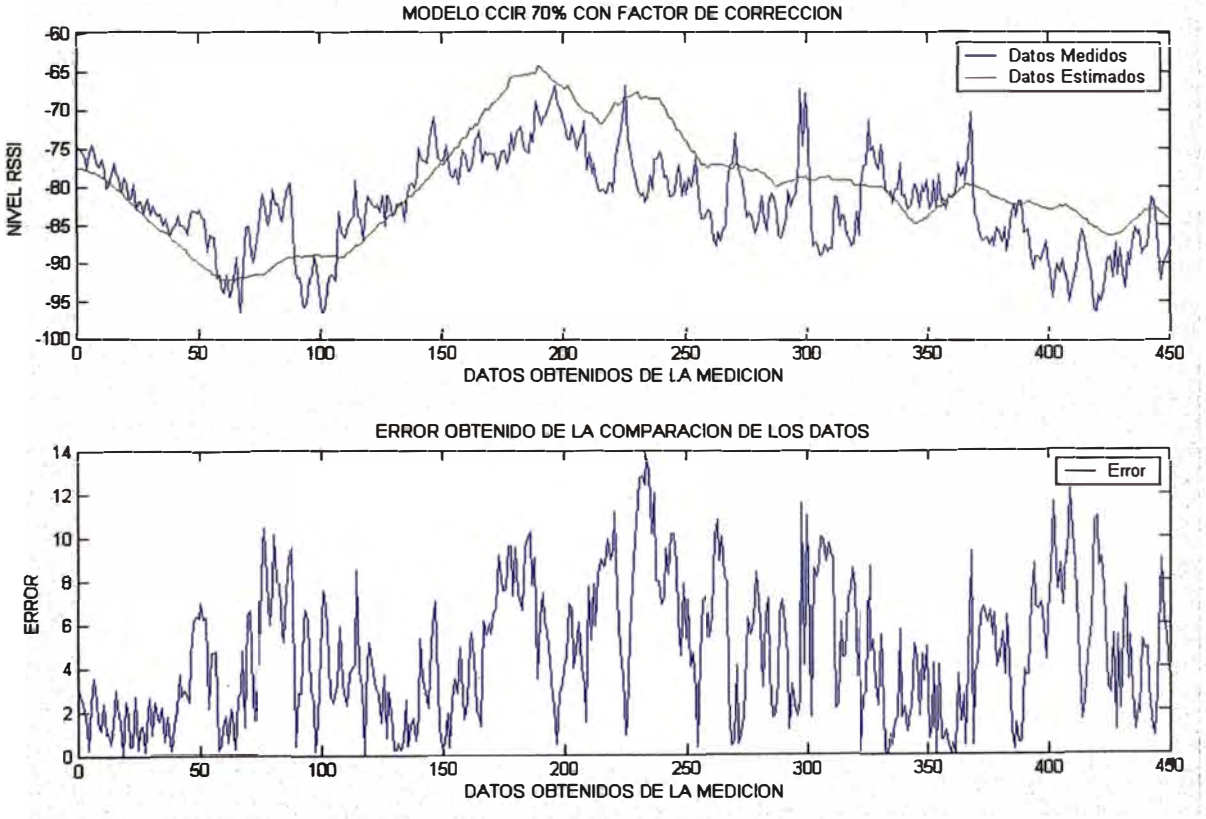


Figura 7.42 Modelo Lee con 70% de construcción con factor de corrección

7.5.1 CONCLUSIONES PARA EL MODELO DE LEE

Luego del análisis matemático, de las curvas obtenidas en Matlab y la graficación de las curvas para los valores obtenidos mediante la medición y los valores obtenidos mediante la estimación tenemos las conclusiones siguientes:

1. El modelo Lee tiene un buen comportamiento en zonas donde el terreno es plano.
2. Los valores estudiados se dividen en 4 grupos notablemente demarcados, debido a que a partir de la curva obtenida con 40% de error las curvas convergen y dichas curvas están casi sobrelapadas como se ve en la figura 7.38.
3. Los valores de error pueden ser notablemente disminuidos usando la curva de error y sus datos estadísticos como datos para hallar ese término.
4. El término hallado para la corrección de la curva es de +9db.
5. La curva de datos estimados se desplaza hacia arriba, haciéndose más positiva y por lo tanto los niveles de RSSI son mayores.
6. Se puede hacer una variación en la formula planteada por Lee en función de la atenuación por porcentaje de edificaciones.
7. Se puede plantear nuevas modificaciones a la formula de Lee teniendo en cuenta sólo cuatro grupos, estos serían para una zona rural, para una zona suburbana, para una ciudad mediana y para una ciudad metropolitana.

7.6 MODELO LONGLEY RICE

Se encontraron los siguientes resultados para el modelo de Longley Rice, en la figura 7.43 muestra los resultados cuando mantenemos fijo el porcentaje de tiempo y la confianza variable cada 10% desde 0% hasta 50% y en la figura 7.44 se presenta el mismo caso pero el parámetro de confianza varía desde 60% hasta 100%.

En este modelo se considera la variabilidad a partir del término de fiabilidad que es una cantidad que nos da la idea un adecuado servicio. Este termino es de mucha discusión porque para algunos la fiabilidad puede ser expresado como una cantidad doble que involucra el tiempo y ubicación de variabilidad separadamente, pero para el resto variabilidad siempre en el mas alto nivel se jerarquía usamos el término confianza.

En la figura 7.43 observamos que si usamos la confianza como una variable, que para nuestro caso varía desde 0% hasta 50% y en la figura 7.44 bajo las mismas condiciones variamos la confianza desde 60% hasta el 100%, en estos casos se observa que la curva de datos estimados se desplaza hacia abajo es decir los valores se hacen menores a medida que se aumente el porcentaje de confianza, además de ello también se observa que las curvas para cada uno de los casos ya no son simétricas una respecto de otra, presentando unas zonas de distinta forma. Observemos en la figura 7.43 podemos ver que los valores de RSSI alrededor del punto de medición 400 es de forma plana en el caso de la curva con time 50% y confianza 0%, para la curva obtenida con tiempo 50% y confianza 10% la forma de la curva cambia, observándose ahora una pequeña deflexión en la curva, de igual manera para la curva obtenida con time 50% y 20% de confianza se observa que la deflexión es mayor y así sucesivamente.

Esto nos da la idea de que el modelo hace correcciones por efectos del terreno, es decir que es más sensible al cambio de las irregularidades del terreno.

La comparación de los errores para los casos presentados, no pueden ser presentados en un solo gráfico, ya que se haría dificultoso su análisis. Pero se hizo el análisis individual, del cual presentamos las más importantes. Esto se muestra en las figuras 7.45 hasta la figura 7.53 donde se presenta la comparación de la curva obtenida con los datos obtenidos por medición y los datos obtenidos por estimación y mediante un subploteo se muestra la curva del error absoluto obtenido de la diferencia entre las curvas, los datos estadísticos obtenidas de ellas están en la tabla 7.13 y 7.14 respectivamente.

Se realizaron pruebas con variación del parámetro de tiempo, pero los valores no son tan sensibles como cuando se usa el parámetro de confianza, ver tabla 7.15 y 7.16.

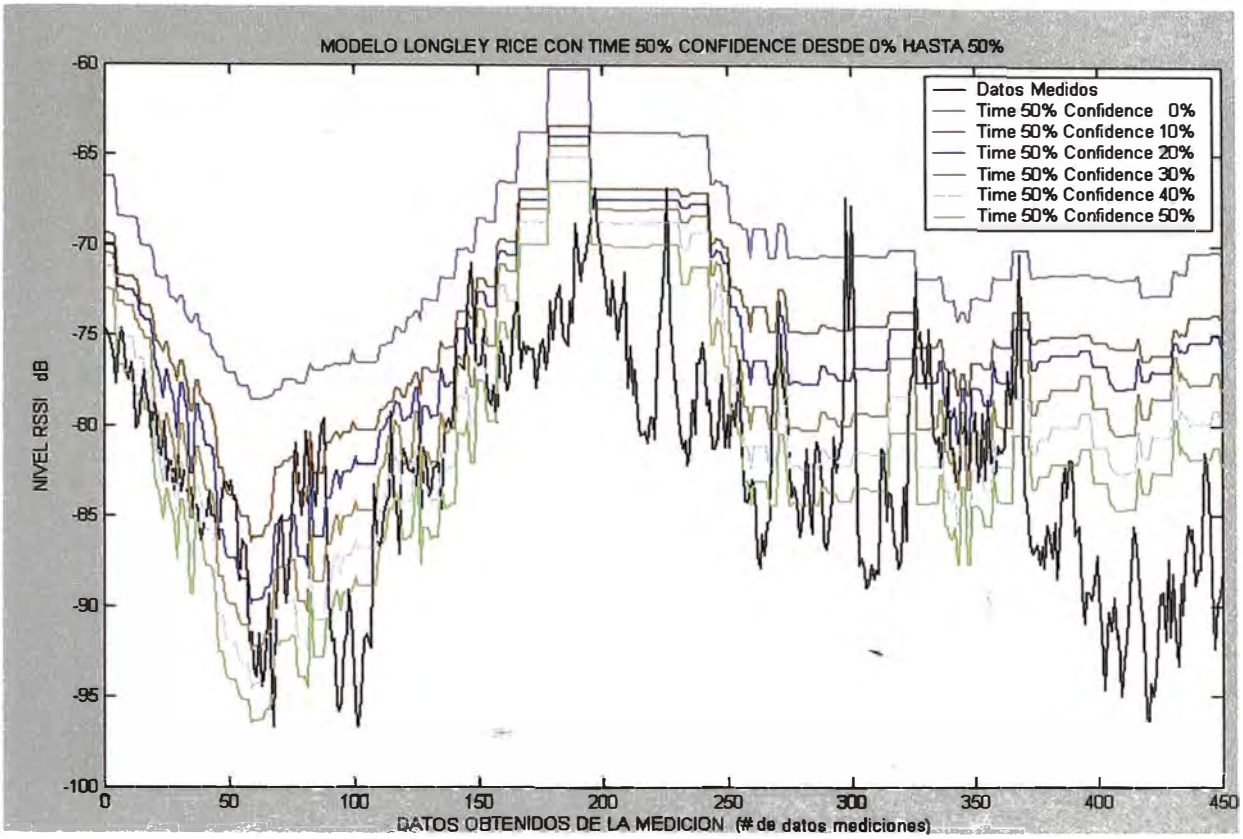


Figura 7.43 Longley Rice con Time 50% y Confidence Variable desde 0 hasta 50%

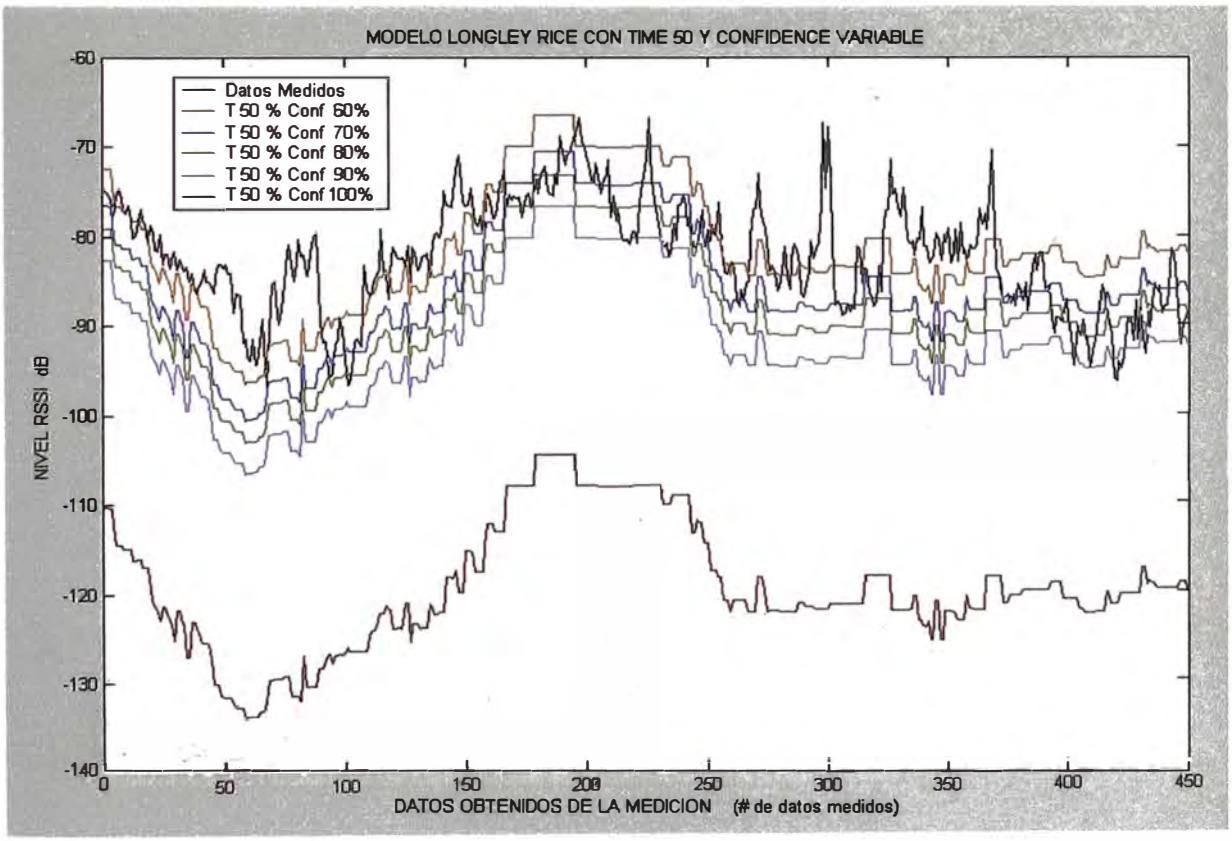


Figura 7.44 Longley Rice con Time 50% y Confidence Variable desde 60 hasta 100%

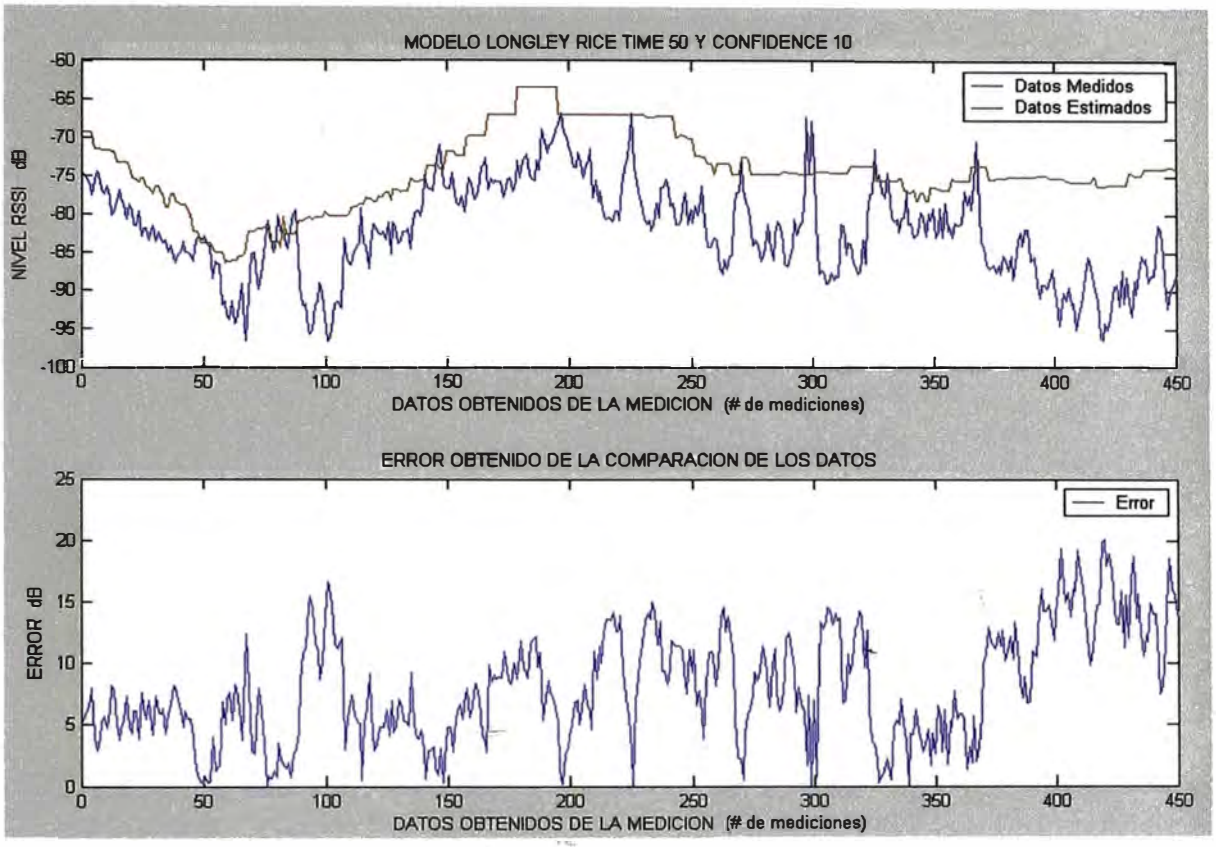


Figura 7.45 Longley Rice con Time 50% y confidence 10%

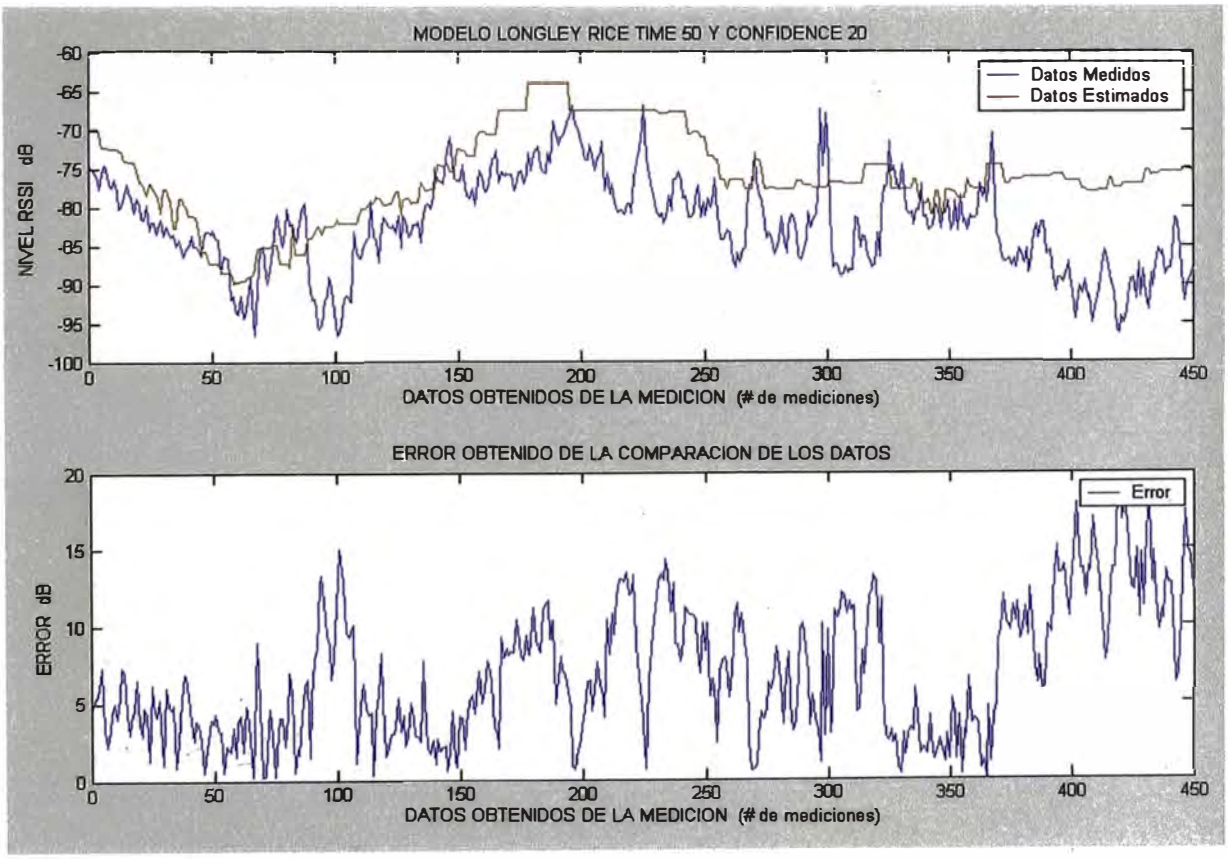


Figura 7.46 Longley Rice con Time 50% y confidence 20%

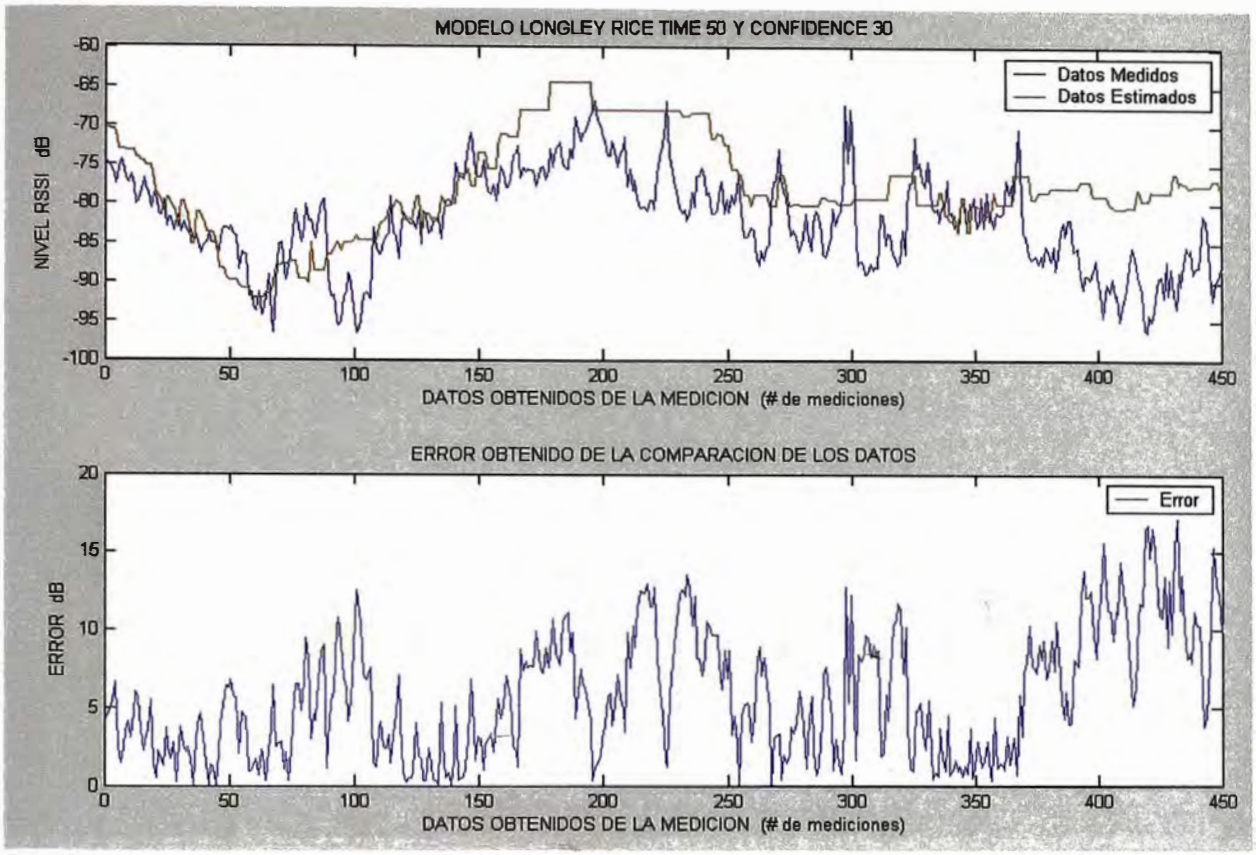


Figura 7.47 Longley Rice con Time 50% y confidence 30%

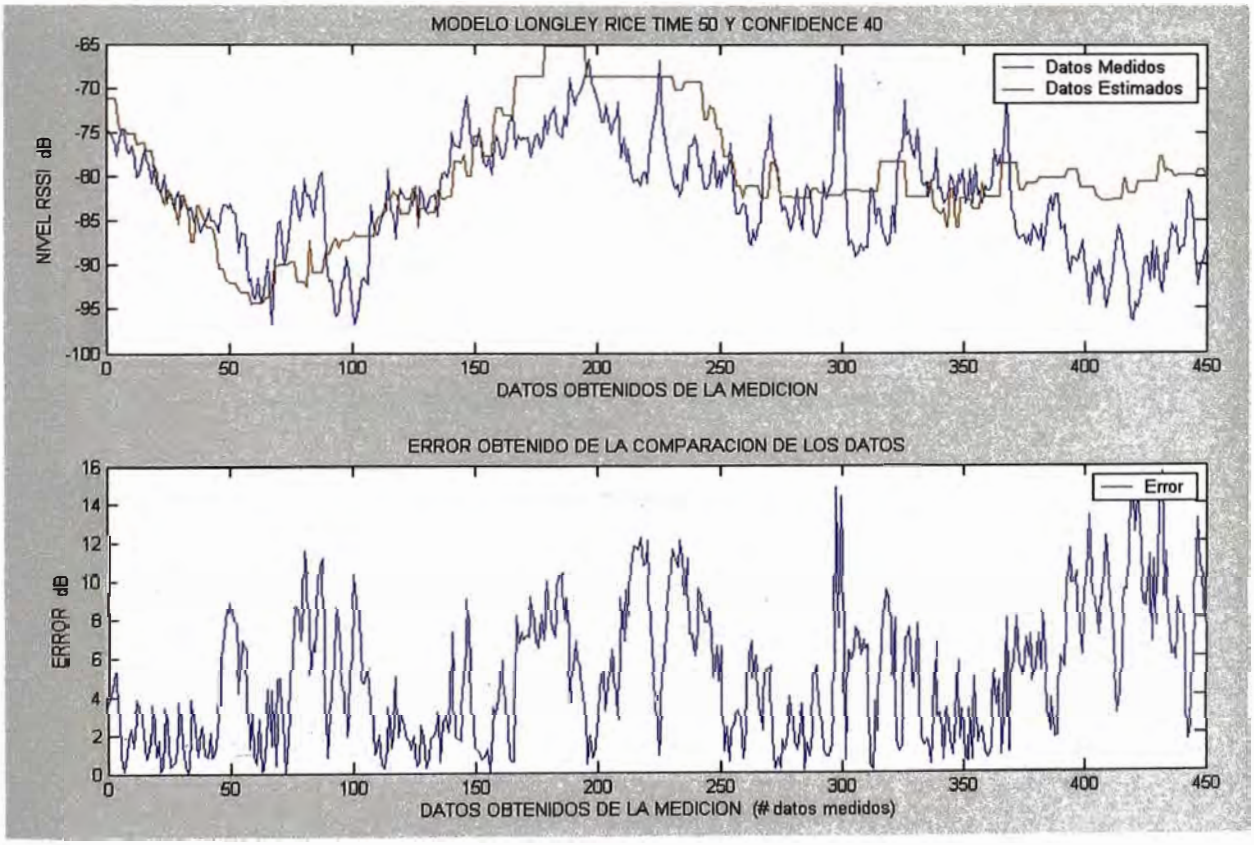


Figura 7.48 Longley Rice con Time 50% y confidence 40%

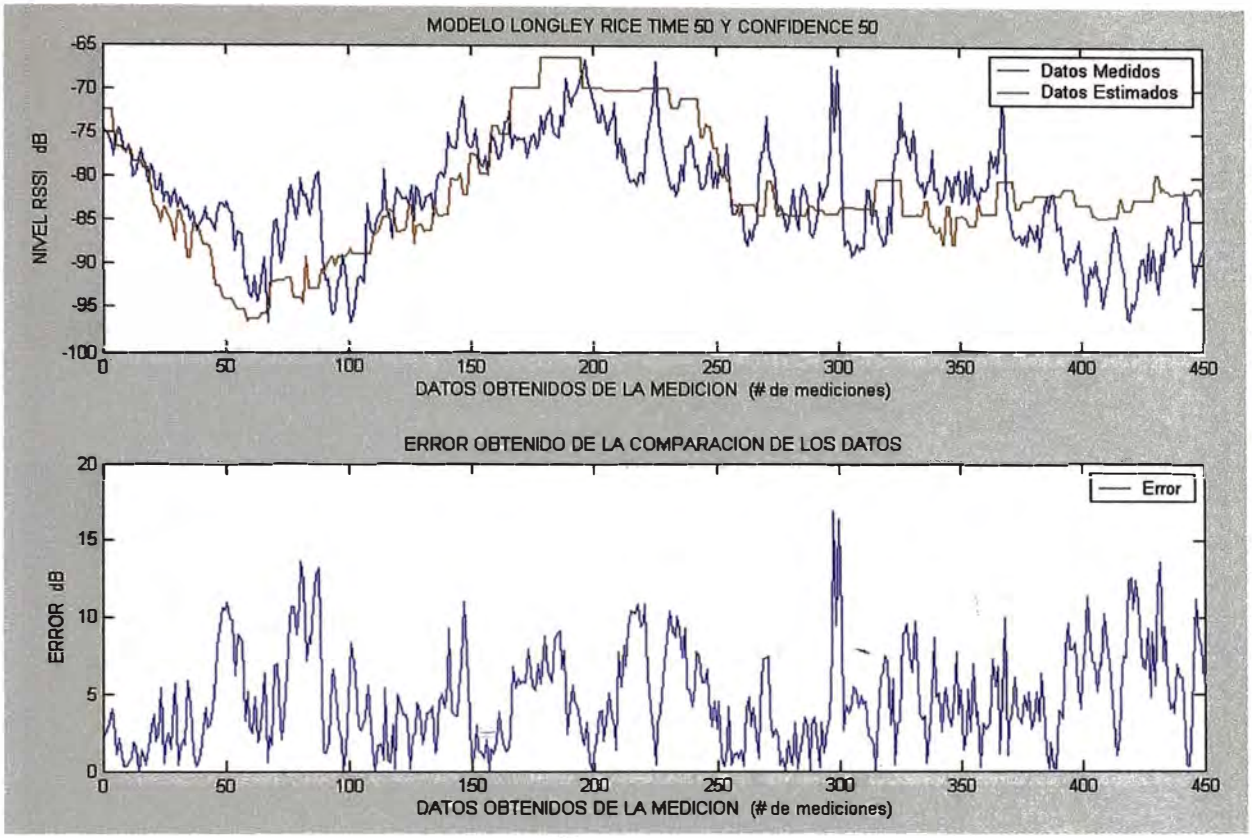


Figura 7.49 Longley Rice con Time 50% y confidence 50%

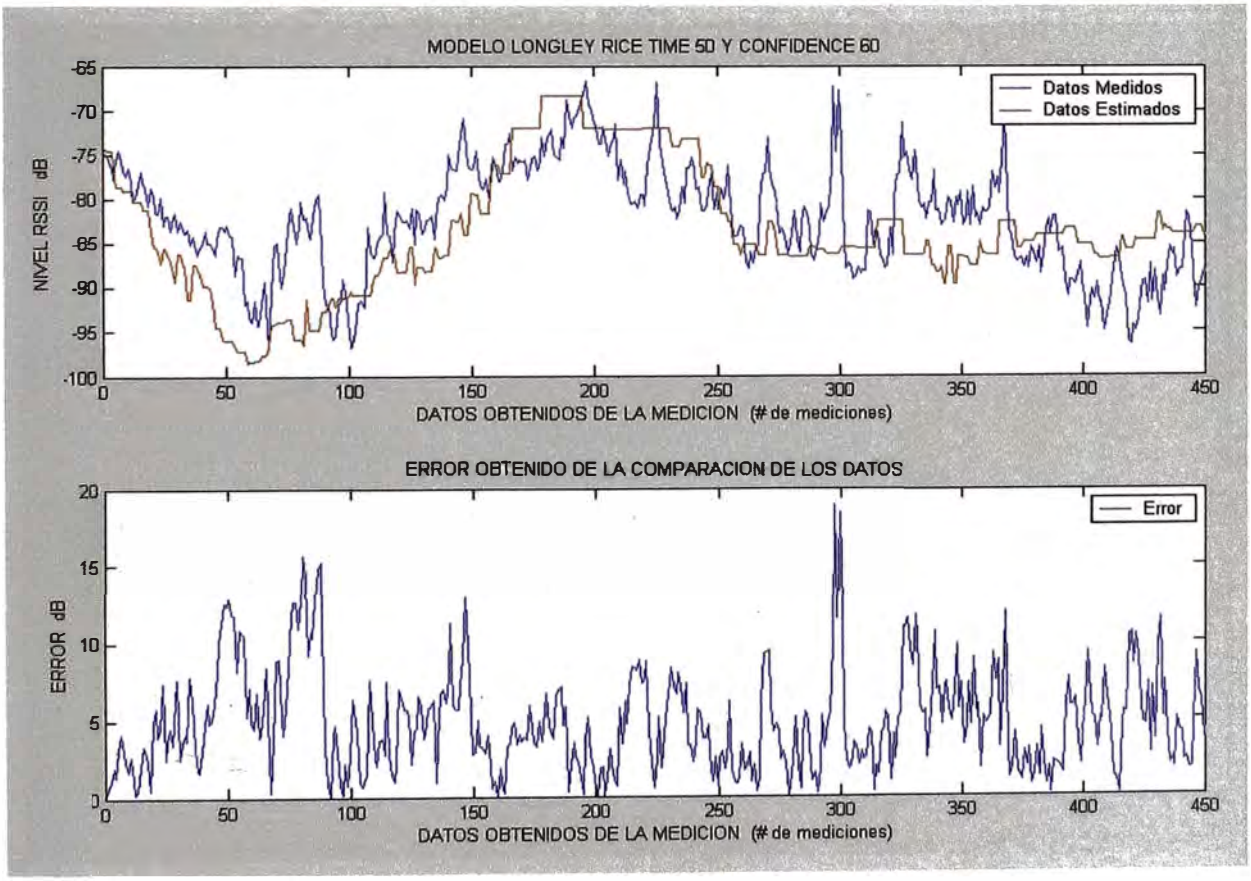


Figura 7.50 Longley Rice con Time 50% y confidence 60%

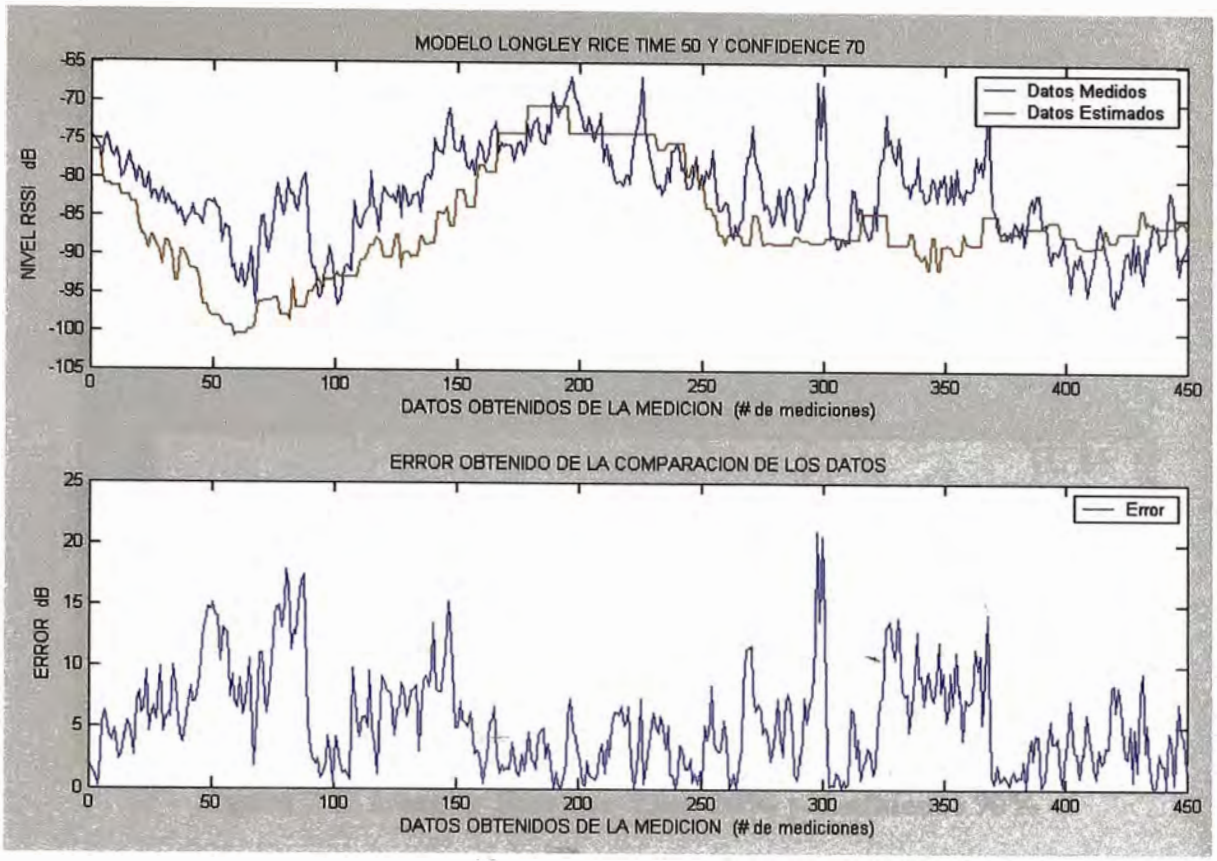


Figura 7.51 Longley Rice con Time 50% y confidence 70%

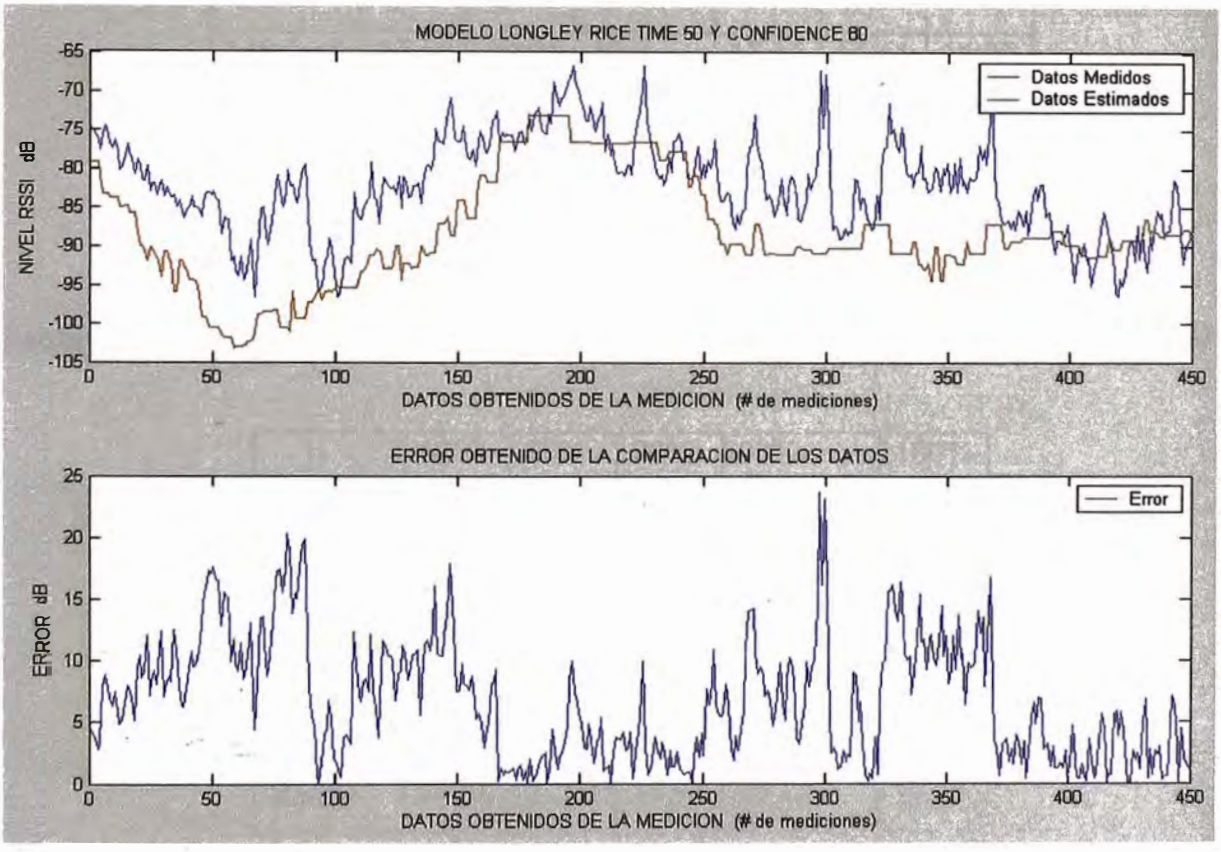


Figura 7.52 Longley Rice con Time 50% y confidence 80%

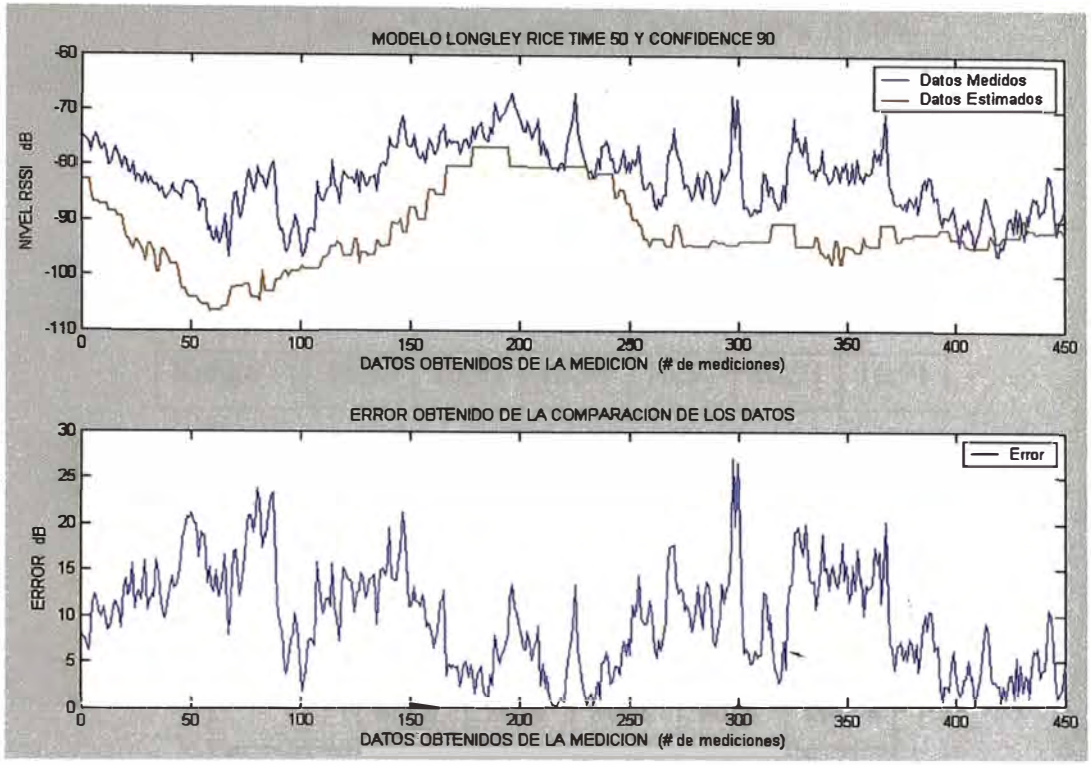


Figura 7.53 Longley Rice con Time 50% y confidence 90%

	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Mínimo	0,24	0,02	0,06455	0,02	0,01	0
Máximo	23,56	20,04	18,9	17,15	15,61	16,91
Media	11,73	8,074	6,893	5,74	5,011	4,727
Mediana	11,27	7,44	6,216	5,19	4,757	4,105
Estándar	4,573	4,499	4,272	3,971	3,561	3,22
Rango	23,32	20,02	18,84	17,13	15,6	16,91

Tabla 7.13 Valores de error con Time 50% y confidence variable desde 0% hasta 50%

	60%	70%	80%	90%	100%
Mínimo	0,06	0,03	0,02	0,003636	24,2
Máximo	18,92	21,08	23,6	27,11	54,73
Media	4,819	5,349	6,704	9,627	37,16
Mediana	4,301	4,635	6,37	9,86	37,48
Estándar	3,306	4,007	4,888	5,544	5,64
Rango	18,86	21,05	23,58	27,11	30,53

Tabla 7.14 Valores de error con Time 50% y confidence variable desde 60% hasta 100%

	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Mínimo	0,01	0	0	0	0	0
Máximo	16,9	16,91	16,91	16,91	16,91	16,91
Media	4,725	4,726	4,726	4,726	4,726	4,726
Mediana	4,1	4,105	4,105	4,105	4,105	4,105
Standard	3,219	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
Rango	16,89	16,91	16,91	16,91	16,91	16,91

Tabla 7.15 Valores estadísticos de error obtenidos en Matlab para un Time de 0% hasta 50% y confidence 50%

	60%	70%	80%	90%	100%
Mínimo	0	0	0	0	0
Máximo	16,91	16,91	16,91	16,91	16,91
Media	4,726	4,726	4,726	4,726	4,726
Mediana	4,105	4,105	4,105	4,105	4,105
Estándar	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
Rango	16,91	16,91	16,91	16,91	16,91

Tabla 7.16 Valores estadísticos de error obtenidos en Matlab para un Time de 60% hasta 100% y confidence 50%

	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Mínimo	0,24	0,02	0,06455	0,02	0,01	0
Máximo	23,56	20,04	18,9	17,15	15,61	16,91
Media	11,73	8,074	6,893	5,74	5,011	4,727
Mediana	11,27	7,44	6,216	5,19	4,757	4,105
Estándar	4,573	4,499	4,272	3,971	3,561	3,22
Rango	23,32	20,02	18,84	17,13	15,6	16,91

Tabla 7.17 Valores estadísticos de error obtenidos en Matlab para un Time de 40% y confidence de 0% a 50%

	60%	70%	80%	90%	100%
Mínimo	0,06	0,03	0,02	0,003636	0,02
Máximo	18,92	21,08	23,6	27,11	20,04
Media	4,819	5,349	6,704	9,627	8,074
Mediana	4,301	4,635	6,37	9,86	7,44
Estándar	3,306	4,007	4,888	5,544	4,499
Rango	18,86	21,05	23,58	27,11	20,02

Tabla 7.18 Valores estadísticos de error obtenidos en Matlab para un Time de 40% y confidence de 50% a 100%

7.6.1 CONCLUSIONES PARA EL MODELO DE LONGLEY Y RICE

Para este modelo se presentan las siguientes conclusiones:

1. El modelo es válido para terrenos donde el terreno es irregular.
2. Por cada valor obtenido se hace una corrección la cual depende directamente de los valores de Confianza y Tiempo.
3. El modelo de Longley Rice tiene una mayor sensibilidad al parámetro de confianza que para el parámetro de tiempo.
4. Existe un valor de corrección por cada punto donde se tiene en cuenta la altura del punto a realizar la predicción.
5. Cuando se mantiene fijo un valor del parámetro confianza y se hace una variación del parámetro de tiempo, los valores estadísticos de error permanecen constantes.
6. Si se mantiene fijo el valor de tiempo y se hace variable la confianza.

7.7 COMPARACIÓN DE LOS MODELOS IMPLEMENTADOS

Ahora se presenta una gráfica con la comparación de la curva de datos obtenidos mediante la medición y las curvas obtenidas por estimación para los modelos Okumura – Hata, CCIR, Cost 231 Hata, ITU-R 529, Modelo de Lee y el modelo de Longley Rice, ver figura 7.54, se puede apreciar que el modelo de Okumura Hata se encuentra muy junto a la curva obtenida con el modelo CCIR, ver detalle en la figura 7.55.

Por otro lado se puede apreciar que la curva del modelo Lee esta por debajo de la curva CCIR, la curva Cost 231 Hata se encuentra por encima de la curva de Okumura Hata, la curva obtenida con el modelo ITU-R esta por encima de de la curva de Cost 231 y por último la curva obtenida con el modelo de Longley Rice no es tan simétrica con los demás modelos.

En todos los modelos obtenidos si bien es cierto hay una cierta simetría, como es el caso del modelo de Okumura Hata, el modelo Cost 231, el modelo CCIR, el modelo ITU-R 529, que como lo habíamos dicho anteriormente es válido para zonas planas, los modelos no consideran una atenuación adicional, mientras que en el modelo de Lee se puede apreciar una cierta simetría pero con algunas variaciones en las pendientes de la curva, y el modelo de Longley Rice es un modelo que incluye un factor de corrección por irregularidad del terreno.

Los datos obtenidos para los diferentes modelos nos muestran claramente que trabajan con datos estadísticos y promedios, debido a que no hay valores únicos por cada medición, los instrumentos de medición capturan un lote de datos por coordenada con tres valores por intervalo de tiempo, como se explicó en el capitulo seis estos valores son mínimos, promedios y máximos. Para el presente trabajo se han tomado los valores promedios, pero recordemos que existe un lote de valores promedio por coordenada, razón por la cual se ha tenido que trabajar con el valor promedio del lote para poder trabajar con dichos datos, de estos valores obtenidos se llega a la conclusión que es permisible un error de ± 10 dB.

Se puede apreciar los valores de errores obtenidos con la implementación de los diferentes modelos en las figuras 7.56, 7.57, 5.58 y 7.59. En la tabla 7.19 se presentan valores estadísticos obtenidos en Matlab, donde se puede apreciar que la media y la mediana se encuentran alrededor de 4,5 , para el modelo de Longley Rice se presenta un valor máximo de 16,91 dB que es un valor singular, ello se debe al factor de corrección que este modelo presenta en terrenos irregulares, mientras que en los demás modelos que son válidos para terrenos planos y semiplanos son tomados en consideración pérdidas por difracción, por atenuación en el espacio libre, etc.

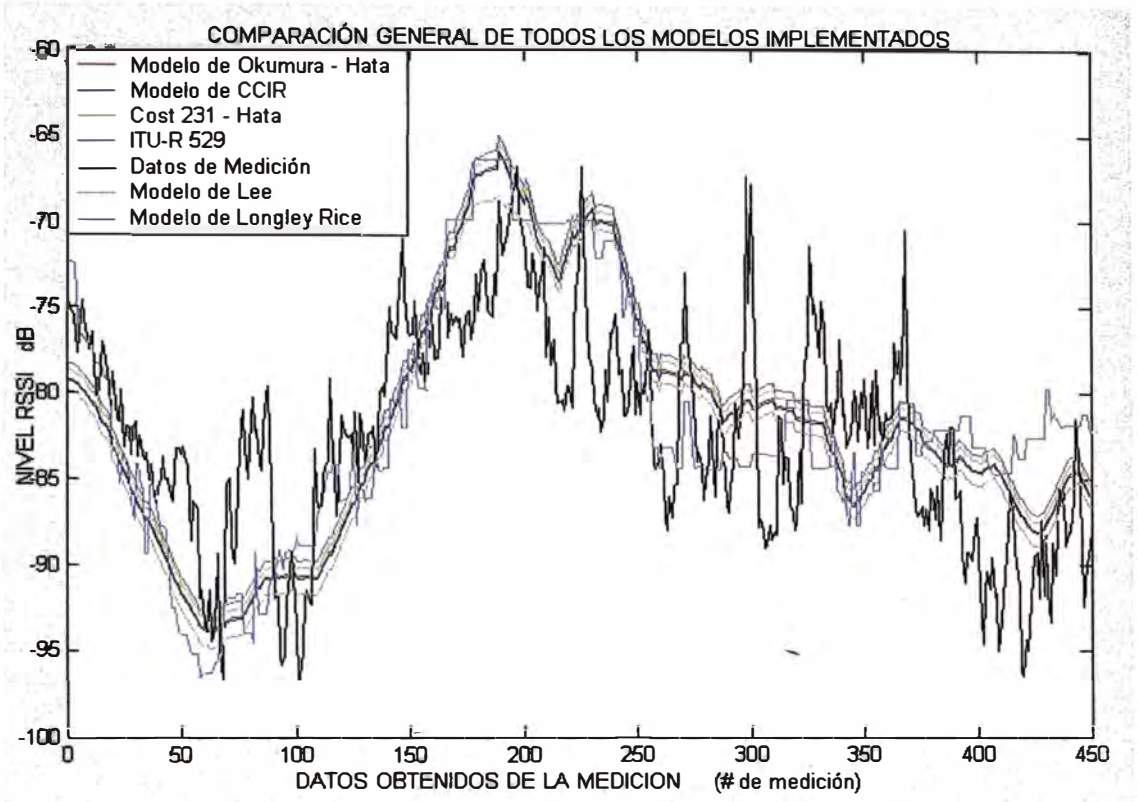


Figura 7.54 Comparación de curvas obtenidas de los Modelos implementados

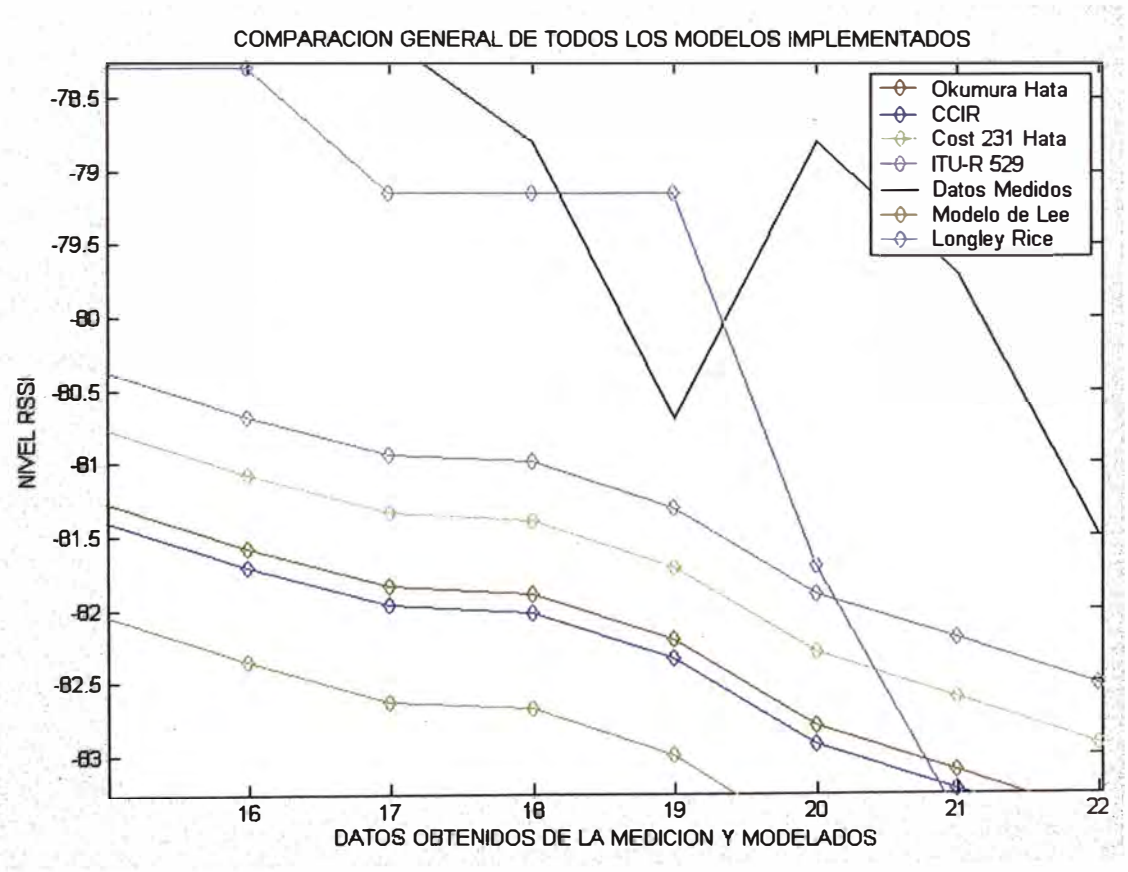


Figura 7.55 Detalles en comparación de curvas estimadas obtenidas

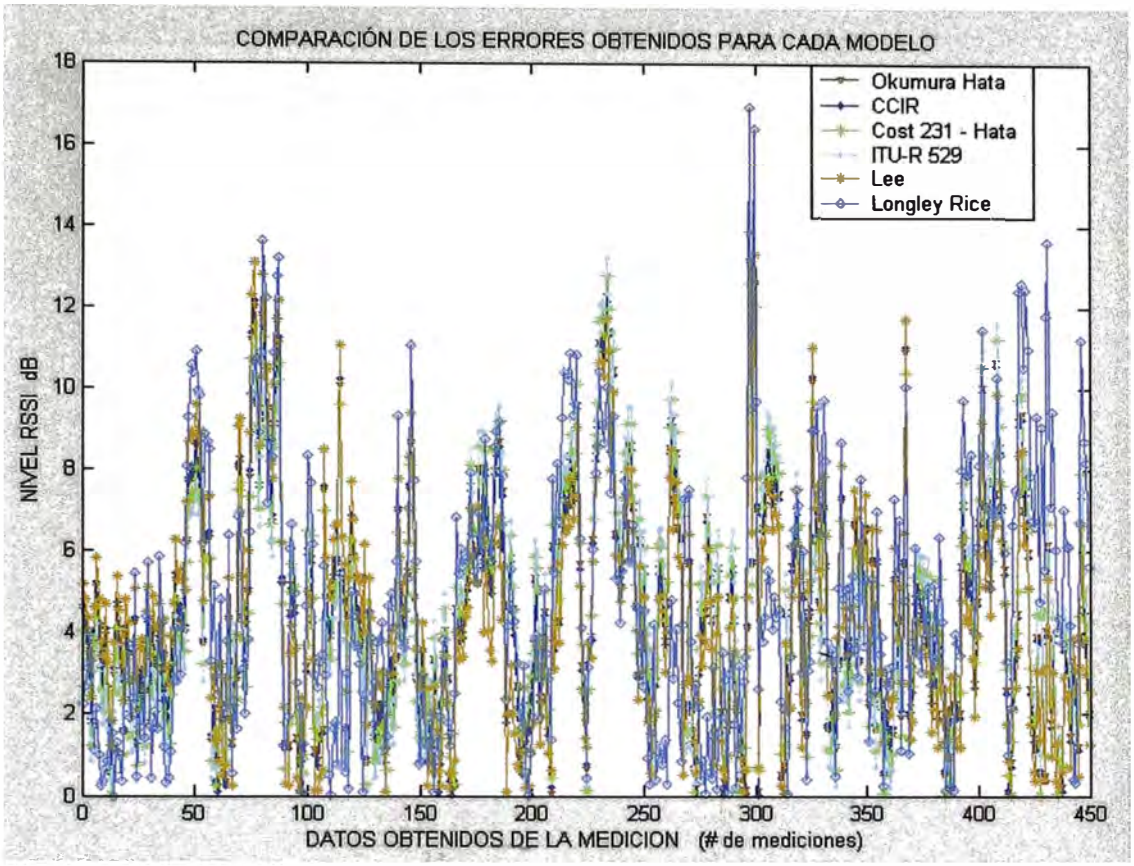


Figura 7.56 Comparación de errores obtenidos por modelo implementado

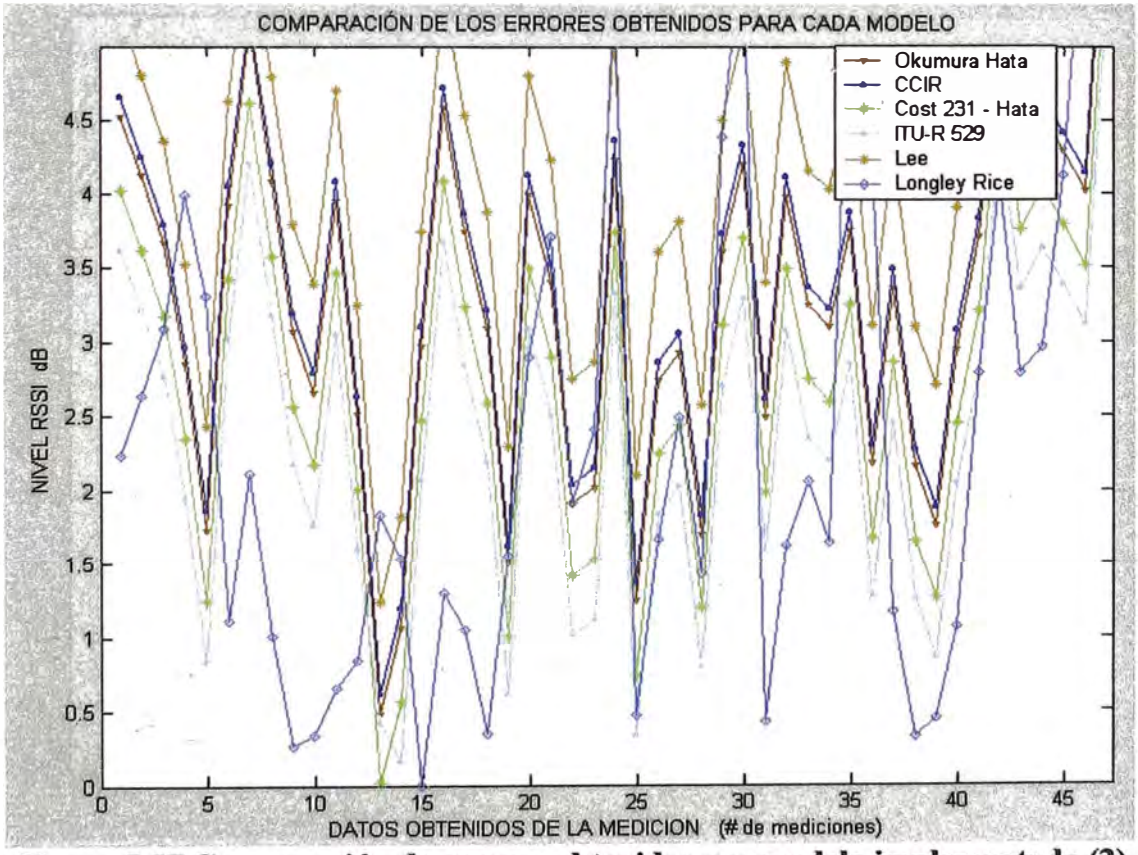


Figura 7.57 Comparación de errores obtenidos por modelo implementado (2)

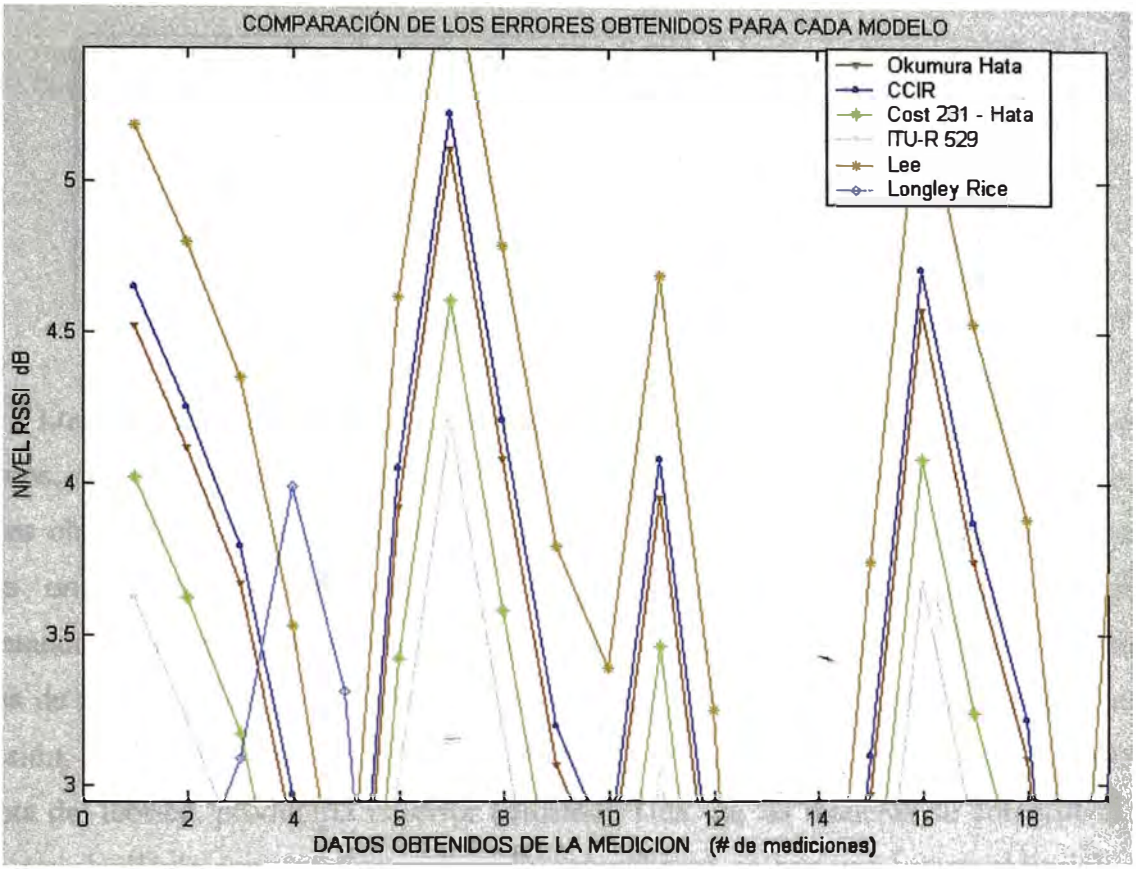


Figura 7.58 Comparación de errores obtenidos por modelo implementado (3)

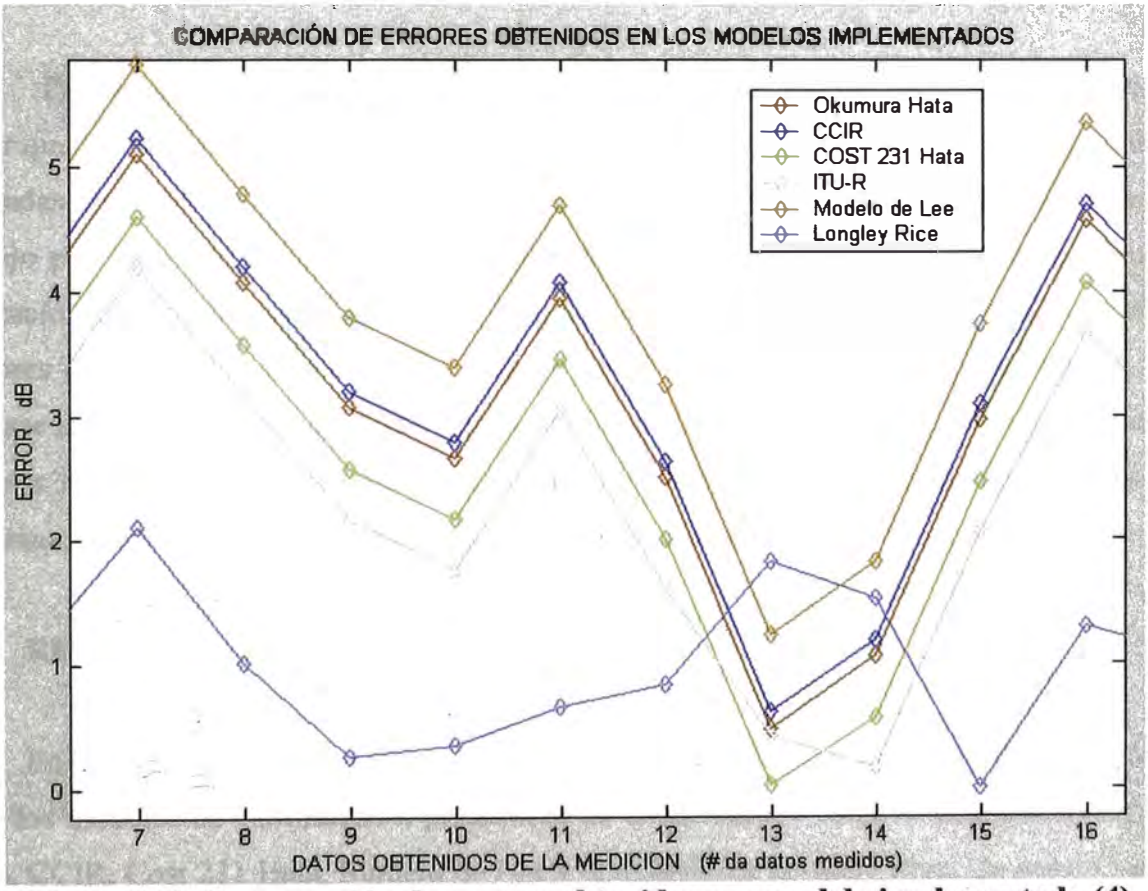


Figura 7.59 Comparación de errores obtenidos por modelo implementado (4)

	O. Hata	CCIR	Cost 231	ITU-R	Lee	Longley Rice
Mínimo	0,01	0,01	0,01	0,12	0,0222	0
Máxima	13,08	13,21	12,77	13,18	13,87	16,91
Media	4,41	4,4	4,464	4,522	4,383	4,727
Mediana	4,085	4,205	4,06	4,08	4,035	4,105
Estándar	2,738	2,729	2,809	2,902	2,777	3,22
Rango	13,07	13,2	12,76	13,06	13,85	16,91

Tabla 7.19 Valores estadísticos de los errores obtenidos en cada modelo

Los modelos presentados dan valores bastantes aproximados a los obtenidos con los medidos, cabe notar que uno de los errores que hay que tener en cuenta en respecto a los valores obtenidos es que el instrumento de medición siempre esta muestreando la señal de forma omnidireccional, mientras que la predicción realizada mediante el software implementado tiene un detalle que hay que tener en cuenta, y es que nosotros utilizamos un patrón de radiación teórico que literalmente atenúa los valores según la forma del patrón de radiación, hecho que comparado con el patrón de radiación real, que tiene una forma muy distinta del teórico, produciría un error adicional. Una de las maneras de comprobarlo sería mediante el cálculo con una antena omnidireccional y ya no con una antena sectorial o según la antena que se utilice.

Para el desarrollo del trabajo se utilizó la banda celular de 800 MHz, es importante saber que hay servicio celular en diferentes bandas, por ejemplo bandas bajas como 450 MHz y bandas altas como 1900 MHz. Los modelos utilizados en la implementación en el presente trabajo pueden soportar variaciones de frecuencia entre 150 MHz y 2GHz, por lo tanto su aplicación en las bandas mencionadas es posible, pero para ello se deberán determinar los factores de atenuación que se producirían en estos valores de frecuencia, para ello se deben realizar mediciones en las distintas bandas de interés de servicio celular en nuestro medio, y realizar la comparación con los valores obtenidos mediante la herramienta computacional implementada en el presente trabajo. Lo que se puede considerar en trabajos futuros.

7.8 RESUMEN

En el presente capitulo se hacen la presentación de los principales resultados obtenidos para los modelos de estimación o predicción de señales RSSI como el Modelo de Okumura Hata, CCIR, Cost 231 Hata, Modelo de Lee y el modelo de Longley Rice, los cuales han sido comparados mediante gráficas hechas en Matlab.

Se realizó la curva para los datos medidos y esta es comparada con cada una de las curvas obtenidas con los datos estimados o datos de predicción y luego se procede con la realización de curvas de error, para poder ver en forma gráfica y mediante los datos estadísticos obtenidas de estas, cual sería su mejor desempeño.

Estos resultados nos sugieren el cambio del factor de corrección para ser aplicado a nuestro entorno de radiopropagación el cual difiere de los lugares donde se obtuvieron estos modelos matemáticos.

En la graficación de los resultados, comparación y determinación de errores para todos los modelos, se han considerado niveles de recepción RSSI versus datos obtenidos por medición, donde cada punto de dato obtenido representa el valor promedio del nivel RSSI por coordenada.

CAPITULO 8

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

Después de realizar una serie de pruebas y mediciones con equipos especializados para telefonía celular y la comparación de los mismos con los obtenidos mediante el software propuesto en el presente trabajo, se mostró en el capitulo 7 los resultados de dicho trabajo, del cual desprendemos las siguientes conclusiones.

8.1 CONCLUSIONES GENERALES

1. Los datos obtenidos mediante el método de la medición son datos estadísticos, por lo que su tratamiento en la mejora de su desempeño en valores obtenidos mediante estimación debe ser mediante métodos estadísticos.

2. Los modelos de Okumura Hata, CCIR, Cost 231 Hata e ITU-R son válidos para lugares con topografía plana o semiplana.

3. El aumento o disminución de un coeficiente de atenuación sobre un modelo matemático de radiopropagación implica la adecuación del modelo a nuestro entorno de radiopropagación y la consideración de sus parámetros específicos.

4. Se puede hacer una modificación en la formula del modelo de Lee, haciendo uso como factor de atenuación, un porcentaje de construcciones, lo que no se considera en el modelo original.

5. Se puede hacer una variación en la formula general de Okumura Hata, con la suma de un factor de corrección de +1 dB y específicamente para el cálculo en una zona metropolitana la suma de -10 dB, lo que mejora su desempeño.

6. Se puede hacer una variación en la formula del modelo CCIR, con la suma de un factor de corrección de + 17 dB, lo que mejora su desempeño en nuestro medio.

7. Se puede hacer una modificación en la formula del modelo Cost 231 Hata, con la suma de un factor de corrección de + 1 dB, lo que mejora su desempeño para nuestro medio.

8. Se puede hacer una adaptación del modelo ITU-R 529 para ser usado en telefonía celular, con la suma de un coeficiente de atenuación de -26 dB.

9. Se puede hacer una variación en la formula del modelo de Lee, con la suma de un coeficiente de atenuación de + 9 dB, su perfomance mejora.

10. La formula del modelo de Lee puede ser expresada como un modelo general con atenuaciones particulares para obtener modelos en una zona rural, zona suburbana, ciudad mediana y una zona metropolitana.

11. El modelo de Longley Rice es válido para lugares donde la topografía es irregular y el parámetro confidence ofrece mayor sensibilidad en el cálculo de los datos estimados o de predicción.

12. El presente trabajo fue concebido con fines académicos, el cual puede servir a los estudiantes de telefonía celular como un instrumento de aprendizaje e investigación. También este trabajo puede encontrar aplicaciones prácticas en entidades públicas y privadas del sector telecomunicaciones, como son la predicción de señales RSSI y realizar estudios de prefactibilidad la cual sería una herramienta adicional al estudio de mediciones de un punto cero.

8.2 RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

A partir del trabajo realizado en la presente tesis se pueden realizar otros trabajos como consecuencia del mismo como por ejemplo:

1. La realización del planeamiento de una red de telefonía celular mediante mejores modelos de radiopropagación con aplicación de Fast Ray Tracing en 3D.

2. La realización de este trabajo presentando en un plano catastral.

3. Estudio de modelos de radiopropagación indoor y su aplicación para el diseño de picoceldas.

4. El Estudio de los efectos de la variación de la altura de edificios, ancho de calles, en la difracción múltiple en diferentes modelos matemáticos.

5. Estudio y aplicaciones de algoritmo de predicción para telefonía celular usando lógica difusa.

6. Modelamiento con una base de datos topográfica de mayor resolución y el uso de fotografías satelitales.

7. Estudio de modelos de radiopropagación basado en redes neuronales o híbridos y su implementación.

8. Estudio de la radiopropagación en medios encerrados o vehículos mediante modelos de propagación deterministicos y su implementación.

9. Estudio y elaboración de una base de datos con valores de atenuación por penetración en materiales utilizados en el Perú, para el cálculo de radiopropagación Indoor.

10. Se deberá tener cuidado en el uso de los diagramas de radiación de las antenas, ya que existe una diferencia entre el patrón de radiación teórico y el patrón de radiación real.

APÉNDICE A

A.1 ABREVIATURAS

AMPS	Advance mobile phone service
BTS	Base transmiter station
BD	Base de datos
BER	Bit Error Rate
BW	ancho de banda
CE	campos electromagnéticos
CDMA	Code Division Multiple Access
CEM	Campos electromagnéticos
CDF	cumulative distribution function
EBR	Estación base radioeléctrica
EBC	Estación base celular
ERP	potencia radiada efectiva
EIRP	potencia radiada isotropicamente efectiva
GSM	Global system mobile
GPRS	General Packet Radio System
GPS	Global positionig system
GIS	Geographic information System
ICNIRP	comisión internacional de protección en radiaciones no ionizantes
LMP	Límite máximo permisible
MTC	Ministerio de transportes y comunicaciones
MS	móvil station
OE	ondas electromagnéticas
PDF	probability density function
RF	Radio frecuencia
RNI	Radiación no Ionizante
SAR	tasa específica de absorción
UTM	Universal Transverse Mercator
VSWR	voltage standing wave ratio
3G	Tercera generación

A.2 SÍMBOLOS

$A(\theta)$	suma y diferencia de patrones de radiación
A_R	área efectiva de la antena
β	número de onda = $2\pi/\lambda$
d	es el espaciamiento entre elementos adyacentes, en longitud de onda
$D(\theta,\phi)$	Directividad
e	eficiencia
$\|F(\theta, \phi)\|^2$	patrón de potencia normalizado
$f(\theta, \phi)$	factor de intensidad de campo
$g(\theta)$	patrón de elevación
G_T	ganancia de transmisión
G_R	ganancia de recepción
$h(\phi)$	patrón del azimut
I_n	distribución de corriente normalizada
η_A	rendimiento de antena
N	número de elementos de la antena
P_T	potencia de transmisión
$\wp(\theta, \phi)$	Patrón de radiación Watts/m^2
P	potencia radiada total suministrada por todas las fuentes
R_r	resistencia de radiación
R_{perd}	resistencia de pérdidas
S	vector de Pointing
Γ	coeficiente de reflexión
$U(\theta, \phi)$	intensidad de radiación
λ	longitud de onda
Ω_A	haz de ángulo sólido
ϕ_3, ϕ_{10}	azimut a -3 dB y -10 dB de beamwidth
θ_3	elevación a -3dB de beamwidth, medido en grados
ψ	diferencia de fase entre dos elementos adyacentes
ϕ, θ	ángulos de radiación
$(\Delta f)_c$	ancho de banda coherente
Z	impedancia de entrada de antena
Z_0	impedancia característica del sistema

A.3 TÉRMINOS FRECUENTEMENTE USADOS EN INGLES TRADUCIDOS AL ESPAÑOL

Base Station	:	Estación Base
Back to back	:	Relación adelante atrás en una antena
Beam Squint	:	error de cómo se toma un haz principal dado referenciado a una calibración mecánica
Beamwidth	:	ancho del haz principal de un patrón de radiación
BeamTilt	:	inclinación del haz principal del lóbulo de radiación
Cross polarisation	:	polarización cruzada
Downtilt	:	inclinación del lóbulo principal de antena hacia abajo
Deinterleaver	:	deentrelazador
Downlink	:	enlace de bajada
Electrical Tilt	:	inclinación eléctrica
Fading	:	desvanecimiento
Frequency diversity	:	diversidad de frecuencia
Front to Back	:	relación adelante atrás
Half Power Beamwidth	:	potencia media en el ancho del haz
Indoor propagation models	:	modelos de propagación en ambientes cerrados
Interleaver	:	entrelazador
Large Scale Fading	:	desvanecimiento a gran escala
Microstrip	:	antena tipo parche o de microtira
Mechanical Tilt	:	inclinación mecánica
Multipath	:	multitrayectoria
Nulls	:	nulos, zonas de estrangulamiento en el patrón de radiación
Nullfill	:	nulo relleno
Outdoor propagation models	:	modelos de propagación en ambientes abiertos
Ruturn Loss	:	pérdida por retorno
Radome	:	cubierta externa de una antena
Sector Power Ratio	:	relación de potencia emitida en el sector deseado en 120° contra la potencia dentro del sector deseado
Shadow	:	Sombra
Small Scale Fading	:	desvanecimiento a pequeña escala
Uptilt	:	inclinación del lóbulo principal de antena hacia arriba

Uplink	enlace de subida
Voltage Standing Wave Ratio:	relación de onda estacionaria

A.4 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA Y COMPARACIÓN

La principal característica del programa es que se pueden seleccionar modelos de propagación tales como: Okumura Hata, Hata Cost 231, CCIR, ITU-R 529, Lee y Longley Rice. El software presenta un código de colores para describir los diferentes niveles RSSI y los presenta también en tiempo real con el movimiento del Mouse indicando coordenadas, la cota y el nivel de recepción en ese punto.
Otra herramienta muy importante que tiene es una interfase para la captura de coordenadas geográficas, y retornar sus niveles de predicción según el modelo de propagación elegido, esta herramienta no la tiene ninguno de los programas en comparación, el programa tiene también un editor para la obtención del patrón de radiación Horizontal y vertical.

Versiones actuales del programa WRAP ya tienen en cuenta la selección del Modelo de propagación, pero no posee la herramienta de captura de datos por coordenadas.
También presenta un informe visual para la cobertura. Posee además una opción de cálculo para un sistema de antenas y puede determinar líneas de vista entre estaciones.

El programa Pathloss, no da la posibilidad de elección del método de propagación, pero si posee un modulo de cobertura, que también presenta un informe visual de cobertura con código de colores.

El programa de Andrew tiene una herramienta para mostrar las características de una antena para BTS celular y patrones de radiación, así como el cálculo de cobertura y costos por equipamiento total, pero todo los cálculos se realizan con productos de la marca que ellos distribuyen y antenas Decibel que ahora pertenecen a esta corporación.

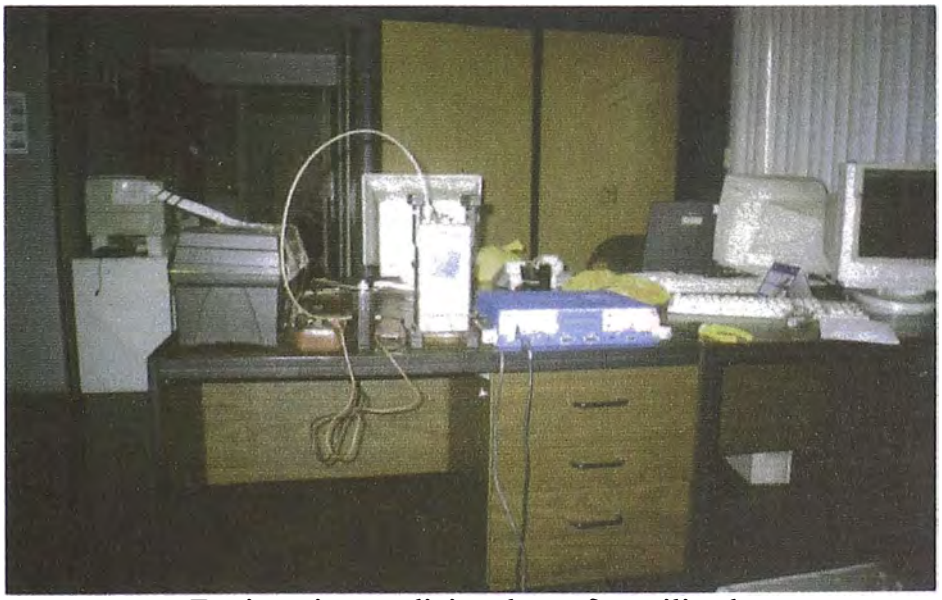
El programa TAP ofrece la posibilidad de cálculo con los modelos de Egli, Longley Rice, Davison, Bullington, Carey, Hata. Es un programa modular que permite la inclusión de varias herramientas. Su principal herramienta es mostrar perfiles topográficos.

B.1 FOTOGRAFÍAS DEL EQUIPAMIENTO Y LA ANTENA USADA EN EL TRABAJO

Equipos de medición en el móvil

Antena Utilizada la BTS de pruebas

Equipo Transmisor en la Banda de 800 MHz



Equipamiento adicional que fue utilizado

B.2 MAPA Y UBICACIÓN DE LA ZONA DONDE SE REALIZÓ EL TRABAJO

En el anexo N° 2 podemos apreciar el mapa de la zona donde se realizó la instalación de la estación base de pruebas, este corresponde al distrito de Carmen de la Legua, la ubicación específica es sobre la avenida Elmer Fouccet.

Primeramente trazamos en el mapa correspondiente a la zona de Carmen de la Legua el azimut de 90° y marcamos la cobertura teórica que tendría la antena sectorial, teniendo en cuenta que la antena DB844G90A-XY es una antena panel sectorial y tiene un ancho del haz principal de 90°, dibujamos sobre el plano el patrón de radiación con el respectivo escalamiento, lo que nos da una idea sobre el plano, por donde estará ubicado el haz principal y por donde están localizados los lóbulos secundarios, y por lo tanto cuales son los posibles lugares para realizar las mediciones.

En el vértice del cardioide se encuentra el transmisor y las zonas aledañas y que se encuentran dentro del patrón de radiación fueron los lugares donde se realizaron las mediciones, estas se realizaron con un analizador de redes inalámbricas, interconectado hacia un receptor con una antena de ganancia cero, con una inclinación de 45°, imitando la posición que tienen las personas al usar un Terminal móvil, estos dispositivos están conectados también a un GPS y ana computadora portátil para la captura de datos.

El patrón que observamos es un patrón teórico el cual se ha obtenido directamente de los manuales del fabricante de la antena, pero en la práctica el patrón de radiación real difiere un poco del patrón teórico, lo que hay que considerar cuando se hagan comparaciones de valores teóricos y valores prácticos.

Esta zona puede ser considerada como una zona mediana, ya que no presenta edificaciones muy altas y la distancia entre ellas es regular.

B.3 LISTADO DEL PROGRAMA

```
Private Declare Function SetPixel Lib "gdi32" (ByVal hdc As Long, ByVal X As Long, ByVal Y As Long,
ByVal crColor As Long) As Long
Sub dr()
Dim drlongi As Double
Dim draltura As Double
Dim drtres As Double
Dim pen As Double
Dim gan As Double
draltura = Abs(Val(txtrcp.Text) - Val(txtauno.Text))
pen = Atn(draltura / valordistancia)
pen = pen / DGR + 90#
Call abrirantenaV
gan = (antenados(Int(pen)) - antenados(Int(pen) + 1)) * (Int(pen) + 1 - pen) + antenados(Int(pen) + 1)
If Int(pen) = 359 Then
   gan = (antenados(359) - antenados(0)) * (Int(pen) + 1 - pen) + antenados(0)
End If
gan = gan - vminimo + Val(txtguno.Text)
drtres = 10 * Log(Val(txtpuno.Text) * 1000) / Log(10) + gan
txthastarx.Text = Format(drtres, "0.00")
End Sub

Sub BasedeDatos()
Call coordenadas1
Call coordenadas2
Call coordenadas3
Call coordenadas4
End Sub

Sub Reporte()
Dim plot As String
info = plot
End Sub

Sub Listawi()
Call abrirantena
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim azi As Double
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
cloni = phlon * 3600
clati = phlat * 3600
clonf = cphlon * 3600
clatf = cphlat * 3600
azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)
'calculo del valor de la ganancia de la antena
antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
If Int(azi) = 359 Then
   antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
End If
antgan = antgan - vminimo + guno
'hallando el valor del campo
```

```
valorcampo = puno + antgan - cper - wi(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600, auno, altrep, cfq,
wihpe, wisep, wiancho) + coewi
levoni = Format(valorcampo, "0.00") & " dB"
End Sub

'lista para el modelo cost 231
Sub Listacost()
Call abrirantena
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim azi As Double
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
cloni = phlon * 3600
clati = phlat * 3600
clonf = cphlon * 3600
clatf = cphlat * 3600
azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)
'calculo de la ganancia de antena
antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
If Int(azi) = 359 Then
   antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
End If
antgan = antgan - vminimo + guno
'calculo del valor de campo
valorcampo = puno + antgan - cper - COST23 l(cfq, auno, altrep, distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf /
3600, clatf / 3600), costcaso) + coehatacost
levoni = Format(valorcampo, "0.00") & " dB"
End Sub

'lista para el modelo de prediccion de lee
Sub Listalee()
Call abrirantena
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim azi As Double
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
cloni = phlon * 3600
clati = phlat * 3600
clonf = cphlon * 3600
clatf = cphlat * 3600
azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)
'calculo de la ganancia de antena
antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
If Int(azi) = 359 Then
   antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
End If
antgan = antgan - vminimo + guno
'calculo de valor de campo
valorcampo = puno + antgan - cper - Lee(auno, distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600),
leebuil) - coelee
levoni = Format(valorcampo, "0.00") & " dB"
End Sub

'lista para modelo de propagacion itu
```

```
Sub Listaitu()
Call abrirantena
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim azi As Double
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
cloni = phlon * 3600
clati = phlat * 3600
clonf = cphlon * 3600
clatf = cphlat * 3600
azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)
‘calculo del valor de ganacia
antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
If Int(azi) = 359 Then
   antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
End If
antgan = antgan - vminimo + guno
‘calculo del valor de campo
valorcampo = Itu(cfq, auno, altrep, distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)) + antgan - cper
+ coeitu
levoni = Format(valorcampo, "0.00") & " dB"
End Sub

´lista para modelo de propagación ccir
Sub Listaccir()
Call abrirantena
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim azi As Double
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
cloni = phlon * 3600
clati = phlat * 3600
clonf = cphlon * 3600
clatf = cphlat * 3600
azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)
‘calculo de la ganancia de antena
antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
If Int(azi) = 359 Then
   antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
End If
antgan = antgan - vminimo + guno
‘fin de calculo de la ganancia
‘calculo del valor de campo
valorcampo = puno + antgan - cper - ccir(cfq, auno, altrep, distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf
/ 3600), buil) + coeccir
levoni = Format(valorcampo, "0.00") & " dB"
End Sub

‘lista para modelo de propagacion de okumura-hata
Sub Listahata()
If opchata1.Value = True Then
   caso = "Open"
End If
If opchata2.Value = True Then
```

```
   caso = "Suburban"
End If
If opchata3.Value = True Then
   caso = "Medium to Small City"
End If
If opchata4.Value = True Then
   caso = "Large City"
End If
Call abrirantena
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim azi As Double
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
cloni = phlon * 3600
clati = phlat * 3600
clonf = cphlon * 3600
clatf = cphlat * 3600
azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)
'calculo de la ganacia de antena
antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
If Int(azi) = 359 Then
   antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
End If
antgan = antgan - vminimo + guno
'fin de calculo de la ganacia de antena
'calculo del de valor de campo
valorcampo = puno + antgan - cper - Hata(cfq, auno, altrep, distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600,
clatf / 3600), caso) + coehata
levoni = Format(valorcampo, "0.00") & " dB"
End Sub

'modelo de propagacion itu
Sub Itumodel()
Call abrirantena
Dim limite As Integer
Dim lonl As Double
Dim latl As Double
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim iter As Integer
Dim diter As Integer
Dim numir As Integer
Dim clon(10000) As Double
Dim clat(10000) As Double
Dim corlon(10000) As Double
Dim corlat(10000) As Double
Dim pr As Integer
Dim kapi As Integer
Dim kapj As Integer
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim angl As Double
Dim dispx(10000) As Double
Dim kradio As Double
Dim altant As Double
Dim coox(10000) As Double
Dim cooy(10000) As Double
```

```
Dim altpp(10000) As Double
Dim antm As Double
Dim maximo As Double
Dim altrx As Double
Dim vista As Boolean
Dim pk As Integer
Dim rlat1 As Double
Dim rlon1 As Double
Dim azim As Double
Dim azi As Double
Dim azimut1 As Double
Dim azimut2 As Double
Dim permiso As Boolean
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
Dim xvr As Integer
Dim xvg As Integer
Dim xvb As Integer
Dim vmedio As Double
Dim resmin As Double
Dim valoracu As Double
Picture1.Visible = True
'calculo de coordenadas para los puntos superiores de la parte izquierda
rlon1 = xlon
rlat1 = xlat
cloni = -1 * (Val(txtlonag.Text) * 3600 + Val(txtlonam.Text) * 60 + Val(txtlonas.Text))
clati = -1 * (Val(txtlatag.Text) * 3600 + Val(txtlatam.Text) * 60 + Val(txtlatas.Text))
lonmin = rlon1 - Val(txtxg.Text) / 2
lonmax = rlon1 + Val(txtxg.Text) / 2
latmin = rlat1 - Val(txtxg.Text) / 2
latmax = rlat1 + Val(txtxg.Text) / 2
prbtrabajo.Min = 0
prbtrabajo.Max = 599
prbtrabajo.Visible = True
permiso = False
For kapi = 0 To 599
  For kapj = 0 To 599
   clonf = (lonmin + (lonmax - lonmin) / 599 * kapi) * 3600    clatf = (latmax + (latmin - latmax) / 599 * kapj) *
3600
   azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600) 'azimutv(lon1, lat1, lon2, lat2)
   If distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600) > rrade And distancia(cloni / 3600, clati / 3600,
clonf / 3600, clatf / 3600) < rrafin Then
'calculo de la ganancia de la antena
         antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
         If Int(azi) = 359 Then
            antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
         End If
         antgan = antgan - vminimo + guno
'termino de la ganancia de antena
'calculo del valor de campo
            valorcampo = Itu(cfq, auno, altrep, distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)) +
          antgan - cper + coeitu
'termino del calculo del valor de campo
            If valorcampo > rnide And valorcampo < rnifin Then
            vmedio = (rnide + rnifin) / 2
            If valorcampo < vmedio Then
               xvr = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
            Else
               xvr = 250
            End If
```

```
            If valorcampo > vmedio Then
               xvg = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - vmedio) / (rnifin - vmedio))
            Else
               xvg = 10
            End If
            If valorcampo < vmedio Then
               xvb = 250 + Int((10 - 250) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
            Else
               xvb = 10
            End If
            Call SetPixel(Picture1.hdc, kapi, kapj, RGB(xvr, xvg, xvb))
         End If
   End If 'de distance()>crangoini y <crangofin
   permiso = False
  Next kapj
  prbtrabajo.Value = Int(kapi)
Next kapi
lbltitulo.Visible = True
prbtrabajo.Visible = False
frareporte.Visible = True
Call pintarbarra
Call indicebarra
yaitu = True
frahata.Visible = False
fralon.Visible = False
lblxlonmin.Visible = True
lblxlatmax.Visible = True
lblxlatmin.Visible = True
lblxlonmax.Visible = True
End Sub

'modelo de propagacion de longley rice
Sub Listalongley()
Dim lat As Double
Dim lon As Double
Dim sele As String
Dim levo As String
Dim ele As String
Dim antgan As Double
Dim limite As Integer
Dim lon1 As Double
Dim lat1 As Double
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim iter As Integer
Dim diter As Integer
Dim numir As Integer
Dim clon(10000) As Double
Dim clat(10000) As Double
Dim corlon(10000) As Double
Dim corlat(10000) As Double
Dim pr As Integer
Dim kapi As Integer
Dim kapj As Integer
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim angl As Double
Dim dispx(10000) As Double
Dim kradio As Double
Dim altant As Double
```

```
Dim coox(10000) As Double
Dim cooy(10000) As Double
Dim altpp(10000) As Double
Dim antm As Double
Dim maximo As Double
Dim altrx As Double
Dim mpen As Double
Dim bpen As Double
Dim ypen As Double
Dim vista As Boolean
Dim pk As Integer
Dim latmin As Double
Dim latmax As Double
Dim lonmin As Double
Dim lonmax As Double
Dim rlatl As Double
Dim rlonl As Double
Dim valorcampo As Double
Dim valoracu As Double
Dim resolucion As Double
'calculo de linea de vista
cloni = phlon * 3600
clati = phlat * 3600
clonf = cphlon * 3600
clatf = cphlat * 3600
        If distancia(clati / 3600, cloni / 3600, clatf / 3600, clonf / 3600) < 0.2 Then
          resolucion = 5#
        Else
          resolucion = 90
        End If
'calculo de la ganancia de antena
        antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
        If Int(azi) = 359 Then
          antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
        End If
        antgan = antgan - vminimo + guno
'termino del calculo de la ganancia de la antena
        diter = Int(distancia(clati / 3600, cloni / 3600, clatf / 3600, clonf / 3600) * 1000 / resolucion)
        For numir = 0 To diter
          clon(numir) = cloni + (clonf - cloni) / diter * numir
          clat(numir) = clati + (clatf - clati) / diter * numir
        Next numir
'calculo de las cotas por cada punto
        For numir = 0 To diter ' altpp
          altpp(numir) = altura(clon(numir) / 3600, clat(numir) / 3600)
        Next numir
        xpElev(0) = diter
        xpElev(1) = resolucion
        For numir = 0 To diter
          xpElev(numir + 2) = altpp(numir)
        Next numir
        xpcjus = 22#
        xpfrq_mhz = cfq
        xptht_m = auno
        xprht_m = altrep
        xpeps_dielect = 15
        xpsgm_conductivity = 0.005
        xpeno_ns_surfref = 301
        xpradio_climate = 6
        xpconf = Val(txtconf.Text) / 100
```

```
        xprel = Val(txtrel.Text) / 100
        xpermnum = 1
        xpdBloss = 0#
        xpPropMode = 3
        xppol = 1
        Call point_to_pointMDH(xpElev(0), xptht_m, xprht_m, xpeps_dielect, xpsgm_conductivity, _
        xpeno_ns_surfref, xpfrq_mhz, xpradio_climate, xppol, xpconf, xprel, xpdBloss, xpPropMode, xpDeltaH,
xpermnum)
'calculo del valor de campo
        valorcampo = puno + antgan - cper - xpdBloss - xpcjus + coelongley
        levoni = Format(valorcampo, "0.00") & " dB"
End Sub

'calculo de coordenadas
Sub coordenadas1()
 Dim f1$
 Dim f2$
 lat = -12
 lon = -78
 Dim path As String
 Dim fn As Integer, i As Long, j As Long
 Dim h As Long, p As Long, n As Long
 On Error GoTo fin
 Screen.MousePointer = vbHourglass
 If lat < 0 Then f$ = "S" Else f$ = "N"
 f$ = "\" & f$ & Format(Abs(lat), "00")
 f1$ = path & f$
 f2$ = path & f$ & f$
 If lon < 0 Then f$ = "W" Else f$ = "E"
 f$ = f$ & Format(Abs(lon), "000") & ".hgt"
 f1$ = f1$ & f$
 f2$ = f2$ & f$
 f$ = ""
 Me.Refresh
 If Dir(f1$) <> "" Then
  f$ = f1$
 Else
  If Dir(f2$) <> "" Then f$ = f2$
 End If
 If f$ <> "" Then
  p = FileLen(f$)
  If p < 2500000# Or p > 3000000# Then GoTo fin
  fn = FreeFile
  ReDim srtm(0 To 1, 0 To 1200, 0 To 1200) As Byte
  Open f$ For Binary Access Read As #fn
   Get #fn, , srtm
  Close #fn
  For i = 0 To 1200
   For j = 0 To 1200
    h = srtm(0, i, j)
    If h < 128 Then
     h = h * 256 + srtm(1, i, j)
    Else
     h = h * 256 + srtm(1, i, j) - 65536
    End If
    If h > -1000 Then
     elevacion(i, j) = h
    Else
     n = n + 1
    End If
```

```
  Next j
 Next i
 f$ = Str(n) & "" & f$
Else
 f$ = f1$ & ""
End If
fin:
If Err > 0 Then Resume fin
On Error Resume Next
Screen.MousePointer = vbDefault
DoEvents
End Sub

'calculo de coordenadas
Sub coordenadas2()
Dim f1$
Dim f2$
lat = -12
lon = -77
Dim path As String
Dim fn As Integer, i As Long, j As Long
Dim h As Long, p As Long, n As Long
On Error GoTo fin
Screen.MousePointer = vbHourglass
If lat < 0 Then f$ = "S" Else f$ = "N"
f$ = "\" & f$ & Format(Abs(lat), "00")
f1$ = path & f$
f2$ = path & f$ & f$
If lon < 0 Then f$ = "W" Else f$ = "E"
f$ = f$ & Format(Abs(lon), "000") & ".hgt"
f1$ = f1$ & f$
f2$ = f2$ & f$
f$ = ""
Me.Refresh
If Dir(f1$) <> "" Then
 f$ = f1$
Else
 If Dir(f2$) <> "" Then f$ = f2$
End If
If f$ <> "" Then
 p = FileLen(f$)
 If p < 2500000# Or p > 3000000# Then GoTo fin
 fn = FreeFile
 ReDim srtm(0 To 1, 0 To 1200, 0 To 1200) As Byte
 Open f$ For Binary Access Read As #fn
  Get #fn, , srtm
 Close #fn
 For i = 0 To 1200
  For j = 0 To 1200
   h = srtm(0, i, j)
   If h < 128 Then
    h = h * 256 + srtm(1, i, j)
   Else
    h = h * 256 + srtm(1, i, j) - 65536
   End If
   If h > -1000 Then
    elevacion(i + 1200, j) = h
   Else
    n = n + 1
   End If
```

```
  Next j
 Next i
 f$ = Str(n) & " " & f$
Else
 f$ = f1$ & ""
End If
fin:
If Err > 0 Then Resume fin
On Error Resume Next
Screen.MousePointer = vbDefault
DoEvents
End Sub

'calculo de coordenadas
Sub coordenadas3()
Dim f1$
Dim f2$
lat = -13
lon = -78
Dim path As String
Dim fn As Integer, i As Long, j As Long
Dim h As Long, p As Long, n As Long
On Error GoTo fin
Screen.MousePointer = vbHourglass
If lat < 0 Then f$ = "S" Else f$ = "N"
f$ = "\" & f$ & Format(Abs(lat), "00")
f1$ = path & f$
f2$ = path & f$ & f$
If lon < 0 Then f$ = "W" Else f$ = "E"
f$ = f$ & Format(Abs(lon), "000") & ".hgt"
f1$ = f1$ & f$
f2$ = f2$ & f$
f$ = ""
Me.Refresh
If Dir(f1$) <> "" Then
 f$ = f1$
Else
 If Dir(f2$) <> "" Then f$ = f2$
End If
If f$ <> "" Then
 p = FileLen(f$)
 If p < 2500000# Or p > 3000000# Then GoTo fin
 fn = FreeFile
 ReDim srtm(0 To 1, 0 To 1200, 0 To 1200) As Byte
 Open f$ For Binary Access Read As #fn
  Get #fn, , srtm
 Close #fn
 For i = 0 To 1200
  For j = 0 To 1200
   h = srtm(0, i, j)
   If h < 128 Then
    h = h * 256 + srtm(1, i, j)
   Else
    h = h * 256 + srtm(1, i, j) - 65536
   End If
   If h > -1000 Then
    elevacion(i, j + 1200) = h
   Else
    n = n + 1
   End If
```

```
  Next j
 Next i
 f$ = Str(n) & "" & f$
Else
 f$ = f1$ & ""
End If
fin:
If Err > 0 Then Resume fin
On Error Resume Next
Screen.MousePointer = vbDefault
DoEvents
End Sub

'calculo de coordenadas
Sub coordenadas4()
Dim f1$
Dim f2$
lat = -13
lon = -77
Dim path As String
Dim fn As Integer, i As Long, j As Long
Dim h As Long, p As Long, n As Long
On Error GoTo fin
Screen.MousePointer = vbHourglass
If lat < 0 Then f$ = "S" Else f$ = "N"
f$ = "\" & f$ & Format(Abs(lat), "00")
f1$ = path & f$
f2$ = path & f$ & f$
If lon < 0 Then f$ = "W" Else f$ = "E"
f$ = f$ & Format(Abs(lon), "000") & ".hgt"
f1$ = f1$ & f$
f2$ = f2$ & f$
f$ = ""
Me.Refresh
If Dir(f1$) <> "" Then
 f$ = f1$
Else
 If Dir(f2$) <> "" Then f$ = f2$
End If
If f$ <> "" Then
 p = FileLen(f$)
 If p < 2500000# Or p > 3000000# Then GoTo fin
 fn = FreeFile
 ReDim srtm(0 To 1, 0 To 1200, 0 To 1200) As Byte
 Open f$ For Binary Access Read As #fn
  Get #fn, , srtm
 Close #fn
 For i = 0 To 1200
  For j = 0 To 1200
   h = srtm(0, i, j)
   If h < 128 Then
    h = h * 256 + srtm(1, i, j)
   Else
    h = h * 256 + srtm(1, i, j) - 65536
   End If
   If h > -1000 Then
    elevacion(i + 1200, j + 1200) = h
   Else
    n = n + 1
   End If
```

```
  Next j
 Next i
 f$ = Str(n) & " " & f$
Else
 f$ = f1$ & " "
End If
fin:
If Err > 0 Then Resume fin
On Error Resume Next
Screen.MousePointer = vbDefault
DoEvents
End Sub

Private Sub cmdcalculo_Click()
Dim i As Integer
Dim los As Integer
cfq = Val(txtfq.Text)
cper = Val(txtper.Text)
altrep = Val(txtrcp.Text)
kp = Val(txtk.Text)
rnide = Val(txtderx.Text)
rnifin = Val(txthastarx.Text)
rrade = Val(txtrangoini.Text)
rrafin = Val(txtrangofin.Text)
puno = 10 * Log(Val(txtpuno.Text) * 1000) / Log(10)
guno = Val(txtguno.Text)
auno = Val(txtauno.Text)
aziuno = Val(txtaziuno.Text)
cuno = cboantena.List(cboantena.ListIndex)
piuno = Val(txtpuno.Text)
valormaximo = 0

If opcuno.Value = True Then
   frahata.Visible = True
   frahata.Top = 72
   frahata.Left = 552
End If
If opcdos.Value = True Then
   fraccir.Visible = True
   fraccir.Top = 72
   fraccir.Left = 552
   txtbuil.Text = ""
   txtbuil.SetFocus
End If
If opctres.Value = True Then
   fracost231.Visible = True
   fracost231.Top = 72
   fracost231.Left = 552
End If
If opccuatro.Value = True Then
   frawi.Visible = True
   frawi.Top = 72
   frawi.Left = 552
   txtsep.Text = ""
   txtancho.Text = ""
   txthpe.Text = ""
   txthpe.SetFocus
End If
If opccinco.Value = True Then
   fralongley.Visible = True
```

```
    fralongley.Top = 72
    fralongley.Left = 552
    txtrel.Text = "50"
    txtconf.Text = "50"
    txtrel.SetFocus
End If
If opcseis.Value = True Then
    Call Itumodel
End If
If opcsiete.Value = True Then
    fralee.Visible = True
    fralee.Top = 72
    fralee.Left = 552
    txtlee.Text = ""
    txtlee.SetFocus
End If
End Sub

Private Sub cmdccir_Click()
If txtbuil.Text <> "" And Val(txtbuil.Text) <> 0 Then
buil = Val(txtbuil.Text)
Call abrirantena
Dim limite As Integer
Dim lonl As Double
Dim latl As Double
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim iter As Integer
Dim diter As Integer
Dim numir As Integer
Dim clon(10000) As Double
Dim clat(10000) As Double
Dim corlon(10000) As Double
Dim corlat(10000) As Double
Dim pr As Integer
Dim kapi As Integer
Dim kapj As Integer
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim angl As Double
Dim dispx(10000) As Double
Dim kradio As Double
Dim altant As Double
Dim coox(10000) As Double
Dim cooy(10000) As Double
Dim altpp(10000) As Double
Dim antm As Double
Dim maximo As Double
Dim altrx As Double
Dim vista As Boolean
Dim pk As Integer
Dim rlatl As Double
Dim rlonl As Double
Dim azim As Double
Dim azi As Double
Dim azimutl As Double
Dim azimut2 As Double
Dim permiso As Boolean
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
```

```
Dim xvr As Integer
Dim xvg As Integer
Dim xvb As Integer
Dim vmedio As Double
Dim resmin As Double
Dim valoracu As Double
Picture1.Visible = True
'calculo de las coordenadas del punto superior izquierdo
rlon1 = xlon
rlat1 = xlat
cloni = -1 * (Val(txtlonag.Text) * 3600 + Val(txtlonam.Text) * 60 + Val(txtlonas.Text))
clati = -1 * (Val(txtlatag.Text) * 3600 + Val(txtlatam.Text) * 60 + Val(txtlatas.Text))
lonmin = rlon1 - Val(txtxg.Text) / 2
lonmax = rlon1 + Val(txtxg.Text) / 2
latmin = rlat1 - Val(txtxg.Text) / 2
latmax = rlat1 + Val(txtxg.Text) / 2
prbtrabajo.Min = 0
prbtrabajo.Max = 599
prbtrabajo.Visible = True
permiso = False
For kapi = 0 To 599
 For kapj = 0 To 599
  clonf = (lonmin + (lonmax - lonmin) / 599 * kapi) * 3600
  clatf = (latmax + (latmin - latmax) / 599 * kapj) * 3600 ' volviendo a la normalidad
  azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600) 'azimutv(lon1, lat1, lon2, lat2)
  If distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600) > (rrade) And distancia(cloni / 3600, clati /
3600, clonf / 3600, clatf / 3600) < (rrafin) Then
'calculo del valor de la ganancia
        antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
        If Int(azi) = 359 Then
          antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
        End If
        antgan = antgan - vminimo + guno
'termina calculo de la ganancia
'calculo del valor del campo
'la frecuencia esta en hz, altura de la estacion base en metros, altura del movil en metros, distancia en km,
'porcentaje en %
        valorcampo = puno + antgan - cper - ccir(cfq, auno, altrep, distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf /
3600, clatf / 3600), buil) + coeccir
        If valorcampo > rnide And valorcampo < rnifin Then
          vmedio = (rnide + rnifin) / 2
          If valorcampo < vmedio Then
            xvr = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
          Else
            xvr = 250
          End If
          If valorcampo > vmedio Then
            xvg = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - vmedio) / (rnifin - vmedio))
          Else
            xvg = 10
          End If
          If valorcampo < vmedio Then
            xvb = 250 + Int((10 - 250) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
          Else
            xvb = 10
          End If
          Call SetPixel(Picture1.hdc, kapi, kapj, RGB(xvr, xvg, xvb))
        End If
  End If 'de distance()>crangoini y <crangofin
  permiso = False
```

```
  Next kapj
  prbtrabajo.Value = Int(kapi)
Next kapi
yaccir = True
fraccir.Visible = False
fralon.Visible = False
lblxlonmin.Visible = True
lblxlatmax.Visible = True
lblxlatmin.Visible = True
lblxlonmax.Visible = True
End If ' de If txtbuil.Text <> "" And Val(txtbuil.Text) <> 0 Then
End Sub

Call abrirantena
Dim limite As Integer
Dim lonl As Double
Dim latl As Double
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim iter As Integer
Dim diter As Integer
Dim numir As Integer
Dim clon(10000) As Double
Dim clat(10000) As Double
Dim corlon(10000) As Double
Dim corlat(10000) As Double
Dim pr As Integer
Dim kapi As Integer
Dim kapj As Integer
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim angl As Double
Dim dispx(10000) As Double
Dim kradio As Double
Dim altant As Double
Dim coox(10000) As Double
Dim cooy(10000) As Double
Dim altpp(10000) As Double
Dim antm As Double
Dim maximo As Double
Dim altrx As Double
Dim vista As Boolean
Dim pk As Integer
Dim rlatl As Double
Dim rlonl As Double
Dim azim As Double
Dim azi As Double
Dim azimutl As Double
Dim azimut2 As Double
Dim permiso As Boolean
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
Dim xvr As Integer
Dim xvg As Integer
Dim xvb As Integer
Dim vmedio As Double
Dim resmin As Double
Dim valoracu As Double
Picture1.Visible = True
'Picture1.Line (300, 300 - 8)-(300, 300 + 9), vbBlack
```

```
'Picture1.Line (300 - 8, 300)-(300 + 9, 300), vbBlack
rlon1 = xlon
rlat1 = xlat
cloni = -1 * (Val(txtlonag.Text) * 3600 + Val(txtlonam.Text) * 60 + Val(txtlonas.Text))
clati = -1 * (Val(txtlatag.Text) * 3600 + Val(txtlatam.Text) * 60 + Val(txtlatas.Text))
'Text1.Text = Str(lonmin)
lonmin = rlon1 - Val(txtxg.Text) / 2
lonmax = rlon1 + Val(txtxg.Text) / 2
latmin = rlat1 - Val(txtxg.Text) / 2
latmax = rlat1 + Val(txtxg.Text) / 2
prbtrabajo.Min = 0
prbtrabajo.Max = 599
prbtrabajo.Visible = True
permiso = False
For kapi = 0 To 599
  For kapj = 0 To 599
   clonf = (lonmin + (lonmax - lonmin) / 599 * kapi) * 3600
   clatf = (latmax + (latmin - latmax) / 599 * kapj) * 3600
   azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)
   If distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600) > rrade And distancia(cloni / 3600, clati / 3600,
clonf / 3600, clatf / 3600) < rrafin Then
         antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
         If Int(azi) = 359 Then
            antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
         End If
         antgan = antgan - vminimo + guno
         valorcampo = puno + antgan - cper - Hata(cfq, auno, altrep, distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf /
3600, clatf / 3600), caso) + coehata
         If valorcampo > rnide And valorcampo < rnifin Then
            vmedio = (rnide + rnifin) / 2
            If valorcampo < vmedio Then
               xvr = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
            Else
               xvr = 250
            End If
            If valorcampo > vmedio Then
               xvg = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - vmedio) / (rnifin - vmedio))
            Else
               xvg = 10
            End If
            If valorcampo < vmedio Then
               xvb = 250 + Int((10 - 250) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
            Else
               xvb = 10
            End If
            Call SetPixel(Picture1.hdc, kapi, kapj, RGB(xvr, xvg, xvb))
         End If
   End If 'de distance()>crangoini y <crangofin
   permiso = False
  Next kapj
  prbtrabajo.Value = Int(kapi)
Next kapi
fralon.Visible = False
lbltitulo.Visible = True
lblxnombre.Caption = txtnombre.Text
lblxlatitud.Caption = "S " & conver(rlat1)
lblxlongitud.Caption = "W " & conver(rlon1)
lblxlatmax.Caption = "S " & conver(latmax)
lblxlatmin.Caption = "S " & conver(latmin)
lblxlonmin.Caption = "W " & conver(lonmin)
```

```
lblxlonmax.Caption = "W " & conver(lonmax)
prbtrabajo.Visible = False
frareporte.Visible = True
Call pintarbarra
Call indicebarra
yahata = True
frahata.Visible = False
fralon.Visible = False
lblxlonmin.Visible = True
lblxlatmax.Visible = True
lblxlatmin.Visible = True
lblxlonmax.Visible = True
End Sub
Private Sub cmdhatacerrar_Click()
frahata.Visible = False
End Sub
Private Sub cmdinforme_Click()
Call Reporte
informe.Show
End Sub


Private Sub cmdlee_Click()
leebuil = Val(txtlee.Text)
Call abrirantena
Dim limite As Integer
Dim lon1 As Double
Dim lat1 As Double
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim iter As Integer
Dim diter As Integer
Dim numir As Integer
Dim clon(10000) As Double
Dim clat(10000) As Double
Dim corlon(10000) As Double
Dim corlat(10000) As Double
Dim pr As Integer
Dim kapi As Integer
Dim kapj As Integer
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim angl As Double
Dim dispx(10000) As Double
Dim kradio As Double
Dim altant As Double
Dim coox(10000) As Double
Dim cooy(10000) As Double
Dim altpp(10000) As Double
Dim antm As Double
Dim maximo As Double
Dim altrx As Double
Dim vista As Boolean
Dim pk As Integer
Dim rlat1 As Double
Dim rlon1 As Double
Dim azim As Double
Dim azi As Double
Dim azimut1 As Double
Dim azimut2 As Double
```

```
Dim permiso As Boolean
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
Dim xvr As Integer
Dim xvg As Integer
Dim xvb As Integer
Dim vmedio As Double
Dim resmin As Double
Dim valoracu As Double
Picture1.Visible = Trae
'calculo de las coordenadas del punto superior izquierdo
rlon1 = xlon
rlat1 = xlat
cloni = -1 * (Val(txtlonag.Text) * 3600 + Val(txtlonam.Text) * 60 + Val(txtlonas.Text))
clati = -1 * (Val(txtlatag.Text) * 3600 + Val(txtlatam.Text) * 60 + Val(txtlatas.Text))
lonmin = rlon1 - Val(txtxg.Text) / 2
lonmax = rlon1 + Val(txtxg.Text) / 2
latmin = rlat1 - Val(txtxg.Text) / 2
latmax = rlat1 + Val(txtxg.Text) / 2
prbtrabajo.Min = 0
prbtrabajo.Max = 599
prbtrabajo.Visible = True
permiso = False
For kapi = 0 To 599
  For kapj = 0 To 599
   clonf = (lonmin + (lonmax - lonmin) / 599 * kapi) * 3600
   clatf = (latmax + (latmin - latmax) / 599 * kapj) * 3600
   azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600) 'azimutv(lon1, lat1, lon2, lat2)
   If distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600) > (rrade) And distancia(cloni / 3600, clati /
3600, clonf / 3600, clatf / 3600) < (rrafin) Then
'calculo de la ganancia de antena
        antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
        If Int(azi) = 359 Then
           antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
        End If
        antgan = antgan - vminimo + guno
'termino del calculo de la ganancia de la antena
'calculo del valor de campo
'la frecuencia esta en mhz, altura de estacion base en metros., altura del receptor en metros, distamcia en km.
        valorcampo = puno + antgan - cper - Lee(auno, distancia(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf /
3600), leebuil) - coelee
        If valorcampo > rnide And valorcampo < rnifin Then
           vmedio = (rnide + rnifin) / 2
           If valorcampo < vmedio Then
              xvr = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
           Else
              xvr = 250
           End If
           If valorcampo > vmedio Then
              xvg = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - vmedio) / (rnifin - vmedio))
           Else
              xvg = 10
           End If
           If valorcampo < vmedio Then
              xvb = 250 + Int((10 - 250) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
           Else
              xvb = 10
           End If
           Call SetPixel(Picture1.hdc, kapi, kapj, RGB(xvr, xvg, xvb))
```

```
        End If
    End If 'de distance()>crangoini y <crangofin
    permiso = False
   Next kapj
   prbtrabajo.Value = Int(kapi)
Next kapi
lbltitulo.Visible = True
lblxnombre.Caption = txtnombre.Text
lblxlatitud.Caption = "S " & conver(rlatl)
lblxlongitud.Caption = "W " & conver(rlonl)
lblxlatmax.Caption = "S " & conver(latmax)
lblxlatmin.Caption = "S " & conver(latmin)
lblxlonmin.Caption = "W " & conver(lonmin)
lblxlonmax.Caption = "W " & conver(lonmax)
prbtrabajo.Visible = False
frareporte.Visible = True
Call pintarbarra
Call indicebarra
yalee = True
fralee.Visible = False
fralon.Visible = False
lblxlonmin.Visible = True
lblxlatmax.Visible = True
lblxlatmin.Visible = True
lblxlonmax.Visible = True
End Sub

Private Sub cmdlongley_Click()
rel = Val(txtrel.Text)
conf = Val(txtconf.Text)
If Not base Then
   base = True
   Call BasedeDatos
End If
Call abrirantena
Dim limite As Integer
Dim lonl As Double
Dim latl As Double
Dim cloni As Double
Dim clati As Double
Dim iter As Integer
Dim diter As Integer
Dim numir As Integer
Dim clon(10000) As Double
Dim clat(10000) As Double
Dim corlon(10000) As Double
Dim corlat(10000) As Double
Dim pr As Integer
Dim kapi As Integer
Dim kapj As Integer
Dim clonf As Double
Dim clatf As Double
Dim angl As Double
Dim dispx(10000) As Double
Dim kradio As Double
Dim altant As Double
Dim coox(10000) As Double
Dim cooy(10000) As Double
Dim altpp(10000) As Double
Dim antm As Double
```

```
Dim maximo As Double
Dim altrx As Double
Dim vista As Boolean
Dim pk As Integer
Dim rlat1 As Double
Dim rlon1 As Double
Dim azim As Double
Dim azi As Double
Dim azimut1 As Double
Dim azimut2 As Double
Dim permiso As Boolean
Dim valorcampo As Double
Dim antgan As Double
Dim xvr As Integer
Dim xvg As Integer
Dim xvb As Integer
Dim vmedio As Double
Dim resolucion As Double
Dim valoracu As Double
Picture1.Visible = True
Picture1.Line (300, 300 - 8)-(300, 300 + 9), vbBlack
Picture1.Line (300 - 8, 300)-(300 + 9, 300), vbBlack
'calculo de las coordenadas del punto superior izquierdo, punto de referencia para el barrido
rlon1 = xlon
rlat1 = xlat
cloni = -1 * (Val(txtlonag.Text) * 3600 + Val(txtlonam.Text) * 60 + Val(txtlonas.Text))
clati = -1 * (Val(txtlatag.Text) * 3600 + Val(txtlatam.Text) * 60 + Val(txtlatas.Text))
lonmin = rlon1 - Val(txtxg.Text) / 2
lonmax = rlon1 + Val(txtxg.Text) / 2
latmin = rlat1 - Val(txtxg.Text) / 2
latmax = rlat1 + Val(txtxg.Text) / 2
prbtrabajo.Min = 0
prbtrabajo.Max = 599
prbtrabajo.Visible = True
permiso = False
For kapi = 0 To 599 Step 2
  For kapj = 0 To 599 Step 2
   clonf = (lonmin + (lonmax - lonmin) / 599 * kapi) * 3600
   clatf = (latmax + (latmin - latmax) / 599 * kapj) * 3600
   azi = azimutv(cloni / 3600, clati / 3600, clonf / 3600, clatf / 3600)
   If distancia(clati / 3600, cloni / 3600, clatf / 3600, clonf / 3600) > rrade And distancia(clati / 3600, cloni / 3600,
clatf / 3600, clonf / 3600) < rrafin Then
        If distancia(clati / 3600, cloni / 3600, clatf / 3600, clonf / 3600) < 0.2 Then
           resolucion = 1.5
        Else
           resolucion = 90
        End If
        antgan = (antenauno(Int(azi)) - antenauno(Int(azi) + 1)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(Int(azi) + 1)
        If Int(azi) = 359 Then
           antgan = (antenauno(359) - antenauno(0)) * (Int(azi) + 1 - azi) + antenauno(0)
        End If
'calculo del valor de la ganancia de antena
        antgan = antgan - vminimo + guno
        diter = Int(distancia(clati / 3600, cloni / 3600, clatf / 3600, clonf / 3600) * 1000 / resolucion)
        For numir = 0 To diter
           clon(numir) = cloni + (clonf - cloni) / diter * numir
           clat(numir) = clati + (clatf - clati) / diter * numir
        Next Numir

'calculo de las cotas
```

```
        For numir = 0 To diter
           altpp(numir) = altura(clon(numir) / 3600, clat(numir) / 3600)
        Next numir
        xpElev(0) = diter
        xpElev(1) = resolucion
        For numir = 0 To diter
           xpElev(numir + 2) = altpp(numir)
        Next numir
        xpcjus = 22#
        xpfrq_mhz = cfq
        xptht_m = auno
        xprht_m = altrep
        xpeps_dielect = 15
        xpsgm_conductivity = 0.005
        xpeno_ns_surfref = 301
        xpradio_climate = 6
        xpconf = conf / 100
        xprel = rel / 100
        xperrnum = 1
        xpdBloss = 0#
        xpPropMode = 3
        xppol = 1
'calculo del valor de campo
        Call point_to_pointMDH(xpElev(0), xptht_m, xprht_m, xpeps_dielect, xpsgm_conductivity, _
        xpeno_ns_surfref, xpfrq_mhz, xpradio_climate, xppol, xpconf, xprel, xpdBloss, xpPropMode, xpDeltaH,
xperrnum)
        valorcampo = puno + antgan - cper - xpdBloss - xpcjus + coelongley
        If valorcampo > rnide And valorcampo < rnifin Then
           vmedio = (rnide + rnifin) / 2
           If valorcampo < vmedio Then
              xvr = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
           Else
              xvr = 250
           End If
           If valorcampo > vmedio Then
              xvg = 10 + Int((250 - 10) * (valorcampo - vmedio) / (rnifin - vmedio))
           Else
              xvg = 10
           End If
           If valorcampo < vmedio Then
              xvb = 250 + Int((10 - 250) * (valorcampo - rnide) / (vmedio - rnide))
           Else
              xvb = 10
           End If
           pk = kapj
           pr = kapi
           Call SetPixel(Picture1.hdc, pr + 0, pk + 0, RGB(xvr, xvg, xvb))
           Call SetPixel(Picture1.hdc, pr + 1, pk + 0, RGB(xvr, xvg, xvb))
           Call SetPixel(Picture1.hdc, pr + 0, pk + 1, RGB(xvr, xvg, xvb))
           Call SetPixel(Picture1.hdc, pr + 1, pk + 1, RGB(xvr, xvg, xvb))
        End If
     End If 'de distance()>crangoini y <crangofin
     permiso = False
  Next kapj
  prbtrabajo.Value = Int(kapi)
Next kapi
prbtrabajo.Visible = False
frareporte.Visible = True
Call pintarbarra
Call indicebarra
```

```
yalongley = True
fralongley.Visible = False
fralon.Visible = False
lblxlonmin.Visible = True
lblxlatmax.Visible = True
lblxlatmin.Visible = True
lblxlonmax.Visible = True
End Sub

'prepara salida grafica
Private Sub cmdokgrafico_Click()
Dim lon1 As Double
Dim lat1 As Double
ynombre = txtnombre.Text
ycodigo = txtcodigo.Text
dimencion = Val(txtxg.Text)
xlon = -1 * (Val(txtlonag.Text) + Val(txtlonam.Text) / 60 + Val(txtlonas.Text) / 3600)
xlat = -1 * (Val(txtlatag.Text) + Val(txtlatam.Text) / 60 + Val(txtlatas.Text) / 3600)
phlon = xlon
phlat = xlat
latmax = xlat + Val(txtxg.Text) / 2
latmin = xlat - Val(txtxg.Text) / 2
lonmax = xlon + Val(txtxg.Text) / 2
lonmin = xlon - Val(txtxg.Text) / 2
fracentro.Visible = False
valordistancia = distancia(xlon - Val(txtxg.Text) * 0.5, xlat, xlon + Val(txtxg.Text) * 0.5, xlat) * 1000 / 600 'en
metros
End Sub

Private Sub Opcionorigen_Click()
fracentro.Visible = True
txtnombre.SetFocus
txtlonag.Text = ""
txtlonam.Text = ""
txtlonas.Text = ""
txtlatag.Text = ""
txtlatam.Text = ""
txtlatas.Text = ""
txtnombre.Text = ""
txtcodigo.Text = ""
txtxg.Text = ""
lblyg.Caption = ""
lblxkm.Caption = ""
lblykm.Caption = ""
End Sub

Private Sub txtxg_Change()
Dim lon1 As Double
Dim lat1 As Double
lon1 = -1 * (Val(txtlonag.Text) + Val(txtlonam.Text) / 60 + Val(txtlonas.Text) / 3600)
lat1 = -1 * (Val(txtlatag.Text) + Val(txtlatam.Text) / 60 + Val(txtlatas.Text) / 3600)
lado = distancia(lon1 - Val(txtxg.Text) * 0.5, lat1, lon1 + Val(txtxg.Text) * 0.5, lat1)
lblyg.Caption = txtxg.Text
lblxkm.Caption = Format(distancia(lon1 - Val(txtxg.Text) * 0.5, lat1, lon1 + Val(txtxg.Text) * 0.5, lat1), "0.00")
lblykm.Caption = Format(distancia(lon1, lat1 - Val(txtxg.Text) * 0.5, lon1, lat1 + Val(txtxg.Text) * 0.5), "0.00")
End Sub
```

B.4 MODELO DE HATA - VALORES DE MEDICIÓN Y VALORES ESTIMADOS

	Longitud	Latitud	Valor de Medición	Valor de Predicción	Error	Corrección	Error de Corrección
1	-77.09683	-12.04825	-74.7	-80.22	5.52	-79.22	4.52
2	-77.09667	-12.048233	-75.1	-80.22	5.12	-79.22	4.12
3	-77.0965	-12.048233	-75.6	-80.27	4.67	-79.27	3.67
4	-77.0965	-12.048217	-76.5	-80.35	3.85	-79.35	2.85
5	-77.09633	-12.0482	-77.7	-80.43	2.73	-79.43	1.73
6	-77.09617	-12.0482	-75.6	-80.52	4.92	-79.52	3.92
7	-77.096	-12.048183	-74.6	-80.71	6.11	-79.71	5.11
8	-77.096	-12.048167	-75.7	-80.78	5.08	-79.78	4.08
9	-77.09583	-12.048167	-76.9	-80.97	4.07	-79.97	3.07
10	-77.09567	-12.04815	-77.5	-81.16	3.66	-80.16	2.66
11	-77.0955	-12.048133	-76.5	-81.45	4.95	-80.45	3.95
12	-77.0955	-12.048117	-78	-81.51	3.51	-80.51	2.51
13	-77.09533	-12.048117	-80.2	-81.68	1.48	-80.68	0.48
14	-77.09517	-12.0481	-79.9	-81.96	2.06	-80.96	1.06
15	-77.095	-12.048083	-78.3	-82.27	3.97	-81.27	2.97
16	-77.09483	-12.048067	-77	-82.58	5.58	-81.58	4.58
17	-77.09467	-12.048067	-78.1	-82.84	4.74	-81.84	3.74
18	-77.09467	-12.04805	-78.8	-82.89	4.09	-81.89	3.09
19	-77.0945	-12.048033	-80.7	-83.21	2.51	-82.21	1.51
20	-77.09417	-12.048017	-78.8	-83.79	4.99	-82.79	3.99
21	-77.094	-12.048	-79.7	-84.1	4.4	-83.1	3.4
22	-77.09383	-12.047983	-81.5	-84.42	2.92	-83.42	1.92
23	-77.09367	-12.047967	-81.7	-84.72	3.02	-83.72	2.02
24	-77.0935	-12.04795	-79.8	-85.03	5.23	-84.03	4.23
25	-77.09333	-12.047933	-83.1	-85.34	2.24	-84.34	1.24
26	-77.09317	-12.047917	-81.9	-85.64	3.74	-84.64	2.74
27	-77.093	-12.047917	-82	-85.93	3.93	-84.93	2.93
28	-77.09283	-12.0479	-83.6	-86.3	2.7	-85.3	1.7
29	-77.09267	-12.047883	-82	-86.61	4.61	-85.61	3.61
30	-77.0925	-12.047867	-81.7	-86.9	5.2	-85.9	4.2
31	-77.09233	-12.04785	-83.7	-87.19	3.49	-86.19	2.49
32	-77.09217	-12.04785	-82.5	-87.48	4.98	-86.48	3.98
33	-77.092	-12.047883	-83.5	-87.75	4.25	-86.75	3.25
34	-77.09183	-12.047883	-83.9	-88	4.1	-87	3.1
35	-77.09167	-12.047883	-83.5	-88.25	4.75	-87.25	3.75
36	-77.09167	-12.047867	-85.1	-88.28	3.18	-87.28	2.18
37	-77.0915	-12.04785	-84.2	-88.56	4.36	-87.56	3.36
38	-77.09133	-12.047833	-85.7	-88.86	3.16	-87.86	2.16
39	-77.09117	-12.047833	-86.4	-89.16	2.76	-88.16	1.76
40	-77.091	-12.047817	-85.5	-89.45	3.95	-88.45	2.95
41	-77.09083	-12.0478	-85	-89.71	4.71	-88.71	3.71
42	-77.09067	-12.047767	-83.7	-90	6.3	-89	5.3
43	-77.0905	-12.04775	-85	-90.26	5.26	-89.26	4.26
44	-77.09033	-12.047717	-85	-90.54	5.54	-89.54	4.54
45	-77.09017	-12.0477	-85.5	-90.79	5.29	-89.79	4.29
46	-77.08983	-12.047683	-86.3	-91.32	5.02	-90.32	4.02
47	-77.08967	-12.047667	-84.4	-91.59	7.19	-90.59	6.19
48	-77.0895	-12.04765	-83.2	-91.86	8.66	-90.86	7.66
49	-77.08933	-12.047633	-83.2	-92.13	8.93	-91.13	7.93
50	-77.08917	-12.047617	-83.6	-92.39	8.79	-91.39	7.79
51	-77.089	-12.0476	-83.1	-92.65	9.55	-91.65	8.55
52	-77.08883	-12.0476	-84.1	-92.86	8.76	-91.86	7.76

53	-77.08867	-12.047583	-84.2	-93.08	8.88	-92.08	7.88
54	-77.0885	-12.047567	-88.6	-93.31	4.71	-92.31	3.71
55	-77.08833	-12.047567	-86.3	-93.53	7.23	-92.53	6.23
56	-77.08817	-12.047567	-86.5	-93.77	7.27	-92.77	6.27
57	-77.088	-12.04755	-86.7	-94.01	7.31	-93.01	6.31
58	-77.08783	-12.047533	-91.9	-94.24	2.34	-93.24	1.34
59	-77.08767	-12.047517	-91.425	-94.45	3.025	-93.45	2.025
60	-77.0875	-12.047517	-93.4	-94.65	1.25	-93.65	0.25
61	-77.0875	-12.0475	-93.9	-94.66	0.76	-93.66	0.24
62	-77.0875	-12.047517	-91.5	-94.65	3.15	-93.65	2.15
63	-77.08733	-12.047583	-94.4	-94.79	0.39	-93.79	0.61
64	-77.08733	-12.047683	-94.1	-94.74	0.64	-93.74	0.36
65	-77.08733	-12.047783	-91.9	-94.69	2.79	-93.69	1.79
66	-77.08733	-12.047933	-89.3	-94.56	5.26	-93.56	4.26
67	-77.08733	-12.048083	-94.8	-94.46	0.34	-93.46	1.34
68	-77.08733	-12.048217	-96.7	-94.4	2.3	-93.4	3.3
69	-77.08733	-12.04835	-90.5	-94.35	3.85	-93.35	2.85
70	-77.08733	-12.048467	-85.3	-94.29	8.99	-93.29	7.99
71	-77.08733	-12.0486	-85	-94.17	9.17	-93.17	8.17
72	-77.08733	-12.048733	-88.8	-94.1	5.3	-93.1	4.3
73	-77.08733	-12.04885	-89.9	-94.06	4.16	-93.06	3.16
74	-77.08733	-12.048917	-88.09091	-94.04	5.94909	-93.04	4.94909091
75	-77.08733	-12.048967	-85.2	-94.02	8.82	-93.02	7.82
76	-77.08733	-12.049	-81.8	-94.01	12.21	-93.01	11.21
77	-77.08733	-12.049017	-81	-94.01	13.01	-93.01	12.01
78	-77.0875	-12.049017	-83.2	-93.77	10.57	-92.77	9.57
79	-77.08767	-12.049033	-85	-93.52	8.52	-92.52	7.52
80	-77.08783	-12.04905	-83.05	-93.27	10.22	-92.27	9.22
81	-77.088	-12.04905	-80.3	-93.03	12.73	-92.03	11.73
82	-77.08817	-12.049067	-82.25	-92.77	10.52	-91.77	9.52
83	-77.08833	-12.049067	-82.1	-92.52	10.42	-91.52	9.42
84	-77.0885	-12.049083	-84.1	-92.25	8.15	-91.25	7.15
85	-77.0885	-12.0491	-84.5	-92.24	7.74	-91.24	6.74
86	-77.08867	-12.0491	-81.95	-91.98	10.03	-90.98	9.03
87	-77.08883	-12.0491	-80.05	-91.72	11.67	-90.72	10.67
88	-77.08883	-12.049133	-79.6	-91.7	12.1	-90.7	11.1
89	-77.08883	-12.049167	-85.5	-91.69	6.19	-90.69	5.19
90	-77.08883	-12.04925	-89.5	-91.66	2.16	-90.66	1.16
91	-77.08883	-12.0494	-91.9	-91.6	0.3	-90.6	1.3
92	-77.08883	-12.04955	-91.8	-91.54	0.26	-90.54	1.26
93	-77.08867	-12.049683	-95.2	-91.7	3.5	-90.7	4.5
94	-77.08867	-12.049817	-95.8	-91.63	4.17	-90.63	5.17
95	-77.08867	-12.04995	-95.2	-91.59	3.61	-90.59	4.61
96	-77.08867	-12.050067	-92	-91.56	0.44	-90.56	1.44
97	-77.08867	-12.0502	-91.4	-91.52	0.12	-90.52	0.88
98	-77.08867	-12.050317	-89.1	-91.49	2.39	-90.49	1.39
99	-77.08867	-12.050467	-90.5	-91.46	0.96	-90.46	0.04
100	-77.08867	-12.050617	-93.6	-91.43	2.17	-90.43	3.17
101	-77.0885	-12.050767	-96.7	-91.69	5.01	-90.69	6.01
102	-77.0885	-12.050917	-96.5	-91.67	4.83	-90.67	5.83
103	-77.0885	-12.05105	-95	-91.65	3.35	-90.65	4.35
104	-77.0885	-12.051167	-91.77778	-91.64	0.13778	-90.64	1.13777778
105	-77.0885	-12.0513	-91.5	-91.63	0.13	-90.63	0.87
106	-77.0885	-12.051433	-92.1	-91.63	0.47	-90.63	1.47
107	-77.0885	-12.051533	-92.3	-91.65	0.65	-90.65	1.65
108	-77.0885	-12.0516	-83.22222	-91.68	8.45778	-90.68	7.45777778
109	-77.0885	-12.051633	-85.9	-91.7	5.8	-90.7	4.8

110	-77.0885	-12.051683	-86.65	-91.72	5.07	-90.72	4.07
111	-77.08867	-12.0517	-86.6	-91.44	4.84	-90.44	3.84
112	-77.08883	-12.051717	-84.9	-91.16	6.26	-90.16	5.26
113	-77.089	-12.05175	-84.27273	-90.87	6.59727	-89.87	5.59727273
114	-77.08917	-12.051783	-83.88889	-90.58	6.69111	-89.58	5.69111111
115	-77.08933	-12.0518	-79.2	-90.28	11.08	-89.28	10.08
116	-77.08933	-12.051833	-83.90909	-90.28	6.37091	-89.28	5.37090909
117	-77.0895	-12.05185	-84.3	-89.98	5.68	-88.98	4.68
118	-77.08967	-12.051883	-87.1	-89.67	2.57	-88.67	1.57
119	-77.08983	-12.051917	-84	-89.35	5.35	-88.35	4.35
120	-77.09	-12.051933	-81.3	-89.03	7.73	-88.03	6.73
121	-77.09017	-12.051967	-81.9	-88.71	6.81	-87.71	5.81
122	-77.09033	-12.051983	-82.5	-88.38	5.88	-87.38	4.88
123	-77.0905	-12.052	-82.6	-88.04	5.44	-87.04	4.44
124	-77.09067	-12.052033	-82.4	-87.69	5.29	-86.69	4.29
125	-77.09083	-12.05205	-83.3	-87.34	4.04	-86.34	3.04
126	-77.09083	-12.052067	-81.1	-87.34	6.24	-86.34	5.24
127	-77.091	-12.0521	-85.2	-86.98	1.78	-85.98	0.78
128	-77.09117	-12.052117	-81.2	-86.61	5.41	-85.61	4.41
129	-77.09133	-12.052133	-81.8	-86.24	4.44	-85.24	3.44
130	-77.09133	-12.05215	-83.9	-86.24	2.34	-85.24	1.34
131	-77.0915	-12.052183	-83.5	-85.86	2.36	-84.86	1.36
132	-77.09167	-12.0522	-82.4	-85.46	3.06	-84.46	2.06
133	-77.09183	-12.052217	-82.3	-85.06	2.76	-84.06	1.76
134	-77.09183	-12.052233	-81.9	-85.07	3.17	-84.07	2.17
135	-77.092	-12.05225	-84.6	-84.65	0.05	-83.65	0.95
136	-77.09217	-12.052267	-82.1	-84.23	2.13	-83.23	1.13
137	-77.09233	-12.0523	-79.9	-83.81	3.91	-82.81	2.91
138	-77.09233	-12.052317	-79.6	-83.81	4.21	-82.81	3.21
139	-77.0925	-12.05235	-80.2	-83.37	3.17	-82.37	2.17
140	-77.09267	-12.052367	-78.6	-82.92	4.32	-81.92	3.32
141	-77.09267	-12.0524	-75	-82.93	7.93	-81.93	6.93
142	-77.09283	-12.052433	-76.5	-82.53	6.03	-81.53	5.03
143	-77.093	-12.05245	-76.7	-82.09	5.39	-81.09	4.39
144	-77.09317	-12.052467	-76.9	-81.61	4.71	-80.61	3.71
145	-77.09317	-12.052483	-75.2	-81.62	6.42	-80.62	5.42
146	-77.09333	-12.0525	-72.6	-81.12	8.52	-80.12	7.52
147	-77.0935	-12.052533	-71	-80.61	9.61	-79.61	8.61
148	-77.09367	-12.05255	-74.3	-80.09	5.79	-79.09	4.79
149	-77.09367	-12.052567	-76.3	-80.12	3.82	-79.12	2.82
150	-77.09383	-12.052567	-76.7	-79.6	2.9	-78.6	1.9
151	-77.09383	-12.0526	-76.6	-79.65	3.05	-78.65	2.05
152	-77.094	-12.0526	-74.6	-79.08	4.48	-78.08	3.48
153	-77.094	-12.052617	-76.2	-79.09	2.89	-78.09	1.89
154	-77.09417	-12.052633	-78.5	-78.51	0.01	-77.51	0.99
155	-77.09433	-12.052667	-78.9	-77.95	0.95	-76.95	1.95
156	-77.0945	-12.052683	-77.7	-77.4	0.3	-76.4	1.3
157	-77.0945	-12.0527	-79.8	-77.43	2.37	-76.43	3.37
158	-77.09467	-12.052733	-78.1	-76.82	1.28	-75.82	2.28
159	-77.09483	-12.05275	-75.3	-76.26	0.96	-75.26	0.04
160	-77.09483	-12.052767	-76.2	-76.28	0.08	-75.28	0.92
161	-77.095	-12.052783	-78.1	-75.6	2.5	-74.6	3.5
162	-77.09517	-12.0528	-78	-74.93	3.07	-73.93	4.07
163	-77.09517	-12.052817	-76.9	-74.98	1.92	-73.98	2.92
164	-77.09533	-12.05285	-73.9	-74.43	0.53	-73.43	0.47
165	-77.09533	-12.052883	-73.6	-74.5	0.9	-73.5	0.1
166	-77.0955	-12.0529	-72.6	-73.82	1.22	-72.82	0.22

167	-77.09567	-12.052917	-76.8	-73.2	3.6	-72.2	4.6
168	-77.09583	-12.052933	-75.4	-72.47	2.93	-71.47	3.93
169	-77.09583	-12.05295	-76	-72.54	3.46	-71.54	4.46
170	-77.09583	-12.052967	-75.6	-72.61	2.99	-71.61	3.99
171	-77.096	-12.052967	-75.8	-71.86	3.94	-70.86	4.94
172	-77.096	-12.052883	-75.7	-71.54	4.16	-70.54	5.16
173	-77.096	-12.052817	-77.9	-71.28	6.62	-70.28	7.62
174	-77.096	-12.0527	-76.4	-70.88	5.52	-69.88	6.52
175	-77.096	-12.052583	-75.5	-70.5	5	-69.5	6
176	-77.096	-12.052467	-75.2	-70.15	5.05	-69.15	6.05
177	-77.096	-12.05235	-76.9	-69.85	7.05	-68.85	8.05
178	-77.09617	-12.052233	-75.6	-68.53	7.07	-67.53	8.07
179	-77.09617	-12.052133	-73.1	-68.37	4.73	-67.37	5.73
180	-77.09617	-12.052083	-75.2	-68.23	6.97	-67.23	7.97
181	-77.09617	-12.052067	-73	-68.21	4.79	-67.21	5.79
182	-77.09617	-12.052033	-72.5	-68.17	4.33	-67.17	5.33
183	-77.09617	-12.052	-72.2	-68.12	4.08	-67.12	5.08
184	-77.09617	-12.051933	-75	-67.99	7.01	-66.99	8.01
185	-77.09617	-12.051867	-75.4	-67.94	7.46	-66.94	8.46
186	-77.09617	-12.051767	-75.6	-67.9	7.7	-66.9	8.7
187	-77.09617	-12.051667	-73.1	-67.89	5.21	-66.89	6.21
188	-77.09617	-12.051567	-74.3	-67.8	6.5	-66.8	7.5
189	-77.09617	-12.0514	-68.8	-67.89	0.91	-66.89	1.91
190	-77.09633	-12.051267	-70.6	-66.86	3.74	-65.86	4.74
191	-77.09633	-12.05115	-72	-67.13	4.87	-66.13	5.87
192	-77.09633	-12.051033	-71	-67.39	3.61	-66.39	4.61
193	-77.09633	-12.050933	-70.7	-67.63	3.07	-66.63	4.07
194	-77.09633	-12.050833	-69.7	-67.97	1.73	-66.97	2.73
195	-77.09633	-12.0507	-68.6	-68.49	0.11	-67.49	1.11
196	-77.09633	-12.050633	-68.3	-68.68	0.38	-67.68	0.62
197	-77.09633	-12.050583	-66.8	-68.86	2.06	-67.86	1.06
198	-77.09633	-12.050533	-69.4	-69.11	0.29	-68.11	1.29
199	-77.09633	-12.050483	-70	-69.31	0.69	-68.31	1.69
200	-77.09633	-12.050417	-71	-69.59	1.41	-68.59	2.41
201	-77.09633	-12.05035	-71.9	-69.92	1.98	-68.92	2.98
202	-77.0965	-12.050283	-73.8	-69.43	4.37	-68.43	5.37
203	-77.0965	-12.0502	-73.9	-69.81	4.09	-68.81	5.09
204	-77.0965	-12.050083	-71.9	-70.46	1.44	-69.46	2.44
205	-77.0965	-12.049967	-73.3	-71.11	2.19	-70.11	3.19
206	-77.0965	-12.049867	-75.2	-71.66	3.54	-70.66	4.54
207	-77.0965	-12.049783	-73.6	-72.12	1.48	-71.12	2.48
208	-77.0965	-12.049733	-73	-72.39	0.61	-71.39	1.61
209	-77.0965	-12.0497	-71.5	-72.57	1.07	-71.57	0.07
210	-77.0965	-12.049667	-77.9	-72.75	5.15	-71.75	6.15
211	-77.0965	-12.049633	-75.6	-72.93	2.67	-71.93	3.67
212	-77.0965	-12.049617	-78.3	-73.02	5.28	-72.02	6.28
213	-77.09633	-12.0496	-76.9	-73.57	3.33	-72.57	4.33
214	-77.09633	-12.049583	-79.4	-73.65	5.75	-72.65	6.75
215	-77.09617	-12.049583	-80.55	-74.12	6.43	-73.12	7.43
216	-77.096	-12.049617	-80.5	-74.44	6.06	-73.44	7.06
217	-77.096	-12.049683	-80.36364	-74.14	6.22364	-73.14	7.22363636
218	-77.096	-12.0498	-81	-73.62	7.38	-72.62	8.38
219	-77.096	-12.049917	-79.5	-73.11	6.39	-72.11	7.39
220	-77.096	-12.050033	-79.6	-72.67	6.93	-71.67	7.93
221	-77.096	-12.050167	-80.8	-72.18	8.62	-71.18	9.62
222	-77.096	-12.050317	-76.27273	-71.58	4.69273	-70.58	5.69272727
223	-77.09583	-12.05045	-74.11111	-71.91	2.20111	-70.91	3.20111111

224	-77.09583	-12.050567	-72.54545	-71.56	0.98545	-70.56	1.98545455
225	-77.09583	-12.0507	-69.55556	-71.2	1.64444	-70.2	0.64444444
226	-77.09583	-12.050783	-66.81818	-70.95	4.13182	-69.95	3.13181818
227	-77.09583	-12.050833	-73.8	-70.86	2.94	-69.86	3.94
228	-77.09583	-12.0509	-76	-70.7	5.3	-69.7	6.3
229	-77.09583	-12.050983	-77.9	-70.53	7.37	-69.53	8.37
230	-77.09583	-12.051083	-78.55556	-70.39	8.16556	-69.39	9.16555556
231	-77.09583	-12.051183	-80.36364	-70.19	10.1736	-69.19	11.1736364
232	-77.09567	-12.051283	-81.3	-71.05	10.25	-70.05	11.25
233	-77.09567	-12.051383	-80.85	-70.99	9.86	-69.99	10.86
234	-77.09567	-12.051483	-82.22222	-70.94	11.2822	-69.94	12.2822222
235	-77.09567	-12.051583	-81.36364	-70.92	10.4436	-69.92	11.4436364
236	-77.09567	-12.051667	-78.6	-71.01	7.59	-70.01	8.59
237	-77.09567	-12.051767	-80.5	-71.02	9.48	-70.02	10.48
238	-77.09567	-12.05185	-76.5	-71.04	5.46	-70.04	6.46
239	-77.09567	-12.0519	-76.5	-71.06	5.44	-70.06	6.44
240	-77.09567	-12.051933	-75.4	-71.08	4.32	-70.08	5.32
241	-77.0955	-12.051933	-76.7	-72	4.7	-71	5.7
242	-77.0955	-12.051917	-78.9	-71.99	6.91	-70.99	7.91
243	-77.09533	-12.0519	-78.6	-72.86	5.74	-71.86	6.74
244	-77.09517	-12.051867	-81.3	-73.67	7.63	-72.67	8.63
245	-77.09517	-12.05185	-81.3	-73.67	7.63	-72.67	8.63
246	-77.095	-12.051833	-80.6	-74.46	6.14	-73.46	7.14
247	-77.09483	-12.051817	-78.9	-75.21	3.69	-74.21	4.69
248	-77.09483	-12.051783	-77.2	-75.2	2	-74.2	3
249	-77.09467	-12.051767	-81.22222	-75.92	5.30222	-74.92	6.30222222
250	-77.0945	-12.05175	-79.36364	-76.62	2.74364	-75.62	3.74363636
251	-77.0945	-12.051717	-81.2	-76.62	4.58	-75.62	5.58
252	-77.09433	-12.0517	-78.8	-77.28	1.52	-76.28	2.52
253	-77.09417	-12.051683	-80	-77.92	2.08	-76.92	3.08
254	-77.09417	-12.051667	-78.2	-77.92	0.28	-76.92	1.28
255	-77.094	-12.051633	-76.3	-78.5	2.2	-77.5	1.2
256	-77.09383	-12.0516	-80.9	-79.06	1.84	-78.06	2.84
257	-77.09367	-12.051583	-84.2	-79.62	4.58	-78.62	5.58
258	-77.09367	-12.051567	-84.3	-79.62	4.68	-78.62	5.68
259	-77.09367	-12.05155	-83.9	-79.62	4.28	-78.62	5.28
260	-77.0935	-12.051517	-83	-80.18	2.82	-79.18	3.82
261	-77.09367	-12.05145	-83.4	-79.63	3.77	-78.63	4.77
262	-77.09367	-12.051383	-87.2	-79.64	7.56	-78.64	8.56
263	-77.09367	-12.0513	-87.90909	-79.66	8.24909	-78.66	9.24909091
264	-77.09367	-12.0512	-86	-79.69	6.31	-78.69	7.31
265	-77.09367	-12.0511	-87.18182	-79.72	7.46182	-78.72	8.46181818
266	-77.09367	-12.050967	-85.4	-79.78	5.62	-78.78	6.62
267	-77.09367	-12.05085	-85.22222	-79.84	5.38222	-78.84	6.38222222
268	-77.09367	-12.050733	-80.18182	-79.91	0.27182	-78.91	1.27181818
269	-77.09367	-12.050633	-77.1	-80.05	2.95	-79.05	1.95
270	-77.09367	-12.050533	-77	-80.14	3.14	-79.14	2.14
271	-77.09383	-12.05045	-73	-79.67	6.67	-78.67	5.67
272	-77.09383	-12.050383	-76.7	-79.73	3.03	-78.73	2.03
273	-77.09383	-12.0503	-78.3	-79.89	1.59	-78.89	0.59
274	-77.09383	-12.0502	-79.2	-79.99	0.79	-78.99	0.21
275	-77.09383	-12.0501	-82.2	-80.11	2.09	-79.11	3.09
276	-77.09383	-12.050017	-84	-80.28	3.72	-79.28	4.72
277	-77.09383	-12.0499	-83.4	-80.44	2.96	-79.44	3.96
278	-77.09383	-12.0498	-84.2	-80.63	3.57	-79.63	4.57
279	-77.094	-12.0497	-86.2	-80.34	5.86	-79.34	6.86
280	-77.094	-12.0496	-85	-80.48	4.52	-79.48	5.52

281	-77.094	-12.0495	-84	-80.63	3.37	-79.63	4.37
282	-77.094	-12.04945	-81.3	-80.75	0.55	-79.75	1.55
283	-77.094	-12.049417	-84.6	-80.83	3.77	-79.83	4.77
284	-77.09383	-12.049367	-86	-81.36	4.64	-80.36	5.64
285	-77.09383	-12.04935	-82.5	-81.4	1.1	-80.4	2.1
286	-77.09367	-12.049367	-80.9	-81.76	0.86	-80.76	0.14
287	-77.0935	-12.04935	-81.6	-82.24	0.64	-81.24	0.36
288	-77.09333	-12.049383	-83.45455	-82.65	0.80455	-81.65	1.80454545
289	-77.09333	-12.049483	-86.4	-82.48	3.92	-81.48	4.92
290	-77.09333	-12.049617	-86.88889	-82.29	4.59889	-81.29	5.59888889
291	-77.09333	-12.049683	-85.54545	-82.18	3.36545	-81.18	4.36545455
292	-77.09333	-12.049733	-84	-82.08	1.92	-81.08	2.92
293	-77.09333	-12.0498	-80.6	-82	1.4	-81	0.4
294	-77.09333	-12.049883	-82.6	-81.88	0.72	-80.88	1.72
295	-77.09333	-12.05	-81.4	-81.71	0.31	-80.71	0.69
296	-77.09333	-12.0501	-80.8	-81.62	0.82	-80.62	0.18
297	-77.09333	-12.0502	-76.4	-81.49	5.09	-80.49	4.09
298	-77.09333	-12.050267	-67.3	-81.38	14.08	-80.38	13.08
299	-77.09333	-12.0503	-74.7	-81.35	6.65	-80.35	5.65
300	-77.09333	-12.050317	-67.8	-81.34	13.54	-80.34	12.54
301	-77.09317	-12.050333	-73.8	-81.82	8.02	-80.82	7.02
302	-77.09317	-12.050383	-80.9	-81.78	0.88	-80.78	0.12
303	-77.09317	-12.050433	-87.8	-81.75	6.05	-80.75	7.05
304	-77.09317	-12.050517	-87.3	-81.69	5.61	-80.69	6.61
305	-77.09317	-12.0506	-87.9	-81.55	6.35	-80.55	7.35
306	-77.09317	-12.0507	-89	-81.49	7.51	-80.49	8.51
307	-77.09317	-12.050817	-88.8	-81.43	7.37	-80.43	8.37
308	-77.09317	-12.050917	-87.7	-81.39	6.31	-80.39	7.31
309	-77.09317	-12.05105	-88.5	-81.34	7.16	-80.34	8.16
310	-77.09317	-12.051167	-88	-81.3	6.7	-80.3	7.7
311	-77.093	-12.0513	-88.2	-81.77	6.43	-80.77	7.43
312	-77.093	-12.0514	-81.3	-81.75	0.45	-80.75	0.55
313	-77.093	-12.051517	-81.5	-81.74	0.24	-80.74	0.76
314	-77.093	-12.051583	-85.3	-81.75	3.55	-80.75	4.55
315	-77.093	-12.051633	-83.7	-81.8	1.9	-80.8	2.9
316	-77.093	-12.0517	-83.8	-81.84	1.96	-80.84	2.96
317	-77.093	-12.051783	-86.5	-81.84	4.66	-80.84	5.66
318	-77.093	-12.051867	-86.9	-81.85	5.05	-80.85	6.05
319	-77.093	-12.051967	-87.9	-81.86	6.04	-80.86	7.04
320	-77.09283	-12.052083	-87.5	-82.37	5.13	-81.37	6.13
321	-77.09283	-12.0522	-83.4	-82.4	1	-81.4	2
322	-77.09283	-12.0523	-86.4	-82.43	3.97	-81.43	4.97
323	-77.09283	-12.052367	-80	-82.45	2.45	-81.45	1.45
324	-77.09283	-12.052417	-77.3	-82.51	5.21	-81.51	4.21
325	-77.09283	-12.052433	-77.1	-82.53	5.43	-81.53	4.43
326	-77.09283	-12.052467	-71.4	-82.58	11.18	-81.58	10.18
327	-77.09283	-12.0525	-75.36364	-82.6	7.23636	-81.6	6.23636364
328	-77.09283	-12.052517	-74.8	-82.61	7.81	-81.61	6.81
329	-77.09283	-12.05255	-76.9	-82.62	5.72	-81.62	4.72
330	-77.09283	-12.052583	-77.9	-82.64	4.74	-81.64	3.74
331	-77.09283	-12.052617	-74.62727	-82.65	8.02273	-81.65	7.02272727
332	-77.09283	-12.052633	-76.1	-82.66	6.56	-81.66	5.56
333	-77.09267	-12.05265	-80.5	-83.13	2.63	-82.13	1.63
334	-77.0925	-12.052633	-81	-83.58	2.58	-82.58	1.58
335	-77.09233	-12.052617	-80.6	-84.01	3.41	-83.01	2.41
336	-77.09217	-12.052583	-82.3	-84.43	2.13	-83.43	1.13
337	-77.09217	-12.052567	-80.4	-84.42	4.02	-83.42	3.02

338	-77.092	-12.052533	-80.5	-84.78	4.28	-83.78	3.28
339	-77.09183	-12.052517	-76.9	-85.15	8.25	-84.15	7.25
340	-77.09167	-12.052483	-81.3	-85.53	4.23	-84.53	3.23
341	-77.0915	-12.05245	-81.2	-85.91	4.71	-84.91	3.71
342	-77.09117	-12.052417	-83.1	-86.67	3.57	-85.67	2.57
343	-77.091	-12.052383	-82.6	-87.03	4.43	-86.03	3.43
344	-77.091	-12.052367	-82.3	-87.02	4.72	-86.02	3.72
345	-77.09083	-12.0524	-79.8	-87.39	7.59	-86.39	6.59
346	-77.09083	-12.052433	-80.5	-87.4	6.9	-86.4	5.9
347	-77.091	-12.052467	-82.8	-87.05	4.25	-86.05	3.25
348	-77.091	-12.052483	-79.9	-87.05	7.15	-86.05	6.15
349	-77.09117	-12.0525	-80.8	-86.69	5.89	-85.69	4.89
350	-77.09117	-12.052517	-79.2	-86.69	7.49	-85.69	6.49
351	-77.09133	-12.052533	-83.1	-86.32	3.22	-85.32	2.22
352	-77.0915	-12.05255	-82.1	-85.95	3.85	-84.95	2.85
353	-77.0915	-12.052583	-79.3	-85.99	6.69	-84.99	5.69
354	-77.09167	-12.052583	-83	-85.61	2.61	-84.61	1.61
355	-77.09183	-12.052617	-78.6	-85.27	6.67	-84.27	5.67
356	-77.09183	-12.052633	-82.1	-85.28	3.18	-84.28	2.18
357	-77.092	-12.05265	-81.7	-84.87	3.17	-83.87	2.17
358	-77.09217	-12.052667	-83	-84.46	1.46	-83.46	0.46
359	-77.09233	-12.052683	-81.1	-84.04	2.94	-83.04	1.94
360	-77.09233	-12.052717	-81.5	-84.05	2.55	-83.05	1.55
361	-77.0925	-12.052733	-81.5	-83.62	2.12	-82.62	1.12
362	-77.0925	-12.05275	-81.1	-83.63	2.53	-82.63	1.53
363	-77.09267	-12.052767	-77	-83.24	6.24	-82.24	5.24
364	-77.09283	-12.052783	-78.77778	-82.83	4.05222	-81.83	3.05222222
365	-77.09283	-12.052767	-77.54545	-82.81	5.26455	-81.81	4.26454545
366	-77.093	-12.052767	-79.4	-82.35	2.95	-81.35	1.95
367	-77.093	-12.052783	-75.7	-82.36	6.66	-81.36	5.66
368	-77.093	-12.052833	-70.5	-82.39	11.89	-81.39	10.89
369	-77.093	-12.0529	-79.5	-82.43	2.93	-81.43	1.93
370	-77.093	-12.052983	-83.7	-82.51	1.19	-81.51	2.19
371	-77.093	-12.053067	-84.3	-82.64	1.66	-81.64	2.66
372	-77.093	-12.053183	-86.6	-82.74	3.86	-81.74	4.86
373	-77.093	-12.0533	-87.1	-82.92	4.18	-81.92	5.18
374	-77.093	-12.053417	-87	-83.02	3.98	-82.02	4.98
375	-77.093	-12.053517	-86.6	-83.13	3.47	-82.13	4.47
376	-77.09283	-12.053617	-87.7	-83.7	4	-82.7	5
377	-77.09283	-12.0537	-86.7	-83.85	2.85	-82.85	3.85
378	-77.09283	-12.053783	-87.9	-83.98	3.92	-82.98	4.92
379	-77.09283	-12.053883	-85.5	-84.08	1.42	-83.08	2.42
380	-77.09283	-12.053967	-86.2	-84.23	1.97	-83.23	2.97
381	-77.09283	-12.054017	-87.3	-84.33	2.97	-83.33	3.97
382	-77.09283	-12.054033	-85.4	-84.36	1.04	-83.36	2.04
383	-77.09267	-12.054017	-88.5	-84.68	3.82	-83.68	4.82
384	-77.09267	-12.05405	-86.4	-84.74	1.66	-83.74	2.66
385	-77.09267	-12.054133	-83.4	-84.89	1.49	-83.89	0.49
386	-77.09267	-12.054217	-82.27273	-85.02	2.74727	-84.02	1.74727273
387	-77.09267	-12.0543	-84	-85.11	1.11	-84.11	0.11
388	-77.09283	-12.0544	-81.9	-84.95	3.05	-83.95	2.05
389	-77.09283	-12.054483	-82	-85.12	3.12	-84.12	2.12
390	-77.093	-12.05455	-86.1	-84.82	1.28	-83.82	2.28
391	-77.093	-12.054567	-85.9	-84.86	1.04	-83.86	2.04
392	-77.09317	-12.054583	-85.6	-84.56	1.04	-83.56	2.04
393	-77.09317	-12.054617	-89.3	-84.64	4.66	-83.64	5.66
394	-77.09317	-12.0547	-91	-84.81	6.19	-83.81	7.19

395	-77.09317	-12.054783	-89.2	-84.99	4.21	-83.99	5.21
396	-77.09317	-12.054867	-89.2	-85.12	4.08	-84.12	5.08
397	-77.09317	-12.05495	-89.7	-85.24	4.46	-84.24	5.46
398	-77.09317	-12.055017	-88.6	-85.39	3.21	-84.39	4.21
399	-77.09317	-12.055033	-87.2	-85.42	1.78	-84.42	2.78
400	-77.09317	-12.055067	-89.3	-85.49	3.81	-84.49	4.81
401	-77.09317	-12.055083	-91.3	-85.53	5.77	-84.53	6.77
402	-77.09317	-12.0551	-94.6	-85.56	9.04	-84.56	10.04
403	-77.09333	-12.055117	-91.54545	-85.31	6.23545	-84.31	7.23545455
404	-77.09333	-12.055133	-90.33333	-85.35	4.98333	-84.35	5.98333333
405	-77.0935	-12.05515	-91.36364	-85.13	6.23364	-84.13	7.23363636
406	-77.0935	-12.055183	-89.5	-85.23	4.27	-84.23	5.27
407	-77.09367	-12.0552	-91.8	-85.03	6.77	-84.03	7.77
408	-77.09367	-12.055233	-91.6	-85.11	6.49	-84.11	7.49
409	-77.09367	-12.055317	-95	-85.31	9.69	-84.31	10.69
410	-77.09367	-12.0554	-93.1	-85.5	7.6	-84.5	8.6
411	-77.09367	-12.055483	-91.81818	-85.7	6.11818	-84.7	7.11818182
412	-77.09367	-12.0556	-90.55556	-85.98	4.57556	-84.98	5.57555556
413	-77.09367	-12.055733	-87.90909	-86.29	1.61909	-85.29	2.61909091
414	-77.09367	-12.05585	-85.6	-86.59	0.99	-85.59	0.01
415	-77.09367	-12.055967	-86.77778	-86.94	0.16222	-85.94	0.83777778
416	-77.09383	-12.056083	-89	-87	2	-86	3
417	-77.09383	-12.056217	-89.9	-87.38	2.52	-86.38	3.52
418	-77.09383	-12.056333	-91.2	-87.69	3.51	-86.69	4.51
419	-77.09383	-12.05645	-96.2	-87.97	8.23	-86.97	9.23
420	-77.094	-12.05655	-96.4	-88.02	8.38	-87.02	9.38
421	-77.094	-12.056633	-94.3	-88.23	6.07	-87.23	7.07
422	-77.094	-12.056717	-95	-88.48	6.52	-87.48	7.52
423	-77.09417	-12.056817	-93.6	-88.61	4.99	-87.61	5.99
424	-77.09417	-12.0569	-90.5	-88.86	1.64	-87.86	2.64
425	-77.09417	-12.056933	-89.4	-88.95	0.45	-87.95	1.45
426	-77.09417	-12.05695	-89.22222	-89	0.22222	-88	1.22222222
427	-77.09433	-12.056967	-91.95122	-89	2.95122	-88	3.95121951
428	-77.09433	-12.056933	-87.4	-88.91	1.51	-87.91	0.51
429	-77.09433	-12.0569	-91.7	-88.81	2.89	-87.81	3.89
430	-77.09433	-12.056867	-88.2	-88.71	0.51	-87.71	0.49
431	-77.0945	-12.0568	-91.5	-88.43	3.07	-87.43	4.07
432	-77.09467	-12.056733	-93.3	-88.12	5.18	-87.12	6.18
433	-77.09467	-12.05665	-88.7	-87.89	0.81	-86.89	1.81
434	-77.09483	-12.056583	-90.5	-87.6	2.9	-86.6	3.9
435	-77.095	-12.0565	-87.5	-87.3	0.2	-86.3	1.2
436	-77.095	-12.0564	-85.5	-86.96	1.46	-85.96	0.46
437	-77.09517	-12.056333	-86.3	-86.7	0.4	-85.7	0.6
438	-77.09517	-12.056267	-85.7	-86.47	0.77	-85.47	0.23
439	-77.09533	-12.0562	-88.9	-86.2	2.7	-85.2	3.7
440	-77.0955	-12.056117	-88	-85.79	2.21	-84.79	3.21
441	-77.0955	-12.056083	-88	-85.68	2.32	-84.68	3.32
442	-77.0955	-12.056067	-86.1	-85.63	0.47	-84.63	1.47
443	-77.0955	-12.05605	-81.5	-85.58	4.08	-84.58	3.08
444	-77.0955	-12.056017	-82.2	-85.47	3.27	-84.47	2.27
445	-77.09567	-12.056017	-85.65	-85.41	0.24	-84.41	1.24
446	-77.09567	-12.056083	-88.6	-85.67	2.93	-84.67	3.93
447	-77.09583	-12.056183	-92.4	-85.97	6.43	-84.97	7.43
448	-77.09583	-12.056267	-89.9	-86.29	3.61	-85.29	4.61
449	-77.09583	-12.05635	-89.4	-86.6	2.8	-85.6	3.8
450	-77.096	-12.056417	-87.95	-86.9	1.05	-85.9	2.05

MODELO DE CCIR - VALORES OBTENIDOS DE MEDICIÓN, ESTIMACIÓN Y CORRECCIÓN

	Longitud	Latitud	Valor de Medición	Valor de Predicción	Error	Corrección	Error de Corrección
1	-77.09683	-12.04825	-74.7	-96.35	21.65	-79.35	4.65
2	-77.09667	-12.048233	-75.1	-96.35	21.25	-79.35	4.25
3	-77.0965	-12.048233	-75.6	-96.39	20.79	-79.39	3.79
4	-77.0965	-12.048217	-76.5	-96.47	19.97	-79.47	2.97
5	-77.09633	-12.0482	-77.7	-96.56	18.86	-79.56	1.86
6	-77.09617	-12.0482	-75.6	-96.65	21.05	-79.65	4.05
7	-77.096	-12.048183	-74.6	-96.83	22.23	-79.83	5.23
8	-77.096	-12.048167	-75.7	-96.91	21.21	-79.91	4.21
9	-77.09583	-12.048167	-76.9	-97.1	20.2	-80.1	3.2
10	-77.09567	-12.04815	-77.5	-97.29	19.79	-80.29	2.79
11	-77.0955	-12.048133	-76.5	-97.58	21.08	-80.58	4.08
12	-77.0955	-12.048117	-78	-97.64	19.64	-80.64	2.64
13	-77.09533	-12.048117	-80.2	-97.81	17.61	-80.81	0.61
14	-77.09517	-12.0481	-79.9	-98.09	18.19	-81.09	1.19
15	-77.095	-12.048083	-78.3	-98.4	20.1	-81.4	3.1
16	-77.09483	-12.048067	-77	-98.71	21.71	-81.71	4.71
17	-77.09467	-12.048067	-78.1	-98.97	20.87	-81.97	3.87
18	-77.09467	-12.04805	-78.8	-99.02	20.22	-82.02	3.22
19	-77.0945	-12.048033	-80.7	-99.33	18.63	-82.33	1.63
20	-77.09417	-12.048017	-78.8	-99.92	21.12	-82.92	4.12
21	-77.094	-12.048	-79.7	-100.23	20.53	-83.23	3.53
22	-77.09383	-12.047983	-81.5	-100.54	19.04	-83.54	2.04
23	-77.09367	-12.047967	-81.7	-100.85	19.15	-83.85	2.15
24	-77.0935	-12.04795	-79.8	-101.16	21.36	-84.16	4.36
25	-77.09333	-12.047933	-83.1	-101.47	18.37	-84.47	1.37
26	-77.09317	-12.047917	-81.9	-101.77	19.87	-84.77	2.87
27	-77.093	-12.047917	-82	-102.06	20.06	-85.06	3.06
28	-77.09283	-12.0479	-83.6	-102.43	18.83	-85.43	1.83
29	-77.09267	-12.047883	-82	-102.73	20.73	-85.73	3.73
30	-77.0925	-12.047867	-81.7	-103.03	21.33	-86.03	4.33
31	-77.09233	-12.04785	-83.7	-103.32	19.62	-86.32	2.62
32	-77.09217	-12.04785	-82.5	-103.61	21.11	-86.61	4.11
33	-77.092	-12.047883	-83.5	-103.87	20.37	-86.87	3.37
34	-77.09183	-12.047883	-83.9	-104.13	20.23	-87.13	3.23
35	-77.09167	-12.047883	-83.5	-104.38	20.88	-87.38	3.88
36	-77.09167	-12.047867	-85.1	-104.41	19.31	-87.41	2.31
37	-77.0915	-12.04785	-84.2	-104.69	20.49	-87.69	3.49
38	-77.09133	-12.047833	-85.7	-104.98	19.28	-87.98	2.28
39	-77.09117	-12.047833	-86.4	-105.28	18.88	-88.28	1.88
40	-77.091	-12.047817	-85.5	-105.58	20.08	-88.58	3.08
41	-77.09083	-12.0478	-85	-105.84	20.84	-88.84	3.84
42	-77.09067	-12.047767	-83.7	-106.13	22.43	-89.13	5.43
43	-77.0905	-12.04775	-85	-106.39	21.39	-89.39	4.39
44	-77.09033	-12.047717	-85	-106.66	21.66	-89.66	4.66
45	-77.09017	-12.0477	-85.5	-106.91	21.41	-89.91	4.41
46	-77.08983	-12.047683	-86.3	-107.45	21.15	-90.45	4.15
47	-77.08967	-12.047667	-84.4	-107.72	23.32	-90.72	6.32
48	-77.0895	-12.04765	-83.2	-107.99	24.79	-90.99	7.79
49	-77.08933	-12.047633	-83.2	-108.26	25.06	-91.26	8.06
50	-77.08917	-12.047617	-83.6	-108.52	24.92	-91.52	7.92
51	-77.089	-12.0476	-83.1	-108.77	25.67	-91.77	8.67
52	-77.08883	-12.0476	-84.1	-108.98	24.88	-91.98	7.88
53	-77.08867	-12.047583	-84.2	-109.21	25.01	-92.21	8.01

54	-77.0885	-12.047567	-88.6	-109.43	20.83	-92.43	3.83
55	-77.08833	-12.047567	-86.3	-109.66	23.36	-92.66	6.36
56	-77.08817	-12.047567	-86.5	-109.89	23.39	-92.89	6.39
57	-77.088	-12.04755	-86.7	-110.14	23.44	-93.14	6.44
58	-77.08783	-12.047533	-91.9	-110.37	18.47	-93.37	1.47
59	-77.08767	-12.047517	-91.425	-110.58	19.155	-93.58	2.155
60	-77.0875	-12.047517	-93.4	-110.77	17.37	-93.77	0.37
61	-77.0875	-12.0475	-93.9	-110.79	16.89	-93.79	0.11
62	-77.0875	-12.047517	-91.5	-110.77	19.27	-93.77	2.27
63	-77.08733	-12.047583	-94.4	-110.92	16.52	-93.92	0.48
64	-77.08733	-12.047683	-94.1	-110.87	16.77	-93.87	0.23
65	-77.08733	-12.047783	-91.9	-110.82	18.92	-93.82	1.92
66	-77.08733	-12.047933	-89.3	-110.69	21.39	-93.69	4.39
67	-77.08733	-12.048083	-94.8	-110.59	15.79	-93.59	1.21
68	-77.08733	-12.048217	-96.7	-110.53	13.83	-93.53	3.17
69	-77.08733	-12.04835	-90.5	-110.48	19.98	-93.48	2.98
70	-77.08733	-12.048467	-85.3	-110.42	25.12	-93.42	8.12
71	-77.08733	-12.0486	-85	-110.3	25.3	-93.3	8.3
72	-77.08733	-12.048733	-88.8	-110.23	21.43	-93.23	4.43
73	-77.08733	-12.04885	-89.9	-110.19	20.29	-93.19	3.29
74	-77.08733	-12.048917	-88.09091	-110.17	22.0791	-93.17	5.07909091
75	-77.08733	-12.048967	-85.2	-110.15	24.95	-93.15	7.95
76	-77.08733	-12.049	-81.8	-110.14	28.34	-93.14	11.34
77	-77.08733	-12.049017	-81	-110.13	29.13	-93.13	12.13
78	-77.0875	-12.049017	-83.2	-109.9	26.7	-92.9	9.7
79	-77.08767	-12.049033	-85	-109.65	24.65	-92.65	7.65
80	-77.08783	-12.04905	-83.05	-109.4	26.35	-92.4	9.35
81	-77.088	-12.04905	-80.3	-109.15	28.85	-92.15	11.85
82	-77.08817	-12.049067	-82.25	-108.9	26.65	-91.9	9.65
83	-77.08833	-12.049067	-82.1	-108.64	26.54	-91.64	9.54
84	-77.0885	-12.049083	-84.1	-108.38	24.28	-91.38	7.28
85	-77.0885	-12.0491	-84.5	-108.37	23.87	-91.37	6.87
86	-77.08867	-12.0491	-81.95	-108.11	26.16	-91.11	9.16
87	-77.08883	-12.0491	-80.05	-107.85	27.8	-90.85	10.8
88	-77.08883	-12.049133	-79.6	-107.83	28.23	-90.83	11.23
89	-77.08883	-12.049167	-85.5	-107.82	22.32	-90.82	5.32
90	-77.08883	-12.04925	-89.5	-107.78	18.28	-90.78	1.28
91	-77.08883	-12.0494	-91.9	-107.73	15.83	-90.73	1.17
92	-77.08883	-12.04955	-91.8	-107.67	15.87	-90.67	1.13
93	-77.08867	-12.049683	-95.2	-107.82	12.62	-90.82	4.38
94	-77.08867	-12.049817	-95.8	-107.75	11.95	-90.75	5.05
95	-77.08867	-12.04995	-95.2	-107.72	12.52	-90.72	4.48
96	-77.08867	-12.050067	-92	-107.68	15.68	-90.68	1.32
97	-77.08867	-12.0502	-91.4	-107.65	16.25	-90.65	0.75
98	-77.08867	-12.050317	-89.1	-107.62	18.52	-90.62	1.52
99	-77.08867	-12.050467	-90.5	-107.59	17.09	-90.59	0.09
100	-77.08867	-12.050617	-93.6	-107.56	13.96	-90.56	3.04
101	-77.0885	-12.050767	-96.7	-107.81	11.11	-90.81	5.89
102	-77.0885	-12.050917	-96.5	-107.79	11.29	-90.79	5.71
103	-77.0885	-12.05105	-95	-107.78	12.78	-90.78	4.22
104	-77.0885	-12.051167	-91.77778	-107.77	15.9922	-90.77	1.00777778
105	-77.0885	-12.0513	-91.5	-107.76	16.26	-90.76	0.74
106	-77.0885	-12.051433	-92.1	-107.75	15.65	-90.75	1.35
107	-77.0885	-12.051533	-92.3	-107.77	15.47	-90.77	1.53
108	-77.0885	-12.0516	-83.22222	-107.81	24.5878	-90.81	7.58777778
109	-77.0885	-12.051633	-85.9	-107.83	21.93	-90.83	4.93
110	-77.0885	-12.051683	-86.65	-107.85	21.2	-90.85	4.2

111	-77.08867	-12.0517	-86.6	-107.57	20.97	-90.57	3.97
112	-77.08883	-12.051717	-84.9	-107.29	22.39	-90.29	5.39
113	-77.089	-12.05175	-84.27273	-107	22.7273	-90	5.72727273
114	-77.08917	-12.051783	-83.88889	-106.7	22.8111	-89.7	5.81111111
115	-77.08933	-12.0518	-79.2	-106.41	27.21	-89.41	10.21
116	-77.08933	-12.051833	-83.90909	-106.41	22.5009	-89.41	5.50090909
117	-77.0895	-12.05185	-84.3	-106.1	21.8	-89.1	4.8
118	-77.08967	-12.051883	-87.1	-105.79	18.69	-88.79	1.69
119	-77.08983	-12.051917	-84	-105.48	21.48	-88.48	4.48
120	-77.09	-12.051933	-81.3	-105.16	23.86	-88.16	6.86
121	-77.09017	-12.051967	-81.9	-104.83	22.93	-87.83	5.93
122	-77.09033	-12.051983	-82.5	-104.5	22	-87.5	5
123	-77.0905	-12.052	-82.6	-104.16	21.56	-87.16	4.56
124	-77.09067	-12.052033	-82.4	-103.82	21.42	-86.82	4.42
125	-77.09083	-12.05205	-83.3	-103.47	20.17	-86.47	3.17
126	-77.09083	-12.052067	-81.1	-103.47	22.37	-86.47	5.37
127	-77.091	-12.0521	-85.2	-103.11	17.91	-86.11	0.91
128	-77.09117	-12.052117	-81.2	-102.74	21.54	-85.74	4.54
129	-77.09133	-12.052133	-81.8	-102.36	20.56	-85.36	3.56
130	-77.09133	-12.05215	-83.9	-102.37	18.47	-85.37	1.47
131	-77.0915	-12.052183	-83.5	-101.98	18.48	-84.98	1.48
132	-77.09167	-12.0522	-82.4	-101.59	19.19	-84.59	2.19
133	-77.09183	-12.052217	-82.3	-101.19	18.89	-84.19	1.89
134	-77.09183	-12.052233	-81.9	-101.19	19.29	-84.19	2.29
135	-77.092	-12.05225	-84.6	-100.78	16.18	-83.78	0.82
136	-77.09217	-12.052267	-82.1	-100.36	18.26	-83.36	1.26
137	-77.09233	-12.0523	-79.9	-99.93	20.03	-82.93	3.03
138	-77.09233	-12.052317	-79.6	-99.94	20.34	-82.94	3.34
139	-77.0925	-12.05235	-80.2	-99.5	19.3	-82.5	2.3
140	-77.09267	-12.052367	-78.6	-99.05	20.45	-82.05	3.45
141	-77.09267	-12.0524	-75	-99.06	24.06	-82.06	7.06
142	-77.09283	-12.052433	-76.5	-98.66	22.16	-81.66	5.16
143	-77.093	-12.05245	-76.7	-98.22	21.52	-81.22	4.52
144	-77.09317	-12.052467	-76.9	-97.74	20.84	-80.74	3.84
145	-77.09317	-12.052483	-75.2	-97.74	22.54	-80.74	5.54
146	-77.09333	-12.0525	-72.6	-97.24	24.64	-80.24	7.64
147	-77.0935	-12.052533	-71	-96.73	25.73	-79.73	8.73
148	-77.09367	-12.05255	-74.3	-96.22	21.92	-79.22	4.92
149	-77.09367	-12.052567	-76.3	-96.25	19.95	-79.25	2.95
150	-77.09383	-12.052567	-76.7	-95.73	19.03	-78.73	2.03
151	-77.09383	-12.0526	-76.6	-95.78	19.18	-78.78	2.18
152	-77.094	-12.0526	-74.6	-95.21	20.61	-78.21	3.61
153	-77.094	-12.052617	-76.2	-95.22	19.02	-78.22	2.02
154	-77.09417	-12.052633	-78.5	-94.64	16.14	-77.64	0.86
155	-77.09433	-12.052667	-78.9	-94.07	15.17	-77.07	1.83
156	-77.0945	-12.052683	-77.7	-93.53	15.83	-76.53	1.17
157	-77.0945	-12.0527	-79.8	-93.56	13.76	-76.56	3.24
158	-77.09467	-12.052733	-78.1	-92.95	14.85	-75.95	2.15
159	-77.09483	-12.05275	-75.3	-92.39	17.09	-75.39	0.09
160	-77.09483	-12.052767	-76.2	-92.41	16.21	-75.41	0.79
161	-77.095	-12.052783	-78.1	-91.73	13.63	-74.73	3.37
162	-77.09517	-12.0528	-78	-91.06	13.06	-74.06	3.94
163	-77.09517	-12.052817	-76.9	-91.11	14.21	-74.11	2.79
164	-77.09533	-12.05285	-73.9	-90.55	16.65	-73.55	0.35
165	-77.09533	-12.052883	-73.6	-90.62	17.02	-73.62	0.02
166	-77.0955	-12.0529	-72.6	-89.95	17.35	-72.95	0.35
167	-77.09567	-12.052917	-76.8	-89.33	12.53	-72.33	4.47

168	-77.09583	-12.052933	-75.4	-88.6	13.2	-71.6	3.8
169	-77.09583	-12.05295	-76	-88.67	12.67	-71.67	4.33
170	-77.09583	-12.052967	-75.6	-88.73	13.13	-71.73	3.87
171	-77.096	-12.052967	-75.8	-87.98	12.18	-70.98	4.82
172	-77.096	-12.052883	-75.7	-87.67	11.97	-70.67	5.03
173	-77.096	-12.052817	-77.9	-87.41	9.51	-70.41	7.49
174	-77.096	-12.0527	-76.4	-87	10.6	-70	6.4
175	-77.096	-12.052583	-75.5	-86.63	11.13	-69.63	5.87
176	-77.096	-12.052467	-75.2	-86.28	11.08	-69.28	5.92
177	-77.096	-12.05235	-76.9	-85.98	9.08	-68.98	7.92
178	-77.09617	-12.052233	-75.6	-84.66	9.06	-67.66	7.94
179	-77.09617	-12.052133	-73.1	-84.49	11.39	-67.49	5.61
180	-77.09617	-12.052083	-75.2	-84.35	9.15	-67.35	7.85
181	-77.09617	-12.052067	-73	-84.34	11.34	-67.34	5.66
182	-77.09617	-12.052033	-72.5	-84.3	11.8	-67.3	5.2
183	-77.09617	-12.052	-72.2	-84.25	12.05	-67.25	4.95
184	-77.09617	-12.051933	-75	-84.11	9.11	-67.11	7.89
185	-77.09617	-12.051867	-75.4	-84.07	8.67	-67.07	8.33
186	-77.09617	-12.051767	-75.6	-84.03	8.43	-67.03	8.57
187	-77.09617	-12.051667	-73.1	-84.01	10.91	-67.01	6.09
188	-77.09617	-12.051567	-74.3	-83.93	9.63	-66.93	7.37
189	-77.09617	-12.0514	-68.8	-84.01	15.21	-67.01	1.79
190	-77.09633	-12.051267	-70.6	-82.99	12.39	-65.99	4.61
191	-77.09633	-12.05115	-72	-83.25	11.25	-66.25	5.75
192	-77.09633	-12.051033	-71	-83.51	12.51	-66.51	4.49
193	-77.09633	-12.050933	-70.7	-83.76	13.06	-66.76	3.94
194	-77.09633	-12.050833	-69.7	-84.1	14.4	-67.1	2.6
195	-77.09633	-12.0507	-68.6	-84.62	16.02	-67.62	0.98
196	-77.09633	-12.050633	-68.3	-84.8	16.5	-67.8	0.5
197	-77.09633	-12.050583	-66.8	-84.99	18.19	-67.99	1.19
198	-77.09633	-12.050533	-69.4	-85.24	15.84	-68.24	1.16
199	-77.09633	-12.050483	-70	-85.44	15.44	-68.44	1.56
200	-77.09633	-12.050417	-71	-85.72	14.72	-68.72	2.28
201	-77.09633	-12.05035	-71.9	-86.05	14.15	-69.05	2.85
202	-77.0965	-12.050283	-73.8	-85.55	11.75	-68.55	5.25
203	-77.0965	-12.0502	-73.9	-85.94	12.04	-68.94	4.96
204	-77.0965	-12.050083	-71.9	-86.59	14.69	-69.59	2.31
205	-77.0965	-12.049967	-73.3	-87.23	13.93	-70.23	3.07
206	-77.0965	-12.049867	-75.2	-87.78	12.58	-70.78	4.42
207	-77.0965	-12.049783	-73.6	-88.24	14.64	-71.24	2.36
208	-77.0965	-12.049733	-73	-88.52	15.52	-71.52	1.48
209	-77.0965	-12.0497	-71.5	-88.7	17.2	-71.7	0.2
210	-77.0965	-12.049667	-77.9	-88.87	10.97	-71.87	6.03
211	-77.0965	-12.049633	-75.6	-89.06	13.46	-72.06	3.54
212	-77.0965	-12.049617	-78.3	-89.14	10.84	-72.14	6.16
213	-77.09633	-12.0496	-76.9	-89.69	12.79	-72.69	4.21
214	-77.09633	-12.049583	-79.4	-89.78	10.38	-72.78	6.62
215	-77.09617	-12.049583	-80.55	-90.24	9.69	-73.24	7.31
216	-77.096	-12.049617	-80.5	-90.57	10.07	-73.57	6.93
217	-77.096	-12.049683	-80.36364	-90.27	9.90636	-73.27	7.09363636
218	-77.096	-12.0498	-81	-89.74	8.74	-72.74	8.26
219	-77.096	-12.049917	-79.5	-89.24	9.74	-72.24	7.26
220	-77.096	-12.050033	-79.6	-88.8	9.2	-71.8	7.8
221	-77.096	-12.050167	-80.8	-88.3	7.5	-71.3	9.5
222	-77.096	-12.050317	-76.27273	-87.71	11.4373	-70.71	5.56272727
223	-77.09583	-12.05045	-74.11111	-88.04	13.9289	-71.04	3.07111111
224	-77.09583	-12.050567	-72.54545	-87.69	15.1445	-70.69	1.85545455

225	-77.09583	-12.0507	-69.55556	-87.32	17.7644	-70.32	0.76444444
226	-77.09583	-12.050783	-66.81818	-87.07	20.2518	-70.07	3.25181818
227	-77.09583	-12.050833	-73.8	-86.99	13.19	-69.99	3.81
228	-77.09583	-12.0509	-76	-86.82	10.82	-69.82	6.18
229	-77.09583	-12.050983	-77.9	-86.66	8.76	-69.66	8.24
230	-77.09583	-12.051083	-78.55556	-86.51	7.95444	-69.51	9.04555556
231	-77.09583	-12.051183	-80.36364	-86.31	5.94636	-69.31	11.0536364
232	-77.09567	-12.051283	-81.3	-87.18	5.88	-70.18	11.12
233	-77.09567	-12.051383	-80.85	-87.12	6.27	-70.12	10.73
234	-77.09567	-12.051483	-82.22222	-87.07	4.84778	-70.07	12.1522222
235	-77.09567	-12.051583	-81.36364	-87.04	5.67636	-70.04	11.3236364
236	-77.09567	-12.051667	-78.6	-87.14	8.54	-70.14	8.46
237	-77.09567	-12.051767	-80.5	-87.15	6.65	-70.15	10.35
238	-77.09567	-12.05185	-76.5	-87.17	10.67	-70.17	6.33
239	-77.09567	-12.0519	-76.5	-87.19	10.69	-70.19	6.31
240	-77.09567	-12.051933	-75.4	-87.21	11.81	-70.21	5.19
241	-77.0955	-12.051933	-76.7	-88.13	11.43	-71.13	5.57
242	-77.0955	-12.051917	-78.9	-88.12	9.22	-71.12	7.78
243	-77.09533	-12.0519	-78.6	-88.98	10.38	-71.98	6.62
244	-77.09517	-12.051867	-81.3	-89.8	8.5	-72.8	8.5
245	-77.09517	-12.05185	-81.3	-89.79	8.49	-72.79	8.51
246	-77.095	-12.051833	-80.6	-90.58	9.98	-73.58	7.02
247	-77.09483	-12.051817	-78.9	-91.34	12.44	-74.34	4.56
248	-77.09483	-12.051783	-77.2	-91.33	14.13	-74.33	2.87
249	-77.09467	-12.051767	-81.22222	-92.05	10.8278	-75.05	6.17222222
250	-77.0945	-12.05175	-79.36364	-92.75	13.3864	-75.75	3.61363636
251	-77.0945	-12.051717	-81.2	-92.74	11.54	-75.74	5.46
252	-77.09433	-12.0517	-78.8	-93.41	14.61	-76.41	2.39
253	-77.09417	-12.051683	-80	-94.05	14.05	-77.05	2.95
254	-77.09417	-12.051667	-78.2	-94.05	15.85	-77.05	1.15
255	-77.094	-12.051633	-76.3	-94.63	18.33	-77.63	1.33
256	-77.09383	-12.0516	-80.9	-95.19	14.29	-78.19	2.71
257	-77.09367	-12.051583	-84.2	-95.74	11.54	-78.74	5.46
258	-77.09367	-12.051567	-84.3	-95.74	11.44	-78.74	5.56
259	-77.09367	-12.05155	-83.9	-95.74	11.84	-78.74	5.16
260	-77.0935	-12.051517	-83	-96.3	13.3	-79.3	3.7
261	-77.09367	-12.05145	-83.4	-95.76	12.36	-78.76	4.64
262	-77.09367	-12.051383	-87.2	-95.77	8.57	-78.77	8.43
263	-77.09367	-12.0513	-87.90909	-95.79	7.88091	-78.79	9.11909091
264	-77.09367	-12.0512	-86	-95.81	9.81	-78.81	7.19
265	-77.09367	-12.0511	-87.18182	-95.85	8.66818	-78.85	8.33181818
266	-77.09367	-12.050967	-85.4	-95.91	10.51	-78.91	6.49
267	-77.09367	-12.05085	-85.22222	-95.97	10.7478	-78.97	6.25222222
268	-77.09367	-12.050733	-80.18182	-96.03	15.8482	-79.03	1.15181818
269	-77.09367	-12.050633	-77.1	-96.18	19.08	-79.18	2.08
270	-77.09367	-12.050533	-77	-96.27	19.27	-79.27	2.27
271	-77.09383	-12.05045	-73	-95.79	22.79	-78.79	5.79
272	-77.09383	-12.050383	-76.7	-95.85	19.15	-78.85	2.15
273	-77.09383	-12.0503	-78.3	-96.02	17.72	-79.02	0.72
274	-77.09383	-12.0502	-79.2	-96.12	16.92	-79.12	0.08
275	-77.09383	-12.0501	-82.2	-96.24	14.04	-79.24	2.96
276	-77.09383	-12.050017	-84	-96.41	12.41	-79.41	4.59
277	-77.09383	-12.0499	-83.4	-96.57	13.17	-79.57	3.83
278	-77.09383	-12.0498	-84.2	-96.76	12.56	-79.76	4.44
279	-77.094	-12.0497	-86.2	-96.47	10.27	-79.47	6.73
280	-77.094	-12.0496	-85	-96.61	11.61	-79.61	5.39
281	-77.094	-12.0495	-84	-96.76	12.76	-79.76	4.24

282	-77.094	-12.04945	-81.3	-96.88	15.58	-79.88	1.42
283	-77.094	-12.049417	-84.6	-96.96	12.36	-79.96	4.64
284	-77.09383	-12.049367	-86	-97.48	11.48	-80.48	5.52
285	-77.09383	-12.04935	-82.5	-97.52	15.02	-80.52	1.98
286	-77.09367	-12.049367	-80.9	-97.88	16.98	-80.88	0.02
287	-77.0935	-12.04935	-81.6	-98.37	16.77	-81.37	0.23
288	-77.09333	-12.049383	-83.45455	-98.78	15.3255	-81.78	1.67454545
289	-77.09333	-12.049483	-86.4	-98.61	12.21	-81.61	4.79
290	-77.09333	-12.049617	-86.88889	-98.42	11.5311	-81.42	5.46888889
291	-77.09333	-12.049683	-85.54545	-98.31	12.7645	-81.31	4.23545455
292	-77.09333	-12.049733	-84	-98.21	14.21	-81.21	2.79
293	-77.09333	-12.0498	-80.6	-98.13	17.53	-81.13	0.53
294	-77.09333	-12.049883	-82.6	-98.01	15.41	-81.01	1.59
295	-77.09333	-12.05	-81.4	-97.83	16.43	-80.83	0.57
296	-77.09333	-12.0501	-80.8	-97.75	16.95	-80.75	0.05
297	-77.09333	-12.0502	-76.4	-97.61	21.21	-80.61	4.21
298	-77.09333	-12.050267	-67.3	-97.51	30.21	-80.51	13.21
299	-77.09333	-12.0503	-74.7	-97.48	22.78	-80.48	5.78
300	-77.09333	-12.050317	-67.8	-97.47	29.67	-80.47	12.67
301	-77.09317	-12.050333	-73.8	-97.95	24.15	-80.95	7.15
302	-77.09317	-12.050383	-80.9	-97.91	17.01	-80.91	0.01
303	-77.09317	-12.050433	-87.8	-97.88	10.08	-80.88	6.92
304	-77.09317	-12.050517	-87.3	-97.81	10.51	-80.81	6.49
305	-77.09317	-12.0506	-87.9	-97.68	9.78	-80.68	7.22
306	-77.09317	-12.0507	-89	-97.62	8.62	-80.62	8.38
307	-77.09317	-12.050817	-88.8	-97.56	8.76	-80.56	8.24
308	-77.09317	-12.050917	-87.7	-97.51	9.81	-80.51	7.19
309	-77.09317	-12.05105	-88.5	-97.46	8.96	-80.46	8.04
310	-77.09317	-12.051167	-88	-97.43	9.43	-80.43	7.57
311	-77.093	-12.0513	-88.2	-97.9	9.7	-80.9	7.3
312	-77.093	-12.0514	-81.3	-97.88	16.58	-80.88	0.42
313	-77.093	-12.051517	-81.5	-97.87	16.37	-80.87	0.63
314	-77.093	-12.051583	-85.3	-97.88	12.58	-80.88	4.42
315	-77.093	-12.051633	-83.7	-97.93	14.23	-80.93	2.77
316	-77.093	-12.0517	-83.8	-97.96	14.16	-80.96	2.84
317	-77.093	-12.051783	-86.5	-97.97	11.47	-80.97	5.53
318	-77.093	-12.051867	-86.9	-97.97	11.07	-80.97	5.93
319	-77.093	-12.051967	-87.9	-97.99	10.09	-80.99	6.91
320	-77.09283	-12.052083	-87.5	-98.5	11	-81.5	6
321	-77.09283	-12.0522	-83.4	-98.53	15.13	-81.53	1.87
322	-77.09283	-12.0523	-86.4	-98.56	12.16	-81.56	4.84
323	-77.09283	-12.052367	-80	-98.58	18.58	-81.58	1.58
324	-77.09283	-12.052417	-77.3	-98.64	21.34	-81.64	4.34
325	-77.09283	-12.052433	-77.1	-98.66	21.56	-81.66	4.56
326	-77.09283	-12.052467	-71.4	-98.7	27.3	-81.7	10.3
327	-77.09283	-12.0525	-75.36364	-98.73	23.3664	-81.73	6.36636364
328	-77.09283	-12.052517	-74.8	-98.74	23.94	-81.74	6.94
329	-77.09283	-12.05255	-76.9	-98.75	21.85	-81.75	4.85
330	-77.09283	-12.052583	-77.9	-98.76	20.86	-81.76	3.86
331	-77.09283	-12.052617	-74.62727	-98.78	24.1527	-81.78	7.15272727
332	-77.09283	-12.052633	-76.1	-98.79	22.69	-81.79	5.69
333	-77.09267	-12.05265	-80.5	-99.26	18.76	-82.26	1.76
334	-77.0925	-12.052633	-81	-99.7	18.7	-82.7	1.7
335	-77.09233	-12.052617	-80.6	-100.14	19.54	-83.14	2.54
336	-77.09217	-12.052583	-82.3	-100.55	18.25	-83.55	1.25
337	-77.09217	-12.052567	-80.4	-100.54	20.14	-83.54	3.14
338	-77.092	-12.052533	-80.5	-100.91	20.41	-83.91	3.41

339	-77.09183	-12.052517	-76.9	-101.28	24.38	-84.28	7.38
340	-77.09167	-12.052483	-81.3	-101.66	20.36	-84.66	3.36
341	-77.0915	-12.05245	-81.2	-102.04	20.84	-85.04	3.84
342	-77.09117	-12.052417	-83.1	-102.79	19.69	-85.79	2.69
343	-77.091	-12.052383	-82.6	-103.15	20.55	-86.15	3.55
344	-77.091	-12.052367	-82.3	-103.15	20.85	-86.15	3.85
345	-77.09083	-12.0524	-79.8	-103.52	23.72	-86.52	6.72
346	-77.09083	-12.052433	-80.5	-103.53	23.03	-86.53	6.03
347	-77.091	-12.052467	-82.8	-103.17	20.37	-86.17	3.37
348	-77.091	-12.052483	-79.9	-103.18	23.28	-86.18	6.28
349	-77.09117	-12.0525	-80.8	-102.81	22.01	-85.81	5.01
350	-77.09117	-12.052517	-79.2	-102.82	23.62	-85.82	6.62
351	-77.09133	-12.052533	-83.1	-102.45	19.35	-85.45	2.35
352	-77.0915	-12.05255	-82.1	-102.08	19.98	-85.08	2.98
353	-77.0915	-12.052583	-79.3	-102.11	22.81	-85.11	5.81
354	-77.09167	-12.052583	-83	-101.74	18.74	-84.74	1.74
355	-77.09183	-12.052617	-78.6	-101.4	22.8	-84.4	5.8
356	-77.09183	-12.052633	-82.1	-101.4	19.3	-84.4	2.3
357	-77.092	-12.05265	-81.7	-101	19.3	-84	2.3
358	-77.09217	-12.052667	-83	-100.59	17.59	-83.59	0.59
359	-77.09233	-12.052683	-81.1	-100.17	19.07	-83.17	2.07
360	-77.09233	-12.052717	-81.5	-100.18	18.68	-83.18	1.68
361	-77.0925	-12.052733	-81.5	-99.75	18.25	-82.75	1.25
362	-77.0925	-12.05275	-81.1	-99.76	18.66	-82.76	1.66
363	-77.09267	-12.052767	-77	-99.36	22.36	-82.36	5.36
364	-77.09283	-12.052783	-78.77778	-98.96	20.1822	-81.96	3.18222222
365	-77.09283	-12.052767	-77.54545	-98.93	21.3845	-81.93	4.38454545
366	-77.093	-12.052767	-79.4	-98.48	19.08	-81.48	2.08
367	-77.093	-12.052783	-75.7	-98.49	22.79	-81.49	5.79
368	-77.093	-12.052833	-70.5	-98.52	28.02	-81.52	11.02
369	-77.093	-12.0529	-79.5	-98.56	19.06	-81.56	2.06
370	-77.093	-12.052983	-83.7	-98.63	14.93	-81.63	2.07
371	-77.093	-12.053067	-84.3	-98.77	14.47	-81.77	2.53
372	-77.093	-12.053183	-86.6	-98.87	12.27	-81.87	4.73
373	-77.093	-12.0533	-87.1	-99.05	11.95	-82.05	5.05
374	-77.093	-12.053417	-87	-99.14	12.14	-82.14	4.86
375	-77.093	-12.053517	-86.6	-99.25	12.65	-82.25	4.35
376	-77.09283	-12.053617	-87.7	-99.83	12.13	-82.83	4.87
377	-77.09283	-12.0537	-86.7	-99.97	13.27	-82.97	3.73
378	-77.09283	-12.053783	-87.9	-100.11	12.21	-83.11	4.79
379	-77.09283	-12.053883	-85.5	-100.21	14.71	-83.21	2.29
380	-77.09283	-12.053967	-86.2	-100.36	14.16	-83.36	2.84
381	-77.09283	-12.054017	-87.3	-100.45	13.15	-83.45	3.85
382	-77.09283	-12.054033	-85.4	-100.48	15.08	-83.48	1.92
383	-77.09267	-12.054017	-88.5	-100.81	12.31	-83.81	4.69
384	-77.09267	-12.05405	-86.4	-100.87	14.47	-83.87	2.53
385	-77.09267	-12.054133	-83.4	-101.02	17.62	-84.02	0.62
386	-77.09267	-12.054217	-82.27273	-101.15	18.8773	-84.15	1.87727273
387	-77.09267	-12.0543	-84	-101.24	17.24	-84.24	0.24
388	-77.09283	-12.0544	-81.9	-101.08	19.18	-84.08	2.18
389	-77.09283	-12.054483	-82	-101.24	19.24	-84.24	2.24
390	-77.093	-12.05455	-86.1	-100.95	14.85	-83.95	2.15
391	-77.093	-12.054567	-85.9	-100.98	15.08	-83.98	1.92
392	-77.09317	-12.054583	-85.6	-100.69	15.09	-83.69	1.91
393	-77.09317	-12.054617	-89.3	-100.76	11.46	-83.76	5.54
394	-77.09317	-12.0547	-91	-100.94	9.94	-83.94	7.06
395	-77.09317	-12.054783	-89.2	-101.11	11.91	-84.11	5.09

396	-77.09317	-12.054867	-89.2	-101.25	12.05	-84.25	4.95
397	-77.09317	-12.05495	-89.7	-101.37	11.67	-84.37	5.33
398	-77.09317	-12.055017	-88.6	-101.51	12.91	-84.51	4.09
399	-77.09317	-12.055033	-87.2	-101.55	14.35	-84.55	2.65
400	-77.09317	-12.055067	-89.3	-101.62	12.32	-84.62	4.68
401	-77.09317	-12.055083	-91.3	-101.65	10.35	-84.65	6.65
402	-77.09317	-12.0551	-94.6	-101.69	7.09	-84.69	9.91
403	-77.09333	-12.055117	-91.54545	-101.44	9.89455	-84.44	7.10545455
404	-77.09333	-12.055133	-90.33333	-101.48	11.1467	-84.48	5.85333333
405	-77.0935	-12.05515	-91.36364	-101.25	9.88636	-84.25	7.11363636
406	-77.0935	-12.055183	-89.5	-101.35	11.85	-84.35	5.15
407	-77.09367	-12.0552	-91.8	-101.16	9.36	-84.16	7.64
408	-77.09367	-12.055233	-91.6	-101.24	9.64	-84.24	7.36
409	-77.09367	-12.055317	-95	-101.43	6.43	-84.43	10.57
410	-77.09367	-12.0554	-93.1	-101.63	8.53	-84.63	8.47
411	-77.09367	-12.055483	-91.81818	-101.83	10.0118	-84.83	6.98818182
412	-77.09367	-12.0556	-90.55556	-102.11	11.5544	-85.11	5.44555556
413	-77.09367	-12.055733	-87.90909	-102.42	14.5109	-85.42	2.48909091
414	-77.09367	-12.05585	-85.6	-102.72	17.12	-85.72	0.12
415	-77.09367	-12.055967	-86.77778	-103.07	16.2922	-86.07	0.70777778
416	-77.09383	-12.056083	-89	-103.12	14.12	-86.12	2.88
417	-77.09383	-12.056217	-89.9	-103.5	13.6	-86.5	3.4
418	-77.09383	-12.056333	-91.2	-103.82	12.62	-86.82	4.38
419	-77.09383	-12.05645	-96.2	-104.1	7.9	-87.1	9.1
420	-77.094	-12.05655	-96.4	-104.15	7.75	-87.15	9.25
421	-77.094	-12.056633	-94.3	-104.36	10.06	-87.36	6.94
422	-77.094	-12.056717	-95	-104.61	9.61	-87.61	7.39
423	-77.09417	-12.056817	-93.6	-104.74	11.14	-87.74	5.86
424	-77.09417	-12.0569	-90.5	-104.98	14.48	-87.98	2.52
425	-77.09417	-12.056933	-89.4	-105.08	15.68	-88.08	1.32
426	-77.09417	-12.05695	-89.22222	-105.13	15.9078	-88.13	1.09222222
427	-77.09433	-12.056967	-91.95122	-105.13	13.1788	-88.13	3.82121951
428	-77.09433	-12.056933	-87.4	-105.03	17.63	-88.03	0.63
429	-77.09433	-12.0569	-91.7	-104.94	13.24	-87.94	3.76
430	-77.09433	-12.056867	-88.2	-104.84	16.64	-87.84	0.36
431	-77.0945	-12.0568	-91.5	-104.56	13.06	-87.56	3.94
432	-77.09467	-12.056733	-93.3	-104.25	10.95	-87.25	6.05
433	-77.09467	-12.05665	-88.7	-104.02	15.32	-87.02	1.68
434	-77.09483	-12.056583	-90.5	-103.73	13.23	-86.73	3.77
435	-77.095	-12.0565	-87.5	-103.43	15.93	-86.43	1.07
436	-77.095	-12.0564	-85.5	-103.09	17.59	-86.09	0.59
437	-77.09517	-12.056333	-86.3	-102.83	16.53	-85.83	0.47
438	-77.09517	-12.056267	-85.7	-102.6	16.9	-85.6	0.1
439	-77.09533	-12.0562	-88.9	-102.33	13.43	-85.33	3.57
440	-77.0955	-12.056117	-88	-101.92	13.92	-84.92	3.08
441	-77.0955	-12.056083	-88	-101.81	13.81	-84.81	3.19
442	-77.0955	-12.056067	-86.1	-101.76	15.66	-84.76	1.34
443	-77.0955	-12.05605	-81.5	-101.71	20.21	-84.71	3.21
444	-77.0955	-12.056017	-82.2	-101.6	19.4	-84.6	2.4
445	-77.09567	-12.056017	-85.65	-101.54	15.89	-84.54	1.11
446	-77.09567	-12.056083	-88.6	-101.79	13.19	-84.79	3.81
447	-77.09583	-12.056183	-92.4	-102.09	9.69	-85.09	7.31
448	-77.09583	-12.056267	-89.9	-102.41	12.51	-85.41	4.49
449	-77.09583	-12.05635	-89.4	-102.72	13.32	-85.72	3.68
450	-77.096	-12.056417	-87.95	-103.02	15.07	-86.02	1.93

MODELO DE COST HATA - VALORES OBTENIDOS DE MEDICION, ESTIMACIÓN Y CORRECCION

	Longitud	Latitud	Valor de Medición	Valor de Predicción	Error	Corrección	Error de Corrección
1	-77.09683	-12.04825	-74.7	-79.72	5.02	-78.72	4.02
2	-77.09667	-12.048233	-75.1	-79.72	4.62	-78.72	3.62
3	-77.0965	-12.048233	-75.6	-79.77	4.17	-78.77	3.17
4	-77.0965	-12.048217	-76.5	-79.85	3.35	-78.85	2.35
5	-77.09633	-12.0482	-77.7	-79.94	2.24	-78.94	1.24
6	-77.09617	-12.0482	-75.6	-80.02	4.42	-79.02	3.42
7	-77.096	-12.048183	-74.6	-80.21	5.61	-79.21	4.61
8	-77.096	-12.048167	-75.7	-80.28	4.58	-79.28	3.58
9	-77.09583	-12.048167	-76.9	-80.47	3.57	-79.47	2.57
10	-77.09567	-12.04815	-77.5	-80.67	3.17	-79.67	2.17
11	-77.0955	-12.048133	-76.5	-80.96	4.46	-79.96	3.46
12	-77.0955	-12.048117	-78	-81.01	3.01	-80.01	2.01
13	-77.09533	-12.048117	-80.2	-81.18	0.98	-80.18	0.02
14	-77.09517	-12.0481	-79.9	-81.46	1.56	-80.46	0.56
15	-77.095	-12.048083	-78.3	-81.77	3.47	-80.77	2.47
16	-77.09483	-12.048067	-77	-82.08	5.08	-81.08	4.08
17	-77.09467	-12.048067	-78.1	-82.34	4.24	-81.34	3.24
18	-77.09467	-12.04805	-78.8	-82.39	3.59	-81.39	2.59
19	-77.0945	-12.048033	-80.7	-82.71	2.01	-81.71	1.01
20	-77.09417	-12.048017	-78.8	-83.29	4.49	-82.29	3.49
21	-77.094	-12.048	-79.7	-83.6	3.9	-82.6	2.9
22	-77.09383	-12.047983	-81.5	-83.92	2.42	-82.92	1.42
23	-77.09367	-12.047967	-81.7	-84.23	2.53	-83.23	1.53
24	-77.0935	-12.04795	-79.8	-84.54	4.74	-83.54	3.74
25	-77.09333	-12.047933	-83.1	-84.84	1.74	-83.84	0.74
26	-77.09317	-12.047917	-81.9	-85.15	3.25	-84.15	2.25
27	-77.093	-12.047917	-82	-85.44	3.44	-84.44	2.44
28	-77.09283	-12.0479	-83.6	-85.8	2.2	-84.8	1.2
29	-77.09267	-12.047883	-82	-86.11	4.11	-85.11	3.11
30	-77.0925	-12.047867	-81.7	-86.4	4.7	-85.4	3.7
31	-77.09233	-12.04785	-83.7	-86.69	2.99	-85.69	1.99
32	-77.09217	-12.04785	-82.5	-86.99	4.49	-85.99	3.49
33	-77.092	-12.047883	-83.5	-87.25	3.75	-86.25	2.75
34	-77.09183	-12.047883	-83.9	-87.5	3.6	-86.5	2.6
35	-77.09167	-12.047883	-83.5	-87.76	4.26	-86.76	3.26
36	-77.09167	-12.047867	-85.1	-87.78	2.68	-86.78	1.68
37	-77.0915	-12.04785	-84.2	-88.06	3.86	-87.06	2.86
38	-77.09133	-12.047833	-85.7	-88.36	2.66	-87.36	1.66
39	-77.09117	-12.047833	-86.4	-88.66	2.26	-87.66	1.26
40	-77.091	-12.047817	-85.5	-88.95	3.45	-87.95	2.45
41	-77.09083	-12.0478	-85	-89.22	4.22	-88.22	3.22
42	-77.09067	-12.047767	-83.7	-89.5	5.8	-88.5	4.8
43	-77.0905	-12.04775	-85	-89.76	4.76	-88.76	3.76
44	-77.09033	-12.047717	-85	-90.04	5.04	-89.04	4.04
45	-77.09017	-12.0477	-85.5	-90.29	4.79	-89.29	3.79
46	-77.08983	-12.047683	-86.3	-90.82	4.52	-89.82	3.52
47	-77.08967	-12.047667	-84.4	-91.09	6.69	-90.09	5.69
48	-77.0895	-12.04765	-83.2	-91.37	8.17	-90.37	7.17
49	-77.08933	-12.047633	-83.2	-91.63	8.43	-90.63	7.43
50	-77.08917	-12.047617	-83.6	-91.89	8.29	-90.89	7.29
51	-77.089	-12.0476	-83.1	-92.15	9.05	-91.15	8.05
52	-77.08883	-12.0476	-84.1	-92.36	8.26	-91.36	7.26
53	-77.08867	-12.047583	-84.2	-92.58	8.38	-91.58	7.38

54	-77.0885	-12.047567	-88.6	-92.81	4.21	-91.81	3.21
55	-77.08833	-12.047567	-86.3	-93.04	6.74	-92.04	5.74
56	-77.08817	-12.047567	-86.5	-93.27	6.77	-92.27	5.77
57	-77.088	-12.04755	-86.7	-93.51	6.81	-92.51	5.81
58	-77.08783	-12.047533	-91.9	-93.75	1.85	-92.75	0.85
59	-77.08767	-12.047517	-91.425	-93.96	2.535	-92.96	1.535
60	-77.0875	-12.047517	-93.4	-94.15	0.75	-93.15	0.25
61	-77.0875	-12.0475	-93.9	-94.17	0.27	-93.17	0.73
62	-77.0875	-12.047517	-91.5	-94.15	2.65	-93.15	1.65
63	-77.08733	-12.047583	-94.4	-94.29	0.11	-93.29	1.11
64	-77.08733	-12.047683	-94.1	-94.24	0.14	-93.24	0.86
65	-77.08733	-12.047783	-91.9	-94.2	2.3	-93.2	1.3
66	-77.08733	-12.047933	-89.3	-94.06	4.76	-93.06	3.76
67	-77.08733	-12.048083	-94.8	-93.96	0.84	-92.96	1.84
68	-77.08733	-12.048217	-96.7	-93.91	2.79	-92.91	3.79
69	-77.08733	-12.04835	-90.5	-93.85	3.35	-92.85	2.35
70	-77.08733	-12.048467	-85.3	-93.79	8.49	-92.79	7.49
71	-77.08733	-12.0486	-85	-93.68	8.68	-92.68	7.68
72	-77.08733	-12.048733	-88.8	-93.61	4.81	-92.61	3.81
73	-77.08733	-12.04885	-89.9	-93.56	3.66	-92.56	2.66
74	-77.08733	-12.048917	-88.09091	-93.54	5.44909	-92.54	4.4490909
75	-77.08733	-12.048967	-85.2	-93.52	8.32	-92.52	7.32
76	-77.08733	-12.049	-81.8	-93.51	11.71	-92.51	10.71
77	-77.08733	-12.049017	-81	-93.51	12.51	-92.51	11.51
78	-77.0875	-12.049017	-83.2	-93.27	10.07	-92.27	9.07
79	-77.08767	-12.049033	-85	-93.02	8.02	-92.02	7.02
80	-77.08783	-12.04905	-83.05	-92.78	9.73	-91.78	8.73
81	-77.088	-12.04905	-80.3	-92.53	12.23	-91.53	11.23
82	-77.08817	-12.049067	-82.25	-92.27	10.02	-91.27	9.02
83	-77.08833	-12.049067	-82.1	-92.02	9.92	-91.02	8.92
84	-77.0885	-12.049083	-84.1	-91.75	7.65	-90.75	6.65
85	-77.0885	-12.0491	-84.5	-91.75	7.25	-90.75	6.25
86	-77.08867	-12.0491	-81.95	-91.48	9.53	-90.48	8.53
87	-77.08883	-12.0491	-80.05	-91.22	11.17	-90.22	10.17
88	-77.08883	-12.049133	-79.6	-91.21	11.61	-90.21	10.61
89	-77.08883	-12.049167	-85.5	-91.19	5.69	-90.19	4.69
90	-77.08883	-12.04925	-89.5	-91.16	1.66	-90.16	0.66
91	-77.08883	-12.0494	-91.9	-91.1	0.8	-90.1	1.8
92	-77.08883	-12.04955	-91.8	-91.04	0.76	-90.04	1.76
93	-77.08867	-12.049683	-95.2	-91.2	4	-90.2	5
94	-77.08867	-12.049817	-95.8	-91.13	4.67	-90.13	5.67
95	-77.08867	-12.04995	-95.2	-91.09	4.11	-90.09	5.11
96	-77.08867	-12.050067	-92	-91.06	0.94	-90.06	1.94
97	-77.08867	-12.0502	-91.4	-91.02	0.38	-90.02	1.38
98	-77.08867	-12.050317	-89.1	-91	1.9	-90	0.9
99	-77.08867	-12.050467	-90.5	-90.96	0.46	-89.96	0.54
100	-77.08867	-12.050617	-93.6	-90.94	2.66	-89.94	3.66
101	-77.0885	-12.050767	-96.7	-91.19	5.51	-90.19	6.51
102	-77.0885	-12.050917	-96.5	-91.17	5.33	-90.17	6.33
103	-77.0885	-12.05105	-95	-91.15	3.85	-90.15	4.85
104	-77.0885	-12.051167	-91.77778	-91.14	0.63778	-90.14	1.6377778
105	-77.0885	-12.0513	-91.5	-91.13	0.37	-90.13	1.37
106	-77.0885	-12.051433	-92.1	-91.13	0.97	-90.13	1.97
107	-77.0885	-12.051533	-92.3	-91.15	1.15	-90.15	2.15
108	-77.0885	-12.0516	-83.22222	-91.19	7.96778	-90.19	6.9677778
109	-77.0885	-12.051633	-85.9	-91.2	5.3	-90.2	4.3
110	-77.0885	-12.051683	-86.65	-91.22	4.57	-90.22	3.57

111	-77.08867	-12.0517	-86.6	-90.94	4.34	-89.94	3.34
112	-77.08883	-12.051717	-84.9	-90.66	5.76	-89.66	4.76
113	-77.089	-12.05175	-84.27273	-90.37	6.09727	-89.37	5.0972727
114	-77.08917	-12.051783	-83.88889	-90.08	6.19111	-89.08	5.1911111
115	-77.08933	-12.0518	-79.2	-89.78	10.58	-88.78	9.58
116	-77.08933	-12.051833	-83.90909	-89.78	5.87091	-88.78	4.8709091
117	-77.0895	-12.05185	-84.3	-89.48	5.18	-88.48	4.18
118	-77.08967	-12.051883	-87.1	-89.17	2.07	-88.17	1.07
119	-77.08983	-12.051917	-84	-88.86	4.86	-87.86	3.86
120	-77.09	-12.051933	-81.3	-88.54	7.24	-87.54	6.24
121	-77.09017	-12.051967	-81.9	-88.21	6.31	-87.21	5.31
122	-77.09033	-12.051983	-82.5	-87.88	5.38	-86.88	4.38
123	-77.0905	-12.052	-82.6	-87.54	4.94	-86.54	3.94
124	-77.09067	-12.052033	-82.4	-87.19	4.79	-86.19	3.79
125	-77.09083	-12.05205	-83.3	-86.84	3.54	-85.84	2.54
126	-77.09083	-12.052067	-81.1	-86.84	5.74	-85.84	4.74
127	-77.091	-12.0521	-85.2	-86.48	1.28	-85.48	0.28
128	-77.09117	-12.052117	-81.2	-86.11	4.91	-85.11	3.91
129	-77.09133	-12.052133	-81.8	-85.74	3.94	-84.74	2.94
130	-77.09133	-12.05215	-83.9	-85.74	1.84	-84.74	0.84
131	-77.0915	-12.052183	-83.5	-85.36	1.86	-84.36	0.86
132	-77.09167	-12.0522	-82.4	-84.97	2.57	-83.97	1.57
133	-77.09183	-12.052217	-82.3	-84.56	2.26	-83.56	1.26
134	-77.09183	-12.052233	-81.9	-84.57	2.67	-83.57	1.67
135	-77.092	-12.05225	-84.6	-84.16	0.44	-83.16	1.44
136	-77.09217	-12.052267	-82.1	-83.73	1.63	-82.73	0.63
137	-77.09233	-12.0523	-79.9	-83.31	3.41	-82.31	2.41
138	-77.09233	-12.052317	-79.6	-83.31	3.71	-82.31	2.71
139	-77.0925	-12.05235	-80.2	-82.88	2.68	-81.88	1.68
140	-77.09267	-12.052367	-78.6	-82.42	3.82	-81.42	2.82
141	-77.09267	-12.0524	-75	-82.44	7.44	-81.44	6.44
142	-77.09283	-12.052433	-76.5	-82.03	5.53	-81.03	4.53
143	-77.093	-12.05245	-76.7	-81.59	4.89	-80.59	3.89
144	-77.09317	-12.052467	-76.9	-81.11	4.21	-80.11	3.21
145	-77.09317	-12.052483	-75.2	-81.12	5.92	-80.12	4.92
146	-77.09333	-12.0525	-72.6	-80.62	8.02	-79.62	7.02
147	-77.0935	-12.052533	-71	-80.11	9.11	-79.11	8.11
148	-77.09367	-12.05255	-74.3	-79.59	5.29	-78.59	4.29
149	-77.09367	-12.052567	-76.3	-79.62	3.32	-78.62	2.32
150	-77.09383	-12.052567	-76.7	-79.1	2.4	-78.1	1.4
151	-77.09383	-12.0526	-76.6	-79.15	2.55	-78.15	1.55
152	-77.094	-12.0526	-74.6	-78.58	3.98	-77.58	2.98
153	-77.094	-12.052617	-76.2	-78.59	2.39	-77.59	1.39
154	-77.09417	-12.052633	-78.5	-78.01	0.49	-77.01	1.49
155	-77.09433	-12.052667	-78.9	-77.45	1.45	-76.45	2.45
156	-77.0945	-12.052683	-77.7	-76.9	0.8	-75.9	1.8
157	-77.0945	-12.0527	-79.8	-76.93	2.87	-75.93	3.87
158	-77.09467	-12.052733	-78.1	-76.33	1.77	-75.33	2.77
159	-77.09483	-12.05275	-75.3	-75.76	0.46	-74.76	0.54
160	-77.09483	-12.052767	-76.2	-75.78	0.42	-74.78	1.42
161	-77.095	-12.052783	-78.1	-75.11	2.99	-74.11	3.99
162	-77.09517	-12.0528	-78	-74.43	3.57	-73.43	4.57
163	-77.09517	-12.052817	-76.9	-74.48	2.42	-73.48	3.42
164	-77.09533	-12.05285	-73.9	-73.93	0.03	-72.93	0.97
165	-77.09533	-12.052883	-73.6	-74	0.4	-73	0.6
166	-77.0955	-12.0529	-72.6	-73.33	0.73	-72.33	0.27
167	-77.09567	-12.052917	-76.8	-72.7	4.1	-71.7	5.1

168	-77.09583	-12.052933	-75.4	-71.97	3.43	-70.97	4.43
169	-77.09583	-12.05295	-76	-72.04	3.96	-71.04	4.96
170	-77.09583	-12.052967	-75.6	-72.11	3.49	-71.11	4.49
171	-77.096	-12.052967	-75.8	-71.36	4.44	-70.36	5.44
172	-77.096	-12.052883	-75.7	-71.04	4.66	-70.04	5.66
173	-77.096	-12.052817	-77.9	-70.79	7.11	-69.79	8.11
174	-77.096	-12.0527	-76.4	-70.38	6.02	-69.38	7.02
175	-77.096	-12.052583	-75.5	-70.01	5.49	-69.01	6.49
176	-77.096	-12.052467	-75.2	-69.65	5.55	-68.65	6.55
177	-77.096	-12.05235	-76.9	-69.35	7.55	-68.35	8.55
178	-77.09617	-12.052233	-75.6	-68.03	7.57	-67.03	8.57
179	-77.09617	-12.052133	-73.1	-67.87	5.23	-66.87	6.23
180	-77.09617	-12.052083	-75.2	-67.73	7.47	-66.73	8.47
181	-77.09617	-12.052067	-73	-67.71	5.29	-66.71	6.29
182	-77.09617	-12.052033	-72.5	-67.67	4.83	-66.67	5.83
183	-77.09617	-12.052	-72.2	-67.62	4.58	-66.62	5.58
184	-77.09617	-12.051933	-75	-67.49	7.51	-66.49	8.51
185	-77.09617	-12.051867	-75.4	-67.44	7.96	-66.44	8.96
186	-77.09617	-12.051767	-75.6	-67.4	8.2	-66.4	9.2
187	-77.09617	-12.051667	-73.1	-67.39	5.71	-66.39	6.71
188	-77.09617	-12.051567	-74.3	-67.3	7	-66.3	8
189	-77.09617	-12.0514	-68.8	-67.39	1.41	-66.39	2.41
190	-77.09633	-12.051267	-70.6	-66.36	4.24	-65.36	5.24
191	-77.09633	-12.05115	-72	-66.63	5.37	-65.63	6.37
192	-77.09633	-12.051033	-71	-66.89	4.11	-65.89	5.11
193	-77.09633	-12.050933	-70.7	-67.14	3.56	-66.14	4.56
194	-77.09633	-12.050833	-69.7	-67.47	2.23	-66.47	3.23
195	-77.09633	-12.0507	-68.6	-68	0.6	-67	1.6
196	-77.09633	-12.050633	-68.3	-68.18	0.12	-67.18	1.12
197	-77.09633	-12.050583	-66.8	-68.36	1.56	-67.36	0.56
198	-77.09633	-12.050533	-69.4	-68.61	0.79	-67.61	1.79
199	-77.09633	-12.050483	-70	-68.81	1.19	-67.81	2.19
200	-77.09633	-12.050417	-71	-69.09	1.91	-68.09	2.91
201	-77.09633	-12.05035	-71.9	-69.43	2.47	-68.43	3.47
202	-77.0965	-12.050283	-73.8	-68.93	4.87	-67.93	5.87
203	-77.0965	-12.0502	-73.9	-69.31	4.59	-68.31	5.59
204	-77.0965	-12.050083	-71.9	-69.96	1.94	-68.96	2.94
205	-77.0965	-12.049967	-73.3	-70.61	2.69	-69.61	3.69
206	-77.0965	-12.049867	-75.2	-71.16	4.04	-70.16	5.04
207	-77.0965	-12.049783	-73.6	-71.62	1.98	-70.62	2.98
208	-77.0965	-12.049733	-73	-71.89	1.11	-70.89	2.11
209	-77.0965	-12.0497	-71.5	-72.07	0.57	-71.07	0.43
210	-77.0965	-12.049667	-77.9	-72.25	5.65	-71.25	6.65
211	-77.0965	-12.049633	-75.6	-72.43	3.17	-71.43	4.17
212	-77.0965	-12.049617	-78.3	-72.52	5.78	-71.52	6.78
213	-77.09633	-12.0496	-76.9	-73.07	3.83	-72.07	4.83
214	-77.09633	-12.049583	-79.4	-73.15	6.25	-72.15	7.25
215	-77.09617	-12.049583	-80.55	-73.62	6.93	-72.62	7.93
216	-77.096	-12.049617	-80.5	-73.94	6.56	-72.94	7.56
217	-77.096	-12.049683	-80.36364	-73.64	6.72364	-72.64	7.7236364
218	-77.096	-12.0498	-81	-73.12	7.88	-72.12	8.88
219	-77.096	-12.049917	-79.5	-72.61	6.89	-71.61	7.89
220	-77.096	-12.050033	-79.6	-72.17	7.43	-71.17	8.43
221	-77.096	-12.050167	-80.8	-71.68	9.12	-70.68	10.12
222	-77.096	-12.050317	-76.27273	-71.09	5.18273	-70.09	6.1827273
223	-77.09583	-12.05045	-74.11111	-71.41	2.70111	-70.41	3.7011111
224	-77.09583	-12.050567	-72.54545	-71.06	1.48545	-70.06	2.4854545

225	-77.09583	-12.0507	-69.55556	-70.7	1.14444	-69.7	0.1444444
226	-77.09583	-12.050783	-66.81818	-70.45	3.63182	-69.45	2.6318182
227	-77.09583	-12.050833	-73.8	-70.36	3.44	-69.36	4.44
228	-77.09583	-12.0509	-76	-70.2	5.8	-69.2	6.8
229	-77.09583	-12.050983	-77.9	-70.03	7.87	-69.03	8.87
230	-77.09583	-12.051083	-78.55556	-69.89	8.66556	-68.89	9.6655556
231	-77.09583	-12.051183	-80.36364	-69.69	10.6736	-68.69	11.673636
232	-77.09567	-12.051283	-81.3	-70.55	10.75	-69.55	11.75
233	-77.09567	-12.051383	-80.85	-70.49	10.36	-69.49	11.36
234	-77.09567	-12.051483	-82.22222	-70.45	11.7722	-69.45	12.772222
235	-77.09567	-12.051583	-81.36364	-70.42	10.9436	-69.42	11.943636
236	-77.09567	-12.051667	-78.6	-70.51	8.09	-69.51	9.09
237	-77.09567	-12.051767	-80.5	-70.52	9.98	-69.52	10.98
238	-77.09567	-12.05185	-76.5	-70.54	5.96	-69.54	6.96
239	-77.09567	-12.0519	-76.5	-70.57	5.93	-69.57	6.93
240	-77.09567	-12.051933	-75.4	-70.58	4.82	-69.58	5.82
241	-77.0955	-12.051933	-76.7	-71.5	5.2	-70.5	6.2
242	-77.0955	-12.051917	-78.9	-71.49	7.41	-70.49	8.41
243	-77.09533	-12.0519	-78.6	-72.36	6.24	-71.36	7.24
244	-77.09517	-12.051867	-81.3	-73.17	8.13	-72.17	9.13
245	-77.09517	-12.05185	-81.3	-73.17	8.13	-72.17	9.13
246	-77.095	-12.051833	-80.6	-73.96	6.64	-72.96	7.64
247	-77.09483	-12.051817	-78.9	-74.71	4.19	-73.71	5.19
248	-77.09483	-12.051783	-77.2	-74.71	2.49	-73.71	3.49
249	-77.09467	-12.051767	-81.22222	-75.43	5.79222	-74.43	6.7922222
250	-77.0945	-12.05175	-79.36364	-76.12	3.24364	-75.12	4.2436364
251	-77.0945	-12.051717	-81.2	-76.12	5.08	-75.12	6.08
252	-77.09433	-12.0517	-78.8	-76.79	2.01	-75.79	3.01
253	-77.09417	-12.051683	-80	-77.42	2.58	-76.42	3.58
254	-77.09417	-12.051667	-78.2	-77.42	0.78	-76.42	1.78
255	-77.094	-12.051633	-76.3	-78	1.7	-77	0.7
256	-77.09383	-12.0516	-80.9	-78.56	2.34	-77.56	3.34
257	-77.09367	-12.051583	-84.2	-79.12	5.08	-78.12	6.08
258	-77.09367	-12.051567	-84.3	-79.12	5.18	-78.12	6.18
259	-77.09367	-12.05155	-83.9	-79.12	4.78	-78.12	5.78
260	-77.0935	-12.051517	-83	-79.68	3.32	-78.68	4.32
261	-77.09367	-12.05145	-83.4	-79.13	4.27	-78.13	5.27
262	-77.09367	-12.051383	-87.2	-79.14	8.06	-78.14	9.06
263	-77.09367	-12.0513	-87.90909	-79.16	8.74909	-78.16	9.7490909
264	-77.09367	-12.0512	-86	-79.19	6.81	-78.19	7.81
265	-77.09367	-12.0511	-87.18182	-79.22	7.96182	-78.22	8.9618182
266	-77.09367	-12.050967	-85.4	-79.28	6.12	-78.28	7.12
267	-77.09367	-12.05085	-85.22222	-79.34	5.88222	-78.34	6.8822222
268	-77.09367	-12.050733	-80.18182	-79.41	0.77182	-78.41	1.7718182
269	-77.09367	-12.050633	-77.1	-79.55	2.45	-78.55	1.45
270	-77.09367	-12.050533	-77	-79.64	2.64	-78.64	1.64
271	-77.09383	-12.05045	-73	-79.17	6.17	-78.17	5.17
272	-77.09383	-12.050383	-76.7	-79.23	2.53	-78.23	1.53
273	-77.09383	-12.0503	-78.3	-79.4	1.1	-78.4	0.1
274	-77.09383	-12.0502	-79.2	-79.5	0.3	-78.5	0.7
275	-77.09383	-12.0501	-82.2	-79.61	2.59	-78.61	3.59
276	-77.09383	-12.050017	-84	-79.79	4.21	-78.79	5.21
277	-77.09383	-12.0499	-83.4	-79.95	3.45	-78.95	4.45
278	-77.09383	-12.0498	-84.2	-80.13	4.07	-79.13	5.07
279	-77.094	-12.0497	-86.2	-79.85	6.35	-78.85	7.35
280	-77.094	-12.0496	-85	-79.98	5.02	-78.98	6.02
281	-77.094	-12.0495	-84	-80.13	3.87	-79.13	4.87

282	-77.094	-12.04945	-81.3	-80.26	1.04	-79.26	2.04
283	-77.094	-12.049417	-84.6	-80.34	4.26	-79.34	5.26
284	-77.09383	-12.049367	-86	-80.86	5.14	-79.86	6.14
285	-77.09383	-12.04935	-82.5	-80.9	1.6	-79.9	2.6
286	-77.09367	-12.049367	-80.9	-81.26	0.36	-80.26	0.64
287	-77.0935	-12.04935	-81.6	-81.74	0.14	-80.74	0.86
288	-77.09333	-12.049383	-83.45455	-82.15	1.30455	-81.15	2.3045455
289	-77.09333	-12.049483	-86.4	-81.98	4.42	-80.98	5.42
290	-77.09333	-12.049617	-86.88889	-81.79	5.09889	-80.79	6.0988889
291	-77.09333	-12.049683	-85.54545	-81.68	3.86545	-80.68	4.8654545
292	-77.09333	-12.049733	-84	-81.58	2.42	-80.58	3.42
293	-77.09333	-12.0498	-80.6	-81.5	0.9	-80.5	0.1
294	-77.09333	-12.049883	-82.6	-81.39	1.21	-80.39	2.21
295	-77.09333	-12.05	-81.4	-81.21	0.19	-80.21	1.19
296	-77.09333	-12.0501	-80.8	-81.12	0.32	-80.12	0.68
297	-77.09333	-12.0502	-76.4	-80.99	4.59	-79.99	3.59
298	-77.09333	-12.050267	-67.3	-80.88	13.58	-79.88	12.58
299	-77.09333	-12.0503	-74.7	-80.86	6.16	-79.86	5.16
300	-77.09333	-12.050317	-67.8	-80.84	13.04	-79.84	12.04
301	-77.09317	-12.050333	-73.8	-81.32	7.52	-80.32	6.52
302	-77.09317	-12.050383	-80.9	-81.28	0.38	-80.28	0.62
303	-77.09317	-12.050433	-87.8	-81.25	6.55	-80.25	7.55
304	-77.09317	-12.050517	-87.3	-81.19	6.11	-80.19	7.11
305	-77.09317	-12.0506	-87.9	-81.06	6.84	-80.06	7.84
306	-77.09317	-12.0507	-89	-80.99	8.01	-79.99	9.01
307	-77.09317	-12.050817	-88.8	-80.93	7.87	-79.93	8.87
308	-77.09317	-12.050917	-87.7	-80.89	6.81	-79.89	7.81
309	-77.09317	-12.05105	-88.5	-80.84	7.66	-79.84	8.66
310	-77.09317	-12.051167	-88	-80.8	7.2	-79.8	8.2
311	-77.093	-12.0513	-88.2	-81.27	6.93	-80.27	7.93
312	-77.093	-12.0514	-81.3	-81.26	0.04	-80.26	1.04
313	-77.093	-12.051517	-81.5	-81.24	0.26	-80.24	1.26
314	-77.093	-12.051583	-85.3	-81.25	4.05	-80.25	5.05
315	-77.093	-12.051633	-83.7	-81.3	2.4	-80.3	3.4
316	-77.093	-12.0517	-83.8	-81.34	2.46	-80.34	3.46
317	-77.093	-12.051783	-86.5	-81.34	5.16	-80.34	6.16
318	-77.093	-12.051867	-86.9	-81.35	5.55	-80.35	6.55
319	-77.093	-12.051967	-87.9	-81.36	6.54	-80.36	7.54
320	-77.09283	-12.052083	-87.5	-81.87	5.63	-80.87	6.63
321	-77.09283	-12.0522	-83.4	-81.9	1.5	-80.9	2.5
322	-77.09283	-12.0523	-86.4	-81.93	4.47	-80.93	5.47
323	-77.09283	-12.052367	-80	-81.95	1.95	-80.95	0.95
324	-77.09283	-12.052417	-77.3	-82.01	4.71	-81.01	3.71
325	-77.09283	-12.052433	-77.1	-82.03	4.93	-81.03	3.93
326	-77.09283	-12.052467	-71.4	-82.08	10.68	-81.08	9.68
327	-77.09283	-12.0525	-75.36364	-82.1	6.73636	-81.1	5.7363636
328	-77.09283	-12.052517	-74.8	-82.11	7.31	-81.11	6.31
329	-77.09283	-12.05255	-76.9	-82.12	5.22	-81.12	4.22
330	-77.09283	-12.052583	-77.9	-82.14	4.24	-81.14	3.24
331	-77.09283	-12.052617	-74.62727	-82.15	7.52273	-81.15	6.5227273
332	-77.09283	-12.052633	-76.1	-82.16	6.06	-81.16	5.06
333	-77.09267	-12.05265	-80.5	-82.63	2.13	-81.63	1.13
334	-77.0925	-12.052633	-81	-83.08	2.08	-82.08	1.08
335	-77.09233	-12.052617	-80.6	-83.51	2.91	-82.51	1.91
336	-77.09217	-12.052583	-82.3	-83.93	1.63	-82.93	0.63
337	-77.09217	-12.052567	-80.4	-83.92	3.52	-82.92	2.52
338	-77.092	-12.052533	-80.5	-84.28	3.78	-83.28	2.78

339	-77.09183	-12.052517	-76.9	-84.66	7.76	-83.66	6.76
340	-77.09167	-12.052483	-81.3	-85.03	3.73	-84.03	2.73
341	-77.0915	-12.05245	-81.2	-85.42	4.22	-84.42	3.22
342	-77.09117	-12.052417	-83.1	-86.17	3.07	-85.17	2.07
343	-77.091	-12.052383	-82.6	-86.53	3.93	-85.53	2.93
344	-77.091	-12.052367	-82.3	-86.53	4.23	-85.53	3.23
345	-77.09083	-12.0524	-79.8	-86.89	7.09	-85.89	6.09
346	-77.09083	-12.052433	-80.5	-86.9	6.4	-85.9	5.4
347	-77.091	-12.052467	-82.8	-86.55	3.75	-85.55	2.75
348	-77.091	-12.052483	-79.9	-86.55	6.65	-85.55	5.65
349	-77.09117	-12.0525	-80.8	-86.19	5.39	-85.19	4.39
350	-77.09117	-12.052517	-79.2	-86.19	6.99	-85.19	5.99
351	-77.09133	-12.052533	-83.1	-85.82	2.72	-84.82	1.72
352	-77.0915	-12.05255	-82.1	-85.45	3.35	-84.45	2.35
353	-77.0915	-12.052583	-79.3	-85.49	6.19	-84.49	5.19
354	-77.09167	-12.052583	-83	-85.11	2.11	-84.11	1.11
355	-77.09183	-12.052617	-78.6	-84.77	6.17	-83.77	5.17
356	-77.09183	-12.052633	-82.1	-84.78	2.68	-83.78	1.68
357	-77.092	-12.05265	-81.7	-84.37	2.67	-83.37	1.67
358	-77.09217	-12.052667	-83	-83.96	0.96	-82.96	0.04
359	-77.09233	-12.052683	-81.1	-83.54	2.44	-82.54	1.44
360	-77.09233	-12.052717	-81.5	-83.56	2.06	-82.56	1.06
361	-77.0925	-12.052733	-81.5	-83.12	1.62	-82.12	0.62
362	-77.0925	-12.05275	-81.1	-83.14	2.04	-82.14	1.04
363	-77.09267	-12.052767	-77	-82.74	5.74	-81.74	4.74
364	-77.09283	-12.052783	-78.77778	-82.33	3.55222	-81.33	2.5522222
365	-77.09283	-12.052767	-77.54545	-82.31	4.76455	-81.31	3.7645455
366	-77.093	-12.052767	-79.4	-81.85	2.45	-80.85	1.45
367	-77.093	-12.052783	-75.7	-81.86	6.16	-80.86	5.16
368	-77.093	-12.052833	-70.5	-81.89	11.39	-80.89	10.39
369	-77.093	-12.0529	-79.5	-81.93	2.43	-80.93	1.43
370	-77.093	-12.052983	-83.7	-82.01	1.69	-81.01	2.69
371	-77.093	-12.053067	-84.3	-82.15	2.15	-81.15	3.15
372	-77.093	-12.053183	-86.6	-82.24	4.36	-81.24	5.36
373	-77.093	-12.0533	-87.1	-82.42	4.68	-81.42	5.68
374	-77.093	-12.053417	-87	-82.52	4.48	-81.52	5.48
375	-77.093	-12.053517	-86.6	-82.63	3.97	-81.63	4.97
376	-77.09283	-12.053617	-87.7	-83.2	4.5	-82.2	5.5
377	-77.09283	-12.0537	-86.7	-83.35	3.35	-82.35	4.35
378	-77.09283	-12.053783	-87.9	-83.49	4.41	-82.49	5.41
379	-77.09283	-12.053883	-85.5	-83.58	1.92	-82.58	2.92
380	-77.09283	-12.053967	-86.2	-83.74	2.46	-82.74	3.46
381	-77.09283	-12.054017	-87.3	-83.83	3.47	-82.83	4.47
382	-77.09283	-12.054033	-85.4	-83.86	1.54	-82.86	2.54
383	-77.09267	-12.054017	-88.5	-84.18	4.32	-83.18	5.32
384	-77.09267	-12.05405	-86.4	-84.24	2.16	-83.24	3.16
385	-77.09267	-12.054133	-83.4	-84.39	0.99	-83.39	0.01
386	-77.09267	-12.054217	-82.27273	-84.52	2.24727	-83.52	1.2472727
387	-77.09267	-12.0543	-84	-84.61	0.61	-83.61	0.39
388	-77.09283	-12.0544	-81.9	-84.46	2.56	-83.46	1.56
389	-77.09283	-12.054483	-82	-84.62	2.62	-83.62	1.62
390	-77.093	-12.05455	-86.1	-84.32	1.78	-83.32	2.78
391	-77.093	-12.054567	-85.9	-84.36	1.54	-83.36	2.54
392	-77.09317	-12.054583	-85.6	-84.07	1.53	-83.07	2.53
393	-77.09317	-12.054617	-89.3	-84.14	5.16	-83.14	6.16
394	-77.09317	-12.0547	-91	-84.31	6.69	-83.31	7.69
395	-77.09317	-12.054783	-89.2	-84.49	4.71	-83.49	5.71

396	-77.09317	-12.054867	-89.2	-84.62	4.58	-83.62	5.58
397	-77.09317	-12.05495	-89.7	-84.74	4.96	-83.74	5.96
398	-77.09317	-12.055017	-88.6	-84.89	3.71	-83.89	4.71
399	-77.09317	-12.055033	-87.2	-84.92	2.28	-83.92	3.28
400	-77.09317	-12.055067	-89.3	-84.99	4.31	-83.99	5.31
401	-77.09317	-12.055083	-91.3	-85.03	6.27	-84.03	7.27
402	-77.09317	-12.0551	-94.6	-85.06	9.54	-84.06	10.54
403	-77.09333	-12.055117	-91.54545	-84.81	6.73545	-83.81	7.7354545
404	-77.09333	-12.055133	-90.33333	-84.85	5.48333	-83.85	6.4833333
405	-77.0935	-12.05515	-91.36364	-84.63	6.73364	-83.63	7.7336364
406	-77.0935	-12.055183	-89.5	-84.73	4.77	-83.73	5.77
407	-77.09367	-12.0552	-91.8	-84.53	7.27	-83.53	8.27
408	-77.09367	-12.055233	-91.6	-84.61	6.99	-83.61	7.99
409	-77.09367	-12.055317	-95	-84.81	10.19	-83.81	11.19
410	-77.09367	-12.0554	-93.1	-85.01	8.09	-84.01	9.09
411	-77.09367	-12.055483	-91.81818	-85.2	6.61818	-84.2	7.6181818
412	-77.09367	-12.0556	-90.55556	-85.48	5.07556	-84.48	6.0755556
413	-77.09367	-12.055733	-87.90909	-85.79	2.11909	-84.79	3.1190909
414	-77.09367	-12.05585	-85.6	-86.09	0.49	-85.09	0.51
415	-77.09367	-12.055967	-86.77778	-86.44	0.33778	-85.44	1.3377778
416	-77.09383	-12.056083	-89	-86.5	2.5	-85.5	3.5
417	-77.09383	-12.056217	-89.9	-86.88	3.02	-85.88	4.02
418	-77.09383	-12.056333	-91.2	-87.19	4.01	-86.19	5.01
419	-77.09383	-12.05645	-96.2	-87.47	8.73	-86.47	9.73
420	-77.094	-12.05655	-96.4	-87.52	8.88	-86.52	9.88
421	-77.094	-12.056633	-94.3	-87.73	6.57	-86.73	7.57
422	-77.094	-12.056717	-95	-87.98	7.02	-86.98	8.02
423	-77.09417	-12.056817	-93.6	-88.11	5.49	-87.11	6.49
424	-77.09417	-12.0569	-90.5	-88.36	2.14	-87.36	3.14
425	-77.09417	-12.056933	-89.4	-88.45	0.95	-87.45	1.95
426	-77.09417	-12.05695	-89.22222	-88.5	0.72222	-87.5	1.7222222
427	-77.09433	-12.056967	-91.95122	-88.5	3.45122	-87.5	4.4512195
428	-77.09433	-12.056933	-87.4	-88.41	1.01	-87.41	0.01
429	-77.09433	-12.0569	-91.7	-88.31	3.39	-87.31	4.39
430	-77.09433	-12.056867	-88.2	-88.21	0.01	-87.21	0.99
431	-77.0945	-12.0568	-91.5	-87.93	3.57	-86.93	4.57
432	-77.09467	-12.056733	-93.3	-87.62	5.68	-86.62	6.68
433	-77.09467	-12.05665	-88.7	-87.39	1.31	-86.39	2.31
434	-77.09483	-12.056583	-90.5	-87.11	3.39	-86.11	4.39
435	-77.095	-12.0565	-87.5	-86.8	0.7	-85.8	1.7
436	-77.095	-12.0564	-85.5	-86.46	0.96	-85.46	0.04
437	-77.09517	-12.056333	-86.3	-86.21	0.09	-85.21	1.09
438	-77.09517	-12.056267	-85.7	-85.97	0.27	-84.97	0.73
439	-77.09533	-12.0562	-88.9	-85.7	3.2	-84.7	4.2
440	-77.0955	-12.056117	-88	-85.3	2.7	-84.3	3.7
441	-77.0955	-12.056083	-88	-85.18	2.82	-84.18	3.82
442	-77.0955	-12.056067	-86.1	-85.13	0.97	-84.13	1.97
443	-77.0955	-12.05605	-81.5	-85.08	3.58	-84.08	2.58
444	-77.0955	-12.056017	-82.2	-84.98	2.78	-83.98	1.78
445	-77.09567	-12.056017	-85.65	-84.91	0.74	-83.91	1.74
446	-77.09567	-12.056083	-88.6	-85.17	3.43	-84.17	4.43
447	-77.09583	-12.056183	-92.4	-85.47	6.93	-84.47	7.93
448	-77.09583	-12.056267	-89.9	-85.79	4.11	-84.79	5.11
449	-77.09583	-12.05635	-89.4	-86.1	3.3	-85.1	4.3
450	-77.096	-12.056417	-87.95	-86.4	1.55	-85.4	2.55

MODELO DE ITU-R 529 - VALORES OBTENIDOS DE MEDICION, ESTIMACION Y CORRECCION

	Longitud	Latitud	Valor de Medición	Valor de Predicción	Error	Corrección	Error de Corrección
1	-77.09683	-12.04825	-74.7	-52.32	22.38	-78.32	3.62
2	-77.09667	-12.048233	-75.1	-52.32	22.78	-78.32	3.22
3	-77.0965	-12.048233	-75.6	-52.37	23.23	-78.37	2.77
4	-77.0965	-12.048217	-76.5	-52.45	24.05	-78.45	1.95
5	-77.09633	-12.0482	-77.7	-52.53	25.17	-78.53	0.83
6	-77.09617	-12.0482	-75.6	-52.62	22.98	-78.62	3.02
7	-77.096	-12.048183	-74.6	-52.81	21.79	-78.81	4.21
8	-77.096	-12.048167	-75.7	-52.88	22.82	-78.88	3.18
9	-77.09583	-12.048167	-76.9	-53.07	23.83	-79.07	2.17
10	-77.09567	-12.04815	-77.5	-53.26	24.24	-79.26	1.76
11	-77.0955	-12.048133	-76.5	-53.55	22.95	-79.55	3.05
12	-77.0955	-12.048117	-78	-53.61	24.39	-79.61	1.61
13	-77.09533	-12.048117	-80.2	-53.78	26.42	-79.78	0.42
14	-77.09517	-12.0481	-79.9	-54.06	25.84	-80.06	0.16
15	-77.095	-12.048083	-78.3	-54.37	23.93	-80.37	2.07
16	-77.09483	-12.048067	-77	-54.68	22.32	-80.68	3.68
17	-77.09467	-12.048067	-78.1	-54.94	23.16	-80.94	2.84
18	-77.09467	-12.04805	-78.8	-54.99	23.81	-80.99	2.19
19	-77.0945	-12.048033	-80.7	-55.31	25.39	-81.31	0.61
20	-77.09417	-12.048017	-78.8	-55.89	22.91	-81.89	3.09
21	-77.094	-12.048	-79.7	-56.2	23.5	-82.2	2.5
22	-77.09383	-12.047983	-81.5	-56.52	24.98	-82.52	1.02
23	-77.09367	-12.047967	-81.7	-56.82	24.88	-82.82	1.12
24	-77.0935	-12.04795	-79.8	-57.13	22.67	-83.13	3.33
25	-77.09333	-12.047933	-83.1	-57.44	25.66	-83.44	0.34
26	-77.09317	-12.047917	-81.9	-57.74	24.16	-83.74	1.84
27	-77.093	-12.047917	-82	-58.03	23.97	-84.03	2.03
28	-77.09283	-12.0479	-83.6	-58.4	25.2	-84.4	0.8
29	-77.09267	-12.047883	-82	-58.71	23.29	-84.71	2.71
30	-77.0925	-12.047867	-81.7	-59	22.7	-85	3.3
31	-77.09233	-12.04785	-83.7	-59.29	24.41	-85.29	1.59
32	-77.09217	-12.04785	-82.5	-59.58	22.92	-85.58	3.08
33	-77.092	-12.047883	-83.5	-59.85	23.65	-85.85	2.35
34	-77.09183	-12.047883	-83.9	-60.1	23.8	-86.1	2.2
35	-77.09167	-12.047883	-83.5	-60.35	23.15	-86.35	2.85
36	-77.09167	-12.047867	-85.1	-60.38	24.72	-86.38	1.28
37	-77.0915	-12.04785	-84.2	-60.66	23.54	-86.66	2.46
38	-77.09133	-12.047833	-85.7	-60.96	24.74	-86.96	1.26
39	-77.09117	-12.047833	-86.4	-61.26	25.14	-87.26	0.86
40	-77.091	-12.047817	-85.5	-61.55	23.95	-87.55	2.05
41	-77.09083	-12.0478	-85	-61.81	23.19	-87.81	2.81
42	-77.09067	-12.047767	-83.7	-62.1	21.6	-88.1	4.4
43	-77.0905	-12.04775	-85	-62.36	22.64	-88.36	3.36
44	-77.09033	-12.047717	-85	-62.64	22.36	-88.64	3.64
45	-77.09017	-12.0477	-85.5	-62.89	22.61	-88.89	3.39
46	-77.08983	-12.047683	-86.3	-63.42	22.88	-89.42	3.12
47	-77.08967	-12.047667	-84.4	-63.69	20.71	-89.69	5.29
48	-77.0895	-12.04765	-83.2	-63.96	19.24	-89.96	6.76
49	-77.08933	-12.047633	-83.2	-64.23	18.97	-90.23	7.03
50	-77.08917	-12.047617	-83.6	-64.49	19.11	-90.49	6.89
51	-77.089	-12.0476	-83.1	-64.75	18.35	-90.75	7.65
52	-77.08883	-12.0476	-84.1	-64.96	19.14	-90.96	6.86

53	-77.08867	-12.047583	-84.2	-65.18	19.02	-91.18	6.98
54	-77.0885	-12.047567	-88.6	-65.41	23.19	-91.41	2.81
55	-77.08833	-12.047567	-86.3	-65.63	20.67	-91.63	5.33
56	-77.08817	-12.047567	-86.5	-65.87	20.63	-91.87	5.37
57	-77.088	-12.04755	-86.7	-66.11	20.59	-92.11	5.41
58	-77.08783	-12.047533	-91.9	-66.34	25.56	-92.34	0.44
59	-77.08767	-12.047517	-91.425	-66.55	24.875	-92.55	1.125
60	-77.0875	-12.047517	-93.4	-66.75	26.65	-92.75	0.65
61	-77.0875	-12.0475	-93.9	-66.76	27.14	-92.76	1.14
62	-77.0875	-12.047517	-91.5	-66.75	24.75	-92.75	1.25
63	-77.08733	-12.047583	-94.4	-66.89	27.51	-92.89	1.51
64	-77.08733	-12.047683	-94.1	-66.84	27.26	-92.84	1.26
65	-77.08733	-12.047783	-91.9	-66.79	25.11	-92.79	0.89
66	-77.08733	-12.047933	-89.3	-66.66	22.64	-92.66	3.36
67	-77.08733	-12.048083	-94.8	-66.56	28.24	-92.56	2.24
68	-77.08733	-12.048217	-96.7	-66.5	30.2	-92.5	4.2
69	-77.08733	-12.04835	-90.5	-66.45	24.05	-92.45	1.95
70	-77.08733	-12.048467	-85.3	-66.39	18.91	-92.39	7.09
71	-77.08733	-12.0486	-85	-66.27	18.73	-92.27	7.27
72	-77.08733	-12.048733	-88.8	-66.2	22.6	-92.2	3.4
73	-77.08733	-12.04885	-89.9	-66.16	23.74	-92.16	2.26
74	-77.08733	-12.048917	-88.09091	-66.14	21.9509	-92.14	4.0490909
75	-77.08733	-12.048967	-85.2	-66.12	19.08	-92.12	6.92
76	-77.08733	-12.049	-81.8	-66.11	15.69	-92.11	10.31
77	-77.08733	-12.049017	-81	-66.11	14.89	-92.11	11.11
78	-77.0875	-12.049017	-83.2	-65.87	17.33	-91.87	8.67
79	-77.08767	-12.049033	-85	-65.62	19.38	-91.62	6.62
80	-77.08783	-12.04905	-83.05	-65.37	17.68	-91.37	8.32
81	-77.088	-12.04905	-80.3	-65.13	15.17	-91.13	10.83
82	-77.08817	-12.049067	-82.25	-64.87	17.38	-90.87	8.62
83	-77.08833	-12.049067	-82.1	-64.62	17.48	-90.62	8.52
84	-77.0885	-12.049083	-84.1	-64.35	19.75	-90.35	6.25
85	-77.0885	-12.0491	-84.5	-64.34	20.16	-90.34	5.84
86	-77.08867	-12.0491	-81.95	-64.08	17.87	-90.08	8.13
87	-77.08883	-12.0491	-80.05	-63.82	16.23	-89.82	9.77
88	-77.08883	-12.049133	-79.6	-63.8	15.8	-89.8	10.2
89	-77.08883	-12.049167	-85.5	-63.79	21.71	-89.79	4.29
90	-77.08883	-12.04925	-89.5	-63.76	25.74	-89.76	0.26
91	-77.08883	-12.0494	-91.9	-63.7	28.2	-89.7	2.2
92	-77.08883	-12.04955	-91.8	-63.64	28.16	-89.64	2.16
93	-77.08867	-12.049683	-95.2	-63.8	31.4	-89.8	5.4
94	-77.08867	-12.049817	-95.8	-63.73	32.07	-89.73	6.07
95	-77.08867	-12.04995	-95.2	-63.69	31.51	-89.69	5.51
96	-77.08867	-12.050067	-92	-63.66	28.34	-89.66	2.34
97	-77.08867	-12.0502	-91.4	-63.62	27.78	-89.62	1.78
98	-77.08867	-12.050317	-89.1	-63.59	25.51	-89.59	0.49
99	-77.08867	-12.050467	-90.5	-63.56	26.94	-89.56	0.94
100	-77.08867	-12.050617	-93.6	-63.53	30.07	-89.53	4.07
101	-77.0885	-12.050767	-96.7	-63.79	32.91	-89.79	6.91
102	-77.0885	-12.050917	-96.5	-63.77	32.73	-89.77	6.73
103	-77.0885	-12.05105	-95	-63.75	31.25	-89.75	5.25
104	-77.0885	-12.051167	-91.77778	-63.74	28.0378	-89.74	2.0377778
105	-77.0885	-12.0513	-91.5	-63.73	27.77	-89.73	1.77
106	-77.0885	-12.051433	-92.1	-63.73	28.37	-89.73	2.37
107	-77.0885	-12.051533	-92.3	-63.75	28.55	-89.75	2.55
108	-77.0885	-12.0516	-83.22222	-63.78	19.4422	-89.78	6.5577778
109	-77.0885	-12.051633	-85.9	-63.8	22.1	-89.8	3.9

110	-77.0885	-12.051683	-86.65	-63.82	22.83	-89.82	3.17
111	-77.08867	-12.0517	-86.6	-63.54	23.06	-89.54	2.94
112	-77.08883	-12.051717	-84.9	-63.26	21.64	-89.26	4.36
113	-77.089	-12.05175	-84.27273	-62.97	21.3027	-88.97	4.6972727
114	-77.08917	-12.051783	-83.88889	-62.68	21.2089	-88.68	4.7911111
115	-77.08933	-12.0518	-79.2	-62.38	16.82	-88.38	9.18
116	-77.08933	-12.051833	-83.90909	-62.38	21.5291	-88.38	4.4709091
117	-77.0895	-12.05185	-84.3	-62.08	22.22	-88.08	3.78
118	-77.08967	-12.051883	-87.1	-61.77	25.33	-87.77	0.67
119	-77.08983	-12.051917	-84	-61.45	22.55	-87.45	3.45
120	-77.09	-12.051933	-81.3	-61.13	20.17	-87.13	5.83
121	-77.09017	-12.051967	-81.9	-60.81	21.09	-86.81	4.91
122	-77.09033	-12.051983	-82.5	-60.48	22.02	-86.48	3.98
123	-77.0905	-12.052	-82.6	-60.14	22.46	-86.14	3.54
124	-77.09067	-12.052033	-82.4	-59.79	22.61	-85.79	3.39
125	-77.09083	-12.05205	-83.3	-59.44	23.86	-85.44	2.14
126	-77.09083	-12.052067	-81.1	-59.44	21.66	-85.44	4.34
127	-77.091	-12.0521	-85.2	-59.08	26.12	-85.08	0.12
128	-77.09117	-12.052117	-81.2	-58.71	22.49	-84.71	3.51
129	-77.09133	-12.052133	-81.8	-58.34	23.46	-84.34	2.54
130	-77.09133	-12.05215	-83.9	-58.34	25.56	-84.34	0.44
131	-77.0915	-12.052183	-83.5	-57.96	25.54	-83.96	0.46
132	-77.09167	-12.0522	-82.4	-57.56	24.84	-83.56	1.16
133	-77.09183	-12.052217	-82.3	-57.16	25.14	-83.16	0.86
134	-77.09183	-12.052233	-81.9	-57.17	24.73	-83.17	1.27
135	-77.092	-12.05225	-84.6	-56.75	27.85	-82.75	1.85
136	-77.09217	-12.052267	-82.1	-56.33	25.77	-82.33	0.23
137	-77.09233	-12.0523	-79.9	-55.91	23.99	-81.91	2.01
138	-77.09233	-12.052317	-79.6	-55.91	23.69	-81.91	2.31
139	-77.0925	-12.05235	-80.2	-55.47	24.73	-81.47	1.27
140	-77.09267	-12.052367	-78.6	-55.02	23.58	-81.02	2.42
141	-77.09267	-12.0524	-75	-55.03	19.97	-81.03	6.03
142	-77.09283	-12.052433	-76.5	-54.63	21.87	-80.63	4.13
143	-77.093	-12.05245	-76.7	-54.19	22.51	-80.19	3.49
144	-77.09317	-12.052467	-76.9	-53.71	23.19	-79.71	2.81
145	-77.09317	-12.052483	-75.2	-53.72	21.48	-79.72	4.52
146	-77.09333	-12.0525	-72.6	-53.22	19.38	-79.22	6.62
147	-77.0935	-12.052533	-71	-52.71	18.29	-78.71	7.71
148	-77.09367	-12.05255	-74.3	-52.19	22.11	-78.19	3.89
149	-77.09367	-12.052567	-76.3	-52.22	24.08	-78.22	1.92
150	-77.09383	-12.052567	-76.7	-51.7	25	-77.7	1
151	-77.09383	-12.0526	-76.6	-51.75	24.85	-77.75	1.15
152	-77.094	-12.0526	-74.6	-51.18	23.42	-77.18	2.58
153	-77.094	-12.052617	-76.2	-51.19	25.01	-77.19	0.99
154	-77.09417	-12.052633	-78.5	-50.61	27.89	-76.61	1.89
155	-77.09433	-12.052667	-78.9	-50.05	28.85	-76.05	2.85
156	-77.0945	-12.052683	-77.7	-49.5	28.2	-75.5	2.2
157	-77.0945	-12.0527	-79.8	-49.53	30.27	-75.53	4.27
158	-77.09467	-12.052733	-78.1	-48.92	29.18	-74.92	3.18
159	-77.09483	-12.05275	-75.3	-48.36	26.94	-74.36	0.94
160	-77.09483	-12.052767	-76.2	-48.38	27.82	-74.38	1.82
161	-77.095	-12.052783	-78.1	-47.7	30.4	-73.7	4.4
162	-77.09517	-12.0528	-78	-47.03	30.97	-73.03	4.97
163	-77.09517	-12.052817	-76.9	-47.08	29.82	-73.08	3.82
164	-77.09533	-12.05285	-73.9	-46.53	27.37	-72.53	1.37
165	-77.09533	-12.052883	-73.6	-46.6	27	-72.6	1
166	-77.0955	-12.0529	-72.6	-45.92	26.68	-71.92	0.68

167	-77.09567	-12.052917	-76.8	-45.3	31.5	-71.3	5.5
168	-77.09583	-12.052933	-75.4	-44.57	30.83	-70.57	4.83
169	-77.09583	-12.05295	-76	-44.64	31.36	-70.64	5.36
170	-77.09583	-12.052967	-75.6	-44.71	30.89	-70.71	4.89
171	-77.096	-12.052967	-75.8	-43.96	31.84	-69.96	5.84
172	-77.096	-12.052883	-75.7	-43.64	32.06	-69.64	6.06
173	-77.096	-12.052817	-77.9	-43.38	34.52	-69.38	8.52
174	-77.096	-12.0527	-76.4	-42.98	33.42	-68.98	7.42
175	-77.096	-12.052583	-75.5	-42.6	32.9	-68.6	6.9
176	-77.096	-12.052467	-75.2	-42.25	32.95	-68.25	6.95
177	-77.096	-12.05235	-76.9	-41.95	34.95	-67.95	8.95
178	-77.09617	-12.052233	-75.6	-40.63	34.97	-66.63	8.97
179	-77.09617	-12.052133	-73.1	-40.47	32.63	-66.47	6.63
180	-77.09617	-12.052083	-75.2	-40.33	34.87	-66.33	8.87
181	-77.09617	-12.052067	-73	-40.31	32.69	-66.31	6.69
182	-77.09617	-12.052033	-72.5	-40.27	32.23	-66.27	6.23
183	-77.09617	-12.052	-72.2	-40.22	31.98	-66.22	5.98
184	-77.09617	-12.051933	-75	-40.09	34.91	-66.09	8.91
185	-77.09617	-12.051867	-75.4	-40.04	35.36	-66.04	9.36
186	-77.09617	-12.051767	-75.6	-40	35.6	-66	9.6
187	-77.09617	-12.051667	-73.1	-39.99	33.11	-65.99	7.11
188	-77.09617	-12.051567	-74.3	-39.9	34.4	-65.9	8.4
189	-77.09617	-12.0514	-68.8	-39.99	28.81	-65.99	2.81
190	-77.09633	-12.051267	-70.6	-38.96	31.64	-64.96	5.64
191	-77.09633	-12.05115	-72	-39.23	32.77	-65.23	6.77
192	-77.09633	-12.051033	-71	-39.49	31.51	-65.49	5.51
193	-77.09633	-12.050933	-70.7	-39.73	30.97	-65.73	4.97
194	-77.09633	-12.050833	-69.7	-40.07	29.63	-66.07	3.63
195	-77.09633	-12.0507	-68.6	-40.59	28.01	-66.59	2.01
196	-77.09633	-12.050633	-68.3	-40.78	27.52	-66.78	1.52
197	-77.09633	-12.050583	-66.8	-40.96	25.84	-66.96	0.16
198	-77.09633	-12.050533	-69.4	-41.21	28.19	-67.21	2.19
199	-77.09633	-12.050483	-70	-41.41	28.59	-67.41	2.59
200	-77.09633	-12.050417	-71	-41.69	29.31	-67.69	3.31
201	-77.09633	-12.05035	-71.9	-42.02	29.88	-68.02	3.88
202	-77.0965	-12.050283	-73.8	-41.53	32.27	-67.53	6.27
203	-77.0965	-12.0502	-73.9	-41.91	31.99	-67.91	5.99
204	-77.0965	-12.050083	-71.9	-42.56	29.34	-68.56	3.34
205	-77.0965	-12.049967	-73.3	-43.21	30.09	-69.21	4.09
206	-77.0965	-12.049867	-75.2	-43.76	31.44	-69.76	5.44
207	-77.0965	-12.049783	-73.6	-44.22	29.38	-70.22	3.38
208	-77.0965	-12.049733	-73	-44.49	28.51	-70.49	2.51
209	-77.0965	-12.0497	-71.5	-44.67	26.83	-70.67	0.83
210	-77.0965	-12.049667	-77.9	-44.85	33.05	-70.85	7.05
211	-77.0965	-12.049633	-75.6	-45.03	30.57	-71.03	4.57
212	-77.0965	-12.049617	-78.3	-45.12	33.18	-71.12	7.18
213	-77.09633	-12.0496	-76.9	-45.67	31.23	-71.67	5.23
214	-77.09633	-12.049583	-79.4	-45.75	33.65	-71.75	7.65
215	-77.09617	-12.049583	-80.55	-46.22	34.33	-72.22	8.33
216	-77.096	-12.049617	-80.5	-46.54	33.96	-72.54	7.96
217	-77.096	-12.049683	-80.36364	-46.24	34.1236	-72.24	8.1236364
218	-77.096	-12.0498	-81	-45.72	35.28	-71.72	9.28
219	-77.096	-12.049917	-79.5	-45.21	34.29	-71.21	8.29
220	-77.096	-12.050033	-79.6	-44.77	34.83	-70.77	8.83
221	-77.096	-12.050167	-80.8	-44.28	36.52	-70.28	10.52
222	-77.096	-12.050317	-76.27273	-43.68	32.5927	-69.68	6.5927273
223	-77.09583	-12.05045	-74.11111	-44.01	30.1011	-70.01	4.1011111

224	-77.09583	-12.050567	-72.54545	-43.66	28.8855	-69.66	2.8854545
225	-77.09583	-12.0507	-69.55556	-43.3	26.2556	-69.3	0.2555556
226	-77.09583	-12.050783	-66.81818	-43.05	23.7682	-69.05	2.2318182
227	-77.09583	-12.050833	-73.8	-42.96	30.84	-68.96	4.84
228	-77.09583	-12.0509	-76	-42.8	33.2	-68.8	7.2
229	-77.09583	-12.050983	-77.9	-42.63	35.27	-68.63	9.27
230	-77.09583	-12.051083	-78.55556	-42.49	36.0656	-68.49	10.065556
231	-77.09583	-12.051183	-80.36364	-42.29	38.0736	-68.29	12.073636
232	-77.09567	-12.051283	-81.3	-43.15	38.15	-69.15	12.15
233	-77.09567	-12.051383	-80.85	-43.09	37.76	-69.09	11.76
234	-77.09567	-12.051483	-82.22222	-43.04	39.1822	-69.04	13.182222
235	-77.09567	-12.051583	-81.36364	-43.02	38.3436	-69.02	12.343636
236	-77.09567	-12.051667	-78.6	-43.11	35.49	-69.11	9.49
237	-77.09567	-12.051767	-80.5	-43.12	37.38	-69.12	11.38
238	-77.09567	-12.05185	-76.5	-43.14	33.36	-69.14	7.36
239	-77.09567	-12.0519	-76.5	-43.16	33.34	-69.16	7.34
240	-77.09567	-12.051933	-75.4	-43.18	32.22	-69.18	6.22
241	-77.0955	-12.051933	-76.7	-44.1	32.6	-70.1	6.6
242	-77.0955	-12.051917	-78.9	-44.09	34.81	-70.09	8.81
243	-77.09533	-12.0519	-78.6	-44.96	33.64	-70.96	7.64
244	-77.09517	-12.051867	-81.3	-45.77	35.53	-71.77	9.53
245	-77.09517	-12.05185	-81.3	-45.77	35.53	-71.77	9.53
246	-77.095	-12.051833	-80.6	-46.56	34.04	-72.56	8.04
247	-77.09483	-12.051817	-78.9	-47.31	31.59	-73.31	5.59
248	-77.09483	-12.051783	-77.2	-47.3	29.9	-73.3	3.9
249	-77.09467	-12.051767	-81.22222	-48.02	33.2022	-74.02	7.2022222
250	-77.0945	-12.05175	-79.36364	-48.72	30.6436	-74.72	4.6436364
251	-77.0945	-12.051717	-81.2	-48.72	32.48	-74.72	6.48
252	-77.09433	-12.0517	-78.8	-49.38	29.42	-75.38	3.42
253	-77.09417	-12.051683	-80	-50.02	29.98	-76.02	3.98
254	-77.09417	-12.051667	-78.2	-50.02	28.18	-76.02	2.18
255	-77.094	-12.051633	-76.3	-50.6	25.7	-76.6	0.3
256	-77.09383	-12.0516	-80.9	-51.16	29.74	-77.16	3.74
257	-77.09367	-12.051583	-84.2	-51.72	32.48	-77.72	6.48
258	-77.09367	-12.051567	-84.3	-51.72	32.58	-77.72	6.58
259	-77.09367	-12.05155	-83.9	-51.72	32.18	-77.72	6.18
260	-77.0935	-12.051517	-83	-52.28	30.72	-78.28	4.72
261	-77.09367	-12.05145	-83.4	-51.73	31.67	-77.73	5.67
262	-77.09367	-12.051383	-87.2	-51.74	35.46	-77.74	9.46
263	-77.09367	-12.0513	-87.90909	-51.76	36.1491	-77.76	10.149091
264	-77.09367	-12.0512	-86	-51.79	34.21	-77.79	8.21
265	-77.09367	-12.0511	-87.18182	-51.82	35.3618	-77.82	9.3618182
266	-77.09367	-12.050967	-85.4	-51.88	33.52	-77.88	7.52
267	-77.09367	-12.05085	-85.22222	-51.94	33.2822	-77.94	7.2822222
268	-77.09367	-12.050733	-80.18182	-52.01	28.1718	-78.01	2.1718182
269	-77.09367	-12.050633	-77.1	-52.15	24.95	-78.15	1.05
270	-77.09367	-12.050533	-77	-52.24	24.76	-78.24	1.24
271	-77.09383	-12.05045	-73	-51.77	21.23	-77.77	4.77
272	-77.09383	-12.050383	-76.7	-51.83	24.87	-77.83	1.13
273	-77.09383	-12.0503	-78.3	-51.99	26.31	-77.99	0.31
274	-77.09383	-12.0502	-79.2	-52.09	27.11	-78.09	1.11
275	-77.09383	-12.0501	-82.2	-52.21	29.99	-78.21	3.99
276	-77.09383	-12.050017	-84	-52.38	31.62	-78.38	5.62
277	-77.09383	-12.0499	-83.4	-52.54	30.86	-78.54	4.86
278	-77.09383	-12.0498	-84.2	-52.73	31.47	-78.73	5.47
279	-77.094	-12.0497	-86.2	-52.44	33.76	-78.44	7.76
280	-77.094	-12.0496	-85	-52.58	32.42	-78.58	6.42

281	-77.094	-12.0495	-84	-52.73	31.27	-78.73	5.27
282	-77.094	-12.04945	-81.3	-52.85	28.45	-78.85	2.45
283	-77.094	-12.049417	-84.6	-52.93	31.67	-78.93	5.67
284	-77.09383	-12.049367	-86	-53.46	32.54	-79.46	6.54
285	-77.09383	-12.04935	-82.5	-53.5	29	-79.5	3
286	-77.09367	-12.049367	-80.9	-53.86	27.04	-79.86	1.04
287	-77.0935	-12.04935	-81.6	-54.34	27.26	-80.34	1.26
288	-77.09333	-12.049383	-83.45455	-54.75	28.7045	-80.75	2.7045455
289	-77.09333	-12.049483	-86.4	-54.58	31.82	-80.58	5.82
290	-77.09333	-12.049617	-86.88889	-54.39	32.4989	-80.39	6.4988889
291	-77.09333	-12.049683	-85.54545	-54.28	31.2655	-80.28	5.2654545
292	-77.09333	-12.049733	-84	-54.18	29.82	-80.18	3.82
293	-77.09333	-12.0498	-80.6	-54.1	26.5	-80.1	0.5
294	-77.09333	-12.049883	-82.6	-53.98	28.62	-79.98	2.62
295	-77.09333	-12.05	-81.4	-53.81	27.59	-79.81	1.59
296	-77.09333	-12.0501	-80.8	-53.72	27.08	-79.72	1.08
297	-77.09333	-12.0502	-76.4	-53.59	22.81	-79.59	3.19
298	-77.09333	-12.050267	-67.3	-53.48	13.82	-79.48	12.18
299	-77.09333	-12.0503	-74.7	-53.45	21.25	-79.45	4.75
300	-77.09333	-12.050317	-67.8	-53.44	14.36	-79.44	11.64
301	-77.09317	-12.050333	-73.8	-53.92	19.88	-79.92	6.12
302	-77.09317	-12.050383	-80.9	-53.88	27.02	-79.88	1.02
303	-77.09317	-12.050433	-87.8	-53.85	33.95	-79.85	7.95
304	-77.09317	-12.050517	-87.3	-53.79	33.51	-79.79	7.51
305	-77.09317	-12.0506	-87.9	-53.65	34.25	-79.65	8.25
306	-77.09317	-12.0507	-89	-53.59	35.41	-79.59	9.41
307	-77.09317	-12.050817	-88.8	-53.53	35.27	-79.53	9.27
308	-77.09317	-12.050917	-87.7	-53.49	34.21	-79.49	8.21
309	-77.09317	-12.05105	-88.5	-53.44	35.06	-79.44	9.06
310	-77.09317	-12.051167	-88	-53.4	34.6	-79.4	8.6
311	-77.093	-12.0513	-88.2	-53.87	34.33	-79.87	8.33
312	-77.093	-12.0514	-81.3	-53.85	27.45	-79.85	1.45
313	-77.093	-12.051517	-81.5	-53.84	27.66	-79.84	1.66
314	-77.093	-12.051583	-85.3	-53.85	31.45	-79.85	5.45
315	-77.093	-12.051633	-83.7	-53.9	29.8	-79.9	3.8
316	-77.093	-12.0517	-83.8	-53.94	29.86	-79.94	3.86
317	-77.093	-12.051783	-86.5	-53.94	32.56	-79.94	6.56
318	-77.093	-12.051867	-86.9	-53.95	32.95	-79.95	6.95
319	-77.093	-12.051967	-87.9	-53.96	33.94	-79.96	7.94
320	-77.09283	-12.052083	-87.5	-54.47	33.03	-80.47	7.03
321	-77.09283	-12.0522	-83.4	-54.5	28.9	-80.5	2.9
322	-77.09283	-12.0523	-86.4	-54.53	31.87	-80.53	5.87
323	-77.09283	-12.052367	-80	-54.55	25.45	-80.55	0.55
324	-77.09283	-12.052417	-77.3	-54.61	22.69	-80.61	3.31
325	-77.09283	-12.052433	-77.1	-54.63	22.47	-80.63	3.53
326	-77.09283	-12.052467	-71.4	-54.68	16.72	-80.68	9.28
327	-77.09283	-12.0525	-75.36364	-54.7	20.6636	-80.7	5.3363636
328	-77.09283	-12.052517	-74.8	-54.71	20.09	-80.71	5.91
329	-77.09283	-12.05255	-76.9	-54.72	22.18	-80.72	3.82
330	-77.09283	-12.052583	-77.9	-54.74	23.16	-80.74	2.84
331	-77.09283	-12.052617	-74.62727	-54.75	19.8773	-80.75	6.1227273
332	-77.09283	-12.052633	-76.1	-54.76	21.34	-80.76	4.66
333	-77.09267	-12.05265	-80.5	-55.23	25.27	-81.23	0.73
334	-77.0925	-12.052633	-81	-55.68	25.32	-81.68	0.68
335	-77.09233	-12.052617	-80.6	-56.11	24.49	-82.11	1.51
336	-77.09217	-12.052583	-82.3	-56.53	25.77	-82.53	0.23
337	-77.09217	-12.052567	-80.4	-56.52	23.88	-82.52	2.12

338	-77.092	-12.052533	-80.5	-56.88	23.62	-82.88	2.38
339	-77.09183	-12.052517	-76.9	-57.25	19.65	-83.25	6.35
340	-77.09167	-12.052483	-81.3	-57.63	23.67	-83.63	2.33
341	-77.0915	-12.05245	-81.2	-58.01	23.19	-84.01	2.81
342	-77.09117	-12.052417	-83.1	-58.77	24.33	-84.77	1.67
343	-77.091	-12.052383	-82.6	-59.13	23.47	-85.13	2.53
344	-77.091	-12.052367	-82.3	-59.12	23.18	-85.12	2.82
345	-77.09083	-12.0524	-79.8	-59.49	20.31	-85.49	5.69
346	-77.09083	-12.052433	-80.5	-59.5	21	-85.5	5
347	-77.091	-12.052467	-82.8	-59.15	23.65	-85.15	2.35
348	-77.091	-12.052483	-79.9	-59.15	20.75	-85.15	5.25
349	-77.09117	-12.0525	-80.8	-58.79	22.01	-84.79	3.99
350	-77.09117	-12.052517	-79.2	-58.79	20.41	-84.79	5.59
351	-77.09133	-12.052533	-83.1	-58.42	24.68	-84.42	1.32
352	-77.0915	-12.05255	-82.1	-58.05	24.05	-84.05	1.95
353	-77.0915	-12.052583	-79.3	-58.09	21.21	-84.09	4.79
354	-77.09167	-12.052583	-83	-57.71	25.29	-83.71	0.71
355	-77.09183	-12.052617	-78.6	-57.37	21.23	-83.37	4.77
356	-77.09183	-12.052633	-82.1	-57.38	24.72	-83.38	1.28
357	-77.092	-12.05265	-81.7	-56.97	24.73	-82.97	1.27
358	-77.09217	-12.052667	-83	-56.56	26.44	-82.56	0.44
359	-77.09233	-12.052683	-81.1	-56.14	24.96	-82.14	1.04
360	-77.09233	-12.052717	-81.5	-56.15	25.35	-82.15	0.65
361	-77.0925	-12.052733	-81.5	-55.72	25.78	-81.72	0.22
362	-77.0925	-12.05275	-81.1	-55.73	25.37	-81.73	0.63
363	-77.09267	-12.052767	-77	-55.34	21.66	-81.34	4.34
364	-77.09283	-12.052783	-78.77778	-54.93	23.8478	-80.93	2.1522222
365	-77.09283	-12.052767	-77.54545	-54.91	22.6355	-80.91	3.3645455
366	-77.093	-12.052767	-79.4	-54.45	24.95	-80.45	1.05
367	-77.093	-12.052783	-75.7	-54.46	21.24	-80.46	4.76
368	-77.093	-12.052833	-70.5	-54.49	16.01	-80.49	9.99
369	-77.093	-12.0529	-79.5	-54.53	24.97	-80.53	1.03
370	-77.093	-12.052983	-83.7	-54.61	29.09	-80.61	3.09
371	-77.093	-12.053067	-84.3	-54.74	29.56	-80.74	3.56
372	-77.093	-12.053183	-86.6	-54.84	31.76	-80.84	5.76
373	-77.093	-12.0533	-87.1	-55.02	32.08	-81.02	6.08
374	-77.093	-12.053417	-87	-55.12	31.88	-81.12	5.88
375	-77.093	-12.053517	-86.6	-55.23	31.37	-81.23	5.37
376	-77.09283	-12.053617	-87.7	-55.8	31.9	-81.8	5.9
377	-77.09283	-12.0537	-86.7	-55.95	30.75	-81.95	4.75
378	-77.09283	-12.053783	-87.9	-56.08	31.82	-82.08	5.82
379	-77.09283	-12.053883	-85.5	-56.18	29.32	-82.18	3.32
380	-77.09283	-12.053967	-86.2	-56.33	29.87	-82.33	3.87
381	-77.09283	-12.054017	-87.3	-56.43	30.87	-82.43	4.87
382	-77.09283	-12.054033	-85.4	-56.46	28.94	-82.46	2.94
383	-77.09267	-12.054017	-88.5	-56.78	31.72	-82.78	5.72
384	-77.09267	-12.05405	-86.4	-56.84	29.56	-82.84	3.56
385	-77.09267	-12.054133	-83.4	-56.99	26.41	-82.99	0.41
386	-77.09267	-12.054217	-82.27273	-57.12	25.1527	-83.12	0.8472727
387	-77.09267	-12.0543	-84	-57.21	26.79	-83.21	0.79
388	-77.09283	-12.0544	-81.9	-57.05	24.85	-83.05	1.15
389	-77.09283	-12.054483	-82	-57.22	24.78	-83.22	1.22
390	-77.093	-12.05455	-86.1	-56.92	29.18	-82.92	3.18
391	-77.093	-12.054567	-85.9	-56.96	28.94	-82.96	2.94
392	-77.09317	-12.054583	-85.6	-56.66	28.94	-82.66	2.94
393	-77.09317	-12.054617	-89.3	-56.74	32.56	-82.74	6.56
394	-77.09317	-12.0547	-91	-56.91	34.09	-82.91	8.09

395	-77.09317	-12.054783	-89.2	-57.09	32.11	-83.09	6.11
396	-77.09317	-12.054867	-89.2	-57.22	31.98	-83.22	5.98
397	-77.09317	-12.05495	-89.7	-57.34	32.36	-83.34	6.36
398	-77.09317	-12.055017	-88.6	-57.49	31.11	-83.49	5.11
399	-77.09317	-12.055033	-87.2	-57.52	29.68	-83.52	3.68
400	-77.09317	-12.055067	-89.3	-57.59	31.71	-83.59	5.71
401	-77.09317	-12.055083	-91.3	-57.63	33.67	-83.63	7.67
402	-77.09317	-12.0551	-94.6	-57.66	36.94	-83.66	10.94
403	-77.09333	-12.055117	-91.54545	-57.41	34.1355	-83.41	8.1354545
404	-77.09333	-12.055133	-90.33333	-57.45	32.8833	-83.45	6.8833333
405	-77.0935	-12.05515	-91.36364	-57.23	34.1336	-83.23	8.1336364
406	-77.0935	-12.055183	-89.5	-57.33	32.17	-83.33	6.17
407	-77.09367	-12.0552	-91.8	-57.13	34.67	-83.13	8.67
408	-77.09367	-12.055233	-91.6	-57.21	34.39	-83.21	8.39
409	-77.09367	-12.055317	-95	-57.41	37.59	-83.41	11.59
410	-77.09367	-12.0554	-93.1	-57.6	35.5	-83.6	9.5
411	-77.09367	-12.055483	-91.81818	-57.8	34.0182	-83.8	8.0181818
412	-77.09367	-12.0556	-90.55556	-58.08	32.4756	-84.08	6.4755556
413	-77.09367	-12.055733	-87.90909	-58.39	29.5191	-84.39	3.5190909
414	-77.09367	-12.05585	-85.6	-58.69	26.91	-84.69	0.91
415	-77.09367	-12.055967	-86.77778	-59.04	27.7378	-85.04	1.7377778
416	-77.09383	-12.056083	-89	-59.1	29.9	-85.1	3.9
417	-77.09383	-12.056217	-89.9	-59.48	30.42	-85.48	4.42
418	-77.09383	-12.056333	-91.2	-59.79	31.41	-85.79	5.41
419	-77.09383	-12.05645	-96.2	-60.07	36.13	-86.07	10.13
420	-77.094	-12.05655	-96.4	-60.12	36.28	-86.12	10.28
421	-77.094	-12.056633	-94.3	-60.33	33.97	-86.33	7.97
422	-77.094	-12.056717	-95	-60.58	34.42	-86.58	8.42
423	-77.09417	-12.056817	-93.6	-60.71	32.89	-86.71	6.89
424	-77.09417	-12.0569	-90.5	-60.96	29.54	-86.96	3.54
425	-77.09417	-12.056933	-89.4	-61.05	28.35	-87.05	2.35
426	-77.09417	-12.05695	-89.22222	-61.1	28.1222	-87.1	2.1222222
427	-77.09433	-12.056967	-91.95122	-61.1	30.8512	-87.1	4.8512195
428	-77.09433	-12.056933	-87.4	-61.01	26.39	-87.01	0.39
429	-77.09433	-12.0569	-91.7	-60.91	30.79	-86.91	4.79
430	-77.09433	-12.056867	-88.2	-60.81	27.39	-86.81	1.39
431	-77.0945	-12.0568	-91.5	-60.53	30.97	-86.53	4.97
432	-77.09467	-12.056733	-93.3	-60.22	33.08	-86.22	7.08
433	-77.09467	-12.05665	-88.7	-59.99	28.71	-85.99	2.71
434	-77.09483	-12.056583	-90.5	-59.7	30.8	-85.7	4.8
435	-77.095	-12.0565	-87.5	-59.4	28.1	-85.4	2.1
436	-77.095	-12.0564	-85.5	-59.06	26.44	-85.06	0.44
437	-77.09517	-12.056333	-86.3	-58.8	27.5	-84.8	1.5
438	-77.09517	-12.056267	-85.7	-58.57	27.13	-84.57	1.13
439	-77.09533	-12.0562	-88.9	-58.3	30.6	-84.3	4.6
440	-77.0955	-12.056117	-88	-57.89	30.11	-83.89	4.11
441	-77.0955	-12.056083	-88	-57.78	30.22	-83.78	4.22
442	-77.0955	-12.056067	-86.1	-57.73	28.37	-83.73	2.37
443	-77.0955	-12.05605	-81.5	-57.68	23.82	-83.68	2.18
444	-77.0955	-12.056017	-82.2	-57.57	24.63	-83.57	1.37
445	-77.09567	-12.056017	-85.65	-57.51	28.14	-83.51	2.14
446	-77.09567	-12.056083	-88.6	-57.77	30.83	-83.77	4.83
447	-77.09583	-12.056183	-92.4	-58.07	34.33	-84.07	8.33
448	-77.09583	-12.056267	-89.9	-58.39	31.51	-84.39	5.51
449	-77.09583	-12.05635	-89.4	-58.7	30.7	-84.7	4.7
450	-77.096	-12.056417	-87.95	-59	28.95	-85	2.95

MODELO DE LEE VALORES OBTENIDOS DE MEDICIÓN; ESTIMACIÓN Y CORRECCIÓN

	Longitud	Latitud	Valor de Medición	Valor de Predicción	Error	Corrección	Error de Corrección
1	-77.09683	-12.04825	-74.7	-88.89	14.19	-79.89	5.19
2	-77.09667	-12.048233	-75.1	-88.9	13.8	-79.9	4.8
3	-77.0965	-12.048233	-75.6	-88.95	13.35	-79.95	4.35
4	-77.0965	-12.048217	-76.5	-89.03	12.53	-80.03	3.53
5	-77.09633	-12.0482	-77.7	-89.13	11.43	-80.13	2.43
6	-77.09617	-12.0482	-75.6	-89.22	13.62	-80.22	4.62
7	-77.096	-12.048183	-74.6	-89.42	14.82	-80.42	5.82
8	-77.096	-12.048167	-75.7	-89.49	13.79	-80.49	4.79
9	-77.09583	-12.048167	-76.9	-89.69	12.79	-80.69	3.79
10	-77.09567	-12.04815	-77.5	-89.89	12.39	-80.89	3.39
11	-77.0955	-12.048133	-76.5	-90.19	13.69	-81.19	4.69
12	-77.0955	-12.048117	-78	-90.25	12.25	-81.25	3.25
13	-77.09533	-12.048117	-80.2	-90.43	10.23	-81.43	1.23
14	-77.09517	-12.0481	-79.9	-90.72	10.82	-81.72	1.82
15	-77.095	-12.048083	-78.3	-91.04	12.74	-82.04	3.74
16	-77.09483	-12.048067	-77	-91.36	14.36	-82.36	5.36
17	-77.09467	-12.048067	-78.1	-91.63	13.53	-82.63	4.53
18	-77.09467	-12.04805	-78.8	-91.68	12.88	-82.68	3.88
19	-77.0945	-12.048033	-80.7	-92	11.3	-83	2.3
20	-77.09417	-12.048017	-78.8	-92.6	13.8	-83.6	4.8
21	-77.094	-12.048	-79.7	-92.93	13.23	-83.93	4.23
22	-77.09383	-12.047983	-81.5	-93.25	11.75	-84.25	2.75
23	-77.09367	-12.047967	-81.7	-93.56	11.86	-84.56	2.86
24	-77.0935	-12.04795	-79.8	-93.88	14.08	-84.88	5.08
25	-77.09333	-12.047933	-83.1	-94.2	11.1	-85.2	2.1
26	-77.09317	-12.047917	-81.9	-94.51	12.61	-85.51	3.61
27	-77.093	-12.047917	-82	-94.81	12.81	-85.81	3.81
28	-77.09283	-12.0479	-83.6	-95.18	11.58	-86.18	2.58
29	-77.09267	-12.047883	-82	-95.5	13.5	-86.5	4.5
30	-77.0925	-12.047867	-81.7	-95.8	14.1	-86.8	5.1
31	-77.09233	-12.04785	-83.7	-96.1	12.4	-87.1	3.4
32	-77.09217	-12.04785	-82.5	-96.39	13.89	-87.39	4.89
33	-77.092	-12.047883	-83.5	-96.66	13.16	-87.66	4.16
34	-77.09183	-12.047883	-83.9	-96.93	13.03	-87.93	4.03
35	-77.09167	-12.047883	-83.5	-97.19	13.69	-88.19	4.69
36	-77.09167	-12.047867	-85.1	-97.21	12.11	-88.21	3.11
37	-77.0915	-12.04785	-84.2	-97.5	13.3	-88.5	4.3
38	-77.09133	-12.047833	-85.7	-97.8	12.1	-88.8	3.1
39	-77.09117	-12.047833	-86.4	-98.11	11.71	-89.11	2.71
40	-77.091	-12.047817	-85.5	-98.41	12.91	-89.41	3.91
41	-77.09083	-12.0478	-85	-98.68	13.68	-89.68	4.68
42	-77.09067	-12.047767	-83.7	-98.97	15.27	-89.97	6.27
43	-77.0905	-12.04775	-85	-99.24	14.24	-90.24	5.24
44	-77.09033	-12.047717	-85	-99.52	14.52	-90.52	5.52
45	-77.09017	-12.0477	-85.5	-99.78	14.28	-90.78	5.28
46	-77.08983	-12.047683	-86.3	-100.32	14.02	-91.32	5.02
47	-77.08967	-12.047667	-84.4	-100.6	16.2	-91.6	7.2
48	-77.0895	-12.04765	-83.2	-100.88	17.68	-91.88	8.68
49	-77.08933	-12.047633	-83.2	-101.15	17.95	-92.15	8.95
50	-77.08917	-12.047617	-83.6	-101.42	17.82	-92.42	8.82
51	-77.089	-12.0476	-83.1	-101.68	18.58	-92.68	9.58
52	-77.08883	-12.0476	-84.1	-101.9	17.8	-92.9	8.8

53	-77.08867	-12.047583	-84.2	-102.13	17.93	-93.13	8.93
54	-77.0885	-12.047567	-88.6	-102.36	13.76	-93.36	4.76
55	-77.08833	-12.047567	-86.3	-102.59	16.29	-93.59	7.29
56	-77.08817	-12.047567	-86.5	-102.83	16.33	-93.83	7.33
57	-77.088	-12.04755	-86.7	-103.07	16.37	-94.07	7.37
58	-77.08783	-12.047533	-91.9	-103.31	11.41	-94.31	2.41
59	-77.08767	-12.047517	-91.425	-103.53	12.105	-94.53	3.105
60	-77.0875	-12.047517	-93.4	-103.73	10.33	-94.73	1.33
61	-77.0875	-12.0475	-93.9	-103.75	9.85	-94.75	0.85
62	-77.0875	-12.047517	-91.5	-103.73	12.23	-94.73	3.23
63	-77.08733	-12.047583	-94.4	-103.87	9.47	-94.87	0.47
64	-77.08733	-12.047683	-94.1	-103.83	9.73	-94.83	0.73
65	-77.08733	-12.047783	-91.9	-103.78	11.88	-94.78	2.88
66	-77.08733	-12.047933	-89.3	-103.64	14.34	-94.64	5.34
67	-77.08733	-12.048083	-94.8	-103.54	8.74	-94.54	0.26
68	-77.08733	-12.048217	-96.7	-103.48	6.78	-94.48	2.22
69	-77.08733	-12.04835	-90.5	-103.43	12.93	-94.43	3.93
70	-77.08733	-12.048467	-85.3	-103.36	18.06	-94.36	9.06
71	-77.08733	-12.0486	-85	-103.25	18.25	-94.25	9.25
72	-77.08733	-12.048733	-88.8	-103.18	14.38	-94.18	5.38
73	-77.08733	-12.04885	-89.9	-103.14	13.24	-94.14	4.24
74	-77.08733	-12.048917	-88.09091	-103.11	15.0191	-94.11	6.0190909
75	-77.08733	-12.048967	-85.2	-103.09	17.89	-94.09	8.89
76	-77.08733	-12.049	-81.8	-103.08	21.28	-94.08	12.28
77	-77.08733	-12.049017	-81	-103.08	22.08	-94.08	13.08
78	-77.0875	-12.049017	-83.2	-102.84	19.64	-93.84	10.64
79	-77.08767	-12.049033	-85	-102.58	17.58	-93.58	8.58
80	-77.08783	-12.04905	-83.05	-102.33	19.28	-93.33	10.28
81	-77.088	-12.04905	-80.3	-102.08	21.78	-93.08	12.78
82	-77.08817	-12.049067	-82.25	-101.81	19.56	-92.81	10.56
83	-77.08833	-12.049067	-82.1	-101.56	19.46	-92.56	10.46
84	-77.0885	-12.049083	-84.1	-101.29	17.19	-92.29	8.19
85	-77.0885	-12.0491	-84.5	-101.28	16.78	-92.28	7.78
86	-77.08867	-12.0491	-81.95	-101.01	19.06	-92.01	10.06
87	-77.08883	-12.0491	-80.05	-100.74	20.69	-91.74	11.69
88	-77.08883	-12.049133	-79.6	-100.73	21.13	-91.73	12.13
89	-77.08883	-12.049167	-85.5	-100.71	15.21	-91.71	6.21
90	-77.08883	-12.04925	-89.5	-100.68	11.18	-91.68	2.18
91	-77.08883	-12.0494	-91.9	-100.62	8.72	-91.62	0.28
92	-77.08883	-12.04955	-91.8	-100.56	8.76	-91.56	0.24
93	-77.08867	-12.049683	-95.2	-100.72	5.52	-91.72	3.48
94	-77.08867	-12.049817	-95.8	-100.65	4.85	-91.65	4.15
95	-77.08867	-12.04995	-95.2	-100.61	5.41	-91.61	3.59
96	-77.08867	-12.050067	-92	-100.58	8.58	-91.58	0.42
97	-77.08867	-12.0502	-91.4	-100.54	9.14	-91.54	0.14
98	-77.08867	-12.050317	-89.1	-100.51	11.41	-91.51	2.41
99	-77.08867	-12.050467	-90.5	-100.48	9.98	-91.48	0.98
100	-77.08867	-12.050617	-93.6	-100.45	6.85	-91.45	2.15
101	-77.0885	-12.050767	-96.7	-100.71	4.01	-91.71	4.99
102	-77.0885	-12.050917	-96.5	-100.69	4.19	-91.69	4.81
103	-77.0885	-12.05105	-95	-100.67	5.67	-91.67	3.33
104	-77.0885	-12.051167	-91.77778	-100.66	8.88222	-91.66	0.1177778
105	-77.0885	-12.0513	-91.5	-100.65	9.15	-91.65	0.15
106	-77.0885	-12.051433	-92.1	-100.65	8.55	-91.65	0.45
107	-77.0885	-12.051533	-92.3	-100.67	8.37	-91.67	0.63
108	-77.0885	-12.0516	-83.22222	-100.71	17.4878	-91.71	8.4877778
109	-77.0885	-12.051633	-85.9	-100.72	14.82	-91.72	5.82

110	-77.0885	-12.051683	-86.65	-100.74	14.09	-91.74	5.09
111	-77.08867	-12.0517	-86.6	-100.46	13.86	-91.46	4.86
112	-77.08883	-12.051717	-84.9	-100.17	15.27	-91.17	6.27
113	-77.089	-12.05175	-84.27273	-99.87	15.5973	-90.87	6.5972727
114	-77.08917	-12.051783	-83.88889	-99.57	15.6811	-90.57	6.6811111
115	-77.08933	-12.0518	-79.2	-99.27	20.07	-90.27	11.07
116	-77.08933	-12.051833	-83.90909	-99.27	15.3609	-90.27	6.3609091
117	-77.0895	-12.05185	-84.3	-98.96	14.66	-89.96	5.66
118	-77.08967	-12.051883	-87.1	-98.64	11.54	-89.64	2.54
119	-77.08983	-12.051917	-84	-98.32	14.32	-89.32	5.32
120	-77.09	-12.051933	-81.3	-98	16.7	-89	7.7
121	-77.09017	-12.051967	-81.9	-97.66	15.76	-88.66	6.76
122	-77.09033	-12.051983	-82.5	-97.32	14.82	-88.32	5.82
123	-77.0905	-12.052	-82.6	-96.98	14.38	-87.98	5.38
124	-77.09067	-12.052033	-82.4	-96.62	14.22	-87.62	5.22
125	-77.09083	-12.05205	-83.3	-96.26	12.96	-87.26	3.96
126	-77.09083	-12.052067	-81.1	-96.27	15.17	-87.27	6.17
127	-77.091	-12.0521	-85.2	-95.9	10.7	-86.9	1.7
128	-77.09117	-12.052117	-81.2	-95.52	14.32	-86.52	5.32
129	-77.09133	-12.052133	-81.8	-95.14	13.34	-86.14	4.34
130	-77.09133	-12.05215	-83.9	-95.14	11.24	-86.14	2.24
131	-77.0915	-12.052183	-83.5	-94.75	11.25	-85.75	2.25
132	-77.09167	-12.0522	-82.4	-94.35	11.95	-85.35	2.95
133	-77.09183	-12.052217	-82.3	-93.94	11.64	-84.94	2.64
134	-77.09183	-12.052233	-81.9	-93.94	12.04	-84.94	3.04
135	-77.092	-12.05225	-84.6	-93.52	8.92	-84.52	0.08
136	-77.09217	-12.052267	-82.1	-93.09	10.99	-84.09	1.99
137	-77.09233	-12.0523	-79.9	-92.65	12.75	-83.65	3.75
138	-77.09233	-12.052317	-79.6	-92.66	13.06	-83.66	4.06
139	-77.0925	-12.05235	-80.2	-92.21	12.01	-83.21	3.01
140	-77.09267	-12.052367	-78.6	-91.75	13.15	-82.75	4.15
141	-77.09267	-12.0524	-75	-91.76	16.76	-82.76	7.76
142	-77.09283	-12.052433	-76.5	-91.35	14.85	-82.35	5.85
143	-77.093	-12.05245	-76.7	-90.9	14.2	-81.9	5.2
144	-77.09317	-12.052467	-76.9	-90.41	13.51	-81.41	4.51
145	-77.09317	-12.052483	-75.2	-90.41	15.21	-81.41	6.21
146	-77.09333	-12.0525	-72.6	-89.9	17.3	-80.9	8.3
147	-77.0935	-12.052533	-71	-89.38	18.38	-80.38	9.38
148	-77.09367	-12.05255	-74.3	-88.85	14.55	-79.85	5.55
149	-77.09367	-12.052567	-76.3	-88.88	12.58	-79.88	3.58
150	-77.09383	-12.052567	-76.7	-88.35	11.65	-79.35	2.65
151	-77.09383	-12.0526	-76.6	-88.41	11.81	-79.41	2.81
152	-77.094	-12.0526	-74.6	-87.82	13.22	-78.82	4.22
153	-77.094	-12.052617	-76.2	-87.83	11.63	-78.83	2.63
154	-77.09417	-12.052633	-78.5	-87.24	8.74	-78.24	0.26
155	-77.09433	-12.052667	-78.9	-86.66	7.76	-77.66	1.24
156	-77.0945	-12.052683	-77.7	-86.1	8.4	-77.1	0.6
157	-77.0945	-12.0527	-79.8	-86.13	6.33	-77.13	2.67
158	-77.09467	-12.052733	-78.1	-85.51	7.41	-76.51	1.59
159	-77.09483	-12.05275	-75.3	-84.93	9.63	-75.93	0.63
160	-77.09483	-12.052767	-76.2	-84.95	8.75	-75.95	0.25
161	-77.095	-12.052783	-78.1	-84.26	6.16	-75.26	2.84
162	-77.09517	-12.0528	-78	-83.57	5.57	-74.57	3.43
163	-77.09517	-12.052817	-76.9	-83.62	6.72	-74.62	2.28
164	-77.09533	-12.05285	-73.9	-83.06	9.16	-74.06	0.16
165	-77.09533	-12.052883	-73.6	-83.13	9.53	-74.13	0.53
166	-77.0955	-12.0529	-72.6	-82.44	9.84	-73.44	0.84

167	-77.09567	-12.052917	-76.8	-81.8	5	-72.8	4
168	-77.09583	-12.052933	-75.4	-81.05	5.65	-72.05	3.35
169	-77.09583	-12.05295	-76	-81.12	5.12	-72.12	3.88
170	-77.09583	-12.052967	-75.6	-81.19	5.59	-72.19	3.41
171	-77.096	-12.052967	-75.8	-80.42	4.62	-71.42	4.38
172	-77.096	-12.052883	-75.7	-80.1	4.4	-71.1	4.6
173	-77.096	-12.052817	-77.9	-79.84	1.94	-70.84	7.06
174	-77.096	-12.0527	-76.4	-79.46	3.06	-70.46	5.94
175	-77.096	-12.052583	-75.5	-79.23	3.73	-70.23	5.27
176	-77.096	-12.052467	-75.2	-78.99	3.79	-69.99	5.21
177	-77.096	-12.05235	-76.9	-78.81	1.91	-69.81	7.09
178	-77.09617	-12.052233	-75.6	-78.17	2.57	-69.17	6.43
179	-77.09617	-12.052133	-73.1	-78.09	4.99	-69.09	4.01
180	-77.09617	-12.052083	-75.2	-77.98	2.78	-68.98	6.22
181	-77.09617	-12.052067	-73	-77.97	4.97	-68.97	4.03
182	-77.09617	-12.052033	-72.5	-77.96	5.46	-68.96	3.54
183	-77.09617	-12.052	-72.2	-77.92	5.72	-68.92	3.28
184	-77.09617	-12.051933	-75	-77.82	2.82	-68.82	6.18
185	-77.09617	-12.051867	-75.4	-77.8	2.4	-68.8	6.6
186	-77.09617	-12.051767	-75.6	-77.78	2.18	-68.78	6.82
187	-77.09617	-12.051667	-73.1	-77.78	4.68	-68.78	4.32
188	-77.09617	-12.051567	-74.3	-77.68	3.38	-68.68	5.62
189	-77.09617	-12.0514	-68.8	-77.72	8.92	-68.72	0.08
190	-77.09633	-12.051267	-70.6	-77.59	6.99	-68.59	2.01
191	-77.09633	-12.05115	-72	-77.8	5.8	-68.8	3.2
192	-77.09633	-12.051033	-71	-77.99	6.99	-68.99	2.01
193	-77.09633	-12.050933	-70.7	-78.18	7.48	-69.18	1.52
194	-77.09633	-12.050833	-69.7	-77.93	8.23	-68.93	0.77
195	-77.09633	-12.0507	-68.6	-78.27	9.67	-69.27	0.67
196	-77.09633	-12.050633	-68.3	-78.35	10.05	-69.35	1.05
197	-77.09633	-12.050583	-66.8	-78.45	11.65	-69.45	2.65
198	-77.09633	-12.050533	-69.4	-78.62	9.22	-69.62	0.22
199	-77.09633	-12.050483	-70	-78.74	8.74	-69.74	0.26
200	-77.09633	-12.050417	-71	-78.9	7.9	-69.9	1.1
201	-77.09633	-12.05035	-71.9	-79.12	7.22	-70.12	1.78
202	-77.0965	-12.050283	-73.8	-79.01	5.21	-70.01	3.79
203	-77.0965	-12.0502	-73.9	-79.23	5.33	-70.23	3.67
204	-77.0965	-12.050083	-71.9	-79.63	7.73	-70.63	1.27
205	-77.0965	-12.049967	-73.3	-80.02	6.72	-71.02	2.28
206	-77.0965	-12.049867	-75.2	-80.36	5.16	-71.36	3.84
207	-77.0965	-12.049783	-73.6	-80.67	7.07	-71.67	1.93
208	-77.0965	-12.049733	-73	-80.95	7.95	-71.95	1.05
209	-77.0965	-12.0497	-71.5	-81.13	9.63	-72.13	0.63
210	-77.0965	-12.049667	-77.9	-81.31	3.41	-72.31	5.59
211	-77.0965	-12.049633	-75.6	-81.5	5.9	-72.5	3.1
212	-77.0965	-12.049617	-78.3	-81.58	3.28	-72.58	5.72
213	-77.09633	-12.0496	-76.9	-82.15	5.25	-73.15	3.75
214	-77.09633	-12.049583	-79.4	-82.24	2.84	-73.24	6.16
215	-77.09617	-12.049583	-80.55	-82.71	2.16	-73.71	6.84
216	-77.096	-12.049617	-80.5	-83.05	2.55	-74.05	6.45
217	-77.096	-12.049683	-80.36364	-82.75	2.38636	-73.75	6.6136364
218	-77.096	-12.0498	-81	-82.22	1.22	-73.22	7.78
219	-77.096	-12.049917	-79.5	-81.7	2.2	-72.7	6.8
220	-77.096	-12.050033	-79.6	-81.25	1.65	-72.25	7.35
221	-77.096	-12.050167	-80.8	-80.75	0.05	-71.75	9.05
222	-77.096	-12.050317	-76.27273	-80.15	3.87727	-71.15	5.1227273
223	-77.09583	-12.05045	-74.11111	-80.49	6.37889	-71.49	2.6211111

224	-77.09583	-12.050567	-72.54545	-80.13	7.58455	-71.13	1.4154545
225	-77.09583	-12.0507	-69.55556	-79.76	10.2044	-70.76	1.2044444
226	-77.09583	-12.050783	-66.81818	-79.51	12.6918	-70.51	3.6918182
227	-77.09583	-12.050833	-73.8	-79.42	5.62	-70.42	3.38
228	-77.09583	-12.0509	-76	-79.25	3.25	-70.25	5.75
229	-77.09583	-12.050983	-77.9	-79.09	1.19	-70.09	7.81
230	-77.09583	-12.051083	-78.55556	-78.94	0.38444	-69.94	8.6155556
231	-77.09583	-12.051183	-80.36364	-78.73	1.63364	-69.73	10.633636
232	-77.09567	-12.051283	-81.3	-79.62	1.68	-70.62	10.68
233	-77.09567	-12.051383	-80.85	-79.56	1.29	-70.56	10.29
234	-77.09567	-12.051483	-82.22222	-79.51	2.71222	-70.51	11.712222
235	-77.09567	-12.051583	-81.36364	-79.48	1.88364	-70.48	10.883636
236	-77.09567	-12.051667	-78.6	-79.58	0.98	-70.58	8.02
237	-77.09567	-12.051767	-80.5	-79.59	0.91	-70.59	9.91
238	-77.09567	-12.05185	-76.5	-79.61	3.11	-70.61	5.89
239	-77.09567	-12.0519	-76.5	-79.63	3.13	-70.63	5.87
240	-77.09567	-12.051933	-75.4	-79.65	4.25	-70.65	4.75
241	-77.0955	-12.051933	-76.7	-80.59	3.89	-71.59	5.11
242	-77.0955	-12.051917	-78.9	-80.58	1.68	-71.58	7.32
243	-77.09533	-12.0519	-78.6	-81.46	2.86	-72.46	6.14
244	-77.09517	-12.051867	-81.3	-82.3	1	-73.3	8
245	-77.09517	-12.05185	-81.3	-82.29	0.99	-73.29	8.01
246	-77.095	-12.051833	-80.6	-83.1	2.5	-74.1	6.5
247	-77.09483	-12.051817	-78.9	-83.87	4.97	-74.87	4.03
248	-77.09483	-12.051783	-77.2	-83.86	6.66	-74.86	2.34
249	-77.09467	-12.051767	-81.22222	-84.6	3.37778	-75.6	5.6222222
250	-77.0945	-12.05175	-79.36364	-85.31	5.94636	-76.31	3.0536364
251	-77.0945	-12.051717	-81.2	-85.31	4.11	-76.31	4.89
252	-77.09433	-12.0517	-78.8	-85.99	7.19	-76.99	1.81
253	-77.09417	-12.051683	-80	-86.64	6.64	-77.64	2.36
254	-77.09417	-12.051667	-78.2	-86.64	8.44	-77.64	0.56
255	-77.094	-12.051633	-76.3	-87.23	10.93	-78.23	1.93
256	-77.09383	-12.0516	-80.9	-87.81	6.91	-78.81	2.09
257	-77.09367	-12.051583	-84.2	-88.38	4.18	-79.38	4.82
258	-77.09367	-12.051567	-84.3	-88.37	4.07	-79.37	4.93
259	-77.09367	-12.05155	-83.9	-88.37	4.47	-79.37	4.53
260	-77.0935	-12.051517	-83	-88.95	5.95	-79.95	3.05
261	-77.09367	-12.05145	-83.4	-88.39	4.99	-79.39	4.01
262	-77.09367	-12.051383	-87.2	-88.4	1.2	-79.4	7.8
263	-77.09367	-12.0513	-87.90909	-88.42	0.51091	-79.42	8.4890909
264	-77.09367	-12.0512	-86	-88.45	2.45	-79.45	6.55
265	-77.09367	-12.0511	-87.18182	-88.48	1.29818	-79.48	7.7018182
266	-77.09367	-12.050967	-85.4	-88.54	3.14	-79.54	5.86
267	-77.09367	-12.05085	-85.22222	-88.6	3.37778	-79.6	5.6222222
268	-77.09367	-12.050733	-80.18182	-88.67	8.48818	-79.67	0.5118182
269	-77.09367	-12.050633	-77.1	-88.82	11.72	-79.82	2.72
270	-77.09367	-12.050533	-77	-88.91	11.91	-79.91	2.91
271	-77.09383	-12.05045	-73	-88.42	15.42	-79.42	6.42
272	-77.09383	-12.050383	-76.7	-88.49	11.79	-79.49	2.79
273	-77.09383	-12.0503	-78.3	-88.65	10.35	-79.65	1.35
274	-77.09383	-12.0502	-79.2	-88.76	9.56	-79.76	0.56
275	-77.09383	-12.0501	-82.2	-88.88	6.68	-79.88	2.32
276	-77.09383	-12.050017	-84	-89.05	5.05	-80.05	3.95
277	-77.09383	-12.0499	-83.4	-89.21	5.81	-80.21	3.19
278	-77.09383	-12.0498	-84.2	-89.4	5.2	-80.4	3.8
279	-77.094	-12.0497	-86.2	-89.11	2.91	-80.11	6.09
280	-77.094	-12.0496	-85	-89.24	4.24	-80.24	4.76

281	-77.094	-12.0495	-84	-89.4	5.4	-80.4	3.6
282	-77.094	-12.04945	-81.3	-89.52	8.22	-80.52	0.78
283	-77.094	-12.049417	-84.6	-89.61	5.01	-80.61	3.99
284	-77.09383	-12.049367	-86	-90.14	4.14	-81.14	4.86
285	-77.09383	-12.04935	-82.5	-90.18	7.68	-81.18	1.32
286	-77.09367	-12.049367	-80.9	-90.55	9.65	-81.55	0.65
287	-77.0935	-12.04935	-81.6	-91.04	9.44	-82.04	0.44
288	-77.09333	-12.049383	-83.45455	-91.46	8.00545	-82.46	0.9945455
289	-77.09333	-12.049483	-86.4	-91.29	4.89	-82.29	4.11
290	-77.09333	-12.049617	-86.88889	-91.1	4.21111	-82.1	4.7888889
291	-77.09333	-12.049683	-85.54545	-90.98	5.43455	-81.98	3.5654545
292	-77.09333	-12.049733	-84	-90.88	6.88	-81.88	2.12
293	-77.09333	-12.0498	-80.6	-90.8	10.2	-81.8	1.2
294	-77.09333	-12.049883	-82.6	-90.69	8.09	-81.69	0.91
295	-77.09333	-12.05	-81.4	-90.51	9.11	-81.51	0.11
296	-77.09333	-12.0501	-80.8	-90.42	9.62	-81.42	0.62
297	-77.09333	-12.0502	-76.4	-90.28	13.88	-81.28	4.88
298	-77.09333	-12.050267	-67.3	-90.17	22.87	-81.17	13.87
299	-77.09333	-12.0503	-74.7	-90.15	15.45	-81.15	6.45
300	-77.09333	-12.050317	-67.8	-90.13	22.33	-81.13	13.33
301	-77.09317	-12.050333	-73.8	-90.62	16.82	-81.62	7.82
302	-77.09317	-12.050383	-80.9	-90.59	9.69	-81.59	0.69
303	-77.09317	-12.050433	-87.8	-90.55	2.75	-81.55	6.25
304	-77.09317	-12.050517	-87.3	-90.49	3.19	-81.49	5.81
305	-77.09317	-12.0506	-87.9	-90.35	2.45	-81.35	6.55
306	-77.09317	-12.0507	-89	-90.29	1.29	-81.29	7.71
307	-77.09317	-12.050817	-88.8	-90.23	1.43	-81.23	7.57
308	-77.09317	-12.050917	-87.7	-90.18	2.48	-81.18	6.52
309	-77.09317	-12.05105	-88.5	-90.13	1.63	-81.13	7.37
310	-77.09317	-12.051167	-88	-90.09	2.09	-81.09	6.91
311	-77.093	-12.0513	-88.2	-90.58	2.38	-81.58	6.62
312	-77.093	-12.0514	-81.3	-90.56	9.26	-81.56	0.26
313	-77.093	-12.051517	-81.5	-90.55	9.05	-81.55	0.05
314	-77.093	-12.051583	-85.3	-90.56	5.26	-81.56	3.74
315	-77.093	-12.051633	-83.7	-90.61	6.91	-81.61	2.09
316	-77.093	-12.0517	-83.8	-90.64	6.84	-81.64	2.16
317	-77.093	-12.051783	-86.5	-90.64	4.14	-81.64	4.86
318	-77.093	-12.051867	-86.9	-90.65	3.75	-81.65	5.25
319	-77.093	-12.051967	-87.9	-90.67	2.77	-81.67	6.23
320	-77.09283	-12.052083	-87.5	-91.19	3.69	-82.19	5.31
321	-77.09283	-12.0522	-83.4	-91.22	7.82	-82.22	1.18
322	-77.09283	-12.0523	-86.4	-91.25	4.85	-82.25	4.15
323	-77.09283	-12.052367	-80	-91.27	11.27	-82.27	2.27
324	-77.09283	-12.052417	-77.3	-91.33	14.03	-82.33	5.03
325	-77.09283	-12.052433	-77.1	-91.35	14.25	-82.35	5.25
326	-77.09283	-12.052467	-71.4	-91.4	20	-82.4	11
327	-77.09283	-12.0525	-75.36364	-91.42	16.0564	-82.42	7.0563636
328	-77.09283	-12.052517	-74.8	-91.43	16.63	-82.43	7.63
329	-77.09283	-12.05255	-76.9	-91.44	14.54	-82.44	5.54
330	-77.09283	-12.052583	-77.9	-91.46	13.56	-82.46	4.56
331	-77.09283	-12.052617	-74.62727	-91.47	16.8427	-82.47	7.8427273
332	-77.09283	-12.052633	-76.1	-91.48	15.38	-82.48	6.38
333	-77.09267	-12.05265	-80.5	-91.96	11.46	-82.96	2.46
334	-77.0925	-12.052633	-81	-92.42	11.42	-83.42	2.42
335	-77.09233	-12.052617	-80.6	-92.86	12.26	-83.86	3.26
336	-77.09217	-12.052583	-82.3	-93.29	10.99	-84.29	1.99
337	-77.09217	-12.052567	-80.4	-93.28	12.88	-84.28	3.88

338	-77.092	-12.052533	-80.5	-93.65	13.15	-84.65	4.15
339	-77.09183	-12.052517	-76.9	-94.03	17.13	-85.03	8.13
340	-77.09167	-12.052483	-81.3	-94.42	13.12	-85.42	4.12
341	-77.0915	-12.05245	-81.2	-94.81	13.61	-85.81	4.61
342	-77.09117	-12.052417	-83.1	-95.58	12.48	-86.58	3.48
343	-77.091	-12.052383	-82.6	-95.95	13.35	-86.95	4.35
344	-77.091	-12.052367	-82.3	-95.94	13.64	-86.94	4.64
345	-77.09083	-12.0524	-79.8	-96.32	16.52	-87.32	7.52
346	-77.09083	-12.052433	-80.5	-96.33	15.83	-87.33	6.83
347	-77.091	-12.052467	-82.8	-95.97	13.17	-86.97	4.17
348	-77.091	-12.052483	-79.9	-95.97	16.07	-86.97	7.07
349	-77.09117	-12.0525	-80.8	-95.6	14.8	-86.6	5.8
350	-77.09117	-12.052517	-79.2	-95.6	16.4	-86.6	7.4
351	-77.09133	-12.052533	-83.1	-95.22	12.12	-86.22	3.12
352	-77.0915	-12.05255	-82.1	-94.84	12.74	-85.84	3.74
353	-77.0915	-12.052583	-79.3	-94.88	15.58	-85.88	6.58
354	-77.09167	-12.052583	-83	-94.5	11.5	-85.5	2.5
355	-77.09183	-12.052617	-78.6	-94.15	15.55	-85.15	6.55
356	-77.09183	-12.052633	-82.1	-94.15	12.05	-85.15	3.05
357	-77.092	-12.05265	-81.7	-93.74	12.04	-84.74	3.04
358	-77.09217	-12.052667	-83	-93.32	10.32	-84.32	1.32
359	-77.09233	-12.052683	-81.1	-92.89	11.79	-83.89	2.79
360	-77.09233	-12.052717	-81.5	-92.9	11.4	-83.9	2.4
361	-77.0925	-12.052733	-81.5	-92.46	10.96	-83.46	1.96
362	-77.0925	-12.05275	-81.1	-92.48	11.38	-83.48	2.38
363	-77.09267	-12.052767	-77	-92.07	15.07	-83.07	6.07
364	-77.09283	-12.052783	-78.77778	-91.65	12.8722	-82.65	3.8722222
365	-77.09283	-12.052767	-77.54545	-91.63	14.0845	-82.63	5.0845455
366	-77.093	-12.052767	-79.4	-91.16	11.76	-82.16	2.76
367	-77.093	-12.052783	-75.7	-91.17	15.47	-82.17	6.47
368	-77.093	-12.052833	-70.5	-91.2	20.7	-82.2	11.7
369	-77.093	-12.0529	-79.5	-91.25	11.75	-82.25	2.75
370	-77.093	-12.052983	-83.7	-91.32	7.62	-82.32	1.38
371	-77.093	-12.053067	-84.3	-91.46	7.16	-82.46	1.84
372	-77.093	-12.053183	-86.6	-91.56	4.96	-82.56	4.04
373	-77.093	-12.0533	-87.1	-91.74	4.64	-82.74	4.36
374	-77.093	-12.053417	-87	-91.84	4.84	-82.84	4.16
375	-77.093	-12.053517	-86.6	-91.95	5.35	-82.95	3.65
376	-77.09283	-12.053617	-87.7	-92.53	4.83	-83.53	4.17
377	-77.09283	-12.0537	-86.7	-92.68	5.98	-83.68	3.02
378	-77.09283	-12.053783	-87.9	-92.82	4.92	-83.82	4.08
379	-77.09283	-12.053883	-85.5	-92.92	7.42	-83.92	1.58
380	-77.09283	-12.053967	-86.2	-93.08	6.88	-84.08	2.12
381	-77.09283	-12.054017	-87.3	-93.17	5.87	-84.17	3.13
382	-77.09283	-12.054033	-85.4	-93.2	7.8	-84.2	1.2
383	-77.09267	-12.054017	-88.5	-93.53	5.03	-84.53	3.97
384	-77.09267	-12.05405	-86.4	-93.59	7.19	-84.59	1.81
385	-77.09267	-12.054133	-83.4	-93.75	10.35	-84.75	1.35
386	-77.09267	-12.054217	-82.27273	-93.88	11.6073	-84.88	2.6072727
387	-77.09267	-12.0543	-84	-93.97	9.97	-84.97	0.97
388	-77.09283	-12.0544	-81.9	-93.81	11.91	-84.81	2.91
389	-77.09283	-12.054483	-82	-93.97	11.97	-84.97	2.97
390	-77.093	-12.05455	-86.1	-93.67	7.57	-84.67	1.43
391	-77.093	-12.054567	-85.9	-93.71	7.81	-84.71	1.19
392	-77.09317	-12.054583	-85.6	-93.4	7.8	-84.4	1.2
393	-77.09317	-12.054617	-89.3	-93.48	4.18	-84.48	4.82
394	-77.09317	-12.0547	-91	-93.65	2.65	-84.65	6.35

395	-77.09317	-12.054783	-89.2	-93.83	4.63	-84.83	4.37
396	-77.09317	-12.054867	-89.2	-93.97	4.77	-84.97	4.23
397	-77.09317	-12.05495	-89.7	-94.09	4.39	-85.09	4.61
398	-77.09317	-12.055017	-88.6	-94.24	5.64	-85.24	3.36
399	-77.09317	-12.055033	-87.2	-94.27	7.07	-85.27	1.93
400	-77.09317	-12.055067	-89.3	-94.35	5.05	-85.35	3.95
401	-77.09317	-12.055083	-91.3	-94.38	3.08	-85.38	5.92
402	-77.09317	-12.0551	-94.6	-94.42	0.18	-85.42	9.18
403	-77.09333	-12.055117	-91.54545	-94.16	2.61455	-85.16	6.3854545
404	-77.09333	-12.055133	-90.33333	-94.2	3.86667	-85.2	5.1333333
405	-77.0935	-12.05515	-91.36364	-93.97	2.60636	-84.97	6.3936364
406	-77.0935	-12.055183	-89.5	-94.07	4.57	-85.07	4.43
407	-77.09367	-12.0552	-91.8	-93.86	2.06	-84.86	6.94
408	-77.09367	-12.055233	-91.6	-93.94	2.34	-84.94	6.66
409	-77.09367	-12.055317	-95	-94.15	0.85	-85.15	9.85
410	-77.09367	-12.0554	-93.1	-94.35	1.25	-85.35	7.75
411	-77.09367	-12.055483	-91.81818	-94.55	2.73182	-85.55	6.2681818
412	-77.09367	-12.0556	-90.55556	-94.83	4.27444	-85.83	4.7255556
413	-77.09367	-12.055733	-87.90909	-95.15	7.24091	-86.15	1.7590909
414	-77.09367	-12.05585	-85.6	-95.45	9.85	-86.45	0.85
415	-77.09367	-12.055967	-86.77778	-95.8	9.02222	-86.8	0.0222222
416	-77.09383	-12.056083	-89	-95.86	6.86	-86.86	2.14
417	-77.09383	-12.056217	-89.9	-96.24	6.34	-87.24	2.66
418	-77.09383	-12.056333	-91.2	-96.56	5.36	-87.56	3.64
419	-77.09383	-12.05645	-96.2	-96.84	0.64	-87.84	8.36
420	-77.094	-12.05655	-96.4	-96.89	0.49	-87.89	8.51
421	-77.094	-12.056633	-94.3	-97.1	2.8	-88.1	6.2
422	-77.094	-12.056717	-95	-97.36	2.36	-88.36	6.64
423	-77.09417	-12.056817	-93.6	-97.49	3.89	-88.49	5.11
424	-77.09417	-12.0569	-90.5	-97.74	7.24	-88.74	1.76
425	-77.09417	-12.056933	-89.4	-97.83	8.43	-88.83	0.57
426	-77.09417	-12.05695	-89.22222	-97.88	8.65778	-88.88	0.3422222
427	-77.09433	-12.056967	-91.95122	-97.88	5.92878	-88.88	3.0712195
428	-77.09433	-12.056933	-87.4	-97.78	10.38	-88.78	1.38
429	-77.09433	-12.0569	-91.7	-97.68	5.98	-88.68	3.02
430	-77.09433	-12.056867	-88.2	-97.58	9.38	-88.58	0.38
431	-77.0945	-12.0568	-91.5	-97.3	5.8	-88.3	3.2
432	-77.09467	-12.056733	-93.3	-96.97	3.67	-87.97	5.33
433	-77.09467	-12.05665	-88.7	-96.74	8.04	-87.74	0.96
434	-77.09483	-12.056583	-90.5	-96.45	5.95	-87.45	3.05
435	-77.095	-12.0565	-87.5	-96.13	8.63	-87.13	0.37
436	-77.095	-12.0564	-85.5	-95.79	10.29	-86.79	1.29
437	-77.09517	-12.056333	-86.3	-95.52	9.22	-86.52	0.22
438	-77.09517	-12.056267	-85.7	-95.29	9.59	-86.29	0.59
439	-77.09533	-12.0562	-88.9	-95	6.1	-86	2.9
440	-77.0955	-12.056117	-88	-94.59	6.59	-85.59	2.41
441	-77.0955	-12.056083	-88	-94.47	6.47	-85.47	2.53
442	-77.0955	-12.056067	-86.1	-94.42	8.32	-85.42	0.68
443	-77.0955	-12.05605	-81.5	-94.37	12.87	-85.37	3.87
444	-77.0955	-12.056017	-82.2	-94.26	12.06	-85.26	3.06
445	-77.09567	-12.056017	-85.65	-94.19	8.54	-85.19	0.46
446	-77.09567	-12.056083	-88.6	-94.45	5.85	-85.45	3.15
447	-77.09583	-12.056183	-92.4	-94.75	2.35	-85.75	6.65
448	-77.09583	-12.056267	-89.9	-95.08	5.18	-86.08	3.82
449	-77.09583	-12.05635	-89.4	-95.39	5.99	-86.39	3.01
450	-77.096	-12.056417	-87.95	-95.69	7.74	-86.69	1.26

MODELO LONGLEY RICE - VALORES DE MEDICIÓN, ESTIMACIÓN Y CORRECCIÓN

	Longitud	Latitud	Valor de Medición	Valor de Predicción	Error
1	-77.096833	-12.04825	-74.7	-72.46	2.24
2	-77.096667	-12.048233	-75.1	-72.46	2.64
3	-77.0965	-12.048233	-75.6	-72.51	3.09
4	-77.0965	-12.048217	-76.5	-72.51	3.99
5	-77.096333	-12.0482	-77.7	-74.39	3.31
6	-77.096167	-12.0482	-75.6	-76.71	1.11
7	-77.096	-12.048183	-74.6	-76.71	2.11
8	-77.096	-12.048167	-75.7	-76.71	1.01
9	-77.095833	-12.048167	-76.9	-77.16	0.26
10	-77.095667	-12.04815	-77.5	-77.16	0.34
11	-77.0955	-12.048133	-76.5	-77.16	0.66
12	-77.0955	-12.048117	-78	-77.16	0.84
13	-77.095333	-12.048117	-80.2	-78.37	1.83
14	-77.095167	-12.0481	-79.9	-78.37	1.53
15	-77.095	-12.048083	-78.3	-78.3	0
16	-77.094833	-12.048067	-77	-78.3	1.3
17	-77.094667	-12.048067	-78.1	-79.15	1.05
18	-77.094667	-12.04805	-78.8	-79.15	0.35
19	-77.0945	-12.048033	-80.7	-79.15	1.55
20	-77.094167	-12.048017	-78.8	-81.7	2.9
21	-77.094	-12.048	-79.7	-83.41	3.71
22	-77.093833	-12.047983	-81.5	-83.41	1.91
23	-77.093667	-12.047967	-81.7	-84.11	2.41
24	-77.0935	-12.04795	-79.8	-85.23	5.43
25	-77.093333	-12.047933	-83.1	-83.57	0.47
26	-77.093167	-12.047917	-81.9	-83.57	1.67
27	-77.093	-12.047917	-82	-84.49	2.49
28	-77.092833	-12.0479	-83.6	-85.03	1.43
29	-77.092667	-12.047883	-82	-86.38	4.38
30	-77.0925	-12.047867	-81.7	-87.39	5.69
31	-77.092333	-12.04785	-83.7	-84.13	0.43
32	-77.092167	-12.04785	-82.5	-84.13	1.63
33	-77.092	-12.047883	-83.5	-85.56	2.06
34	-77.091833	-12.047883	-83.9	-85.55	1.65
35	-77.091667	-12.047883	-83.5	-89.34	5.84
36	-77.091667	-12.047867	-85.1	-89.34	4.24
37	-77.0915	-12.04785	-84.2	-85.37	1.17
38	-77.091333	-12.047833	-85.7	-85.37	0.33
39	-77.091167	-12.047833	-86.4	-85.95	0.45
40	-77.091	-12.047817	-85.5	-86.57	1.07
41	-77.090833	-12.0478	-85	-87.79	2.79
42	-77.090667	-12.047767	-83.7	-87.79	4.09
43	-77.0905	-12.04775	-85	-87.79	2.79
44	-77.090333	-12.047717	-85	-87.97	2.97
45	-77.090167	-12.0477	-85.5	-89.62	4.12
46	-77.089833	-12.047683	-86.3	-92.49	6.19
47	-77.089667	-12.047667	-84.4	-92.49	8.09
48	-77.0895	-12.04765	-83.2	-92.49	9.29
49	-77.089333	-12.047633	-83.2	-93.78	10.58
50	-77.089167	-12.047617	-83.6	-93.99	10.39
51	-77.089	-12.0476	-83.1	-94.02	10.92
52	-77.088833	-12.0476	-84.1	-94.02	9.92

53	-77.088667	-12.047583	-84.2	-94.02	9.82
54	-77.0885	-12.047567	-88.6	-94.78	6.18
55	-77.088333	-12.047567	-86.3	-95.18	8.88
56	-77.088167	-12.047567	-86.5	-95.18	8.68
57	-77.088	-12.04755	-86.7	-95.18	8.48
58	-77.087833	-12.047533	-91.9	-95.18	3.28
59	-77.087667	-12.047517	-91.425	-96.56	5.135
60	-77.0875	-12.047517	-93.4	-96.3	2.9
61	-77.0875	-12.0475	-93.9	-96.35	2.45
62	-77.0875	-12.047517	-91.5	-96.3	4.8
63	-77.087333	-12.047583	-94.4	-96.27	1.87
64	-77.087333	-12.047683	-94.1	-96.27	2.17
65	-77.087333	-12.047783	-91.9	-95.7	3.8
66	-77.087333	-12.047933	-89.3	-95.7	6.4
67	-77.087333	-12.048083	-94.8	-95.35	0.55
68	-77.087333	-12.048217	-96.7	-94.39	2.31
69	-77.087333	-12.04835	-90.5	-92.15	1.65
70	-77.087333	-12.048467	-85.3	-92.15	6.85
71	-77.087333	-12.0486	-85	-91.96	6.96
72	-77.087333	-12.048733	-88.8	-91.92	3.12
73	-77.087333	-12.04885	-89.9	-91.92	2.02
74	-77.087333	-12.048917	-88.09090909	-91.92	3.8290909
75	-77.087333	-12.048967	-85.2	-91.65	6.45
76	-77.087333	-12.049	-81.8	-91.65	9.85
77	-77.087333	-12.049017	-81	-91.65	10.65
78	-77.0875	-12.049017	-83.2	-93.91	10.71
79	-77.087667	-12.049033	-85	-93.91	8.91
80	-77.087833	-12.04905	-83.05	-93.91	10.86
81	-77.088	-12.04905	-80.3	-93.91	13.61
82	-77.088167	-12.049067	-82.25	-94.48	12.23
83	-77.088333	-12.049067	-82.1	-89.27	7.17
84	-77.0885	-12.049083	-84.1	-92.8	8.7
85	-77.0885	-12.0491	-84.5	-92.8	8.3
86	-77.088667	-12.0491	-81.95	-92.8	10.85
87	-77.088833	-12.0491	-80.05	-92.8	12.75
88	-77.088833	-12.049133	-79.6	-92.8	13.2
89	-77.088833	-12.049167	-85.5	-90.72	5.22
90	-77.088833	-12.04925	-89.5	-90.72	1.22
91	-77.088833	-12.0494	-91.9	-90.72	1.18
92	-77.088833	-12.04955	-91.8	-89.86	1.94
93	-77.088667	-12.049683	-95.2	-89.17	6.03
94	-77.088667	-12.049817	-95.8	-89.17	6.63
95	-77.088667	-12.04995	-95.2	-90.23	4.97
96	-77.088667	-12.050067	-92	-89.24	2.76
97	-77.088667	-12.0502	-91.4	-89.24	2.16
98	-77.088667	-12.050317	-89.1	-89.18	0.08
99	-77.088667	-12.050467	-90.5	-89.22	1.28
100	-77.088667	-12.050617	-93.6	-88.94	4.66
101	-77.0885	-12.050767	-96.7	-88.35	8.35
102	-77.0885	-12.050917	-96.5	-88.84	7.66
103	-77.0885	-12.05105	-95	-88.84	6.16
104	-77.0885	-12.051167	-91.77777778	-88.84	2.9377778
105	-77.0885	-12.0513	-91.5	-88.84	2.66
106	-77.0885	-12.051433	-92.1	-88.84	3.26
107	-77.0885	-12.051533	-92.3	-88.84	3.46
108	-77.0885	-12.0516	-83.22222222	-88.84	5.6177778
109	-77.0885	-12.051633	-85.9	-88.84	2.94

110	-77.0885	-12.051683	-86.65	-87.16	0.51
111	-77.088667	-12.0517	-86.6	-86.62	0.02
112	-77.088833	-12.051717	-84.9	-86.55	1.65
113	-77.089	-12.05175	-84.27272727	-86.06	1.7872727
114	-77.089167	-12.051783	-83.88888889	-84.65	0.7611111
115	-77.089333	-12.0518	-79.2	-84.65	5.45
116	-77.089333	-12.051833	-83.90909091	-84.65	0.7409091
117	-77.0895	-12.05185	-84.3	-83.71	0.59
118	-77.089667	-12.051883	-87.1	-84.12	2.98
119	-77.089833	-12.051917	-84	-84.16	0.16
120	-77.09	-12.051933	-81.3	-86.3	5
121	-77.090167	-12.051967	-81.9	-86.3	4.4
122	-77.090333	-12.051983	-82.5	-86.19	3.69
123	-77.0905	-12.052	-82.6	-86.27	3.67
124	-77.090667	-12.052033	-82.4	-85.62	3.22
125	-77.090833	-12.05205	-83.3	-83.4	0.1
126	-77.090833	-12.052067	-81.1	-83.4	2.3
127	-77.091	-12.0521	-85.2	-87.69	2.49
128	-77.091167	-12.052117	-81.2	-85.69	4.49
129	-77.091333	-12.052133	-81.8	-85.65	3.85
130	-77.091333	-12.05215	-83.9	-85.65	1.75
131	-77.0915	-12.052183	-83.5	-86.28	2.78
132	-77.091667	-12.0522	-82.4	-86.14	3.74
133	-77.091833	-12.052217	-82.3	-86.14	3.84
134	-77.091833	-12.052233	-81.9	-86.14	4.24
135	-77.092	-12.05225	-84.6	-83.47	1.13
136	-77.092167	-12.052267	-82.1	-83.56	1.46
137	-77.092333	-12.0523	-79.9	-84.56	4.66
138	-77.092333	-12.052317	-79.6	-84.56	4.96
139	-77.0925	-12.05235	-80.2	-84.33	4.13
140	-77.092667	-12.052367	-78.6	-84.33	5.73
141	-77.092667	-12.0524	-75	-84.33	9.33
142	-77.092833	-12.052433	-76.5	-80.38	3.88
143	-77.093	-12.05245	-76.7	-80.38	3.68
144	-77.093167	-12.052467	-76.9	-80.53	3.63
145	-77.093167	-12.052483	-75.2	-80.53	5.33
146	-77.093333	-12.0525	-72.6	-79.66	7.06
147	-77.0935	-12.052533	-71	-82.05	11.05
148	-77.093667	-12.05255	-74.3	-82.05	7.75
149	-77.093667	-12.052567	-76.3	-82.05	5.75
150	-77.093833	-12.052567	-76.7	-77.46	0.76
151	-77.093833	-12.0526	-76.6	-77.46	0.86
152	-77.094	-12.0526	-74.6	-77.55	2.95
153	-77.094	-12.052617	-76.2	-77.55	1.35
154	-77.094167	-12.052633	-78.5	-79.72	1.22
155	-77.094333	-12.052667	-78.9	-79.72	0.82
156	-77.0945	-12.052683	-77.7	-79.72	2.02
157	-77.0945	-12.0527	-79.8	-79.72	0.08
158	-77.094667	-12.052733	-78.1	-76.67	1.43
159	-77.094833	-12.05275	-75.3	-74.26	1.04
160	-77.094833	-12.052767	-76.2	-74.26	1.94
161	-77.095	-12.052783	-78.1	-74.26	3.84
162	-77.095167	-12.0528	-78	-75.12	2.88
163	-77.095167	-12.052817	-76.9	-75.12	1.78
164	-77.095333	-12.05285	-73.9	-75.12	1.22
165	-77.095333	-12.052883	-73.6	-75.12	1.52
166	-77.0955	-12.0529	-72.6	-75.12	2.52

167	-77.095667	-12.052917	-76.8	-69.97	6.83
168	-77.095833	-12.052933	-75.4	-69.97	5.43
169	-77.095833	-12.05295	-76	-69.97	6.03
170	-77.095833	-12.052967	-75.6	-69.97	5.63
171	-77.096	-12.052967	-75.8	-69.97	5.83
172	-77.096	-12.052883	-75.7	-69.97	5.73
173	-77.096	-12.052817	-77.9	-69.97	7.93
174	-77.096	-12.0527	-76.4	-69.97	6.43
175	-77.096	-12.052583	-75.5	-69.97	5.53
176	-77.096	-12.052467	-75.2	-69.97	5.23
177	-77.096	-12.05235	-76.9	-69.97	6.93
178	-77.096167	-12.052233	-75.6	-69.97	5.63
179	-77.096167	-12.052133	-73.1	-66.44	6.66
180	-77.096167	-12.052083	-75.2	-66.44	8.76
181	-77.096167	-12.052067	-73	-66.44	6.56
182	-77.096167	-12.052033	-72.5	-66.44	6.06
183	-77.096167	-12.052	-72.2	-66.44	5.76
184	-77.096167	-12.051933	-75	-66.44	8.56
185	-77.096167	-12.051867	-75.4	-66.44	8.96
186	-77.096167	-12.051767	-75.6	-66.44	9.16
187	-77.096167	-12.051667	-73.1	-66.44	6.66
188	-77.096167	-12.051567	-74.3	-66.44	7.86
189	-77.096167	-12.0514	-68.8	-66.44	2.36
190	-77.096333	-12.051267	-70.6	-66.44	4.16
191	-77.096333	-12.05115	-72	-66.44	5.56
192	-77.096333	-12.051033	-71	-66.44	4.56
193	-77.096333	-12.050933	-70.7	-66.44	4.26
194	-77.096333	-12.050833	-69.7	-66.44	3.26
195	-77.096333	-12.0507	-68.6	-66.44	2.16
196	-77.096333	-12.050633	-68.3	-69.97	1.67
197	-77.096333	-12.050583	-66.8	-69.97	3.17
198	-77.096333	-12.050533	-69.4	-69.97	0.57
199	-77.096333	-12.050483	-70	-69.97	0.03
200	-77.096333	-12.050417	-71	-69.97	1.03
201	-77.096333	-12.05035	-71.9	-69.97	1.93
202	-77.0965	-12.050283	-73.8	-69.97	3.83
203	-77.0965	-12.0502	-73.9	-69.97	3.93
204	-77.0965	-12.050083	-71.9	-69.97	1.93
205	-77.0965	-12.049967	-73.3	-70.13	3.17
206	-77.0965	-12.049867	-75.2	-70.13	5.07
207	-77.0965	-12.049783	-73.6	-70.13	3.47
208	-77.0965	-12.049733	-73	-70.13	2.87
209	-77.0965	-12.0497	-71.5	-70.13	1.37
210	-77.0965	-12.049667	-77.9	-70.13	7.77
211	-77.0965	-12.049633	-75.6	-70.13	5.47
212	-77.0965	-12.049617	-78.3	-70.13	8.17
213	-77.096333	-12.0496	-76.9	-70.13	6.77
214	-77.096333	-12.049583	-79.4	-70.13	9.27
215	-77.096167	-12.049583	-80.55	-70.13	10.42
216	-77.096	-12.049617	-80.5	-70.13	10.37
217	-77.096	-12.049683	-80.36363636	-70.13	10.233636
218	-77.096	-12.0498	-81	-70.13	10.87
219	-77.096	-12.049917	-79.5	-70.13	9.37
220	-77.096	-12.050033	-79.6	-69.97	9.63
221	-77.096	-12.050167	-80.8	-69.97	10.83
222	-77.096	-12.050317	-76.27272727	-69.97	6.3027273
223	-77.095833	-12.05045	-74.11111111	-69.97	4.1411111

224	-77.095833	-12.050567	-72.54545455	-69.97	2.5754545
225	-77.095833	-12.0507	-69.55555556	-69.97	0.4144444
226	-77.095833	-12.050783	-66.81818182	-69.97	3.1518182
227	-77.095833	-12.050833	-73.8	-69.97	3.83
228	-77.095833	-12.0509	-76	-69.97	6.03
229	-77.095833	-12.050983	-77.9	-69.97	7.93
230	-77.095833	-12.051083	-78.55555556	-69.97	8.5855556
231	-77.095833	-12.051183	-80.36363636	-69.97	10.393636
232	-77.095667	-12.051283	-81.3	-72.17	9.13
233	-77.095667	-12.051383	-80.85	-72.17	8.68
234	-77.095667	-12.051483	-82.22222222	-72.17	10.052222
235	-77.095667	-12.051583	-81.36363636	-72.17	9.1936364
236	-77.095667	-12.051667	-78.6	-71.17	7.43
237	-77.095667	-12.051767	-80.5	-71.17	9.33
238	-77.095667	-12.05185	-76.5	-71.17	5.33
239	-77.095667	-12.0519	-76.5	-71.17	5.33
240	-77.095667	-12.051933	-75.4	-71.17	4.23
241	-77.0955	-12.051933	-76.7	-71.17	5.53
242	-77.0955	-12.051917	-78.9	-71.17	7.73
243	-77.095333	-12.0519	-78.6	-71.17	7.43
244	-77.095167	-12.051867	-81.3	-75.54	5.76
245	-77.095167	-12.05185	-81.3	-75.54	5.76
246	-77.095	-12.051833	-80.6	-73.96	6.64
247	-77.094833	-12.051817	-78.9	-74.26	4.64
248	-77.094833	-12.051783	-77.2	-74.26	2.94
249	-77.094667	-12.051767	-81.22222222	-76.67	4.5522222
250	-77.0945	-12.05175	-79.36363636	-76.67	2.6936364
251	-77.0945	-12.051717	-81.2	-76.67	4.53
252	-77.094333	-12.0517	-78.8	-79.72	0.92
253	-77.094167	-12.051683	-80	-79.72	0.28
254	-77.094167	-12.051667	-78.2	-79.72	1.52
255	-77.094	-12.051633	-76.3	-80.5	4.2
256	-77.093833	-12.0516	-80.9	-80.5	0.4
257	-77.093667	-12.051583	-84.2	-83.11	1.09
258	-77.093667	-12.051567	-84.3	-83.11	1.19
259	-77.093667	-12.05155	-83.9	-83.11	0.79
260	-77.0935	-12.051517	-83	-84.38	1.38
261	-77.093667	-12.05145	-83.4	-83.11	0.29
262	-77.093667	-12.051383	-87.2	-83.11	4.09
263	-77.093667	-12.0513	-87.90909091	-83.11	4.7990909
264	-77.093667	-12.0512	-86	-83.11	2.89
265	-77.093667	-12.0511	-87.18181818	-83.11	4.0718182
266	-77.093667	-12.050967	-85.4	-83.11	2.29
267	-77.093667	-12.05085	-85.22222222	-84.38	0.8422222
268	-77.093667	-12.050733	-80.18181818	-84.38	4.1981818
269	-77.093667	-12.050633	-77.1	-84.38	7.28
270	-77.093667	-12.050533	-77	-84.38	7.38
271	-77.093833	-12.05045	-73	-80.5	7.5
272	-77.093833	-12.050383	-76.7	-80.5	3.8
273	-77.093833	-12.0503	-78.3	-80.5	2.2
274	-77.093833	-12.0502	-79.2	-81.93	2.73
275	-77.093833	-12.0501	-82.2	-84.38	2.18
276	-77.093833	-12.050017	-84	-84.38	0.38
277	-77.093833	-12.0499	-83.4	-84.26	0.86
278	-77.093833	-12.0498	-84.2	-84.26	0.06
279	-77.094	-12.0497	-86.2	-84.26	1.94
280	-77.094	-12.0496	-85	-84.43	0.57

281	-77.094	-12.0495	-84	-84.43	0.43
282	-77.094	-12.04945	-81.3	-84.43	3.13
283	-77.094	-12.049417	-84.6	-84.43	0.17
284	-77.093833	-12.049367	-86	-84.43	1.57
285	-77.093833	-12.04935	-82.5	-84.43	1.93
286	-77.093667	-12.049367	-80.9	-84.43	3.53
287	-77.0935	-12.04935	-81.6	-84.43	2.83
288	-77.093333	-12.049383	-83.45454545	-83.39	0.0645455
289	-77.093333	-12.049483	-86.4	-83.39	3.01
290	-77.093333	-12.049617	-86.88888889	-83.39	3.4988889
291	-77.093333	-12.049683	-85.54545455	-83.79	1.7554545
292	-77.093333	-12.049733	-84	-83.79	0.21
293	-77.093333	-12.0498	-80.6	-83.79	3.19
294	-77.093333	-12.049883	-82.6	-83.79	1.19
295	-77.093333	-12.05	-81.4	-84.21	2.81
296	-77.093333	-12.0501	-80.8	-84.21	3.41
297	-77.093333	-12.0502	-76.4	-84.21	7.81
298	-77.093333	-12.050267	-67.3	-84.21	16.91
299	-77.093333	-12.0503	-74.7	-84.21	9.51
300	-77.093333	-12.050317	-67.8	-84.21	16.41
301	-77.093167	-12.050333	-73.8	-83.5	9.7
302	-77.093167	-12.050383	-80.9	-83.5	2.6
303	-77.093167	-12.050433	-87.8	-83.5	4.3
304	-77.093167	-12.050517	-87.3	-83.5	3.8
305	-77.093167	-12.0506	-87.9	-83.5	4.4
306	-77.093167	-12.0507	-89	-83.5	5.5
307	-77.093167	-12.050817	-88.8	-83.5	5.3
308	-77.093167	-12.050917	-87.7	-83.63	4.07
309	-77.093167	-12.05105	-88.5	-83.63	4.87
310	-77.093167	-12.051167	-88	-83.63	4.37
311	-77.093	-12.0513	-88.2	-83.63	4.57
312	-77.093	-12.0514	-81.3	-83.63	2.33
313	-77.093	-12.051517	-81.5	-83.63	2.13
314	-77.093	-12.051583	-85.3	-83.63	1.67
315	-77.093	-12.051633	-83.7	-83.63	0.07
316	-77.093	-12.0517	-83.8	-80.38	3.42
317	-77.093	-12.051783	-86.5	-80.38	6.12
318	-77.093	-12.051867	-86.9	-80.38	6.52
319	-77.093	-12.051967	-87.9	-80.38	7.52
320	-77.092833	-12.052083	-87.5	-80.38	7.12
321	-77.092833	-12.0522	-83.4	-80.38	3.02
322	-77.092833	-12.0523	-86.4	-80.38	6.02
323	-77.092833	-12.052367	-80	-80.38	0.38
324	-77.092833	-12.052417	-77.3	-80.38	3.08
325	-77.092833	-12.052433	-77.1	-80.38	3.28
326	-77.092833	-12.052467	-71.4	-80.38	8.98
327	-77.092833	-12.0525	-75.36363636	-84.33	8.9663636
328	-77.092833	-12.052517	-74.8	-84.33	9.53
329	-77.092833	-12.05255	-76.9	-84.33	7.43
330	-77.092833	-12.052583	-77.9	-84.33	6.43
331	-77.092833	-12.052617	-74.62727273	-84.33	9.7027273
332	-77.092833	-12.052633	-76.1	-84.33	8.23
333	-77.092667	-12.05265	-80.5	-84.3	3.8
334	-77.0925	-12.052633	-81	-84.33	3.33
335	-77.092333	-12.052617	-80.6	-84.21	3.61
336	-77.092167	-12.052583	-82.3	-82.77	0.47
337	-77.092167	-12.052567	-80.4	-82.77	2.37

338	-77.092	-12.052533	-80.5	-85.59	5.09
339	-77.091833	-12.052517	-76.9	-85.59	8.69
340	-77.091667	-12.052483	-81.3	-86.14	4.84
341	-77.0915	-12.05245	-81.2	-86.28	5.08
342	-77.091167	-12.052417	-83.1	-85.69	2.59
343	-77.091	-12.052383	-82.6	-87.69	5.09
344	-77.091	-12.052367	-82.3	-87.69	5.39
345	-77.090833	-12.0524	-79.8	-83.4	3.6
346	-77.090833	-12.052433	-80.5	-83.4	2.9
347	-77.091	-12.052467	-82.8	-87.69	4.89
348	-77.091	-12.052483	-79.9	-87.69	7.79
349	-77.091167	-12.0525	-80.8	-84.49	3.69
350	-77.091167	-12.052517	-79.2	-84.49	5.29
351	-77.091333	-12.052533	-83.1	-84.44	1.34
352	-77.0915	-12.05255	-82.1	-84.62	2.52
353	-77.0915	-12.052583	-79.3	-84.62	5.32
354	-77.091667	-12.052583	-83	-85.59	2.59
355	-77.091833	-12.052617	-78.6	-85.59	6.99
356	-77.091833	-12.052633	-82.1	-85.59	3.49
357	-77.092	-12.05265	-81.7	-85.59	3.89
358	-77.092167	-12.052667	-83	-82.77	0.23
359	-77.092333	-12.052683	-81.1	-84.21	3.11
360	-77.092333	-12.052717	-81.5	-84.21	2.71
361	-77.0925	-12.052733	-81.5	-84.3	2.8
362	-77.0925	-12.05275	-81.1	-84.3	3.2
363	-77.092667	-12.052767	-77	-84.3	7.3
364	-77.092833	-12.052783	-78.77777778	-84.3	5.5222222
365	-77.092833	-12.052767	-77.54545455	-84.3	6.7545455
366	-77.093	-12.052767	-79.4	-80.52	1.12
367	-77.093	-12.052783	-75.7	-80.52	4.82
368	-77.093	-12.052833	-70.5	-80.52	10.02
369	-77.093	-12.0529	-79.5	-80.52	1.02
370	-77.093	-12.052983	-83.7	-80.52	3.18
371	-77.093	-12.053067	-84.3	-80.52	3.78
372	-77.093	-12.053183	-86.6	-80.52	6.08
373	-77.093	-12.0533	-87.1	-83.56	3.54
374	-77.093	-12.053417	-87	-83.56	3.44
375	-77.093	-12.053517	-86.6	-83.56	3.04
376	-77.092833	-12.053617	-87.7	-82.78	4.92
377	-77.092833	-12.0537	-86.7	-82.78	3.92
378	-77.092833	-12.053783	-87.9	-82.78	5.12
379	-77.092833	-12.053883	-85.5	-82.78	2.72
380	-77.092833	-12.053967	-86.2	-82.78	3.42
381	-77.092833	-12.054017	-87.3	-82.14	5.16
382	-77.092833	-12.054033	-85.4	-82.14	3.26
383	-77.092667	-12.054017	-88.5	-82.14	6.36
384	-77.092667	-12.05405	-86.4	-82.14	4.26
385	-77.092667	-12.054133	-83.4	-82.14	1.26
386	-77.092667	-12.054217	-82.27272727	-82.14	0.1327273
387	-77.092667	-12.0543	-84	-82.14	1.86
388	-77.092833	-12.0544	-81.9	-82.14	0.24
389	-77.092833	-12.054483	-82	-82.14	0.14
390	-77.093	-12.05455	-86.1	-82.14	3.96
391	-77.093	-12.054567	-85.9	-82.14	3.76
392	-77.093167	-12.054583	-85.6	-82.14	3.46
393	-77.093167	-12.054617	-89.3	-81.31	7.99
394	-77.093167	-12.0547	-91	-81.31	9.69

395	-77.093167	-12.054783	-89.2	-81.31	7.89
396	-77.093167	-12.054867	-89.2	-81.31	7.89
397	-77.093167	-12.05495	-89.7	-81.31	8.39
398	-77.093167	-12.055017	-88.6	-83.18	5.42
399	-77.093167	-12.055033	-87.2	-83.18	4.02
400	-77.093167	-12.055067	-89.3	-83.18	6.12
401	-77.093167	-12.055083	-91.3	-83.18	8.12
402	-77.093167	-12.0551	-94.6	-83.18	11.42
403	-77.093333	-12.055117	-91.54545455	-83.18	8.3654545
404	-77.093333	-12.055133	-90.33333333	-83.18	7.1533333
405	-77.0935	-12.05515	-91.36363636	-84.34	7.0236364
406	-77.0935	-12.055183	-89.5	-84.39	5.11
407	-77.093667	-12.0552	-91.8	-84.72	7.08
408	-77.093667	-12.055233	-91.6	-84.72	6.88
409	-77.093667	-12.055317	-95	-84.72	10.28
410	-77.093667	-12.0554	-93.1	-84.72	8.38
411	-77.093667	-12.055483	-91.81818182	-84.72	7.0981818
412	-77.093667	-12.0556	-90.55555556	-84.6	5.9555556
413	-77.093667	-12.055733	-87.90909091	-84.6	3.3090909
414	-77.093667	-12.05585	-85.6	-84.6	1
415	-77.093667	-12.055967	-86.77777778	-84.6	2.1777778
416	-77.093833	-12.056083	-89	-82.37	6.63
417	-77.093833	-12.056217	-89.9	-82.37	7.53
418	-77.093833	-12.056333	-91.2	-83.79	7.41
419	-77.093833	-12.05645	-96.2	-83.79	12.41
420	-77.094	-12.05655	-96.4	-83.79	12.61
421	-77.094	-12.056633	-94.3	-83.79	10.51
422	-77.094	-12.056717	-95	-82.57	12.43
423	-77.094167	-12.056817	-93.6	-82.63	10.97
424	-77.094167	-12.0569	-90.5	-82.63	7.87
425	-77.094167	-12.056933	-89.4	-82.63	6.77
426	-77.094167	-12.05695	-89.22222222	-82.63	6.5922222
427	-77.094333	-12.056967	-91.95121951	-82.63	9.3212195
428	-77.094333	-12.056933	-87.4	-82.63	4.77
429	-77.094333	-12.0569	-91.7	-82.63	9.07
430	-77.094333	-12.056867	-88.2	-82.63	5.57
431	-77.0945	-12.0568	-91.5	-79.7	11.8
432	-77.094667	-12.056733	-93.3	-79.7	13.6
433	-77.094667	-12.05665	-88.7	-81.59	7.11
434	-77.094833	-12.056583	-90.5	-81.08	9.42
435	-77.095	-12.0565	-87.5	-81.47	6.03
436	-77.095	-12.0564	-85.5	-81.47	4.03
437	-77.095167	-12.056333	-86.3	-81.95	4.35
438	-77.095167	-12.056267	-85.7	-81.95	3.75
439	-77.095333	-12.0562	-88.9	-81.89	7.01
440	-77.0955	-12.056117	-88	-81.89	6.11
441	-77.0955	-12.056083	-88	-81.89	6.11
442	-77.0955	-12.056067	-86.1	-81.89	4.21
443	-77.0955	-12.05605	-81.5	-81.89	0.39
444	-77.0955	-12.056017	-82.2	-81.89	0.31
445	-77.095667	-12.056017	-85.65	-81.89	3.76
446	-77.095667	-12.056083	-88.6	-81.89	6.71
447	-77.095833	-12.056183	-92.4	-81.2	11.2
448	-77.095833	-12.056267	-89.9	-81.2	8.7
449	-77.095833	-12.05635	-89.4	-81.2	8.2
450	-77.096	-12.056417	-87.95	-82.32	5.63

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

[1] José Díaz Zegarra, Telefonía Celular del futuro, Rumbo a la cuarta generación, Revista Ingevisión, Año 1 N° 1, p. 27, Enero 2004,

[2] García Ortega y Navarro, Efectos del terreno en la propagación electromagnética en entornos urbanos sobre la región andina usando el modelo Cost 231- Walfish - Ikegami y herramientas de planificación basadas en GIS. www.icesi.edu.co/es/publicaciones/publicaciones/contenidos/sistemas_telematica/1/agarcia-hortega-anavarro-arodriguez_efectos-propag.pdf+modelos+de+radiopropagacion

[3] Oskar Wibling, MSc, Terrain analysis with radio calculations for a map presentation program, Computing Science Department, Uppsala University Sweden, Dec 1998.

[4] Kurt Tustchku, Kenyi Leibnitz, Puoc Tran Gia, An Integrated cellular network planning tool. Institute of Science of Würzburg Am Hubland university, Mayo 1997. www.informatik.uni-wurzburg.de

[5] Programa con modelos de radioprogación, Universidad de las Americas Puebla México,http://140.148.3.250/u_dl_a/servlet/mx.udlap.ict.tales.html.Block?Thesis=871&Type=T

[6] S. Ruiz, Y Yamper, J Perez, R. Agusti, J Olmos, Software tool for optimizing indoor/outdoor coverage in a construction site, Electronics Letters Online N° 19981359, Vol 34, N 22, 29 Octubre 1998.

[7] Softwrigth, Terrain analysis package, http://www.softwright.com/tapfiles.html

[8] Andrew corporation, Andrew Tools, www.andrew.com

[9] Pathloss, programa de predicción de cobertura, http://www.pathloss.com/ned.php

[10] Aerotechtelub, programa de predición WRAP, http://www.wrap.se/wrap/index.ht

[11] Belotserkovski and Joseph Guel i Socias, Fundamentos de antenas. Marcombo Boixareu Editores, p.1, 1977.

[12] Warren L. Stutzman and Gary A. Thiele, Antenna Theory and Design, second edition, John Wiley & Sons, INC. USA, p. 8, 1998.

[13] Robert S. Elliot, Antenna Theory and Design, Second edition, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, P. 1,3, 1981.

[14] Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones – INICTEL, Sistemas de comunicaciones Móviles, Dirección de Capacitación, Perú, p. 60, 61, 1999

[15] Decibel Products, Product Catalog, Allen Telecom Corporation, p. 173, 2003.

[16] Berhard E. Keiser and Eugene Strange, Digital Telephony and Network integration, second edition, Van Nostrand Reinhold, Thomson Publishing Inc., p 213, 1995.

[17] Belotserkovski and Joseph Guel i Socias, Fundamentos de antenas. Marcombo Boixareu Editores, pp.5-21, 1977.

[18] Warren L. Stutzman and Gary A. Thiele, Antenna Theory and Design, second edition, John Wiley & Sons, INC. USA, pp. 15, 16, 1998.

[19] John D. Kraus, Electromagnetismo, Tercera Edición, Mc Graw Hill Inc., p. 695, 1986.

[20] Robert S. Elliot, Antenna Theory and Design, Second edition, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, P. 14,15, 1981.

[21] Andrew Products, Product Catalog 29 Decibel Base station antennas, p. 466, 2004.

[22] Kathrein Mobilcom, guia practica Kathrein Mobilcom, pp. 19 – 22, 2004

[23] Roger L. Freeman, Radio System Design for Telecommunications 1 – 100 GHz, John Willey & Sons Inc, p. 2, 1987.

[24] John G. Proakis, Digital Communications, Third edition, Mc Graw Hill, pp. 316, 317, 1995.

[25] William C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications, Second edition, Mc Graw Hill Inc., p. 161, 1995.

[26] Recomendación ITU-R P.341-4, The concept of transmition Loss for radio links, International Telecommunication Union, p. 4, 1995.

[27] Robert S. Elliot, Antenna Theory and Design, Second edition, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, pp. 46-48, 1981.

[28] Warren L. Stutzman and Gary A. Thiele, Antenna Theory and Design, second edition, John Wiley & Sons, Inc. USA, pp. 37-41, 112-121, 1998.

[29] John D. Kraus, Electromagnetismo, Tercera Edición, Mc Graw Hill Inc., p. 701, 1986.

[30] EMS Wireless, 806 MHz – 940MHz Product Catalog EMS Wireless, EMS Wireless division of EMS Technologies Inc., pp. 159 - 163, 2001.

[31] Andrew Products, Product Catalog 29 Decibel Base station antennas, p. 460 - 462, 2004.

[32] Belotserkovski and Joseph Guel i Socias, Fundamentos de antenas. Marcombo Boixareu Editores, p. 19, 1977.

[33] John D. Kraus, Electromagnetismo, Tercera Edición, Mc Graw Hill Inc., p. 703, 1986.

[34] Recomendación ITU-R P.341, Propagation by difraction, International Telecommunication Union, p. 4, 1995.

[35] EMS Wireless, 806 MHz – 940MHz Product Catalog EMS Wireless, EMS Wireless division of EMS Technologies Inc., pp. 163 - 166, 2001.

[36] William C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications, Second edition, Mc Graw Hill Inc., pp. 165, 166, 1995.

[37] Robert S. Elliot, Antenna Theory and Design, Second edition, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, p. 142, 1981.

[38] Robert S. Elliot, Antenna Theory and Design, Second edition, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, pp. 143 - 157, 1981.

[39] Warren L. Stutzman and Gary A. Thiele, Antenna Theory and Design, second edition, John Wiley & Sons, Inc. USA, pp. 365 - 390, 1998.

[40] John G. Proakis, Digital Communications, Third edition, Mc Graw Hill, p. 777, 1995.

[41] John G. Proakis, Digital Communications, Third edition, Mc Graw Hill, pp. 778, 797 – 806, 1995.

[42] Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones – INICTEL, Sistemas de comunicaciones Móviles, Dirección de Capacitación, Perú, p. 127, 1999.

[43] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp 336, 337, 1996.

[44] EMS Wireless, 806 MHz – 940MHz Product Catalog EMS Wireless, EMS Wireless division of EMS Technologies Inc., p. 169, 2001.

[45] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 332-335, 1996.

[46] Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones – INICTEL, Sistemas de comunicaciones Móviles, Dirección de Capacitación, Perú, pp. 124 - 126, 1999.

[47] Herman Y. Kanalebe, Capacity analysis of Base Station diversity, Thesis for the degree of doctor in philosophy, School of Electrical and information engineering University of South Australia, p.p. 8-11, October, 1999

[48] William C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications, Second edition, Mc Graw Hill Inc., p. 175, 1995.

[49] William C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications, Second edition, Mc Graw Hill Inc., pp. 309, 316 - 318, 1995.

[50] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 330 - 332, 1996.

[51] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 335, 336, 1996.

[52] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 612, 613, 1996.

[53] John G. Proakis, Digital Communications, Third edition, Mc Graw Hill, pp. 468 - 469, 1995.

[54] Samuel S. Yang, CDMA RF System Engineering, Artech House Boston London, pp. 43-44, 1998.

[55] Sergio Benedetto, Ezio Biglieri, Principles of digital transmission with wireless applications, Kluwer Academic/ plenum publishers, New York, pp. 582-583, 1999.

[56] Decibel Products, Product Catalog, Allen Telecom Company, p. 167, 2001.

[57] Andrew Products, Product Catalog 29 Decibel Base station antennas, p. 455, 2004.

[58] International Telecommunication Union, Digital Topographic databases for propagation studies, Recomendación ITU-R P.1058-1, 1997 pp 1-7.

[59] ESRI, Geography Matters, p. 1, September, 2002, www.esri.com/library/whitepapers

[60] IEEE, Prediction of Outdoor and Outdoor – to –Indoor Coverage in Urban Areas at 1.8 GHz, IEEE Journal on selected areas in communications, Vol 20, N° 3, April 2002, p. 497.

[61] Richard U. Laine, Digital Microwave Link Engineering – Perfomance predictions and Path calculations, Harris Corporación, Microwave Communications Division, Digital microwave link engineering technical paper collection, document N° 216, pp. 5 - 6, 10 Aug 1999.

[62] Shuttle Radar Topographic Mission, Datos de pagına Web, http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/srtmBibliography.html

[63] National Association of Broadcasters Science and Technology – NAB Services, Engineering Handbook, National Association of Broadcasters, Eighth edition, p. 297, 1992.

[64] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 69 - 101, 1996.

[65] National Association of Broadcasters Science and Technology – NAB Services, Engineering Handbook, National Association of Broadcasters, Eighth edition, pp. 297-310, 1992.

[66] Roger L. Freeman, Radio System Design for Telecommunications 1 – 100 GHz, John Willey & Sons Inc, pp. 1-25, 1987.

[67] Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones – INICTEL, Sistemas de transmisión por microondas, Dirección de Capacitación, Perú, pp. 86, 1999.

[68] International Telecommunication Union, Definitions of terms relating to propagation in non-ionized media, Recomendación ITU-R P.310, pp. 1-4, 1995.

[69] International Telecommunication Union, Propagation by difraction, Recomendación ITU-R P.526, pp. 9-16, 1995.

[70] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 110, 111, 1996.

[71] U.S. Department of Commerce NTIA/ITS Institute for Telecommunication Sciences, Irregular Terrain Model (ITM) (Longley-Rice), http://flattop.its.bldrdoc.gov/itm.html

[72] International Telecommunication Union, propagation data and prediction methods requerid for the design of terrestrial line of sight systems, Recomendación ITU-R P.530, pp. 1-30, 1995.

[73] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 111-115, 1996.

[74] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 116, 117, 1996.

[75] National Institute of Standards and Technology, Models of Radiopropagation, Advanced Network Technologies Division. http://w3.antd.nist.gov/wctg/manet/calcmodels_dstlr.pdf

[76] International Telecommunication Union, prediction methods for the terrestrial land mobile service in the VHF and UHF bands, Recomendación ITU-R P.529, p. 7, 1995.

[77] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 119-120, 121-122, 1996.

[78] Juan José Murillo, Diapositivas de curso de Radiación y Radiocomunicación, viento.us.es/~murillo/docente/radio/Tema7v4.pdf

[79] Paulo Tiburcio Pereira, Maria Das Gracas de Almeida, Predicao Geo Fuzzi de sinais de radiofrequencia aplicada ao mapeamento da potencia de RF em uma regiao, Anais XI SBSR Bello Horizonte, Brasil, INPE, pp. 1005-1010, 2003 http://lagavulin.ltid.inpe.br:1905/col/ltid.inpe.br/sbsr/2003/03.27.11.57/doc/09_061.PDF

[80] rutgers university, wíreless comunications technologies, citeseer.nj.nec.com/cache/papers/cs/11612/http:zSzzSzwww.winlab.rutgers.eduzSz~nar

ayanzSzCoursezSzWlesszSzLectureszSzL2425.pdf/wireless-communication-technologies.pdf, p. 2,3.

[81] Theodore S. Rappaport, pagina personal, Slides de presentación libro Wíreless communications, http://authors.phptr.com/rappaport/moreinfo.html

[82] pagina Web personal de John Jairo Padilla Aguilar.

[83] Tecnologías ANSE, Modelos de predicción de ondas electromagnéticas, http://www.ansetech.co.kr/anse/model

[84] European cooperation in the field of scientific and technical research – EURO COST, Enhanced localization technique within urban and indoor environments based on accurate and fast propagation models, COST 273 TD(02)033, Guildford UK, p. 4, 2002.

[85] International Telecommunication Union, The concept of transmition Loss for radio links, Recomendación ITU-R P.341-4, p. 1-3, 1995.

[86] International Telecommunication Union, Calculation of free space attenuation, Recomendación ITU-R P.525, pp. 1-2, 1995.

[87] Paolo García, Homero Ortega, Andres Navarro, Efectos del terreno en la propagación magnética en entornos urbanos sobre la región andina usando el modelo Cost 231 Walfish Ikegami y herramientas de planificación basadas en GIS, Universidad industrial de Santander y universidad ICESI, www.icesi.edu.co/es/publicaciones/publicaciones/contenidos/sistemas_telematica/1/agarcia-hortega-anavarro-arodriguez_efectos propag.pdf+modelos+de+radiopropagacion

[88] Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones – INICTEL, Sistemas de comunicaciones Móviles, Dirección de Capacitación, Perú, pp. 115-119, 1999.

[89] William C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications, Second edition, Mc Graw Hill Inc., pp. 106-154, 1995.

[90] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 124-130, 1996.

[91] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 139-141, 1996.

[92] Sergio Benedetto, Ezio Biglieri, Principles of digital transmission with wireless applications, Kluwer Academic/ plenum publishers, New York, pp. 691-710, 1999.

[93] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 143-147, 1996.

[94] John G. Proakis, Digital Communications, Third edition, Mc Graw Hill, pp. 68-72, 1995.

[95] Sergio Benedetto, Ezio Biglieri, Principles of digital transmission with wireless applications, Kluwer Academic/ plenum publishers, New York, pp. 688-691, 1999.

[96] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 161-164, 1996.

[97] William C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications, Second edition, Mc Graw Hill Inc., p. 22, 1995.

[98] Sergio Benedetto, Ezio Biglieri, Principles of digital transmission with wireless applications, Kluwer Academic/ plenum publishers, New York, p. 687, 1999.

[99] Sergio Benedetto, Ezio Biglieri, Principles of digital transmission with wireless applications, Kluwer Academic/ plenum publishers, New York, pp. 687-688, 1999.

[100] Theodore S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall PTR, pp. 165-166, 1996.

[101] William C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications, Second edition, Mc Graw Hill Inc., pp. 13-14, 1995.

[102] Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones – INICTEL, Sistemas de comunicaciones Móviles, Dirección de Capacitación, Perú, pp. 121-123, 1999.

[103] John G. Proakis, Digital Communications, Third edition, Mc Graw Hill, pp. 45-48, 1995.

[104] John G. Proakis, Digital Communications, Third edition, Mc Graw Hill, pp. 758-762, 773-775, 1995.

[105] Sergio Benedetto, Ezio Biglieri, Principles of digital transmission with wireless applications, Kluwer Academic/ plenum publishers, New York, pp. 700-702, 1999.

[106] Víctor Cruz Ornetta, La Telefonía Móvil y su salud, World Health Organization, 2005, www.who.int/emf/

[107] Organización mundial de la salud, Marco de precaución para la protección de la salud pública, OMS traducido al español por INICTEL, Víctor Cruz Ornetta, 2003, www.who.int/emf/

[108] Resolución Ministerial RM Nº 534-2005-MTC, Directiva para la inscripción en el registro de personas habilitadas a realizar estudios teóricos y mediciones de radiaciones no ionizantes en telecomunicaciones, Diario El Peruano, pp. 298527 – 298531, 13 de Agosto, 2005.

[109] Resolución Ministerial RM N° 120-2005-MTC, Norma técnica sobre restricciones radioeléctricas en áreas de uso público, Diario El Peruano, p. 288112 – 288113, 28 de Febrero, 2005.

[110] Ordenanza de la Municipalidad de Surco, Regulan instalación y funcionamiento de estaciones base radioeléctricas en el distrito, Diario El Peruano, p. 271447 – 271450, 27 de Junio, 2004.

[111] Colegio de ingenieros del Perú – Concejo departamental Lima, Seminario Conversatorio Impacto de las Telecomunicaciones en el medio ambiente, Noviembre 2004.

[112] Resolución Ministerial RM N° 610-2004-MTC, Directiva sobre procedimiento de supervisión y control de limites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes, Diario el Peruano, pp. 274703 – 274706, 17 Agosto, 2004.

[113] Resolución Ministerial RM N° 613-2004-MTC, Norma técnica sobre protocolos de medición de radiaciones no Ionizantes, Diario el Peruano, pp. 274822 – 274829, 19 Agosto, 2004.

[114] Resolución Ministerial RM N° 612-2004-MTC, Norma Técnica Lineamientos para el desarrollo de los Estudios Teóricos de Radiaciones No Ionizantes, Diario El Peruano, pp. 274703 – 274706, 18 Agosto, 2004.

[115] Universidad Nacional Agraria La Molina, Material de enseñanza de Maestría de ingeniería ambiental, 2004.

[116] Repacholi M H, Exposición sobre radiaciones no ionizantes, INICTEL, http://www.inictel.gob.pe/dit/rni/index.htm

[117] Victor Cruz Ornetta, notas de exposición sobre Radiaciones no ionizantes, Encuentro científico de verano 2005, Lima 2005.

[118] Instituto nacional de investigación y capacitación en Telecomunicaciones - INICTEL, Diagnostico nacional de las radiaciones no Ionizantes producidas por los servicios de telecomunicaciones en el Perú, 2004, http://www.inictel.gob.pe/dit/rni/index.htm

[119] Andrew Products, Product Catalog 29 Decibel Base Station antennas, p. 152, 2004.