



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN, PROPUESTA TÉCNICA Y CARACTERIZACIÓN BIOGEOGRÁFICA COMO PLAN PILOTO DEL CENTRO DE COMUNICACIONES DE LA RED HIDROMETEOROLÓGICA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, UTILIZANDO LA PLATAFORMA GPRS Y MODELOS DE PROPAGACIÓN, DESARROLLANDO EN LA PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ.

AUTOR(ES):

BYRON EDWIN ZÚÑIGA ORELLANA

MARCO CARLOS ORDÓÑEZ QUINATO A

AÑO

2015

CALIFICACIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN, PROPUESTA TÉCNICA Y CARACTERIZACIÓN BIOGEOGRÁFICA COMO PLAN PILOTO DEL CENTRO DE COMUNICACIONES DE LA RED HIDROMETEOROLÓGICA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, UTILIZANDO LA PLATAFORMA GPRS Y MODELOS DE PROPAGACIÓN, DESARROLLANDO EN LA PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ.

Presentado por: Byron Edwin Zúñiga Orellana y Marco Carlos Ordóñez Quinatoa.

Dirigida por: Ing. Daniel Santillán Haro.

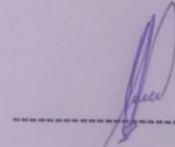
Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:



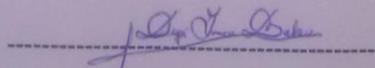
Ing. Carlos Peñañiel

Presidente del Tribunal



Ing. Daniel Santillán

Director Tesis



Ing. Deysi Inca

Miembro del Tribunal

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

"La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Byron Edwin Zúñiga Orellana y Marco Carlos Ordóñez Quinatoa y del Director del Proyecto Ing. Daniel Santillán Haro; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, a la Facultad de Ingeniería, escuela de Electrónica y Telecomunicaciones por el aporte en nuestra formación profesional. Así como también debemos corresponder al Vicerrectorado del Departamento de Posgrado e Investigación dirigido por la Ms.C. Lexinton Cepeda, por dar la apertura y permitir formar parte de dicho departamento, y al Dr. Celso Recalde en calidad de director de los proyectos “Caracterización Biogeográfica De Las Subcuencas Hídricas Para La Adaptación Al Cambio Climático Considerando El Paisaje Cultural Andino De La Parroquia Achupallas, Cantón Alausí, Provincia De Chimborazo”, y “Propuesta técnica de manejo de subcuencas hídricas y caracterización territorial ambiental, considerando el paisaje cultural andino y el desarrollo socioeconómico de la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo”, por dirigir el desarrollo de los mismos, que beneficio en la investigación de nuestro tema de grado. Y de manera muy especial agradecemos al personal técnico electrónico, ambiental, forestal, y administrativo, que forman parte de los proyectos por su aporte significativo en la fase de estudio, y compañerismo denotado.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo Dedico a mis padres ya que ellos fueron el pilar fundamental para que pueda alcanzar mis sueños, gracias a sus ejemplos, sus consejos hicieron que sea una persona de bien, a ustedes gracias por haberme dado todo lo que un hijo espera mi corazón y mi agradecimiento será por siempre.

Mientras el río corra, los montes hagan sombra y en el cielo haya estrellas, debe durar la memoria del beneficio recibido en la mente del hombre agradecido." (Virgilio)

Gracias mis Queridos Padres

Marco Carlos Ordóñez Quinatoa

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios por las bendiciones recibidas.

“confortare, et esto robustus. Noli metuere, et noli timere: quoniam tecum est Dominus Deus tuus in omnibus ad quaecumque perrexeris”
Josue 1:9

A mis padres, mi familia por ser la roca de mis cimientos, a mi amada esposa Elena, apoyo idóneo, Y mi abuelita Augusta y madre Linda ejemplo amor, trabajo y dedicación.

Byron Edwin Zúñiga Orellana

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE TABLAS	xviii
RESUMEN.....	xx
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCION	xxii
CAPITULO I.....	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1. Meteorología	1
1.1.1. Estaciones Meteorológicas Convencionales	1
1.1.2. Descripción De La Atmósfera.....	1
1.1.3. Variables Meteorológicas	1
1.1.3.1. Temperatura.	1
1.1.3.2. Presión Atmosférica.	2
1.1.3.3. Viento.....	2
1.1.3.4. Radiación Solar.	2
1.1.3.5. Humedad.	2
1.1.3.6. Precipitación.....	3
1.1.4. Estaciones Meteorológicas Automáticas.	3
1.1.5. Elementos de una EMA.	3
1.1.5.1. Sensor.....	3
1.1.5.2. Datalogger.....	3
1.1.6. Variable meteorológica.	4
1.1.7. Tipos de sensores asociados a una EMA.	4
1.1.7.1. Temperatura del aire (°C):	4

1.1.7.2.	Humedad relativa del aire.	4
1.1.7.3.	Precipitación.....	4
1.1.7.4.	Dirección del viento (° grados).	4
1.2.	Sistema GSM	5
1.2.1.	Revolución de las comunicaciones	5
1.2.2.	Surgimiento de sistema GSM.	5
1.2.3.	GSM: la base del GPRS (General Packet Radio Service).	7
1.2.3.1.	Tipos de Celdas	8
1.2.4.	Arquitectura del sistema.....	8
1.2.4.1.	Red de radio – Subsistema de Estación Base BSS.....	8
1.2.4.2.	Subsistema de conmutación de Red.....	9
1.2.4.3.	Red De Conmutación Móvil MSN.....	9
1.2.4.4.	Puerta de enlace dedicada a la central de conmutación móvil (Gateway Mobile Switching Centre, GMSC)	10
1.2.4.5.	Registros de Localización de visitantes y Registro de localización de Subscriptores	10
1.2.4.6.	Registro de localización de subscriptores (Home Local Register, HLR)	10
1.2.4.7.	Registro de localización de visitantes (Visitor Location Register, VLR)	11
1.2.4.8.	Subsistema de Operación y Mantenimiento (Operation and maintenance subsystem, OMSS).....	11
1.2.5.	Autenticación de usuario y equipo de registro.....	11
1.2.6.	Direccionamiento e Identificadores.	12
1.2.6.1.	Estación Móvil (MS).....	12
1.2.6.2.	Módulo de identidad del suscriptor (SIM).....	12
1.2.6.3.	IMEI, Identidad Internacional de la Estación Móvil.....	12

1.2.6.4. Identidad Internacional De Subscriptores Móviles – IMSI.....	12
1.2.6.5. Numero ISDN de Subscriptor Móvil (MSISDN).....	13
1.2.6.6. MSRN, Número Itinerante De Estación Móvil.....	13
1.2.6.7. LAI (Location Area Identity).	14
1.2.6.8. TMSI (Identificación temporal móvil del subscriptor).	14
1.2.6.9. LMSI (identificación local de subscriptor móvil).	14
1.2.7. Unidad de interconexión GSM (GiWU).	15
1.2.8. Inicio y terminación de una llamada	15
1.2.9. Limitaciones de 2G	15
1.3. Calidad de servicio (QoS).	16
1.3.1. Ciclo de calidad. Presentado frente a QoS entregado	17
1.3.2. QoS ofrecido.	17
1.3.3. QoS liberado.	17
1.3.4. Niveles de QoS.....	17
1.3.5. Parámetros de QoS.....	18
1.3.5.1. Aspectos QoS en GPRS.	19
1.3.5.2. Relación de falla en la accesibilidad GPRS.	20
1.3.5.3. Relación de Fallas en la activación del contexto PDP	20
1.3.5.4. Relación de Fallas de Acceso al Servicio IP.....	20
1.3.5.5. No accesibilidad al servicio	21
1.3.5.6. Tiempo de establecimiento del servicio	21
1.3.5.7. Tiempo de acceso extremo a extremo GPRS.....	22
1.3.5.8. Velocidad de datos promedio por usuario GPRS.....	22
1.3.5.9. Requerimientos de QoS para aplicaciones basadas GPRS.	23
1.3.5.10. Confiabilidad.....	23
1.3.5.11. Retardo-delay (latencia y jitter).	23

1.3.5.12. Factores de red de radio que afectan en GPRS.	23
1.3.5.13. Disponibilidad de ancho de banda.	24
1.3.6. Canales Lógicos GPRS.	24
1.3.7. Interferencia.	24
1.3.8. Codificación del canal.	25
CAPITULO II	26
2. METODOLOGÍA.	26
2.1. Tipo de estudio.	26
2.2. Población y muestra.	26
2.3. Hipótesis.	26
2.4. Identificación de variables.	27
2.5. Operacionalización de variables.	27
2.6. Procedimientos.	27
2.6.1. Estudio de la red Hidrometeorológica de Chimborazo	28
2.6.2. Descripción del Esquema de Sistema de Transmisión.	29
2.6.3. Configuración MODEM GPRS.	33
2.6.4. Manual descarga de datos estaciones meteorológicas.	39
2.6.5. Manual de procesamiento de datos	41
2.6.6. Procesamiento de datos meteorológicos	46
2.6.7. Comprobación de Hipótesis	53
2.6.7.1. Método utilizado: chi-cuadrado	53
2.6.7.2. Formula Chi Cuadrado.	54
2.6.7.3. Prueba Del Chi-Cuadrado	54
CAPITULO III	59
3. RESULTADOS	59
3.1. Presupuesto de potencia.	59

3.2. Cálculos de radio enlace.....	64
3.3. Intensidad de tráfico, almacenamiento (PAREDES PATIN & PEREZ ACOSTA, 2008)	67
3.4. Análisis de Tráfico	70
3.4.1. Relación de fallas en la activación del contexto PDP [%] (PDP Context Activation Failure Ratio)	72
3.4.2. No accesibilidad al servicio [%] (Service Non-Accessibility).....	72
3.4.3. Tiempo de Configuración de servicio IP[s] (IP Service Setup Time) 73	
3.5. Mediciones Con El Analizador De Espectros	73
CAPITULO IV	79
4. DISCUSIÓN	79
CAPITULO V	81
5. CONCLUSIONES	81
5.1. RECOMENDACIONES	83
CAPITULO VI.....	84
6. TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	84
6.1. Introducción	84
6.2. Objetivos General.....	84
6.3. Fundamentación científica técnica.....	84
6.3.1. Simulaciones de cobertura para las estaciones meteorológicas	84
6.3.2. GRASS-RaPlaT	85
6.3.3. Cómo funciona.....	86
6.3.4. Modelo de Okumura–Hata.....	87
6.4.5. Diseño de la red.....	88
6.5. Descripción de la propuesta	95
6.5.1. Monitoreo y evaluación de la propuesta	96

6.5.2. Configuración del ASCOM tems mediante la plataforma.	99
CAPITULO VII	114
7. BIBLIOGRAFIA.....	114
CAPITULO VIII.....	119
ANEXOS.....	119

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. USUARIOS INTERNET	6
FIGURA 2. USUARIO SMA	7
FIGURA 3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA GPRS CON SUS COMPONENTES ESENCIALES	9
FIGURA 4. CADENA DE ACTIVACIÓN DE ACCESO AL SERVICIO	20
FIGURA 5. CADENA DE ACTIVACIÓN.	22
FIGURA 6. INFRAESTRUCTURA DE LA INTERCONECTIVIDAD DE LA RED.	29
FIGURA 7. DEM CHIMBORAZO	30
FIGURA 8. EXPORTAR DEM	30
FIGURA 9. EXTRACT BY MASK	31
FIGURA 10. RBS OPERADORA 3	31
FIGURA 11. RBS OPERADORA SHAPE 2	31
FIGURA 12. REPROYECCIÓN SHAPE OP2	32
FIGURA 13. REPROYECTANDO OP3	32
FIGURA 14. CAMPOS AGREGADOS	32
FIGURA 15. CÁLCULO DE GEOMETRÍA	33
FIGURA 16. RBS SOBRE DEM	33
FIGURA 17. CREACIÓN CONFIGURACIÓN DTG	34
FIGURA 18. NOMBRE CONFIGURACIÓN	34
FIGURA 19. CONFIGURACIÓN PUERTO RS232	35
FIGURA 20. SELECCIÓN DE INTERFAZ	35
FIGURA 21. SELECCIÓN DE MODEM CREADO	36
FIGURA 22. CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS	36
FIGURA 23. CONFIGURACIÓN FTP	37
FIGURA 24. PUERTO VIRTUAL	37
FIGURA 25 . CONFIGURACIÓN RELÉ	38
FIGURA 26. PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE RELÉ	38
FIGURA 27. REPORTE METMAN	39
FIGURA 28. INTERFAZ AWS CLIENT	39
FIGURA 29. OPCIÓN MAINTENANCE	39

FIGURA 30. OPCIÓN LOG FILE	40
FIGURA 31. OPCIÓN CONVERT	40
FIGURA 32. SELECCIÓN DE DATOS	40
FIGURA 33. OPCIÓN SETTINGS	41
FIGURA 34. ARCHIVOS DESCARGADOS	41
FIGURA 35. ALMACENAMIENTO DE DATOS	42
FIGURA 36. ARCHIVOS SELECCIONADOS	42
FIGURA 37. CONSOLIDACIÓN DE DATOS	43
FIGURA 38. CONSOLIDADO DEPURADO	43
FIGURA 39. CONSOLIDADO COPIADO	43
FIGURA 40. SELECCIÓN DATOS PARA ASIGNACIÓN TABLA DINÁMICA	44
FIGURA 41. CREACIÓN TABLA DINÁMICA	44
FIGURA 42. CAMPOS TABLA DINÁMICA	44
FIGURA 43. ASIGNACIÓN DE COLUMNAS	45
FIGURA 44. PRE VISUALIZACIÓN CAMPOS DE TABLA DINÁMICA	45
FIGURA 45. CAMPOS DE TABLA DINÁMICA	45
FIGURA 46. PARÁMETROS DE RESUMEN	46
FIGURA 47. PROMEDIOS DE DATOS METEOROLÓGICOS	46
FIGURA 48. GRAFICA DE DATOS HUMEDAD RELATIVA	46
FIGURA 49. COMPILACIÓN R CLIMTOOL	47
FIGURA 50. DATOS METEOROLÓGICOS	47
FIGURA 51. INTERFAZ DE LECTURA DE DATOS	48
FIGURA 52. ANÁLISIS GRÁFICO Y DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES	48
FIGURA 53. TEMPERATURA-PRECIPITACIÓN DIARIA	49
FIGURA 54. TEMPERATURA-PRECIPITACIÓN DIARIA	49
FIGURA 55. PRECIPITACIÓN-TEMPERATURA MENSUAL	49
FIGURA 56. TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN MENSUAL	49
FIGURA 57. NIVEL RECEPCIÓN SEÑAL OPERADORA 3	50
FIGURA 58. NIVEL RECEPCIÓN SEÑAL OPERADORA 2	50
FIGURA 59. RBS Y NIVELES RX OP3	51

FIGURA 60. RBS Y NIVELES RX OP2	52
FIGURA 61. OKUMURA-HATA PREDICCIÓN PUNTUAL OP3	52
FIGURA 62. OKUMURA-HATA PREDICCIÓN PUNTUAL OP2	53
FIGURA 63. CHI CUADRADO TIEMPO TRANSMISIÓN DE DATOS	57
FIGURA 64. CHI-CUADRADO ALMACENAMIENTO DATOS	58
FIGURA 65. MONITOREO MENSUAL	71
FIGURA 66. ANALIZADOR ESPECTROS ANRITSU.	74
FIGURA 67. ANTENA YAGI	74
FIGURA 68. ANALIZADOR ESPECTROS JUBAL	74
FIGURA 69. ANALIZADOR ESPECTROS ACHUPALLAS	75
FIGURA 70. RECEPCIÓN DE DATOS SIN FORMATO	77
FIGURA 71. DATOS METMAN	77
FIGURA 72. FORMATO F10	78
FIGURA 73. GRASSRAPLAT	89
FIGURA 74. DISPOSITIVOS VIRTUALES	89
FIGURA 75. VMPLAYER	90
FIGURA 76. VMWARETOOLS	90
FIGURA 77. HARDWARE DISPONIBLE	90
FIGURA 78. UTILITARIO PARA AGREGAR CARPETAS	91
FIGURA 79. EXPLORADOR DE CARPETAS	91
FIGURA 80. CARPETA AGREGADA GRASS	91
FIGURA 81. USUARIO LINUX	92
FIGURA 82. VMWARETOOLS EN LINUX	92
FIGURA 83. COMANDO DE INICIO	93
FIGURA 84. CARPETA AGREGADA	93
FIGURA 85. FORMATO ARCHIVO DE ANTENAS	93
FIGURA 86. TERMINAL PARA AGREGAR ANTENAS	94
FIGURA 87. ARCHIVOS DE ANTENAS	94
FIGURA 88. COMANDO PARA COPIAR ANTENAS	95
FIGURA 89. COMANDO PARA INICIAR GRASS GIS	95
FIGURA 90. CREACIÓN DE REGIÓN	95
FIGURA 91. DISEÑO ORGANIZACIONAL	96

FIGURA 92. RTU ASCOM TEMS	97
FIGURA 93. MONTAJE DE ANTENAS OMNIDIRECCIONALES	97
FIGURA 94. MULTIPLEXOR	97
FIGURA 95. MONTAJE DE ANTENAS AL RTU 4GS BASE STATION	97
FIGURA 96. MONTAJE DE COMPUTADORES INDUSTRIALES ASCOM TEMS	98
FIGURA 97. RACK ASCOM TEMS	98
FIGURA 98. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA POR INVERSOR 12- 120/700W	98
FIGURA 99. CONEXIÓN A LA ALIMENTACIÓN	98
FIGURA 100. NUEVA ORDEN	99
FIGURA 101. CONFIGURACIÓN DE PROPIEDADES	99
FIGURA 102. CONFIGURACIÓN DE FTP	100
FIGURA 103. SERVIDOR HTTP	100
FIGURA 104. NOMBRAR LA ORDEN DE TRABAJO	101
FIGURA 105. ORDEN DE TRABAJO	101
FIGURA 106. COPIAR ORDEN DE TRABAJO	102
FIGURA 107. BASE DATOS RX_LEVEL 1	105
FIGURA 108. DRIVETEST VS PREDICCIÓN	107
FIGURA 109. DRIVE VS PREDICCIÓN OPERADORA 3	109
FIGURA 110. OKUMURA-HATA: OPERADORA 2	112
FIGURA 111. OKUMURA-HATA: OPERADORA 3	113
FIGURA 112. ESTACIÓN METEOROLÓGICA OZOGOCHÉ	119
FIGURA 113. ESTACIÓN METEOROLÓGICA ACHUPALLAS	119
FIGURA 114. ESTACIÓN METEOROLÓGICA JUBAL	119
FIGURA 115. INSTALACIÓN DE SENSORES ESTACIÓN METEOROLÓGICA ACHUPALLAS	120
FIGURA 116. CONFIGURACIÓN DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA JUBAL	120
FIGURA 117. CONFIGURACIÓN DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA JUBAL	120

FIGURA 118. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ANTENA KATHREIN 739623 USADAS POR LAS OPERADORAS DE SMA.	121
FIGURA 119. LÓBULO DE RADIACIÓN 739623	122
FIGURA 120. ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS ANTENA LARSEN YA5825W	123
FIGURA 121. ESPECIFICACIONES MECÁNICAS AMBIENTALES ANTENA LARSEN YA5825W	124
FIGURA 122. LÓBULO DE RADIACIÓN	125
FIGURA 123. SIERRA WIRELESS FXT009	126
FIGURA 124. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SIERRA WIRELESS FXT009	126
FIGURA 125. UMBRALES DE RECEPCIÓN SIERRA WIRELESS FXT009	127
FIGURA 126. DATALOGGER QML201	127
FIGURA 127. ENLACE ACHUPALLAS – RBS OPERADORA 2	128
FIGURA 128. DETALLES DE ENLACE EST. METEOROLÓGICA ACHUPALLAS-RBS ACHUPALLAS	128
FIGURA 129. DISTRIBUCIÓN DE ENLACE EST. METEOROLÓGICA ACHUPALLAS-RBS ACHUPALLAS	129
FIGURA 130. PERFIL DE ENLACE EST. METEOROLÓGICA. ACHUPALLAS- RBS ACHUPALLAS	129
FIGURA 131. COBERTURA RBS ACHUPALLAS – EST. METEOROLÓGICA ACHUPALLAS	130
FIGURA 132. COBERTURA RBS ESPOCH – EST. METEOROLÓGICA ESPOCH	130
FIGURA 133. INGRESO CON FILEZILLAFTP CLIENT	131
FIGURA 134. DIRECTORIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	131
FIGURA 135. ALMACENAMIENTO DE DATOS FORMATO F10	132
FIGURA 136. PLANO DE UBICACIÓN DE SENSORES	133
FIGURA 137. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE SENSORES	134

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. TABLA 1 USUARIOS DE INTERNET	5
TABLA 2. CLASES GPRS	16
TABLA 3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	28
TABLA 4. DESCRIPTIVOS DE TEMPERATURA MÁXIMA	48
TABLA 5. ESTADÍSTICAS DE RECEPCIÓN	51
TABLA 6. DATOS DE VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS	55
TABLA 7. RESUMEN DE PROCESAMIENTO DE CASOS	56
TABLA 8. TABULACIÓN CRUZADA ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN: TIEMPO DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS.	56
TABLA 9. PRUEBAS DE CHI-CUADRADO	56
TABLA 10. RESUMEN DE PROCESAMIENTO DE CASOS	57
TABLA 11. TABULACIÓN CRUZADA ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN CANTIDAD DE DATOS	57
TABLA 12. PRUEBAS DE CHI-CUADRADO	58
TABLA 13. PRESUPUESTO DE POTENCIA BS – MS	63
TABLA 14 RADIONENLACES DE ESTACIONES METEOROLOGICAS.	67
TABLA 15. ALMACENAMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONEXIÓN GPRS	69
TABLA 16. CONFIGURACIÓN TIME SLOT (D+U)	70
TABLA 17. MEAN DATA RATE EN FTP Y HTTP	70
TABLA 18. INTENSIDAD DE TRÁFICO	72
TABLA 19. PDP CONTEXT ACTIVATION FAILURE RATIO FTP Y HTTP	72
TABLA 20. IP-SERVICE ACCESS FAILURE RATIO: FTP & HTTP	72
TABLA 21. SERVICE NON-ACCESIBILITY: FTP & HTTP	73
TABLA 22. IP SERVICE SETUP TIME: FTP & HTTP	73
TABLA 23. RXLEVEL CALCULADO VS RX LEVEL OP3	76
TABLA 24. RXLEVEL CALCULADO VS RX LEVEL OP2	76
TABLA 25. RESTRICCIÓN DEL MODELO DE OKUMURA-HATA Y PARÁMETROS DE DISEÑO	87
TABLA 26. UMBRALES DE RECEPCIÓN	89

TABLA 27. CODIFICACIÓN DE NIVELES	89
TABLA 28. PORCENTAJE DE PRUEBAS KPI	104
TABLA 29. UBICACIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA OZOGOCHÉ	135
TABLA 30. UBICACIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA ACHUPALLAS	135
TABLA 31. UBICACIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA JUVAL	136
TABLA 32. LISTA DE MATERIALES INSTALACIÓN ESTACIONES METEOROLÓGICAS	136

RESUMEN

La implementación de un sistema de comunicación en las estaciones meteorológicas instaladas en la provincia de Chimborazo posibilita la adquisición de datos hidrometeorológicos en tiempo real, ayudando a suministrar dicha información al INAMHI, la cual puede ser utilizada en diferentes áreas, como por ejemplo: pronosticar el clima y estado del tiempo, y a la predicción de fenómenos climáticos provocados por la atmosfera. Así como también evitar que se comentan errores al momento de la descarga de datos y reducción de costos en la movilización del personal para dicho trabajo.

La primera fase del proyecto, inicio con el estudio de las ubicaciones de las estaciones meteorológicas, hecho que fue realizado en conjuntos con actores gubernamentales, seccionales y ONG, de la provincia Chimborazo, seleccionando los lugares que cumplen con las normas establecidas por el INAMHI. Luego se realizó la selección de los dispositivos encargados de recolectar los datos meteorológicos (sensores), datalogger y accesorios de instalación, y la cantidad de información recolectada por cada uno de ellos. Además de la verificación y análisis del correcto funcionamiento de los dispositivos de cada una de las estaciones meteorológicas.

La implementación del sistema de transmisión de datos se basó en la conexión a la red GPRS de la operadora que mejor calidad de cobertura mantenga en los lugares que se encuentran instaladas las estaciones meteorológicas, se seleccionó esta tipo de tecnología ya que se encuentra instalada a nivel nacional por las operadoras que ofrecen servicios de comunicaciones móviles (SMA) y por el bajo costo en la transmisión de datos. Se seleccionó la operadora previo a pruebas realizadas con equipos de la SUPERTEL (Súper Intendencia de Telecomunicaciones). Para luego configurar los módems para iniciar con la transmisión de datos.

Los resultados obtenidos en la implementación de la red de transmisión de datos cubren las expectativas y necesidades requeridas por la Universidad Nacional de Chimborazo como por el INAMHI, concluyendo que el proyecto es una solución

viable para la transmisión de datos de más estaciones implementadas en un futuro.



MsC. Rosita Fernández

20 de mayo del 2015

SUMMARY

The implementation of a Communication System installed at meteorological stations in Chimborazo province it enables the acquisition of hydrometeorological data in real time, helping to provide the information to INAMHI, which can be used in different areas, such as: forecast climate and weather, and prediction of weather events caused by the atmosphere. And also prevent errors when downloading data and cost reduction in the mobilization of personnel for this work are discussed.

The first phase of the project began with the study of the locations of the weather stations, it was made with governmental actors, sectional government and NGOs, of Chimborazo province, on places with features that satisfying the INAMHI's standards. Then we selected some devices that collect meteorological data (sensors), datalogger and installation accessories, and the amount of information collected by each.

The implementation of the SYSTEM OF DATA TRANSMISSION is based on the connection to the GPRS network, with the best quality of the coverage into the weather stations. This technology was selected because it is the best coverage used by national operators offering mobile communication services (SMA) and the low cost data transmission. The pre-testing with equipment ex-SUPERTEL (Super Management of Telecommunications) was selected operator with better performance, then we set modem's, to start with data transmission.

The results obtained in implementation of transmission data, cover the expectations and needs required by Chimborazo National University as the INAMHI, concluding that the project is a viable solution for data transmission for more stations will create in the future.



INTRODUCCION

En 2008, se diseña un sistema de comunicaciones aplicando la tecnología GSM - GPRS para recopilar la información meteorológica. La información es almacenada en un servidor ubicado en el INAMHI. (PAREDES PATIN & PEREZ ACOSTA, 2008)

En 2010, se realiza “Estudio de evaluación de la red Hidrometeorológica en la región nor-oriental del Ecuador y propuesta de optimización como parte de la red Hidrometeorológica básica del Ecuador”, con el objeto de generar una metodología para el diseño de red de estaciones hidrometeorológicas (Villacrés Ortiz, 2010).

Se realiza recopilación bibliográfica acerca de los procedimientos para el procesamiento de la información Hidrometeorológica, y se propone una guía acerca de la información necesaria para este tipo de estudios. (Almeida Román, 2010).

En febrero de 2014, se firma el convenio de Cooperación Interinstitucional, para reforzar la Red Integral de Monitoreo Hidrometeorológica entre, INAMHI, GADPCH, MAE, MAGAP, SENAGUA, UNACH, ESPOCH y CESA. (GADPCH, 2014) (INAMHI, 2014)

En 2014 se presenta el estudio de “Interconectividad de la Red Hidrometeorológica en la Provincia de Chimborazo-Ecuador” por parte de la Universidad Nacional de Chimborazo, los Proyectos Caracterización y Propuesta Técnica; donde se analizan radioenlaces y comunicación GPRS, características transmisión de datos, en tiempo real. Un estudio técnico de campo para cada estación meteorológica e hidrológica. Como resultado se definió que 24 estaciones utilizan GPRS, 11 estaciones transmisión satelital GOES y 2 estaciones mediante radioenlaces en 802,11b. Los radioenlaces en 802,11b cumplen con el 60% de despeje de la zona de Fresnel y un nivel de recepción adecuado. (Ayala, Recalde, & Sanaguano, 2014)

Con lo anteriormente mencionado cabe mencionar que en la provincia de Chimborazo no existe un repositorio de datos ambientales. Hasta 2012 existen pocas iniciativas para estudios e integración de la red hidrometeorológicas en la provincia, luego se inicia la propuesta de la red provincial. En 2013 son pocas las Estaciones Meteorológicas que cuentan con el envío de datos automáticos en tiempo real, sin el estándar F10 requerido por el INAMHI. En base a mediciones drive test, y la generación de mapas de cobertura (CLARO, 2013) (MOVISTAR, 2014) se dispone de una línea base sobre la infraestructura móvil disponible para la instalación de estaciones meteorológicas con mayor densidad espacial, y obtener información climatológica para abordar temas de índole socio-económico (Almeida Román, 2010)

La red Hidrometeorológica de la provincia de Chimborazo está formado por 24 estaciones con posibilidad de conexión GPRS (Ayala, Recalde, & Sanaguano, 2014); Pero no se cuentan con indicadores de modelos acerca de la calidad de servicio para transmisión de datos móviles en la provincia.

La Universidad Nacional de Chimborazo cuenta con 3 EMA, ubicadas en las comunidades de Ozogoche, Achupallas y Jubal, sin una normativa a nivel nacional, por lo que es necesario realizar el diseño e implementación de un sistema de transmisión de datos que permitirán adoptar ajustes en la red provincial, que servirán como plan piloto para las pruebas de configuraciones, homologación con normas INAMHI de instalación, configuración, recepción y procesamiento de datos.

Para cumplir con este proyecto se detalla a continuación cada uno de los temas en que se ha dividido el presente trabajo:

CAPITULO I. En este capítulo se describe el funcionamiento de una estación meteorológica convencional y una estación meteorológica automática así como también cada uno de los sensores utilizados por cada uno de ellas.

También se hace una breve descripción del sistema GSM, arquitectura utilizada por este sistema y parámetros de calidad (QoS) para la transmisión de datos.

CAPITULO II. Este capítulo detalla la metodología a utilizar como el tipo de estudio que se va a realizar para desarrollar el presente proyecto, como se realiza la descarga y presentación de los datos recolectados por cada una de las estaciones meteorológicas, así como también la conexión del sistema de transmisión.

CAPITULO III. Este capítulo detalla los resultados obtenidos luego de aplicar cada uno de los métodos para interconectar las estaciones meteorológicas con la central encargada de almacenar los datos en tiempo real.

CAPITULO V. En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones que se plantean luego de desarrollado el tema de investigación, en base a los objetivos de diseño e implementación del sistema de transmisión y propagación

CAPITULO VI. En el capítulo se describe la propuesta de la modelación de predicción de cobertura mediante el uso de plataforma GRASS GIS y datos espaciales como: rasters, shapefile.

CAPITULO VII. En esta parte del documento se presenta las referencias bibliográficas utilizadas para el desarrollo del tema de investigación en todo el contenido.

CAPITULO VIII. En este capítulo se presenta información adicional como gráficos del enlace realizado, especificaciones técnicas de las antenas utilizadas como lóbulos de radiación y fotografías de la configuración e instalación de los sensores en las estaciones meteorológicas.

CAPITULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1.Meteorología

La meteorología es la ciencia que estudia las propiedades y fenómenos producidos en la atmosfera. El estudio de la atmosfera engloba varios parámetros como: Temperatura, presión Atmosférica o humedad, etc. (Meteorología y Climatología, 2004).

1.1.1. Estaciones Meteorológicas Convencionales

Llamadas así porque este tipo de estaciones necesitan de un operador que desempeña el papel de crear una bitácora con las mediciones obtenidas por los sensores convencionales, estando propenso a cometer errores en las lecturas en los valores de las variables meteorológicas.

1.1.2. Descripción De La Atmósfera

La atmosfera es la capa que rodea al planeta tierra por efectos de la gravedad, está formada por gases, es difícil determinar su espesor ya que los gases que la componen se van haciendo menos denso por efectos de la altura.

1.1.3. Variables Meteorológicas

1.1.3.1. Temperatura.

La temperatura es una magnitud que es de gran ayuda en el momento de describir a la atmosfera. La temperatura puede variar de acuerdo a varios parámetros como: la variación de temperatura entre el día y la noche, entre una

ubicación geográfica y otra, así como también entre una estación y otra. La temperatura es una magnitud relacionada con rapidez del movimiento de una partícula, cuando mayor movimiento o agitación presente cada una de estas partículas mayor será la temperatura.

1.1.3.2. Presión Atmosférica.

Una de las propiedades del aire es su peso y por efecto de este ejerce una fuerza sobre los cuerpos debido a la acción de la gravedad. La unidad de medida de la presión atmosférica según el Sistema Internacional (SI) es el Pascal (1 Pascal= 1N/m²).

1.1.3.3.Viento.

Se produce por el movimiento de aire desde un lugar hacia otro, existen diferentes causas que provocan la existencia del viento una de ellas es la diferencia de presión o de temperatura.

1.1.3.4.Radiación Solar.

Es la energía transferida por el sol hacia la tierra a este proceso se le conoce con el nombre de energía radiante o radiación. Esta energía viaja a través del espacio en formas de onda con lo que llevan asociada una cantidad de energía, y poder calificarlas mediante el espectro electromagnético según la cantidad de energía que estas lleven

1.1.3.5.Humedad.

El agua es uno de los principales elementos de la atmosfera ya que los se encuentra en diferentes estados: solido, líquido y gaseoso, estos estados del agua se deben a dos componentes físicas como son la temperatura y presión. La Humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, dicha cantidad depende de varios factores como cercanías del mar, plantaciones y precipitaciones.

1.1.3.6.Precipitación.

Una nube puede estar formada por gran cantidad de gotas de agua minúsculas y pequeños cristales de hielo, formado por el cambio de estados del agua que al ascender a la atmosfera llegan a un estado de saturación.

¿Cómo se mide la cantidad de precipitación caída durante un intervalo de tiempo determinado?

1.1.4. Estaciones Meteorológicas Automáticas.

Llamadas así por que tratan de modernizar las lecturas de mediciones meteorológicas para obtener información más detallada, optimizando el envío de datos mejorando el análisis de dichas variables, disminuyendo la mano de obra utilizada en este proceso. (Maldonado I. & Aravena S., 2006)

1.1.5. Elementos de una EMA.

1.1.5.1. Sensor

Son dispositivos diseñados para recibir señales que responden a una señal eléctrica.

Sensor Activo. Dispositivos que requieren de una fuente de energía externa como pueden ser baterías o paneles solares.

Sensor Pasivo. Sensores que no necesitan de una fuente de energía para su funcionamiento.

1.1.5.2.Datalogger.

Son dispositivos que almacenan y leen los datos recolectados por los sensores que miden las variables meteorológicas. Estos dispositivos incluyen entradas para conectar varios sensores. Los datalogger cuentan con un micro procesar, memoria para el almacenamiento de datos, y además cuentan con una interface para poder conectarse con una pc. Muchos de estos dispositivos cuentan con pantallas que facilitan la lectura de los datos obtenidos por los sensores meteorológicos.

1.1.6. Variable meteorológica.

Es el parámetro que se desea conocer, teniendo en cuenta las unidades y la sensibilidad que se requiere para el análisis correspondiente.

1.1.7. Tipos de sensores asociados a una EMA.

Las EMA's cuentan con diferentes sensores que miden las variables meteorológicas a continuación se detallan los sensores más utilizados por las EMA's.

1.1.7.1. Temperatura del aire (°C):

Las propiedades de los materiales varían de acuerdo a la temperatura, a continuación se describirán algunos sensores de Temperatura.

1.1.7.2. Humedad relativa del aire.

Estos sensores operan en base a la absorción de agua en una superficie cubierta con una sustancia higroscópica que a la vez se encuentra en contacto con el gas, esta humedad es la que se desea medir. Radiación solar (W/m²).

1.1.7.3. Precipitación.

La precipitación es medida por un receptáculo de balancín que oscila al llenarse con agua uno de sus extremos. Cada vez que el balancín cae genera un pulso que se registra automáticamente el Datalogger, siendo los dos principios más utilizados.

1.1.7.4. Dirección del viento (° grados).

El sensor de dirección del viento está formado por un transductor (resistencia variable) de plástico conductor, que genera un voltaje de excitación regulado, este voltaje es constante y es aplicado al transductor que entrega una señal de forma analógica que es directamente proporcional al ángulo de la dirección del viento.

1.2. Sistema GSM

1.2.1.Revolución de las comunicaciones

La revolución global de las comunicaciones móviles ha sucedido y se predice que dentro de los 5 próximos años se conectarán 10 nuevos suscriptores cada segundo, que serán miembros de la comunidad global de comunicaciones y obtendrán su primer acceso a internet.

En 1991, se instaló la primera Base GSM(Global Service Media) hasta ahora se ha avanzado en GPRS, EDGE, WCDMA, HSPA, HPSA+ y LTE, reemplazó los conceptos tradicionales de conmutación, estableciendo en su mayoría como la tecnología de uso actual la basada en protocolos de IP. (Mishra, 2007)

1.2.2. Surgimiento de sistema GSM.

<i>Year</i>	<i>Population</i>	<i>Internet Users</i>	<i>% Pen.</i>	<i>GNI P.C.</i>	<i>Usage Source</i>
2000	12,090,804	180,000	1.5 %	\$ 1,280	ITU
2005	12,090,804	713,277	5.9 %	\$ 2,180	SUPERTEL
2006	12,090,804	968,000	8.0 %	\$2,630	SUPERTEL
2008	13,927,650	1,109,967	8.0 %	\$ 3,080	SUPERTEL
2009	14,573,101	1,840,678	12.6 %	\$ 3,640	SUPERTEL

Tabla 1.Tabla 1 Usuarios de Internet¹

El 07 de septiembre 1987 los operadores de redes de trece países firmaron un Memorando de Entendimiento (MoU) de Copenhague. Hubo 15 signatarios en total: Francia, Alemania, Italia, Suecia, Noruega, Dinamarca, Finlandia, España, Holanda, Bélgica, Portugal, Irlanda y, desde el Reino Unido, dos operadores independientes - Cellnet y Racal-Vodafone -, así como el DTI, para iniciar el desarrollo del estándar GSM (Groupe Special Mobile, denominación inicialmente conocida) y fue diseñado para suceder los sistemas analógicos celulares incompatibles entre ellos, especifica la infraestructura para un servicio celular, que es utilizado en alrededor de 85 países en el mundo, siendo un

¹ Fuente: (internetworldstats, 2014) y (SUPERTEL, 2014)

estándar de la ETSI (por sus siglas en inglés: European Telecommunication Standars Institute) (GSM, 1987).

La primera red GSM comercial (Global System for Mobile Communications, actualmente), fue lanzada en el año de 1991 por el operador Radiolinja en un convenio conjunto con Ericsson con especificaciones de DCS 1800. En 1992, la mayoría de las redes europeas de GSM se transformaron a comerciales y se sostuvo el primer acuerdo de roaming (ITU, itu.int, 2014) (entre Telecom Finlandia y Vodafone del Reino Unido) con la visión de ser una red paneuropea. En 1995, es lanzada la primera red GSM por Sprint en USA, en 1994 MoU conto con 156 miembros de 86 países con 50000 BS (Base Station) usadas en el mundo. En 1996 ya era 120 redes en 71 países, en 1997 se incrementó a 200 redes GSM en 109 países (EMORY, 2014). Actualmente el número de beneficiarios del servicio móvil avanzado y de usuarios de servicio de valor agregado ver Tabla 1 en Ecuador se ha incrementado respondiendo a la exponencial, de forma:

$$y = 3 \times 10^{-300} e^{0.3507x}$$

Ecuación 1

$$R^2 = .9758$$

Ecuación 2

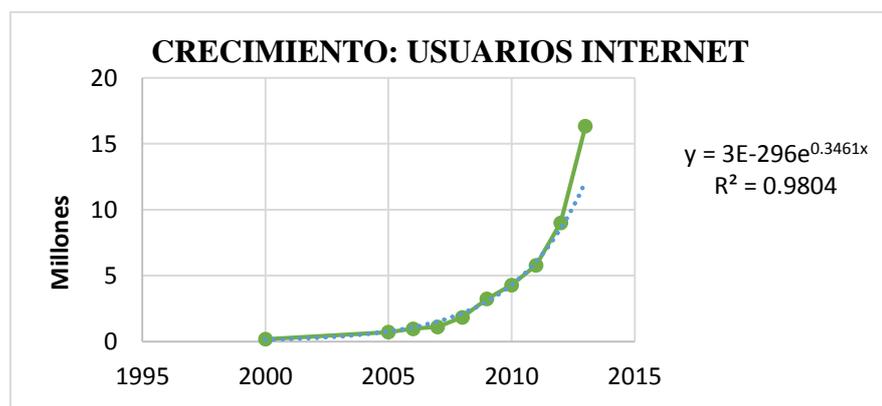


Figura 1. Usuarios Internet²

² Fuente: (SUPERTEL, 2014) (internetworldstats, 2014)

Lo que se puede apreciar en la Figura 1. y Figura 2. Debido a la demanda de los servicios móviles e internet, estos se han fusionado, convirtiéndose actualmente éste último en un servicio de gran acogida. En la Figura 2. en el 2008 se registraron un total de 11.542.087 abonados de servicio móvil avanzado. A julio de 2013 aumentó hasta 16.339.252 suscriptores en el Ecuador (MINTEL, 2014).



Figura 2. Usuario SMA³

1.2.3. GSM: la base del GPRS (General Packet Radio Service).

En 1990 vino el servicio digital celular llamado sistema móvil de segunda generación basado en células de radio, para socorrer a los problemas de incompatibilidades entre varios sistemas implementados. El espectro se divide en varias frecuencias de radio asignadas a GSM, muchas de las cuales están operativas en 900 MHz y 1800 MHz. La banda del enlace de subida es 935 - 960Mhz y el enlace de bajada en 890-915 MHz. Ambos enlaces tiene un. ancho de banda 25Mhz (ver Figura 1), el cual es subdivida en 124 portadoras, cada

³ Fuente: (MINTEL, 2014)

una comienza con una separación de 200 KHz. Cada canal de radio contiene 8 canales de voz.

1.2.3.1. Tipos de Celdas

Estos factores varían por el tamaño de la celda que esta acoplada en cientos de metros. Debido a esto las celdas se clasifican en clases:

- Macro celdas
- Micro celdas
- Pico celdas
- Celdas selectivas o sectorizadas
- Celdas paraguas y, nano celdas, siendo la macrocelda la más grande y las nanoceldas las más pequeñas. (Bates, 2001)

1.2.4. Arquitectura del sistema.

El sistema de red móvil se compone de una infraestructura fija (en otros términos la red) y los suscriptores móviles que usan sus servicios. La red puede ser subdividida en tres subredes:

- Red de radio
- Red de conmutación móvil
- Red de administración, que son llamados subsistemas.

Los respectivos subsistemas son:

- BSS: Subsistema de estación base;
- SMSS: Subsistema de conmutación y administración;
- OMSS: Subsistema de operación y administración;

1.2.4.1. Red de radio – Subsistema de Estación Base BSS

Comprende el controlador de la estación base (BSC) y la estación base transceptora o estación base (BTS o BS). El símil para una estación móvil (MS) es la BTS, la cual es la interfaz móvil a la red. Se localiza en el centro de la celda. La BS provee los canales de radio para la señalización y el tráfico de datos del usuario en la celda.

1.2.4.2.Subsistema de conmutación de Red.

El NSS actúa como una interfaz entre la red GSM y las redes PSTN E ISDN que administran las comunicaciones (ver Figura 3.).

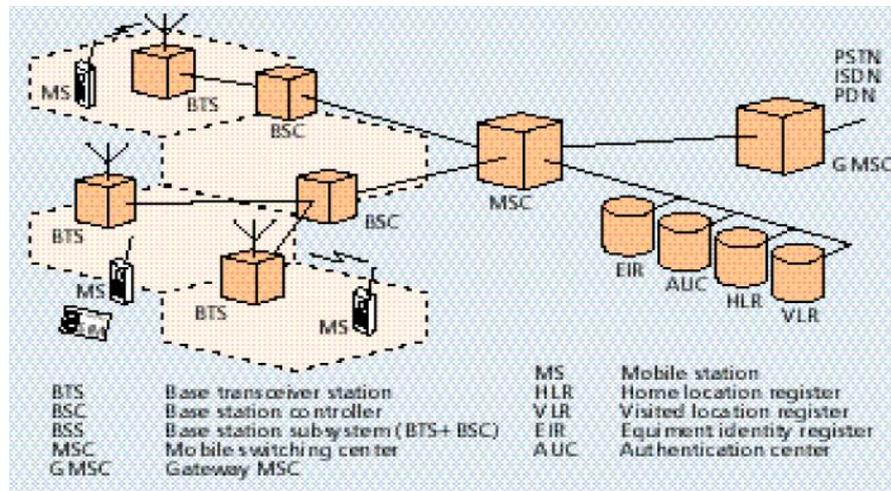


Figura 3. Arquitectura del sistema GPRS con sus componentes esenciales⁴

Los componentes principales son:

- Mobile Services Switching Center (MSC):
- Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC):
- Home Location Register (HLR):
- Visitor Location Register (VLR):
- Authentication Center (AuC):
- Equipment Identity Register (EIR):
- GSM Interworking Unit (GIWU):

1.2.4.3.Red De Conmutación Móvil MSN

El subsistema de conmutación móvil MSS consiste en la central de conmutación móvil MSC y la base de datos, la cual almacena los datos requeridos para el enrutamiento y provisiones del servicio. El nodo de conmutación de la red móvil es también llamado central de conmutación móvil (MSC). Esta ejecuta todas las funciones de conmutación del nodo de conmutación de una red. Una

⁴ Fuente: (Bettstetter, Vögel, & Eberspächer, 1999)

red móvil terrestre pública (PLMN) puede tener muchas MSC con cada una siendo responsable de una parte del área de servicio. La BSC's de un subsistema son subordinados de una sola MSC.

1.2.4.4. Puerta de enlace dedicada a la central de conmutación móvil (Gateway Mobile Switching Centre, GMSC)

La función es pasar el tráfico entre la red fija y la red móvil. Si la red fija no puede conectarse a una llamada a la MSC local, esta dirige la conexión al GMSC. Este GMSC responde la información de enrutamiento desde el Home Location Register (HLR) y encamina la conexión al MSC local en cuya área la estación móvil permanece. Las conexiones a otra red internacional móvil se ruteo sobre central internacional de conmutación (International Switching Centre, ISC) de cada país.

1.2.4.5. Registros de Localización de visitantes y Registro de localización de Subscriptores

Una red móvil tiene numerosas bases de datos. Dos unidades funcionales son definidas por la sincronización del registro de subscriptores (HLR) y su actual localización: un registro de localización de subscriptores y un registro de localización de visitantes. En general hay una central HLR por la red móvil terrestre pública (PLMN) y una VLR por cada MSC.

1.2.4.6. Registro de localización de subscriptores (Home Local Register, HLR)

El HLR almacena la identificación y los datos de usuario para todos los subscriptores pertenecientes al área GMSC relacionada. Los datos temporales sobre el módulo de identidad del subscriptor (SIM) puede incluir las entradas tales como:

- La dirección del actual registro de ubicación del visitante
- El número con el cual la llamada puede ser reenviada
- Y algunos parámetros transitorios para autenticación y cifrado

1.2.4.7.Registro de localización de visitantes (Visitor Location Register, VLR)

El VLR almacena los datos de todas las estaciones móviles que actualmente permanecen en el área administrativa de la MSC asociada. U VLR puede ser responsable de las áreas de una o más MSC's. Las estaciones móviles están moviendo con libertad y de esto depende su localización actual, estas pueden ser registradas en uno de los VLR's de su red local o en el VLR de una red foránea.

1.2.4.8.Subsistema de Operación y Mantenimiento (Operation and maintenance subsystem, OMSS)

Las operaciones de la red son controladas y mantenidas por el subsistema de operación y mantenimiento, (OMSS), funciones de control de red, son monitoreados e inicializados desde la central de mantenimiento y operaciones (OMC). La OMC tiene acceso a la GMSC y BSC. Cumple con algunas de las siguientes funciones:

Administración y operaciones comerciales (suscriptores, terminales finales, carga, estadísticas;

- Seguridad y mantenimiento,
- Red de configuración, operación, manejo de rendimiento;
- Tareas de mantenimiento.

La OMC configura la BTS mediante la BSC y permite que el operador verifique los componentes adjuntos del sistema.

1.2.5. Autenticación de usuario y equipo de registro.

Hay dos bases de datos que son responsables de varios aspectos de los sistemas de seguridad. Están basados básicamente sobre la verificación del equipo y la identidad del usuario; de tal modo, las bases de datos sirven para la autenticación del usuario, identificación y registro. La información confidencial y las claves son almacenadas o generadas en la central de autenticación (AuC). El registro de identificación de equipos almacena los números seriales (suministrado por el

fabricante) de los terminales (IMEI), el cual hace posible bloquear el acceso a las estaciones móviles reportadas como robadas.

1.2.6. Direccionamiento e Identificadores.

1.2.6.1. Estación Móvil (MS).

Estas son piezas el equipamiento utilizado por los subscriptores móviles para el acceso al servicio. Esto consiste en 2 componentes grandes: El equipamiento móvil (ME) y el módulo de suscripción de identidad. Además para el identificador de identidad internacional de equipo de la estación móvil la estación móvil tiene una identificación de suscripción (IMSI y MSISDN, Número de suscripción ISDN) como subscriptor dependiente de datos.

1.2.6.2. Módulo de identidad del subscriptor (SIM).

El SIM provee el equipo móviles provee una identidad. Algunos parámetros del usuario son almacenados en la SIM Card, junto con la información personal usada por el subscriptor. La SIM card identifica a los usuarios a la red para proteger de un uso impropio, el usuario tiene que ingresar un número personal de identificación de 4-bit (PIN) antes de usar el teléfono. El PIN es almacenado en la tarjeta. Si el PIN es ingresado 3 veces seguidas de manera errónea. La tarjeta se bloquea por si sola y solo puede ser desbloqueada por una clave de bloqueo personal de 8 bit (PUK), también almacenado en la tarjeta.

1.2.6.3. IMEI, Identidad Internacional de la Estación Móvil.

Este número de serie únicamente identifica la estación móvil internacionalmente. Es alojado por el proveedor del equipo y registrado por el operado de la red quien almacena en el registro e identificación de equipos (EIR).

1.2.6.4. Identidad Internacional De Subscriptores Móviles – IMSI.

Mientras se registra el para el servicio con un operado de red, cada subscriptor recibe un único identificador, el IMSI, el cual es almacenado en la SIM card. Una estación móvil puede ser operada si una SIM card con un IMSI valido es

insertado en el equipo con un IMEI válido. EL IMSI también consiste de las siguientes partes:

- MCC, Código Móvil de País: 3 lugares decimales. Estandarizado internacionalmente;
- MNC, Código Móvil de red: 2 lugares decimales, para identificación única de la red móvil a través de un país;
- MSIN, Número de identificación de suscriptor móvil: número máximo de lugares ,10, número de identificación del suscriptor móvil en su red móvil local

$$\text{EL IMSI} = \text{MCC} + \text{MNC} + \text{MSIN}$$

Ecuación 3

$$\text{IMSI} = \text{máximo 15 dígitos}$$

1.2.6.5. Numero ISDN de Suscriptor Móvil (MSISDN).

El número telefónico real de la estación móvil es el número ISDN del suscriptor móvil. Este es asignado al usuario, de modo que la MS puede tener varios MSISDN's dependiendo de la SIM Card. La identidad del suscriptor no puede ser derivada desde el MSISDN a menos que la asociación del IMSI y MSISDN se conozca como es almacenada en el HLR.

De modo que,

$$\text{MSISDN} = \text{CC} + \text{NDC} + \text{SN}$$

Ecuación 4

1.2.6.6. MSRN, Número Itinerante De Estación Móvil.

El MSRN, es una ubicación temporal dependiente del número ISDN. Este es asignado por un VLR localmente responsable para cada MS en esa área. Las llamadas son enrutadas por la MS usando el MSRN. Sobre la respuesta, el MSRN es transferido desde el HLR al GMSC. El MSRN tiene la misma estructura del MSISDN.

1.2.6.7. LAI (Location Area Identity).

- Cada LA tiene su propio identificador. El LAI es también estructurado jerárquicamente y es internacionalmente único. Se compone de las siguientes partes:
- Código de país (CC): 3 dígitos decimales;
- Código móvil de País (MNC): 2 posiciones decimales,
- Código de localización de área (LAC): máximo 5 lugares decimales, o máximo un par de 8 bits.

El LAI se emite regularmente por la BS sobre BCCH (Broadcast Control Channel). Así que cada celda es identificada únicamente sobre el canal de radio y cada MS puede ser determinada su localización a través del LAI. Si el LAI que es escuchado por la MS notifica el cambio de LA solicita la actualización de su información de localización en el VLR y HLR (actualización de localización).

1.2.6.8. TMSI (Identificación temporal móvil del subscriptor).

El VLR es responsable de la localización del subscriptor que puede asignar al TMSI, el cual solo tiene significancia en el área de manipulación por el VLR. Se Usa un lugar de la IMSI para a identificación definitiva y el direccionamiento de la MS. Por lo tanto nadie puede determinar la identificación del subscriptor al escuchar el canal de radio, desde el TMSI se asigna solo durante la presencia del MS en el área de un VLR, y puede aún ser cambiado durante el periodo (Salto de ID identidad). EL MS almacena el TMSI sobre el lado de la red solo en el VLR y no es pasado al HLR

1.2.6.9. LMSI (identificación local de subscriptor móvil).

El VLR puede asignar una clave de búsqueda adicional para cada estación móvil dentro de una are un área para acelerar el acceso a la base de datos llamado LMSI. En cada evento los mensajes son enviados al VLR pertenecientes al MS, el LMSI se agrega, de tal modo que el VLR puede usar una clave de búsqueda para las transacciones referentes a la MS.

1.2.7. Unidad de interconexión GSM (GiWU).

El GiWU se encuentra ubicado en MSC/VLR, que consta de software y hardware proveyendo de una interface a varias redes de comunicaciones de datos. A través ésta los usuarios pueden alternar entre la trasmisión de voz (llamadas) y datos al mismo tiempo. (Argos Press Pty Ltd, 2004)

Inicio y terminación de una llamada

Para el caso en el que el abonado B se halla movilizandose desde la ciudad A hasta la ciudad B y a éste realiza una llamada un abonado A desde una PSTN. Si se cumple que el abonado B tiene el móvil encendido.

1.2.8. Limitaciones de 2G

Su diseño está orientado a servicios de voz de baja tasa de transferencia dependiendo de las tecnologías (por ejemplo EDGE, EGPRS, HSCSD) en el orden de los kb/s. Así como también baja eficiencia en la conmutación de paquetes debido a la poca movilidad e itinerancia limitada. GPRS (General Packet Radio Service). GPRS es un servicio de valor agregado a la red GSM de datos superponiendo una interfaz de aire sobre una red GSM existente (ver Figura 3.). La Tabla 2 muestra las velocidades máximas de transferencia. Por ejemplo, con una velocidad de 9.05 kbps a 21.4 kbps por slot se calcula:

Velocidad utilizando todos los times slot:

$$\begin{aligned} & 9.05 * 8 \\ & = 72.4 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

Ecuación 5

Velocidad utilizando todos los times slot:

$$21.4 * 8 = 171.2 \text{ kbps}$$

Ecuación 6

Sin embargo la velocidad teórica difiere de la velocidad práctica ya que es mucho menor, 114 kb/s con corrección de errores y 144 kbps solo para descarga de datos.

Data rate per time slot:

$$= 14 \text{ kbps} * 8 = 114 \text{ kbps}$$

Ecuación 7

Y velocidades promedio entre 40 - 50kbps. Las clases en GPRS dependen del número de slot utilizados y la máxima transferencia de datos (Mishra, 2007)

GPRS Class	Slots	Max data transfer Speed
Class 2	3	8 - 12 kbps upload / 16 - 24 kbps download
Class 4	4	8 - 12 kbps upload / 24 - 36 kbps download
Class 6	4	24 - 36 kbps upload / 24 - 36 kbps download
Class 8	5	8 - 12 kbps upload / 32 - 40 kbps download
Class 10	5	16 - 24 kbps upload / 32 - 48 kbps download
Class 12	5	32 - 48 kbps upload / 32 - 48 kbps download

Tabla 2. Clases GPRS⁵

1.3. Calidad de servicio (QoS).

El termino parámetros de calidad (QoS) se encuentra involucrado en la electrónica especialmente en las telecomunicaciones, estos parámetros son los encargados de evaluar el rendimiento de una red de transmisión de datos extremo a extremo, los parámetros de calidad puede ser medido de dos diferentes maneras tanto por los servidores de un servicio como los usuarios finales de un servicio, este capítulo se centra en la QoS ofrecido por un proveedor de un cierto servicio de telecomunicaciones.

⁵ Fuente: (Morris, y otros, 2014)

1.3.1. Ciclo de calidad. Presentado frente a QoS entregado

Para evaluar el ciclo de calidad se tiene tres principios fundamentales:

- Los requisitos de calidad de servicio de los clientes.
- Percepción de calidad de servicio del proveedor de servicios que ofrece
- Logros.

1.3.2. QoS ofrecido.

El QoS ofrecido es el nivel de rendimiento de un servicio ofrecido por un determinado proveedor. En el país las empresas de telecomunicaciones no cuentan con una normativa sobre cómo especificar los parámetros de calidad de servicio. Por lo general, en el idioma del proveedor de servicios.

1.3.3. QoS liberado.

El QoS liberado o recibido es medido por los usuarios finales de un servicio. Se debe medir el servicio efectivo entregado y no hacer una estimación sobre este. La medición se debe realizar sobre una red de extremo a extremo. Y además el cliente debería disponer de las herramientas necesarias para medir y comprobar la calidad del servicio.

1.3.4. Niveles de QoS

Los niveles de QoS se los puede clasificar de acuerdo a las necesidades de los usuarios finales de un servicio. Una conclusión fundamental de QoS es proveer a los operadores de un servicio establecer diferentes niveles de QoS relacionados con el rendimiento de los usuarios finales de varios parámetros como el tráfico, pérdida de tráfico, tiempo de respuesta y la carga final del usuario para así poder evaluar el nivel verdadero del servicio prestado.

En la actualidad muchos de los proveedores de servicio que operan fuera del país ofrecen a sus clientes cinco niveles de servicio.

- Primer Nivel.

En este primer nivel garantiza el retardo, jitter (variación del retardo), y pérdida de paquetes de datos. Este nivel es normalmente utilizado para tráfico en tiempo real.

- Segundo Nivel.

Este nivel está protegido contra la interrupción y/o caída del servicio, este nivel no presenta jitter o variación de retardo y retardo, este nivel es empleado especialmente para el transporte de tráfico de datos importantes que se manejan a nivel empresarial y otro tipo de datos críticos.

- Tercer Nivel.

Este nivel se encarga de la transmisión de datos importantes, emitiendo datos críticos.

- Cuarto Nivel.

El cuarto nivel es utilizado para el transporte de datos que es identificado y se lo da un mejor trato.

- Quinto Nivel.

Este modelo puede descomponer en las organizaciones empresariales que gravan su infraestructura de red.

1.3.5. Parámetros de QoS

Los parámetros de calidad de servicio se encuentran establecidos en la recomendación de la ITU-T 800 (ITU, ITU-T E.800, 2009).

La primera capa representa la capa de Acceso a la Red, es el requerimiento básico para todos los parámetros de calidad (QoS). Esta capa indica la calidad de servicio de los parámetros del Acceso a la Red.

La segunda capa se encuentra implícitos tres aspectos de la calidad de servicio (QoS):

- Acceso al Servicio.
- Rentabilidad al Servicio.

- Integridad del Servicio.

En la tercera capa se encuentran algunos parámetros de calidad de servicio. Para cada uno de los aspectos de QoS, se crearon un conjunto de los parámetros de calidad más importantes que son detallados en la normativa de la ITU-E 800.

1.3.5.1. Aspectos QoS en GPRS.

- Accesibilidad al Servicio.

Es la capacidad que tiene un usuario para poder acceder a un servicio dentro de las normas especificadas. Para que un servicio sea accesible en una red GPRS, el usuario debe ser capaz de ejecutar una cadena de operaciones:

Para el acceso a GPRS la primera operación que se debe cumplir es la activación del contexto PDP (Protocolo de paquetes de datos). Dentro de la activación de contexto PDP, se asigna un servicio IP. A continuación se citan algunos ejemplos del parámetro de Accesibilidad al Servicio:

- Accessibility Failure Radio:

Es el porcentaje de intentos fallidos en el la accesibilidad al servicio GPRS.

Tiempo de acceso extremo a extremo: es el tiempo requerido para configurar una conexión GPRS, para luego establecer una transferencia de datos

- Rentabilidad del Servicio.

Es la capacidad del usuario para retener un servicio, una vez que este ha sido establecido en un periodo de tiempo determinado. La rentabilidad del servicio también implica que el usuario no tiene que realizar ninguna operación manual que en una red estable no son necesarias, como en la reactivación del contexto PDP.

- Integridad del Servicio.

Indica el grado en que se mantiene un servicio sin perturbaciones importantes una vez que ha sido visitada. Los parámetros de integridad muestra el rendimientos de intentos de servicio con éxitos, incluso si accede a un servicio

con éxito, la percepción del usuario del rendimiento puede variar en gran medida, de muy buena a mala inaceptablemente.

1.3.5.2. Relación de falla en la accesibilidad GPRS.

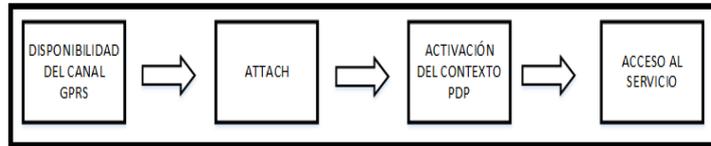


Figura 4. Cadena de activación de Acceso al Servicio⁶

Señala la probabilidad de que un usuario final no puede acceder al servicio exitosamente, esto indica que la transferencia de datos no se puede iniciar debido algún fallo en la cadena de activación del acceso al servicio: (Ver Figura 4)

1.3.5.3. Relación de Fallas en la activación del contexto PDP

Indica la probabilidad que un subscriptor no pueda acceder al servicio debido a fallas presentadas en la activación del contexto PDP. (ASCOM, 2009) (ASCOM, 2009)

$$\text{PDP Context Activation Failure Ratio}[\%] = \frac{\text{NIFACPDP}}{\text{NITRCPDP}} * 100\%$$

Ecuación 8

Donde:

- NIFACPDP = Número de intentos fallidos en la activación del contexto PDP
- NITRCPDP = Número de total de intentos requerido en la activación del contexto PDP

1.3.5.4. Relación de Fallas de Acceso al Servicio IP

⁶ Fuente: (ITU, ITU-T E.800, 2009)

Indica la probabilidad después de haber sido activado el contexto PDP un cliente no puede acceder al servicio, de tal modo que la transferencia de datos no puede ser iniciada. (ASCOM, 2009) (ASCOM, 2009)

$$IP - \text{Service Access Failure Ratio} [\%] = \frac{NIFS}{NIRS} * 100$$

Ecuación 9

Donde:

- NIFS= Número de intentos fallidos en el acceso al servicio
- NIRS= Número de intentos requeridos de acceso al servicio

1.3.5.5. No accesibilidad al servicio

Señala la probabilidad que un subscriptor no pueda acceder al servicio debido a fallas en la activación del servicio PDP o durante la activación del servicio (ASCOM, 2009) (ASCOM, 2009)

$$\text{Service non - accessibility}[\%] = \frac{\# \text{ de intentos fallidos}}{\text{total \# de intentos}} * 100\%$$

Ecuación 10

1.3.5.6. Tiempo de establecimiento del servicio

Es el tiempo necesario para establecer una conexión TCP/IP con el servidor (ASCOM, 2009) (ASCOM, 2009)

$$IP - \text{Service Setup time}[s] = TR1 - T[SYN]$$

Ecuación 11

Donde:

- TR1: Tiempo de recepción de paquetes de datos

- T[SYN]: 1er Tiempo de sincronización enviado

1.3.5.7. Tiempo de acceso extremo a extremo GPRS.

Indica la longitud en segundos del periodo de tiempo tomado para acceder exitosamente al servicio. La cadena (Ver Figura 5) para obtener el tiempo de acceso extremo a extremo es la siguiente:

Para WAP a través de GPRS también existen procedimientos de activación después del Acceso al Servicio.

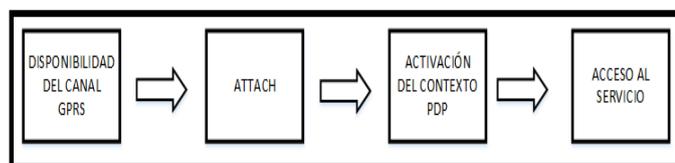


Figura 5. Cadena de activación.⁷

1.3.5.8. Velocidad de datos promedio por usuario GPRS.

Indica la velocidad de datos promedio por usuario, y se calcula de la siguiente manera (ASCOM, 2009) (ASCOM, 2009):

$$\text{Mean User Data Rate [Kbit/s]} = \frac{\text{TA [kilobytes]} * 8}{\text{TFA[s]} - \text{TIA[s]}}$$

Ecuación 12

Donde:

- TA= Tamaño del archivo [kilobytes]
- TFA= Tiempo de finalización de la activación[s]
- TIA= Tiempo de inicio de activación[s]

Para este parámetro existen dos métodos de definición de un punto de activación: uno prefiriendo la filosofía del rendimiento de carga útil y el otro prefiriendo la filosofía del rendimiento de la transacción.

⁷ Fuente: (ITU, ITU-T E.800, 2009)

1.3.5.9. Requerimientos de QoS para aplicaciones basadas GPRS.

- Los requerimientos de QoS para GPRS son almacenadas en perfiles de QoS. Los perfiles de QoS describen aplicaciones, características y requerimientos de QoS en lo que respecta a 4 categorías:
- Precedencia del servicio: tiene 3 clases (alta, normal y baja)
- Confiabilidad: probabilidad de pérdidas, duplicación, secuencia incorrecta, corrupción de paquetes.
- Retardo (delay): existen 4 clases.
- Rendimiento: velocidad máxima y media.
- Los perfiles de QoS se encuentran incluidos en el contexto PDP.

1.3.5.10. Confiabilidad.

Actualmente, el soporte de QoS diferenciadas es mínimo. Sin embargo, GPRS hace que sea posible para asegurar la integridad de los datos recibidos mediante la aplicación de dos modos fiables de operación: RLC Reconocido y LLC Reconocido. RLC modo reconocido se utiliza por defecto para asegurar que los datos recibidos por/desde el MS es sin error.

LLC de modo de confirmación es una característica opcional que puede ser proporcionada. Este protocolo garantiza que todas las tramas LLC se reciben sin errores. Sin embargo, el uso de este protocolo tiene un impacto en el rendimiento ya que la correcta recepción de todos los marcos LLC tiene que ser reconocido.

1.3.5.11. Retardo-delay (latencia y jitter).

La latencia es el tiempo necesario para que los paquetes de datos pasen a través del portador de GPRS, que normalmente se mide como un tiempo de ida y vuelta. Jitter es la variabilidad en el tiempo de ida y vuelta.

1.3.5.12. Factores de red de radio que afectan en GPRS.

Uno de los principales aspectos del rendimiento/QoS de un determinado servicio es un número de factores que tienen un impacto sobre el mismo. En caso de aplicaciones GPRS, estos factores incluyen:

- Factores de la Red de Radio (ancho de banda, carga, calidad del canal, disponibilidad).
- Rendimiento y capacidad PCU.
- Rendimiento de los nodos GPRS.
- Rendimiento del servidor de aplicaciones (incluye disponibilidad del servidor).
- Los factores que están relacionados con la red de radio incluyen:
 - Disponibilidad del ancho de banda.
 - Calidad de canal de radio.
 - Movilidad del usuario.

El primer factor incluye el paquete de canal de datos (PDCH) configuración y carga de tráfico. El segundo factor está relacionado con la interferencia de canal.

1.3.5.13. Disponibilidad de ancho de ancho de banda.

Uno de los principales inconvenientes en las redes celulares es el ancho de banda. Esto es especialmente importante debido a que el discurso es el servicio más privilegiados que los datos Canales GPRS.

1.3.6. Canales Lógicos GPRS.

En GSM existen canales lógicos de tráfico y señalización/control que se asignan en los canales físicos.

Los canales lógicos tienen que ser asignados en canales físicos, por lo que necesitan utilizar el ancho de banda no sólo para la transmisión/recepción de paquetes de datos, sino también para el control y señalización.

1.3.7. Interferencia.

Incluso si hay suficiente ancho de banda para transmitir una cantidad deseada de paquetes de datos a través de la interfaz aérea, Se debe tener en cuenta las condiciones del canal de radio actual. Es bien conocido, que una de las principales limitaciones en las redes telefónicas celulares es la denominada interferencia cocanal. En el caso de las redes de TDMA, como GSM / GPRS, la

interferencia cocanal es causada principalmente por el espectro asignado para el sistema que está siendo reutilizado varias veces "reutilización de frecuencias".

1.3.8. Codificación del canal.

El propósito de la codificación de canal es proteger los paquetes de datos contra errores que puedan ocurrir durante la transmisión por el medio ambiente. Antes de la transmisión, los paquetes de datos se segmentan en pequeños bloques de datos a través de las diferentes capas, con la unidad lógica final es el Radio Link Control (RLC) del bloque. (Brizmer, 2005)

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA.

Se aplica en el proceso el método de Búsqueda Parcial y elaboración conjunta, en la búsqueda de datos, recolección y procesamiento de datos, cobertura y calidad servicio de internet, debido a que el análisis de redes mediante el software e instrumentación, conduzcan al hallazgo de conocimiento del problema planteado y su solución.

2.1. Tipo de estudio.

El objeto de estudio de la presente investigación descriptivo y aplicado, por cuanto es el diseño de un sistema de transmisión las estaciones meteorológicas, es un estudio aplicado al campo de la meteorología.

2.2. Población y muestra.

- Población:

La población que se considerara es el sistema de transmisión de datos.

- Muestra:

La muestra utilizada las mediciones de monitoreo y de adquisición de datos.

2.3. Hipótesis.

- General.

El diseño e implementación de una red de transmisión de datos para proyectos de investigación influye significativamente en el monitoreo y adquisición de datos de las Estaciones Meteorológicas.

- Específicas.

1. El diseño e implementación de una red de transmisión de datos para proyectos de investigación, disminuye significativamente el tiempo de recolección de datos.

2. El diseño e implementación de una red de transmisión de datos para proyectos de investigación, aumenta la capacidad de la recolección de datos.

2.4. Identificación de variables.

- Diseño del sistema de transmisión
- Monitoreo
- Adquisición de datos

2.5. Operacionalización de variables.

Como se puede observar en la Tabla 3

2.6. Procedimientos.

Cronológicamente los procedimientos se encuentran de la siguiente manera obtención de la información base de la red Hidrometeorológica de la provincia de Chimborazo, estaciones con comunicación GPRS, ubicaciones, niveles de recepción medidos en 2014 (Ayala, Recalde, & Sanaguano, 2014). Se realiza el proceso de ubicación de las estaciones meteorológicas sobre la cartografía base, y realizar la base de datos de las estaciones con los niveles de recepción y clasificación categórica según los niveles de potencia (dBm) detectados por colores (verde, amarillo, rojo) usando la plataforma GIS y GRASS-GIS. Además del cálculo de cobertura mediante el modelo Okumura-Hata y así estimar si existe cobertura en la zona de estudio, entre el simulado y la medición. Posterior al análisis de cobertura se realiza la configuración del modem de transmisión de datos, con el formato F10 exigido por el ente regulador para la homologación de las estaciones. Para después hacer la descarga respectiva de la información y presentación de las series climáticas de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima correspondientes a un periodo elegido al azar, utilizando la herramienta Rclimtool Desarrollada en R-CRAN.

Variables	Concepto	Categoría	Indicador	Técnica y/o Instrumentos
Variables Independientes: Diseño e implementación de una red de transmisión de datos para proyectos de investigación	Medios de transmisión y método necesarios para adaptar la señal eléctrica al medio de comunicación.	Planificación de redes celulares	Estudio de diagnóstico y Cálculo de presupuesto de potencia Diseño de la red	Radio Mobile GRASS-RaPlat Analizador de Espectros
Tiempo de recolección de datos Capacidad de adquisición de datos	Observación a distancia por telecomunicación de procesos industriales, instalaciones en explotación, fenómenos naturales o individuos. Aplicación de las telecomunicaciones que permite indicar o registrar automáticamente medidas a cierta distancia del instrumento de medida.	Telemonitoreo Telemetría	Estadísticas de Servidor FTP: Monitorización de red y estación Estadísticas de Servidor FTP Adquisición de datos de estación	Tiempo de recepción de datos Drive Test Rx Level <i>KPI</i> datos FTP y HTTP Frecuencia y tamaño promedio de Archivos almacenados Drive Test Rx Level: <i>KPI</i> datos FTP y HTTP

Tabla 3 Operacionalización De Variables

2.6.1. Estudio de la red Hidrometeorológica de Chimborazo

El estudio fue realizado UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO como compromiso institucional con deferentes instituciones. Se realizó el estudio de la Red Hidrometeorológica de la provincia de Chimborazo, ubicados en zonas estratégicas, en este estudio se tomó los puntos con GPS donde se encuentran ubicadas las estaciones meteorológicas. Se realizaron pruebas de nivel de recepción de señal de Servicio móvil avanzado (SMA) para realizar las pruebas se utilizó un analizador de espectros GW Instek junto a un modem con el

cual se midieron los niveles de recepción en cada uno de los puntos de las estaciones meteorológicas para las tres operadoras con una sensibilidad de recepción de -106 dBm, utilizado en las bandas de frecuencias de 850-900MHz.

Con las pruebas realizadas se analizó que estaciones podrían interconectarse utilizando la tecnología GPRS, para cumplir con este objetivo se utilizaron módems industriales GPRS/GSM programables Sierra Fast Track Xtend fabricado por Sierra Wireless, para que envíen los datos a través de GPRS, para que el módem no se inhiba se utilizó u relé que cada determinado tiempo se resetea y empieza nuevamente la transmisión.

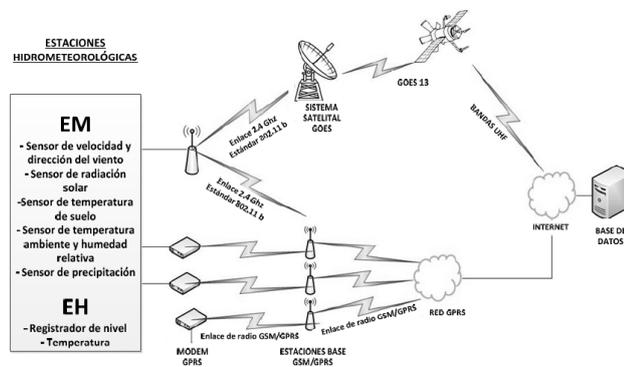


Figura 6. Infraestructura de la interconectividad de la Red.⁸

2.6.2. Descripción del Esquema de Sistema de Transmisión.

Las estaciones meteorológicas cuentan con varios sensores para la medición de las variables climatológicas, los sensores recopilan y envían los datos de forma digital y analógica hacia el datalogger QML201c, él cuenta con una memoria externa CF para almacenar los datos y poder tenerlos como respaldo en caso de fallas de comunicación mediante GPRS. El datalogger transforma estos datos y los envía en forma de tramas hacia el módem que este a su vez los envía a las BTS. Para que éstas envíen la información al Core-GPRS de la operadora luego ser transportado a la nube de internet para finalmente ser descargado en los

⁸ Fuente: (Ayala, Recalde, & Sanaguano, 2014)

servidores de la institución encargada de la recolección y procesamiento de los datos (Ver Figura 6).

1. Distribución espacial de radio bases en la provincia y niveles de recepción Importar el DEM de la zona de trabajo en ArcGis 10.2 (Ver Figura 7)

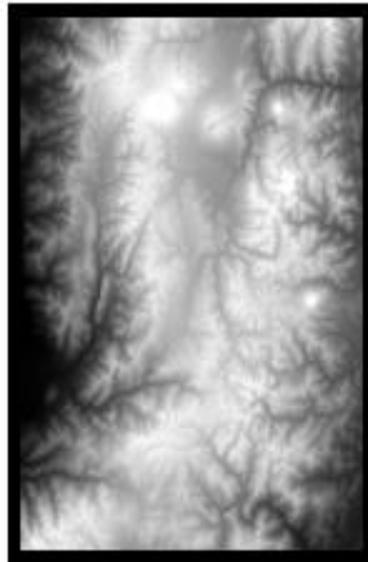


Figura 7. DEM Chimborazo

2. Reproyectar a WGS-84 zona 17 sur o al EPSG3271 en ArcGIS.
3. Exportar el DEM de Chimborazo (Ver Figura 8).

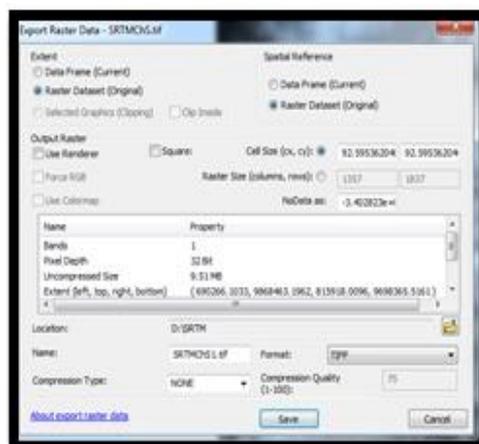


Figura 8. Exportar DEM

4. Aplicar el geoproceso *extract by mask* y recortar con una máscara de corte (Ver Figura 9).

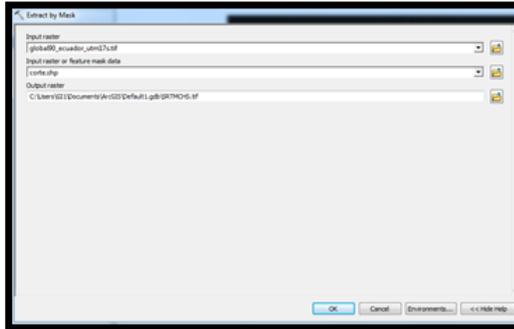


Figura 9. Extract by Mask

5. Importar las KML de las RBS y re-proyecta a WGS 84 zona 17 sur o al EPSG32717 - Operadora 3 (Ver Figura 10).

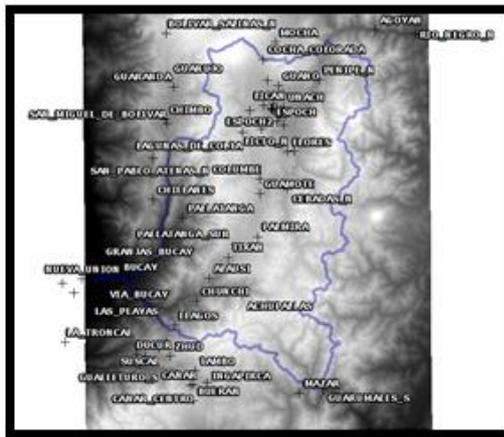


Figura 10. RBS operadora 3

6. Operadora 2 (Ver Figura 11).

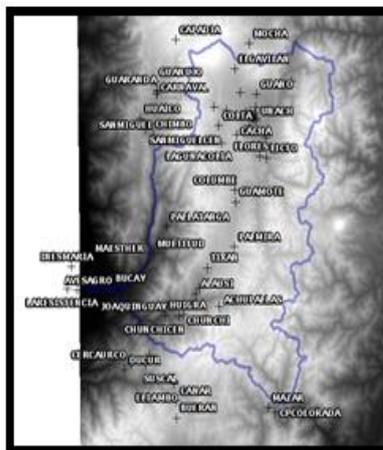


Figura 11. RBS Operadora shape 2

10. Calcular la geometría en metros de cada campo long interger x lat, y lat (Ver Figura 15).

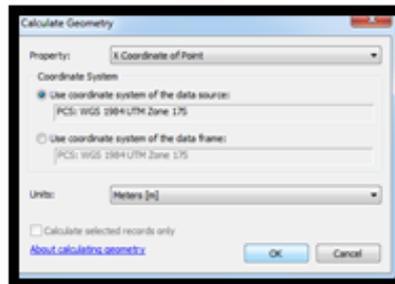


Figura 15. Cálculo de geometría

11. Exportar como Shape RBS para las operadoras (Ver Figura 16)

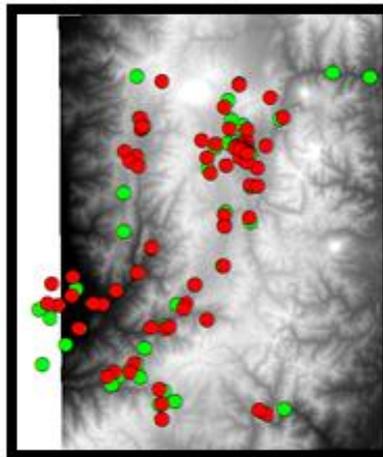


Figura 16. RBS sobre DEM

2.6.3. Configuración MODEM GPRS.

Para la transmisión de datos de las estaciones meteorológicas se utilizó un modem GPRS el cual establece una conexión utilizando la infraestructura de la red celular existente en el país.

2.6.3.1. Comunicación Vía GPRS.

Para que exista un envío de datos desde la estación meteorológica hasta el lugar donde se encuentra el centro de adquisición de datos depende del nivel de señal celular del sitio donde se encuentra instalada la estación meteorológica que estas envían la información a un servidor FTP.

Estos Datos pueden ser enviados cada 5 minutos y cada hora, en caso de que alguno de las tramas de datos no puede ser enviado estos se ubican a su vez en una cola de espera creada en la memoria del datalogger y se envían en el siguiente ciclo de transmisión.

La eficiencia de la transmisión dependerá en gran escala de la calidad de servicio que ofrece la operadora de telefonía móvil, el nivel de señal que existe en el lugar de instalación como también de la disponibilidad del servidor que recepta los datos.

Una vez que los datos han sido enviados al servidor FTP, estos son descargados por la aplicación Metman, aplicación encargada de procesar los archivos descargados y facilitar a los usuarios para su visualización.

Debido a la escasa información que existe se utilizó un manual de configuración de la empresa Sistema Tecnológicos como material de apoyo.

2.6.3.2. Configuración GPRS en MAWS Lizard.

1. Crear un nuevo proyecto, dar clic en new. (Ver Figura 17)

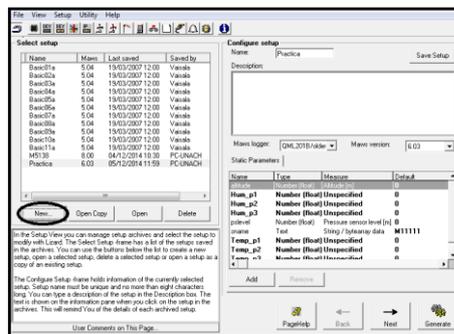


Figura 17. Creación configuración dtg

1. Dar un nombre al nuevo proyecto, este debe contener un máximo de 8 caracteres, para luego presionar el botón OK. (Ver Figura 18)

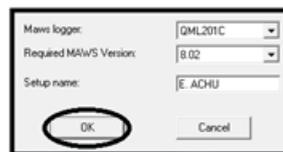


Figura 18. Nombre configuración

2. Dar clic en el botón **Optional Hardware** y asociar el módulo **DSU232** en el **MOD1** o en el **MOD 2** según la posición del módulo en el datalogger luego dar clic en **ADD**, activar la casilla de **Service Connection Enabled** y verificar que los parámetros de conexión de la casilla **line parameters** sean los correctos: **Speed 9600**, **data bits8**, **stop bits 1** y **Parity none** y finalmente dar clic en **Next**. (Figura 19)

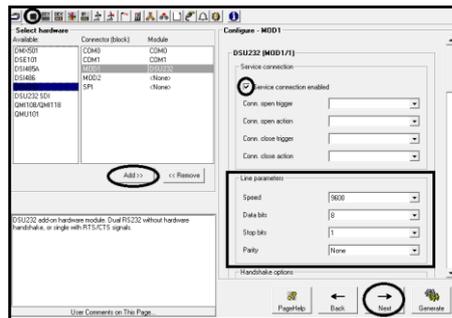


Figura 19. Configuración puerto RS232

3. Dar clic en el botón **Devices** y seleccionar el modem **Siemens GPRS-IP SMS**, luego dar clic en **Add** observar la casilla **Selected**, se ha añadido el modem seleccionado, en la casilla **I/O connections** seleccionar el puerto de comunicación para el modem (**DSU232 – MOD1/1** o **DSU232 – MOD1/2**). (Ver Figura 20)

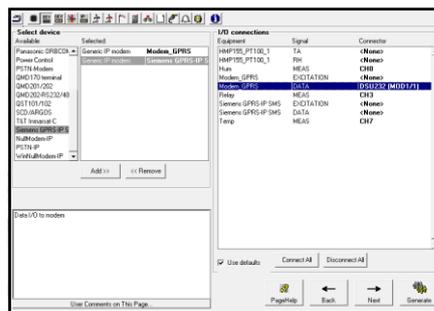


Figura 20. Selección de interfaz

4. En la pestaña de **Devices configuration**, seleccionar el modem seleccionado en la pestaña posterior. (Ver Figura 21)

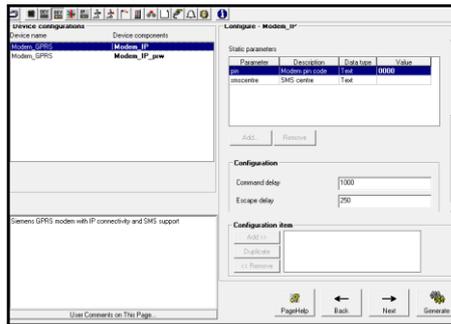


Figura 21. Selección de modem creado

5. Dar clic en la pestaña communication interface para poder añadir la interfaz de red. Se añade una nueva red, para luego configurar el APN con el APN de la operadora a utilizar. Establecer la prioridad en 9, y dar en el botón Add, para cambiar el nombre por autoinit con esto el modem se auto inicia en la conexión GPRS. El valor de autoinit es de tipo numérico y de valor de 1. Dar clic en Add para añadir el parámetro de autoinitinterval que es el tiempo que espera del datalogger antes de iniciar la conexión GPRS este parámetro debe tener un valor numérico de 60000 y dar clic en la siguiente pestaña. (Ver Figura 22)

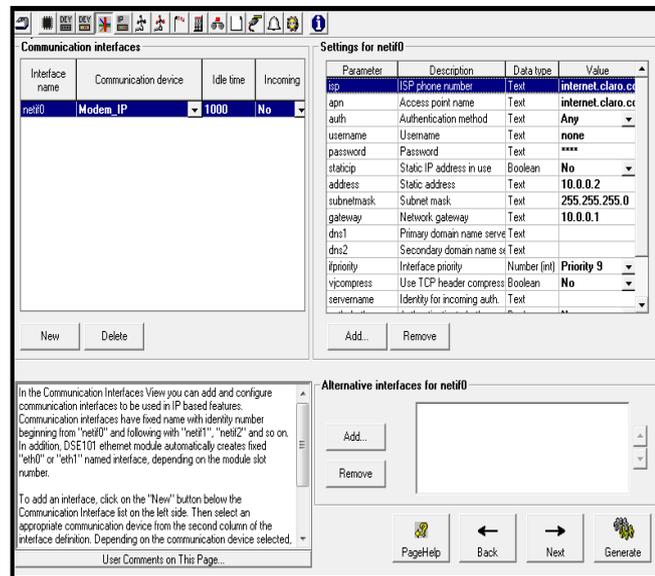


Figura 22. Configuración de parámetros

6. En la pestaña IP-Service seleccionar FTP client y dar clic en Add, para luego configurar los parámetros de conexión como el servidor FTP, usuario y contraseña. (Ver Figura 23)

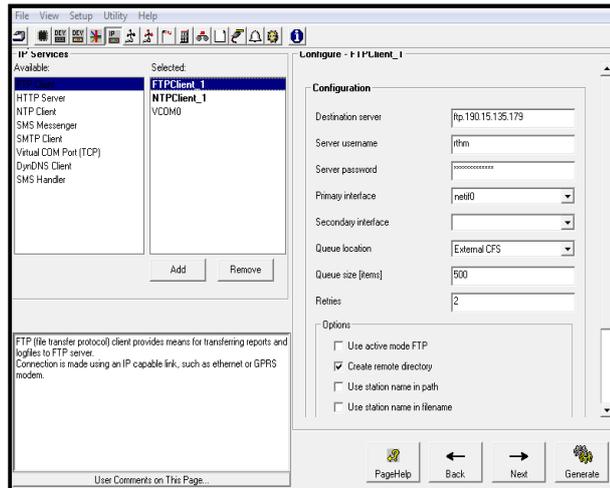


Figura 23. Configuración FTP

7. Para añadir el puerto de conexión remota se añade un VCOM (TCP), habilitar la opción Service Connection Enabled, activar la opción Enable Telnet Protocol y Accept Incoming para luego seleccionar el puerto de salida y habilitar la opción Telnet Protocol Debug. (Ver Figura 24)

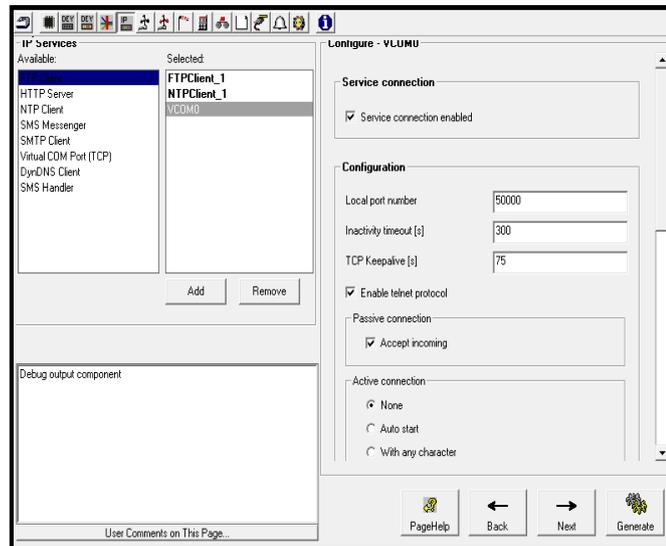


Figura 24. Puerto Virtual

8. Como dispositivo adicional y para el buen funcionamiento del modem se debe configurar un reseteo cada cierto intervalo de tiempo, para lo cual se configura un relé para que cumpla esta función. Para configurar un nuevo puerto para el relé dar clic en la opción Generic Precision A/D y luego dar clic en Add. (Figura 25)

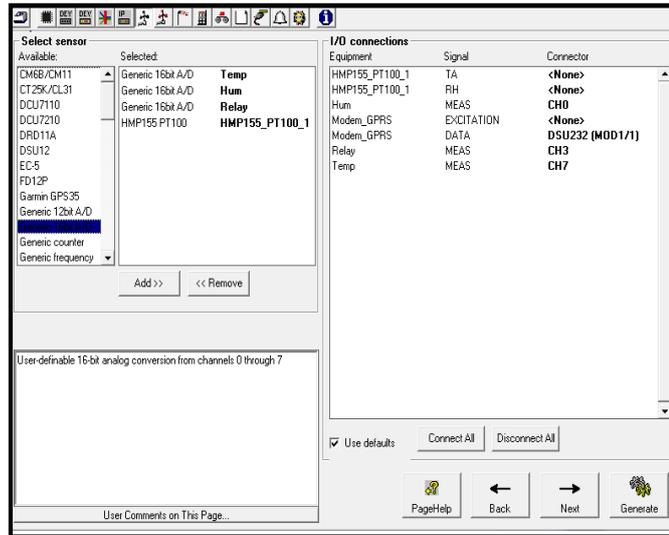


Figura 25 . Configuración relé

9. Dar clic en la opción Measurements y seleccionar las variables de reseteo, Hi-Pin y la medición Voltaje ya que la fuente de alimentación entrega un voltaje para luego configurar el tiempo que va a durar el reseteo que va desde 180000 milisegundos o 3 minutos. (Ver Figura 26)

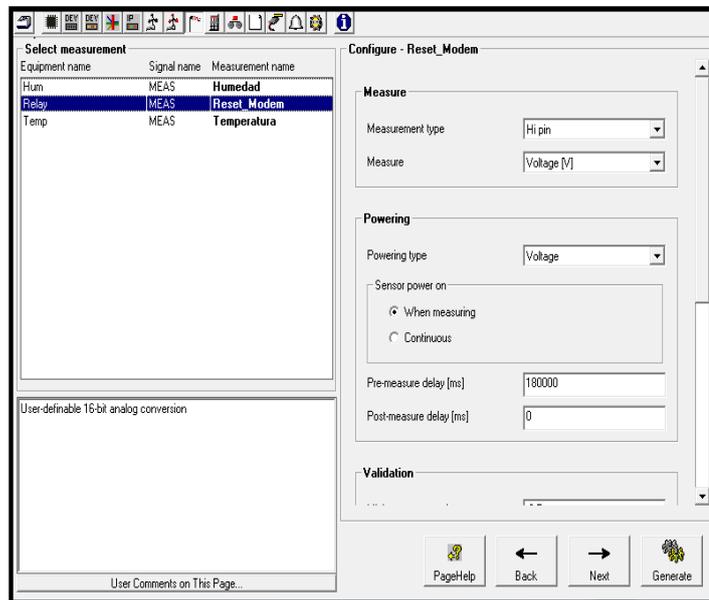


Figura 26. Parámetros de configuración de relé

10. Se crea un reporte MetMan que debe ser asociado a una conexión para finalmente ajustar los intervalos de transmisión y reseteo del modem. (Ver Figura 27)

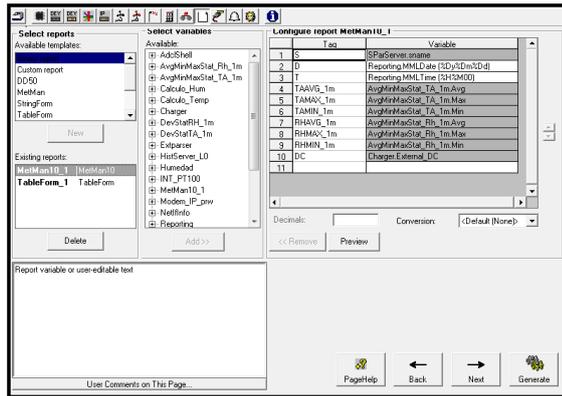


Figura 27. Reporte Metman

2.6.4. Manual descarga de datos estaciones meteorológicas.

Para poder manipular manualmente la información de las variables climáticas se debe realizar una descarga de archivos de las estaciones meteorológicas. De tal manera que se presenta los pasos a seguir para la descarga de datos.

1. Esperar que interfaz se abra completamente en el ordenador. (Ver Figura 28)

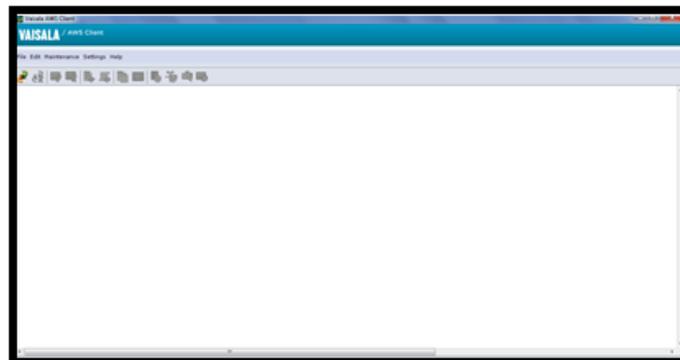


Figura 28. Interfaz AWS Client

2. En la barra de herramientas ubicarse en Maintenance. (Ver Figura 29)



Figura 29. Opción maintenance

3. En maintenance ubicarse en Log File. (Ver Figura 30)

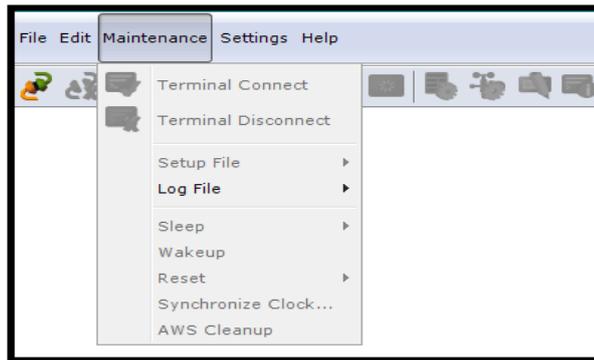


Figura 30. Opción Log File

4. Una vez en Log File elegir Convert. (Ver Figura 31)

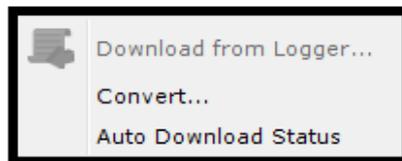


Figura 31. Opción Convert

NOTA: Una vez que se haya cargado la interfaz Convert seleccionar la opción Conversion Target y elegir la carpeta creada al inicio del manual para guardar los archivos almacenados en la estación meteorológica.

5. Seleccionar los datos almacenados por la estación meteorológica. (Ver Figura 32)

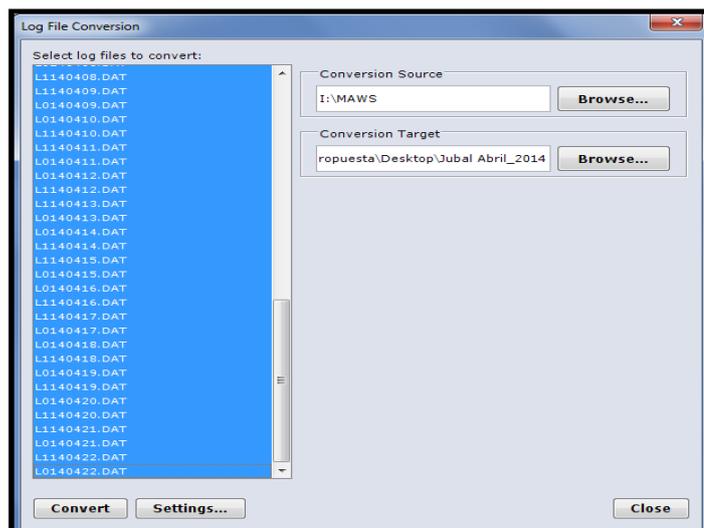


Figura 32. Selección de Datos

- Una vez que se ha elige la opción Settings, verificar que las siguientes casillas se encuentran marcadas, para luego guardar el archivo al seleccionar la opción save: (Ver Figura 33)

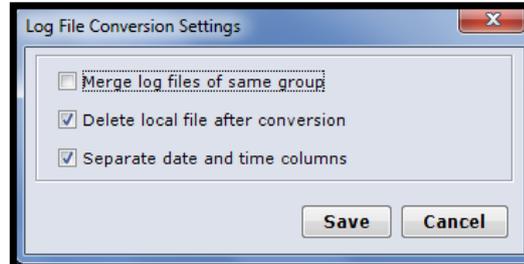


Figura 33. Opción settings

- Una vez realizados los pasos anteriores seleccionar la opción Convert para que los archivos se guarden en la carpeta creada al inicio del manual. Si los pasos se realizaron correctamente, se apreciara el mensaje “Archivos seleccionados convertidos”
- Comprobar archivos descargados. (Ver Figura 34)



Figura 34. Archivos Descargados

2.6.5. Manual de procesamiento de datos

Una vez descargado los datos, se debe copiar en una carpeta, los datos del mes que se desea procesar. Como se puede ver los datos descargados se almacenan de diferentes meses. La notación de los archivos es la siguiente L0140320 donde: (Ver Figura 35)

L014 representa el año en que se almacenaron los datos.

03 representa el mes de almacenamiento de datos.

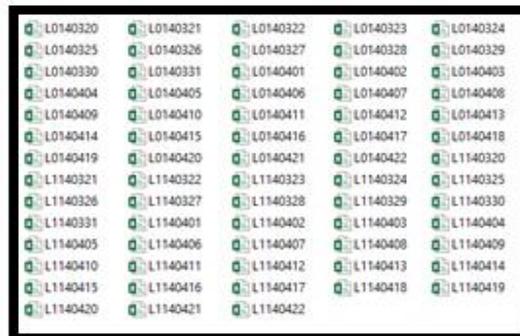


Figura 35. Almacenamiento de Datos

NOTA: Cuando los datos están incompletos se debe recolectar los datos de un mes y almacenarlos en una sola carpeta.

1. Almacenar en un documento todos los archivos a procesar. (Ver Figura 36)

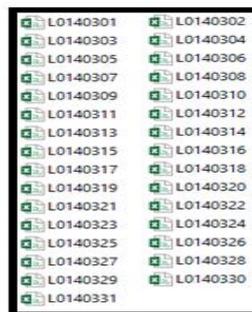


Figura 36. Archivos Seleccionados

2. Abrir la plantilla realizada en Microsoft Excel. (Figura 37)
3. Seleccionar la opción copiar, copiar los archivos descargados. En la (Figura 37) se muestra los datos almacenados en la macro creada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

Ingresar los datos primero		Ingrese el día de Descarga =		Ingrese el Mes de Descarga =		Año =		Copiar1	
mes	día	año	time	status	Avg	Min	Max	Min	Max
3	1	14	12:00:03 a. m.	VALID	88.46	91.992	81.005	6.799	17.633
3	1	14	01:00:03 a. m.	VALID	89.663	92.481	85.613	0.208	0.747
3	1	14	02:00:03 a. m.	VALID	90.587	94.899	85.573	0.144	0.663
3	1	14	03:00:03 a. m.	VALID	90.936	94.006	88.812	0.177	0.749
3	1	14	04:00:03 a. m.	VALID	94.371	97.789	90.194	0.103	0.539
3	1	14	05:00:03 a. m.	VALID	98.834	99.232	97.713	0.116	0.725
3	1	14	06:00:03 a. m.	VALID	97.482	99.308	91.408	0.058	0.508
3	1	14	07:00:03 a. m.	VALID	91.159	94.494	87.251	0.052	0.487
3	1	14	08:00:03 a. m.	VALID	90.077	92.011	87.759	0.071	0.416
3	1	14	09:00:04 a. m.	VALID	86.958	90.989	81.977	0.078	0.519
3	1	14	10:00:03 a. m.	VALID	89.345	91.341	87.226	0.102	0.749
3	1	14	11:00:03 a. m.	VALID	94.061	95.762	91.36	0.111	0.527
3	1	14	12:00:03 p. m.	VALID	93.789	95.696	90.756	5.07	16.795
3	1	14	01:00:03 p. m.	VALID	90.206	91.603	86.379	45.447	84.177
3	1	14	02:00:03 p. m.	VALID	83.117	88.936	78.433	167.095	332.139
3	1	14	03:00:03 p. m.	VALID	86.068	91.479	80.321	282.459	410.196
3	1	14	04:00:03 p. m.	VALID	84.794	88.509	80.502	246.811	331.236
3	1	14	05:00:03 p. m.	VALID	84.502	89.176	80.545	279.608	384.846

Figura 37. Consolidación de Datos

4. Eliminar las columnas de Estados y verificar que sean válidos. (Ver Figura 38)

Ingresar los datos primero		Ingrese el día de Descarga =		Ingrese el Mes de Descarga =		Año =		C o	
mes	día	año	time	Avg	Max	Min	Avg	Max	
3	30	14	10:00:03 p. m.	90.979	96.049	88.159	49.836	82.036	
3	30	14	11:00:03 p. m.	95.988	97.56	92.742	30.292	49.39	
3	31	14	12:00:03 a. m.	93.912	97.843	91.474	3.139	21.29	
3	31	14	01:00:03 a. m.	91.932	98.047	79.176	0.141	0.626	
3	31	14	02:00:03 a. m.	85.258	90.632	77.18	0.141	0.63	
3	31	14	03:00:04 a. m.	84.607	88.822	78.041	0.094	0.571	
3	31	14	04:00:03 a. m.	89.628	91.69	85.65	0.129	0.749	
3	31	14	05:00:03 a. m.	87.748	91.024	82.942	0.076	0.532	
3	31	14	06:00:03 a. m.	85.348	89.251	81.733	0.092	0.638	
3	31	14	07:00:03 a. m.	87.411	90.656	82.679	0.057	0.444	
3	31	14	08:00:03 a. m.	89.105	90.35	86.645	0.101	0.632	
3	31	14	09:00:03 a. m.	88.631	90.98	86.572	0.052	0.464	
3	31	14	10:00:03 a. m.	88.809	89.66	86.748	0.123	0.552	
3	31	14	11:00:03 a. m.	87.945	89.787	86.188	0.134	0.64	
3	31	14	12:00:03 p. m.	85.72	88.931	81.175	4.494	12.355	
3	31	14	01:00:03 p. m.	75.638	82.269	68.765	129.043	216.322	
3	31	14	02:00:04 p. m.	63.073	71.924	56.585	320.364	400.888	
3	31	14	03:00:03 p. m.	67.316	74.539	60.552	481.851	568.203	

Figura 38. Consolidado depurado

5. En una nueva hoja de cálculo copiar los datos de la macro. (Ver Figura 39)

3	1	14	12:00:03 a. m.	88.46	91.992	81.005	6.799	17.633	0
3	1	14	01:00:03 a. m.	89.663	92.481	85.613	0.208	0.747	0
3	1	14	02:00:03 a. m.	90.587	94.899	85.573	0.144	0.663	0
3	1	14	03:00:03 a. m.	90.936	94.006	88.812	0.177	0.749	0
3	1	14	04:00:03 a. m.	94.371	97.789	90.194	0.103	0.539	0
3	1	14	05:00:03 a. m.	98.834	99.232	97.713	0.116	0.725	0
3	1	14	06:00:03 a. m.	97.482	99.308	91.408	0.058	0.508	0
3	1	14	07:00:03 a. m.	91.159	94.494	87.251	0.052	0.487	0
3	1	14	08:00:03 a. m.	90.077	92.011	87.759	0.071	0.416	0
3	1	14	09:00:04 a. m.	86.958	90.989	81.977	0.078	0.519	0
3	1	14	10:00:03 a. m.	89.345	91.341	87.226	0.102	0.749	0
3	1	14	11:00:03 a. m.	94.061	95.762	91.36	0.111	0.527	0
3	1	14	12:00:03 p. m.	93.789	95.696	90.756	5.07	16.795	0
3	1	14	01:00:03 p. m.	90.206	91.603	86.379	45.447	84.177	16.971
3	1	14	02:00:03 p. m.	83.117	88.936	78.433	167.095	332.139	79.432
3	1	14	03:00:03 p. m.	86.068	91.479	80.321	282.459	410.196	206.131
3	1	14	04:00:03 p. m.	84.794	88.509	80.502	246.811	331.236	191.681
3	1	14	05:00:03 p. m.	84.502	89.176	80.545	279.608	384.846	205.431

Figura 39. Consolidado Copiado

Nota: Insertar una fila con los encabezados de cada columna.

- En una nueva hoja de cálculo, se crea una Tabla dinámica seleccionando todos los archivos procesados anteriormente. (Ver Figura 40, Figura 41)

Mes	Día	Año	Hora	AvgStat_RH	AvgMaxStat	AvgMinStat	AvgStat_RS	AvgMAx_RS
3	1	14	12:00:03 a. m.	88.46	91.992	81.005	0.799	17.631
3	1	14	01:00:03 a. m.	89.663	92.481	85.613	0.208	0.747
3	1	14	02:00:03 a. m.	90.587	94.899	85.573	0.144	0.663
3	1	14	03:00:03 a. m.	90.936	94.006	88.812	0.177	0.749
3	1	14	04:00:03 a. m.	94.371	97.789	90.194	0.103	0.539
3	1	14	05:00:03 a. m.	98.834	99.232	97.713	0.116	0.729
3	1	14	06:00:03 a. m.	97.482	99.308	91.408	0.056	0.508
3	1	14	07:00:03 a. m.	91.159	94.494	87.251	0.052	0.487
3	1	14	08:00:03 a. m.	90.077	92.011	87.759	0.071	0.416
3	1	14	09:00:04 a. m.	86.958	90.989	81.977	0.078	0.519
3	1	14	10:00:03 a. m.	89.345	91.341	87.226	0.102	0.749
3	1	14	11:00:03 a. m.	94.061	95.782	91.36	0.111	0.527
3	1	14	12:00:03 p. m.	93.799	95.696	90.796	5.07	16.799
3	1	14	01:00:03 p. m.	90.296	93.603	88.373	45.447	84.177
3	1	14	02:00:03 p. m.	83.117	88.936	76.433	167.095	332.139
3	1	14	03:00:03 p. m.	86.068	91.479	80.321	282.459	410.196
3	1	14	04:00:03 p. m.	84.794	88.509	80.502	246.811	333.236
3	1	14	05:00:03 p. m.	84.502	89.176	80.545	279.608	384.848
3	1	14	06:00:03 p. m.	81.875	91.959	72.395	175.717	350.272
3	1	14	07:00:03 p. m.	91.384	94.439	86.182	50.175	83.706
3	1	14	08:00:04 p. m.	92.643	96.325	87.162	118.593	187.554
3	1	14	09:00:03 p. m.	91.904	94.532	86.65	82.179	147.711

Figura 40. Selección Datos para asignación Tabla Dinámica

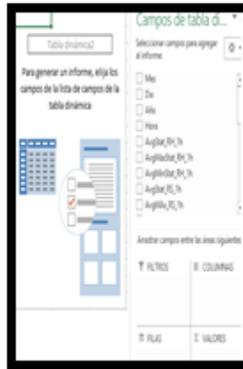


Figura 41. Creación Tabla Dinámica

- En el cuadro de dialogo Campos de Tabla Dinámica seleccionar año, mes, día. (Ver Figura 42)

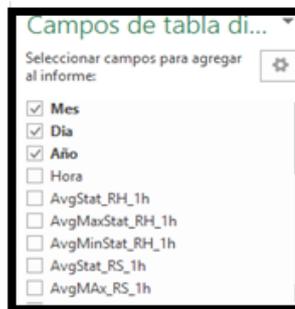


Figura 42. Campos Tabla dinámica

- En el cuadro de filas arrastras los campos de la Tabla dinámica que se encuentran ubicados en valores en el siguiente orden: (Ver Figura 43)



Figura 43. Asignación de Columnas

9. Se crea la siguiente interfaz. (Ver Figura 44)



Figura 44. Pre visualización Campos de Tabla dinámica

10. Seleccionar los valores restantes en el campo de Tabla dinámica. (Ver Figura 45)

Etiquetas de fila	Suma de AvgStat_RH_1h	Suma de AvgMaxStat_RH_1h	Suma de AvgMinStat_RH_1h	Suma de AvgStat_RS_1h	Suma de AvgMaxStat_RS_1h
14	111546.532	130990.07	125332.772	138164.43	208082.784
1	4250.099	4438.563	4051.083	3240.602	5162.775
2	4148.784	4312.486	3929.738	3322.818	6290.636
3	4172.844	4371.542	3927.032	2329.294	3601.522
4	3836.742	4088.75	3562.836	5351.94	9136.156
5	4420.266	4556.724	4213.932	4470.018	10157.912
6	4334.44	4517.034	4118.356	4093.852	10890.364
7	4267.772	4415.714	4101.022	6353.892	12971.118
8	3902.178	4138.732	3671.892	5523.126	11108.104
9	4233.224	4405.356	3994.328	2721.048	4000.724
10	3910.932	4129.664	3678.88	3856.312	7878.152
11	4189.378	4346.432	4004.844	5921.804	8502.874
12	4321.934	4489.46	4133.6	5080.352	10750.032
13	4199.934	4393.67	3996.958	4490.188	6683.674
14	4281.224	4450.888	4101.328	4234.778	10316.244
15	4342.304	4516.366	4139.026	5311.678	11027.37
16	4252.252	4435.98	4036.53	4835.306	10019.198
17	4222.776	4386.862	4043.45	5548.334	11853.158
18	4467.738	4588.88	4328.244	3457.946	8519.526
19	4389.096	4554.264	4190.192	3374.012	6984.826
20	4322.42	4481.266	4134.936	3675.43	6612.746
21	4362.224	4451.144	4063.058	3605.232	5429.71

Figura 45. Campos de Tabla dinámica

11. En el cuadro de valores seleccionar cada uno de los parámetros y configurarlos para que muestre el promedio la cada uno de los parámetros. Dar clic sobre el parámetro y elegir configuración de campo de valor, seleccionar promedio y dar clic en aceptar. (Ver Figura 46)

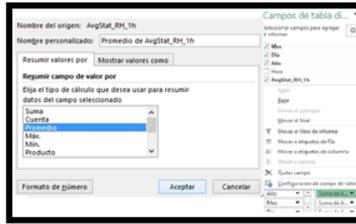


Figura 46. Parámetros de Resumen

12. Se muestra el resultado del promedio de cada valor de la Tabla dinámica.
(Ver Figura 47)

Etiquetas de fila	Promedio de AvgStat_RH_1h	Promedio de AvgMaxStat_RH_1h	Promedio de AvgMinStat_RH_1h	Promedio de AvgStat_RS_1h	Promedio de AvgMaxStat_RS_1h	Promedio de AvgMinStat_RS_1h
14	88.4386892	92.0612109	84.2290134	92.8542608	180.1	180.1
1	88.43828143	92.0611204	84.22810962	92.81472202	180.2	180.2
2	90.4276383	93.79921277	86.19125532	68.94897872	109.8	109.8
3	86.433	89.84345833	81.86954167	69.225175	131.C	131.C
4	86.93425	91.0779187	81.8116667	48.52695833	75.01	75.01
5	79.912125	85.18229167	74.22575	111.49875	190.1	190.1
6	92.088875	94.931275	87.79625	93.225175	211.4	211.4
7	90.3028333	94.104875	85.75741667	85.2858133	228.4	228.4
8	88.911251667	91.9404167	85.43795833	132.37275	270.	270.
9	81.295375	86.2258333	76.49775	115.085125	231.4	231.4
10	87.7755	91.67408333	83.21516667	56.6885	83.34	83.34
11	81.47733333	86.03466667	76.64333333	80.344	164.1	164.1
12	87.27870833	90.50666667	83.43425	123.3709167	177.1	177.1
13	90.04029167	93.53041667	86.11666667	105.8406667	199.2	199.2
14	87.49620833	91.53479167	83.26995833	93.54658333	211.4	211.4
15	89.18216667	92.72603333	85.44483333	88.22841667	211.4	211.4
16	90.46466667	94.09095833	86.22970833	110.67995833	228.	228.
17	88.58858333	92.41825	84.094375	100.7355417	208.7	208.7
18	87.9745	91.39295833	84.23854167	115.5902917	246.5	246.5
19	93.07829167	95.60166667	90.17175	72.04054167	135.8	135.8
20	91.02283333	94.87925	87.29566667	70.29191667	131.1	131.1
21	90.05458333	93.30970833	86.1445	76.578375	137.7	137.7
22	88.79633333	92.73216667	84.64754167	75.509	198.4	198.4

Figura 47. Promedios de datos Meteorológicos

Crear un gráfico con los datos de la Tabla dinámica. (Ver Figura 48)

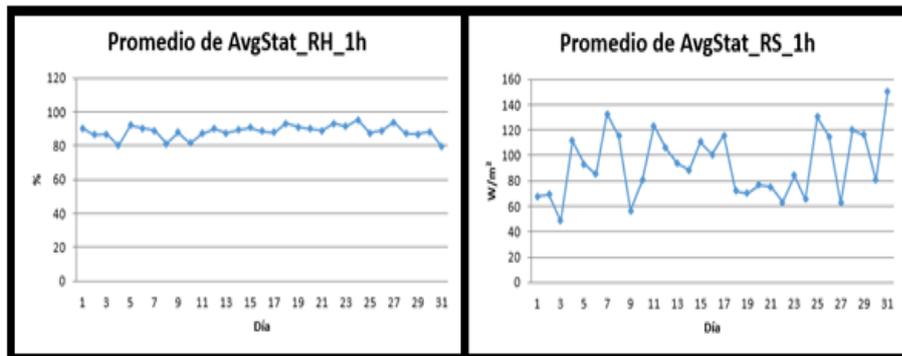


Figura 48. Grafica de datos humedad relativa

2.6.6. Procesamiento de datos meteorológicos

Una vez realizado el consolidado de las variables meteorológicas como temperatura, precipitación se realiza el análisis descriptivo, utilizando datos recolectados en meses posteriores a la instalación. Además de las gráficas de

cada uno para ello se realiza la interpretación del código R de la herramienta Rclimtool 1.0. (Ver Figura 49) (CIAT, 2015)

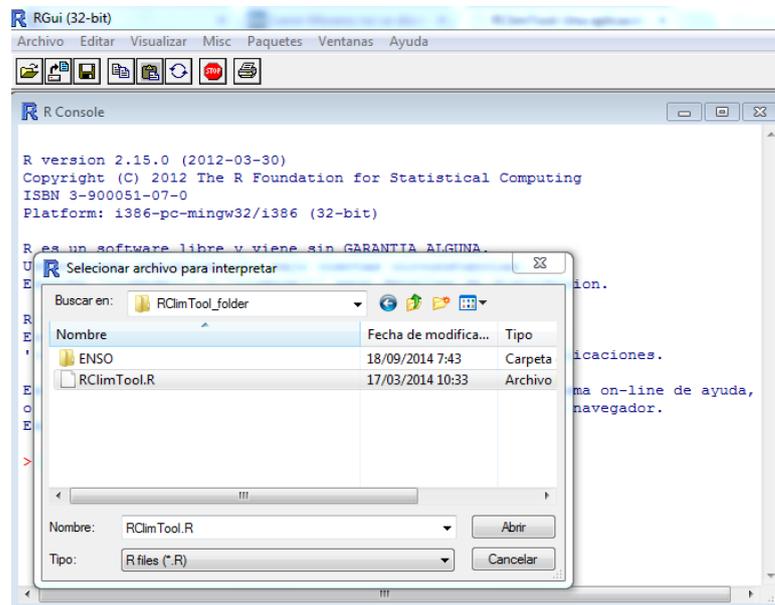


Figura 49. Compilación R ClimTool

1. Preparar las hojas de las tmáx, tmin, precipitación en formato .csv delimitado por comas. (Ver Figura 50)

day	month	year	achupallas	1	day	month	year	achupallas	1	day	month	year	achupallas
1	1	2014	100.246	2	1	1	2014	100.246	2	1	1	2014	94.682
2	1	2014	95.167	3	2	1	2014	95.167	3	2	1	2014	79.933
3	1	2014	88.184	4	3	1	2014	88.184	4	3	1	2014	82.932
4	1	2014	87.395	5	4	1	2014	87.395	5	4	1	2014	82.125
5	1	2014	85.267	6	5	1	2014	85.267	6	5	1	2014	76.981
6	1	2014	85.141	7	6	1	2014	85.141	7	6	1	2014	76.462
7	1	2014	94.199	8	7	1	2014	94.199	8	7	1	2014	84.838
8	1	2014	95.437	9	8	1	2014	95.437	9	8	1	2014	89.252
9	1	2014	100.251	10	9	1	2014	100.251	10	9	1	2014	93.39
10	1	2014	100.252	11	10	1	2014	100.252	11	10	1	2014	100.19
11	1	2014	100.251	12	11	1	2014	100.251	12	11	1	2014	100.19
12	1	2014	100.25	13	12	1	2014	100.25	13	12	1	2014	98.977
13	1	2014	100.251	14	13	1	2014	100.251	14	13	1	2014	100.009
14	1	2014	100.25	15	14	1	2014	100.25	15	14	1	2014	99.444
15	1	2014	100.241	16	15	1	2014	100.241	16	15	1	2014	75.714
16	1	2014	82.628	17	16	1	2014	82.628	17	16	1	2014	74.825
17	1	2014	80.255	18	17	1	2014	80.255	18	17	1	2014	69.169
18	1	2014	84.382	19	18	1	2014	84.382	19	18	1	2014	65.977

Figura 50. Datos meteorológicos

2. Cargar los archivos mediante la interfaz gráfica de Rclimtool, para lo cual dar clic en cada botón Temp. Máxima, Temp. Mínima, Precipitación. (Ver Figura 51)

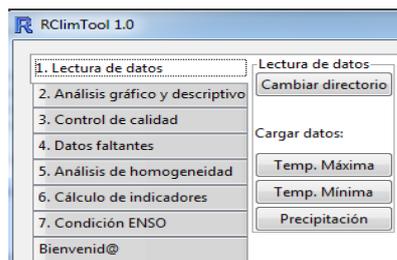


Figura 51. Interfaz de lectura de datos

3. Se realiza el análisis gráfico y descriptivo, para lo cual se coloca la fecha de inicio y fin. Además de escoger la variable de análisis: tmax, tmin, precip; (ver. Tabla 4) con lo cual se genera un reporte de la variable (Ver Figura 52)

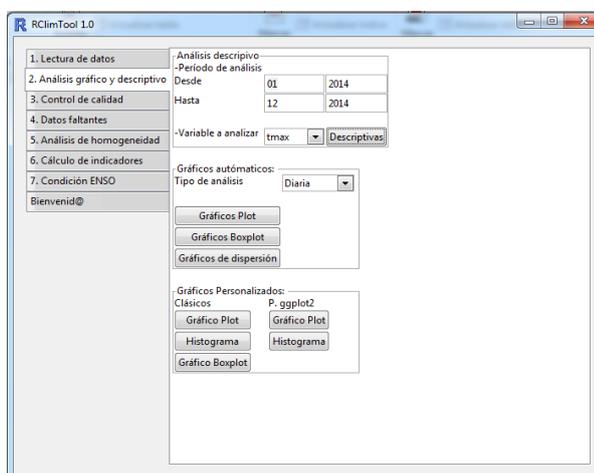


Figura 52. Análisis gráfico y descriptivo de las variables

Variable tmax	Achupallas
n	335.000
Mín	53.000
Máx	100.000
Media	80.054
Varianza	163.927
Desv.Est	12.803
Mediana	77.834
CV %	15.993
NA	3.000
NA %	0.896

Tabla 4. Descriptivos de temperatura máxima

4. Después se realiza las gráficas de plot y boxplot. (Ver Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56)

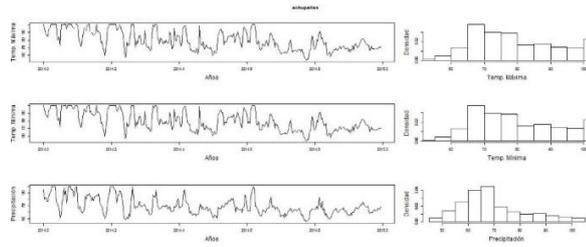


Figura 53. temperatura-precipitación diaria

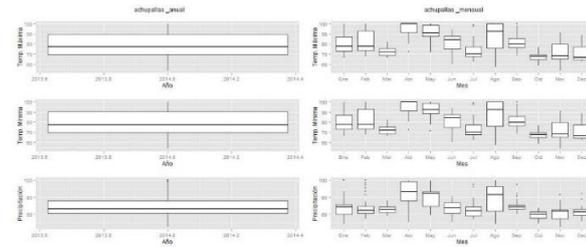


Figura 54. Temperatura-precipitación diaria

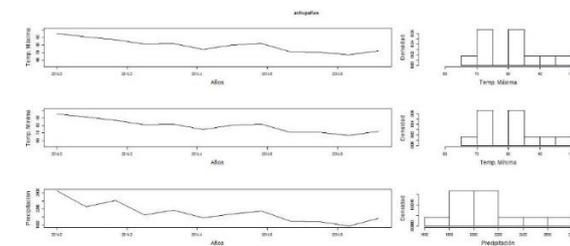


Figura 55. Precipitación-temperatura Mensual

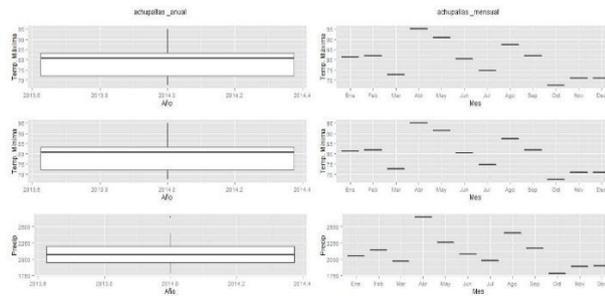


Figura 56. Temperatura y precipitación mensual

2.6.7. Procesamiento y Análisis

En el estudio realizado (Ayala, Recalde, & Sanaguano, 2014) el nivel de recepción de señal se tiene la siguiente distribución espacial de las estaciones con su niveles teniendo 12 estaciones con excelente cobertura y 2 estaciones con media cobertura para la operadora 3, en cambio para la operadora 2 se obtuvo 21 estaciones con excelente señal. Teniendo en cuenta que las mediciones

se realizaron de manera sencilla bastante efectiva. Como se puede observar. (Ver Figura 57 y Figura 58)

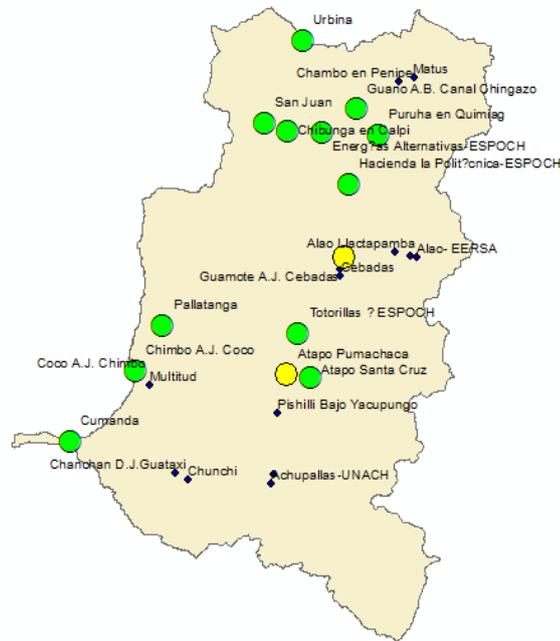


Figura 57. Nivel Recepción Señal Operadora 3

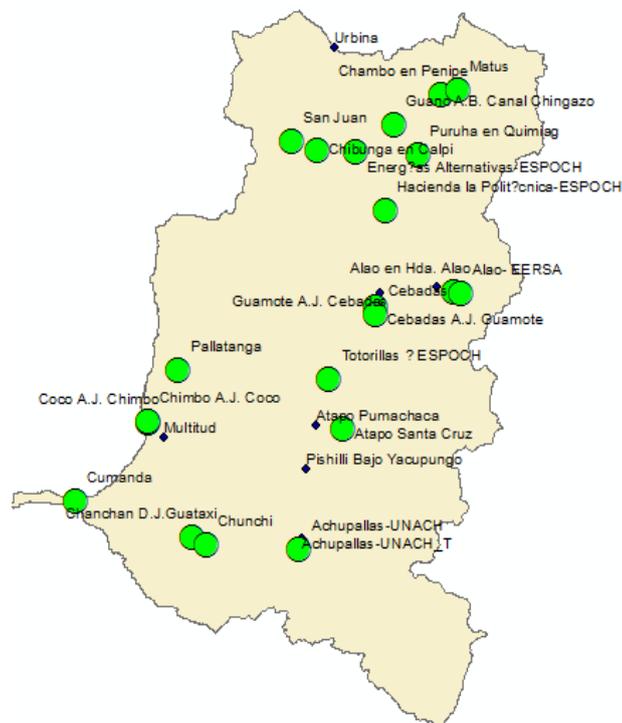


Figura 58. Nivel Recepción Señal Operadora 2

Luego de eso realizar una superposición de las capas con las RBS para hacer la constatación de RBS instaladas y poder realizar la comprobación que existe infraestructura de las operadoras para los sectores de las mediciones. Para las estaciones meteorológicas las 2 Operadoras tienen excelente señal. En la Tabla 5 se puede observar los niveles mínimos y máximos así como la desviación estándar:

dBm	Op2	Op3
Max.	-51.00	-51.00
Min	-83.90	-91.65
Desviación Estándar	11	14
Promedio	-66.85	-67.97

Tabla 5. Estadísticas de recepción

Se tiene las localizaciones de la infraestructura de las radiobases y estaciones meteorológicas con el respectivo nivel de recepción medido. (Ver Figura 59, Figura 60) También se obtiene de igual manera la infraestructura instalada con el nivel de recepción simulado. (Ver Figura 61, Figura 62)

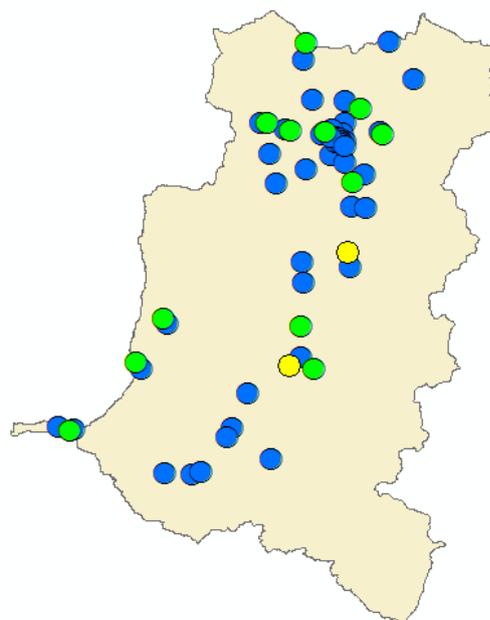


Figura 59. RBS y Niveles Rx Op3

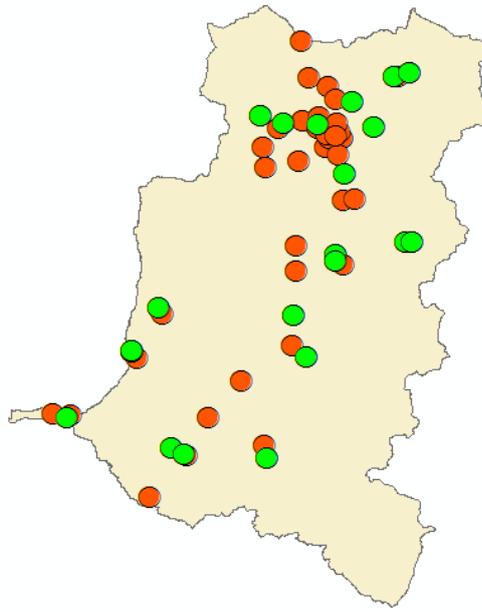


Figura 60. RBS y Niveles Rx Op2

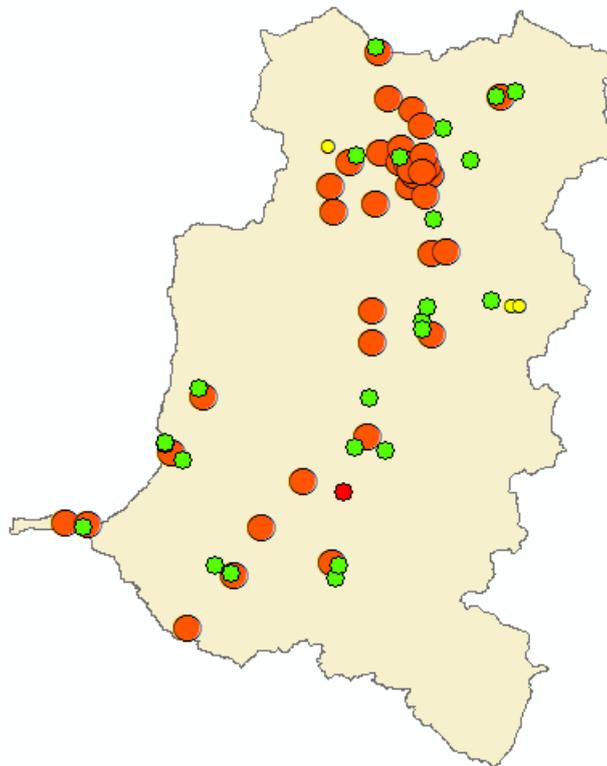


Figura 61. Okumura-Hata Predicción Puntual Op3

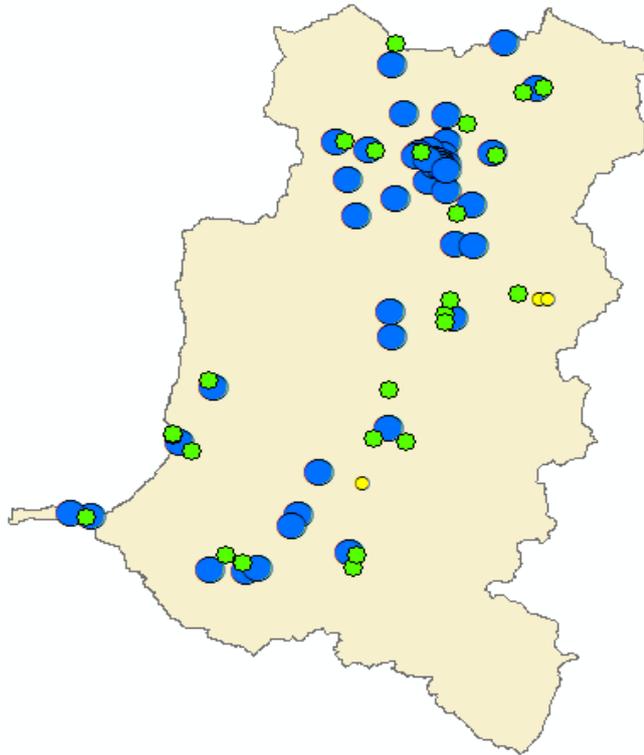


Figura 62. Okumura-Hata Predicción Puntual Op2

2.6.7. Comprobación de Hipótesis

2.6.7.1. Método utilizado: chi-cuadrado

Es una prueba no para métrica de comparación de proporciones para dos y más de dos muestras independientes, debe cumplir las siguientes características:

- Los datos se ajustan a la distribución de chi cuadrada.
- Nivel nominal de la variable dependiente.

Su función es comparar dos o más de dos distribuciones de proporciones y determinar que la diferencia no se deba al azar (que las diferencias sean estadísticamente significativas).

Parte de la distribución de frecuencias de dos variables cruzadas, representadas en las llamadas Tablas cruzadas.

Se pueden comparar 2 tipos de distribuciones de frecuencias o proporciones:

Cuando las dos variables tienen cada una dos valores (2x2).

Cuando alguna o las dos variables tiene más de dos valores. (Villatoro & López, 2011)

2.6.7.2. Formula Chi Cuadrado.

$$X^2 = \sum \left[\frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \right]$$

Ecuación 13

Donde:

X² = valor estadístico de chi cuadrado.

f_o = frecuencia observada.

f_e = frecuencia esperada.

Para ello se necesita el grado de libertad (gl) y el nivel de significancia.

$$gl = (f - 1)(c - 1)$$

Ecuación 14

Donde:

gl: grado de libertad, se calcula multiplicando el número de filas menos 1 por el número de columnas menos 1.

f: filas

c: columnas

2.6.7.3. Prueba Del Chi-Cuadrado

Se trabajara con un nivel de significancia de 0.05 (confianza 95%)

- Variable Independiente:

Diseño del sistema de transmisión de datos.

- Variable Dependiente:
- Monitoreo
- Adquisición de Datos

DISEÑO	MES	CANTIDAD	TIEMPO (s)	T RECOLECCION DATOS (s)
0	Enero	744	3600	2
0	Febrero	672	3600	1
0	Marzo	744	3600	1
0	Abril	720	3600	2
0	Mayo	744	3600	2
0	Junio	720	3600	1
0	Julio	744	3600	1
0	Agosto	744	3600	2
0	Septiembre	720	3600	1
1	Octubre	44640	60	3
1	Noviembre	43200	60	3
1	Diciembre	44640	60	3
1	Enero	44640	60	3
1	Febrero	40320	60	3
1	Marzo	44640	60	3

Tabla 6. Datos de Validación de Hipótesis

Diseño:

0: no existe red de transmisión de datos.

1: existe red de transmisión de datos.

Tiempo de recolección de datos:

1: Quincenal.

2: Mensual.

3: 5 Minutos.

H₀: Disminuye el tiempo antes y después del diseño e implementación de una red de transmisión de datos. $P \geq 0.05$

H₁: No Disminuye el tiempo antes y después del diseño e implementación de una red de transmisión de datos. $P < 0.05$

Válido		Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
15	100,0%	0	0,0%	15	100,0%

Tabla 7. Resumen de procesamiento de casos

	Tiempo-s		Total
	60	3600	
antes	0	9	9
después	6	0	6

Tabla 8. Tabulación cruzada antes y después de la implementación: tiempo de la transmisión de datos.

	Valor	Gl	Sig. asintótica (2 caras)	Significación exacta (2 caras)	Significación exacta (1 cara)
Chi-cuadrado de Pearson	15,000a	1	,000		
Corrección de continuidadb	11,123	1	,001		
Razón de verosimilitud	20,190	1	,000		
Prueba exacta de Fisher				,000	,000
Asociación lineal por lineal	14,000	1	,000		
N de casos válidos	15				

Tabla 9. Pruebas de chi-cuadrado



Figura 63. Chi cuadrado tiempo transmisión de datos

Como lo calculado es igual $0,00 < 0,05$ P tabulado se concluye que los tiempos no se relacionan por lo tanto se rechaza la hipótesis nula H_0 . (Ver Figura 63)

H_0 : Aumenta la capacidad en la adquisición de datos antes y después del diseño e implementación de una red de transmisión de datos. $P > 0.05$

H_1 : No aumenta la capacidad en la adquisición de datos antes y después del diseño e implementación de una red de transmisión de datos. $P \leq 0.05$

Válido		Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
15	100,0%	0	0,0%	15	100,0%

Tabla 10. Resumen de procesamiento de casos

	Cantidad						Total
	672	720	744	40320	43200	44640	
antes	1	3	5	0	0	0	9
después	0	0	0	1	1	4	6

Tabla 11. Tabulación cruzada antes y después de la Implementación cantidad de datos

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	15,000a	5	,010
Razón de verosimilitud	20,190	5	,001
Asociación lineal por lineal	13,968	1	,000
N de casos válidos	15		

Tabla 12. Pruebas de Chi-cuadrado

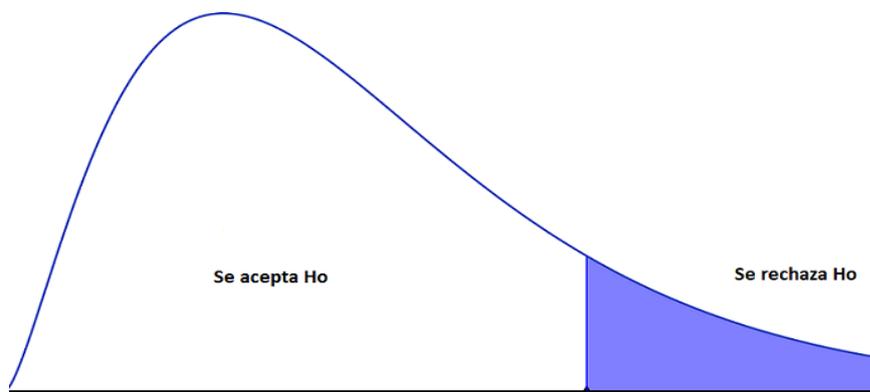


Figura 64. Chi-cuadrado almacenamiento datos

Como lo calculado es igual $0,01 < 0,05$ P tabulado se concluye que la cantidad de datos no se relacionan por lo tanto se rechaza la hipótesis nula H_0 . (Ver Figura 64)

CAPITULO III

3. RESULTADOS

3.1. Presupuesto de potencia.

Se realiza el análisis de la potencia recibida desde el transmisor mediante las ganancias y pérdidas (interferencias, perdidas de cables, ganancia de antena, diversidad, potencia isotrópica, etc)

Las potencias de la MS y de la BTS en conjunto con las sensibilidades. La potencia de transmisión de una MS es definida por las especificaciones de la ETSI y se tiene como 2W como máximo para una clase 4 en GSM 900. En cambio la potencia de transmisión de la BTS depende de la prácticamente del proveedor y sus tipos.

Ganancia de antenas. La ganancia de antena de la BTS depende del tipo de antena y si la antena es omnidireccional o direccional. La antena direccional depende de la polarización lineal vertical u horizontal, además del ancho del haz de potencia. De las dimensiones de la antena, dependerá el impacto el rango de frecuencias. La ganancia de la antena se encuentra en 17 dBi para las operadoras nacionales de 65° del ancho de haz en horizontal y de 9.5° para la polarización vertical. Para los cálculos del balance de potencia para la antena MS generalmente se utiliza 0 dBi. Para el propósito de la red se utiliza 11dBi.

Diversidad de ganancia. Se utiliza para la corrección del desbalanceo entre los enlaces de subida y bajada. De manera tradicional se utiliza un arreglo de diversidad que se lo hace en la BTS. Y la separación de las antenas en el receptor en vertical y

horizontal, se refiere a diversidad en espacio. La diversidad decrece el efecto de desvanecimiento y la ganancia alcanzada es de 5dB.

Perdidas en conectores y conductores. Cada uno se calcula por separado. Dependiendo del material y diámetro. Por ejemplo los 100m de ½ pulgadas es de 7dB para 900MHz. Para conectores se estima 0.1dB dependiendo del cable y numero de los mismos en la línea de la antena.

Factores de pérdidas en el equipamiento consiste en aisladores, combinadores y pérdidas en el filtro. El aislador separa la señal desde el transmisor. El combinador mezcla las señales transmitidas hacia la antena. El filtro combina y recibe las señales a un alimentador del cable, así como también a una sola antena y cable. Las perdidas combinadas por los tres elementos se encuentran alrededor de 2-3dB.

Dos elementos que se consideran en el presupuesto de potencia son MHA (mast head amplifier) y booster. El MHA se encuentra cercano a la BTS, y es usado para la amplificación de la señal. Con lo que se disminuye el efecto de desbalance entre el enlace de subida y bajado dando una ganancia extra en el enlace de subida. El booster que es otro amplificador se utiliza para amplificar la potencia de transmisión de la BTS.

El margen de la degradación por interferencia describe las perdidas debido a la reutilización de frecuencias. Por lo tanto la tasa de reutilización de frecuencias corresponde al valor del margen de degradación. De modo que el margen de degradación por interferencia en promedio en las áreas urbanas y rurales de 3dB según las recomendaciones de le ETSI 03.30. Para alta frecuencias es de 4-5dB.

En la Tabla 13 se presenta los cálculos del balance de potencias. Para un la tecnología GSM 850. La frecuencia que se ocupa es de 824MHz y el resto de detalles del cálculo. El cálculo de balance de potencia en el extremo de recepción se calcula la potencia isotrópica (F) tanto para la BTS como para MS. La potencia isotrópica es la potencia mínima recibida, la cual permite el balance del enlace. La sensibilidad del receptor(A) es la base de la potencia isotrópica con los

parámetros de ganancias restadas y los de pérdidas sumados en el balance de potencia. La potencia isotrópica de la BTS es

$$F = A + B + C - D - E$$

Ecuación 15

$$F = -111 \text{ dBm} + 3 \text{ dB} + 3.19 \text{ dB} - 17 \text{ dBi} - 5 \text{ dB}$$

$$F = -126.81 \text{ dBm}$$

Para la MS

$$F = -106 \text{ dBm} + 3 \text{ dB} + 0 \text{ dB} - 11 \text{ dBi} - 0.15 \text{ dB}$$

$$F = -114.15 \text{ dBm}$$

La potencia isotrópica se convierte en $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ y su resultado es la intensidad de campo eléctrico (G). Para la BTS:

$$G = F + Z^* =$$

Ecuación 16

$$G = -126.81 \text{ dBm} + 77.2 + 20 \log (824 \text{ MHz})$$

$$G = 8.71 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$$

Y para MS la intensidad de campo eléctrico:

$$G = -114 \text{ dBm} + 77.2 + 20 \log (824 \text{ MHz})$$

$$G = 21.37 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$$

Después se calcula el pico de la EIRP (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) (P). La potencia de radiación es presentada de modo que la ganancia de antena está en dBi sobre una antena isotrópica. Si la ganancia en base a un dipolo dBd y la potencia radiada está dada por ERP (potencia efectiva radiada). La transformación de EIRP a ERP está dada por $\text{EIRP} = \text{ERP} + 2 \text{ dB}$. En el caso de la ganancia antena de la MS esta depende de las pérdidas por la estructura y por lo tanto se considera 0 dBi para los cálculos. Las pérdidas también son 0 y la EIRP

de la MS es la potencia de salida (K) y la potencia de la MS es fijada de acuerdo a

Clase de la estación móvil:

$$P = K - L - N + O$$

Ecuación 17

$$P = 33 \text{ dBm} - 0 \text{ dB} - 0.15 \text{ dB} + 11 \text{ dBi}$$

$$P = 43.95 \text{ dBm}$$

Pérdidas de trayectoria isotrópica (Q) para el enlace de subida es la EIRP menos la potencia isotrópica:

$$Q = P - F$$

Ecuación 18

$$Q = 43.85 \text{ dBm} - (-114.15 \text{ dBm}) = 158 \text{ dB}$$

La pérdida en la trayectoria para el enlace de bajada y subida es igual. Con la BTS.

El cálculo de potencia de salida pico de TX puede realizarse de la misma manera anterior. La potencia de la BTS es crítica en el cálculo de balance de potencia. Se comienza con la EIRP pico de la BTS

$$P = Q + F$$

Ecuación 19

$$P = 181.62 \text{ dB} + (-126.81 \text{ dBm})$$

$$P = 54.81 \text{ dBm}$$

Se continúa con la potencia TX de transmisión, la EIRP del enlace de bajada se resta de la ganancia de antena de la BTS (O) y se suma la pérdida de los conductores (N) y el aislador, combinador y pérdida del filtro (L):

$$K = M + L = P + N - O + L$$

Ecuación 20

$$K = 39.5 \text{ dBm} + 1.5 \text{ dB} = 56.76 + 1.69 - 17 \text{ dBi} + 1.5 \text{ dB}$$

$$K = 41 \text{ dBm}$$

El típico valor de dimensionamiento de tráfico por un subscriptor es de 15-30 mErl. En la práctica el usuario establece una llamada durante 90s que ocupa en una hora.

Frequency (MHz)	824			
Received End	Unit	BS	MS	
Rx RF Input Sensivity	dBm	-111	-106	A
Interference Degradation Margin	dB	3	3	B
Cable Loss+conector	dB	3.19	0	C
Rx Antenna Gain	dBi	17	11	D
Diversity Gain	dB	5	0.15	E
Isotropic Power	dBm	-126.81	-114.15	F= A + B + C - D - E
Field Strength	dB uV/m	8.71	21.37	G=F + Z
Za=77.2 + 20 log(F)			135.52	
Transmitting End	unit	MS	BS	
Tx RF Ouput Peak Power	W	2	12.59	
Mean Power Over RF Cycle	dBm	33	41	K
Isolator+Combiner+Filter	dB	0	1.5	L
RF Peak Power, Combiner Output	dBm	33	39.5	M=K-L
Cable Loss+Conector	dB	0.15	1.69	N
Tx Antenna Gain	dBi	11	17	O
Peak EIRP	W	24.83	302.69	
EIRP=ERP+2dB	dB	43.95	54.81	P=M-N+O
Isotropic Path Loss	dB	158	181.62	Q=P-F

Tabla 13. Presupuesto de potencia BS – MS^{9 10 11}

⁹ ANEXO B: Especificaciones Kathrein 739623 Figura 118

¹⁰ ANEXO C: Equipos Instalados. Figura 120 Figura 121

¹¹ RS

3.2. Cálculos de radio enlace

Es una conexión mediante ondas de radio entre varios terminales móviles o fijos. El trayecto que sigue una onda de radio se encuentra lleno de obstáculos, como la geografía del lugar o construcciones como casas edificios etc y sobre todo se ven afectados por la curvatura del planeta. En la Tabla 14 se puede observar el cálculo radioenlace para cada una de las estaciones meteorológicas que conforman la red.

Existen 4 conceptos importantes en la propagación de señales de radio.

1. Pérdidas Okumura-Hata

$$L_U = 69.55 + 26.16 \log f[\text{Mhz}] - 13.82 \log h[\text{m}] - C_H + (44.9 - 6.55 \log h[\text{m}]) \log R[\text{km}]$$

Ecuación 21

$$L_{SU} = L_U - 2 \left(\log \frac{f[\text{Mhz}]}{28} \right)^2 - 5.4$$

Ecuación 22

$$L_o = L_U - 4.78(\log f[\text{Mhz}])^2 + 18.33 \log f[\text{Mhz}] - 40.94$$

Ecuación 23

$$C_H = 0.8 + (1.1 \log f[\text{Mhz}] - 0.7) h_M[\text{m}] - 1.56 \log f[\text{Mhz}]$$

Ecuación 24

Donde:

L_u , L_{su} , L_o : pérdidas en ambientes urbano, suburbano y abierto respectivamente.

h : es la diferencia entre las alturas de las antenas del receptor y transmisor

h_M : altura de la antena receptora desde el suelo

f : la frecuencia de transmisión (MHz),

3. Zona Fresnel

$$F_1(m) = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

Ecuación 25

Donde:

F1: representa la primera zona de fresnel expresada en m

D: representa la distancia expresada en Km

F: representa la frecuencia expresada en GHz (Coimbra G, 2010)

4. Potencia Isotrópica Radiada equivalente (PIRE) es la cantidad de potencia emitida por una antena isotrópica, produciendo la densidad de potencia en la dirección de ganancia máxima de una antena.

$$\text{PIRE(dBm)} = P_T - L_C + G_a$$

Ecuación 26

Donde:

PIRE: representa Potencia Isotrópica Radiada equivalente expresada en dBm

PT: representa la potencia de la antena en dB

Lc: Representa las pérdidas del cable en dB

Ga: representa la ganancia de la antena en dBi

PIRE: representa Potencia Isotrópica Radiada efectiva equivalente expresada en watts (Coimbra G, 2010) es :

$$P(w) = * \frac{10^{(P_{dBm}/10)}}{1000}$$

Ecuación 27

Donde:

P: representa el PIRE expresado en dBm

5. Intensidad de Campo.

$$E \text{ field } \left(\text{dB}_{\mu\text{V}}/\text{m} \right) = 3 + 20\log f(\text{MHz})$$

$$E \text{ field } \left(\text{dB}_{\mu\text{V}}/\text{m} \right) = 3 + 20\log (870\text{MHz})$$

$$E \text{ field } \left(\text{dB}_{\mu\text{V}}/\text{m} \right) = 3 + 58.79$$

$$E \text{ field } \left(\text{dB}_{\mu\text{V}}/\text{m} \right) = 61.79$$

Donde:

E: field $\left(\text{dB}_{\mu\text{V}}/\text{m} \right)$, representa la intensidad de campo

F: representa la frecuencia expresada en MHz (UIT, 1994)

Estaciones	Latitud	Longitud	Rx Level	Path Loss	Zona Fresnel	PIRE	PIRE	E field	Rx	Margen Sensibilidad
	m	m	dB	dB	m	dBm	W	dB μ V/m	dBm	>6dB
Achupallas-UNACH_T	9749167	748492	-57.79	105.94	11	54.81	302.69	61	-57.79	-48.21
Alao- EERSA	9792290	777950	-90.66	117.57	13	54.81	302.69	61	-90.66	-15.34
Alao en Hacienda Alao	9792331	776670	-85.94	130.84	16	54.81	302.69	61	-85.94	-20.06
Alao Llactapamba	9793173	773499	-76.11	63.48	17	54.81	302.69	61	-76.11	-29.89
Atapo Pumachaca	9768970	751180	-73.09	112.06	35	54.81	302.69	61	-73.09	-32.91
Atapo Santa Cruz	9768270	755979	-50.82	62.58	12	54.81	302.69	61	-50.82	-55.18
Cebadas	9788474	762264	-58.85	78.07	14	54.81	302.69	61	-58.85	-47.15
Cebadas A.J. Guamote	9789787	762078	-55.35	89	9	54.81	302.69	61	-55.35	-50.65

Chambo en Penipe	9827080	774214	-65.76	105.91	16	54.81	302.69	61	-65.76	-40.24
Chanchan D.J.Guataxi	9749189	727937	-54.48	120.35	18	54.81	302.69	61	-54.48	-51.52
Chibunga en Calpi	9817336	751215	-64.27	87.20	12	54.81	302.69	61	-64.27	-41.73
Chimbo A.J. Coco	9769702	719866	-63.82	106.88	24	54.81	302.69	61	-63.82	-42.18
Chunchi	9748027	730723	-61.94	56.75	36	54.81	302.69	61	-61.94	-44.06
Coco A.J. Chimbo	9769309	719973	-58.79	105.94	16	54.81	302.69	61	-58.79	-47.21
Cumandá	9755580	706262	-57.32	55.41	3	54.81	302.69	61	-57.32	-48.68
Energías Alternativas-ESPOCH	9816967	758398	-37.41	33.52	9	54.81	302.69	61	-37.41	-68.59
Guamote A.J. Cebadas	9792124	763041	-65.29	94.20	11	54.81	302.69	61	-65.29	-40.71
Guano A.B. Canal Chingazo	9821730	765622	-62.15	103.54	18	54.81	302.69	61	-62.15	-43.85
Hacienda la Politécnica-ESPOCH	9806678	764087	-67.2	88.45	11	54.81	302.69	61	-67.2	-38.8
Matus	9827890	777401	-57.91	48.78	9	54.81	302.69	61	-57.91	-48.09
Multitud	9766767	722801	-71.65	46.79	18	54.81	302.69	61	-71.65	-34.35
Pallatanga	9778655	725475	-71.3	63.30	12	54.81	302.69	61	-71.3	-34.7
Pishilli Bajo Yacupungo	9761332	749103	-94.62	69.33	10	54.81	302.69	61	-94.62	-11.38
Puruhá en Quimiag	9816393	770084	-65.68	99	16	54.81	302.69	61	-65.68	-40.32
San Juan	9818849	746596	-56.54	67.86	15	54.81	302.69	61	-56.54	-49.46
Totorillas ESPOCH	9777100	753320	-75.3	98.03	25	54.81	302.69	61	-75.3	-30.7
Urbina	9835326	754533	-68.18	71.22	31	54.81	302.69	61	-68.18	-37.82

Tabla 14 Presupuesto de Potencia de Estaciones Meteorológicas.

3.3. Intensidad de tráfico, almacenamiento (PAREDES PATIN & PEREZ ACOSTA, 2008)

Se debe calcular el número de muestras diarias para las estaciones meteorológicas

Debido a que se muestrean cada minuto:

$$t_{min} = 1min$$

$N_m = \text{Horas} \times \text{mediciones}$

$$N_m = 24 * 60 \text{ mediciones}$$

Ecuación 28

$N_m = 1440$ mediciones diarias

$$N_m = 1440/t$$

Ecuación 29

$$N_m = \frac{1440}{1} = 1440 \text{ mediciones/día}$$

$$N_m = \frac{1440}{5} = 288 \text{ mediciones/día}$$

$$N_m = \frac{1440}{60} = 24 \text{ mediciones/día}$$

Las mediciones de todos los parámetros tienen un tamaño de 782 bytes, y el tamaño del header 768 bytes.

$$C_{med} = N_m * C_{med}$$

Ecuación 30

$$C_{med} = 1440 * 782 \text{ bytes}$$

$$C_{med} = 1126080 \text{ bytes/día}$$

$$C_{med} = 1.126 \text{ kbytes/día}$$

Donde:

C_{med} : tamaño de mediciones

Datos almacenados incluido header en el servidor diario:

$$C_{med} = 1440 * 782 + 768$$

$$C_{med} = 1126.848 \text{ kbytes}$$

De acuerdo a los procedimientos de envío de datos el datalogger almacena las mediciones realizadas cada minuto y envía la información meteorológica cada 5 minutos.

$$\text{Datos } 5\text{min} = 288 \times 782 + 768 = 4.678 \text{ Kbytes}$$

Para transmisiones asíncronas se tiene 8N1 y 1 de inicio se tiene una trama de 10 bits. Envío la transmisión de 782 bytes se tiene

$$782 \times 10 \text{ bits} = 7820 + 768$$

$$= 8588 \text{ bits por cada transmisión}$$

En un día se obtiene $1.13\text{Mb} \times 10 = 11.3\text{Mb}$ transmitidos

Para los 5 minutos se obtiene las transmisiones:

$$11.3\text{Mb} \times 1\text{hora} / 60\text{min} \times 1 \text{ día} / 24 \text{ horas} \times 5\text{min} = 39.24\text{kbytes}$$

De esto se obtiene el almacenamiento proyectado para las 24 estaciones meteorológicas (ver. Tabla 15).

Numero estaciones	Almacenamiento (Mb)		
	Día	Mes	año
1	1.13	33.81	411.30
24	27.04	811.33	9871.19

Tabla 15. Almacenamiento de estaciones meteorológicas conexión GPRS

De lo expuesto se tiene que la mejor opción entre las operadoras, es la operadora dos, ya que presenta los mejores resultados en mean data rate de 85.68/28.08 kbps para descarga y carga de datos.

Para el total de estaciones se tiene que:

$$C_{\text{total}} = 39.24\text{Kb} \times 24$$

$$C_{\text{total}} = 941.76\text{Kbytes}$$

Para la estimación de envío $t = 39.24 \text{ K} / 14.4 \times 10^3 = 2.725$ segundos

Para el total de estaciones el tiempo es $t = 941.76\text{k} / 14.4 \times 10^3 = 65.2$ segundos

3.4. Análisis de Tráfico

Se asume algunas características del SMA, se tiene la Tabla 16 de configuración del time slot (4+2) o (4+1) a partir de (d+u) (uplink+downlink), donde d=4; u=2 o u=1 time slot (Nogueira, Baynat, & Ziram, 2006); y los esquemas de codificación (CS) pueden variar entre CS-2, CS-3, CS-4. Para la Operadora 2 se tendrá un CS-4, la Operadora 3 un CS3 y Operadora 1 un CS2 (Shamma, 2005); Clase 10 para (4+2) en el modem con comunicación GPRS se tiene velocidades de 54.3-128.4 kbps. Dispone de Modulación y esquema de codificación (MCS) entre MCS1 to MCS9 de 8.8 — 59.2 kbps (Radio-Electronics, s.f.) data rate transfer en EGPRS. (Wireless, 2014). Haciendo referencia a la Tabla 16 Tabla 16. Configuración time slot (d+u) Mean Data Rate en FTP y HTTP. La operadora con mejor velocidad es la Operadora 2 para los dos servicios.

Clase	Time-slot (d+u)
Clase 1	1+1
Clase 2	2+1
Clase 4	3+1
Clase 8	4+1
Clase 10	4+2
Clase 18	8+8

Tabla 16. Configuración time slot (d+u)

Enlace		Operadora. 1	Operadora 2	Operadora 3
FTP	downlink	50.87	85.68	64.87
	uplink	25.17	28.08	26.95
HTTP	downlink	40.04	58.76	40.97

Tabla 17. Mean Data Rate en FTP y HTTP

En la Figura 65 se presenta la cantidad de mediciones mensuales realizadas para el monitoreo de las estaciones meteorológicas, durante 14 meses. En el cual se puede evidenciar un crecimiento de las mismas después de la implementación del sistema de transmisión, y la configuración de las estaciones. Los meses con mayor cantidad de datos son 4 octubre, diciembre, enero, y marzo. De acuerdo a

la configuración de transmisión se tiene un periodo de transmisión de paquetes cada 5 minutos por lo que el tráfico es invariante en relación a la hora con mayor carga.

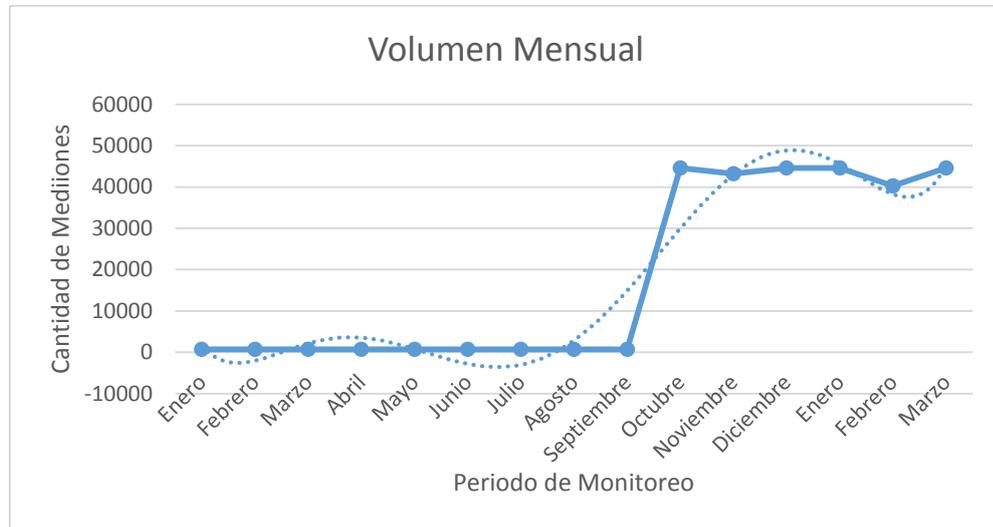


Figura 65. Monitoreo Mensual

$$a \frac{L}{R}$$

A: tasa promedio de llegada de paquete de datos (paquetes/seg)

L: longitud media del paquete (bits), y

R: tasa de transmisión (bits/seg) (wikipedia, 2014)

Se establece el tráfico mensual de las estaciones en la siguiente Tabla 18.

a	uplink FTP			downlink FTP			downlink HTTP		
	Ope1	Ope2	Ope3	Ope1	Ope2	Op3	Ope1	Ope2	Ope3
0.496	0.244	0.219	0.228	0.121	0.072	0.095	0.154	0.105	0.150
0.448	0.221	0.198	0.206	0.109	0.065	0.086	0.139	0.095	0.136
0.496	0.244	0.219	0.228	0.121	0.072	0.095	0.154	0.105	0.150
0.480	0.236	0.212	0.221	0.117	0.069	0.092	0.149	0.101	0.145
0.496	0.244	0.219	0.228	0.121	0.072	0.095	0.154	0.105	0.150
0.480	0.236	0.212	0.221	0.117	0.069	0.092	0.149	0.101	0.145
0.496	0.244	0.219	0.228	0.121	0.072	0.095	0.154	0.105	0.150
0.496	0.244	0.219	0.228	0.121	0.072	0.095	0.154	0.105	0.150
0.480	0.236	0.212	0.221	0.117	0.069	0.092	0.149	0.101	0.145
29.760	14.661	13.142	13.693	7.254	4.307	5.689	9.216	6.280	9.007

28.800	14.188	12.718	13.251	7.020	4.168	5.505	8.919	6.078	8.717
29.760	14.661	13.142	13.693	7.254	4.307	5.689	9.216	6.280	9.007
29.760	14.661	13.142	13.693	7.254	4.307	5.689	9.216	6.280	9.007
26.880	13.242	11.870	12.368	6.552	3.890	5.138	8.324	5.672	8.136
29.760	14.661	13.142	13.693	7.254	4.307	5.689	9.216	6.280	9.007

Tabla 18. Intensidad de tráfico

Si tenemos en cuenta el header 768bytes y 782bytes el tamaño de las mediciones se obtiene 1550 bytes, $L=12400$ bits, la velocidad R se muestra en la Tabla 16. Configuración time slot $(d+u)$. Se puede observar Tabla 18 que se presentara un retraso en el envío de paquetes.

3.4.1. Relación de fallas en la activación del contexto PDP [%] (PDP Context Activation Failure Ratio)

En la Tabla 19 muestra que no se encontró fallas en la activación del contexto PDP, para el FTP y HTTP.

Enlace		OP.1	OP.2	OP. 3
FTP	downlink	0	0	0
	uplink	0	0	0
HTTP	downlink	0	0	0

Tabla 19. PDP Context Activation Failure Ratio FTP y HTTP

Relación de Fallas de Acceso al servicio IP [%](IP-Service Access Failure Ratio)

En la Tabla 20 muestra el porcentaje de fallas en el acceso al servicio

Enlace		OP1	OP2	OP3
FTP	downlink	9.48	5.59	11.95
	uplink	14.91	10.66	18.84
HTTP	downlink	2.06	4.86	1.87

Tabla 20. IP-Service Access Failure Ratio: FTP & HTTP

3.4.2. No accesibilidad al servicio [%] (Service Non-Accessibility)

En la Tabla 21 presenta el porcentaje de no acceso al servicio que es la suma de las fallas en la activación del contexto PDP y la relación de fallas del acceso al servicio IP. (ver. Capítulo 1)

Enlace		OP1	OP2	OP3
FTP	downlink	9.48	5.59	11.95
	uplink	14.91	10.66	18.84
HTTP	downlink	2.06	4.86	1.87

Tabla 21. Service Non-Accessability: FTP & HTTP

3.4.3. Tiempo de Configuración de servicio IP[s] (IP Service Setup Time)

En la Tabla 22 hace referencia al tiempo para establecer una conexión TCP/IP de servicio y fue evaluado mediante IP-Service Setup Time [s] (ver. Capítulo 1). La operadora 1 tiene menor tiempo de acceso al FTP en el enlace de bajada y subida y en cambio para el HTTP se tiene un acceso más rápido para la operadora 3.

Enlace		OP1	OP2	OP3
FTP	downlink	1.23	2.33	1.36
	uplink	0.64	0.89	1.98
HTTP	downlink	1.44	1.84	1.30

Tabla 22. IP Service Setup Time: FTP & HTTP

3.5. Mediciones Con El Analizador De Espectros

Adicionalmente a las mediciones de drive test con el ASCOM TEMS, se realizó mediciones con el analizador espectro ANRITSU (Ver Figura 66) y con una antena YAGI (Ver Figura 67) en el espectro de telefonía móvil se encuentra entre 800-950 MHz, en Jubal y Achupallas. En Jubal se tiene el barrido de frecuencias de 775Mhz a 925Mhz con SPAN de 150Mhz y el nivel de recepción de potencia todos los operadores es mucho menor a -90dBm (Ver. Figura 68). Y en la comunidad de Achupallas existe picos de señal de servicio móvil cercana a los -70dBm. (Ver. Figura 69). Con lo que se puede prever que en las dos mediciones: Jubal posee un nivel de potencia muy bajo para garantizar la recepción de la señal y Achupallas un nivel de señal aceptable con lo que se garantiza cobertura de telefonía móvil.



Figura 66. Analizador espectros Anritsu.



Figura 67. Antena YAGI

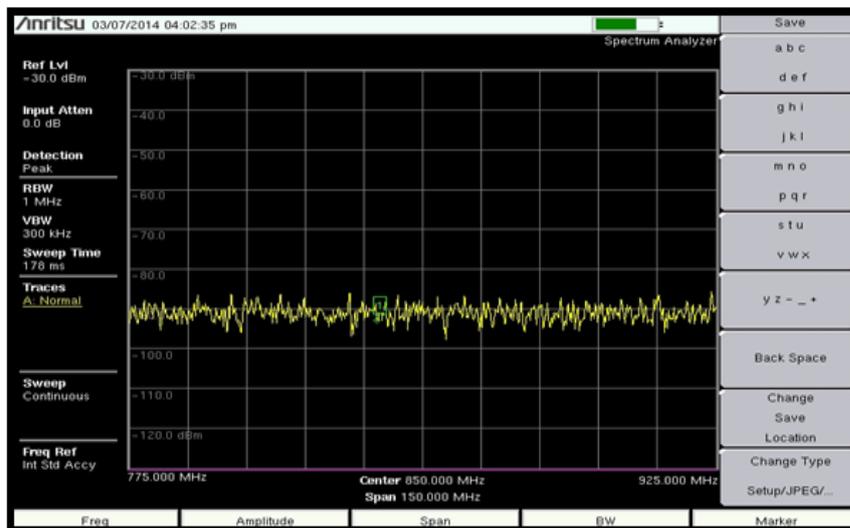


Figura 68. Analizador espectros Jubal

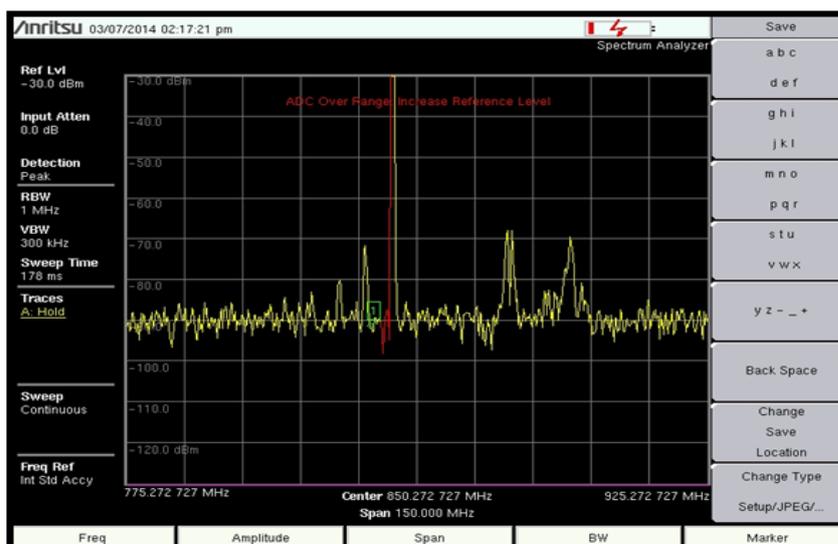


Figura 69. Analizador Espectros Achupallas

En cuanto a la Tabla 23 y Tabla 24 se muestra los niveles de recepción (Ayala, Recalde, & Sanaguano, 2014) Frente a la simulación del modelo Okumura-Hata. En la cual se puede observar que: Para la operadora 3, las estaciones tienen una buena precisión entre el teórico y las mediciones; mientras tanto en 3 localizaciones existe una marcada diferencia de 12.93–22.37dBm. En cuanto a las estaciones que se encuentran dentro del mismo rango de clasificación, hay una variación máxima hasta 20.86 dBm. Para la operadora 2 se tiene que existe una mejor precisión entre la cobertura y la simulación dando como resultado que 2 estaciones estén en diferente categoría, dentro de la misma categoría existe una variación máxima de 31.18 dBm.

Estaciones	Latitud	Longitud	Altura	RxLevel Op.3	Nivel	RxLevel Calculado	Nivel
Coco A.J. Chimbo	9769309	719973	754	-	verd	-70.78	verde
Chimbo A.J. Coco	9769701.	719865.	771	-81.97	verd	-73.19	verde
Atapo Pumachaca	9768969.	751180.	3180	-85.3	amar	-63.58	verde
Chanchan	9749188.	727936.	1497	-	verd	-40.07	verde
Alao en Hacienda.	9792331	776670	3156	-	verd	-85.88	amarill
Cebadas A.J.	9789787	762078	2895	-	verd	-65.65	verde
Chambo en Penipe	9827080.	774214	2375	-	verd	-46.73	verde
Chibunga en Calpi	9817335.	751214.	3022	-62.61	verd	-51.02	verde
Guamote A.J.	9792124	763041	2856	-91.65	amar	-69.28	verde
Guano A.B. Canal	9821729.	765621.	2600	-62.61	verd	-73.61	verde
Cebadas	9788474	762264	2957	-	verd	-59.85	verde
Totorillas	9777100	753320	3193	-78.1	verd	-74.59	verde
Alao- EERSA	9792290	777950	3193	-	-	-90.31	amarill
Hacienda la	9806678	764087	2738	-56.81	verd	-73.42	verde

Energías	9816967.	758398.	2853	-58.74	verd	-56.46	verde
Puruhá en Quimiag	9816392.	770083.	2709	-58.74	verd	-74.83	verde
San Juan	9818849	746596	3232	-78.1	verd	-91.03	amarill
Urbina	9835326	754533	3642	-51	verd	-69.70	verde
Pallatanga	9778655	725475	1509	-51	verd	-71.86	verde
Cumandá	9755579.	706262.	331	-52.94	verd	-56.56	verde
Atapo Santa Cruz	9768270.	755978.	3475	-81.97	verd	-61.52	verde
Chunchi	9748027.	730723.	2312	-	verd	-51.21	verde
Matus	9827889.	777400.	2691	-	verd	-75.87	verde
Achupallas-	9747233	748006	3376	-	verd	-64.43	verde
Multitud	9766767	722801	-	-	-	-63.99	verde
Pishilli Bajo	9761332	749103	-	-	-	-105.82	rojo
Alao Llactapamba	9793173	773499	-	-	-	-76.20	verde
Achupallas-	9749167	748491.	-	-70	-	-57.79	Verde

Tabla 23. Rxlevel calculado vs Rx Level Op3

Estaciones	Latitud	Longitud	Altura	RxLevel Op2	Nivel	Rx Level Calculad	Nivel
Coco A.J. Chimbo	9769309	719973	754	-80	verde	-58.79	verde
Chimbo A.J. Coco	9769701.	719865.	771	-82	verde	-63.82	verde
Atapo Pumachaca	9768969.	751180.	3180	-	-	-73.09	verde
Chanchan	9749188.	727936.	1497	-68	verde	-54.48	verde
Alao en Hacienda	9792331	776670	3156	-84	verde	-85.94	amarill
Cebadas A.J.	9789787	762078	2895	-70	verde	-55.35	verde
Chambo en Penipe	9827080.	774214	2375	-66	verde	-65.76	verde
Chibunga en Calpi	9817335.	751214.	3022	-63	verde	-64.27	verde
Guamote A.J.	9792124	763041	2856	-	-	-65.29	verde
Guano A.B. Canal	9821729.	765621.	2600	-63	verde	-62.15	verde
Cebadas	9788474	762264	2957	-65	verde	-58.85	verde
Totorillas ESPOCH	9777100	753320	3193	-78	verde	-75.30	verde
Alao- EERSA	9792290	777950	3193	-68	verde	-90.66	amarill
Hacienda la	9806678	764087	2738	-57	verde	-67.20	verde
Energías	9816967.	758398.	2853	-59	verde	-37.41	verde
Puruhá en Quimiag	9816392.	770083.	2709	-59	verde	-65.68	verde
San Juan	9818849	746596	3232	-78	verde	-56.54	verde
Urbina	9835326	754533	3642	-	-	-68.18	verde
Pallatanga	9778655	725475	1509	-51	verde	-71.30	verde
Cumandá	9755579.	706262.	331	-53	verde	-57.32	verde
Atapo Santa Cruz	9768270.	755978.	3475	-82	verde	-50.82	verde
Chunchi	9748027.	730723.	2312	-68	verde	-61.94	verde
Matus	9827889.	777400.	2691	-51	verde	-57.91	verde
Achupallas-UNACH	9747233	748006	3376	-59	verde	-64.43	verde
Multitud	9766767	722801	-	-	-	-71.65	verde
Pishilli Bajo	9761332	749103	-	-	-	-94.62	amarill
Alao Llactapamba	9793173	773499	-	-	-	-76.11	verde
Achupallas-	9749167	748491.	-	-70	-	-57.79	verde

Tabla 24. Rxlevel calculado vs Rx Level Op2

A continuación se puede apreciar el formato de recepción en un archivo de plaintext de extensión .rep (Ver Figura 70) que contiene los datos de los sensores de las estaciones meteorológicas separados por un espacio cada valor, con el cual se puede evidenciar que el formato original de las estaciones los cuales fueron modificados al formato Metman (Ver Figura 71) el cual ya cuenta con los datos de fecha, día, hora, además de los Nemónicos que identifican las variables meteorológicas, En formato F10 que será el definitivo para el envío de tramas con los nemónicos definitivos, calidad del dato, tipo de sensor, nombre de la estación meteorológica.(Ver Figura 72) Con estos formatos se realizó la verificación del funcionamiento del envío de datos, y comprobación de formatos. Dado que se requería dejar la trama de envío en el formato F10, sin embargo se realizó varias configuraciones de prueba.



Figura 70. Recepción de datos Sin Formato

(S:M5140;D:141208;T:160000;TAAVG1H:15.7;TAMAX1H:16.1;TAMIN1H:15.2;TADEV1H:0.185;RHA VG1H:67;RHMAX1H:70;RHMIN1H:64;RHDEV1H:1.558;SRGLOAVG1H:1089;SRGLOMAX1H:1117;SRGLOMIN1H:1051;SRGLODEV1H:20.938;SRGLOSUM:686071;SRDIFAVG1H:133;SRDIFMAX1H:153;SRDIFMIN1H:108;SRDIFDEV1H:13.571;SRDIFSUM1H:83753;PRSUM1H:0.0;TG1AVG1H:28.3;TG1MAX1H:28.6;TG1MIN1H:27.7;TG1DEV1H:0.244;TG2AVG1H:28.6;TG2MAX1H:28.9;TG2MIN1H:28.2;TG2DEV1H:0.217;TG3AVG1H:20.4;TG3MAX1H:20.7;TG3MIN1H:20.2;TG3DEV1H:0.145;TG4AVG1H:16.3;TG4MAX1H:16.4;TG4MIN1H:16.1;TG4DEV1H:0.096;TG5AVG1H:15.6;TG5MAX1H:15.7;TG5MIN1H:15.6;TG5DEV1H:0.016;TG6AVG1H:17.6;TG6MAX1H:17.6;TG6MIN1H:17.6;TG6DEV1H:0.003;TG7AVG1H:17.2;TG7MAX1H:17.2;TG7MIN1H:17.2;TG7DEV1H:0.003;WDAVG1H:/;WDMAX1H:/;WDMIN1H:/;WDDEV1H:/;WSAVG1H:/;WSMAX1H:/;WSMIN1H:/;WSAVG1H:/;WR1H:/;DC:13.917)

Figura 71. Datos Metman

fecha,1_29311m,cdt,1_29321m,cdt,1_29341m,cdt,1_293321m,cdt,1_9111m,cdt,1_9121m,cdt,1_9141m,cdt,1_91321m,cdt,2_212011m,cdt,2_212021m,cdt,2_212041m,cdt,2_2120321m,cdt,2_212081m,cdt,3_192011m,cdt,3_192021m,cdt,3_192041m,cdt,3_1920321m,cdt,3_192081m,cdt,4_171481m,cdt,5_44311m,cdt,5_44321m,cdt,5_44341m,cdt,5_443321m,cdt,5_45311m,cdt,5_45321m,cdt,5_45341m,cdt,5_453321m,cdt,5_46311m,cdt,5_46321m,cdt,5_46341m,cdt,5_463321m,cdt,5_47311m,cdt,5_47321m,cdt,5_47341m,cdt,5_473321m,cdt,5_48311m,cdt,5_48321m,cdt,5_48341m,cdt,5_483321m,cdt,5_49311m,cdt,5_49321m,cdt,5_49341m,cdt,5_493321m,cdt,5_50311m,cdt,5_50321m,cdt,5_50341m,cdt,5_503321m,cdt,6_4211m,cdt,6_4221m,cdt,6_4241m,cdt,6_42321m,cdt,6_371111m,cdt,6_371121m,cdt,6_371141m,cdt,6_3711321m,cdt,6_271081m,cdt,7_3919161m,cdt

2014 12 8154403, 15.1, 0, 15.1, 0, 15.1, 0, 0.034, 0, 69, 0, 68, 0, 68, 0, 0.456, 0, 1067, 0, 1054, 0, 1061, 0, 3.907, 0, 63671, 0, 121, 0, 112, 0, 117, 0, 2.303, 0, 0.0, 0, 27.7, 0, 27.7, 0, 27.7, 0, 0.014, 0, 28.1, 0, 28.0, 0, 28.0, 0, 0.014, 0, 19.9, 0, 19.9, 0, 19.9, 0, 0.011, 0, 15.9, 0, 15.9, 0, 15.9, 0, 0.009, 0, 15.6, 0,

Figura 72. Formato F10

CAPITULO IV

4. DISCUSIÓN

En el diseño de transmisión la primera fase es el análisis de potencias. El balance del enlace general para la MS y BS en el cual se puede evidenciar las diferencias entre la simulación y el cálculo (sección 3.1), por cuanto, en el cálculo se estima en 21.37uV/m y simulación 35.4 uV/m y se requiere un campo de 8.77dB uV/m. Es debido a la diferencia entre las perdidas en el espacio libre en la simulación en función de la distancia y el cálculo solo en función de la frecuencia. El nivel de recepción de la señal en la estación simulados mediante Okumura-Hata es de -57.79 dBm, en la medición se tiene -72dBm para 835 MHz para la operadora 3. En el nivel de señal de la operadora 3 existen 12 estaciones con nivel de recepción mayor a -85dBm y solo 2 estaciones entre -85 a -98 (Ver Figura 57 y Figura 58). El nivel se encuentra en verde para todas las estaciones por lo cual se sostiene que existe mayor cobertura para la misma en los puntos de medición. El valor máximo de señal es de -51 dBm muy cercano a las RBS y el valor mínimo para Op2 es de -83.90 dBm y -91.65 dBm para Op3. Tabla 5. En cuanto a la simulación se ve que hay diferencias notables entre las operadoras, mientras que en las mediciones se constata que los niveles de las estaciones se encuentran en nivel amarillo en la simulación se prevé un nivel de recepción optimo, y una estación sin cobertura para la operadora 3; Mientras tanto en la operadora dos se tiene un nivel de recepción en verde en la simulación se mantiene con 3 estaciones en nivel amarillo.

En el cálculo de tráfico (sección 3.3) se espera que exista una transmisión cada 5 minutos, con un total de 1440 mediciones diarias y 288 transmisiones con una capacidad de 4.678K bytes cada una y un total de 1.12Mbytes diarios, para una sola estación, en cuanto a las 24 estaciones se espera 27.04Mb diarios. Haciendo el análisis del almacenamiento que se necesitaría para 1 estación seria 411.30Mb al año. Y para las 24 estaciones se encuentra en 9871.19Mb al año. Tabla 15 .

Hay diferencia entre el tamaño de los datos, datos incluido el header, y los datos encapsulados para envío.

Con los resultados obtenidos de la instalación de las estaciones meteorológicas, la medición de calidad de servicio, simulación de los modelos de propagación de cobertura Okumura-Hata se pueden ampliar en diversas líneas de investigación, como por ejemplo: con las estaciones y el sistema de transmisión realizar análisis de tráfico generado, los resultados de calidad de servicio aplicados en la SMA agregar parámetros para verificación de resultados, en cuanto a las modelación de predicción de cobertura se puede plantar el ajuste de modelos, comparación entre modelos de propagación, mapa con calidad de servicio. En cuanto a las antenas se puede verificar la fiabilidad del patrón de radiación comprobando la simulación, el teórico y las mediciones de drive test. En cuanto a las simulación con el software GRASS-RaPlaT por ser de plataforma libre da lugar a el desarrollo de software en conjunto con el área de telecomunicaciones con nuevos módulos que se pueden incorporar de presupuesto de potencias, Ecuaciones Friis y Zona de Fresnel por cuanto a que los paquetes informáticos para el uso académico (ICS-Telecom, Atoll) son de difícil acceso por su coste.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

Para la aplicación del modelo Okumura-Hata se dispone un total de 80 estaciones operadora 2 y 85 operadora 3 en la provincia de Chimborazo, con alturas entre 0 – 60 m de la Estación Base, una cobertura limitada por el avance temporal de 63 TA es de 35 km pero en la realidad se encuentra entre 10 a 14 km para la zona suburbanas. La frecuencia de operación se encuentra en el enlace de bajada del SMA para las RBS y enlace de subida para las estaciones Meteorológicas, la potencia salida de cada RBS es diferente para cada operadora, con una diferencia entre ellas 1.6 dB, la diferencia de ganancia de antena es de 2 dB como resultado se obtiene una buena aproximación del modelo de propagación con un R2 cercano a 0.86 con lo que se tiene una modelación aceptable en términos RMSE de 5.34 y 6.04 dBm, aún con las limitaciones de información de datos técnicos tal como tilt, sectores, para la realización de la modelación y para validación se contó con mediciones de drive test suficientes con todo el apoyo de la SUPERTEL.

Se puede apreciar tres casos visibles sectores de subestimación, sobrestimación y cercanos a los valores promedios con lo que se debe realizar más estudios en la zona, así como también obtener más información de las infraestructura del servicio celular ya que se dispuso de la ultimo consolidado de información a marzo del 2014 de ubicaciones, pero en cuanto a datos de despliegue de operadoras se requiere actualización. Teniendo en cuenta las deficiencias de los simuladores como Radio Mobile en cuanto enlaces, debido a que se basa para el cálculo es con LOS (line-of-sight) mientras que GRASS-RaPlaT tiene mejor desempeño debido a que también predice en zonas (Non-Line-of-Sight) por la aplicación del modelo Okumura-Hata. GRASS RaPlaT permite más alta resolución espacial para la predicción de cobertura 10m en la celda. Y a diferencia de ICS TELECOM y ATOLL es gratuito.

La calidad de servicio en la provincia la operadora 2 tiene el mayor número de pruebas exitosas con 287/134 para ftp y 176 para http. Pruebas fallidas uplink/downlink 17/16 y 9 para http. El porcentaje menor en el acceso al servicio IP y la no accesibilidad al servicio fue 5.59 % / 10.66 % para ftp y 1.87 % para la operadora 3. La Operadora 1 presenta menor tiempo en el tiempo de configuración del servicio IP 1.23/0.64 y 1.30 para la operadora 3. Con lo que se determina que la operadora 2 es una buena candidata para la elección de la infraestructura por cobertura para la zona, tiempos de repuesta en QoS y presentar un Mean Data Rate mejor 85.68/28.08 kbps en ftp y 58.76 kbps en http.

Con la interconexión de las estaciones meteorológicas se redujo el tiempo de adquisición de datos, ya que estos son enviados por medio de la red GSM existente en el país, evitando gastos de movilización de personal para la recolección de datos reduciendo los errores que se pueden presentar en el momento de realizar las lecturas de los sensores meteorológicos.

En casos de cortes de energía en las RBS los datos enviados son puestos en la cola, con una capacidad máxima de 500 registros de espera, para su respectiva transmisión. Almacenados también en la memoria Compact Flash con capacidad de 2Gb de almacenamiento de información con el fin de no perder la misma y para ser descargados de forma manual, mediante la interfaz RS-232 y software MAWS Lizard de Vaisala.

En la simulación del enlace de la estación Meteorológica Achupallas con la RBS Achupallas mediante Radio Mobile no existe línea de vista (LOS) haciendo imposible que en este lugar se pueda realizar el enlace de ese modo, a diferencia de las mediciones de nivel de potencia realizadas que indican que existe un nivel de señal aceptable para realizar dicho enlace, con lo que se puede decir que el software no es tan confiable en el momento de realizar un enlace.

Se concluye que para el análisis estadístico se obtuvo con RCLIMTOOL es una herramienta bastante versátil que proporciona elementos importantes para el análisis de series climatológicas tal como: los descriptivos estadísticos, gráficos

plot y box plot, con lo cual se puede determinar si la serie se encuentra entre los umbrales máximos y mínimos.

Con la comprobación de la hipótesis con un nivel de significancia de 0.05% se demuestra que con la implementación de un sistema de transmisión se mejora el tiempo de recolección de datos en 1.66 veces, y en cuanto a la recolección de datos se obtiene que se ha incrementado en 6000 veces. (Villatoro & López, 2011)

5.1. RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar en los estudios de predicción de cobertura, y KPI los cuales pueden dar soporte a los proyectos que utilicen la infraestructura de SMA tal como es la Red Hidrometeorológica de Chimborazo. Se requiere de manejo de Linux, manejo de sistemas de información geográfica, software libre como Linux, GRASS GIS, diseño de antenas, y patrones de radiación nivel medio-alto.

CAPITULO VI

6. TÍTULO DE LA PROPUESTA.

Predicción de cobertura y Modelo Okumura-Hata

6.1. Introducción

Los modelos de propagación son de gran utilidad dentro de la planificación de redes (Alonso Quintana, Bordon Lopez, & Montiejo Sanchez, 2013). Estos modelos se ha utilizado en diferentes ámbitos como TV (Giménez Gandia, López Sánchez, Gómez-Barquero, & Cardona Marcet, 2011), SMA, WiMAX, (Alonso Quintana, Bordon Lopez, & Montiejo Sanchez, 2013). Dentro de los cuales se deben tener en cuenta las limitaciones y parámetros requeridos. (Molisch, 2010), los resultados se deben contrastar con las simulaciones y mediciones in situ (Morales, 2012) las cuales deben ampliarse en el rango de frecuencias y verificar la aplicabilidad en la zona de estudio (Martínez-Zúñiga, Sosa-Pedroza, & Acevedo-Mosqueda, 2011). En este estudio se presenta la simulación del modelo Okumura-Hata, las mediciones realizadas en drive test de los niveles de potencia de recepción, y la presentación de los modelos espaciales de la predicción de cobertura usando la herramienta GRASS-RaPlaT (Ozimek, Hrovat, Vilhar, & Javornik, 2013) (Ozimek, y otros, 2011) , y la validación mediante RMSE.

6.2. Objetivos General

Realizar la modelación espacial Okumura-Hata de cobertura en la provincia Chimborazo

6.3. Fundamentación científica técnica.

6.3.1. Simulaciones de cobertura para las estaciones meteorológicas

A la hora de realizar la Planificación de la Red de radio y su dimensionamiento tiene impacto que influye significativamente en la capacidad de los sistemas de comunicación el uso de simuladores para la propagación de las ondas

electromagnéticas. Dado que los programas (Atoll, ICS Telecom, por citar algunos) utilizados son de difícil acceso por el costo, se requirió de una interfaz que sea de uso libre, por lo tanto, uno basado en código abierto como Geographical Resource Analysis System – GRASS (OSGEOproject, 2014) (Neteler & Mitsova, 2008) que ofrece la plataforma GIS (Geographical Information System) ideal para el desarrollo de GRASSRaPlaT (Radio Planning Tool for GRASS GIS system). Este brinda para opciones de cálculo: cobertura de la señal de radio, predicción de cobertura de radio con los diferentes modelos free space path loss fspl, Okumura-Hata, Walfish-Ikegami, Hata-DEM, Cost 231 (Ozimek, y otros, 2011) (HROVAT, y otros, 2010) . En función del patrón de radiación de antena, la cobertura de señal de radio para una Radio Base. La cobertura de la red completa se calcula con módulos para la generación de una Tabla de base de datos como MySQL o PostgreSQL, los valores se ordenan de manera creciente y determina la máxima potencia recibida [dBm] en cada punto de recepción. Todos los resultados han sido validados en su diseño por cuanto el software tiene validez de empleo.

Las redes 2G tales como GSM, GPRS y EDGE disponen de mayor penetración en las zonas rurales, y ciertas zonas urbanas, 3G no cubren completamente para zonas de difícil acceso. (Agbaraji C & Aririguzo I, 2014); y 4G aún se encuentra en etapa de despliegue en el cono urbano. Por tal motivo se hace visible tener una representación gráfica de la situación actual de la cobertura de las operadoras que ofrecen el servicio, de manera que se pueda planificar la expansión de la red Hidrometeorológica. Debido a que no se dispone de la información completa (mapa clutter que es de acceso restringido) para evaluar el modelo Walfish-Ikegami se utilizó el modelo Okumura-Hata que contiene el área urbana, sub-urbana y abierto.

6.3.2. GRASS-RaPlaT

Según el manual de usuario (Ozimek, Hrovat, Vilhar, & Javornik, 2013) Especifica que es una herramienta de código abierto con estructura modular que se ha desarrollado con el aporte de una operadora eslovena Mobitel (Slovenije, 2014), la cual ha sido diseñada para los sistemas GSM/UTMS y para sistemas

inalámbricos 400 – 2.4Ghz. Opera con el ambiente GIS de código abierto GRASS con los módulos individuales C o en conjunto con scripts en Python. Se puede utilizar en Ubuntu 10.04 -12.04 y GRASS GIS 6.4.0 y 6.4.3RC2 de 32bits.

Para la utilización de GRASS-RaPlaT se puede hacer de dos modos, el primero instalando todo desde cero, desde el sistema operativo, prerequisites, módulos y GRASS GIS o a su vez configurar la máquina virtual. Seguir los pasos para la utilización en la máquina virtual (Javornik, 2015):

6.3.3. Cómo funciona

El primer grupo de módulos calcula la pérdida de la señal de acuerdo al modelo propagación señal de radio seleccionado. Y el resultado se obtiene una matriz de pixeles organizadas en filas y columnas o raster la cual representa la atenuación en [dB] en cada punto sobre la superficie, que corresponde a una antena de transmisión isotrópica hipotética, es una antena que sirve como referencia de las antenas físicas que irradia uniformemente en las direcciones de propagación, con 0 dB de ganancia. Los modelos de propagación son

- r.fspl – modelo de pérdidas en el espacio libre Free Space Path Loss model,
- r.hata – modelo Okumura-Hata,
- r.cost231 - modelo COST 231,
- r.hataDEM – modificado modelo Hata - Okumura-Hata DEM,
- r.waik - modelo propagación Walfish-Ikegami.

2. Modulo r.sector, tomas los resultados obtenidos por el modelo isotrópico de acuerdo al modelo de perdidas, y lo modifica según las características d la antena como el patrón de radiación, ganancia, orientación y posición, que se toma de la antena kathrein 739623 (Division, 2015) para la frecuencia 824Mhz para downlink y 870 MHz para uplink; 47dBm para el transmisor, en la cobertura como distancia de alcance 35km para macroceldas con la que se cubre un área promedio teórica pero a efectos de la zona es menor.

3. Modulo r.MaxPower, calcula las potencias recibida en cada punto del terreno para una o más antenas de transmisión.

4. Script `r.radcov` ayuda a llamar a los módulos anteriores, y no necesita invocar a cada uno individualmente, 5. Tiene módulos auxiliares escritos en C y scripts.

6.3.4. Modelo de Okumura-Hata

Modelos de propagación se han desarrollado para poder estimar la propagación de ondas de radio con la mayor precisión posible y predecir la pérdida de trayectoria entre el transmisor y el receptor. La complejidad del modelo afecta a la aplicabilidad, así como la precisión. El modelo Okumura-Hata es un modelo de propagación, que se pueden aplicado para una macro celda para predecir la atenuación de la señal. Una vez que uno de los componentes del modelo utiliza el espacio libre. El modelo Okumura-Hata es un modelo empírico lo que significa que se basa en mediciones de campo, propiedades estadísticas y pocos parámetros. Los resultados son dados en dBm en formato de mapas digitales usando GIS. Puede ser aplicado sin factores de corrección de cuasi-terreno liso en una zona urbana, pero en el caso de otros tipos de terreno se requieren factores de corrección. La debilidad del modelo Okumura-Hata es que no considera las reflexiones. Los parámetros de restricción de este modelo son (ver. Tabla 25):

Restricciones Okumura-Hata	Parámetros de diseño
Frecuencia 150–1500 MHz, extensión 1500–2000 MHz	850 MHz
Distancia entre MS and BTS d: 1–20 km	300m - 20 km
Altura de la antena de transmisión Hb:3–200 m	0 – 60m
Altura de la antena receptora Hm: 1–10 m	10 m

Tabla 25. Restricción del modelo de Okumura-Hata y Parámetros de diseño

Ecuación del modelo de propagación de Okumura-Hata para los tres submodelos.

$$L_U = 69.55 + 26.16 \log f [Mhz] - 13.82 \log h [m] - C_H + (44.9 - 6.55 \log h [m]) \log R [km]$$

Ecuación 31

$$L_{SU} = L_U - 2 \left(\log \frac{f[\text{Mhz}]}{28} \right)^2 - 5.4$$

Ecuación 32

$$L_o = L_U - 4.78(\log f[\text{Mhz}])^2 + 18.33 \log f[\text{Mhz}] - 40.94$$

Ecuación 33

$$C_H = 0.8 + (1.1 \log f[\text{Mhz}] - 0.7) h_M[m] - 1.56 \log f[\text{Mhz}]$$

Ecuación 34

Donde:

L_u , L_{su} , L_o : pérdidas en ambientes urbano, suburbano y abierto respectivamente.

H : es la diferencia entre las alturas de las antenas del receptor y transmisor

h_M : altura de la antena receptora desde el suelo

f : la frecuencia de transmisión (MHz),

Las pérdidas para este modelo se aproximan a las pérdidas en el espacio vacío a 20dB/década de acuerdo a la ley del cuadrado de la distancia para antenas altas. Cabe decir que el modelo ignora la configuración del relieve y la línea de vista, como principal inconveniente por uso de suelo (clutter map).

6.4.5. Diseño de la red.

Para la elaboración de los enlaces se requiere determinar la ubicación de la RBS, tipo de comunicaciones, nivel de recepción de potencia, umbrales de recepción en receptores, ganancias de antena, pérdidas en conductores y terminales. Así como también la cobertura, capacidad y requisitos de calidad.

6.4.6. Verificación y Aceptación.

Una vez realizada la planificación se debe realizar la optimización de los enlaces para determinar si la red se encuentra en óptima operación. Realizando búsqueda de errores de instalación. Durante la puesta en marcha.

Para los umbrales de cobertura se considera que:

Zona	Rx[dBm]
DriveTest	> -90
Rural	> -95

Tabla 26. Umbrales de recepción

A nivel de país se considera los siguientes niveles (ver. Tabla 27):

Nivel de Recepción [dBm]	Código
-85	Verde
-85 a -98	Amarillo
-98 a -140	Rojo

Tabla 27. Codificación de Niveles

6.4.7. Manual GRASS

1. Instalar el gestor de máquinas virtuales: VmPlayer.
2. Descargar el software GRASS-RaPlaT. (Ver Figura 73)

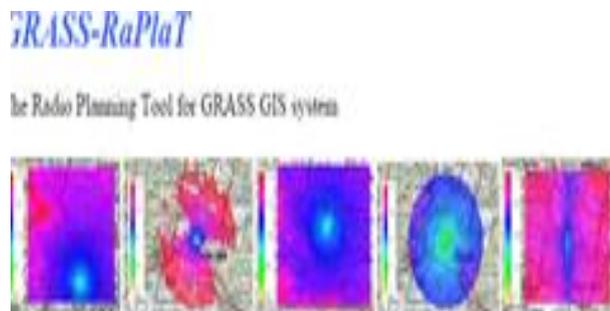


Figura 73. GRASSRaPlaT

12. En la sección descargas. (Ver Figura 74)

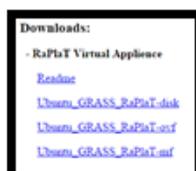


Figura 74. Dispositivos Virtuales

13. Abrir la máquina virtual. (Ver Figura 75)

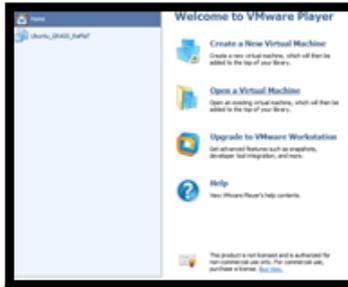


Figura 75. VMPlayer

14. Cargar el disco duro de la máquina virtual Ubuntu_GRASS_RaPlaT en VmPlayer.
15. Instalar VMware tools for Linux compatible con VmPlayer (versión 9.6.2) de ser necesario. (Ver Figura 76)



Figura 76. VMwaretools

16. Una vez importada hay que incrementar los recursos a: 4 procesadores y 8Gb RAM. (Ver Figura 77)



Figura 77. Hardware Disponible

17. Agregar la carpeta de trabajo para las predicciones de cobertura. (Ver Figura 78)



Figura 78. Utilitario para agregar carpetas

18. Seleccionar la carpeta D:/grass. (Ver Figura 79)

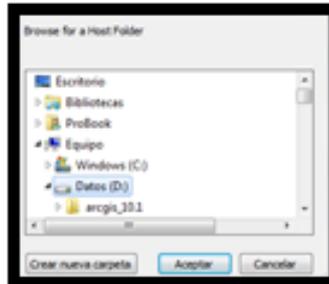


Figura 79. Explorador de carpetas

19. Dar clic en aceptar y siguiente. (Ver Figura 80)

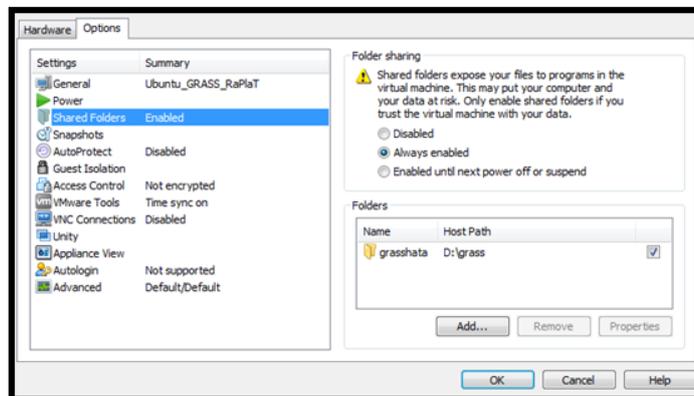


Figura 80. Carpeta agregada grass

20. Actualmente tiene 40Gb en disco duro la máquina virtual con Ubuntu 12.04 LTS y con las aplicaciones de GRASS GIS 6.4.4, PostgreSQL 9.1 y MySQL 5.5 preinstaladas. Así como también los módulos de GRASS-RaPlaT.1.0 por tal motivo es necesario instalar el VMware tools y agregar el directorio externo para poder hacer las simulaciones y exportar los archivos de 7.4 Gb aproximadamente para cada simulación dependiendo de los parámetros de configuración.

21. Iniciar la máquina virtual. (Ver Figura 81)

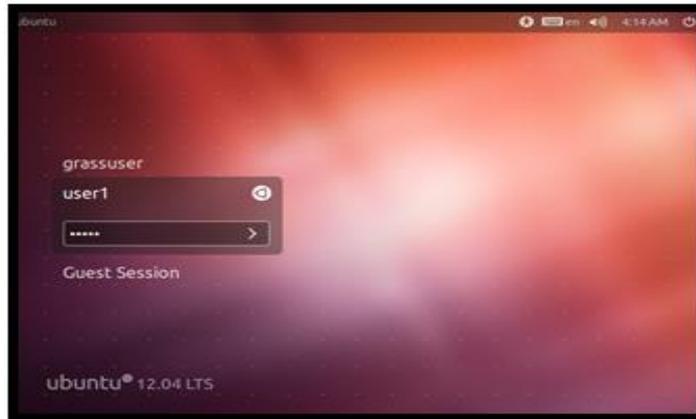


Figura 81. Usuario Linux

22. Abrir el CD de VMWare tools, copiar y descomprimir en el escritorio
 WMwareTools-9.6.0-1294478.tar.gz. (Ver Figura 82)

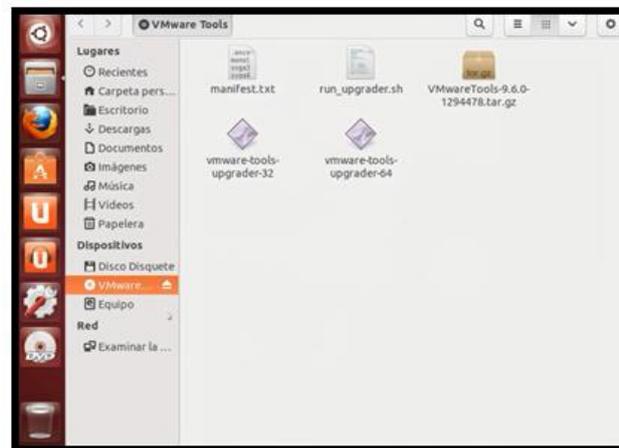


Figura 82. VMwaretools en Linux

23. Abrir el terminal e ingresar al directorio, instalar vmware tools con el comando
`./vmware-install.pl`, y dar [enter] a todas las opciones
24. Reiniciar la máquina virtual
25. Abrir el directorio home y crear una carpeta para las simulaciones
`sudo mkdir /home/RaPlaTModels /`
26. Luego con el comando montar la carpeta en Ubuntu y Win7
`sudo mount -t vmhgfs .host:/grasshata /home/user1/RaPlaTModels/`
27. Para hacer una tarea automática agregar al inicio de arranque de Ubuntu una tarea. (Ver Figura 83 y Figura 84)

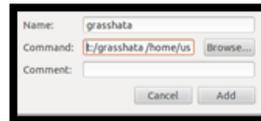


Figura 83. Comando de inicio

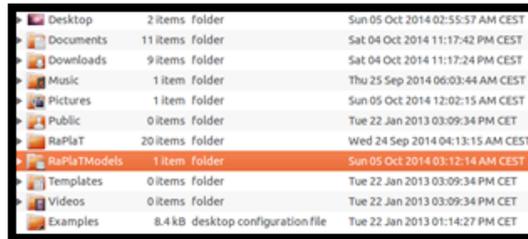


Figura 84. Carpeta agregada

28. Crear los archivos .csv y .msi para las antenas. (Ver Figura 85)



Figura 85. Formato Archivo de antenas

29. El archivo debe estar en CSV format estándar no se soporta el format europeo modificado separado con “;” los valores. Se puede generar con OpenOffice Spreadsheet o con un editor de texto:

```

"antennaType","frequency","frequencyLower","frequencyUpper","EDT"
","MSIfilename","technology"

```

```

"kt73",843,808,878,0,"kt73","GSM 900"

```

La primera línea contiene el encabezado; y línea siguiente la información:

antennaType – corresponde a el nombre de la antena se permite caracteres y números, ' ', '-', '/' y '.'

frequency – la frecuencia nominal de la antena en [MHz],

frequencyLower – la frecuencia inferior de la antena en [MHz],

frequencyUpper - la frecuencia superior de la antena en [MHz], [MHz],

EDT – es la inclinación eléctrica de la antena [°] hacia abajo, un valor entero no negativo.

MSIfilename – es el nombre del archive MSI sin la extensión .MSI or .msi que describe las características de la antena que contiene tipo de antena la frecuencia y EDT,

technology – se usa para describe la tecnología de comunicación de las antenas por ejemplo GSM 900, GSM 1800, UMTS 2100; un comentario, no se utiliza en el cálculo.

Las líneas en blanco son ignoradas. El carácter numeral # como el primer carácter del tipo de la antena o el primer carácter en la línea tiene un significado especial: que marca la línea como un comentario.

30. Agregar el antenmap.csv info en '/usr/local/src/grass-6.4.3RC2/dist.i686-pc-linux-gnu/etc/radio_coverage/antenna_diagrams/'. (Ver Figura 86)

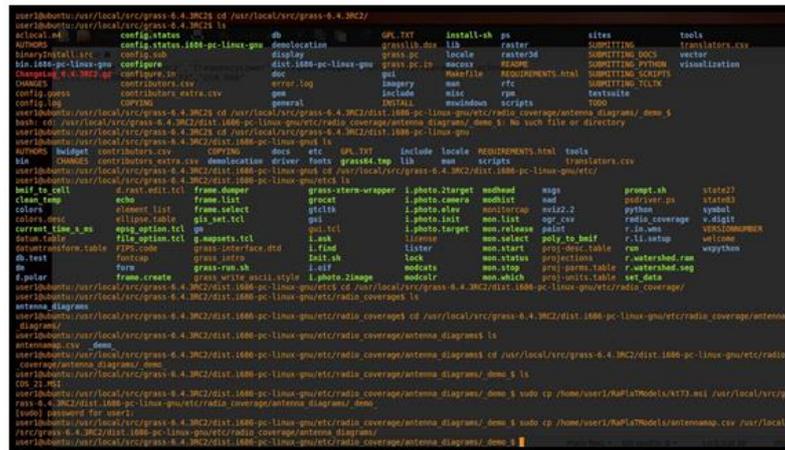


Figura 86. Terminal para agregar antenas "KT73",843,808,870,0,"KT73", "GSM". (Ver Figura 87)

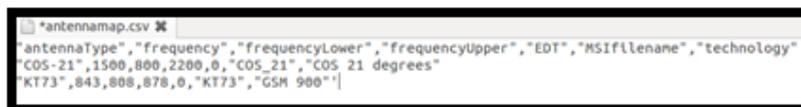


Figura 87. Archivos de antenas

31. Copiar el archivo del patrón de radiación de la antena: KT73.MSI al path.

```
sudo cp /home/user1/RaPlaTModels/kt73.msi /usr/dist/local/src/grass-6.4.3RC2/dist.i686-pc-linux-gnu/etc/radio_coverage/antenna_diagrams/demo_
```

(Ver Figura 88)

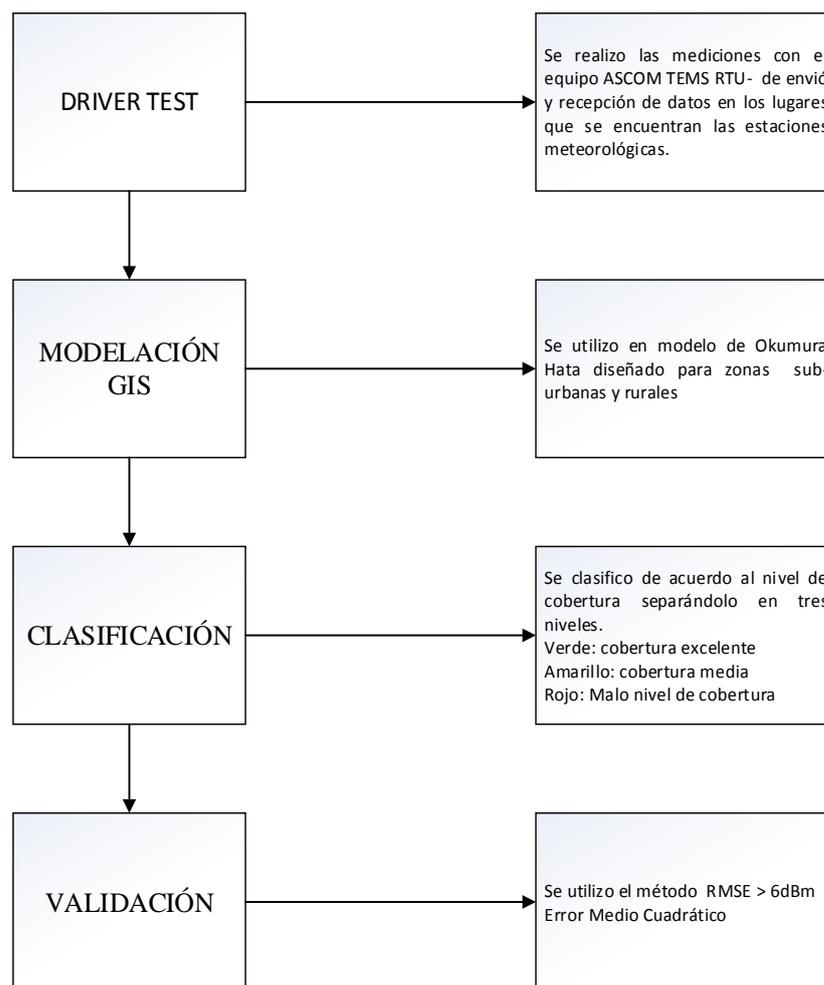


Figura 91. Diseño Organizacional

6.5.1. Monitoreo y evaluación de la propuesta

- **Drivetest: pruebas de campo**

Para las pruebas de drive test se utilizó equipos especializados ASCOM TEMS ver Figura 92 que dispone la superintendencia de telecomunicaciones que constan de 4 antenas omnidireccional de ganancia de 0 dBi montadas en la unidad móvil (ver. Figura 93. Montaje de Antenas Omnidireccionales) se conectan a través de un conector SMA y un cable de 50 ohmios al multiplexor que envía la señal multiplexada a los RTU 4GS BASE STATION (Figura 92) que vienen con 8 módulos GSM con SIM card. Las Base Station operan en el rango de 0.5-2.9 GHz. Los 8 módulos tienen la siguiente lógica para su utilización que es por pares. El par 1-2 para el operador operadora 2, 3-4 para operador operadora 3, 5-6 con operadora 1 y el 7-8 está vacío. Los computadores

industriales se montan en el Rack (Ver Figura 96 y Figura 97) haciendo adaptaciones al vehículo para su ajuste en la unidad, además se instala una unidad de inversión de voltaje de 12 VDC – 120VCA con una potencia máxima de 700 watts para alimentación (Ver Figura 98 y Figura 99).



Figura 92. RTU ASCOM TEMS

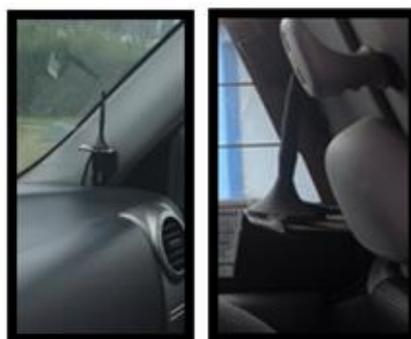


Figura 93. Montaje de Antenas Omnidireccionales

En la Figura 93 se muestra las antenas instaladas en la unidad móvil con su respectivo cableado hacia el Multiplexor. (Ver Figura 94 y Figura 99)



Figura 94. Multiplexor

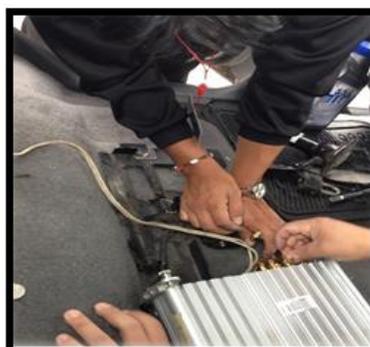


Figura 95. Montaje de antenas al RTU 4GS BASE STATION



Figura 96. Montaje de Computadores Industriales ASCOM TEMS



Figura 97. Rack ASCOM TEMS



Figura 98. Alimentación del sistema por Inversor 12-120/700w



Figura 99. Conexión a la alimentación

6.5.2. Configuración del ASCOM tems mediante la plataforma.

1. Abrir el operator console, Dar click derecho en DRC, click en add new work order. (Ver Figura 100)

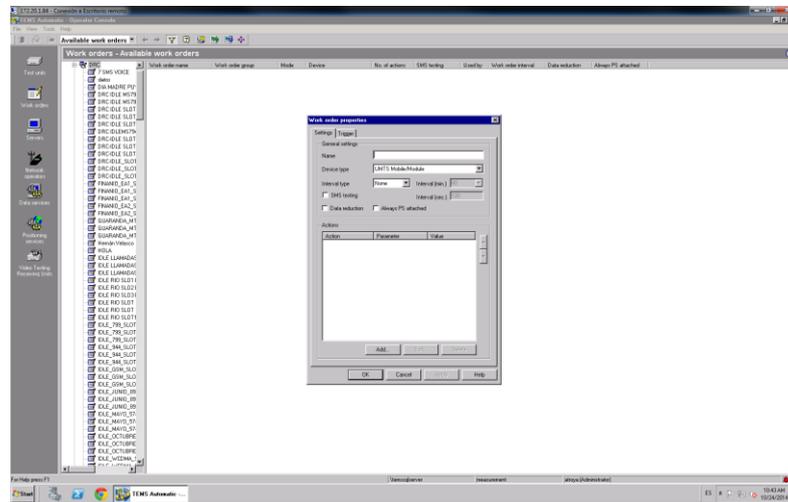


Figura 100. Nueva Orden

2. Configurar action properties. (Ver Figura 101)

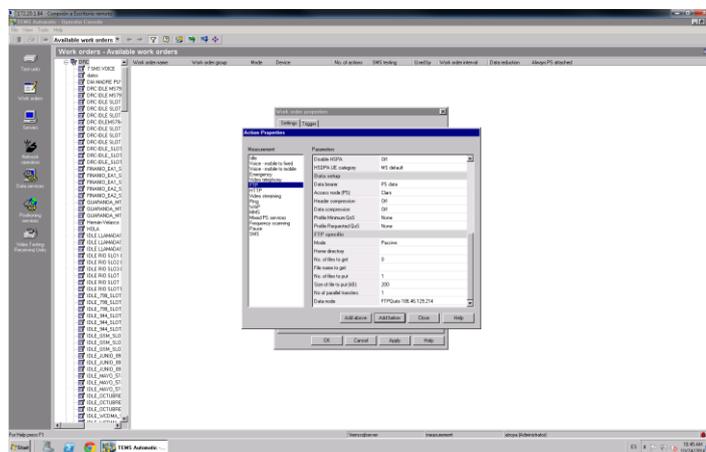


Figura 101. Configuración de Propiedades

3. Configurar las propiedades como el tamaño, transferencias paralelas, servidor FTP, mode de acceso al FTP, (pasivo o activo) y Nodo de acceso entre los más importantes. (Ver Figura 102)

Tamaño de archivo 500kb, 1 archivo de subida, 1 transferencia paralela, servidor FTP_SUPTEL_QUITO, modo pasivo.

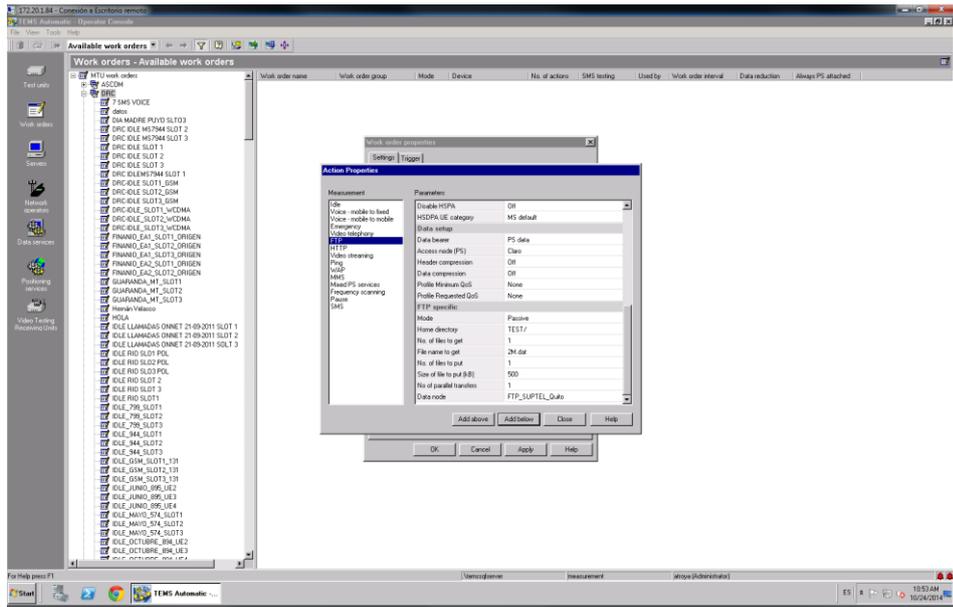


Figura 102. Configuración de FTP

4. Configurar pruebas http: 2 sesiones paralelas, 1 dirección de acceso, tipo de prueba webrowsing, servidor www.google.com. (Ver Figura 103)

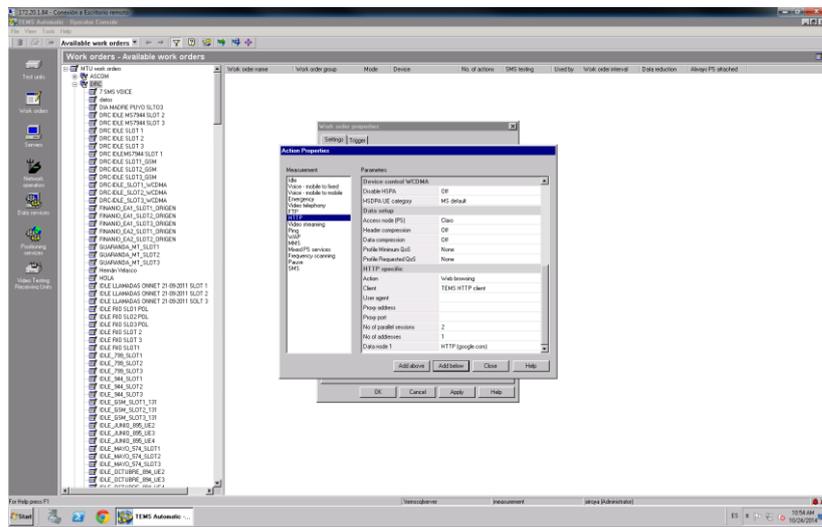


Figura 103. Servidor HTTP

5. Añadir el nombre para las work order UNACH_UE2. (Ver Figura 104)

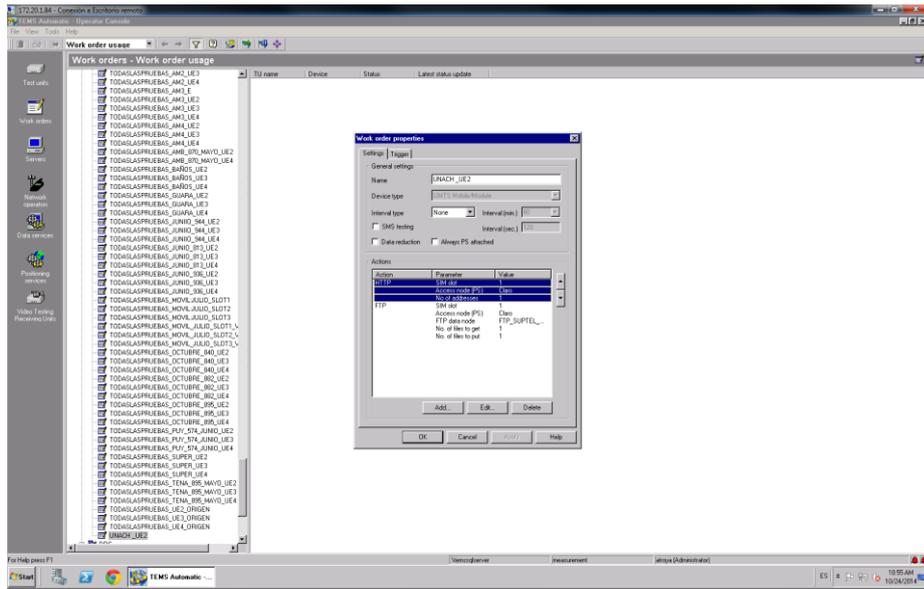


Figura 104. Nombrar la orden de trabajo

6. Seleccionar la work order UNACH_UE2. (Ver Figura 105)

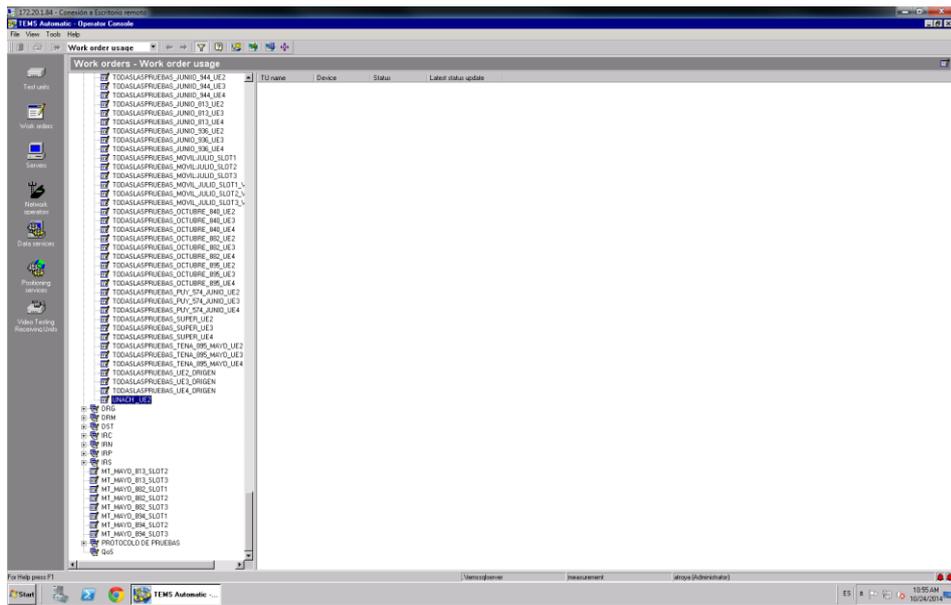


Figura 105. Orden de Trabajo

7. Clic derecho en la work order creada (UNACH_UE2), clic en copy work order. (Ver Figura 106)

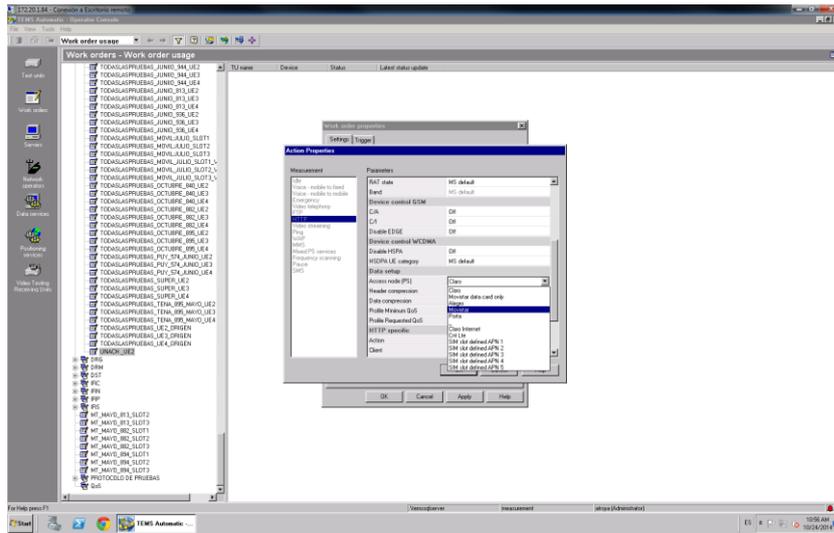


Figura 106. Copiar Orden de Trabajo

Modificar la operadora.

6.5.3. Forma de las mediciones y toma de datos.

Las pruebas se la realizaran a las 3 operadoras que ofertan el servicio de telefonía móvil como son claro, movistar y alegro. La tecnología de referencia es WCDMA y GSM en 2 modos de prueba a tomar en cuenta, como son el Uplink y el downlink. Se tiene el data mode uplink: WCDMA R99, WCDMA R99 HSUPA, HSUPA, EPGRS para el data mode downlink: WCDMA R99, WCDMA R99 HSDPA, HSDPA, EPGRS. En estos modos de datos para los enlaces de subida y bajada se testean los protocolos FTP y HTTP. Debido a que tanto para el servicio de las estaciones meteorológicas es de interés el bulk data transfer para el acceso al servidor de datos de la SUPERTEL que se encuentra en la ciudad de Quito. Para la toma de datos se tomaron las consideraciones que se refiere al tamaño de archivo de envío/recepción fue de 512kb duplicando así el tamaño máximo que ocuparía las estaciones en todo el archivo transferido que es de 256kb diario. Con un tiempo de prueba para todas las tecnologías aproximado de 3 minutos su ejecución con el fin de poder tener el mayor número de pruebas para el drive test.

Se realizó para el recorrido del drivetest dos rutas la primera que tiene origen en Riobamba rumbo a Comanda y la segunda Riobamba rumbo Achupallas-Jubal.

Las cuales se seleccionó debido a que se hace un trazado longitudinal de toda la provincia y cubrir la mayor área posible así como también tener un primer diagnóstico de la red celular SMA.

6.5.4. Resultados de calidad de servicio

Se realizó un total de 1708 pruebas entre las 3 operadoras 493 pruebas para la operadora 1, 640 pruebas para la operadora 2 y 575 pruebas para la operadora 3 las pruebas se realizaron utilizando la tecnología 2G.

La Operadora 1 como se menciona tiene un total de pruebas de 493 de las cuales 232 pruebas utilizaron el tipo de prueba ftp para el modo de prueba Downlink, 114 fueron tomadas en modo de prueba Uplink, 145 fueron tomadas en el tipo de prueba HTTP de modo Downlink.

La operadora 2 tiene un total de 640 pruebas de las cuales 304 fueron de tipo FTP en modo Downlink, 150 fueron en modo Uplink, 185 pruebas fueron de tipo HTTP en modo Downlink.

Para la operadora 3 se tomaron un total de 575 pruebas, 276 fueron de tipo FTP en modo Downlink, 138 fueron en modo Uplink, y 160 fueron de tipo HTTP en modo Downlink.

Para la operadora 1 tiene un total de 210 pruebas de realizaron de forma exitosa en el Tipo Downlink modo FTP, 97 pruebas exitosas en el tipo Uplink para finalizar con 142 pruebas exitosas en el modo HTTP tipo Downlink.

La operadora 2 tiene un total de 287 pruebas que se realizaron de forma exitosa en el tipo Downlink modo FTP, 134 pruebas se realizaron de forma exitosa en el tipo Uplink para finalizar con 176 pruebas de forma exitosa en el modo HTTP tipo Downlink.

Para la operadora 1 tiene un total de 22 pruebas fallidas en el modo FTP tipo Downlink, 17 pruebas fallidas en el tipo Uplink, 3 pruebas fallidas en el modo HTTP tipo Downlink para finalizar con 2 datos perdidos.

Para la operadora 2 se tiene 17 pruebas fallidas en modo FTP tipo Downlink, 16 pruebas fallidas en el tipo Uplink, 9 pruebas fallidas en el modo HTTP tipo Downlink, para finalmente tener 4 pruebas perdidas.

Para la operadora 3 se tiene 33 pruebas fallidas en el modo FTP tipo Downlink, 26 pruebas fallidas en el tipo Uplink, 3 pruebas fallidas en el modo HTTP tipo Downlink, para finalmente tener 3 pruebas perdidas.

De todas las pruebas de drive test se tiene un cuadro resumen de las pruebas y el porcentaje que representa para cada operadora

	Frecuencia	Porcentaje
OPERADORA1	493	28,9
OPERADORA2	640	37,4
OPERADORA3	575	33,7
TOTAL	1708	100,0

Tabla 28. Porcentaje de Pruebas KPI

6.5.5. Validación modelo Okumura-Hata.

Para la validación de cada modelo de propagación de radio, se utilizó las mediciones Rx Level [dBm] que son datos tomados en el recorrido realizado con el equipo de drive test de ASCOM TEMS en la provincia de Chimborazo con soporte de SUPERTEL, a los cuales se realiza un post-procesamiento en la interfaz TEMS DISCOVERY, y cuyos resultados han sido extraídos en Keyhole Markup Language (KML) que son capas de visualización utilizados en los geonavegadores como por ejemplo el Google Earth. Siendo ésta última una plataforma bastante flexible que tiene su aporte en el reemplazo de software especializado para las tareas de análisis cualitativo de datos visuales y comparaciones. (Postpischl, Danecek, Morelli, & Pondrelli, 2011), como en este caso que se contrastará las modelaciones con datos de campo in-situ.

A los archivos de cobertura se les incorporará dos filas en las cuales refleje el Rx_Level. Según la SUPERTEL el valor objetivo de las Mediciones de calidad del SMA vienen dadas por -85 dBm para las zona urbanas, -98dBm para la zona rural como niveles aceptables, calidad Rx (ver capítulo diseño sistema

transmisión), las coordenadas geográficas, debido a que la base de datos espaciales requiere de estos campos. (Ver Figura 107)

LabelID	Data	RxLevel	RxCalidad	latitudo	longitudo
0	-85...0	-85	verde	766524	9891528
0	-85...0	-85	verde	767936	9887699
0	-85...0	-85	verde	767937	9887679
0	-85...0	-85	verde	767939	9887659
0	-85...0	-85	verde	767950	9887642
0	-85...0	-85	verde	767938	9887772
0	-85...0	-85	verde	767936	9887791

Figura 107. Base datos Rx_Level 1

6.5.6. Fórmula para el cálculo de la muestra

n = tamaño de la muestra

N= Universo de estudio

PQ= Probabilidad que ocurra hecho

E= Margen de error

K= Constante correctiva de error

$$n = \frac{N * (PQ)}{(N - 1) * (N / K)^2 + PQ}$$

Ecuación 35

$$n = \frac{125721554 * (0,95)}{(125721554 - 1) * (0,06 / 2)^2 + (0,95)}$$

$$n = \frac{119435476.3}{113150.3477}$$

$$n = 1055.54$$

$$n \approx 1056$$

El n optimo las mediciones de drive test teniendo en cuenta una resolución espacial de 10m es de 1056 para una probabilidad de cobertura del 95%. De las cuales se tiene 11988 son las muestra tomadas para la operadora 3 y para la operadora 2 es 8126.

6.5.6.1. Datos procesados Operadora 2.

Los datos tomados para la validación son 8126 los cuales fueron filtrados con la siguiente formula:

$$RMSE_{OP2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{8126} (Yp - Ym)^2}{8126}} < 6dBm$$

Ecuación 36

En donde:

Ym = Valor Medido Rx level

Yp= Valor predecido Rx Level

Entre los datos medidos y los datos modelados se obtiene la correlación $Y=0.98x$ y su $R^2=.8564$ lo que indica que es correlación es alta debido a que la dispersión de los datos se tomó una muestra sesgada. De covarianza $104.69 > 0$ que indica correlación positiva. Presentan una desviación estándar de 10.65 dBm y 10.52 dBm respectivamente. Y el error estándar para cada una es de 0.1278 y 0.1325 dBm. El error medio cuadrático fue 6.05 dBm cercano a los 6 dBm obtenido por Michel y Mollel en Tanzania. Con una predicción razonable, indica que el modelo se acercó bien a las mediciones, sin este control de los valores predecido y medidos en algunas zonas presentan desviaciones de hasta 12 dBm. (Ver Figura 108)

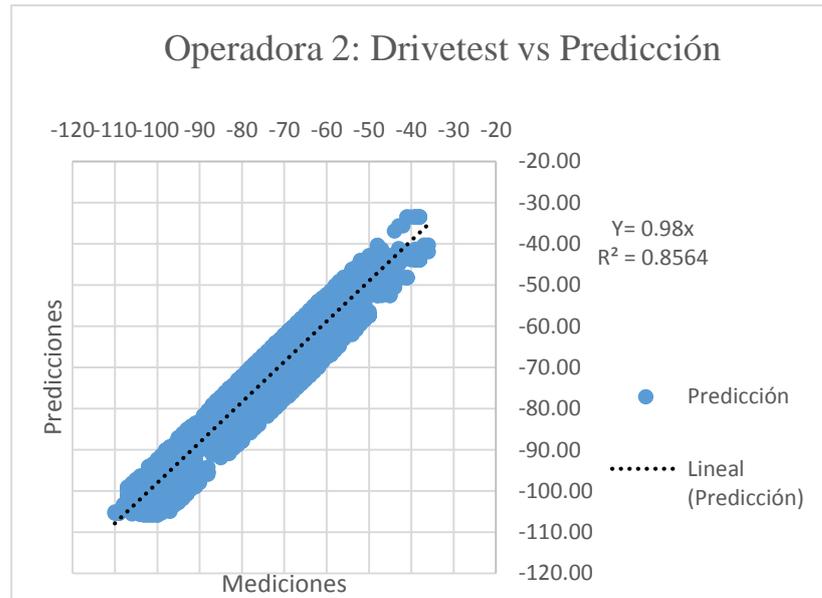


Figura 108. Drivetest vs Predicción

Promedio

$$\bar{x} = \frac{1}{8126} \sum_{i=1}^{8126} X_i$$

Ecuación 37

$$\bar{x}_m = -74.08 \text{ dBm}$$

$$\bar{x}_p = -72.64 \text{ dBm}$$

Desviación estándar

$$\sigma = \frac{1}{8126 - 1} \sum_{i=1}^{8126} (x_i - \bar{x})^2$$

Ecuación 38

$$\sigma_m = 11.52 \text{ dBm}$$

$$\sigma_p = 11.94 \text{ dBm}$$

Error estándar

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Ecuación 39

$$\varepsilon_m = 0.013 \text{ dBm}$$

$$\varepsilon_p = 0.013 \text{ dBm}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{8126} (Y_m - Y_p)^2}{8126}}$$

Ecuación 40

$$RMSE = 5.49 \text{ dBm}$$

Covarianza

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{8126} \sum_{i=1}^{8126} Y_m \cdot Y_p - \bar{x}_m \cdot \bar{x}_p$$

Ecuación 41

$$\sigma_{xy} = 127.36 \text{ dBm}^2$$

Coefficiente de variación

$$CV_m = \frac{\sigma}{|\bar{x}|} = \frac{11.92}{|-74.32|} = 0.1555$$

Ecuación 42

$$CV_m \cdot 100 = 15.55\%$$

$$CV_p = \frac{\sigma}{|\bar{x}|} = \frac{12.12}{|-73.65|} = 0.1644$$

Ecuación 43

$$CV_p \cdot 100 = 16.44\%$$

Varianza

$$\sigma_m^2 = 11.52^2 = 132.77 \text{ dBm}^2$$

Ecuación 44

Varianza

$$\sigma_p^2 = 11.94^2 = 142.61 \text{ dBm}^2$$

Ecuación 45

6.5.6.2. Datos procesados Operadora 3

Los datos tomados para la validación son 11988 los cuales fueron filtrados con la siguiente formula:

$$RMSE_{OP3} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{11988} (Y_m - Y_p)^2}{11988}} < 6dBm$$

Ecuación 46

En donde:

Y_m = Valor Medido Rx level

Y_p = Valor predecido Rx Level

Entre los datos medidos y los datos modelados se obtiene la correlación $Y=0.9879x$ y su $R^2=.8665$ lo que indica que es correlación es alta debido a que la dispersión de los datos se tomó una muestra sesgada. De covarianza $127.36 > 0$ que indica correlación positiva. Presentan una desviación estándar de 11.52 dBm y 11.94 dBm respectivamente. Y el error estándar para cada una es de 0.1278 y 0.1325 dBm. El error medio cuadrático fue 5.49 dBm menor a los 6 dBm obtenido por Michel y Mollel en Tanzania con una predicción razonable, indica que el modelo se acercó bien a las mediciones (Mollel & Kisangiri, 2014), sin este control de los valores predecido y medidos en algunas zonas presentan desviaciones de

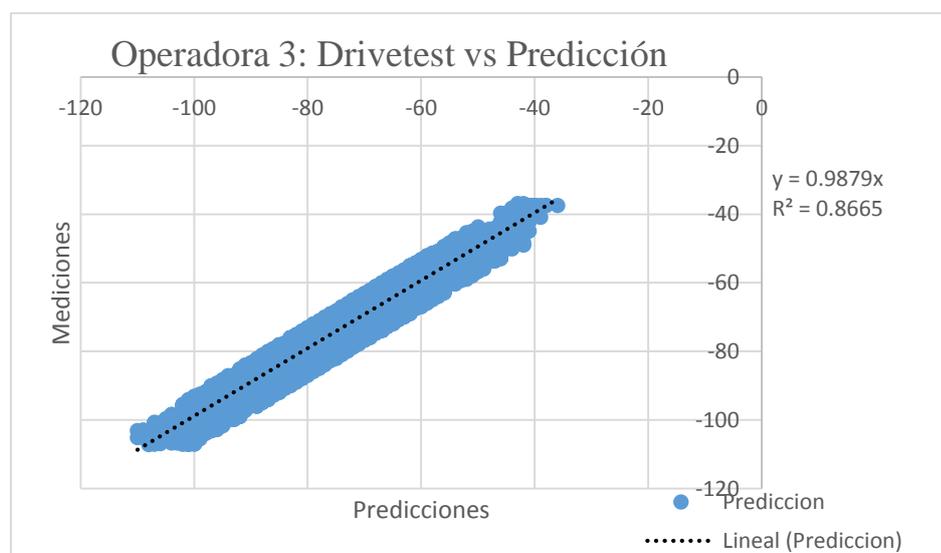


Figura 109. Drive vs Predicción Operadora 3

Promedió

$$\bar{x} = \frac{1}{11988} \sum_{i=1}^{11988} X_i$$

Ecuación 47

$$\bar{x}_m = -73.90 \text{ dBm}$$

$$\bar{x}_p = -73.11 \text{ dBm}$$

Desviación estándar

$$\sigma = \frac{1}{11988 - 1} \sum_{i=1}^{11988} (x_i - \bar{x})^2$$

Ecuación 48

$$\sigma_m = 10.65 \text{ dBm}$$

$$\sigma_p = 10.53 \text{ dBm}$$

Error estándar

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Ecuación 49

$$\varepsilon_m = 0.10 \text{ dBm}$$

$$\varepsilon_p = 0.10 \text{ dBm}$$

Covarianza

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{11988} \sum_{i=1}^{11988} Y_m \cdot Y_p - \bar{x}_m \cdot \bar{x}_p$$

Ecuación 50

$$\sigma_{xy} = 104.69 \text{ dBm}$$

Coefficiente de variación

$$CV_m = \frac{\sigma}{|\bar{x}|} = \frac{10.65}{|-73.90|} = 0.1441$$

Ecuación 51

$$CV_m \cdot 100 = 14.41\%$$

$$CV_p = \frac{\sigma}{|\bar{x}|} = \frac{10.52}{|-73.11|} = 0.1439$$

Ecuación 52

$$CV_p \cdot 100 = 14.39\%$$

Varianza $\sigma_m^2 = 10.65^2 = 113.53 \text{ dBm}^2$

Ecuación 53

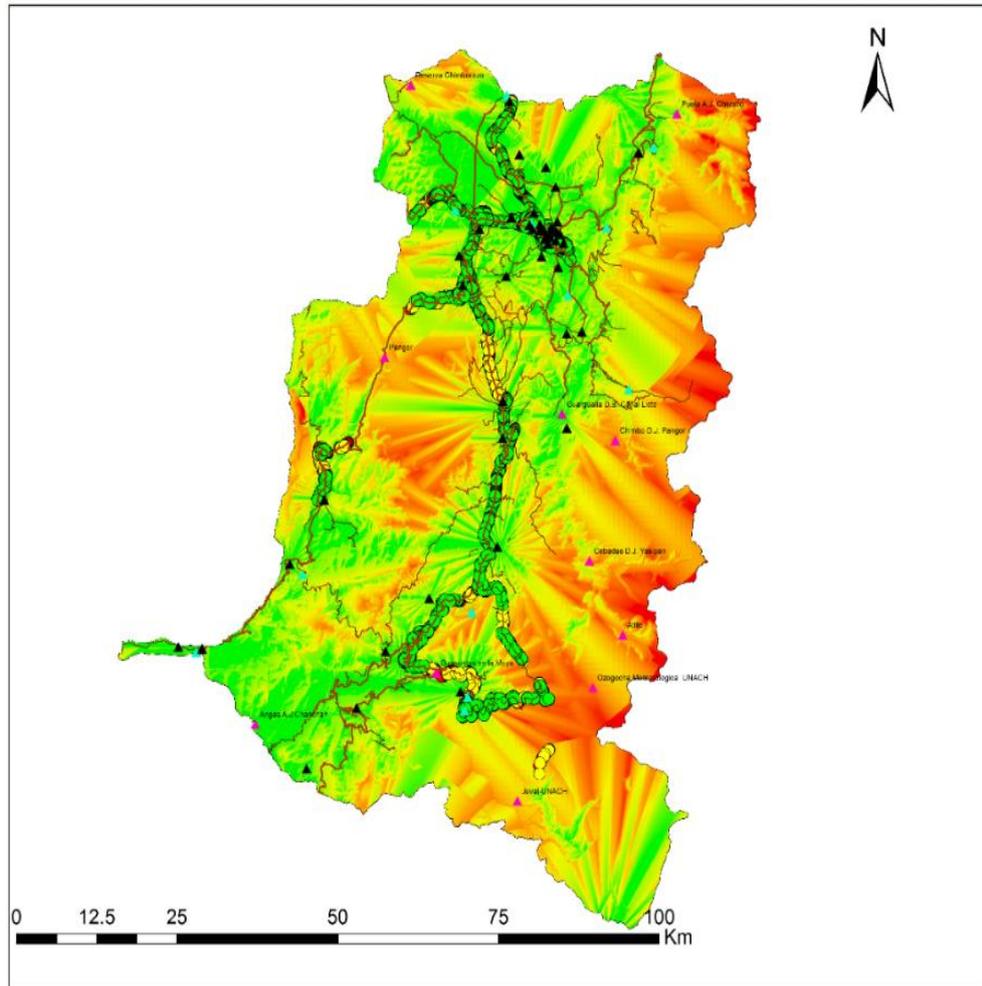
Varianza $\sigma_p^2 = 10.53^2 = 110.85 \text{ dBm}^2$

Ecuación 54

6.5.7. Resultado de Modelación

En La Modelación del Okumura –Hata para toda la provincia con el cual se tiene un primer resultado bastante cercano a la realidad con lo cual el modelo refleja el nivel de recepción aceptable, para los puntos de las mediciones del drive test. Para la operadora 3 y la operadora 2, no obstante no se puede garantizar que el modelo tenga una buena precisión para toda la provincia en cuanto se requiere de ir haciendo ajustes progresivos en el mismo aumentando la cantidad de datos técnicos de las operadoras y mediciones. (Ver Figura 110 y Figura 111)

Modelo de Prediccion Cobertura Okumura-Hata Provincia de Chimborazo SMA - Operadora 2



Leyenda

- ▲ Operadora2
- ▲ HC_Mat_2P
- ▲ HC_Mat_2P/3P
- HCT_DESC
 - Ruta principal
 - Ruta secundaria
- Op2_Rxlevel
 - www/lt
 - w/c
 - v/c/30
- Hata_Model_Op2
 - Valor:
 - Min: 12,2693
 - Max: 132,761

PROYECTO:
CARACTERIZACION BIOGEOGRAFICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

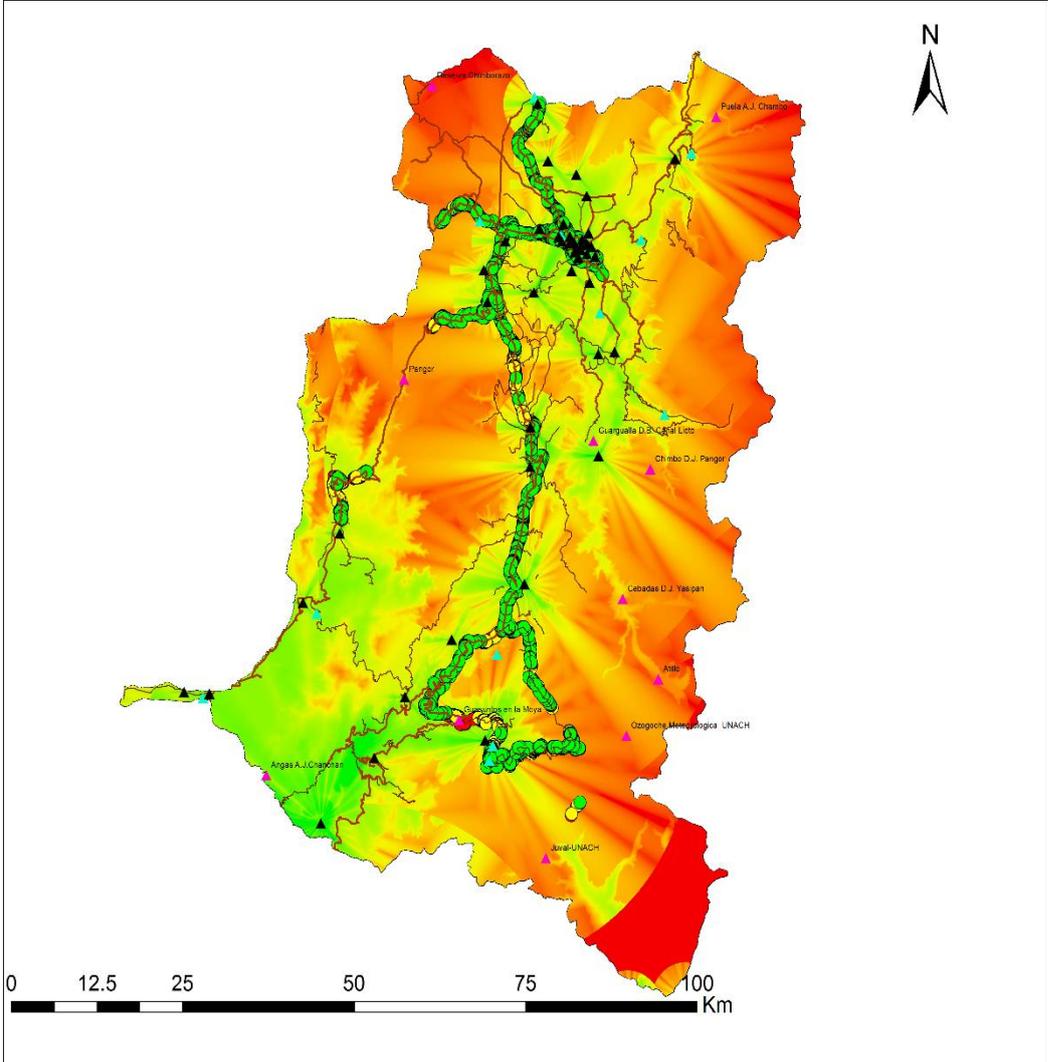


AUTORES:
BYRON ZUÑIGA
MARCO ORDOÑEZ



Figura 110. Okumura-Hata: Operadora 2

Modelo de Prediccion Cobertura Okumura-Hata Provincia de Chimborazo SMA - Operadora 3



Legenda

- ▲ Operadora2
- ▲ Mt_Mt_C2
- ▲ Mt_Mt_C2R6
- HCT_DESC
 - Ruta primaria
 - Ruta secundaria
- Op3_Rxlevel
 - Excelente
 - Buena
 - Mala
 - Pasa
- Hata_Model_Op3
 - Value
 - High: 18.7
 - Low: 125.2/2

PROYECTO:
CARACTERIZACION BIOGEOGRAFICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



AUTORES:
BYRON ZUÑIGA
MARCO ORDOÑEZ



Figura 111. Okumura-Hata: Operadora 3

CAPITULO VII

7. BIBLIOGRAFIA

Agbaraji C, E., & Aririguzo I, M. (2014). A SURVEY OF 3G TECHNOLOGIES; VITAL TOOL IN NATIONAL MOBILE TELECOMMUNICATION (NMT) DEVELOPMENT. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*(6), 2325-2334.

Almeida Román, M. d. (2010). *Instructivos de Procesamiento de Información Hidrometeorológica*. quito: QUITO/EPN/2010. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2527/1/CD-3221.pdf>

Alonso Quintana, R., Bordon Lopez, R., & Montiejo Sanchez, S. (enero de 2013). Estudio comparativo de los modelos de propagación de canal inalámbrico. (scielocu, Ed.) *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 34(1), 12-26. Recuperado el 2015 de 03 de 09, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282013000100002&nrm=iso

Argos Press Pty Ltd. (2004). <http://www.argospress.com/>. Recuperado el 22 de 06 de 2014, de <http://www.argospress.com/Resources/gsm/gsmarchit.htm>

ASCOM. (2009). *TEMS Investigation KPI Definitions-FTP*.

ASCOM. (2009). *TEMS Investigation KPI Definitions-HTTP*.

Bates, R. J. (2001). *GPRS: General Packet Radio Service* (McGraw-Hill 12 de noviembre de 2001 ed.). McGraw-Hill Professional. Recuperado el 06 de 07 de 2014, de www.digitalengineeringlibrary.com)

Bettstetter, C., Vögel, H.-J., & Eberspächer, J. (1999). GSM PHASE 2+ GENERAL PACKET RADIO SERVICE GPRS:ARCHITECTURE, PROTOCOLS,AND AIR INTERFACE. *IEEE Communications Surveysy (Special Issue on Packet Radio Networks)*., 2(3), 2-14. Obtenido de <http://www.comsoc.org/pubs/surveys>

Brizmer, A. (01 de 04 de 2005). *TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL*. Obtenido de Raadio- ja sidetehnika instituut: http://www.lr.ttu.ee/eVikings/Aleksandr_Brizmer_mag.pdf

CIAT. (01 de 03 de 2015). *Internacional Center for tropical Agriculture*. Obtenido de <http://dapa.ciat.cgiar.org/rclimtool-una-aplicacion-libre-para-el-analisis-de-series-climatologicas/>

CLARO. (2013). *COBERTURA 2013*. Obtenido de <http://miclaro.com.ec/cobertura2013/>

Coimbra G, E. (5 de Marzo de 2010). *ANTENAS Y PROPAGACIÓN DE ONDAS. CÁLCULO DE RADIOENLACES TERRESTRES*.

Division, K. S. (09 de 03 de 2015). *Kathrein Inc., Scala Division*. Obtenido de <http://www.kathrein-scala.com/>

EMORY. (10 de 02 de 2014). *emory.edu*. Obtenido de <http://www.emory.edu/BUSINESS/et/P98/gsm/history.html#beginning>

GADPCH. (JULIO de 2014). *ZONIFICACIÓN ECONÓMICA Y ECOLÓGICA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. Obtenido de <http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/images/stories/docu2015/Informe%20Final%20%20ZEE.pdf>

Giménez Gandia, J. J., López Sánchez, J., Gómez-Barquero, D., & Cardona Marcet, N. (2011). Modelos de propagación radio para redes de TDT móvil en la banda UHF. *Sistemas y Telemática* , 9(18), 9-27. Obtenido de http://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/viewFile/1077/1098

GSM. (septiembre de 1987). *MoU*. Conpehagen. Obtenido de http://www.gsm-history.org/fileadmin/user_upload/GSM_MoU/GSM_MOU_1987.pdf

HROVAT, A., OZIMEK, I., VILHAR, A., CELCER, T., SAJE, I., & JAVORNIK, T. (Octubre de 2010). Radio Coverage Calculations of Terrestrial Wireless Networks using an Open-Source GRASS System. *WSEAS Transactions on Communications*, 9(10), 646-657. Obtenido de <http://www.wseas.us/e-library/transactions/communications/2010/88-403.pdf>

INAMHI. (10 de 02 de 2014). *INAMHI*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/en-chimborazo-se-incrementara-la-red-de-monitoreo-hidrometeorologica/>

internetworldstats. (10 de 02 de 2014). *internetworldstats.com*. Recuperado el 2014 de 04 de 04, de <http://www.internetworldstats.com/sa/ec.htm>

ITU. (30 de 04 de 2009). *ITU-T E.800*. Obtenido de https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-E.800-200809-I!!PDF-E&type=items

ITU. (02 de 12 de 2014). *itu.int*. Obtenido de <http://www.itu.int/ITU-R/asp/terminology-definition.asp?lang=es&rlink={C955E5E1-920F-457D-BC0D-277C55643A02}>

Javornik, T. (20 de 12 de 2015). *GRASS RaPLaT*. Obtenido de http://www-e6.ijs.si/RaPlat/GRASS-RaPlat_main_page.htm

Johanna. E. Ayala, C. G. (2014). Interconectividad de la Red Hidrometeorológica de la Provincia de Chimborazo. *Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad de Zulia*.

Maldonado I., I., & Aravena S., R. (2006). *REDES DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS*. Chillán - Chile: Instituto de Investigación Agropecuaria.

Martínez-Zúñiga, F., Sosa-Pedroza, J. R., & Acevedo-Mosqueda, M. E. (octubre-diciembre de 2011). Comparación del modelo Hata con mediciones de atenuación en la ciudad de México. *Científica*, 15(4), 197-203. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/614/61428806005.pdf>

MINTEL. (10 de 02 de 2014). *observatoriotic.mintel.gob.ec*. Recuperado el 10 de 01 de 2014, de observatoriotic: <http://www.observatoriotic.mintel.gob.ec/index.php/men-estadisticatic/men-sus-telefoniamovil>

Mishra, A. R. (2007). *Advanced cellular network planning and optimisation: 2G/2.5 G/3G... evolution to 4G*. (Mishra, Ajay R ed.). Jhon Wiley and Sons Ltda.

Molisch, A. F. (2010). *Wireless Communications, 2nd Edition*. wiley. Obtenido de http://www.wiley.com/legacy/wileychi/molisch/supp2/appendices/c07_Appendices.pdf

Mollel, M. S., & Kisangiri, M. (septiembre de 2014). Optimization of Hata Model based on Measurements Data using Least Square Method: A Case Study in Dar-es-Salaam - Tanzania. *International Journal of Computer Applications*, 102(4), 35-39. doi:10.5120/17806-8630

Morales, J. I. (junio de 2012). *academia.edu*. Obtenido de https://www.academia.edu/5051509/C%C3%A1lculo_de_Radio_Enlace_en_la_banda_GSM-850_utilizando_Modelo_de_Propagaci%C3%B3n_Okumura-Hata

Morris, S., Chapman, M., Helsby, C., Kertrestel, C., Jugaru, G., Cox, A., . . . Brown, M. (05 de 05 de 2014). *s21*. (S. Morris, M. Chapman, C. Helsby, C. Kertrestel, G. Jugaru, A. Cox, . . . M. Brown, Editores) doi:<http://www.s21.com/sitemap.htm>

MOVISTAR. (2014). *MOVISTAR*. Obtenido de <https://www.movistar.com.ec/productos-y-servicios/cobertura>

Neteler, M., & Mitasova, H. (2008). *Open Source GIS A GRASS GIS Approach* (Vol. 3). New York: Springer US. doi:10.1007/978-0-387-68574-8

Nogueira, G., Baynat, B., & Ziram, A. (10 de 2006). An Erlang-like law for GPRS/EDGE engineering and its first validation on live traffic. *Proceedings of the 1st international conference on Performance evaluation methodolgies and tools*. ACM(24), 24. doi:10.1145/1190095.1190125

OSGEOproject. (20 de 12 de 2014). *GRASS GIS*. Obtenido de Bringing advanced geospatial technologies to the world: <http://grass.osgeo.org/>

Ozimek, I., Hrovat, A., Vilhar, A., & Javornik, T. (Septiembre de 2013). *GRASS-RaPlaT The Radio Planning Tool for GRASS GIS system*. Recuperado el 2014 de 06 de 2014, de http://www-e6.ijs.si/RaPlaT/files/doc/GRASS-RaPlaT_User_Manual_1_0a.pdf

Ozimek, I., Igor Ozimek, H., Vilhar, A., Celcer, T., Saje, I., & Javornik, T. (Marzo de 2011). GRASS-RaPlaT – an Open-Source Tool for Radio Coverage Calculations. *Joint Workshop on Wireless Communications - JNCW 2011*, 1-2. Obtenido de http://www-e6.ijs.si/RaPlaT/files/papers/Ozimek_GRASS-RaPlaT.pdf

PAREDES PATIN, A. M., & PEREZ ACOSTA, M. E. (MARZO de 2008). *DISEÑO DE LA RED DE TRANSMISION DE DATOS PARA EL CENTRO DE COMUNICACIONES HIDROMETEOROLOGICO DEL INHAMI PARA LAS PROVINCIAS DEL CALLEJON INTERANDINO DEL ECUADOR UTILIZANDO LA PLATAFORMA CELULAR*. QUITO: EPN.

Postpischl, L., Danecek, P., Morelli, A., & Pondrelli, S. (01 de 2011). Standardization of seismic tomographic models and earthquake focal mechanisms data sets based on web technologies, visualization with keyhole markup language. *Computers & Geosciences*, 37(1), 47-56. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2010.05.006>

Radio-Electronics. (s.f.). *Radio-Electronics.com*. Obtenido de <http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/gsm-edge/mcs-coding-schemes-classes.php>

Rodriguez Jimenez, R. M., Capa, A. B., & Lozano Portela, A. (2004). *Meteorología y Climatología*. FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología).

Shamma, M. A. (5-12 de March de 2005). GSM/GPRS Erlang Capacity Analyses and Simulations Under Air Traffic Loading Conditions. *Aerospace Conference, 2005 IEEE(0-7803-8870-4)*, 1931 - 1943. doi:10.1109/AERO.2005.1559484

Slovenije, T. (20 de 12 de 2014). *Telekom Slovenije*. Obtenido de <http://www.mobitel.si/>

SUPERTEL. (10 de 02 de 2014). *supertel.gob.ec*. Obtenido de http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=1208:9011105-de-usuarios-de-internet-hasta-diciembre-de-2012-desde-dispositivos-moviles-se-conectaron-3300480-usuarios&catid=44:principales&Itemid=344

UIT. (1994). *RECOMENDACIÓN UIT-R P.525-2*. Obtenido de RECOMENDACIÓN UIT-R P.525-2: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.525-2-199408-I!!PDF-S.pdf

Villacrés Ortiz, C. A. (2010). *Estudio de evaluación de la red hidrometeorológica en la región nor-oriental del Ecuador y propuesta de su optimización como parte de la red hidrometeorológica básica del Ecuador*. QUITO/EPN/2010. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2456/1/CD-3156.pdf>

Villatoro, & López. (2011). Chi cuadrada (X²). Juárez.

wikipedia. (22 de 05 de 2014). *Intensidad de Tráfico*. Recuperado el 20 de 02 de 2015, de http://es.wikipedia.org/wiki/Intensidad_de_tr%C3%A1fico

Wireless, S. (Ed.). (27 de 04 de 2014). *Sierra Wireless*. Recuperado el 25 de 03 de 2015, de Fastrack Xtend User Guide - AirLink FXT Series: http://www.sierrawireless.com/~//media/support_downloads/airlink/fastrack/airlink_fxt_series_user_guide-rev003_fix.ashx

CAPITULO VIII

ANEXOS

ANEXOS A

Ubicación de Estaciones Meteorológicas. (Ver Figura 112, 129, 130, 131, 132, 133)



Figura 112. Estación Meteorológica Ozogoche



Figura 113. Estación Meteorológica Achupallas



Figura 114. Estación Meteorológica Jubal



Figura 115. Instalación de Sensores Estación Meteorológica Achupallas



Figura 116. Configuración de Estación Meteorológica Jubal



Figura 117. Configuración de Estación Meteorológica Jubal

ANEXOS B

Especificaciones técnicas antena Kathrein 739623 (Ver Figura 118)

Specifications:

Frequency range	806–960 MHz
Gain	2 x 16.5 dBi (806–880 MHz) 2 x 17 dBi (880–960 MHz)
Impedance	50 ohms
VSWR	< 1.5:1 (806–880 MHz) < 1.3:1 (880–960 MHz)
Intermodulation (2x20w)	IM3: <-150dBc
Front-to-back ratio	>30 dB (co-polar)
Maximum input power	600 watts (at 50°C) per input
Polarization	+45° and -45°
±45° polarization horizontal beamwidth	68 degrees (half-power) (806–880 MHz) 65 degrees (half-power) (880–960 MHz)
±45° polarization vertical beamwidth	10 degrees (half-power) (806–880 MHz) 9.5 degrees (half-power) (880–960 MHz)
Sidelobe suppression for first sidelobe above horizon	≥ 15 dB
Connector	2 x 7/16 DIN female
Isolation	>32 dB
Weight	26.5 lb (12 kg)
Dimensions	76.3 x 10.3 x 4.6 inches (1936 x 262 x 116 mm)
Equivalent flat plate area	7.41 ft ² (0.688 m ²)
Wind survival rating	120 mph (200 kph)
Shipping dimensions	81.2 x 11.3 x 6.5 inches (2062 x 287 x 165 mm)
Shipping weight	30.5 lb (13.9 kg)
Mounting	Fixed mount options are available for 2 to 4.6 inch (50 to 115 mm) OD masts.
<i>See reverse for order information.</i>	



Figura 118. Especificaciones técnicas antena Kathrein 739623 usadas por las operadoras de SMA.

Simulación de Lóbulos de Radiación - Antenas Radiobases. (Ver Figura 119)

ANTENA KATHREIN: 739623

FREC: 806 - 960Mhz

POLARIZACION LINEAL: H-V Gain: 17dBi

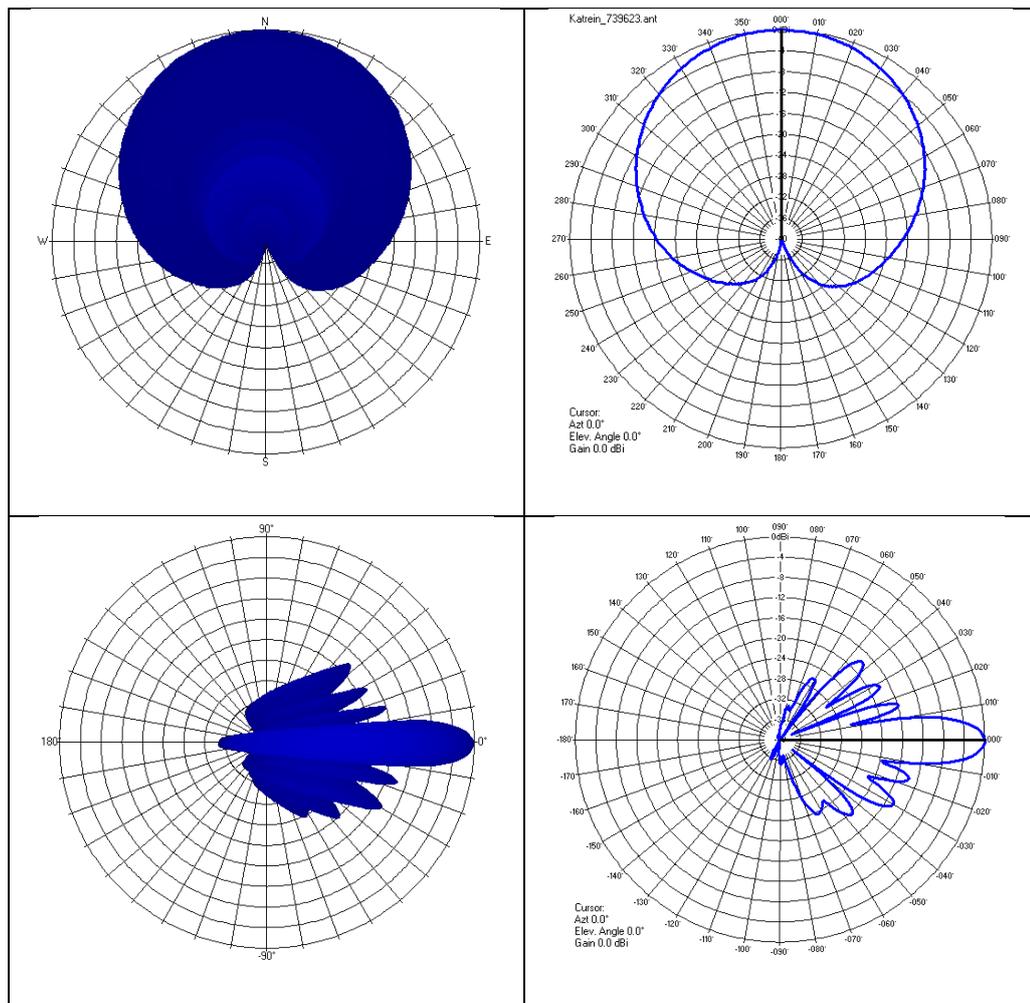


Figura 119. Lóbulo de radiación 739623

ANEXOS C

EQUIPOS INSTALADOS

Especificaciones técnicas antena LARSEN YA5825W (Ver

Figura 120, Figura 121)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Frequency :	824-896 MHz
Nominal Impedance :	50 Ω
VSWR :	2:1 Max
Gain (Radiating element) :	11 dBi \pm .5 dB
Radiation Pattern	
-3 dB beamwidth	
Horizontal Plane :	54 $^{\circ}$ \pm 2 $^{\circ}$
Vertical Plane :	45 $^{\circ}$ \pm 2 $^{\circ}$
Side lobe level	
Horizontal Plane :	-15 dB
Vertical Plane :	-15 dB
Cross Polarization level	
Horizontal Plane :	-15 dB Typ
Vertical Plane :	-15 dB Typ
Front to back ratio :	-15 dB min
Polarization :	Vertical or Horizontal



Figura 120. Especificaciones Eléctricas Antena LARSEN YA5825W

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Color :	Powder coat black
Weight :	720 g
Wind-loading :	164 Km/h
	& w/2.5mm radial ice
Overall length :	794 mm
Fixing system:	Pole clamp mm
Azimuth adjustment	360°

ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

Operating temperature :	-40°/+85° ° C
Temperature :	
Stationary.....	-40°/+85° ° C (1),(2)
Cyclic.....	-40°.+55° Rate 5°C/min (3)
Humidity :	
Stationary.....	93% @ +30° C (4)
Cyclic.....	95% @ +30° C (5)
Rain :	15mm/min 30 min (6)
Salt mist :	7 Days (7)
Industrial atmosphere :	4 Days (8)
Vibration	
Sinusoidal	Displacement: (9)
	3mm-2/9Hz
	Acceleration:
	10 m/s²-9/200Hz
Random.....	Level (ASD): (10)
	1M²/S³-10/200Hz
	0,3 m²/s³-200/2000Hz
Shocks :	100 m/s² (11)
Drop test :	1.0 m (12)

Figura 121. Especificaciones Mecánicas Ambientales Antena LARSEN YA5825W

Simulación de Lóbulos de Radiación - Estaciones Meteorológicas (ver Figura 122)

ANTENA YAGI UDA LARSEN YA5825W

FREC: 824 -890Mhz

POLARIZACION LINEAL: H-V Gain: 11dBi

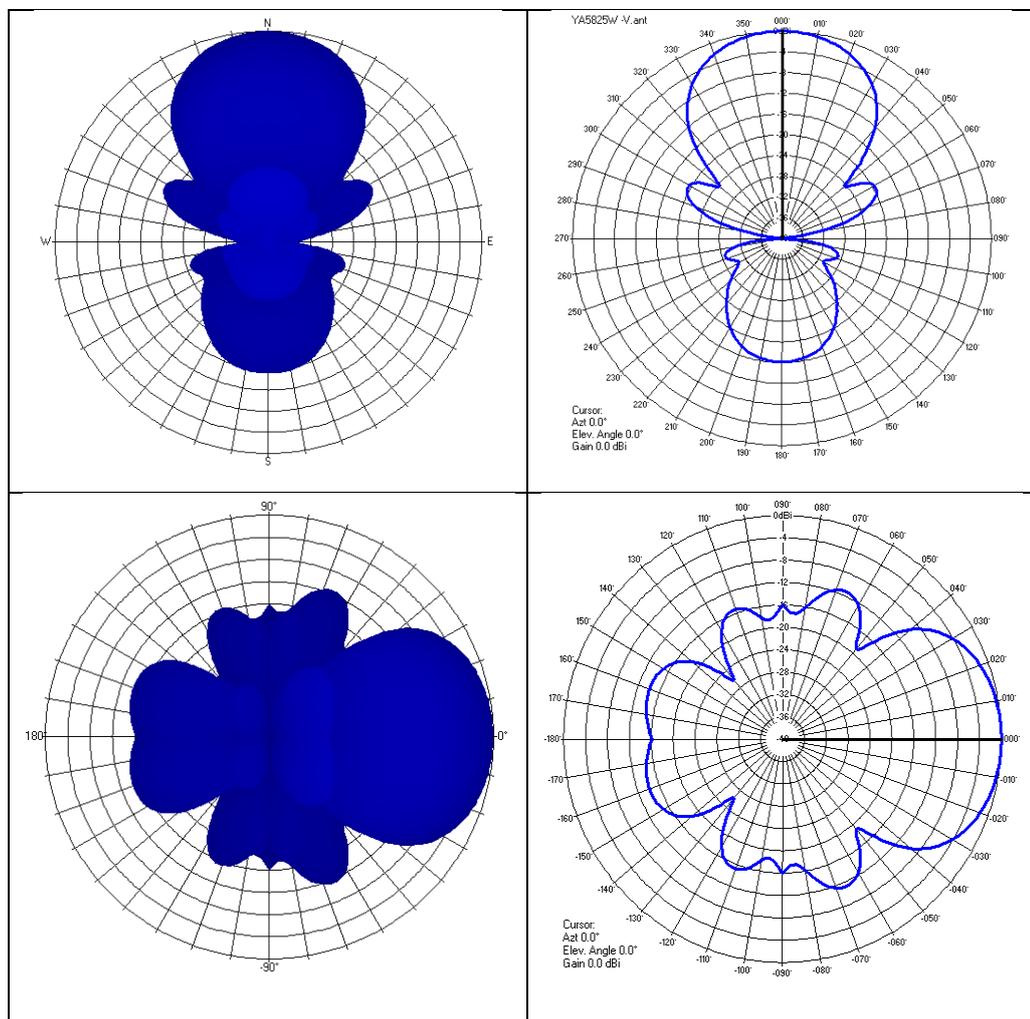


Figura 122. Lóbulo de radiación

EQUIPOS DE COMUNICACIONES GPRS



Figura 123. Sierra Wireless FXT009

FEATURES	FXT001	FXT003	FXT009
AIR INTERFACE	GSM/GPRS	HSPxA	GSM/GPRS/EDGE
FREQUENCY BANDS	850/900/1800/1900	850/900/1800/1900	850/900/1800/1900
COM PORT	USB & SERIAL	USB & SERIAL	USB & SERIAL
APPROVALS	R&TTE, CE, GCF, FCC, PTCRB, China RTE	R&TTE, CE, GCF, FCC, PTCRB, China RTE	R&TTE, CE, GCF, FCC, PTCRB, China RTE, AT&T
POWER ALARM	400uA	400uA	400uA
STANDBY AND IDLE	2,5mA	2,5mA	2,5mA
GSM/GPRS max	400mA max (GPRS class 10 33dBm)	400mA max (GPRS class 10 33dBm)	400mA max (GPRS class 10 33dBm)
HSxPA max	N/A	N/A	HSxPA max
CPU PROCESSOR	ARM946 / DSP	ARM946 / DSP	ARM946 / DSP
CPU CORE FREQUENCY	104 MHz / 26 MHz	104 MHz / 26 MHz	104 MHz / 26 MHz
USER MIPS AVAILABLE	87 MIPS	87 MIPS	87 MIPS
ANALOG AUDIO	1 x speaker out -1 x micro in	1 x speaker out -1 x micro in	1 x speaker out -1 x micro in
DIGITAL AUDIO	with expansion card	with expansion card	with expansion card
AUDIO CODEC	HR, FR, EFR, AMR	HR, FR, EFR, AMR	HR, FR, EFR, AMR
AUDIO QUALITY	VDA2A	VDA2A	VDA2A
ECHO CANCELLATION AND NOISE REDUCTION	HIGH	HIGH	HIGH
DTMF	YES	YES	YES
UART	2 (1 on internal expansion connector)	2 (1 on internal expansion connector)	2 (1 on internal expansion connector)
USB	1	1	1
ON OFF	YES	YES	YES
Vref	2,6V-15V	2,6V-15V	2,6V-15V
SPI	2 on internal expansion connector	2 on internal expansion connector	2 on internal expansion connector
ADC	1 on internal expansion	1 on internal expansion connector	1 on internal expansion connector

Figura 124. Especificaciones técnicas de Sierra Wireless FXT009

Parameters	Values
GSM850 Reference Sensitivity	>-106dBm typical (Static & TUHigh)
E-GSM900 Reference Sensitivity	>-106dBm typical (Static & TUHigh)
DCS1800 Reference Sensitivity	>-106dBm typical (Static & TUHigh)
PCS1900 Reference Sensitivity	>-106dBm typical (Static & TUHigh)
Selectivity @ 200 kHz	> +9dBc
Selectivity @ 400 kHz	> +41dBc
Linear dynamic range	63dB
Co-channel rejection	>= 9dBc

Figura 125. Umbrales de Recepción Sierra Wireless FXT009

General

VAISALA DATA LOGGER QML201	
Processor	32-bit Motorola
A/D conversion	16 bit
Data logging memory	
Internal	1.7 MB internal flash memory
Optional	>200 MB on compact flash memory card
Sensor inputs	
Analog	10 analog inputs (20 single-ended inputs)
Frequency	2 counter/frequency inputs
Internal channel for PMT16A pressure transducer	
Accuracy over operating temperature range	-40 °C ... +60 °C
Temperature (Pt-100) measurements	Range -50 °C ... +80 °C
Serial communication	
Standard	RS-232 and RS-485
Optional	
Two (2) optional plugin slots for communication modules for increasing the number of serial I/O channels	up to 8 pcs
External powering	
Voltage	8 ... 14 VDC recommended (30 V max.)
Power consumption	< 10 mA/6V (typically with 5 basic sensors)
Solar panel/batteries	
Panel options	6 W/6V and 12 W/12V
Extra back-up battery	QMB102
Sealed lead acid, maintenance-free	
Mains power	QMP213 85 ... 264 VAC
Mains power	QMP201C 85 ... 264 VAC
with 12 W solar panel and 7 Ah back-up battery	

Figura 126. Datalogger QML201

ANEXOS D

Enlace estación meteorológica Achupallas – RBS Achupallas.(ver. Figura 127)

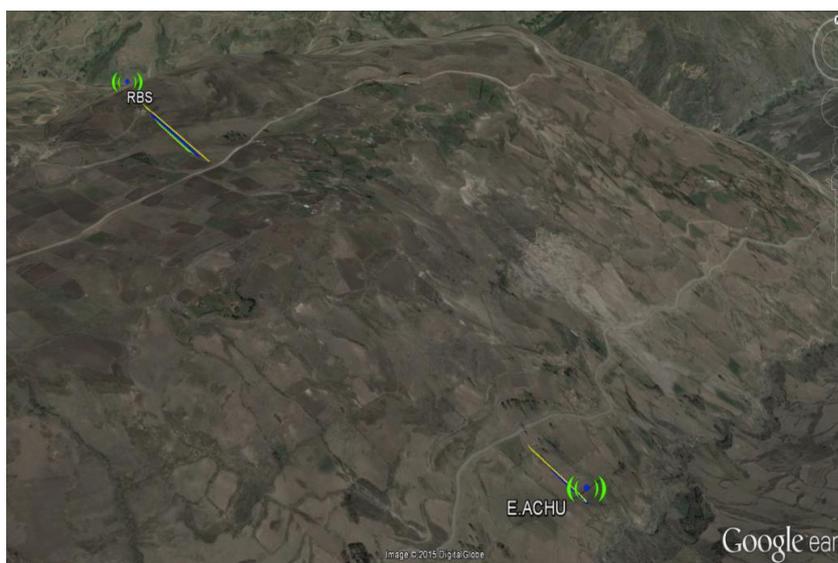


Figura 127. Enlace Achupallas – RBS Operadora 2

Parámetros de Enlace. (ver. Figura 128, Figura 129, Figura 130)

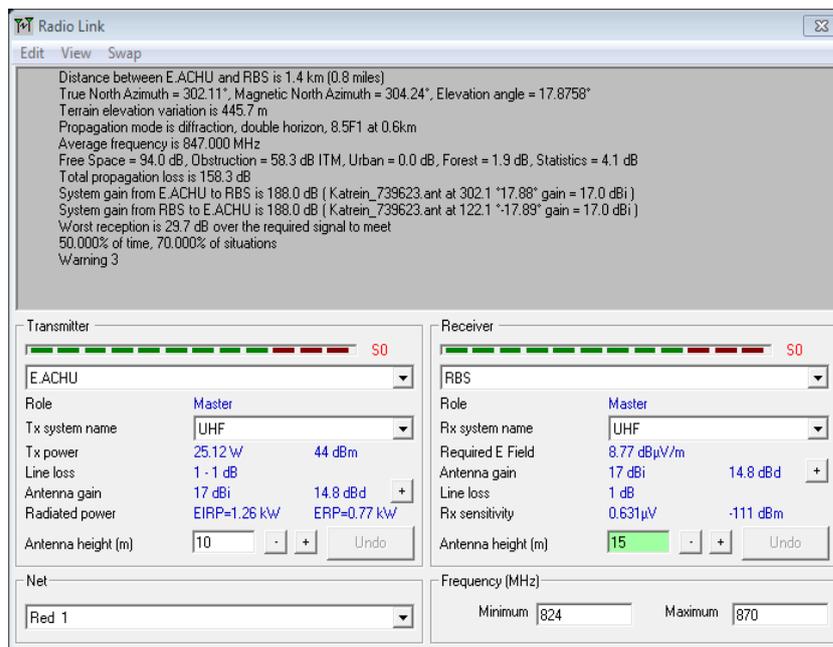


Figura 128. Detalles de enlace Est. Meteorológica Achupallas-RBS Achupallas

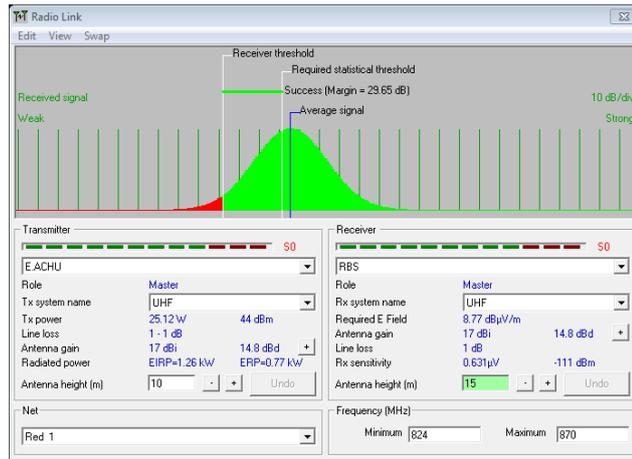


Figura 129. Distribución de enlace Est. Meteorológica Achupallas-RBS Achupallas

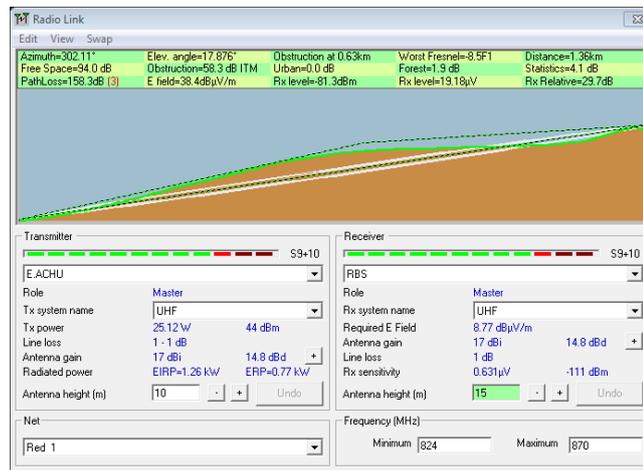


Figura 130. Perfil de enlace Est. Meteorológica. Achupallas- RBS Achupallas

ANEXO D

Cobertura Radiobases Achupallas - Estación Meteorológica Achupallas. (ver. Figura 131)

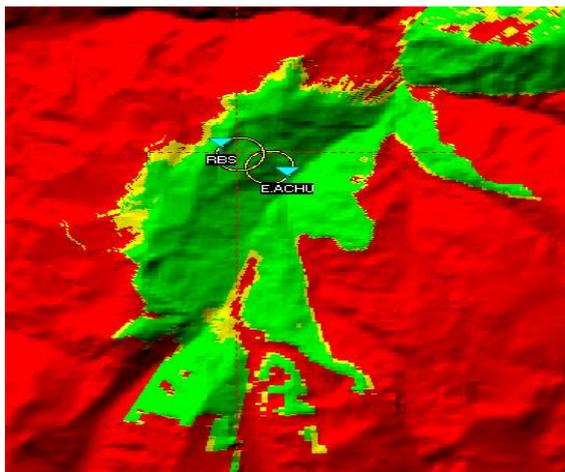


Figura 131. Cobertura RBS Achupallas – Est. Meteorológica Achupallas

Cobertura RBS ESPOCH - Estación Meteorológica ESPOCH (ver. Figura 132)

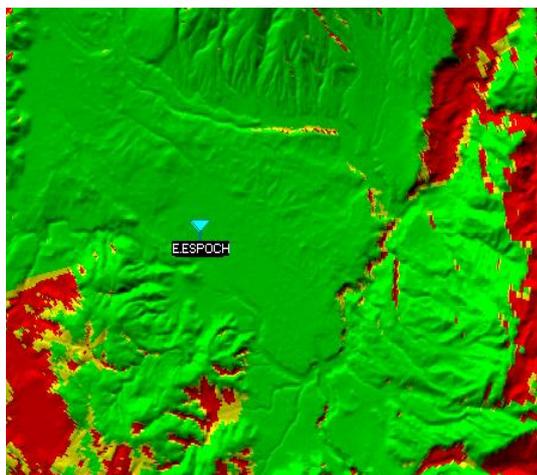


Figura 132. Cobertura RBS ESPOCH – Est. Meteorológica ESPOCH

ANEXOS F

Acceso al servidor de datos de las Estaciones Meteorológicas.

Para el ingreso al servidor ftp de las estaciones meteorológicas se ha seleccionado FileZillaFTP 3.3.5.1. La dirección de ingreso desde un terminal externo es 190.15.135.179 o 192.168.113.114.

La Figura 133 indica los pasos a seguir para ingresar la información (USER@PASSWORD) de acceso al servidor se encuentra a cargo del proyecto caracterización, se encuentra restringido y el ingreso está dado bajo autorización previa.

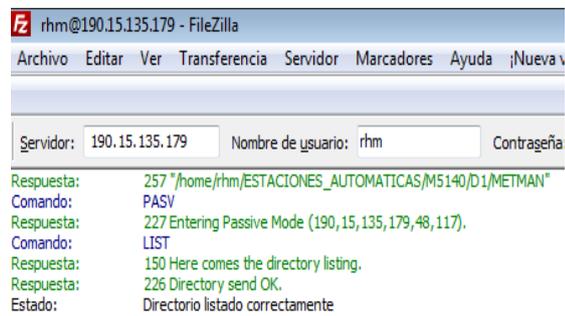


Figura 133. Ingreso con FileZillaFTP client

En la Figura 134 se muestra el directorio en el cual se almacena la información de las estaciones

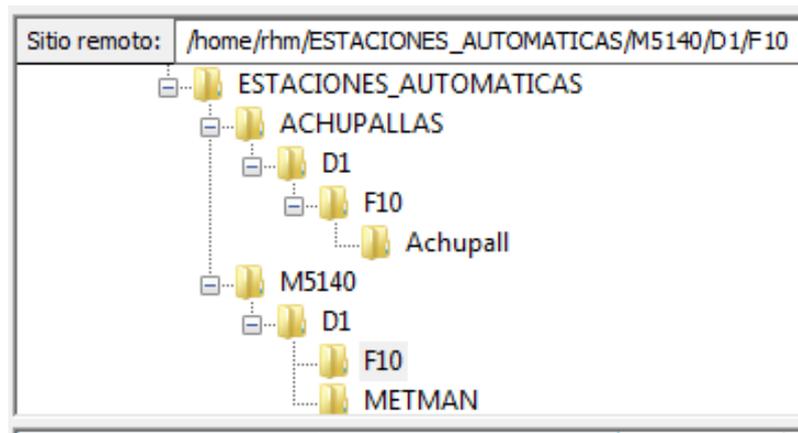


Figura 134. Directorio de recolección de datos

La Figura 135 indica los archivos .rep, el tamaño y la fecha con la cual se puede comprobar la transmisión de datos en formato F10

Nombre de archivo	Tamaño d...	Tipo de arc...	Ultima modificaci...	Per...	Propietari...
MS140_D1_F10_GPFT_R_150316085504.rep	4,680	REP File	16/03/2015 20:57:00	-rw-...	501 501
MS140_D1_F10_GPFT_R_150316090005.rep	4,680	REP File	16/03/2015 20:58:00	-rw-...	501 501
MS140_D1_F10_GPFT_R_150316090504.rep	4,680	REP File	16/03/2015 20:58:00	-rw-...	501 501
MS140_D1_F10_GPFT_R_150316091004.rep	4,680	REP File	16/03/2015 20:59:00	-rw-...	501 501
MS140_D1_F10_GPFT_R_150316091504.rep	4,680	REP File	16/03/2015 20:59:00	-rw-...	501 501
MS140_D1_F10_GPFT_R_150316092004.tmp	0	TMP File	16/03/2015 20:59:00	-rw-...	501 501

1 archivo seleccionado. Tamaño total: 4,680 bytes

Figura 135. Almacenamiento de Datos Formato F10

ANEXO G

PLANOS - DIAGRAMAS DE INSTALACIÓN

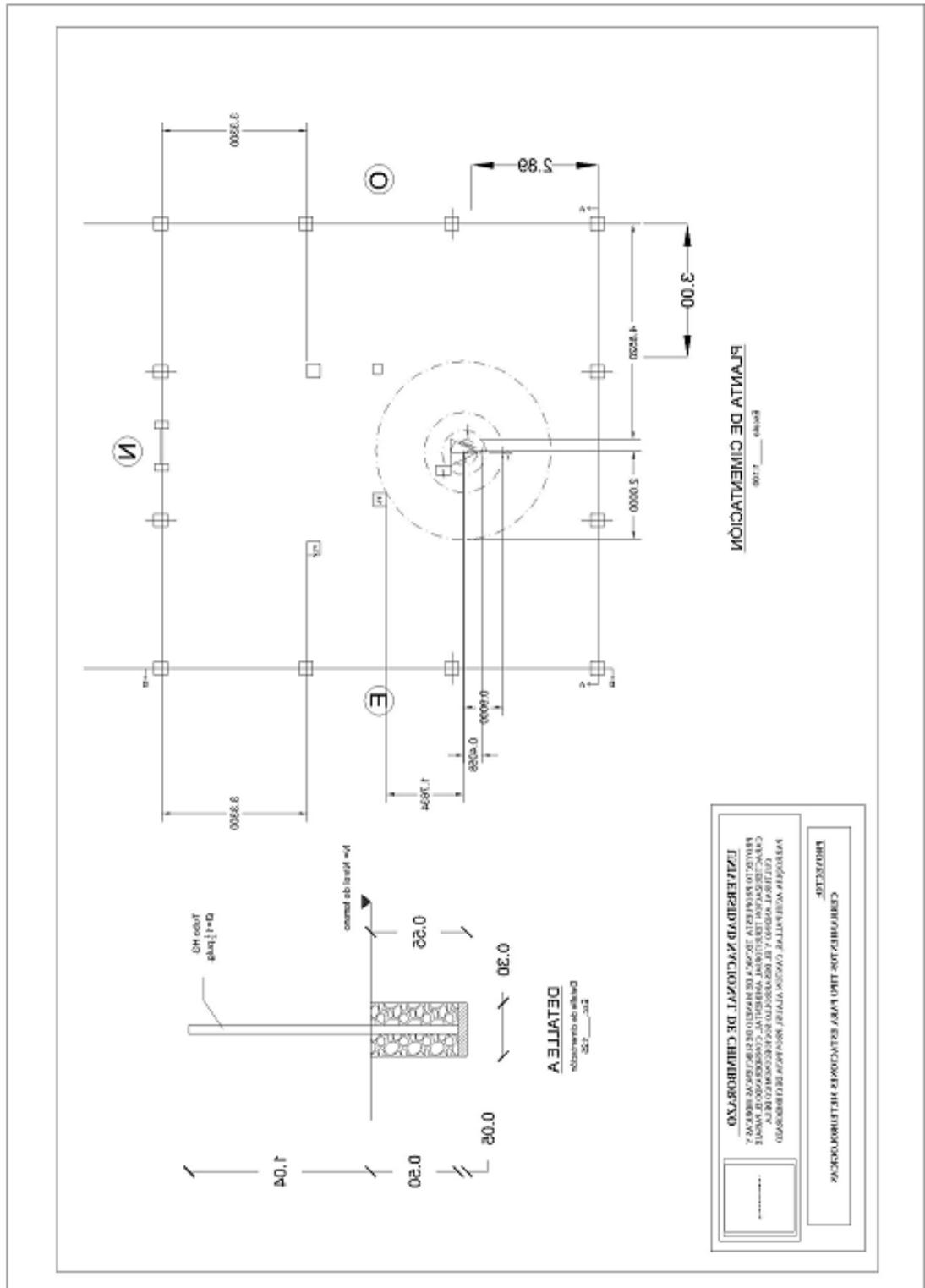


Figura 136. Plano de Ubicación de sensores

DIAGRAMA DE CONEXION SENSORES DE ESTACIONES METEOROLOGICAS



Figura 137. Diagrama de conexión de sensores

ANEXO F

UBICACIÓN ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Nombre de la Estación	Estación Meteorológica en Ozogoche
Provincia	Chimborazo
Cantón	Alausi
Parroquia	Achupallas
Comunidad	Ozogoche Alto
Latitud	9750526,9
Longitud	767976,69
Altura	3790,40 m.s.n.m.

Tabla 29. Ubicación estación meteorológica Ozogoche

Nombre de la Estación	Estación Meteorológica en Achupallas
Provincia	Chimborazo
Cantón	Alausi
Parroquia	Achupallas
Comunidad	Sector: Terrenos de la Diócesis
Latitud	9749167
Longitud	9749167
Altura	3376 m.s.n.m.

Tabla 30. Ubicación estación meteorológica Achupallas

Nombre de la Estación	Estación Meteorológica Juval
Provincia	Chimborazo
Canton	Alausi
Parroquia	Achupallas
Comunida	Juval
Latitud	9734269
Longitud	756205

Altura	3462
--------	------

Tabla 31. Ubicación estación meteorológica Juval

ANEXO G

Materiales utilizados Estaciones Meteorologicas

Materiales y Equipos	Cantidad	Actividad	Responsable
Sensores Meteorologia	18	Se conecta al Datalogger	UNACH
Datalogger	3	Configuracion GPRS	UNACH
Puesta a Tierra	3	Instalación para proteccion de equipos	UNACH
Cables	24	Instalación para transimision de datos	UNACH
Bases	15	Instalación soporte físico para sensores	UNACH
Torres	3	Instalacion para soportede para rayos y puesta a tierra, gabinete de la EMA y Sensores	UNACH
Para Rayos	3	Instalacion proteccion de Equipos	UNACH
Cerramiento	3	Proteccion de Estacion Meteorologica	UNACH

Tabla 32. Lista de materiales instalación estaciones meteorológicas

ANEXO H

DIAGRAMA DE RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

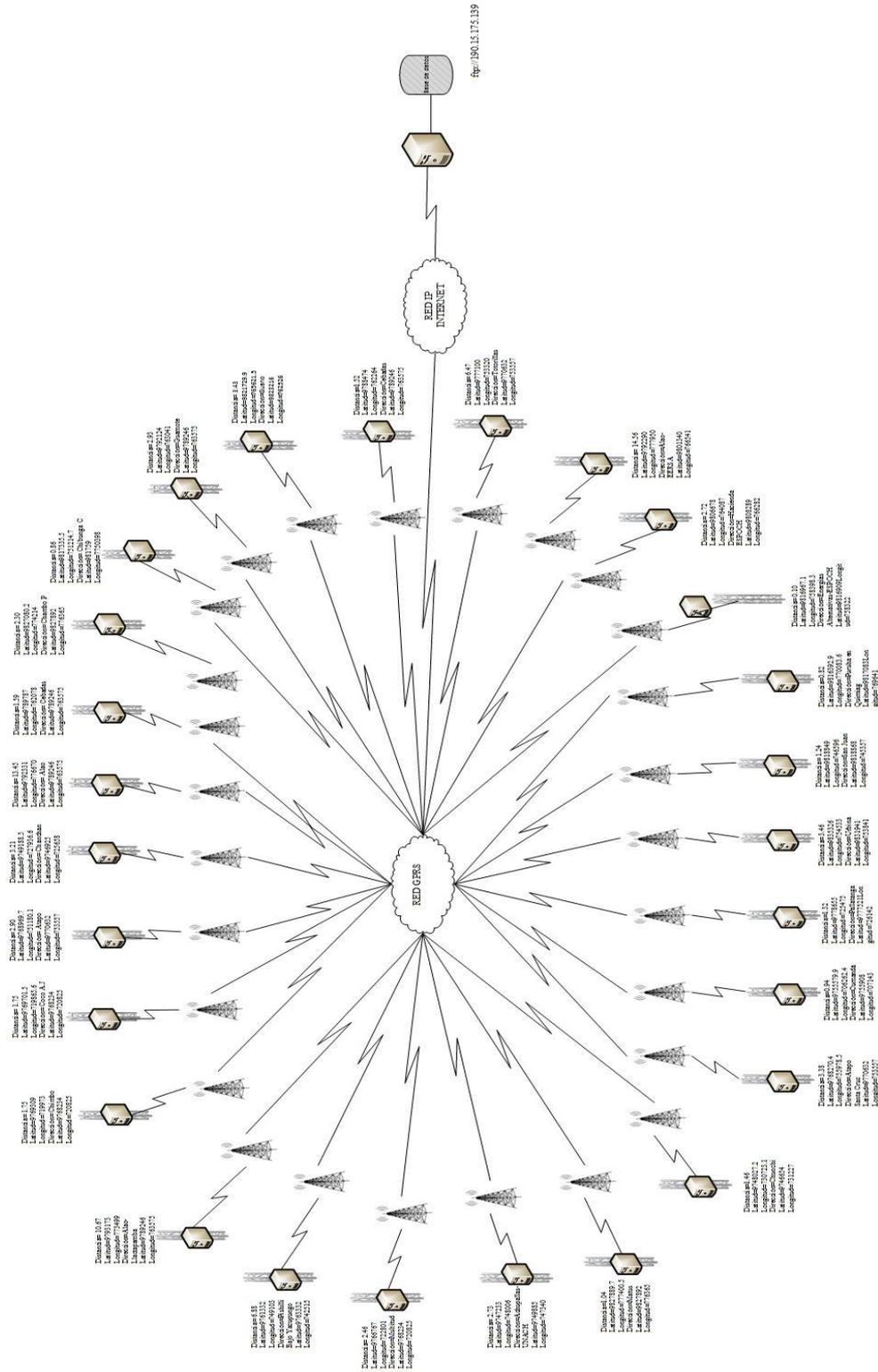


Figura 134. Diagrama de red

Fqewo gpv [349.f.1](#)*F365; 87: ; +
 Uwdo kwgf 4237/27/3: 2: 48*/27-22+
 Uwdo kwgf 't(D{tap^ wpli o*d{tap0ij geapigpfgtB i o cirtieqo +
 Tgegkigt f ucpvkrp0poej B opofuk0hkrmpf leqo
 Oguaci g VGUJUFKUCPQ00i qy 'hwrb guaci g
 3' 'qihij kfor r taz06; 't ci guhapi T qewo gpv'eqpukmufqfzvt' tguqpv'p'6'luq/tegu0

±	è	Í		ī	á	à	V Tguv	P Gz qtv	y Uj ctg	ç
---	---	---	--	---	---	---	--------	----------	----------	---

E 3'Y ctpipi u

```

IWPXGTUFCF'PCEIQONFG'
EJIODQTO QHCEWNCFFG'
IRI GPKG@GUEVGNCFGR I GPKG@
GNCEVTµPIECI"
VGNBQOWPIECEQPGUMWVNDFFG'
VTODLQFGRFXGUMK CEµP'FKUG: Q'G'
IORNDG'PVEµP'F'GMF'CTGF'F'G'
VTCPLUOKµP'F'GF'OVQRCTC'
RTQJ CEVQWFGRFXGUMK CEµP."
RTQRNGUMCV' EPIECI"
ECTCEVGTK CEµP'DIKI GQI TEHEC'
EQOQRNCP'RNQVQ'F'GNCEPVQ'F'G'
EQOVPICEQPG'GF'GNCT'GF"
JIFTOQG/GQTOQµP' I EECF'GN'
RTQW'FB'CF'GEJ IODQTO. Q."
WMMK CFF'GNCRNDVGHQTOCI RTU["
OCF'GNQ'F'GRTORQ CEµP."
F'GLUCTTQNNCF'Q'GP'NCRCTTQSWIC'
CEJ WRONDU' ECPµP' P'ONDU'@OVWQT
'GUH@J TOP'GFY IPI^ ° ≥K CQ'G'NCP'
OCTEQ'ECTNQUQTFµ ≥ G 'SW'FCVQC'
    
```