



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO Y PRUEBAS DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA EL PROYECTO “AMAZNOR” DEL INAMHI LOCALIZADO EN LA CUENCA DEL NAPO

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

MIRANDA SALGADO ROBERTO DAVID
robertdavid3280@gmail.com

POZO DÍAZ PABLO FERNANDO
pafer46@hotmail.com

DIRECTOR: ING. JAIME EDISON VELARDE GUEVARA
jaime.velarde@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, Miranda Salgado Roberto David y Pozo Díaz Pablo Fernando, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Miranda Salgado Roberto David

Pozo Díaz Pablo Fernando

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Miranda Salgado Roberto David y Pozo Díaz Pablo Fernando, bajo mi supervisión.

Ing. Jaime Edison Velarde Guevara
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme, acompañarme y encaminarme toda la vida. A mi Madre por su constante incentivo, esfuerzo y sacrificio totalitario. A mi hermana por ser un ejemplo a seguir, gracias por su preocupación permanente.

A Maritza por la compañía y apoyo presentado a lo largo de este proyecto. Al Ing. Jaime Velarde por dirigir este proyecto brindando sus sabios consejos. A todo el personal del INAMHI principalmente al Ing. Edison Cruz y al Ing. Ricardo Llugsi Ing. Ayabaca por toda su colaboración presentada de forma permanente. A todos mis amigos en especial Danilo, Cristian, José, Humberto y Sekin por sus sugerencias y aportes en este proyecto.

Roberto D. Miranda Salgado

AGRADECIMIENTO

Sumido en el silencio de la noche, empiezo el fin de una aventura, recordando los pasos al inicio dados cuando aún era más joven, con cierta estela de nostalgia en el ambiente, inevitable por supuesto inevitable. Por los días vividos en la que en un tiempo será la añorada Escuela Politécnica Nacional y dentro de esta mi chévere Facultad de Electrónica y Telecomunicaciones la cual me vio pasar tantas segundas y a veces terceras matriculas, agradezco al buen Creador y Dador de perfección en el universo, y a su Hijo Jesucristo, por todos y cada una de las experiencias compartidas en este ciclo estudiantil, gracias infinitas mi buen Señor. Me faltarían hojas, tranquilamente podría hacer muchas más tesis y nunca terminaría de redactar mis infinitos agradecimientos a mis hermosos y amados padres Segundo (Negrito) y Luz (Lucita), que con paciencia, fe y amor abnegado hacia mí, esperaron este día mucho más que yo, a mis hermosas hermanas, Karlita la Khalo que con su sonrisa, amor y manera diferente de ser ha iluminado mi vida y ha sido motivación para no dejar inconcluso este camino, que con su notable esfuerzo estudiantil me dio una valiosa lección de vida, a la Lily Gigi sin la cual no hubiera sido posible la realización de este proyecto por muchos motivos pero primordialmente por ese cariño cuyo límite tiende al ∞ . Gracias FAMILIA, pay shunku eterno.

A los amigos de Inamhi, Ing Edison Cruz por todo el apoyo y guía para la realización del proyecto, gracias hermano por ser tolerable con mis locuras y paciente en este periodo que se extendió demás, y en especial al Ing Ricardo Llugsi, por tu tiempo enseñanzas amistad, sin lo cual el final de la tesis no hubiera sido escrito, éxitos y bendiciones en tus futuros proyectos Ricardo. No podía olvidarme del Ingeniero Marcelo Ayabaca y del Ingeniero Ramon Chango, unas gracias infinitas, por la motivación dada en el momento adecuado.

Gracias Ingeniero Jaime Velarde por haber asumido junto a nosotros el reto de realizar esta tesis, por haber sido en tiempo y espacio, motivador en el momento justo antes de que las aguas se enturbien, gracias Director de Tesis.

Gracias al Inamhi que como institución supo darnos la confianza debida para poner nuestro conocimiento y trabajo a su servicio.

Gracias a todos los maestros que conocí durante mi larga carrera en la EPN, que mucho más que Ingenieros fueron verdaderos maestros tales como Pablito Hidalgo, Xavier Calderón, Robin Álvarez, Jaime Velarde, Migue Tasiguano, Miguel Hinojosa, Soraya Sinche, Anibal Cruz, Carlos Novillo, el Doc Corrales, etc.

A mis compas de la academia Acierte, muchas gracias wambras por compartir momentos chéveres y apoyarme en esas situaciones complices, en especial a los Inges Christian Duque y Santiago Yopez, a los panitas Pablo "Tocayin" Mora, a la Vane, la Mire, la Mari, la Carmita, la Erikeins, la Geniseins, el Cristian Lema, el Leo, el Byron, el Xavi, el Efra Montenegro, Juanito, Marquiwar, el Robert, el David.

A mis panas de vida que compartimos mucho más que un trago, la sinceridad de llamarnos amigos, se les estima full condenados, gracias Santiaguín Salvador, Christian Panata, que bien saber que se puede contar con ustedes incondicionalmente, al Robert Miranda gracias pana ya que a pesar del tropiezo final siempre me acolitaste y terminaste la tesis, gran parte del merito es tuyo, Krupskaya Arévalo, bendiciones mija, Iván Taco, Francisco Ccesco Apolo, gente de bien, Dieguito Borracho Ramos, Dario Tacuri, a todos los panas Dusty y a los Vamo Ashele con los cuales alzamos muchas copas sin ser campeones, al Anrres Santafe, Simón Ortega, Robert Patas Chucuma, Alejita, al Jhonseins Guitar, a mis queridas Pristiñas Erikeisn y Pris les llevare siempre en mi corazón, a todos mis panas de danza y travesías, y a ti Noemi gracias de todo corazón porque de la manera más extraña y hermosa has cambiado mi vida para siempre, gracias por mi Chulpicito.

Pablo Fernando Pozo Díaz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Lourdes Salgado y hermana Yadira Miranda S. por creer y confiar en mí.

Roberto D. Miranda Salgado

DEDICATORIA

Esta Tesis va dedicada a los que la hicieron posible, a los que creyeron en mí:

Mi FAMILIA: Segundo M Pozo, Luz Díaz, Karla, Lili, y para mi hermosa Martina.

Para mis abuelitas Carmen y María y mis abuelitos Alejandro y Segundo.

Para la vida que es una sola y hay que vivirla al máximo

Para los sueños que se cumplirán luego a su tiempo

Para los que se adelantaron al viaje eterno

Para mis amigos

Para Dios

Pablo Fernando Pozo Díaz

CONTENIDO

RESUMEN	1
PRESENTACION.....	2
CAPITULO 1.....	3
PROYECTO “AMAZNOR”	3
1.1 INTRODUCCIÓN.	3
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL FÍSICA Y AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO NAPO Y DE LAS PROVINCIAS DEL NAPO, SUCUMBÍOS Y ORELLANA.	4
1.2.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA CUENCA DEL RIO NAPO.....	4
1.2.2 DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO NAPO.....	5
1.2.3 PROVINCIA DEL NAPO	5
1.2.3.1 Ubicación y Límites.....	5
1.2.3.2 Marco Geográfico.....	6
<i>1.2.3.2.1 Clima.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.3.2.2 Hidrografía</i>	<i>6</i>
<i>1.2.3.2.3 Orografía</i>	<i>7</i>
1.2.4 PROVINCIA DE ORELLANA.	7
1.2.4.1 Ubicación y Límites.....	7
1.2.4.2 Marco Geográfico.....	7
<i>1.2.4.2.1 Clima.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.4.2.2 Hidrografía</i>	<i>8</i>
<i>1.2.4.2.3 Orografía</i>	<i>8</i>
1.2.5 PROVINCIA DE SUCUMBÍOS.....	8
1.2.5.1 Ubicación y Límites.....	8
1.2.5.2 Marco Geográfico.....	9
<i>1.2.5.2.1 Clima.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.5.2.2 Hidrografía</i>	<i>9</i>
<i>1.2.5.2.3 Orografía</i>	<i>10</i>

1.3	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS (AWS) AUTOMÁTICAS DEL PROYECTO AMAZNOR.....	10
1.3.1	ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS.....	10
1.3.2	MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DEL CLIMA O METEOROLÓGICAS	12
1.3.3	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL NAPO	13
1.3.4	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL ORELLANA	14
1.3.5	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL SUCUMBÍOS.	14
1.4	EQUIPOS HIDROMETEOROLÓGICOS.	15
1.4.1	EQUIPO ALMACENADOR DE DATOS (DATALOGGER).....	15
1.4.2	DESCRIPCIÓN DE LOS SENSORES DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA.	18
1.4.2.1	Sensor de Temperatura Gealog NTC.....	18
1.4.2.2	Sensor de Humedad Relativa Hygroclip.	19
1.4.3	PLUVIÓMETRO	19
1.4.4	PANEL SOLAR.	20
1.4.5	SOPORTE PARA PANEL SOLAR.....	21
1.4.6	PANTALLA DE PROTECCIÓN “SENSOR T & H”	22
1.4.7	CAJA NEMA.....	22
1.4.8	POSTES PARA PLUVIÓMETROS.	23
1.4.9	POSTE METÁLICO PARA DATALOGGER.	23
1.4.10	BATERÍA.	24
1.4.11	PROTECCIONES.....	24
1.4.12	PORTA FUSIBLE.	25
1.5	INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES ASOCIADA A LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.	25
1.5.1	ROUTER MULTITECH.....	25
1.5.2	ANTENA DIRECTIVA.....	27

1.6 REDES INALÁMBRICAS EXISTENTES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS A LA CUENCA DEL RIO NAPO.....	27
1.6.1 REDES CELULARES GPRS	27
1.6.1.1 Cobertura GPRS en la Provincia del Napo	28
<i>1.6.1.1.1 Cobertura Movistar.....</i>	<i>28</i>
<i>1.6.1.1.2 Cobertura Claro.....</i>	<i>29</i>
1.6.1.2 Cobertura GPRS en la Provincia de Orellana	30
<i>1.6.1.2.1 Cobertura Movistar.....</i>	<i>30</i>
<i>1.6.1.2.2 Cobertura Claro.....</i>	<i>31</i>
1.6.1.3 Cobertura Gprs en la Provincia de Sucumbíos.....	32
<i>1.6.1.3.1 Cobertura Movistar.....</i>	<i>32</i>
<i>1.6.1.3.2 Cobertura Claro.....</i>	<i>34</i>
1.6.2 SATELITAL.....	35
1.6.2.1 Satélites Meteorológicos.....	35
1.6.2.2 Grupos de Satélites Meteorológicos.....	35
1.6.2.3 Satélite GOES.....	36
CAPITULO 2.....	40
ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS	40
.....	40
2.1 INTRODUCCIÓN	40
2.2 DESCRIPCION WIMAX.....	40
2.2.1 INTRODUCCIÓN	40
2.2.2 ESTANDARIZACIÓN	41
2.2.3 WIMAX MÓVIL IEEE802.16e	42
2.2.3.1 Arquitectura	42
2.2.3.2 Funcionamiento de wimax.....	44
2.2.3.3 Frecuencias de banda ancha en el ecuador.....	46
2.2.3.4 Precios del servicio wimax.....	47
2.2.3.5 Ventajas y desventajas de wimax.....	47
2.2.3.6 Aplicaciones	49
2.3 DESCRIPCION GPRS	50
2.3.1 INTRODUCCIÓN	50

2.3.2	ARQUITECTURA.....	51
2.3.2.1	Estación Móvil.....	52
2.3.2.2	Estación Base Trans-Receptora.....	52
2.3.2.3	Controlador de Estación Base.....	53
2.3.2.4	Conmutación de Servicios Móviles/Registro de Ubicación de Usuario Visitante.....	53
2.3.2.5	Registro de Ubicación de Usuario Doméstico.....	53
2.3.2.6	Puerta de Conmutación de Servicios Móviles.....	53
2.3.2.7	Nodo de Soporte Servidor del Servicio General de Paquetes por Radio.....	53
2.3.2.8	Nodo de soporte de la puerta del servicio general de paquete por radio.....	54
2.3.3	FUNCIONAMIENTO DE GPRS.....	54
2.3.4	FRECUENCIAS DE LAS OPERADORAS DE TELEFONIA MÓVIL EN EL ECUADOR.....	55
2.3.5	PRECIO DEL SERVICIO GPRS.....	56
2.3.6	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE GPRS.....	56
2.3.6.1	Ventajas.....	56
2.3.6.2	Desventajas.....	58
2.3.7	APLICACIONES.....	58
2.4	DESCRIPCION SATELITAL METEROLOGICO.....	59
2.4.1	INTRODUCCION.....	59
2.4.2	ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN POR SATELITE (Figura 2.5).....	59
2.4.3	ORBITA.....	60
2.4.4	SISTEMA DE REPRESENTACION.....	61
2.4.5	SERVICIOS DE METEOROLOGIA.....	61
2.4.5.1	Servicios de Meteorología por Satélite:.....	62
2.4.5.2	Servicio de Ayuda a la Meteorología.....	62
2.4.6	MÉTODO DE OPERACIÓN DE LA PLATAFORMA.....	64
2.4.6.1	Servicio del Sistema de Satélite de Recogida de Datos Internacional.....	64
2.4.6.2	Servicio del Sistema de Recogida de Datos Regional.....	65

2.4.7	SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE LOS SATELITES METEOROLOGICOS GEOESTACIONARIOS.....	66
2.4.8	TIPO DE TELEDETECCIÓN DE LOS SATÉLITES GOES	67
2.4.9	LECTURA DE LOS DATOS DESDE LOS GOES DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	67
2.4.10	ASIGNACION DE FRECUENCIAS DE SATELITES METEOROLOGICOS.....	68
2.4.11	COSTO DEL SERVICIO SATELITAL METEOROLOGICO GEOESTACIONARIO	69
2.4.12	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SATELITES METEOROLOGICOS	70
2.4.12.1	Ventajas.....	70
2.4.12.2	Desventajas	70
2.4.13	APLICACIONES	71
2.5	TABLA COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGIAS INALAMBRICAS.....	71
2.6	EQUIPOS GPRS	73
2.6.1	FASTRACK SUPREME 20 WAVECOM.....	74
2.6.2	MULTITECH MULTIMODEM GPRS MTCBA-G-F2, MTCBA-G-F475	
2.6.3	MAESTRO 100 - M100L-M LITE (GPRS, METAL CASING) (FIGURA 2.11)	76
2.7	ANTENAS PARA MODEM	78
CAPITULO 3.....		79
DISEÑO DE LA RED “AMAZNOR”		79
3.1	INTRODUCCIÓN	79
3.1.1	TELEMETRÍA	80
3.1.1.1	Funcionamiento del Sistema de Telemetría	80
3.1.1.2	Características y Aplicaciones del Sistema de Telemetría	81
3.1.1.3	Equipos que Conforman la Red de Telemetría “AMAZNOR” ...	81
3.2	DISEÑO DEL RADIOENLACE.....	82
3.2.1	MODELOS DE PROPAGACIÓN	84
3.2.1.1	Modelo Okumura	84

3.2.1.2	Modelo Okumura-Hata	86
3.2.1.3	Modelo de Longley-Rice (ITM Irregular Terrain Model).	88
3.2.2	PERFIL TOPOGRÁFICO.....	89
3.2.3	ZONA DE FRESNEL	91
3.2.4	CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE	93
3.2.5	SELECCIÓN DEL CABLE COAXIAL	93
3.2.6	CÁLCULO DE POTENCIA NOMINAL DE RECEPCIÓN.....	95
3.2.7	MARGEN DE DESVANECIMIENTO.....	96
3.2.8	CONFIABILIDAD.....	97
3.3	DISEÑO DE LA RED	98
3.3.1	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL NAPO	99
3.3.2	PERFIL TOPOGRÁFICO Y COBERTURA DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL NAPO.	99
3.3.2.1	Ejemplos de Cálculo para el enlace Napo6 – Napo A.J Misahualli	105
3.3.3	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA.....	108
3.3.4	PERFIL TOPOGRÁFICO Y COBERTURA DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA.....	108
3.3.4.1	Ejemplos de Cálculo para el Enlace Coca3 – Payamino Carretero.....	113
3.3.5	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS	115
3.3.6	PERFIL TOPOGRÁFICO Y COBERTURA DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS DE LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS.	116
3.3.6.1	Ejemplos de Cálculo para el Enlace Sucum9 – Reventador	119
CAPITULO 4		123
ANÁLISIS Y RESULTADOS		123
4.1	INTRODUCCIÓN	123
4.2	DESARROLLO DE PRUEBAS Y RESULTADOS	123
4.2.1	CONFIGURACION DEL DATALOGGER GEALOG.....	124

4.2.1.1	Configuración del Gealog para Estaciones Remotas	126
4.2.1.1	Establecimiento de Comunicación Remota Estación Central-Datalogger	131
4.2.1.2	Comunicación Serial Datalogger-Modem Wavecom.....	134
4.2.1.3	Visualización de los Datos Adquiridos	136
4.2.2	CONFIGURACIÓN DEL MÓDEM GPRS WAVECOM.....	137
4.2.2.1	Establecimiento de comunicación Computador Local – Modem Fastrack Supreme Wavecom- Datalogger Logotronic.	138
4.2.3	CONFIGURACIÓN DEL ROUTER DE COMUNICACIÓN MULTITECH.....	149
4.2.3.1	Configuración del Protocolo IP.....	153
4.2.3.2	Configuración del Protocolo PPP	155
4.2.3.3	Configuración Network & Services	158
4.2.3.4	Configuración de Packet Filters	159
4.2.3.5	Configuración de DNAT.....	160
4.3	ANALISIS DE TRÁFICO.....	162
4.4	DETALLE DE COSTOS.....	164
4.4.1	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	164
4.4.2	COSTO DE LOS VIÁTICOS PARA EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.....	167
4.4.3	COSTOS DEL USO DE LA RED GSM/GPRS	167
CAPITULO 5.....		169
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		169
5.1	CONCLUSIONES.....	169
5.2	RECOMENDACIONES.....	172
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		174
ANEXOS		177

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1.1 Diagrama de Bloques Instrumentos de Medición Analógica.....	13
Figura 1.2 Diagrama de Bloques Instrumentos de Medición Digital	13
Figura 1.3 Equipo Registrador de Datos	16
Figura 1.4 1. Vista Frontal del Tablero de Puertos del Datalogger.....	17
2. Vista Posterior del Tablero de Puertos del Datalogger.....	17
Figura 1.5 Sensor de Temperatura Gealog NTC.	18
Figura 1.6 Sensor de temperatura de suelo NTC.....	18
Figura 1.7 Sensor de Humedad Relativa Hygroclip.....	19
Figura 1.8 Pluviómetro Young.	20
Figura 1.9 Panel Solar Exmork.....	21
Figura 1.10 Soporte para Panel Solar	22
Figura 1.11 Pantalla de Protección “Sensor T&H”	22
Figura 1.12 Caja Nema.	23
Figura 1.13 Postes para Pluviómetro.....	23
Figura 1.14 Postes Metálicos.....	23
Figura 1.15 Bateria MTEK.....	24
Figura 1.16 Fusible.	24
Figura 1.17 Fusible.....	25
Figura 1.18 Router Multitech	25
Figura 1.19 Puertos del Router Multitech	26
Figura 1.20 Puertos del Router Multitech	26
Figura 1.21 Antena Yagi Refractiva.....	27
Figura 1.22 Mapa de cobertura de Movistar en la provincia del Napo.	28
Figura 1.23 Mapa de cobertura de Movistar en la provincia de Orellana	30
Figura 1.24 Mapa de cobertura de Movistar en la provincia de Sucumbíos.	32
Figura 1.25 Mapa de cobertura del satélite GOES-13.....	39

CAPITULO 2

Figura 2.1 Red WIMAX basado en IP	43
Figura 2.2 Capas WiMAX.....	45
Figura 2.3 Arquitectura de la Red GPRS.	51
Figura 2.4 Estructura de Multitrama GPRS.....	55
Figura 2.5 Sistema Satelital Básico.	59
Figura 2.6 Contorno Visual del Satélite GOES 75° y 135°	60
Figura 2.7 Sistema de referencia del satélite GOES.....	61
Figura 2.8 Sistema de Colección de Datos	66
Figura 2.9 Fastrack Supreme 20 Wavecom.....	74
Figura 2.10 Multitech MultiModem GPRS MTCBA-G-F2, MTCBA-G-F4.....	75
Figura 2.11 Modem Maestro 100 - M100L-M Lite.	76

CAPITULO 3

Figura 3.1 Sistema Básico de Telemetría.	81
Figura 3.2 Conjunto de Curvas del Modelo Hata.....	85
Figura 3.3 Modelo de Dos Rayos	88
Figura 3.4 Ejemplo de Perfil Topográfico.....	90
Figura 3.5 Diagrama explicativo de las zonas de Fresnel.	92
Figura 3.6 Esquemático del Cable Coaxial RG-58C.....	94
Figura 3.7 Topología de la Red AMAZNOR.....	98
Figura 3.8 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Napo6 – Napo A. J. Misahualli100	
Figura 3.9 Simulación de Cobertura del enlace Napo6 – Napo A. J. Misahualli.....	100
Figura 3.10 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Napo5 – Papallacta.....	101
Figura 3.11 Simulación de Cobertura del enlace Napo6 – Papallacta.....	101
Figura 3.12 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Guacamayo – Cosanga.....	102
Figura 3.13 Simulación de Cobertura del enlace Guacamayo – Cosanga.....	102
Figura 3.14 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Napo10 – Reventador1.....	103
Figura 3.15 Simulación de Cobertura del enlace Napo10 – Reventador1.....	103
Figura 3.16 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Napo1 – Archidona	104

Figura 3.17 Simulación de Cobertura del enlace Napo1 – Archidona	104
Figura 3.18 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Coca3 – Payamino Carretero	109
Figura 3.19 Simulación de Cobertura del enlace Coca3 – Payamino Carretero	109
Figura 3.20 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Orell11 – Coca en Sebastián .	110
Figura 3.21 Simulación de Cobertura del enlace Orell11 – Coca en Sebastián	110
Figura 3.22 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Coca2 – Napo en Coca	111
Figura 3.23 Simulación de Cobertura del enlace Coca2 – Napo en Coca.....	111
Figura 3.24 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Coca3 – San José de Payamino	112
Figura 3.25 Simulación de Cobertura del enlace Coca3 – San José de Payamino.....	113
Figura 3.26 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Sucum9 – Reventador	116
Figura 3.27 Simulación de Cobertura del enlace Sucum9 – Reventador	117
Figura 3.28 Simulación de Cobertura del enlace Sucum5 – Lumbaqui	118
Figura 3.29 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Sucum5 – Supayacu	118
Figura 3.30 Simulación de Cobertura del enlace Sucum5 – Supayacu	119

CAPITULO 4

Figura 4.1 Gealog For Windows	125
Figura 4.2 Creación de Acceso a Estaciones Remotas.....	125
Figura 4.3 Acceso a Configuración Estaciones Remotas.....	126
Figura 4.4 Ventana para configurar los parámetros de una estación remota.....	127
Figura 4.5 Configuración de los parámetros de tiempo en la estación remota.....	128
Figura 4.6 Configuración de los parámetros de tiempo en la estación remota.....	128
Figura 4.7 Configuración General del Sensor de Precipitación	129
Figura 4.8 Conexión Datalogger- Computador Vía Puerto Serial.....	130
Figura 4.9 Conexión Vía USB.....	131
Figura 4.10 Activación de Parámetros para Comunicación Remota.....	131
Figura 4.11 Configuración Client For Gealog-Data Travel.	132
Figura 4.12 Configuración Datalogger Protocol Packet SG.....	133
Figura 4.13 Configuración Internet.	133
Figura 4.14 Configuración Tiempo de Adquisición.....	134
Figura 4.15 Configuración del Puerto Serial.	135

Figura 4.16 Configuración Parámetros del Puerto Serial	135
Figura 4.17 Modo Numérico	136
Figura 4.18 Modo Gráfico.....	136
Figura 4.19 Esquema de conexión.....	137
Figura 4.20 Conexión Modem-Computador Central.....	139
Figura 4.21 Configuración del Hyperterminal	140
Figura 4.22 Parámetros de comunicación Modem-Computador Central.....	140
Figura 4.23 Inicio Configuración Modem con Comandos AT.....	145
Figura 4.24 Depuración del Modem.....	145
Figura 4.25 Cargando Programa de Configuración InamhiV4.dwdl	146
Figura 4.26 Reseteo del Modem para Activar Cambios.....	146
Figura 4.27 Activación del modo Debug en el Modem	147
Figura 4.28 Activación de la IP en el Modem.....	147
Figura 4.29 Comprobación de la SIM en el Modem.....	148
Figura 4.30 Estado de Registro del Modem en la Red	148
Figura 4.31 Nivel de Señal del Modem en la Red.....	149
Figura 4.32 Router Multitech con SIM.	150
Figura 4.33 Conexión Router Multitech-Computador Central.....	150
Figura 4.34 Configuración IP del Computador Central.	151
Figura 4.35 Pantalla de ingreso a la página WEB del Router Multitech.....	151
Figura 4.36 Menú General para Programación de Multitech	152
Figura 4.37 Configuración General de IP del Router Multitech en la Estación Central ..	154
Figura 4.38 Configuración del Protocolo HTTP y Autenticación.....	155
Figura 4.39 Configuración del Protocolo PPP y Autenticación	156
Figura 4.40 Configuración del Protocolo PPP y Autenticación	156
Figura 4.41 Configuración de Red del Router Multitech.	159
Figura 4.42 Configuración de Packet Filters	160
Figura 4.43 Configuración DNAT.	161
Figura 4.44 Configuración de Tiempos para Sensores.....	162

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

Tabla 1.1 Tipos de estaciones con sus coordenadas geográficas correspondientes al estado en que se encuentran en la provincia del Napo.	13
Tabla 1.2 Tipos de estaciones con sus coordenadas geográficas correspondientes al estado en que se encuentran en la provincia de Orellana.	14
Tabla 1.3 Tipos de estaciones con sus coordenadas geográficas correspondientes al estado en que se encuentran en la provincia de Sucumbíos.	14
Tabla 1.4 Distribución del Tablero de Puertos en el Almacenador de Datos.....	17
Tabla 1.5 Características técnicas del Sensor de Temperatura del Aire y Temperatura del Suelo.	19
Tabla 1.6 Características técnicas del Sensor de Humedad Relativa	19
Tabla 1.7 Características técnicas del Sensor de Precipitación.	20
Tabla 1.8 Características técnicas de Paneles Solares.	21
Tabla 1.9 Características técnicas de la Batería.	24
Tabla 1.10 Especificaciones técnicas de los puertos.	26
Tabla 1.11 Especificaciones de los LED del Router.	26
Tabla 1.12 Tabla de cobertura en la Provincia del Napo por Movistar.....	29
Tabla 1.13 Tabla de cobertura en la Provincia del Napo por Claro.	29
Tabla 1.14 Tabla de cobertura en la Provincia del Orellana por Movistar.....	31
Tabla 1.15 Tabla de cobertura en la Provincia del Napo por Claro.	31
Tabla 1.16 Tabla de cobertura en la Provincia del Sucumbíos por Movistar.....	33
Tabla 1.17 Tabla de cobertura en la Provincia del Sucumbíos por Claro.	34

CAPITULO 2

Tabla 2.1 Características del estándar WiMAX fijo y WiMAX móvil.	41
Tabla 2.2 Bandas de Frecuencias para banda ancha.....	47
Tabla 2.3 Bandas de Frecuencia para operadoras móviles.....	56
Tabla 2.4 Bandas de frecuencia utilizadas por los satélites de meteorología para las transmisiones de datos	69

Tabla 2.5 Tabla Comparativa De Las Tecnologías Inalámbricas.....	72
Tabla 2.6 Características Técnicas de la antena.	78

CAPITULO 3

Tabla 3.1 Parámetros de entrada para el modelo ITM	89
Tabla 3.2 Características del Cable Coaxial RG-58C	94
Tabla 3.3 Factores A y B	97
Tabla 3.4 Coordenadas Geograficas en la Provincia del Napo	99
Tabla 3.5 Parámetros de distancia y altura de las estaciones bases y meteorológicas.	105
Tabla 3.6 Resultados de la primera Zona de Fresnel.....	106
Tabla 3.7 Requerimientos de los radios enlace	107
Tabla 3.8 Coordenadas Geográficas en la Provincia de Orellana.	108
Tabla 3.9 Parámetros de distancia y altura de las estaciones bases y meteorológicas.	113
Tabla 3.10 Resultados de la primera Zona de Fresnel.....	114
Tabla 3.11 Requerimientos de los radios enlaces.....	115
Tabla 3.12 Coordenadas Geográficas en la Provincia del Napo	115
Tabla 3.13 Parámetros de distancia y altura de las estaciones bases y meteorológicas. ...	119
Tabla 3.14 Resultados de la primera Zona de Fresnel.....	121
Tabla 3.15 Requerimientos de los radios enlaces.....	122

CAPITULO 4

Tabla 4.1 Parámetros para los Sensores configurados en el Datalogger Lumbaqui.....	130
Tabla 4.2 Resumen de Configuración Modem Wavecom Vía Comandos AT	144
Tabla 4.3 Parámetros configurados en el multimódem	153
Tabla 4.4 Parámetros configurados en el Wizard Setup del Router Multitech.	154
Tabla 4.5 Menu Principal Configuracion Router Multitech.....	157
Tabla 4.6 Costo Total de Equipos para la Estación de Recolección de Datos	164
Tabla 4.7 Costo Total de Equipos para las Estaciones Meteorológicas	165
Tabla 4.8 Costo Total de Equipos para las Estaciones Hidrológicas	166
Tabla 4.9 Costo de Implementación	167
Tabla 4.10 Costos Viáticos para el Personal de Mantenimiento.	167
Tabla 4.11 Costos de Ttarifa por Tráfico de Consumo Servicio de Transmisión de Datos GPRS	168

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo diseñar la red de transmisión/recepción de datos que enlazará los puntos que conforman la red del proyecto del sistema de alerta temprana "AMAZNOR", los cuales se encuentran ubicados en varias zonas de las provincias de Napo, Orellana y Sucumbios.

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología "INAMHI", La Unidad de Desarrollo Norte de la Amazonia "UDENOR" (actualmente SENPLADES), y el Ilustre Municipio de Francisco de Orellana, firmaron un convenio para la implantación de un sistema de información hidrometeorológico en la Cuenca del Rio Napo y un Sistema de Alerta Temprana Hidrometeorológica para la ciudad de Francisco de Orellana.

El "INAMHI" en el marco de convenio recibió de parte del "UDENOR" equipos tales como registradores de precipitación, registradores de nivel de agua así como estaciones automáticas con transmisión satelital y de aplicación hidrometeorológica y de calidad de agua con la finalidad que este instrumental sea instalado en la red de estaciones hidrometeorológicas que el "INAMHI" ha propuesto para el proyecto AMAZNOR.

Para la implantación de un Sistema de alerta Temprana hidrometeorológica (SAT), se ha realizado el correspondiente estudio en el cual se establece el requerimiento de transmisión en tiempo real de estaciones hidrológicas y de estaciones pluviométricas para la prevención de desastres naturales que se pretende satisfacer con la realización de este proyecto.

Para el diseño de la red se hizo un estudio previo del equipo encargado de la detección y monitoreo de las variables hidrometeorológicas; así como de las posibilidades para su envío, procesamiento, almacenamiento y funcionamiento de la estación central de registro.

Las pruebas del sistema de comunicación consistieron en comunicar equipos remotos (clientes) que transmiten datos por el puerto serial con una estación central (servidor) en la que se configuró el software propietario para que pueda capturar y procesar los datos enviados por las estaciones remotas. Estos equipos se comunicaron usando la red celular GSM utilizando el servicio GPRS.

PRESENTACIÓN

CAPÍTULO 1: PROYECTO “AMAZNOR”

En este capítulo se trata acerca de la situación actual del proyecto “AMAZNOR” es decir localización geográfica de los puntos que componen la red, aspectos topográficos, climáticos, de infraestructura, condiciones de redes inalámbricas existentes en las áreas aledañas a los puntos que conformarán dicha red, así como los objetivos que persigue el proyecto. Se especifica las características, normas y conectividad de la infraestructura de telecomunicaciones asociada a las Estaciones Meteorológicas Asociadas (AWS).

CAPÍTULO 2: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS.

En el capítulo 2 se realiza un estudio comparativo de los distintos equipos y medios de transmisión que por su costo beneficio podrían ser útiles para la transmisión/recepción de los datos adquiridos en los puntos que conforman la red de alerta temprana.

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA RED “AMAZNOR”

En el capítulo 3 se utiliza la información obtenida en los capítulos anteriores para el diseño de la transmisión/recepción de datos en los puntos que conforman la red “AMAZNOR”.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y RESULTADOS.

En el capítulo 4 se presentan las características de transmisión de la red, tal como capacidad del canal, velocidad de transmisión, análisis de tráfico. A la vez se tratarán los aspectos económicos para una implementación futura de la red “AMAZNOR”.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones acerca del diseño y pruebas de la red de transmisión de datos para el proyecto AMAZNOR.

CAPITULO 1

PROYECTO “AMAZNOR”

1.1 INTRODUCCIÓN.

El 15 de mayo de 2006, el Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI) suscribió con la Unidad del Desarrollo del Norte (UDENOR), en su calidad de Entidad Ejecutora del Programa AMAZNOR y con el Municipio de Francisco de Orellana, un convenio para el desarrollo de un Sistema de información de Alerta Temprana ante potenciales inundaciones para la ciudad de Francisco de Orellana (en adelante, SAT Coca).

La Unidad de Desarrollo Norte UDENOR, mediante un préstamo otorgado por el BID¹, está ejecutando el Proyecto de Desarrollo Sostenible de la Frontera Norte BID/EC-0201, en las provincias de: Napo, Orellana y Sucumbíos, mismo que comprende varias acciones orientadas a un desarrollo sustentable, a través de una serie de proyectos alternativos. Entre estos está el Proyecto de Mejoramiento Fluvial en la Amazonía del Norte Ecuatoriano en las áreas de transporte y de navegabilidad.

La UDENOR tiene como función principal el concretar proyectos de sostenibilidad y conservación ambiental dentro de la Frontera Norte y, en este caso, específicamente en la Zona Nor-Amazónica. Se ha previsto ejecutar el programa conjuntamente con el Ministerio del Ambiente y se propone realizar un conjunto de acciones integradas en la que UDENOR plantea la asignación de fondos de inversión para infraestructura hidrométrica y meteorológica, recursos que serán administrados por una Unidad Ejecutora del Proyecto, que se denomina AMAZNOR y la ejecución a cargo del INAMHI, ya que ésta es la Institución encargada por ley de llevar adelante la Hidrología y Meteorología del país.

¹ **BID** (Banco Internacional de Desarrollo).- Fundado en 1959. Mayor fuente de financiamiento para el desarrollo conformado por 26 países miembros prestatarios de América Latina y el Caribe. <http://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/acerca-del-banco-interamericano-de-desarrollo,5995.html>.

UDENOR fue creada en el régimen de Gustavo Noboa y fue eliminada por el presidente de la República Rafael Correa bajo el Decreto Ejecutivo No 694² en que la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) comienza a ejercer las funciones, atribuciones y competencias que realizaba UDENOR.

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL FÍSICA Y AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO NAPO Y DE LAS PROVINCIAS DEL NAPO, SUCUMBÍOS Y ORELLANA.

La cuenca del Rio Napo se encuentra ubicada al noreste del Ecuador en la Región Amazónica, en las provincias de, Sucumbíos, Pastaza, Napo y Francisco de Orellana. Con un área aproximada de 27448km²

1.2.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA CUENCA DEL RIO NAPO.

La cuenca del Río Napo se la divide en cuatro zonas:

1. Cuenca Oriental: La Cuenca Oriental se extiende por la Región Amazónica Ecuatoriana ubicada al este del Ecuador desde una altura promedio de 200 msnm a 800m.s.n.m en zona baja denominada oriente que recorre hasta las estribaciones de la Cordillera Oriente con altitudes de 2000 m.s.n.m.³ hasta 6000 m.s.n.m. en la Cordillera Real en la que su suelo consta de rocas volcánicas, sedimentarias y rocas metamórficas.
2. Cordillera Real: La Cordillera Real se ubica en la zona norte-occidental de la Cuenca del Rio Napo, su suelo está conformado por rocas metamórficas, siendo una zona de alto riesgo tectónico.
3. Zona Subandina: La Zona Subandina se encuentra ubicada en la terminación occidental del oriente hasta el levantamiento Napo-Galeras, paralelo a la estribación de la Cordillera Real al oeste. Su altura varía de

² **Decreto Ejecutivo 694:** Ver anexo 1.1

³ **m.s.n.m:** Metros sobre el Nivel del Mar

500m.s.n.m a 2000m.s.n.m. El tipo de suelo es metamórfico con rocas volcánicas.

4. Zona Oriente: La Zona Oriente se extiende desde el límite territorial con Perú hasta el flanco este de la Zona Subandina con una altitud promedio de 500m.s.n.m. Su suelo está compuesto por depósitos sedimentarios, producto del material de arrastre del Rio Napo y sus principales afluentes.

1.2.2 DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RIO NAPO.

La Cuenca del Rio Napo tiene una gran diversidad biológica en la que existen especies como: mamíferos, aves, reptiles, anfibios, etc., y su cobertura vegetal se divide en dos grupos:

1. Bosque Natural: Un bosque natural está compuesto por una variedad de especies y por ende de una amplia biodiversidad natural, dentro de este grupo se encuentra humedales, paramo, vegetación arbustiva y pastos naturales.
2. Bosque Secundario: En este tipo de bosque se han plantado pastos, cultivos de ciclo corto, y plantaciones forestales.

1.2.3 PROVINCIA DEL NAPO

Capital: Tena con una población de 103,697 habitantes y tiene una superficie de 12,483.4 Km².

1.2.3.1 Ubicación y Límites

Se encuentra ubicado en el centro norte de la Región Amazónica, entre las coordenadas geográficas 00°02' de Latitud Norte, 77 °15' de Longitud Oeste y 1°17' de latitud Sur, 78°30' de longitud Oeste.

Limita: al norte con la provincia de Sucumbíos, al sur con la provincia de Pastaza al este con la provincia de Orellana y al Oeste con las provincias de Pichicha, Cotopaxi y Tungurahua.

1.2.3.2 Marco Geográfico

1.2.3.2.1 *Clima*

Tropical húmedo con lluvias persistentes, mucha evaporación y altas temperaturas de 25 grados centígrados como promedio. Se identifican dos zonas climáticas:

- En zonas altas de la provincia del Napo que sobrepasan los 500 metros tiene un clima súper-húmedo soportan el máximo de lluvias de todo el país y llegan a tener temperaturas medias que no sobrepasan los 25 °C.
- En las zonas bajas su clima es subtropical y tiene temperaturas medias de 25 °C con abundantes lluvias.

1.2.3.2.2 *Hidrografía*

El río Napo: su origen está en el río Jatun-yacu que recoge las aguas de los ríos que se forman en los páramos orientales del Cotopaxi, en los del Quilindaña y en los deshielos del Antisana. Antes de internarse en la región amazónica recibe las aguas del río Mulatos. Después de la confluencia con el Anzu recibe el nombre de Napo y empieza a ser navegable.

El río Quijos: está ubicado en el cantón del mismo nombre, nace de las faldas orientales del volcán Antisana y su curso toma una dirección noreste, para recorrer paralelo a la vía Interoceánica formando un valle que abarca las jurisdicciones de los cantones Quijos y El Chaco, a partir del cual toma el nombre de río Coca (recorrido inferior) para finalmente desembocar en el río Napo.

Otros ríos importantes en la red hidrográfica son: el río Tena, río Chalupas, río Mulatos el río cosanga, río Puni, río Payamino, río Oyacachi, Hollín Grande.

1.2.3.2.3 *Orografía*

Entre las principales elevaciones de esta provincia se encuentran el volcán Antisana (5.758 m.s.n.m.), Cerro Quilindaña, Cerro Negro, Cerro Pan de Azúcar, volcán Sumaco (en los límites provinciales con Orellana a 3.732 m.s.n.m) y parte del Reventador (3562 m.s.n.m).

La cordillera de los Guacamayos también destaca en la provincia, que incluye parte de los Parques Nacionales de Sumaco Galeras, Cayambe Coca, Llanganates y otros.

1.2.4 **PROVINCIA DE ORELLANA.**

Capital: Francisco de Orellana con una población de 136,396 habitantes y tiene una superficie de 21,691 km²

1.2.4.1 **Ubicación y Límites**

Se encuentra ubicado en el centro norte de la Región Amazónica, en el sector oriental del país entre las coordenadas geográficas 00°03' de Latitud Sur, 77°45' de Longitud Oeste y 01°34' de latitud Sur, 75°15' d e longitud Oeste.

Limita: al norte con la provincia de Sucumbíos, al sur con la provincia de Pastaza al este con la república de Perú y al Oeste con la provincia de Napo.

1.2.4.2 **Marco Geográfico**

1.2.4.2.1 *Clima*

Su clima es similar en toda su extensión con una temperatura de 26°C y precipitaciones anuales que alcanzan un promedio de 3,000 mm. Se identifican dos zonas climáticas:

- 1 En zonas tropicales muy húmedas las temperaturas oscilan entre 23 y 25.5 °C y tienen precipitaciones en promedio anual que alcanza los 3,000 mm. Se presenta en el Parque Nacional Yasuní.

- 2 En zonas tropicales húmedas, las temperaturas oscilan entre 23 y 25,5 °C y tienen precipitaciones de 2,000 a 3,000 mm anuales. Se presenta en la Joya de los Sachas, Valle de los Aucas y Nuevo Rocafuerte, localizados al norte, sur y este respectivamente.

1.2.4.2.2 Hidrografía

Los ríos más importantes que bañan a esta provincia son: Payamino, Napo, Tiputini, Yasuní, Coca, Nashiño, Rumiyaçu, Pinoloyacu. Todos ellos alimentan al Napo que avanza al Atlántico. Existen lagunas como las de Añangucocha, Zancudococha, Jatuncocha, etcétera.

La faja de Laderas y Piedemonte: El rango de altitud comprende entre los 400 m.s.n.m a 1.200 m.s.n.m.

El río Napo nace a una altura cercana a los 6,000 msnm y se encuentra en la Llanura Amazónica a unos 300 y 400 m.s.n.m.

1.2.4.2.3 Orografía

Tiene una configuración geográfica especial, se extiende desde las estribaciones orientales de la cordillera donde se hallan el Cerro Negro y el volcán Sumaco hasta la extensa Llanura Amazónica ocupada por los valles que encierran los ríos Coca y Napo.

1.2.5 PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

Capital: Nueva Loja con una población de 176,472 habitantes y tiene una superficie de 18,008.3 km².

1.2.5.1 Ubicación y Límites

Se encuentra ubicado al nororiente del Ecuador entre las coordenadas geográficas 00°40' de Latitud Norte, 77°58' de Longitud Oeste y 00°39' de latitud Sur, 75°14' de longitud Oeste.

Limita: al norte con la República de Colombia; al sur, con la provincia de Napo y Orellana; al este, con Colombia y Perú y al oeste, con Carchi, Imbabura y Pichincha

1.2.5.2 Marco Geográfico

1.2.5.2.1 Clima

En cuanto al clima, éste tiene una gran variedad; que va desde el frío húmedo en la parte alta de la Sierra, el templado –muy húmedo en las estribaciones de la cordillera, a un tropical –lluvioso en la Cuenca Amazónica. La precipitación oscila entre 2000 a 6000mm anuales.

El mayor desarrollo de la provincia, junto con los asentamientos humanos ha tenido lugar en la cuenca amazónica, que es conocida como llanura amazónica u hoya amazónica, cuya altura varía entre los 240 m.s.n.m y los 600 m.s.n.m. Las otras sub-zonas son la vertiente oriental de la Cordillera de los andes que alcanza una altura de 4000m.s.n.m. a 4500m.s.n.m. la zona sub andina que tiene una altura de 2500 m.s.n.m. y las llanuras de esparcimiento y terrazas aluviales que se caracterizan por ser planas, de material arenoso y origen volcánico.

Aguarico en la región de Shushufindi; son zonas que no han logrado el mismo nivel de desarrollo

1.2.5.2.2 Hidrografía

El sistema hidrográfico de Sucumbíos está formado por el río Aguarico que atraviesa la provincia de Noroeste a Suroeste, sus afluentes son los ríos Cofanes, Chingual y Eno; adicionalmente desembocan los ríos El Dorado, Dué, Cáscales, Aguas Negra-Cuyabeno y Shushufindi; formando el límite con Colombia está el río San Miguel con sus afluentes el Bermeja, Charapa, Singué y Opuno, recibe también las aguas de los ríos Aguas Blancas y Conejo; otro límite con Colombia es el Putumayo, cuyo tributario es el río Piñuna; finalmente tenemos los ríos Coca y Napo que integran el límite Sur con la provincia del Napo.

1.2.5.2.3 Orografía

Al Noroeste de la provincia se encuentra la Cordillera Oriental de los Andes, al Norte está el cerro El Mirador, hacia el Sur se desprenden las cordilleras de Pimampiro, Mainas, la Cresta del Gallo y el cerro Aulucunga que encuentra al nevado Cayambe; descendiendo hacia el Oriente está el volcán Reventador, además están los cerros Lumbaqui y Bermejo.

1.3 COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS (AWS⁴) AUTOMÁTICAS DEL PROYECTO AMAZNOR

El INAMHI como institución encargada de la previsión de desastres naturales mediante la observación de fenómenos naturales propuso la ubicación de estaciones automáticas a lo largo de la Cuenca del Río Napo.

1.3.1 ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

El lugar en donde se realiza la evaluación de uno o varios elementos meteorológicos e hidrológicos se denomina regularmente Estaciones Hidrometeorológicas ó Estaciones de Observación, los datos que se recopilan en una estación hidrometeorológica, se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas e hidrológicas a partir de modelos numéricos, como para estudios climatológicos.

Las estaciones hidrometeorológicas se establecen en el mar, ríos, la superficie de la tierra y deben estar espaciadas de tal manera que sea representativa del sector y garantice una cobertura meteorológica adecuada. El espaciamiento óptimo de las estaciones de observación es aquel por el cual el costo ha sido tomado en consideración, en función al objetivo para el que los datos deben utilizarse, la

⁴ **AWS:** Siglas en Ingles Automatic Weather Station

variabilidad temporal y espacial del elemento hidrológico ó meteorológico observado y la naturaleza de la topografía de la región donde debe establecerse.

Se clasifican en varios tipos de estaciones según los objetivos y los parámetros que se desea medir entre los cuales se tienen:

- Estaciones Climatológicas.- Son estaciones meteorológicas en la que puede predecir el clima según su altura sobre el nivel del mar el cual es bastante homogéneo son llamados estaciones climatológicas principales ya que se tiene una referencia del clima y las estaciones climatológicas ordinarias son aquellas que se encuentran en las zonas montañosas donde se presentan microclimas.
- Estaciones Pluviométricas.- Son estaciones meteorológicas el cual está constituido por un registrador de precipitación que define el tipo de fenómeno (lluvia, llovizna, tormenta) dando lugar a la precipitación
- Estaciones Automáticas de Nivel.- Son estaciones hidrológicas en las que se basa por un registrador de nivel de agua de los ríos, lagos o algún cuerpo de agua que sirve para la predicción de la máxima altura del agua.
- Estaciones Meteorológicas Automáticas.- Una Estación Meteorológica Automática es un sistema de adquisición de datos, que cuenta con el instrumental convencional para la medición de las variables meteorológicas. Su función principal es medir y almacenar los datos del clima, empleando un conjunto de sensores calibrados para recolectar datos cada período de tiempo determinado en memorias que almacenan los datos hasta que son transferidos remotamente a una estación central conocida como estación de recolección de datos.

Los sensores hace referencia a todos los sensores de una estación automática, como por ejemplo: precipitación, temperatura ambiente, medidor de radiación, dirección y velocidad del viento, etc. Estos sensores envían la información a un convertidor analógico digital A/D, el que a su vez envía los datos digitalizados a

un dispositivo de codificación que convierte cada señal acondicionada proveniente de cada sensor en un mensaje codificado.

Los valores codificados pasan a una unidad de registro y visualización donde a más de mostrar el dato medido se lo almacena y está listo para ser transmitido a la estación central. Cada estación automática remota incluye un suministro eléctrico normalmente de energía solar.

Actualmente, la información recopilada en cada una de las estaciones automáticas ubicadas en diferentes zonas del Oriente del país se queda almacenada en dichas estaciones remotas, convirtiéndose en el objetivo principal de este proyecto transportar la información de doce estaciones remotas que conforman el proyecto AMAZNOR hacia una Estación de Recolección de Datos, para proveer información en tiempo real.

1.3.2 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DEL CLIMA O METEOROLÓGICAS

La medición de estas variables en su mayoría son variables del estado del tiempo. Se debe tener un cierto grado de uniformidad con respecto a los parámetros de los instrumentos de medición convencionales para obtener resultados comparables de los puntos de observación de la red meteorológica. Deben utilizarse instrumentos con características operacionales y exactitud análogas con enfoques uniformes en lo referente al mantenimiento y calibración.

Los programas de observaciones meteorológicas deben ser los mismos en todo el globo terrestre usando una sola escala de tiempo (Tiempo Medio de Greenwich, GTM). Razón por la cual existe un Organismo que norma y reglamenta las actividades meteorológicas que es la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Todos los instrumentos de medición directos, según su forma en que indican la información se clasifican en:

a) Instrumentos de Medición Analógica



Figura 1.1 Diagrama de Bloques Instrumentos de Medición Analógica

b) Instrumentos de Medición Digital

Proporcionan una representación del valor de la cantidad de medida en una forma numérica discreta.



Figura 1.2 Diagrama de Bloques Instrumentos de Medición Digital

1.3.3 COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL NAPO

#	Tipo	COD	NOMBRE	LATITUD EN GRADOS	LONGITUD EM GRADOS	ELEVACIÓN (mts)
1	LM	HA5	Napo A.J Misahualli	-1.033188700	-77.653602400	444
2	AWS	M188	Papallacta	-0.380833000	-78.140000000	3127
3	PV	Z027	Cosanga	-0,5558333	-77,877222	1898,6
4	PV	MA1	Reventador1	-0,169781	-77,680692	1773,9
5	PV	Z031	Archidona	-0.9136111	-77.8169444	550,1

Tabla 1.1 Tipos de estaciones con sus coordenadas geográficas correspondientes al estado en que se encuentran en la provincia del Napo.

TIPO DE ESTACIONES:

CL: Climatológica Ordinaria

PV: Pluviométrica.

AWS: Estación Meteorológica Automática.

1.3.4 COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL ORELLANA

#	COD	TIPO	NOMBRE	LATITUD EN GRADOS	LONGITUD EN GRADOS	ELEVACIÓN (mts)
1	Z008	PV	Payamino A.J.Napo	-0.433333000	-76.991667000	275
2	HA2	PV	Coca en Sebastian	-0.341322300	-77.004404300	276
3	Z015	LM	Napo en Coca	-0.467778000	-76.926900000	260,9
4	84008	PV	San José de Payamino	-0.433472000	-77.007220000	257,3

Tabla 1.2 Tipos de estaciones con sus coordenadas geográficas correspondientes al estado en que se encuentran en la provincia de Orellana.

TIPO DE ESTACIONES:

CL: Climatológica Ordinaria

CP: Climatológica Principal

PV: Pluviométrica.

LM: Estación Automática de Nivel

1.3.5 COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL SUCUMBÍOS.

#	COD	TIPO	NOMBRE	LATITUD EN GRADOS	LONGITUD EN GRADOS	ELEVACIÓN (mts)
1	Z023	PV	Reventador	-0.046111111	-77.524444444	1433
2	Z022	PV	Lumbaqui	0,043888889	-77,33472222	501,7
3	M5013	PV	Supayacu	-0,094444	-77,21083	381,3

Tabla 1.3 Tipos de estaciones con sus coordenadas geográficas correspondientes al estado en que se encuentran en la provincia de Sucumbíos.

TIPO DE ESTACIONES:

PV: Pluviométrica.

Son las ubicaciones anteriormente mencionadas las que formaran parte del diseño de la red de transmisión inalámbrica, cuya información recopilada llegará o tendrá como punto final de interconexión a una Estación Central.

1.4 EQUIPOS HIDROMETEOROLÓGICOS.

Las estaciones hidrometeorológicas consta de los siguientes equipos:

1.4.1 EQUIPO ALMACENADOR DE DATOS (DATALOGGER).

Un Datalogger es un dispositivo electrónico que registra mediciones ordenadas en el tiempo, provenientes de diferentes sensores, luego cada medición es almacenada en una memoria, junto con su respectiva fecha y hora, permitiendo periodos de muestreo y almacenamiento configurables para cada canal.

Para el registro y almacenamiento de información de las estaciones hidrometeorológicas se ha escogido el Datalogger Logotronic⁵.

El Datalogger Logotronic emplea interfaces seriales tal como el RS232 o el RS485 para permitir la conexión de sensores, acepta diferentes señales de salida como voltaje, corriente frecuencia y pulso y alimenta a los sensores que requieren energía para su funcionamiento.

Hay muchas posibilidades para transferir los registros y la información almacenada en los Dataloggers de las estaciones hidrometeorológicas hacia la estación central de monitoreo, ya sea accediendo al sitio mismo donde se encuentra la estación empleando para esto los puertos USB o RS232 o a través de un acceso remoto vía radio, teléfono, satélite, GSM, GPRS e Internet.

Para la visualización, evaluación y procesamiento de la información recopilada por el Datalogger se utiliza el software GEALOG PARA WINDOWS, el que permite también la operación y programación de los Dataloggers en su sitio de ubicación o en forma remota así como configurar redes hidrometeorológicas con un gran número de Dataloggers. La presentación de los datos recopilados es en forma de gráficos, tablas, etc. El GEALOG PARA WINDOWS corre bajo el sistema

⁵ **Datalogger Logotronic:** Características especiales se encuentra detalladas en el anexo 1.2

operativo Windows, todas las funciones son operadas a través de un interfaz gráfico de usuario compatible con Windows.

Las partes constitutivas del Gealog SG (Figura 1.3) son las siguientes: pantalla, teclado, dos tableros de puertos e interfaces.



Figura 1.3 Equipo Registrador de Datos

- **Pantalla:** Consta de 2 líneas con 40 caracteres. Para acceder a la pantalla principal es necesario presionar F1. En dicha pantalla se puede visualizar la identificación de la estación, fecha y hora. Para acceder al programa del equipo es necesario ingresar la identificación del usuario, de esta manera; se puede observar los valores medidos de cada una de las variables hidrometeorológicas y la configuración del equipo en general.
- **Teclado:** Posee un teclado de membrana de 20 teclas que ayudan al usuario a ingresar al equipo.
- **Tableros de Puertos:** En la Figura 1.4 se puede observar la distribución de los puertos existentes en el datalogger.

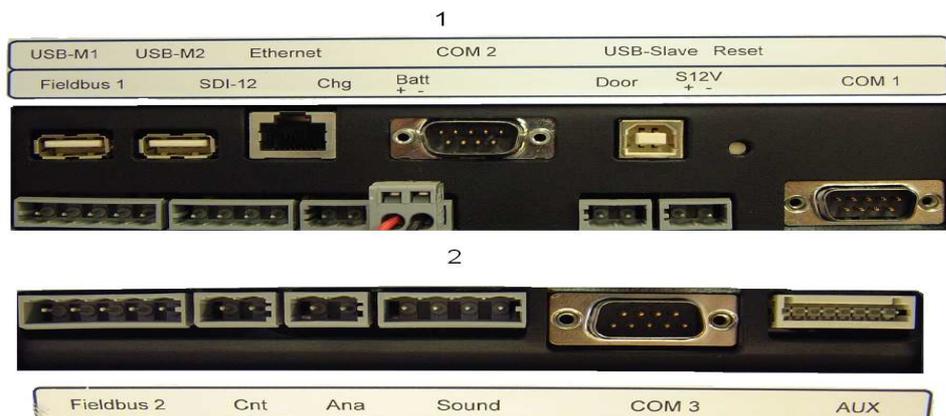


Figura 1.4 1. Vista Frontal del Tablero de Puertos del Datalogger.

2. Vista Posterior del Tablero de Puertos del Datalogger.

En la Tabla 1.4 se detalla el tipo de puerto que tiene el equipo almacenador con su respectiva función.

PUERTO	FUNCIÓN
Ethernet	Aplicable para conexión a la red, con una velocidad de transmisión de 10/100 Mbps.
RS-485	Conecta a los buses de campo (FB1, FB2)
RS-232	COM1: Velocidad máxima de transmisión = 230 Kbps COM2: Velocidad máxima de transmisión = 921 Kbps COM3: Velocidad máxima de transmisión = 460.8 Kbps
SDI-12	Se utiliza para conectar sensores que soportan este estándar.
USB	Para conectar una memoria externa y obtener los datos almacenados en el equipo.
Puerta Abierta	Es usado para conectar una alarma en la puerta de la estación que se activara cuando se abre dicha puerta.
AUX	Para chequeo del fabricante.
Conexión de Batería	Fuente de alimentación del equipo a 12V.
Entrada de Alimentación	Accede al regulador interno de la carga.
Salida de Alimentación	Para conectar el módem GSM/GPRS a 12V.
Entrada Analógica	Señal analógica a 3.3V.
Entrada de Pulsos	Señal de pulsos a 3.3V.

Tabla 1.4 Distribución del Tablero de Puertos en el Almacenador de Datos

1.4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SENSORES DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA.

1.4.2.1 Sensor de Temperatura Gealog NTC.

El sensor de temperatura Gealog, está basado en un termistor ⁶ NTC (Negative Temperatura Coefficient) de alta precisión. Existen dos tipos de sensores de temperatura Gealog:

1. **Sensor de temperatura de aire NTC:** Este tipo de sensor está encapsulado en una punta de acero inoxidable muy pequeña (Figura 1.5) para obtener una rápida respuesta en el tiempo, La variación de la resistencia se traduce a una señal eléctrica que varía de 0 a 5V. Este sensor es el que se encuentra instalado en las estaciones hidrometeorológicas.



Figura 1.5 Sensor de Temperatura Gealog NTC.

2. **Sensor de temperatura de suelo NTC:** Este sensor está encapsulado en una protección robusta de acero inoxidable (Figura 1.6) para protegerlo de la intemperie ya que puede ser enterrado en el suelo. Es usado especialmente para mediciones de temperatura del suelo a diferentes profundidades.



Figura 1.6 Sensor de temperatura de suelo NTC.

⁶ Un termistor es un sensor resistivo de temperatura. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. El término termistor proviene de Thermally Sensitive Resistor.

A continuación se detallan algunos parámetros importantes de estos sensores.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	TEMPERATURA DEL AIRE	TEMPERATURA DEL SUELO
Rango de medida	-50°C a +60°C	-50°C a +60°C
Precisión	+/- 0.1°C	+/- 0.1°C
Tiempo de respuesta	< 10 sec	< 60 sec

Tabla 1.5 Características técnicas del Sensor de Temperatura del Aire y Temperatura del Suelo.

1.4.2.2 Sensor de Humedad Relativa Hygroclip.

El Hygroclip (Figura 1.7) es un sensor de alta calidad para mediciones de humedad relativa del aire. La medida de la humedad está basada en un sensor capacitivo Hygromer que es el que le da al Hygroclip las características de respuesta que se presentan a continuación:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	HUMEDAD RELATIVA
Rango de medida	0%RH a 100% RH
Voltage de operación	3.5 – 50 VDC
Precisión de +20 °C	+/-2% HR (0-90)% +/-3% HR (90-100)%
Tiempo de respuesta	10 segundos (20°C)

Tabla 1.6 Características técnicas del Sensor de Humedad Relativa



Figura 1.7 Sensor de Humedad Relativa Hygroclip.

1.4.3 PLUVIÓMETRO

El pluviómetro es un instrumento que se emplea en las estaciones meteorológicas destinado a medir la cantidad de precipitación, ya sea en forma de lluvia, nieve o granizo.

La precipitación está referida, como la cantidad de litros o milímetros de agua caídos por metro cuadrado.

El pluviómetro empleado para la adquisición de la información es de marca Young (Figura 1.8), que en su diseño utiliza un mecanismo habitual de recipientes basculantes cuya geometría y material permiten una eficiente salida de agua, reduciendo contaminación y errores.

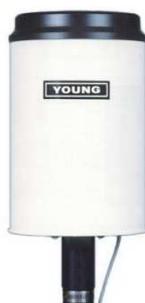


Figura 1.8 Pluviómetro Young.

En el siguiente cuadro se detallan parámetros sobresalientes del pluviómetro Young:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	SENSOR DE PRECIPITACIÓN
Superficie de Recepción	200cm
Resolución	0.1 mm
Precisión	2% hasta 25mm/hora 3% hasta 50mm/hora
Temperatura de funcionamiento	+32°F a +125°F
Alimentación	18V
Limite de Humedad	0 a 100%

Tabla 1.7 Características técnicas del Sensor de Precipitación.

1.4.4 PANEL SOLAR.

Los paneles solares utilizados para captar la radiación solar y convertirla en energía eléctrica para ser utilizada por los diferentes equipos instalados en las estaciones hidrometeorológicas son de marca EXMORK de procedencia china.

Los paneles solares EXMORK han sido calificados con ISO9000-2000, lo que garantiza para sus paneles una variación en potencia de solo 3% Adicionalmente

el fabricante garantiza que la potencia se mantiene a 90% durante 10 años y 85% durante 25 años. En la Figura 1.9 se puede observar el panel solar compuesto por una matriz de 9x8 celdas fotovoltaicas⁷.

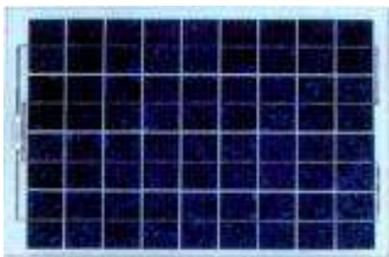


Figura 1.9 Panel Solar Exmork.

Algunas de las características más relevantes de estos paneles solares se detallan a continuación.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.
Potencia Máxima	20 Watts
Voltaje de Circuito Abierto (Voc)	22.0 V +/- 0.5
Corriente de Corto Circuito (Isc)	1.23 A +/- 0.1
Voltaje de Operación	17.5 V +/- 0.5
Corriente de Operación	1.14 A +/- 0.1
Tolerancia de Potencia	+/- 5%

Tabla 1.8 Características técnicas de Paneles Solares.

1.4.5 SOPORTE PARA PANEL SOLAR.

Este tipo de soporte es hecho de platinas de aluminio los cuales sirven simplemente para sujetar el panel solar como se muestra en la Figura 1.10

Tienen abrazaderas en forma de U para agarrar postes de 5 cm a 10 cm o también pueden instalarse en techos y paredes.

⁷ Una celda fotovoltaica tiene como función primordial convertir la energía captada por el sol en electricidad a un nivel atómico



Figura 1.10 Soporte para Panel Solar

1.4.6 PANTALLA DE PROTECCIÓN “SENSOR T & H”

Provee sombra a los sensores de temperatura y humedad en la que puede producirse errores por la radiación solar o impurezas mayores del ambiente e inclusive por agua.

Está constituido por placas múltiples que sirve para bloquear y reflejar la radiación solar y a la vez permite el paso fácil del aire como se muestra en la Figura 1.11. La parte superior está constituida por una placa amplia y su borde es escarpado para reducir al mínimo la acumulación de humedad de la lluvia y el rocío.

El material de las placas esta formulado para soportar una alta reflectividad, conductividad térmica alta y la máxima resistencia a la intemperie.



Figura 1.11 Pantalla de Protección “Sensor T&H”.

1.4.7 CAJA NEMA.

La Caja Nema se utiliza especialmente para exteriores los que sirven especialmente para protección de los aparatos eléctricos o electrónicos como se ve en la Figura 1.12

Están acabadas con pintura electrostática horneada para la protección a fuertes vientos, arena, polvo, lluvia, nieve, granizo, etc.

Consta de una puerta con bisagras y tiene un mecanismo de cerradura con llave. Se los puede colocar en paredes o postes.



Figura 1.12 Caja Nema.

1.4.8 POSTES PARA PLUVIÓMETROS.

Este tipo de postes deben de ser rígidos y resistentes usualmente son de metal sólidamente fijados al suelo.

Los postes empleados son tubos de hierro galvanizado y su longitud debe de ser máximo de 1.80 m aproximadamente y son enterrados unos 30 cm.



Figura 1.13 Postes para Pluviómetro.

1.4.9 POSTE METÁLICO PARA DATALOGGER.

Sirve para sujetar la Caja Nema, o los distintos equipos hidrometeorológicos su diámetro es de 2" y su longitud es 3 m y está cubierto en la parte superior por un tapón.



Figura 1.14 Postes Metálicos.

1.4.10 BATERÍA.

Este tipo de batería tiene una vida útil de 3 a 5 años en la práctica. (Figura 1.15)
Operación a baja presión, libre de mantenimiento, Válvula regulada (VRLA)

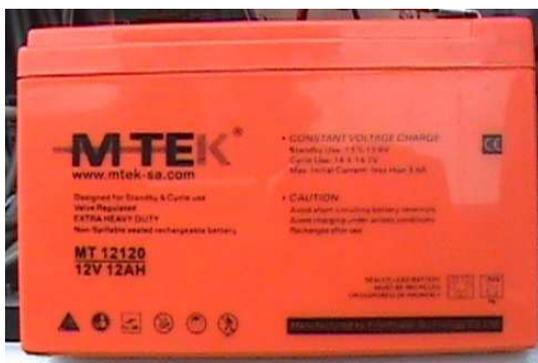


Figura 1.15 Batería MTEK.

El cuadro especifica las características técnicas de la batería.

Modelo (Considerado o equivalente)	Voltaje (DC)	Capacidad (AH)	Dimensiones		
			Largo	Ancho	Alto
			mm	Mm	Mm
MT12120	12	12	151	98	94

Tabla 1.9 Características técnicas de la Batería.

1.4.11 PROTECCIONES.

Marca: Sassi

Modelo: VDE 0636.

Fusible cilíndrico 10x38 mm de 380 V y 4 A ver figura 1.14

Este tipo de fusible protege las instalaciones eléctricas de las sobrecargas.

Su instalación es en serie para la protección del circuito eléctrico.

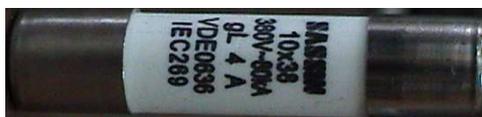


Figura 1.16 Fusible.

1.4.12 PORTA FUSIBLE.

Porta Fusible de control RT-18 10x38, de 1 polo 32 Amperios 380 Voltios, para montaje de riel DIN ver figura 1.17

Su función es de asegurar el correcto funcionamiento en la que resguarda el fusible en su interior y están aislados para que no ingresen el agua.



Figura 1.17 Fusible.

1.5 INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES ASOCIADA A LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

1.5.1 ROUTER MULTITECH

El Router Multitech (Figura 1.18) permite la conexión a Internet así como el envío y recepción de datos GSM/GPRS. Incluye aplicaciones de telemetría, rastreo de vehículos, diagnostico remoto, automatización maquina a máquina.



Figura 1.18 Router Multitech

La figura 1.19 indica los diferentes puertos que tiene el router Multitech

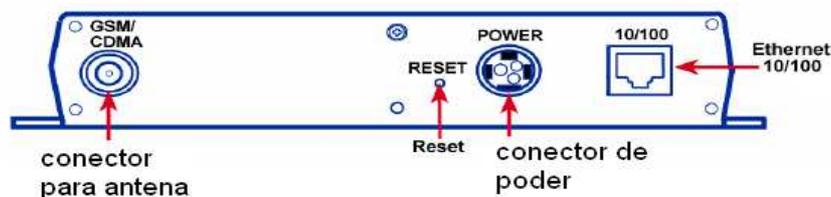


Figura 1.19 Puertos del Router Multitech

El cuadro especifica las características técnicas del Router Multitech.

Conector de Antena	Antena RF:50 ohm; conector SMA hembra
Conectores Ethernet	Cable RJ45; jack 10/100
Conector de alimentación	modelo rosca de 2.5mm; energía de 5Va 32V
Reset	Pulsador; si se mantiene presionado por 5 segundos se restauran los valor de fabrica

Tabla 1.10 Especificaciones técnicas de los puertos.

La figura 1.20 indica la posición de los LED del router Multitech y el puerto para la SIM Card.

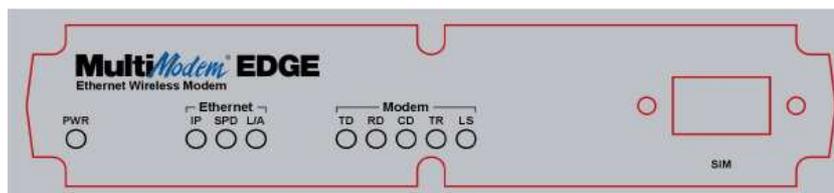


Figura 1.20 Puertos del Router Multitech

LED PWR	Se prende cuando esta con el conector de alimentación
LEDs Ethernet	IP (Función IP).- Este LED parpadea cuando la función de IP del router está funcionando normalmente. Muestra una luz fija cuando se enciende , se inicializa o la actualización del firmware
	SPD (SPEED).- Este LED se ilumina cuando el cable Ethernet está vinculado a 100 Mbps. Si no está encendido, el cable Ethernet está vinculado a 10 Mbps.
	L/A (Link/Activity).- Esté LED parpadea cuando hay actividad de transmisión/recepción. Muestra una luz fija cuando hay una conexión Ethernet valida.
LEDs Modem	TD (Transmit Data).- Este LED parpadea cuando el router está transmitiendo datos a su proveedor de servicio inalámbrico.
	RD (Receive Data).- Este LED parpadea cuando el router está recibiendo datos de su proveedor de servicio inalámbrico
	CD (Carrier Detect).- Este LED se enciende cuando el router detecta una señal portadora válida de un proveedor de servicio inalámbrico
	TR (Terminal Ready).- Este LED se enciende cuando el router está tratando de establecer una conexión inalámbrica
	LS (Link Status).- Este LED parpadea cuando hay una señal inalámbrica válida. Cuando está encendido o apagado la señal inalámbrica es débil.
Conector SIM	Estándar de 3V

Tabla 1.11 Especificaciones de los LED del Router.

1.5.2 ANTENA DIRECTIVA

Es una antena Yagi de alta ganancia de largo alcance, tiene una ganancia de 15 dBi y trabaja en polarización vertical en una gama de frecuencia de 800 MHz A 960 MHz con una impedancia nominal de 50 ohmios como se muestra en la figura 1.21

Su construcción está hecha de aluminio resistente a condiciones climáticas severas en exteriores.

Esta clase de antenas son diseñadas exclusivamente para redes inalámbricas como GSM, AMPS, ETACS para mejorar el ancho de banda de radiación de radio frecuencia (RF).

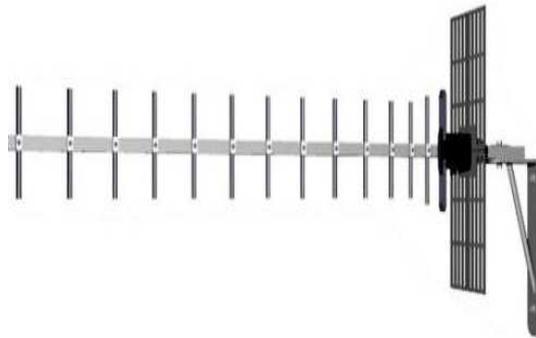


Figura 1.21 Antena Yagi Refractiva

1.6 REDES INALÁMBRICAS EXISTENTES EN LAS ZONAS ALEDAÑAS A LA CUENCA DEL RIO NAPO

1.6.1 REDES CELULARES GPRS

Las redes GPRS que existen actualmente en el Ecuador pertenecen en su mayoría a las operadoras celulares CONECEL (Claro) OTECEL (Movistar) y en muy baja escala a TELECSA (Alegro). Debido a esto para el estudio de redes celulares hemos tomado en cuenta a las 2 primeras anteriormente mencionadas.

1.6.1.1 Cobertura GPRS en la Provincia del Napo

1.6.1.1.1 Cobertura Movistar



Figura 1.22 Mapa de cobertura de Movistar en la provincia del Napo.

Cantón: ARCHIDONA	
PARROQUIA	GSM
ARCHIDONA	📶
COTUNDO	✗
PERIFERIA	📶
SAN PABLO DE USHPAYACU	📶
Cantón: CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA	
PARROQUIA	GSM
CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA	✅
PEROFERIA	📶
Cantón: EL CHACO	
PARROQUIA	GSM
EL CHACO	📶
GONZALO DIAS DE PINEDA	✗
LINARES	📶
OYACACHI	✗
PERIFERIA	📶
SANTA ROSA	✗
SARDINAS	📶
Cantón: QUIJOS	
PARROQUIA	GSM
BAEZA	✅

COSANGA	✗
CUYUJA	✗
PAPALLACTA	✓
PERIFERIA	✗
SAN FRANCISCO DE BORJA	📶
SUMACO	✗
Cantón: Tena	
PARROQUIA	GSM
AHUANO	✗
CHONTAPUNTA	✗
PANO	✗
PERIFERIA	📶
PUERTO MISAHUALLI	✓
PUERTO NAPO	✓
TALAG	✗
TENA	✓

Tabla 1.12 Tabla de cobertura en la Provincia del Napo por Movistar.

✓ Si posee cobertura

📶 Posee cobertura solamente en lugares abiertos, y no en el interior de cualquier edificio como casas, edificios, etc

✗ No posee cobertura

1.6.1.1.2 Cobertura Claro.

Cantón: ARCHIDONA	
PARROQUIA	GSM
ARCHIDONA	1W
Cantón: EL CHACO	
PARROQUIA	GSM
EL CHACO	1W
GONZALO DIAS DE PINEDA	2W
LINARES	1W
TRES CRUCES	1W
SANTA ROSA	1W
SARDINAS	1W
Cantón: QUIJOS	
PARROQUIA	GSM
BAEZA	1W
COSANGA	2W
PAPALLACTA	1W
SAN FRANCISCO DE BORJA	1W
Cantón: Tena	
PARROQUIA	GSM
YURALPA	1W
PUERTO MISAHUALLI	1W
PUERTO NAPO	1W
TENA	1W

Tabla 1.13 Tabla de cobertura en la Provincia del Napo por Claro.

1.6.1.2 Cobertura GPRS en la Provincia de Orellana

1.6.1.2.1 Cobertura Movistar

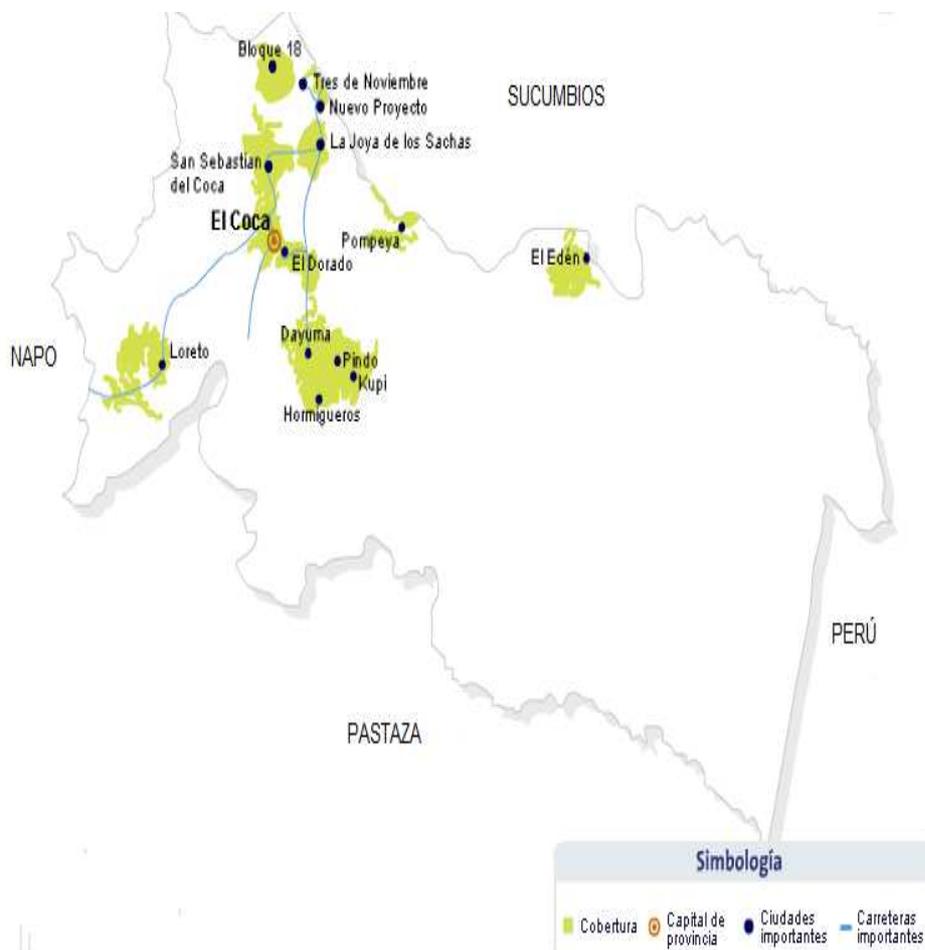


Figura 1.23 Mapa de cobertura de Movistar en la provincia de Orellana

Cantón: AGUARICO	
PARROQUIA	GSM
CAPITÁN AUGUSTO RIBADENEIRA	✗
CONONACO	✗
NUEVO ROCAFUERTE	✗
PERIFERIA	✗
SANTA MARIA DE HUIRIRIMA	✗
TIPUTINI	✗
YASUNI	✗
Cantón: LA JOYA DE LOS SACHAS	
PARROQUIA	GSM
ENOKANQUI	✗
LA JOYA DE LOS SACHAS	📶
PERIFERIA	✗
POMPEYA	✗

SAN CARLOS	✗
SAN SEBASTIAN DEL COCA	✓
Cantón: LORETO	
PARROQUIA	GSM
AVILA	✗
LORETO	✓
PERIFERIA	✗
PUERTO MURIALDO	✗
SAN JOSE DE DAHUANO	✗
SAN JOSE DE PAYAMINO	✗
SAN VICENTE DE HUATICOCHA	✗
Cantón: ORELLANA	
PARROQUIA	GSM
DAYUMA	✓
PERIFERIA	📶
PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA	📶
TARACOA	✗

Tabla 1.14 Tabla de cobertura en la Provincia del Orellana por Movistar.

✓ Si posee cobertura

📶 Posee cobertura solamente en lugares abiertos, y no en el interior de cualquier edificio como casas, edificios, etc

✗ No posee cobertura

1.6.1.2.2 Cobertura Claro

Cantón: LA JOYA DE LOS SACHAS	
PARROQUIA	GSM
LA JOYA DE LOS SACHAS	1W
EL PROYECTO	1W
SAN SEBASTIÁN DEL COCA	1W
Cantón: LORETO	
PARROQUIA	GSM
LORETO	1W
Cantón: ORELLANA	
PARROQUIA	GSM
DAYUMA	1W
KUPI	1W
COCA	1W
TARACOA	1W

Tabla 1.15 Tabla de cobertura en la Provincia del Napo por Claro.

1.6.1.3 Cobertura Gprs en la Provincia de Sucumbíos

1.6.1.3.1 Cobertura Movistar



Figura 1.24 Mapa de cobertura de Movistar en la provincia de Sucumbíos.

Cantón: CASCALES	
PARROQUIA	GSM
EL DORADO DE CASCALES	📶
PERIFERIA	✗
SANTA ROSA DE SUCUMBIOS	✗
SEVILLA	📶
Cantón: CUYABENO	
PARROQUIA	GSM
AGUAS NEGRAS	✗
CUYABENO	✗
PERIFERIA	✗
TARAPOA	✅
Cantón: GONZALO PIZARRO	
PARROQUIA	GSM
EL REVENTADOR	✅
GONZALO PIZARRO	✗
LUMBAQUI	📶

PERIFERIA	✗
PUERTO LIBRE	✗
Cantón: LAGO AGRIO	
PARROQUIA	GSM
DURENO	✓
EL ENO	✗
GENERAL FARFAN	✗
JAMBELI	✗
NUEVA LOJA	📍
PACAYACU	✓
PERIFERIA	📍
STA. CECILIA	✓
Cantón: PUTUMAYO	
PARROQUIA	GSM
PALMA ROJA	✗
PERIFERIA	✗
PUERTO BOLIVAR	✗
PUERTO EL CARMEN DEL PUTUMAYO	✓
PUERTO RODRIGUEZ	✗
SANTA ELENA	✗
Cantón: SHUSHUFINDI	
PARROQUIA	GSM
LIMONCOCHA	✗
PAÑACOA	✗
PERIFERIA	📍
SAN PEDRO DE LOS COFANES	✓
SAN ROQUE	✗
SHUSHUFINDI	📍
SIETE DE JULIO	✗
Cantón: SUCUMBIOS	
PARROQUIA	GSM
EL PLAYON DE SAN FRANCISCO	✗
LA BONITA	✗
LASOFÍA	✗
PERIFERIA	✗
ROSA FLORIDA	✗
SANTA BARBARA	✗

Tabla 1.16 Tabla de cobertura en la Provincia del Sucumbíos por Movistar.

✓ Si posee cobertura

📍 Posee cobertura solamente en lugares abiertos, y no en el interior de cualquier edificio como casas, edificios, etc

✗ No posee cobertura

1.6.1.3.2 Cobertura Claro

Cantón: CASCALES	
PARROQUIA	GSM
EL DORADO DE CASCALES	1W
SEVILLA	1W
Cantón: CUYABENO	
PARROQUIA	GSM
TARAPOA	1W
Cantón: GONZALO PIZARRO	
PARROQUIA	GSM
EL REVENTADOR	1W
GONZALO PIZARRO	1W
LUMBAQUI	1W
Cantón: LAGO AGRIO	
PARROQUIA	GSM
DURENO	1W
EL ENO	1W
GENERAL FARFAN	1W
NUEVA LOJA	1W
PACAYACU	1W
STA. CECILIA	2W
Cantón: PUTUMAYO	
PARROQUIA	COBERTURA
RECINTO LOS RIOS	1W
TIPISHCA	1W
PUERTO EL CARMEN DEL PUTUMAYO	1W
Cantón: SHUSHUFINDI	
PARROQUIA	COBERTURA
LIMONCOCHA	1W
SAN PEDRO DE LOS COFANES	2W
SHUSHUFINDI	1W
SIETE DE JULIO	2W

Tabla 1.17 Tabla de cobertura en la Provincia del Sucumbíos por Claro.

1 W (watts): Significa que los niveles de señal en la población indicada son óptimas y permite que los usuarios tengan muy buena cobertura en cualquier punto de la población indicada, aún de casas y domicilios

2 W (watts): Significa que los niveles de señal en la población indicada son buenas, por tanto se garantiza cobertura solo en exteriores y lugares abiertos

dentro de la población indicada. Los niveles de señal no permiten garantizar cobertura de casas y edificios.

1.6.2 SATELITAL.

INAMHI como una entidad administrativa y técnica con representación nacional e internacional y en la que mantiene la representación del Ecuador en la Organización Meteorológica Mundial gracias al señor Gustavo García director ejecutivo y responsable de la implementación del proyecto, al señor Luis Poveda administrador de sistemas responsable de la instalación y mantenimiento para la colección de datos en las plataformas y equipos y al señor Ramon Chango coordinador, mantenimiento y operación de la red de estaciones en la fecha del 8 de enero de 2004 se firma el contrato para la utilización de la frecuencia del satélite GOES-12 con Nombre del Programa: INAMHI PNUD-BID en la que se propone la obtención de información hidrometeorológica en tiempo real, sistema de alarmas para mitigar efectos naturales adversos. (Para más información ver Anexo 1.3)

1.6.2.1 Satélites Meteorológicos

Este tipo de satélites sirven para la observación de la atmosfera en la Tierra la cual permite predecir los cambios climáticos que ocurren debido al movimiento del aire frío o caliente y a la formación de masas nubosas que se producen constantemente en la Tierra, además transmiten señales de socorro y están equipados para monitorear la actividad solar.

1.6.2.2 Grupos de Satélites Meteorológicos

Se dividen en 2 grupos:

- 1. Satélites meteorológicos de órbita polar:** Estos satélites se mueven de polo a polo haciendo un barrido de norte a sur y de sur a norte dependiendo de la porción que ocupe el satélite. Orbitan a una altura entre 800 a 1200 km y pasan dos veces al día por el mismo lugar. Las imágenes que transmiten este tipo de satélites es de la combinación de distintas longitudes de onda. Ejemplo de

satélites de órbita polar son TIROS,NOAA, METEOR, NIMBUS, QUIKSCAT,FY-1, etc

2. **Satélites meteorológicos de órbita geoestacionarios:** Estos satélites orbitan en el plano Ecuatorial de la Tierra y están sincronizados con su velocidad de rotación. Orbitan a una altura de 36000 km aproximadamente y se encuentra estacionario sobre un punto de la superficie Terrestre. Las imágenes que se pueden tomar con este tipo de satélites son mediante la región visible del espectro electromagnético, en la ventana del infrarrojo y dentro de una de las bandas de la absorción del vapor de agua. Ejemplo de satélites de órbita geoestacionaria son:GOES, INSAT, GOMS, GMS, METEOSAT, etc

1.6.2.3 Satélite GOES.

Los satélites GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite),son satélites geoestacionarios administrado por la Agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y está enfocada a entender y predecir los cambios que se producen en los océanos y la atmósfera, además establece requisitos y administra programas operativos del medioambiente en la que distribuye los datos por sus satélites a Estados Unidos.

Estos tipos de satélites meteorológicos cubren el Oeste y el Este de Estados Unidos y América Latina.

- Los satélites GOES-este cubren el lado este del territorio continental de Estados Unidos incluyendo el Océano Pacífico y el Golfo de México.
- Los satélites GOES-oeste cubren la mitad occidental de Estados Unidos y el Océano Pacífico Oriental.

En la actualidad NOAA tiene 3 satélites GOES en funcionamiento (operativos) y se especifican mediante un breve rasgo a continuación:

- 1 **GOES-11.-** Su fecha de lanzamiento fue el 3 de mayo del 2000 está ubicado a 135°oeste del Ecuador y se puso en operación el 21 de junio del 2006.

Proporciona un monitoreo continuo de datos para realizar un análisis intensivo de datos, además ayuda a los meteorólogos en la prestación de los pronósticos más precisos y oportunos.

Este satélite toma imágenes de las nubes, mide la temperatura, y lee la cantidad de humedad en la atmosfera

Este tipo de satélite recibe daño por radiación y otros efectos de envejecimiento que es un deterioro inevitable.

- 2 **GOES-12.-** Su fecha de lanzamiento fue el 23 de julio del 2001 actualmente está ubicado a 60° este del Ecuador y se puso en operación el 1 de abril del 2003.

Inicialmente era conocido como satélite GOES-M, luego de alcanzar su órbita geoestacionaria pasó a llamarse GOES-12.

Es el primer satélite en tener un reproductor de imágenes de rayos x solares que sirve para la detección de tormentas solares y da a los investigadores una predicción de llamaradas solares en las que podrían afectar las redes eléctricas y los sistemas electrónicos de la tierra.

Este tipo de satélite sirve para pronosticar la intensidad y la velocidad de las perturbaciones solares que podrían destruir la electrónica vía satélite, interrumpir las comunicaciones de radio a larga distancia, ayuda a los meteorólogos en pronosticar y estudiar las tormentas eléctricas, tormentas de invierno, inundaciones, huracanes y otras condiciones meteorológicas adversas.

Este satélite sufrió una anomalía en su subsistema el 4 de diciembre del 2007. Esta anomalía se debió a causa de una fuga en una de sus hélices en la que el 7 de diciembre del 2007 fue reparada y regreso a un estado de actitud normal

de funcionamiento y se logra regresar a su ubicación original de 75° este del Ecuador.

El 14 de diciembre del 2008 se detectaron fallas en las imágenes y el 5 de enero del 2009 se reanuda las imágenes.

El 15 de mayo se detecta otra fuga de una de sus hélices provocando errores de navegación en las imágenes.

El 14 de Mayo del 2010 el GOES-13 sustituye al GOES-12 debido a que no era de confianza para pasar la temporada de huracanes del 2010 mientras que GOES-12 se puso en estambay.

En junio del 2010 el GOES-12 se traslada a la órbita 60° este del Ecuador para dar información meteorológica a América del Sur.

Su diferencia con el GOES-11 es la mejora de la generación de imágenes como en la resolución del cauce de agua, respuesta espectral del vapor de agua (canal más amplio).

- 3 **GOES-13.-** Su fecha de lanzamiento fue el 24 de mayo del 2006, está ubicado a 75° este del Ecuador y se puso en operación el 14 de abril del 2010.

Inicialmente era conocido como satélite GOES-N, luego de alcanzar su órbita geoestacionaria pasó a llamarse GOES-13.

Este satélite sustituyo al satélite GOES-12 al ubicarse a 75° este del Ecuador.

GOES-13 proporciona la supervisión continua y necesaria para el análisis de datos intensivo.

Este satélite es uno de los más avanzados tecnológicamente y en la que proporciona información sobre actividades de tormentas tropicales desde el

momento en que se desarrollan hasta que se disipa dichas tormentas en el Océano Atlántico y en el Golfo de México.

Indica gráficamente el trayecto, la intensidad y el tamaño de las tormentas. Equipado con un sistema de alerta temprana en la que las personas pueden buscar refugio y protección de sus propiedades.

Sus mejoras con respecto a los anteriores satélites son en el rendimiento de imagen y sondas, estos dos instrumentos son importantes para la creación de modelos de predicción meteorológica diaria y para la predicción de huracanes.

Proporciona pronósticos reforzados y advertencias de perturbaciones solares mediante instrumentos de monitoreo del medio ambiente solar y espacial.

Es capaz de transmitir señales de socorro detectadas de emergencia sobre el mar y la tierra.

En la Figura 1.25 se muestra la zona de cobertura del satélite GOES-13

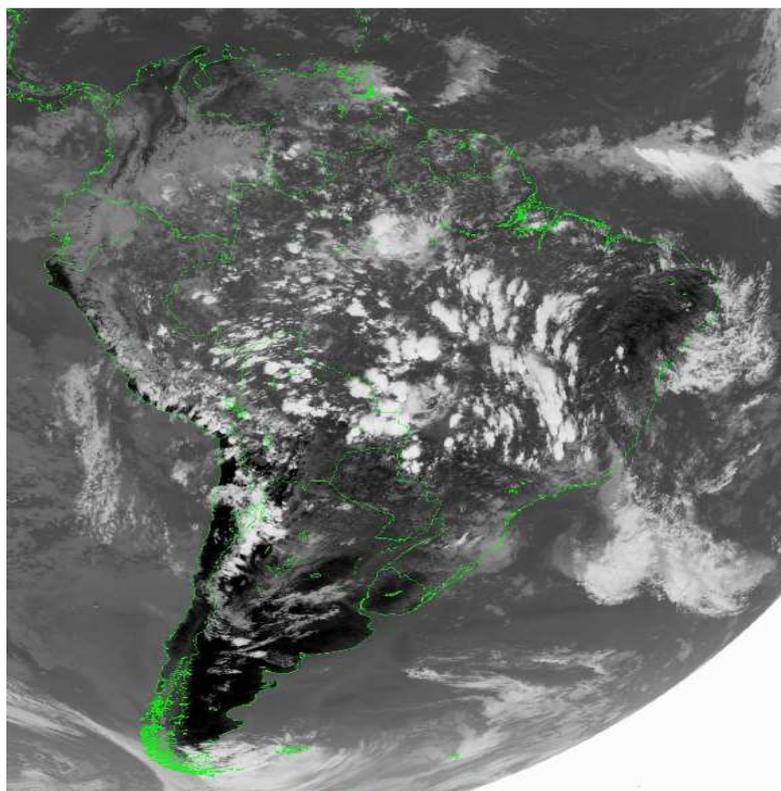


Figura 1.25 Mapa de cobertura del satélite GOES-13

CAPITULO 2

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS.

2.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente existe la posibilidad de adquirir o transferir información empleando ya sean medios guiados (alámbricos) o no guiados (inalámbricos) para los cuales existe diversidad de tecnologías aplicadas a los mismos como por ejemplo fibra óptica o cable coaxial como medios guiados, microondas o radiofrecuencia como medios inalámbricos.

Con la información presentada en el capítulo previo referente a la ubicación física de las estaciones de monitoreo del proyecto AMAZNOR se descarta la posibilidad de emplear medios guiados en la red que enlazará dichas estaciones, por las siguientes razones:

- Lejanía de los lugares a los que se desea llegar
- Costo de implementación
- Protección del medio ambiente
- Topografía de los sitios donde se desea realizar la implementación.

Debido a esto se hace necesario analizar que tecnología inalámbrica al cumplir con los requerimientos necesarios para el diseño tales como: costos, facilidad de instalación, etc., será la adecuada para ser el medio de transmisión de datos.

2.2 DESCRIPCION WIMAX

2.2.1 INTRODUCCIÓN

WIMAX⁸ (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microonda) es una tecnología inalámbrica de banda ancha para el acceso a redes de datos así como voz y video, su implementación y desarrollo se puede extender rápidamente, llegando a lugares urbanos, rurales e incluso a sitios que eran inalcanzables por otras tecnologías debido a su alto costo.

2.2.2 ESTANDARIZACIÓN

WIMAX esta estandarizado mediante el IEEE 802.16, y ha estado implicado a diversos cambios desde su creación de tal punto en cambiar de un sistema fijo (WIMAX FIJO IEEE 802.16d) a un sistema móvil (WIMAX MÓVIL IEEE802.16e) mejorando los sistemas de modulación existentes.

	802.16	802.16-2004	802.16e
Funcionamiento	LOS	NLOS	NLOS
Tasa de Transmisión	32Mbps-134 Mbps	1Mbps-75Mbps	1Mbps-75Mbps
Modulación	Una sola portadora QPSK, 16QAM y 64QAM	OFDM 256 sub- portadoras QPSK, 16QAM y 64QAM	SOFDMA QPSK, 16QAM y 64QAM
Duplexación	TDD y FDD	TDD y FDD	TDD y FDD
Movilidad	Fijo	Fijo	Movilidad hasta 120km/h
Ancho de Banda	20MHz, 25MHz, 28MHz	1.75MHz, 3.5MHz, 7MHz, 14MHz, 1.25MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 8.75MHz	1.75MHz, 3.5MHz, 7MHz, 14MHz, 15MHz 1.25MHz, 5MHz, 10MHz, 8.75MHz, 20MHz
Radio típico de celdas	6-10 Km aprox.	6-10 Km aprox.	5-8 Km aprox.

Tabla 2.1 Características del estándar WiMAX fijo y WiMAX móvil.

⁸ WIMAX.-Worldwide Interoperability for Microwave Access

2.2.3 WIMAX MÓVIL IEEE802.16e

2.2.3.1 Arquitectura

La arquitectura proporciona la interfaz aérea y soporta accesos de tipos fijos, móviles y nómadas en la que se asegura la conectividad entre los usuarios de la red.

- Clientes Fijos.- El terminal de usuario se encuentra fijo. El terminal de usuario siempre está asociado a la misma celda.
- Clientes Móviles.- El terminal de usuario puede moverse libremente de una celda a otra celda sin perder conectividad.
- Clientes Nómadas.- El terminal del usuario puede moverse libremente dentro del área de cobertura pero que, cuando este en uso, permanecerá estacionario

El modelo de referencia está compuesto por los siguientes componentes:

1. Estación móvil (MS⁹)
2. Estación base (BS¹⁰)
3. Red de servicio de acceso (ASN¹¹)
4. Gateway de red de servicio de acceso (ASN-GW¹²)
5. Red de servicio de conectividad (CSN¹³)

La figura 2.1 muestra una red WiMAX basado en IP

⁹ MS: Mobile Station

¹⁰ BS: Base Station

¹¹ ASN: Acces Service Network

¹² ASN-GW: Acces Service Network- Gateway

¹³ CSN: Connectivity Services Network

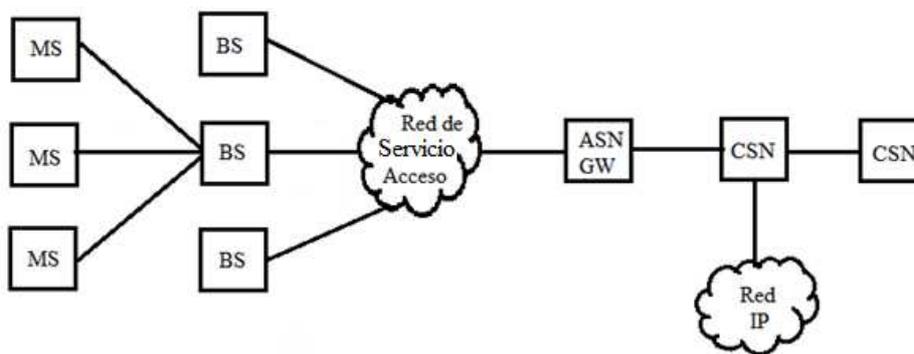


Figura 2.1 Red WIMAX basado en IP

2.2.3.1.1 *Estación Móvil.*

Se encuentra al extremo de la red, necesita de una estación base y de un equipo suscriptor para la conectividad entre accesos de tipo fijos, móviles y nómadas.

2.2.3.1.2 *Estación Base.*

Se encuentra entre el usuario y la ASN. La BS está definida por un sector y una frecuencia asignada, donde una o más BS se conectan con uno o más ASN-GW para producir redundancia.

2.2.3.1.3 *Red de Servicio de Acceso.*

La ASN forma la red de acceso de radio, se encuentra entre una o más BS y una o más ASN-GW.

2.2.3.1.4 *Gateway de Red de Servicio de Acceso.*

La ASN-GW se incorpora dentro de la ASN como tráfico de la capa de enlace. Las funciones principales de las ASN-GW son:

- Control de recursos de radio y control de admisión.

- Gestión de localización entre ASN y paging¹⁴
- Balanceo de carga para decisiones de handover
- Funcionalidad de cliente (autenticación, autorización y contabilización)
- Gestión de movilidad y sesión en modo cliente.
- QoS¹⁵
- Enrutamiento hacia la CSN
- Ejecución de políticas.

2.2.3.1.5 *Red de Servicio de Conectividad.*

Permite la conectividad hacia la red IP mediante algunas funciones y equipos que son:

- Autorización de conexión de usuario en la capa de red en la que intercambia datos, realiza funcionalidad de cliente
- Administración de QoS
- Soporte de movilidad basado en Mobile IP¹⁶.
- Tunnelling¹⁷ basado en protocolo IP con otros equipos o redes.
- Facturación de los subscriptores WiMAX
- Servidores proxy y base de datos para el acceso de usuarios mediante autenticación, autorización y contabilización.
- Firewalls para proteger los equipos de red
- Routers que soporten movilidad entre ASN-GW

2.2.3.2 **Funcionamiento de wimax.**

WIMAX solo define la capa física (PHY¹⁸) y control de acceso al medio (MAC¹⁹) (Figura 2.2)

¹⁴ Paging.- Conexión de un nodo móvil con la red para hacer llegar la información.

¹⁵ Calidad de Servicio (QoS).- Asignación de recursos mediante la priorización de los paquetes a enviar.

¹⁶ Mobile IP.- Protocolo de comunicación para proporcionar movilidad global en Internet a terminales móviles.

¹⁷ Tunnelling.- Encapsulación de protocolos de una red encaminados hacia otra red.

¹⁸ PHY : Physical Layer

¹⁹ MAC: Medium Acces Control

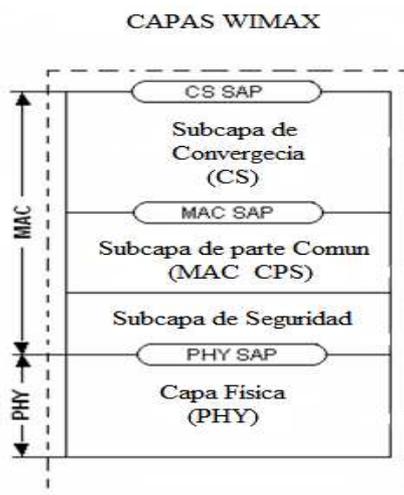


Figura 2.2 Capas WiMAX

2.2.3.2.1 *Capa física (phy)*

Definida por las interfaces aéreas fijas y móviles en la que la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), ver Anexo 2.1, se emplea para canales de bajada (DL Dowlink) y el acceso de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDMA), ver Anexo 2.1, se emplea en los canales de subida (UL Uplink). Soporta los modos de duplexación por división de tiempo (TDD), ver Anexo 2.2, y duplexación por división de frecuencia (FDD), ver Anexo 2.2.

Permite comunicaciones de multimedia, video y datos a altas velocidades manteniendo una sólida señal en ambientes NLOS y teniendo una buena resistencia al efecto multicamino.

2.2.3.2.2 *Capa de control de acceso al medio (mac)*

La capa MAC proporciona una interfaz entre la capa de transporte y la capa física. Además la estación base (BS) es completamente responsable de asignar un ancho de banda a todos los usuarios finales tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada.

Este sistema ha sido diseñado para incluir multiplexación por división de tiempo de voz y datos, voz sobre IP (VoIP), protocolos de internet (IP).

Características principales

- Retransmisión de la capa de enlace.- Retransmite aquellos paquetes enviados al destino en que el trasmisor no ha recibido ninguna justificación de recepción a través de una confirmación. Cada paquete transmitido ha de ser reconocido por el receptor y este último envía una justificación de la recepción.
- Soporte por TDD.- Debido a que soporta más eficiencia espectral ya que no son necesarios dos bandas de frecuencia, puede utilizar enlaces asimétricos teniendo mayor flexibilidad a la hora de escoger las velocidades de DL y UL, reciprocidad de canal para los dos enlaces.
- Asignación de recursos dinámicos y flexibles para usuario.- La estación base (BS) controla el ancho de banda de los canales de subida y bajada. La asignación puede estar realizada en tiempo (TDM) o en frecuencia (OFDMA)
- Calidad de servicio.- Su arquitectura es orientada a conexión, diseñada para soportar una variedad de aplicaciones incluyendo servicios de voz y multimedia con múltiples conexiones a cada usuario, ofreciendo tasa de bits constantes, tasa de bits variables, flujo de tráfico en tiempo no real y tráfico de datos.
- Soporte para la movilidad.- Es robusta para aplicaciones tolerantes a los retardos, especialmente en casos de cambio de estación base handoff. Técnicas como estimación de canales frecuentes, ahorro de potencia, subcanalización de uplink y control de potencia también son especificados en el soporte para aplicaciones móviles.

2.2.3.3 Frecuencias de banda ancha en el Ecuador.

El consejo nacional de telecomunicaciones CONATEL, mediante la resolución 417-15-CONATEL-2005 que se nombra “Norma para la implementación y

operación de sistemas de modulación digital de banda ancha”, asigna la implementación y operación de estos sistemas en las siguientes bandas de frecuencia que se muestra en la tabla 2.2.

BANDA (MHz)	ASIGNACIÓN
902 – 928	ICM
2400 – 2438.5	ICM
2150 – 5250	INI
5250 – 5350	INI
5470 – 5725	INI
5725 – 5850	ICM, INI

Tabla 2.2 Bandas de Frecuencias para banda ancha

ICM.- Banda asignada para aplicaciones industriales, científicas y médicas. Son de uso público.

INI.- Base de política de la Infraestructura Nacional de Información. Banda de frecuencias asignadas para la Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha a título secundario, con el fin primario de facilitar el acceso a las TICs.

2.2.3.4 Precios del servicio wimax.

WIMax permite disfrutar intercambio de datos de alta velocidad, disponiendo de una funcionalidad de envío de información en sentido usuario-red y descarga de información en sentido red-usuario. El usuario a cambio de un pago mensual podrá disfrutar de estos servicios sin límite alguno de consumo en cuanto a la duración de la conexión o al volumen de datos que genere por el uso del servicio.

2.2.3.5 Ventajas y desventajas de wimax.

2.2.3.5.1 *Ventajas*

- WIMAX está diseñado para ser un sistema interoperable y transparente entre dispositivos de distintos fabricantes es decir es una tecnología no propietaria, por lo que un cliente se puede conectar a cualquier red WIMAX independiente del fabricante de su equipo personal, con esto se crea economía de escala para los dispositivos y equipos WIMAX
- WIMAX puede reemplazar los servicios de cable y DSL, dando un acceso a Internet universal prácticamente en cualquier sitio al que vaya, simplemente encendiendo el computador, se conectara automáticamente a la antena más cercana que esté disponible.
- Incluye MIMO, en el que la transmisión se produce entre, múltiples antenas BS hacia una serie de receptores con múltiples antenas presentes en la zona, dará como resultado no solo en la cobertura sino también en la eficiencia mejorando la tasa de transferencia sin aumentos de ancho de banda.
- Provisión de QoS (calidad de servicio) a los servicios implementados o a la Escalabilidad al poder trabajar con diferentes canales de ancho de banda teniendo a nivel de red comunicaciones totalmente seguras.
- Provee a nivel aéreo de seguridad completa en las comunicaciones, mediante mecanismos de codificación y autenticación inherente a la transmisión.
- Abaratamiento de costos al permitir la interoperabilidad de equipos y los costos de implementación son bajos, pues instalar las bases fijas y la antenas cuestan mucho menos de lo que se requiere para brindar el mismo servicio y la misma cobertura que usando la vieja tecnología de los cables.

2.2.3.5.2 *Desventajas*

- No todos los espectros libres están disponibles en todo el mundo como sucede con el caso de 5.8GHz; a diferencia de este el de 2.4GHz sí está disponible en todo el mundo. Dadas estas desventajas, un operador que desee instalar una red WiMax sobre un espectro libre deberá tener en cuenta varios aspectos, aunque no quita que pueda realizarse una implementación híbrida en más de un espectro, por ejemplo utilizar un espectro libre para zonas rurales donde tanto la interferencia como la competencia pueden ser limitadas o nulas.
- Debido a que los espectros son libres, normalmente la cantidad de potencia que se puede desplegar está limitada por los entes reguladores de cada estado, lo que disminuye las distancias de cobertura y a su vez encarece los costos ya que se deben instalar más bases para cubrir una misma área. La cobertura puede ser menor al utilizar un área del espectro por arriba de los sistemas 3G.
- Quien se arriesga a utilizar un espectro que no requiere licencia debe tener en cuenta la posibilidad del ingreso de otro operador al mercado, lo que complica las transmisiones debido a la posible interferencia.
- Implementación de infraestructura para su despliegue, falta de elementos para tener una red móvil administrable y operable en forma eficiente.

2.2.3.6 Aplicaciones

- Monitorización meteorológica: Las instalaciones solares o eólicas generan gran cantidad de información desde estaciones meteorológicas que pueden ser transmitidas a través de redes WIMAX.
- Video vigilancia y monitorización: Las explotaciones energéticas se encuentran en ocasiones en zona remota en las que no están constantemente vigiladas pero, por el contrario, disponen de infraestructura sensibles por lo que WIMAX es una solución que permite la monitorización centralizada en una sala de control de diferentes ubicaciones.

- Internet Móvil: Ofrece conectividad continua de la comunicación a través de la red, es decir, el usuario móvil podrá trasladarse de una celda a otra, teniendo un normal desempeño de servicios en forma transparente hasta con velocidades vehiculares de 160 Km/h.
- Telefonía IP: La telefonía IP es otro servicio que se puede ofrecer a través de WiMAX ya que puede soportar tanto circuitos de voz como VoIP.
- Debido a que trabaja en banda ancha sirve para la descarga de datos, películas, juegos interactivos, conferencia, video clips.

2.3 DESCRIPCION GPRS

2.3.1 INTRODUCCIÓN

GPRS (Servicio General de Paquetes por Radio). Tecnología digital para transmisión de voz y datos denominada 2.5G que ofrece al usuario un servicio portador más eficiente para las comunicaciones de datos como es el acceso a redes IP bajo la misma plataforma de GSM. Por tratarse de una tecnología de datos inalámbrico GPRS alcanza una velocidad teórica máxima de 171.2 Kbps pero en la práctica es menor. Envía y recibe datos sobre conexiones basadas en conmutación de paquetes, en la que divide los datos del tráfico de la red en paquetes que se envían a través de una red compartida. No se requiere que se establezca un circuito, permitiendo además que muchos pares de nodos se comuniquen a través del mismo canal, esto beneficia a los usuarios en dos formas primordiales:

1. GPRS provee una conexión siempre disponible, es decir, no exige que el usuario deba conectarse cada vez que desee obtener acceso a datos.
2. Los usuarios solo pagan por los datos en sí, en lugar de pagar por tiempo de aire empleado en establecer una conexión y descargar los datos.

2.3.2 ARQUITECTURA

La red de core de GPRS está integrada a la red de GSM existente en la que se indica los siguientes componentes:

1. Estación móvil (MS²⁰).
2. Estación base trans-receptora (BTS²¹).
3. Controlador de estación base (BSC²²).
4. Conmutación de servicios móviles/registro de ubicación de usuario visitante (MSC/VLR²³).
5. Registro de ubicación de usuario doméstico (HLR²⁴).
6. Puerta de conmutación de servicios móviles (GMSC²⁵).
7. Nodo de soporte servidor del servicio general de paquetes por radio (SGSN²⁶).
8. Nodo de soporte de la puerta del servicio general de paquete por radio (GGSN²⁷).

La figura 2.3 muestra la arquitectura de la red GPRS

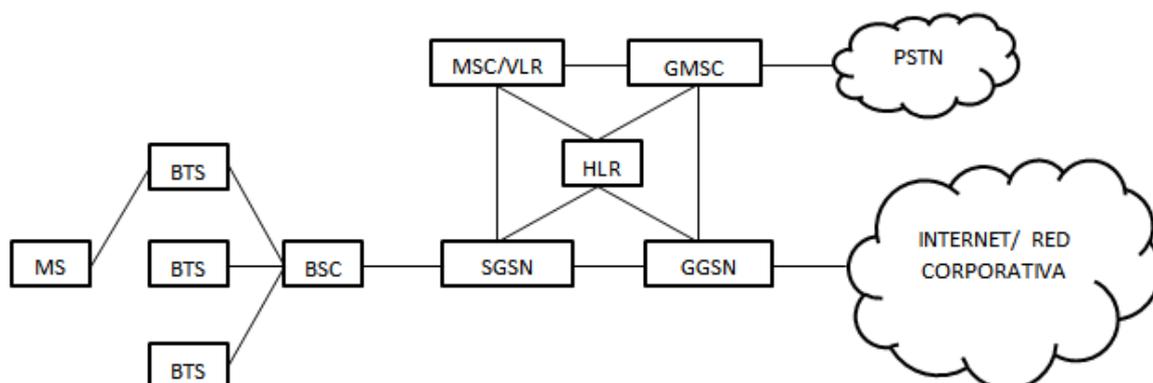


Figura 2.3 Arquitectura de la Red GPRS.

²⁰ **MS:** Mobile Station

²¹ **BTS:** Base Transceiver Station

²² **BSC:** Base Station Subsystem

²³ **MSC/VLR:** Mobile Switching Center/Visitor Location Register

²⁴ **HLR:** Home Location Register

²⁵ **GMSC:** Gateway MSC

²⁶ **SGSN:** Serving GPRS Support Node

²⁷ **GGSN:** Gateway GPRS Support Node

2.3.2.1 Estación Móvil

Definido por el terminal o equipo móvil (MT) y el módulo de identificador del suscriptor (SIM). El MT es el equipo que realiza la comunicación y la SIM es una tarjeta insertada en el MT que identifica las características del terminal. La SIM está protegida por un número de cuatro dígitos que recibe el nombre de PIN o número de identificación personal, su ventaja es de proporcionar movilidad al usuario.

Una estación móvil se categoriza de acuerdo a sus capacidades para soportar uno de tres modos de operación, los que son:

- 3 Modo de operación clase A.- La estación móvil soporta simultáneamente los servicios de la red GSM y la red GPRS, es decir puede tener una llamada de voz (GSM) y recibir paquetes de datos (GPRS) al mismo tiempo.
- 4 Modo de operación clase B.- La estación móvil no soporta tráfico simultaneo sino de forma secuencial pero puede estar registrada y activada simultáneamente a la red GPRS y a la red GSM, como puede ser durante una llamada de voz, la conexión GPRS permanece ocupado o en suspenso.
- 5 Modo de operación clase C.- La estación móvil puede ser sólo para GPRS o sólo para GSM, es decir se registra y soporta uno de los dos servicios de red GSM o red GPRS.

2.3.2.2 Estación Base Trans-Receptora

Consta de transceivers²⁸ y antenas usadas en cada celda de la red y suelen estar situadas en el centro de la celda. Garantiza una conexión libre de errores entre el MT y la BTS, además se hace cargo de la señalización y del cifrado de la interfaz de radio.

²⁸ Transceivers.- Es un transmisor/receptor de señales de radio frecuencia

2.3.2.3 Controlador de Estación Base

Su función es de controlar los handovers, los saltos de frecuencia y los controles de las frecuencias de radio de los BTS mediante las PCU o Unidad de Control de Paquetes. Las PCU realizan la transferencia de datos GPRS y selección del tipo de codificación, además reserva y gestiona los recursos de radio de GPRS y del establecimiento de las conexiones de radio GPRS, es decir se preocupa de separar el tráfico de voz del tráfico de datos.

2.3.2.4 Conmutación de Servicios Móviles/Registro de Ubicación de Usuario Visitante

La MSC proporciona conexiones con otras redes y es aquel que controla las llamadas en la red móvil, identifica el origen, destino y el tipo de llamada. La MSC se encuentra con la VLR que es una base de datos que contiene toda la información sobre un usuario, necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red en forma temporal, es decir, la información es mantenida mientras el suscriptor esté dentro del área de servicio. .

2.3.2.5 Registro de Ubicación de Usuario Doméstico

El HLR es una base de datos el cual mantiene un registro permanente de los suscriptores y también mantiene una base de datos temporal que contiene la ubicación actualizada de los clientes que sirve para el encaminamiento de las llamadas.

2.3.2.6 Puerta de Conmutación de Servicios Móviles

Es el puente entre una red móvil y una red fija.

2.3.2.7 Nodo de Soporte Servidor del Servicio General de Paquetes por Radio.

El SGSN está conectado a una o más BSS así como también a MSC, HLR, BSC, GGSN. La tarea de SGSN es realizar el seguimiento de la ubicación del móvil dentro de la red y asegurarse de que el móvil sea autenticado y reciba el nivel correcto de calidad de servicio.

Una SGSN hace el enrutamiento de los paquetes a varias GGSN, entrega paquetes de datos hacia y desde la MS dentro de su área de servicio.

Realiza funciones de seguridad como autenticación, cifrado, encriptación y compresión de datos, control de acceso antes de permitir alguna transmisión de paquetes entre el móvil y la red de acceso y facturación.

Incluye la activación, modificación y desactivación del Protocolo de Paquetes de datos (PDP).

2.3.2.8 Nodo de soporte de la puerta del servicio general de paquete por radio

El GGSN realiza el interfaz con el mundo de datos externo, traduciendo direcciones de los paquetes entrantes a direcciones GSM y de las que recibe desde el SGSN a las de la red externa.

Un GGSN es la interfaz para varias SGSN. Realiza encapsulación y desencapsulación de paquetes.

El GGSN esconde la infraestructura GPRS como un Gateway común. Cuando el GGSN recibe información de datos dirigida a un usuario específico, revisa si la dirección IP está activa para enviar la información al SGSN que está sirviendo al MS si la información está inactiva, la información es descartada.

2.3.3 FUNCIONAMIENTO DE GPRS

El tráfico GSM y GPRS pueden compartir la misma trama pero no pueden compartir la misma ráfaga (timeslot). Al igual que en GSM, en GPRS hay 114 bits disponibles en una ráfaga para los datos del usuario. La estructura de multitrama

GPRS tiene un formato de 52 tramas. La figura 2.4 muestra gráficamente la estructura.

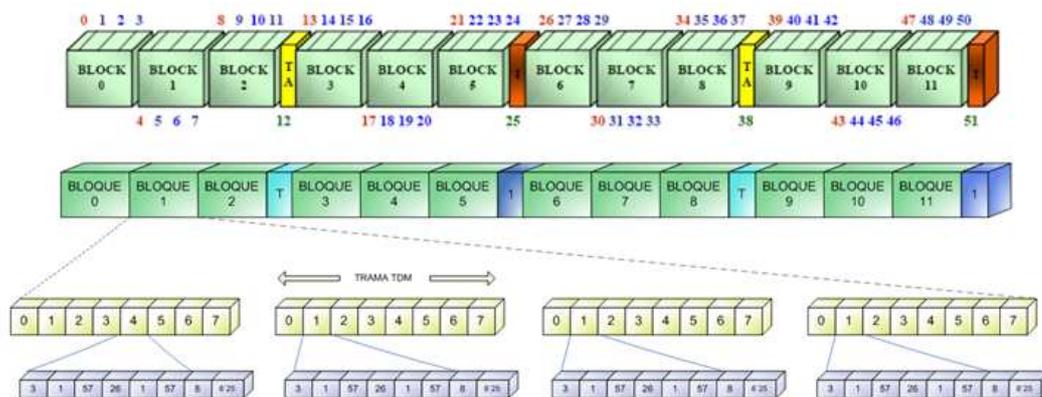


Figura 2.4 Estructura de Multitrama GPRS

La duración de la multitrama GPRS es de 240 mseg. Por lo tanto, en promedio, se transmite un bloque cada 20 mseg. Cada bloque de $114 \times 4 = 456$ bits puede ser usado por distintos usuarios, que en principio, compartirán los recursos de un mismo timeslot.

Al compartir los recursos del interfaz aéreo entre GSM y GPRS, GPRS utiliza el ancho de banda sobrante de GSM. A menos que un timeslot esté reservado exclusivamente para GPRS, GSM tendrá prioridad para asignar los recursos. Sin embargo, para GPRS, los restantes timeslots serán vistos como recursos disponibles que los usuarios de datos podrán compartir. Los timeslot son compartidos por todos los usuarios GPRS activos. La conmutación de circuitos tiene prioridad sobre GPRS.

2.3.4 FRECUENCIAS DE LAS OPERADORAS DE TELEFONIA MÓVIL EN EL ECUADOR.

La aplicación del Plan Nacional de Frecuencias mediante la aprobación del CONATEL y la administración y gestión del espectro radioeléctrico en el Ecuador SENATEL que se presenta actualmente y que concierne a las operadoras celulares se puede ver en la tabla 2.3.

Banda 800 MHz						
	CONECEL		OTECEL			
Banda en MHz	A(Uplink)	A'(Downlink)	B(Uplink)	B'(Downlink)		
	824 – 835	869 – 880	835 – 845	880 – 890		
	845 – 846.5	890 – 891.5	846.5 – 849	891.5 – 894		
Banda 1850 – 1990 MHz						
	CONECEL		OTECEL		TELECSA	
Banda en MHz	E(Uplink)	E'(Downlink)	D(Uplink)	D'(Downlink)	C(Uplink)	C'(Downlink)
	1885–1890	1965–1970	1865–1870	1945–1950	1895–1910	1975–1990

Tabla 2.3 Bandas de Frecuencia para operadoras móviles.

La banda de los 800 MHz está reservada para los servicios FIJO y MÓVIL de los sistemas troncalizados. entre las bandas 806-811 MHz y 851-856 MHz; 811-824 MHz y 856-869 MHz. Las bandas correspondientes a los 824-849 MHz y 869-894 MHz están asignados a los servicios FIJO y MÓVIL donde operan los sistemas de Telefonía Móvil Celular.

La banda de los 1850-1990 MHz se utiliza para los sistemas PCS y/o para sistemas fijos inalámbricos de acceso (WLL) en la región de las Américas, según la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) por medio de la recomendación CCP.III/REC.26 (VI-96)

2.3.5 PRECIO DEL SERVICIO GPRS

La facturación no se realiza por tiempo de conexión sino por volumen de información intercambiada, es decir que los tiempos de espera o los dedicados a leer una página no le cuesta nada al cliente

2.3.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE GPRS

2.3.6.1 Ventajas

- La máxima velocidad teórica es de 171.2 Kbps, que es aproximadamente tres veces más rápido que la transmisión de datos que se utiliza usando la PSTN, y es 10 veces más rápido que los servicios de conmutación de circuitos utilizada anteriormente por GSM.
- La tarificación por parte del operador de telefonía móvil no depende del tiempo de conexión sino del volumen de datos transportados, siendo beneficioso para un dispositivo móvil que puede permanecer conectado por un tiempo prolongado.
- Debido a que GPRS emplea conmutación de paquetes los recursos de radio son utilizados únicamente cuando usuarios están enviando o recibiendo datos, permitiendo uso eficiente de los recursos lo que significa que muchos usuarios de GPRS pueden potencialmente compartir el mismo ancho de banda y pueden ser servidos por una sola celda. El número de usuarios que soporta el sistema depende de la aplicación que se esté utilizando y de la cantidad de datos que estén siendo transferidos.
- Gracias a la eficiencia espectral de GPRS, existe una menor necesidad de aumentar la capacidad del sistema que solo se utilizaría en horas pico. GPRS le da libertad al operador de maximizar el uso de sus recursos en una forma dinámica y flexible. GPRS debe mejorar su capacidad en horas pico ya que simultáneamente distribuye los recursos de radio, migra datos que iban por conmutación de circuitos a GPRS, al igual que con los SMS que migra parte del tráfico a GPRS.
- Provee un buen ancho de banda para comunicaciones de datos y puede ser razonable en costos comparado con llamadas de voz móviles.
- Posibilidad de recibir y transmitir llamadas de voz mientras se está utilizando los servicios disponibles tal como WAP, SMS, MMS, Internet, servicios de comunicación como el correo electrónico y la WWW (World Wide Web). Capacidad que no había en GSM.

2.3.6.2 Desventajas

- Capacidad limitada de la celda para todos los usuarios, debido a que existen recursos de radio limitados que tienen que utilizarse para diferentes aplicaciones, tal como las llamadas de voz y las de GPRS que utilizan los mismos recursos de radio. El impacto depende del número de ranuras de tiempo que se le reservan a GPRS. Aunque también se tiene que considerar en horas de mucho tráfico GPRS ayuda a distribuir mejor.
- Velocidad mucho más baja en realidad, ya que alcanzar la máxima velocidad de transmisión de GPRS implicaría que un solo usuario utilizará las 8 ranuras de tiempo disponible, y sin protección contra errores. Claramente, un operador de red no destinaría toda su capacidad a un solo usuario, por lo que la velocidad de GPRS es mucho más baja (115 kbps) en realidad al utilizar únicamente entre 1 y 3 ranuras de tiempo.
- Problemas de cobertura especialmente en zonas montañosas, dado que GPRS es una tecnología creada para funcionar con GSM con plataforma base; es decir GPRS no es un sistema de comunicación independiente.

2.3.7 APLICACIONES

- Servicio de Mensajes Multimedia (MMS²⁹)
- Aplicaciones en red para dispositivos a través del protocolo WAP³⁰
- Servicio de Mensajería Corta (SMS³¹)
- Web Browsing³²
- E-Mail
- Interconexión con servicios de Internet
- Banca Electrónica

²⁹ **MMS:** Multimedia Messaging System

³⁰ **WAP:** Wireless Application Protocol

³¹ **SMS:** Short Message Service

³² **Web Browsing:** es una aplicación que opera a través de Internet, interpretando la información de archivos y sitios web para que podamos leerla

- Servicios P2P³³ utilizando el protocolo IP
- Posibilidad de utilizar el dispositivo como módem USB³⁴

2.4 DESCRIPCION SATELITAL METEROLOGICO.

2.4.1 INTRODUCCION

Actualmente el INAMHI, para la recopilación de datos en algunas de sus estaciones meteorológicas alrededor del país, cuenta con el servicio satelital meteorológico, específicamente el satélite geoestacionario GOES 13, cuyo servicio está enfocado a aplicaciones netamente relacionadas con el medio ambiente.

Los satélites meteorológicos están provistos de captadores de imágenes visibles e infrarrojas y sondas. El personal capacitado se vale de estas herramientas para la predicción de posibles tormentas e inundaciones.

2.4.2 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN POR SATELITE (Figura 2.5)

Está ubicada en el espacio como una estación repetidora en la que trasmite y recibe datos desde las estaciones terrenas a un transpondedor.

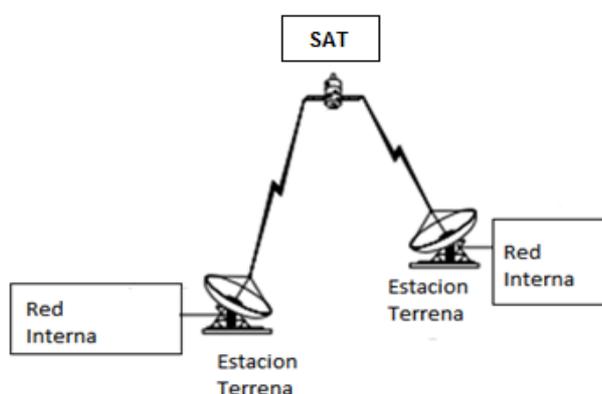


Figura 2.5 Sistema Satelital Básico.

³³ P2P: Peer to Peer

³⁴ USB: Universal Serial Bus

2.4.3 ORBITA.

El satélite GOES 13 está aproximadamente a 35797 km de altura es decir se mantiene en una órbita Geoestacionaria debido a que su posición es fija sobre algún punto del suelo permaneciendo siempre visible sobre una extensa zona de la tierra y en la que tiene un periodo de 1436 minutos sobre una inclinación de 0.41 grados.

El satélite GOES 13 ayuda a la región de América del Sur y el Caribe debido a su posición orbital en la que la huella del satélite (figura 2.6) cubre una región mucho mayor que las otras antenas de otros satélites que se encuentran en orbitas menores. La visual máxima del haz de la antena de un satélite geoestacionario es de 42%. Es decir que con 3 satélites teóricamente se puede cubrir la cobertura total del planeta.

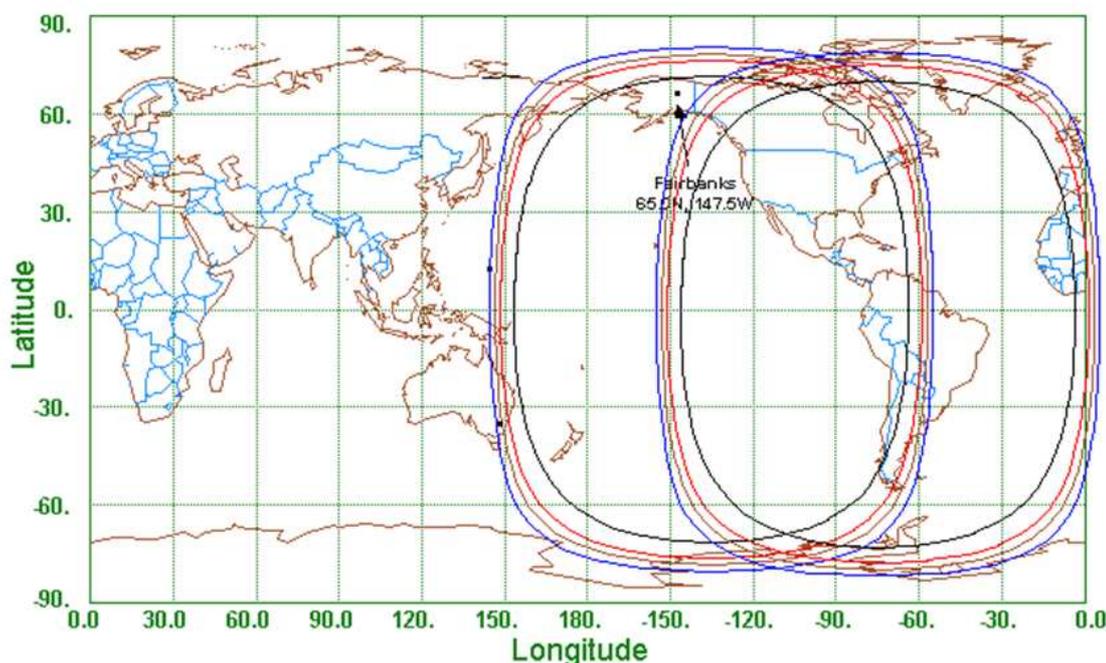


Figura 2.6 Contorno Visual del Satélite GOES 75° y 135°

Este tipo de satélites sufren un retraso o latencia de 0.24 segundos ya que su señal debe recorrer desde la tierra al satélite una gran distancia. Cada posición

del satélite en la órbita geoestacionaria debe estar separada 2 grados o 1600 kilómetros. La ITU³⁵ y la FCC³⁶ administran estas posiciones.

2.4.4 SISTEMA DE REPRESENTACION.

Los satélites GOES están constituidos por tres ejes para mantener una mejor estabilidad. El origen de este sistema coincide con el centro de masas del satélite y emplea los ejes: yaw (guiñado), roll (alabeo) y pitch (cabeceo) en la que se puede ver gráficamente en la figura 2.7.

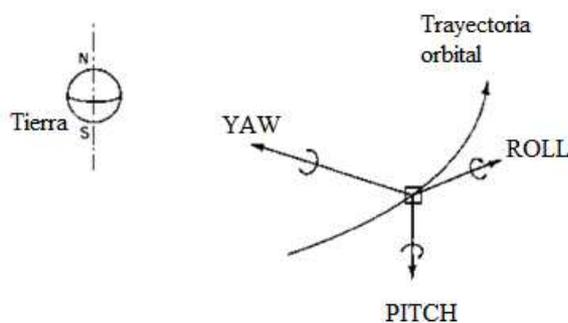


Figura 2.7 Sistema de referencia del satélite GOES

El eje yaw toma valores crecientes en la dirección del centro de la tierra.

El eje roll está en el plano de la órbita del satélite, es perpendicular al primero y está orientado en la dirección de avance del satélite.

El eje pitch es perpendicular a los dos anteriores y tendría dirección sur cuando se trata de satélites geoestacionarios.

2.4.5 SERVICIOS DE METEOROLOGIA.

Existen 2 grandes grupos de servicios de meteorología los cuales son:

³⁵ Unión Internacional de Telecomunicaciones.- ITU.- Organismo encargada de regular las telecomunicaciones entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

³⁶ Comisión Federal para las Comunicaciones.- FCC.- Agencia del gobierno de los Estados Unidos que supervisa, otorga licencias y controla los estándares de transmisión electromagnética y electrónica.

- Servicio de Meteorología por Satélite (MetSat)
- Servicio de Ayuda a la Meteorología

2.4.5.1 Servicios de Meteorología por Satélite:

Este tipo de servicios sirve para enlazar estaciones terrenas con estaciones espaciales, las cuales informan a las estaciones terrenas sobre los acontecimientos meteorológicos producidos en la tierra mediante transmisión de datos de observación o pre procesados y estos datos se retransmiten por radiodifusión directa a las estaciones de usuarios mediante señales digitales de baja y/o alta velocidad de transmisión o se distribuye a usuarios utilizando medios alternativos de difusión de datos.

Las plataformas que recogen los datos y envían a los satélites meteorológicos tienen transmisiones de 1 minuto y su velocidad de transmisión es de 100 bit/s.

Existen plataformas de recolección de datos que necesitan mayor transmisión de datos de 300 bit/s y 1200 bit/s y sus ancho de bandas son 0.75 KHz y 2.2 KHz respectivamente.

Este sistema también acepta datos en bruto como imágenes de la Tierra que aparecen por los sensores de imágenes visibles, casi infrarrojas e infrarrojas y otros sensores a bordo del satélite meteorológico.

2.4.5.2 Servicio de Ayuda a la Meteorología

Es la principal fuente de medición atmosférica de alta resolución vertical. Este tipo de servicios sirve para enlazar un sistema local de detección de parámetros meteorológicos y una estación base remota. Los sistemas locales de detección de parámetros meteorológicos son transportados mediante globos meteorológicos, también mediante aviones o cohetes se lanzan paracaídas en la atmosfera para obtener una observación y sondeo del clima.

Este tipo de servicio utiliza sistemas montados en plataformas móviles y tienen movilidad durante su funcionamiento como son las radiosondas y no tienen reglamentación por parte de las autoridades nacionales de radiocomunicación.

Para el lanzamiento de las radiosondas el operador del sistema busca una frecuencia disponible con el receptor de la estación base para determinar si existen otras radiosondas que estén en funcionamiento y no afectar el funcionamiento de los sistemas de las mismas.

Este sistema funciona en la banda de frecuencias de 400,15-406 MHz y 1668, 4-1700MHz en el Ecuador.

Se mide la presión la temperatura la humedad relativa y la velocidad del viento además se puede medir el ozono, radioactividad y aerosoles que producen contaminación ambiental.

Este tipo de sistema no se suele recuperar tras su uso de modo que el costo de transmisión y el módulo de detección deben reducirse al mínimo.

Esto sirve para predicción de temperatura y humedad en la que se necesita una precisión de 100 metros en la dimensión vertical.

Alcanza alturas mayores a 250 km y durante su descenso puede alcanzar 150 km.

Su potencia de transmisión siempre es baja por las limitaciones de las baterías que disponen.

Ejemplos de sistemas de detección Servicio de Ayuda a la Meteorología:

- Radiosondas
- Radiosondas en paracaídas.
- Cohetes sonda

2.4.6 MÉTODO DE OPERACIÓN DE LA PLATAFORMA.

Cada plataforma de colección de datos transmite datos ambientales recogido por los sensores y son enviados a los satélites GOES este y oeste dependiendo de la ubicación de cada plataforma. Los siguientes tipos de plataformas de colección de datos se utilizan en los satélites GOES:

- Información Randomica.- Transmite los datos basados en un umbral de activación del medio ambiente que se detecta como superado. Estos eventos se detectan al azar y, como tal, no hay tiempo ordinario de presentación de informes establecidos.
- Interrogación: transmite los datos en respuesta a recibir un comando en el sistema de plataformas automática de datos.
- Dual: un nombre asignado a las plataformas de recolección de datos que operan en los canales internacionales debido a que el canal asignado se mantiene en los dos canales.
- Auto programado: Se utiliza principalmente en los sistemas de satélites de colección de datos geoestacionarios. Cada estación terrena transmite sus datos automáticamente en momentos preestablecidos. Los intervalos de comunicación los determina en cada instante un reloj interno de la plataforma que se encuentra en el satélite y debe estar sincronizado con la estación terrena en la que tiene un canal asignado y en la que transmite su información.

2.4.6.1 Servicio del Sistema de Satélite de Recogida de Datos Internacional.

El sistema de coordinación de satélites de recogida de datos internacional se coordina entre los operadores de satélite meteorológico geoestacionarios dentro del marco del Grupo de Coordinación sobre Satélites Meteorológicos Geoestacionarios para proporcionar una cobertura prácticamente mundial por

medio de 33 canales utilizadas en las estaciones terrenas en la que recogen los datos.

El formato del informe internacional de las estaciones terrenas consta de los siguientes elementos:

- Portadora sin modular durante 5 s
- Un preámbulo de 250 bits “0” y “1” alternativamente
- Una palabra de sincronización de código de secuencia lineal de 15 bits como máximo
- La dirección de la estación terrena que recoge los datos que es un apalabra de 31 bits codificada en BCH
- Los datos medioambientales integrados por un máximo de 649 palabras de 8 bits de longitud
- La secuencia de fin de transmisión de 31 bits
- La velocidad binaria de 100 bit/s
- Codificación: Manchester con división de fase NRZ
- Portadora: Las estaciones terrenas de recogida de datos internacionales tienen 33 canales de 3 KHz.
- Modulación: La portadora se modula en fase con un índice de modulación de 60°
- Potencia transmitida: 10 W aproximadamente, para una plataforma con una antena de gran ganancia; 40 W aproximadamente, para una antena semiisotrópica.

2.4.6.2 Servicio del Sistema de Recogida de Datos Regional.

Cada satélite meteorológico ofrece un servicio de recogida de datos regional en zonas de cobertura a través de canales de las estaciones terrenas regionales. Las características de anchura de banda y de velocidad binaria de los canales de las estaciones terrenas regionales dependen de los respectivos satélites meteorológicos.

Los canales de las estaciones terrenas regionales de los satélites GOES funcionan a velocidades binarias de 100, 300 y 1200 bit/s.

Las estaciones terrenas tienen por término medio un PIRE de 15 dBW, aunque este valor puede oscilar entre 5 y 19 dBW dependiendo de las condiciones de funcionamiento. Las estaciones terrenas suelen tener una velocidad de 300 y 1200 bit/s. Como el satélite GOES no demodula los enlaces ascendentes de las estaciones terrenas sino que se limita a retransmitirlos a las estaciones de telemando y adquisición de datos en la banda 1670-1700 MHz, el satélite es transparente al tipo de modulación utilizada. Las plataformas de 1200 bit/s suelen tener una PIRE de 3 o 4 dB mayor que las demás estaciones terrenas.

2.4.7 SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE LOS SATELITES METEOROLOGICOS GEOESTACIONARIOS.

El sistema de colección de datos como se observa en la figura 2.8 recoge los datos ambientales de más de 10000 plataformas de colección de datos nacionales e internacionales. Cada plataforma de colección de datos contiene uno o más sensores que recogen los datos y luego los transmiten en UHF hacia los satélites GOES este y oeste.

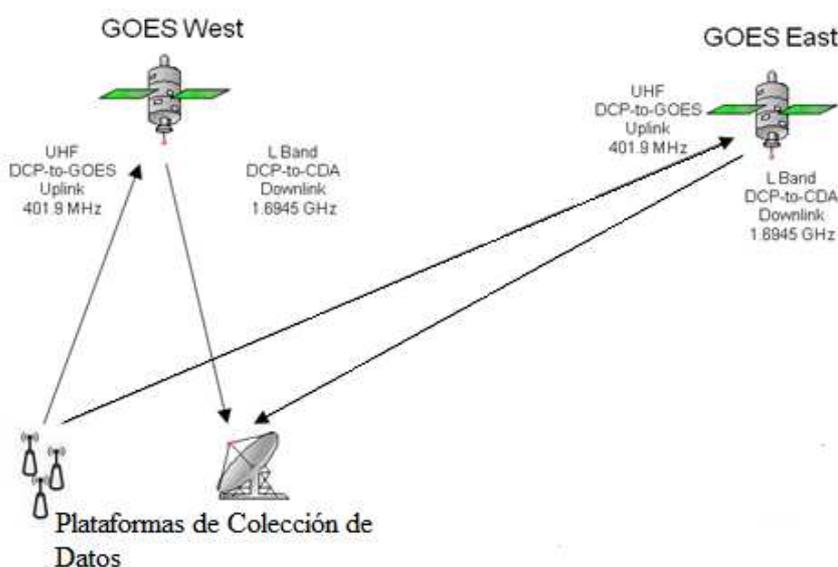


Figura 2.8 Sistema de Colección de Datos

2.4.8 TIPO DE TELEDETECCIÓN DE LOS SATÉLITES GOES

1. **Teledetección Pasiva.**- Este tipo de teledetección solo usa receptores montados en el satélite en la que capta la radiación espontáneamente y contiene información del medio ambiente mediante procesos físicos en la que no puede cambiarse ni ignorarse ni puede duplicarse estas propiedades físicas en otras bandas y por lo general usan un bajo nivel de potencia. El tipo de radiación se lo puede expresar mediante diversas frecuencias en las que están presentes o en ausencia y en determinados componentes químicos que existen en la atmosfera.

2. **Teledetección Activa.**- Este tipo de teledetección usa tanto receptores como transmisores montados en el satélite. Puede medir los vientos y las alturas de las ondas marinas hasta la densidad forestal de los bosques tropicales.

2.4.9 LECTURA DE LOS DATOS DESDE LOS GOES DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Los usuarios del satélite GOES puede realizar la colección de datos transmitirlos y recibirlos datos directamente en forma pasiva, en la que los usuarios del satélite son independientes del sistema principal NESDIS³⁷, sin embargo los usuarios tendrán que cumplir con la asignación de canales y horarios establecidos por NESDIS para el sistema de colección de datos del satélite GOES. A parte de estos requisitos, NESDIS no requiere formal acuerdo con los usuarios que usan el satélite GOES.

³⁷ Servicio Nacional de Satélites Ambientales, datos e Información.- NESDIS.- Opera y maneja los programas ambientales satelitales y maneja los datos de los servicios meteorológicos del mundo.

2.4.10 ASIGNACION DE FRECUENCIAS DE SATELITES METEOROLOGICOS.

Los satélites GOES de 75° Oeste y 135° Este son capaces de soportar 233 canales en la que 200 canales son regionales y 33 canales son internacionales. Los 200 canales regionales van de 401,7 MHz hasta 402,0 MHz y los 33 canales internacionales van de 402,0 MHz hasta 402,1 MHz. Estos canales son comunes con los satélites METEOSAT, GMS y RUSIA y son asignados estos canales todo el tiempo a los dos satélites GOES.

Las plataformas de recolección de datos o las estaciones terrenas que envían los datos al transpondedor están asignadas frecuencias de UHF de 1.5 KHz (Ver Anexo 2.3) y para proporcionar protección adicional del canal del ancho de banda de las frecuencias regionales en el sistema de recolección de datos los canales se asignan de la siguiente manera:

- Canales impares al satélite GOES 75°(este)
- Canales pares al satélite GOES 135°(oeste)

Esto da como resultado una separación de 3,0 KHz entre canales adyacentes en cada satélite GOES.

El sistema de colección de datos de los satélites GOES es un sistema de enlace de comunicación que se encuentra en el transpondedor y utiliza para retransmitir en UHF hacia las plataformas de recolección de datos en la banda L (1694,5 MHz) en la que recibe las estaciones terrenas que deben estar debidamente equipadas.

Las frecuencias radioeléctricas en meteorología van de unos pocos Hz a cientos de GHz como se indica en la tabla 2.4:

Banda de frecuencias (MHz)	Atribuciones al MetSat
137-138	Primaria en el sentido espacio-Tierra
400,15-401	Primaria en el sentido espacio-Tierra
401-403	Primaria en el sentido Tierra-espacio
460-470	Secundaria en el sentido espacio-Tierra
1670-1710	Primaria en el sentido espacio-Tierra
7450-7550	Primaria en el sentido espacio-Tierra, únicamente satélites geoestacionarios
7750-7850	Primaria en el sentido espacio-Tierra, únicamente satélites no geoestacionarios
8025-8400	Primaria en el sentido espacio-Tierra para satélites de exploración de la Tierra
8175-8215	Primaria en el sentido Tierra-espacio
18000-18300	Primaria en el sentido espacio-Tierra en la Región 2, únicamente satélites geoestacionarios
18100-18400	Primaria en el sentido espacio-Tierra en lasRegiones 1 y 3, únicamente satélites geoestacionarios
25500-27000	Primaria en el sentido espacio-Tierra para satélites de exploración de la Tierra

Tabla 2.4 Bandas de frecuencia utilizadas por los satélites de meteorología para las transmisiones de datos

2.4.11 COSTO DEL SERVICIO SATELITAL METEOROLOGICO GEOESTACIONARIO

La recolección de datos del medio ambiente de las plataformas y procesamiento de datos de las estaciones terrenas para el monitoreo del medio ambiente en las que se utiliza las instalaciones del satélite GOES para el sistema de recogida de datos es sin costo alguno. Esto no se opone a la posibilidad de que en algún momento en el futuro los usuarios del sistema deban poner alguna cuota o algún cargo de uso de servicio.

2.4.12 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SATELITES METEOROLOGICOS

2.4.12.1 Ventajas

- La Tierra gira a la misma velocidad que el satélite meteorológico geoestacionario obteniendo siempre la misma vista del territorio y permitiendo comunicaciones continuas con varias regiones a través del mismo satélite.
- Un satélite meteorológico geoestacionario cubren la tercera parte del globo terrestre, permitiendo que las estaciones terrenas usen antenas transmisoras y receptoras fijas.
- Facilita a los técnicos de las estaciones terrenas realizar un análisis de la temperatura y de la humedad para la predicción del tiempo, así como la verificación de los cambios temporales y espaciales en humedad atmosférica para la predicción de tormentas y alertar a la ciudadanía de posibles inundaciones.

2.4.12.2 Desventajas

- Mayor retardo de la señal debido a que debe recorrer una gran cantidad de distancia.
- Los satélites son de mayor tamaño y necesitan mayor potencia para alcanzar su órbita geoestacionaria.
- Debido a la curvatura de la tierra la vista del satélite en las regiones polares de la tierra son limitadas.
- La lectura de los datos de los satélites meteorológicos no puede interpretar cualquier persona

2.4.13 APLICACIONES

- Detección y vigilancia operativa de incendios forestales. Permite determinar ágilmente la posición geográfica de los incendios, garantiza la cobertura temporal adecuada para la rápida detección y seguimiento a su evolución y desplazamiento.
- Medición de la temperatura y humedad de la atmosfera, también puede medir la actividad solar y el campo magnético
- Detección de accidentes químicos por medio de imágenes visibles e infrarrojas de alta resolución, las cuales también son utilizadas, para la detección y monitoreo de incendios forestales, acumulación de partículas en la atmosfera, actividad volcánica.

2.5 TABLA COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGIAS INALAMBRICAS.

A continuación se presenta la tabla 2.5 en la que se recopila los parámetros técnicos previamente explicados en este capítulo, tales como velocidad de transmisión, alcance, aplicaciones, etc., mediante los cuales y conjuntamente con el factor económico se podrá decidir cuál es la opción óptima para ser el medio de transmisión de la Red AMAZNOR.

Comparación de Tecnologías Inalámbricas	WiMax	GPRS	Satelital Geoestacionario Meteorológico
Estándar	802.16e	GSM 2+	-
Uso	WAN	LAN, WAN, Internet	WAN
Throughput	> 30 Mbps (10 MHz BW)	56 Kbps-144Kbps	100 bps, 300 bps, 1200 bps
Cobertura	Típico de 5 Km a 8 Km	Típico de 1 Km a 5 Km	Región de América del Sur y el Caribe

Frecuencia	2-6 GHz	850, 900, 1800, 1900 MHz	400.15-406 MHz y 1668.4-1700MHz
Servicios	Roaming global entre proveedores de servicio de WiMAX Juegos Interactivos VoIP, Video Conferencia Música <i>Video clips</i> <i>Web Browsing</i> <i>E – mail</i> (con archivos adjuntos) Descarga de contenidos media Descarga de datos, películas	Servicio de Mensajes Multimedia (MMS) Aplicaciones en red para dispositivos a través del protocolo WAP Servicio de Mensajería Corta (SMS) Web Browsing E-Mail Interconexión con Servicios de Internet Banca Electrónica Servicios P2P utilizando el protocolo IP Posibilidad de utilizar el dispositivo como módem USB	Servicio de Meteorología por Satélite (MetSat) Servicio de Ayuda a la Meteorología.
Modulación	OFDM	TDMA	Manchester con División NRZ
Cobertura en la Región AMAZNOR	No Existe	Movistar, Claro	GOES 13

Tabla 2.5 Tabla Comparativa De Las Tecnologías Inalámbricas

A pesar que WiMAX por sus características técnicas es una opción viable como medio de transmisión el hecho que no exista un proveedor de señal en la región AMAZNOR involucra que se deba invertir en arquitectura WiMAX tal como

antenas estaciones base CPE³⁸, además de la infraestructura civil, para proveer este servicio, lo que imposibilita el uso de WiMAX como medio de transmisión.

La opción de emplear la cobertura provista por el GOES13 implica no tener facilidad para adquirir información de las estaciones del AMAZNOR, cuando estas sean requeridas ya que existen limitaciones tanto en el tiempo de uso del canal así como del volumen de información que puede ser transmitida, por otro lado se requieren antenas parabólicas equipos satelitales para la adquisición de datos cuyos costos no son justificables con la tasa de datos a ser transmitida.

Se cuenta con varios proveedores de servicio GPRS en la región AMAZNOR tal como Movistar o Claro, lo que facilita la transmisión recepción de datos, al ser necesarios únicamente módems y antenas.

En conclusión la tecnología que mejor se adapta por su costo beneficio, cumple con las características técnicas, permite aplicaciones en tiempo real, y puede soportar voz, datos, es GPRS.

2.6 EQUIPOS GPRS

Los equipos seleccionados deben cumplir con requerimientos básicos como son: costos, fiabilidad, convergencia, calidad de servicios, y seguridades.

En seguida, se detalla las características técnicas de equipos que podrían ser utilizados para nuestro diseño final, modems GPRS disponibles en el mercado, que son una buena alternativa en aplicaciones de envío y recepción de mensajes de texto o datos.

³⁸ Customer Premises Equipment o Equipo Local del Cliente es un equipo de telecomunicaciones usado tanto en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación. El equipo puede proveer una combinación de servicios incluyendo datos, voz, video y un host de aplicaciones multimedia interactivos.

2.6.1 FASTRACK SUPREME 20 WAVECOM.

El Fastrack Supreme 20 (Figura 2.9) de la empresa Wavecom es un discreto modem GPRS, inalámbrico Plug and Play³⁹, Quad- Band de 850/900/1800/1900 MHz.



Figura 2.9 Fastrack Supreme 20 Wavecom.

Las características generales de este equipo son:

- Quad-Banda: 850/900/1800/1900 MHz.
- Tecnología GPRS
- Acceso a través de comandos AT
- Tarjeta SIM
- Rangos de voltaje de alimentación: +5.5V a +32V.
- Modo power Save
- Conexión serial RS-232
- Dimensión: 73 mm x 54.5mm x 25.5mm.
- Peso: 80g.
- Rango de temperatura ambiental: -30 a +85 C
- Conector de antena tipo SMA
- Soporta GSM, SMS,CSD⁴⁰, GPRS, EDGE⁴¹

³⁹ Plug and Play.- se refiere a la capacidad de un sistema informático de configurar automáticamente los dispositivos al conectarlos. Permite poder enchufar un dispositivo y utilizarlo inmediatamente, sin preocuparte de la configuración.

- Carcasa de aluminio.

Entre las especificaciones para SMS se puede destacar

- Punto a punto MT y MO
- Sms cell broadcast
- Modo texto y modo PDU

Precio en ECUADOR: 257,60

2.6.2 MULTITECH MULTIMODEM GPRS MTCBA-G-F2, MTCBA-G-F4

Este equipo es un modem inalámbrico GSM/GPRS basado en estándares GSM/GPRS clase 10 y se lo puede apreciar en la Figura 2.10



Figura 2.10 Multitech MultiModem GPRS MTCBA-G-F2, MTCBA-G-F4

Las características generales de este equipo son:

- Doble Banda:900/1900 MHz
- Tecnología GSM
- Acceso a través de comandos AT

⁴⁰ CSD.- Circuit Switched Data es la forma original de transmisión de datos desarrollada para los sistemas de telefonía móvil basados en el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) como el GSM

⁴¹ EDGE.- Enhanced Data rates for GSM Evolution , es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 2.5G. EDGE se considera una evolución del GPRS (General Packet Radio Service).

- Tarjeta SIM
- Rangos de voltaje de alimentación: +8V a +30V.
- Modo power Save
- Dimensión: 130 mm x 90mm x 38mm.
- Peso < 190g.
- Rango de temperatura ambiental: -30 a +65 C

Entre las especificaciones para SMS se puede destacar

- Punto apunto MT y MO
- Sms cell broadcast
- Modo texto y modo PDU

Precio aproximado en USA: 257,24

2.6.3 MAESTRO 100 - M100L-M LITE (GPRS, METAL CASING) (FIGURA 2.11)



Figura 2.11 Modem Maestro 100 - M100L-M Lite.

Las características generales de este equipo son:

- Quad-band: 850/900/1800/1900 MHz.
- Tecnología GSM.

- Acceso a través de comandos AT.
- Tarjeta SIM.
- Rangos de voltaje de alimentación: + 5V a 31V DC.
- Modo Power Save.
- Dimension: 88mm x 60mm x 26mm.
- Peso 100 g.
- Rango de temperatura ambiental: -30°C a 65°C.

Entre las especificaciones para SMS se puede destacar:

- Punto a punto MT y MO.
- SMS cell broadcast.
- Modo texto y modo PDU.

Precio aproximado en Inglaterra: 214 dólares americanos.

Una vez detalladas las características de los posibles módems que servirán para la transmisión/recepción de datos, el Fastrack Supreme 20 Quad-band de Wavecom por precio, manejo, tamaño y otras características como son: bandas de frecuencia de operación 850/900/1800/1900 MHz que lo hace funcional en las operadoras celulares GSM/GPRS del país como son CLARO y MOVISTAR, configuración y manejo del equipo a través de comandos AT con comunicación a un ordenador central por medio de un puerto serie con el estándar RS-232, rangos de alimentación de +5.5V a +32V, hacen de este equipo favorables para su aplicación en el proyecto AMAZNOR

Cabe resaltar que existe facilidad de adquirir módems Wavecom, así como soporte técnico por medio de la empresa Sistemas Tecnológicos de la ciudad de Quito. En el Anexo 2.4 se puede apreciar las características técnicas de este equipo.

2.7 ANTENAS PARA MODEM

La antena para el modem Wavecom debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas (tabla 2.6)

	GSM 850	EGSM 900
Frecuencia de Rx	869 a 894 MHz	925 a 960 MHz
Frecuencia de Tx	824 a 849 MHz	880 a 915 MHz
Soporte de energía	2 W	2 W
Impedancia	50 ohms	
VSWR	< 2	
Ganancia Típica Radiada	0 dBi	En el plano de azimuth

	GSM 1800	GSM 1900
Frecuencia de Rx	1805 a 1880 MHz	1930 a 1990 MHz
Frecuencia de Tx	1710 a 1785 MHz	1850 a 1910 MHz
Soporte de energía	2 W	2 W
Impedancia	50 ohms	
VSWR	< 2	
Ganancia Típica Radiada	0 dBi	En el plano de azimuth

Tabla 2.6 Características Técnicas de la antena.

Algunos ejemplos de Antenas se pueden ver en el Anexo 2.5.

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA RED “AMAZNOR”

3.1 INTRODUCCIÓN

En la actual era denominada “de las telecomunicaciones” es difícil pensar que con las tecnologías con las que se cuenta para la transmisión/recepción de información que permiten enlazar cortas o largas distancias, lugares accesibles o de difícil acceso, en entidades gubernamentales, particulares con o sin fines de lucro, no se disponga de una red que las conecte interna o externamente. Esta es la razón por la cual el INAMHI, encargado del monitoreo de las diferentes variables meteorológicas, está poniendo en marcha la implementación de redes para transmisión/recepción de información acerca de los cambios permanentes de dichas variables a lo largo y ancho del país, ya sea en la Sierra, Costa o Amazonía Ecuatoriana.

El capítulo presente trata acerca del diseño de la red de transmisión/recepción de datos en la zona conocida por el INAMHI como AMAZNOR, detallado en el capítulo uno, para lo cual empleando la información de los capítulos precedentes a este y de las sugerencias del INAMHI para la implementación de la red, se emplearán las herramientas y parámetros de diseño necesarios que garanticen y faciliten el mismo.

Para entender mejor el funcionamiento de la red a diseñar y que posteriormente será probada para constatar su funcionamiento es importante hablar de telemetría⁴².

⁴² Telemetría: procede de las palabras griegas τήλε (tele), que quiere decir a distancia, y la palabra μέτρον (metrón), que quiere decir medida, es decir medida a distancia.

3.1.1 TELEMETRÍA

Existen sistemas que se encuentran localizados a largas distancias de las estaciones centrales donde se realiza el monitoreo y control de magnitudes físicas tan diversas como, voltajes, velocidades, flujos, presiones, temperaturas, humedades, precipitaciones, etc.

El caso convencional para la recopilación de esta información es de manera “manual”, accediendo a estos lugares remotos encontrándose con varias dificultades como son: la ubicación topográfica del lugar, el costo implicado en obtener estas variables, el tiempo que se necesita para procesar las variables y llevar a cabo una acción en caso de ser requerido, como sucede con las variables climatológicas donde saber su cambio permanente en el tiempo en casos extremos evitara el suceso de desastres naturales.

La Telemetría es la tecnología que siendo parte de las Telecomunicaciones permite realizar la medición remota de las magnitudes físicas citadas y su posterior envío hacia una estación central donde ésta información es recopilada y analizada, utilizando diferentes medios.

3.1.1.1 Funcionamiento del Sistema de Telemetría

En la figura 3.1 se tiene el diagrama básico de un sistema de telemetría. Conformado en su parte inicial por sensores o transductores ya sean estos analógicos o digitales como dispositivos de entrada, estos dispositivos convierten una magnitud física como la temperatura, la presión o la vibración en una señal eléctrica correspondiente.

Los datos obtenidos son enviados desde los sensores o transductores hacia un equipo que digitaliza las señales eléctricas, para luego de lo cual por medio de módems que acondicionan las señales de información de acuerdo al medio en el que se realiza la comunicación ser enviadas a una estación central de monitoreo

a través de un sistema de telecomunicaciones donde estos son administrados procesados y visualizados.

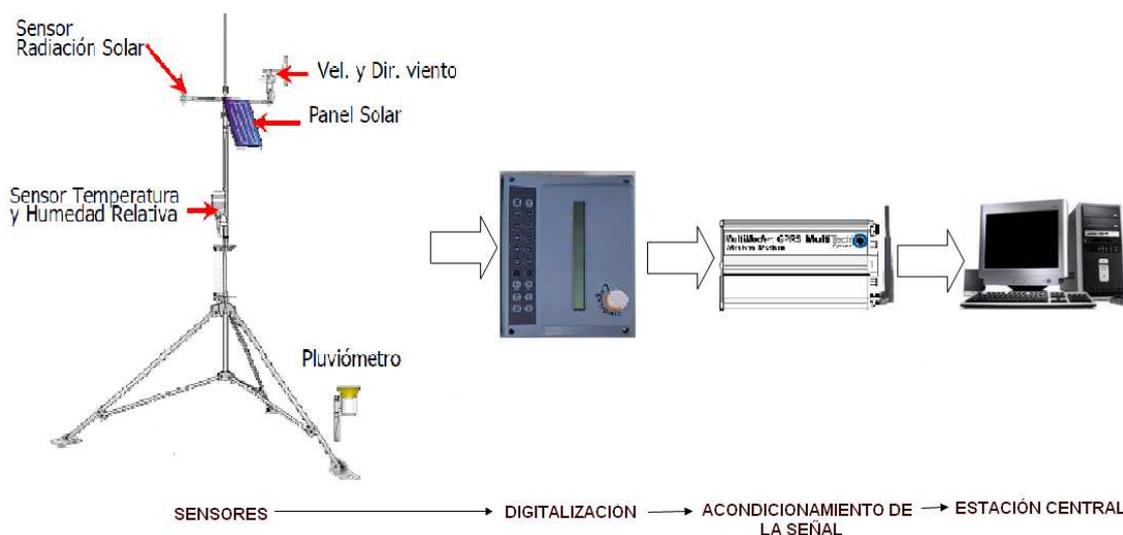


Figura 3.1 Sistema Básico de Telemetría.

3.1.1.2 Características y Aplicaciones del Sistema de Telemetría

Entre las características de los sistemas de telemetría se cuenta con: control, alarmas, además para la transmisión de datos es transparente utilizar medios no guiados como: radiofrecuencia, microondas, sistemas celulares, sistemas satelitales y medios guiados como: líneas telefónicas, cable coaxial o fibra óptica, también resulta importante que permite la disponibilidad de información en tiempo real mediante herramientas como páginas Web , o software propietarios lo cual apoya la toma de decisiones de los técnicos y especialistas de una manera más eficiente.

La telemetría preferentemente se aplica en sistemas que tienden a ocupar grandes espacios como el monitoreo de las condiciones ambientales y edáficas⁴³, sistemas de suministro de agua y alcantarillado, industria petroquímica, tubería de gas y petróleo, seguridad, validación de tarjetas de crédito, etc.

3.1.1.3 Equipos que Conforman la Red de Telemetría “AMAZNOR”

⁴³ Edáfico: Del suelo o relativo a él, especialmente en lo que se refiere a las plantas

A continuación se detallan los equipos que están formando y formaran parte de la Red de AMAZNOR:

➤ Equipos sensores o transductores:

- Sensor de Temperatura NTC .
- Sensor de temperatura de aire NTC
- Sensor de Humedad Relativa Hygroclip
- Pluviómetro Young

➤ Equipo para digitalización de señales:

- Equipo Almacenador de Datos (Datalogger).

➤ Equipos para Transmisión/recepción de señales:

- Modem Fastrack Supreme GPRS de Wavecom con antena GSM omnidireccional.
- Antena Yagui direccional o antena omnidireccional.

La información viajará por la red GSM/GPRS de Movistar o Claro para sus correspondientes datos de Transmisión/Recepción y además la Estación de Recolección de Datos se encuentra en el Municipio del Coca.

3.2 DISEÑO DEL RADIOENLACE.

La elección de los equipos de radio y sus parámetros de funcionamiento, la buena ubicación de las antenas, la correcta planificación del enlace radioeléctrico y la elección de un canal libre de interferencias, son factores importantes que determinan las prestaciones de un sistema fijo de acceso inalámbrico. Sólo con una buena planificación del enlace entre antenas puede conseguirse evitar las interferencias y los desvanecimientos de la señal, alcanzando una alta disponibilidad en el sistema.

La planificación del enlace radioeléctrico de un sistema de radiocomunicaciones comienza con el cálculo del alcance. Para ello se deben conocer la banda de frecuencias, las características climatológicas de las zonas y las especificaciones técnicas de los equipos de radio: potencia del transmisor, ganancia de las antenas, sensibilidad del receptor, tasa de error, disponibilidad, etc. Este cálculo del alcance del sistema constituye una primera estimación teórica para lo cual existen diversos modelos matemáticos que facilita predecir el comportamiento del enlace que deberá verificarse tras la instalación de los equipos. Además la utilización de software de simulación con cartografías digitales de los terrenos donde se va a realizar la instalación, como el caso del Radio Mobile, constituye una potente herramienta de ayuda en la planificación. Valiéndose de este software es posible determinar las mejores localizaciones para instalar las antenas y estimar su alcance o cobertura, así como los posibles niveles de interferencia que provienen de otros emplazamientos vecinos, especialmente en el caso de sistemas celulares o de acceso de radio punto-punto o punto-multipunto.

Existen varias características a considerar al momento de realizar el diseño de un radioenlace, como son:

- **Línea de Vista:** La característica de línea de vista o LOS (line of sight) proviene de la dificultad de las señales de radio para propagarse bordeando esquinas o para difractarse en torno a obstáculos. Es decir, debe existir un camino directo sin obstáculos para la propagación de la señal radio entre las antenas transmisora y receptora. El desarrollo el perfil topográfico de la zona ayudara a determinar la existencia o no de obstáculos para las transmisiones con LOS y determinar las potencias para el uso de transmisiones sin línea de vista.

- En el caso de falta de línea de vista debido a algún tipo de obstáculo, resulta necesario determinar la altura del mástil o de la torre donde se empotrara la antena y las ganancias de la misma para evitar la obstrucción.

- Otro tipo de factores que también deben tenerse en cuenta son los atmosféricos y meteorológicos. En los radioenlaces troposféricos se producen atenuaciones de la señal durante su propagación, causadas por la absorción y dispersión en hidrometeoros como la lluvia, la nieve, el granizo o la niebla, lo que hace necesario incluir sus coeficientes de atenuación en los cálculos de diseño.
- El cálculo de la zona de Fresnel, tiene relación con la altura a la cual se colocara la antena, ya que la primera zona de Fresnel se debe encontrar libre de obstáculos. Es importante conocer que atenuaciones existen dentro de la zona de Fresnel las mismas que se deben tomar en cuenta para el diseño.

Como se anotó anteriormente existen modelos matemáticos útiles en los diseños de telecomunicaciones denominados modelos de propagación⁴⁴. Entre los más importantes se encuentra el modelo de Okumura, el modelo Okumura-Hata, el Modelo de Longley-Rice o ITM (Irregular Terrain Model), etc.

3.2.1 MODELOS DE PROPAGACIÓN

3.2.1.1 Modelo Okumura

El modelo de Okumura es uno de los más ampliamente utilizados para predicción de señales en áreas urbanas. Este modelo es aplicable para frecuencias en el rango de 150 MHz a los 1920 MHz, es decir, comprende la banda de VHF y UHF, distancias de 1 Km a 100 Km y puede ser usado para alturas de la antena de la estación base en el rango de 30 m a 1000 m.

Okumura desarrolló un conjunto de curvas (Figura 3.2) que entregan la atenuación relativa al espacio libre (que se usa como nivel de referencia) para una

⁴⁴ Modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos que nos permiten predecir de mejor manera el comportamiento físico de la propagación, y de esta manera poder realizar el diseño de redes inalámbricas partiendo del modelo físico del entorno en donde se desea implementar.

zona urbana sobre terreno casi-plano, los valores de cada curva fueron obtenidos por exhaustivas mediciones usando antenas verticales y omni-direccionales tanto en la base como en el móvil y graficadas en función de la frecuencia en el rango de los 100 MHz a los 1920 MHz y como una función de la distancia.

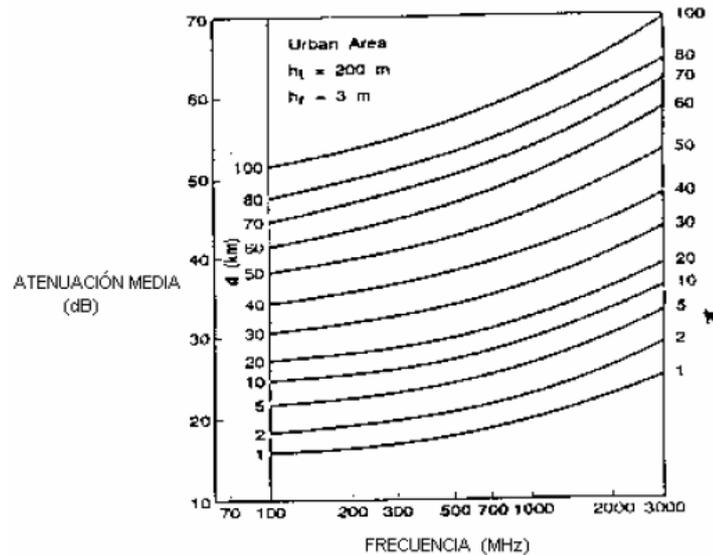


Figura 3.2 Conjunto de Curvas del Modelo Hata.

El modelo puede ser expresado como:

$$L_{50}(\text{dB}) = LF + A_{mu}(f,d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA} \quad \text{Ec.3.1}$$

Donde:

$L_{50}(\text{dB})$: Atenuación media por trayectoria

LF : Atenuación por espacio libre

$A_{mu}(f,d)$: Atenuación relativa promedio (curvas)

$G(h_{tx})$: Ganancia de altura de la antena de Tx.

$G(h_{rx})$: Ganancia de altura de la antena de Rx.

G_{AREA} : Ganancia debido al tipo de ambiente

Okumura encontró que $G(h_{te})$ varía a un índice de 20 dB/decada y $G(h_{re})$ varía a un índice de 10 dB/decada para alturas menores que 3 m.

$$G(\text{hte}) = 20\log(\text{hte}/200) \quad \text{para} \quad 30 \text{ m} < \text{hte} < 1000 \text{ m} \quad \text{Ec.3.2}$$

$$G(\text{hre}) = 10\log(\text{hre}/3) \quad \text{para} \quad \text{hre} < 3 \text{ m} \quad \text{Ec.3.3}$$

$$G(\text{hre}) = 20\log(\text{hre}/3) \quad \text{para} \quad 3 \text{ m} < \text{hte} < 10 \text{ m} \quad \text{Ec.3.4}$$

En base a esto, pudo desarrollar un modelo de las pérdidas del enlace considerando factores de corrección dependiendo del tipo de terreno, aunque no es un modelo analítico.

Es uno de los modelos más simples y adecuados para las predicciones de atenuación para sistemas celulares y sistemas de radio terrestre en ambientes poblados. En las mediciones de la atenuación a diferencia con la predicción, presentan errores con una desviación estándar entre los 10 dB a 14 dB. Su desventaja es que a pesar de ser bueno en zonas urbanas, no lo es en zonas rurales.

3.2.1.2 Modelo Okumura-Hata

Es una formulación empírica de los datos de las pérdidas de propagación provistos por Okumura, y es válido en el rango de frecuencias de VHF y UHF, de los 150 MHz a los 1500 MHz. Aunque Hata presentó las pérdidas dentro de un área urbana como una fórmula estándar:

$$L_{50(\text{urbano})}(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log \text{hte} - a(\text{hre}) + (44.9 - 6.55 \log \text{hte}) \log d \quad \text{Ec.3.5}$$

Tomando en cuenta que:

$$150 \text{ MHz} < f_c < 1500 \text{ MHz}$$

$$30 \text{ m} < \text{hte} < 200 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} < \text{hre} < 10 \text{ m}$$

Se debe considerar que las definiciones son las mismas que para el modelo de Okumura, incluyendo:

fc : frecuencia portadora [MHz]

hte : altura de antena transmisora en [m] en rango 30 a 200 metros

hre : altura de antena receptora en [m] en rango 1 a 10 metros

a(hre): factor de corrección para la altura efectiva de la antena móvil que es función del tipo de área de servicio.

d: distancia entre transmisor y receptor [km]

Como se puede observar, involucra una nueva variable que es el factor de corrección de la antena del móvil y se define según el tamaño de la ciudad:

Para ciudades pequeñas y medianas:

$$\mathbf{a(hre)} = (1.1 \log fc - 0.7)hre - (1.56 \log fc - 0.8) \text{ dB} \quad \text{Ec.3.6}$$

Para ciudades grandes:

$$\mathbf{a(hre)} = 8.29(\log 1.54hre)^2 - 1.1 \text{ dB} \quad \text{para } fc < 300 \text{ MHz} \quad \text{Ec.3.7}$$

$$\mathbf{a(hre)} = 3.2(\log 11.75hre)^2 - 4.97 \text{ dB} \quad \text{para } fc > 300 \text{ MHz} \quad \text{Ec.3.8}$$

Para utilizar la misma fórmula en un ambiente suburbano se utiliza como:

$$\mathbf{L(dB)} = L50(\text{urbano}) - 2[\log (fc/28)]^2 - 5.4 \quad \text{Ec.3.9}$$

Para áreas rurales:

$$\mathbf{L(dB)} = L50(\text{urbano}) - 4.78(\log fc)^2 + 18.33 \log fc - 40.94 \quad \text{Ec.3.10}$$

Este modelo se adapta muy bien para el diseño de sistemas de gran escala, pero no para sistemas PCS⁴⁵, los cuales tienen células del orden de 1 Km de radio. Para éste efecto se hace una formulación numérico-empírica de los datos gráficos entregados por Okumura de atenuación para zonas urbanas.

⁴⁵ PCS.- Sistema de Comunicación Personal, Sistema por el cual cada usuario puede intercambiar información con alguien a cualquier hora, en cualquier lugar, a través de algún tipo de dispositivo y usando un único número.

A pesar de que el modelo de Hata no tiene correcciones específicas para distintas rutas, que en cambio sí existen para el modelo de Okumura, las predicciones de Hata son muy similares a las predicciones de Okumura para distancias Tx-Rx mayores a 1 km.

3.2.1.3 Modelo de Longley-Rice (ITM Irregular Terrain Model).

Este modelo se aplica a sistemas punto a punto y a esquemas de comunicación en el rango de frecuencias desde VHF hasta EHF, es decir, desde los 40 MHz hasta los 100 GHz, sobre diferentes tipos de terrenos.

La pérdida “media” de propagación es obtenida utilizando información sobre la geometría del terreno entre el receptor y transmisor, y las características refractivas de la tropósfera.

Para predecir la potencia de la señal dentro de la línea de vista (LOS) se utiliza principalmente el modelo de reflexión terrestre de 2 rayos (Figura 3.3).

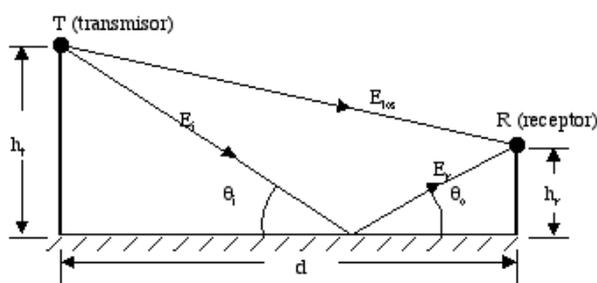


Figura 3.3 Modelo de Dos Rayos

Este modelo también analiza los fenómenos de dispersión en la tropósfera para poder hacer predicciones sobre distancias largas. El método Longley-Rice trabaja en dos modos: uno es cuando se dispone de una detallada descripción del perfil del terreno, facilitando la obtención de los parámetros de propagación, a esto se le conoce como modo de predicción punto a punto. El otro es cuando no se dispone del perfil del terreno, para lo cual el método dispone de técnica para estimar los parámetros específicos, a este modo se le conoce como predicción de área.

Este método ha sido objeto de modificaciones, una de las últimas ha sido la introducción de un nuevo factor llamado factor urbano (UF), con el cual se hace referencia a la atenuación debida a obstáculos que se presentan antes de llegar a la antena receptora.

Las variables de entrada del modelo de Longley-Rice se indican en la tabla 3.1. En ésta se indican los valores permitidos o los límites para los cuales el modelo ha sido diseñado.

Parámetros del sistema	
Frecuencia	20MHz a 20GHz
Distancia	1 Km a 2000Km
Altura de antenas	0.5 m a 3000m
Polarización	Horizontal o vertical
Parámetros del entorno	
Variables de terreno irregular	Rugosidad promedio
Constantes eléctricas del terreno	Permitividad y conductividad
Refractividad de la superficie	250 a 400 N-unidades
Clima	Ecuatorial Continente subtropical Marítimo subtropical Desierto Continental templado Marítimo temperado, sobre la tierra Marítimo temperado sobre el mar
Parámetros estadísticos	
Fiabilidad respecto a variabilidad de tiempo, locación y situación	0.1% al 99.9%

Tabla 3.1 Parámetros de entrada para el modelo ITM

3.2.2 PERFIL TOPOGRÁFICO

El perfil topográfico (Figura 3.4) es una representación de tipo lineal, que permite establecer las diferentes altitudes que se presentan a lo largo de un recorrido, de acuerdo con la irregularidad topográficas presentes en la dirección hacia donde se realizara la instalación de las estaciones o radio bases.

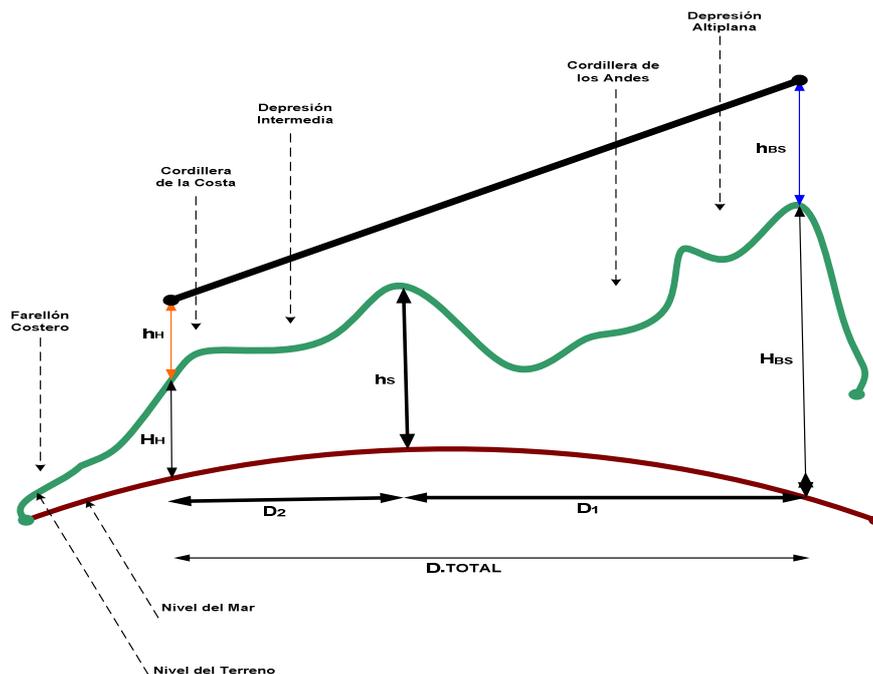


Figura 3.4 Ejemplo de Perfil Topográfico.

D.Total: Distancia Total entre la Estación Operadora y la Estación Meteorológica Remota medido en kilómetros.

D1: Distancia desde el obstáculo o posible interrupción de cobertura de señal hasta la Estación Operadora medida en kilómetros

D2: Distancia desde la Estación Meteorológica Remota al obstáculo medido en kilómetros.

H_{BS} Altura del punto de transmisión medido en metros.

h_{BS} Altura de la antena de transmisión medida en metros.

H_H Altura del punto de recepción medido en metros.

h_H Altura de la antena de recepción medida en metros.

h_s Altura del obstáculo más crítico del perfil medido en metros.

El conocer como se presenta el perfil topográfico entre los puntos donde se realizara el enlace ayuda en la planificación de la ubicación de las antenas, aspecto importante ya que la mayor parte de inversión en infraestructura civil tiene que ver con la altura a la cual se pondrán las antenas.

3.2.3 ZONA DE FRESNEL

La Zona de Fresnel es el área donde se difunde una onda electromagnética luego de ser emitida por una antena., esta propagación se realiza en un área elíptica por encima y debajo de la línea de vista entre los puntos a interconectar. Se tiene mayor contribución de la señal en las primeras Zonas de Fresnel, es decir, aquellas para las cuales $n=1,2,3$.

Mientras menos obstáculos haya en esta área, mejor será transmitida la onda. En los sistemas inalámbricos que se manejan en la frecuencia de 2.4 GHz, la zona Fresnel es muy importante, pues debe mantenerse limpia de obstáculos que detengan la señal. Por ejemplo, los árboles suelen detener mucho más esas señales que las paredes, por su alto contenido en agua.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% en la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. La fórmula para el cálculo de la enésima zonas de Fresnel se muestra en la siguiente expresión:

$$r_{F_n} = \sqrt{n \times \left(\frac{D_1 \times D_2}{D_{Total}} \right)}$$

Ec. 3.11.

Donde:

- rFn** es el radio de la enésima zona de Fresnel [m].
- D1** es la distancia desde el transmisor al obstáculo en [m].
- D2** es la distancia desde el obstáculo al receptor en [m].
- D** es la distancia total del enlace en [m].
- λ** es la longitud de onda = c/f
- c** es la velocidad de la luz equivalente a 3×10^8 m/s
- f** es la frecuencia de operación en MHz

En la figura 3.5 se muestra un diagrama con los parámetros de la ecuación 3.11, particularmente para la primera zona de Fresnel.

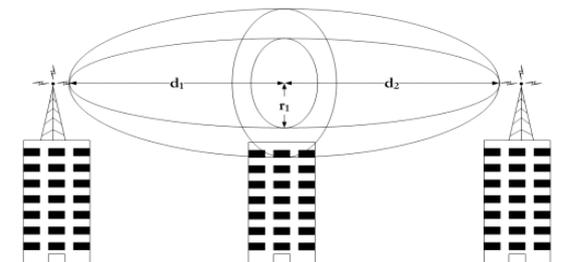


Figura 3.5 Diagrama explicativo de las zonas de Fresnel.

La siguiente expresión matemática permite calcular la altura de la línea de vista entre el transmisor y receptor:

$$h_r = [(H_{BS} + h_{BS}) - (H_H + h_H)] \times \frac{D_2}{D_{Total}} + (H_H + h_H) \quad \text{Ec.3.12.}$$

Donde:

- h_r** es la altura de la línea de vista.
- H_{BS}** es la altura del punto de recepción.
- h_{BS}** es la altura de la antena de recepción
- H_H** es la altura del punto de transmisión
- h_H** es la altura de la antena de transmisión
- D₂** es la distancia desde la Estación Meteorológica Remota al obstáculo medido en kilómetros.
- D_{Total}** Distancia Total entre la Estación Operadora y la Estación Meteorológica Remota medido en kilómetros.

Los límites superior e inferior de la primera zona de Fresnel, son expresados en las formulas detalladas a continuación:

$$h_{fs} = h_r + rF_1 \quad \text{Ec.3.13.}$$

Donde:

- h_{fs}** es la altura del nivel superior de la Zona de Fresnel
- h_r** es la altura de la línea de vista.

rF_1 es el radio de la primera zona de Fresnel

$$h_{fi} = h_r - rF_1 \quad \text{Ec.3.14.}$$

h_{fi} es la altura del nivel inferior de la Zona de Fresnel

h_r es la altura de la línea de vista.

rF_1 es el radio de la primera zona de Fresnel

3.2.4 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE

La mayoría de la potencia de una señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío perfecto, las ondas de radio perderán algo de su energía debido a que parte de la energía se irradia siempre en direcciones distintas a la del eje del enlace. Cabe anotar que esto no está relacionado con el aire, la niebla, la lluvia o cualquier otro factor que agregue pérdidas adicionales.

La pérdida por espacio libre mide la pérdida de potencia en el espacio libre sin considerar cualquier tipo de obstáculos. La señal de radio se debilita en el espacio libre debido a la expansión en una superficie esférica. En decibelios la fórmula de la pérdida por espacio libre es la siguiente:

$$A_0 \text{ (dB)} = 20 \log f \text{ (GHz)} + 20 \log D \text{ (Total Km)} + 92,4 \quad \text{Ec.3.15.}$$

Donde:

A_0 es la pérdida por espacio libre en dB.

f es la frecuencia en GHz.

D es la distancia total del enlace en Km.

3.2.5 SELECCIÓN DEL CABLE COAXIAL

Se ha escogido como medio de alimentación para la antena, el cable coaxial RG-58C (Figura 3.6), que según las especificaciones técnicas del Modem Fastrack Supreme es el necesario para acoplarlo a la antena.

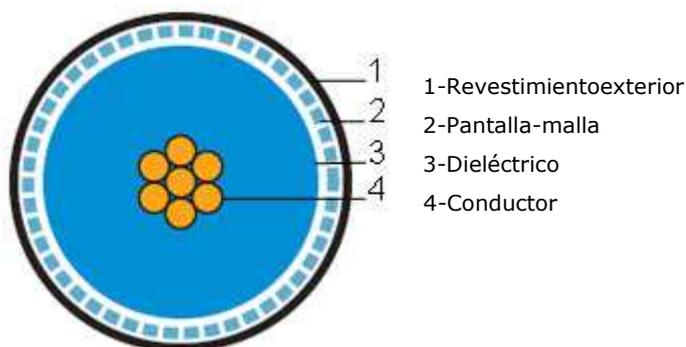


Figura 3.6 Esquemático del Cable Coaxial RG-58C.

A continuación se detallan características del RG-58C:

Características del Cable Coaxial RG-58C				
Material	Conductor	Dieléctrico	Pantalla	Revestimiento Exterior
	Alambre de Cu (20AWG)	Polietileno espumado	Alambre de cobre estaniado	PVC (Policloruro de vinilo)
Dimensiones				
	Diámetro del conductor	Diámetro del dielectrico	Diámetro exterior del cable	Grosor del revestimiento exterior
	32 x 0.18mm	2.95mm	4.95mm	0.75mm
Peso	38.7kg/km			
temperatura	De -20°C hasta +80°C			
Características eléctricas				
	Resistencia de onda	Frecuencia de Test	Tensión máxima tolerada	Perdidas
	50 Ohms	Hasta 1 GHz	1900 V	0.655 dB/m
Aplicaciones	-Redes de area loca -Aparatos de medición de radio industriales			

Tabla 3.2 Características del Cable Coaxial RG-58C

Para calcular la pérdida que se produce en totalidad en el cable coaxial se emplea la siguiente fórmula:

$$A_{WG-RX} = L_f(m) \times A \left(\frac{dB}{m} \right) \quad \text{Ec.3.16.}$$

Donde:

AWG-RX son las pérdidas totales en el cable coaxial, en dB.

Lf es la longitud total del cable coaxial, en m

A es la atenuación propia del cable coaxial RG-58C, en dB/m.

3.2.6 CÁLCULO DE POTENCIA NOMINAL DE RECEPCIÓN

Se denomina a la Potencia Nominal de Recepción como la diferencia entre la potencia del transmisor y las atenuaciones (guía de ondas o cable coaxial y espacio libre) y ganancias de antenas (en la dirección de máxima directiva). La expresión que define la potencia nominal de recepción es:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - A_{BTx} - A_{WG-Tx} + G_{Tx} - A_0 + G_{Rx} - A_{WG-Rx} - A_{BRx} \quad \text{Ec.3.17.}$$

Donde:

PRx es la potencia nominal de recepción o valor del sistema (dBm).

PTx es la potencia de transmisión (dBm).

ABTx es la pérdida de Branching en el lado de transmisión (alrededor de 3 dB).

AWGTX son las pérdidas en la guía de onda en el lado de transmisión (dB).

GTX es la Ganancia de la antena de transmisión (dB).

A0 es la pérdida en el espacio libre (dB).

GRX es la ganancia de la antena de recepción (dB).

AWGRX es la pérdida en la guía de onda en el lado de recepción (dB).

ABRX es Pérdida de Branching ⁴⁶en el lado de recepción (alrededor de 3 dB).

3.2.7 MARGEN DE DESVANECIMIENTO

El margen de desvanecimiento considera las características no ideales y menos predecibles de la propagación de ondas de radio, como la propagación en múltiples trayectorias (pérdidas por múltiples trayectorias), las precipitaciones y la sensibilidad a superficies rocosas, siendo por esto uno de los factores más importantes, en la determinación de la ganancia de un sistema.

La ecuación que relaciona el desvanecimiento, las condiciones climáticas y la rugosidad del terreno se describe en la siguiente ecuación:

$$FM = 30 \log D.Total + 10 \log(6 ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad \text{Ec.3.18.}$$

Donde:

- D** es la longitud del trayecto (Km).
- A** es el factor de rugosidad del terreno.
- B** es el Factor climático para convertir la probabilidad del peor mes a probabilidad anual.
- f** es la frecuencia del enlace en GHz.
- (1-R)** es el objetivo de calidad para un salto de 400Km (confiabilidad).

$$(1 - R) = \frac{0.0001 \times d}{400} \quad \text{Ec.3.19.}$$

⁴⁶ Las Pérdidas de Branching se dan en las Guías de Onda, Cable Coaxial, Filtros. Es cuando la señal digital al partir desde el transmisor y al llegar a su correspondiente guía de onda viaja por una serie de filtros de radiofrecuencia, produciendo una atenuación conocida como Pérdidas de Derivación o Branching.

Factor	Valor	Condiciones
A	4.00	Espejos de agua, ríos muy anchos, etc
	3.00	Sembrados densos, pastizales, arenales
	2.00	Bosques (la propagación va por encima)
	1.00	Terreno normal
	0.25	Terreno montañoso muy rocoso
B	1.000	Area marítima o condiciones de peor mes
	0.500	Prevalecen areas calientes y humedas
	0.250	Areas mediterráneas de clima normal
	0.125	Areas montanosas de clima seco y fresco

Tabla 3.3 Factores A y B

3.2.8 CONFIABILIDAD

La confiabilidad de cualquier sistema se describe como la probabilidad de que cumpla su misión adecuadamente durante un período de tiempo determinado y en las condiciones en que se encuentre. Esta definición está orientada a los sistemas que deben cumplir una misión específica durante un período de tiempo específico. Adaptando esta definición a un sistema de comunicaciones querría decir que es el tiempo en que el radio enlace estará disponible.

La ecuación que representa la confiabilidad para un sistema de comunicaciones es:

$$R = 1 - P \quad \text{Ec.3.20.}$$

$$P = 6 \times 10^{-7} \times C \times f \times d^3 \times 10^{\frac{FM}{10}} \quad \text{Ec.3.21.}$$

Donde:

- R** es la confiabilidad del sistema.
- P** es el porcentaje de indisponibilidad del sistema.
- f** es la frecuencia de la portadora en [GHz].

- d** es la longitud del trayecto en [Km].
- FM** es el margen de desvanecimiento.
- C** es el factor dependiente del terreno.

3.3 DISEÑO DE LA RED ⁴⁷

Se realiza enlaces de las estaciones remotas que se encuentran en las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos con las celdas de las operadoras Movistar o Claro apropiadas, para realizar la conexión con la red GSM/GPRS y obtener la recolección de datos en las estaciones del Inamhi y Municipio del Coca. A continuación se presentan las simulaciones y cálculos pertinentes para el diseño de la Red AMAZNOR (Figura 3.7), lo cual a su vez aclara el panorama para la implementación a futuro de la misma.

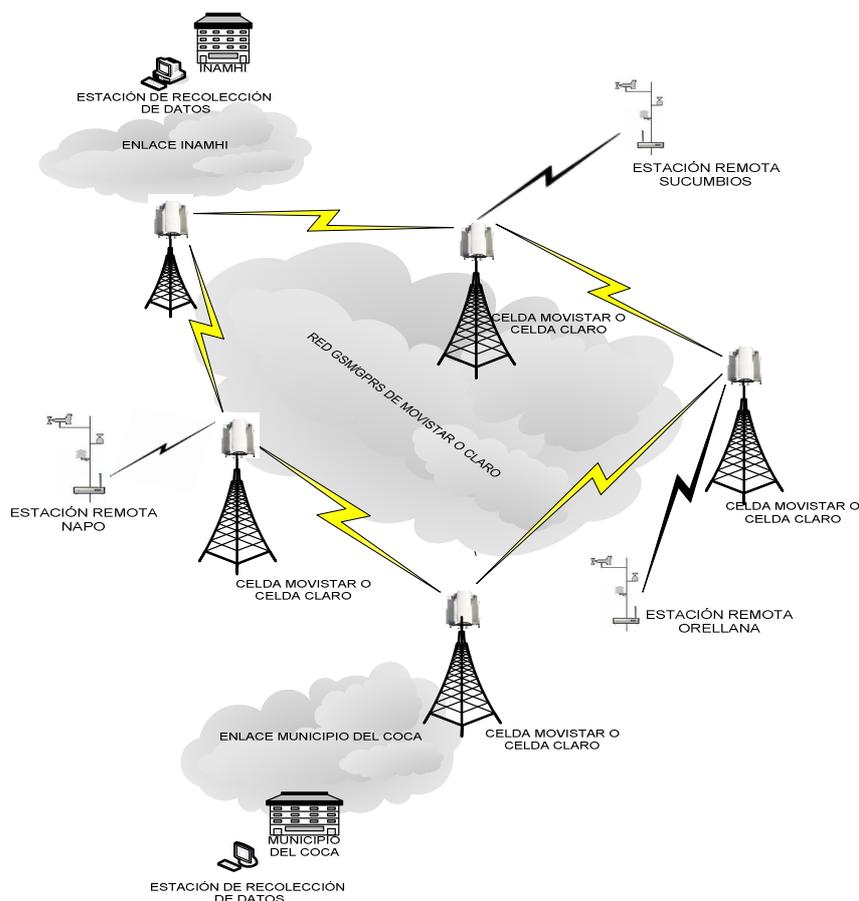


Figura 3.7 Topología de la Red AMAZNOR

⁴⁷ Para el diseño de los enlaces se utilizó información de la ubicación de las BTS de Claro y Movistar las cuales no se especifican en esta tesis debido a que es información restringida.

3.3.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL NAPO

#	NOMBRE	LATITUD (°)	LONGITUD (°)	ELEVACIÓN (mts)
1	Napo A.J Misahualli	-1,0331887	-77,6536024	444
2	Papallacta	-0,380833	-78,140	3127
3	Cosanga	-0,5558333	-77,877222	1898,6
4	Reventador1	-0,169781	-77,680692	1773,9
5	Archidona	-0,9136111	-77,8169444	550,1

Tabla 3.4 Coordenadas Geograficas en la Provincia del Napo

3.3.2 PERFIL TOPOGRÁFICO Y COBERTURA DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DEL NAPO.

A continuación se presentan los gráficos obtenidos mediante simulación en Radio Mobile donde las potencias presentadas y que fueron usadas en la simulación se asume, son las que trabajan las Estaciones Bases de Movistar y Claro⁴⁸

- Potencia de equipos de Recepción : 30dBm (1W)
- Potencia Radio Bases Napo6, Guacamayo, Napo10: 45dBm (31,6W)
- Potencia Radio Bases Napo5 y Napo1: 43dBm (20W)

Se observa en el grafico 3.8, el perfil topográfico entre la BTS denominada Napo 6 y la estación de alerta temprana denominada Napo A.J Misahualli. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

⁴⁸ La información de las potencias con las que trabajan las Estaciones Bases se obtuvieron del Anexo 3.1 y que normalmente trabajan las Operadoras Celulares

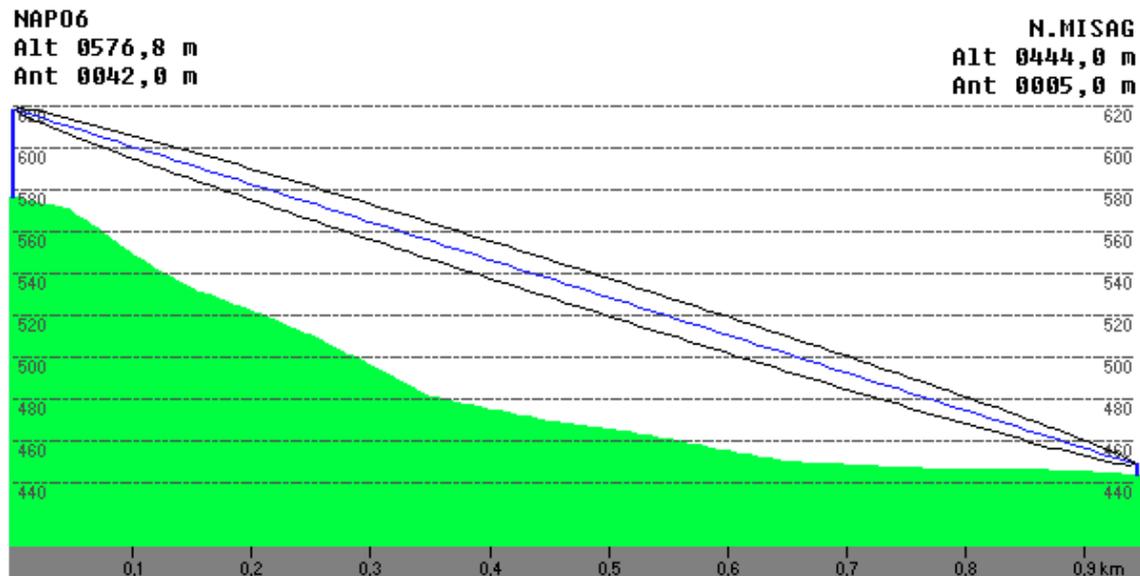


Figura 3.8 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Napo6 – Napo A. J. Misahualli

En el gráfico 3.9 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Movistar garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Napo A. J. Misahualli.

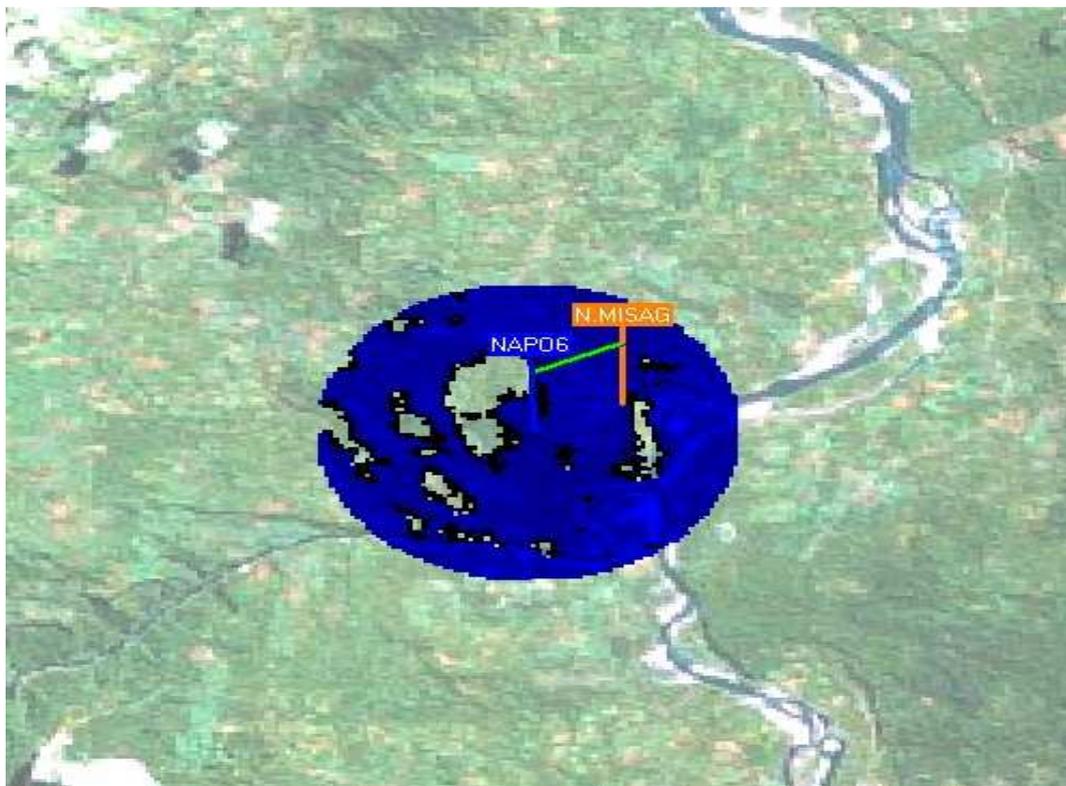


Figura 3.9 Simulación de Cobertura del enlace Napo6 – Napo A. J. Misahualli

Se observa en el grafico 3.10, el perfil topográfico entre la BTS denominada Napo 5 y la estación de alerta temprana denominada Papallacta. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

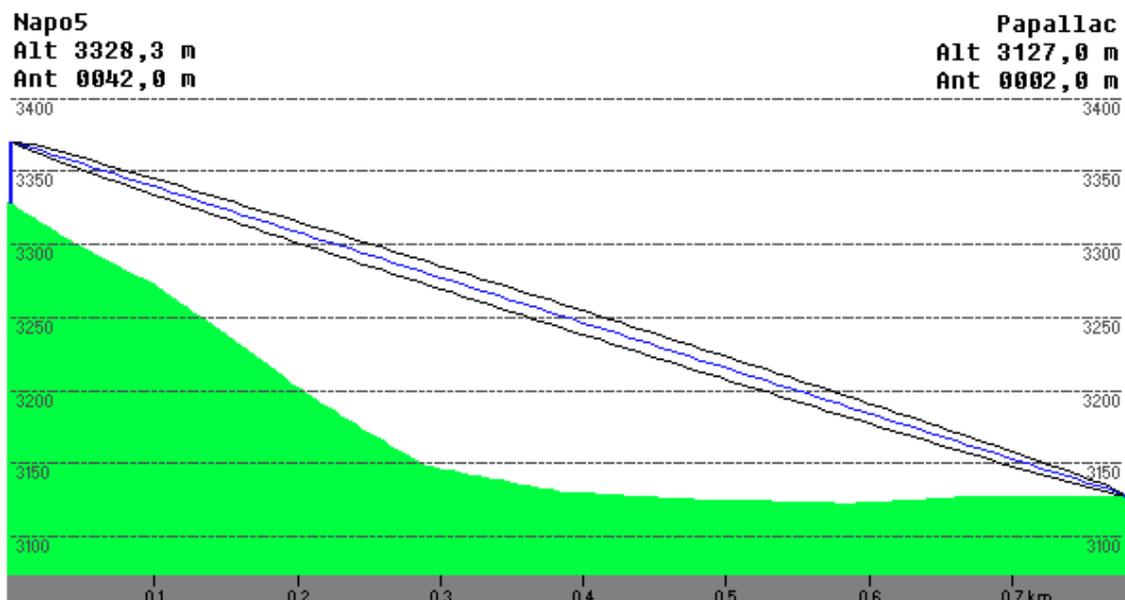


Figura 3.10 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Napo5 – Papallacta

En el grafico 3.11 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Movistar garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Papallacta.

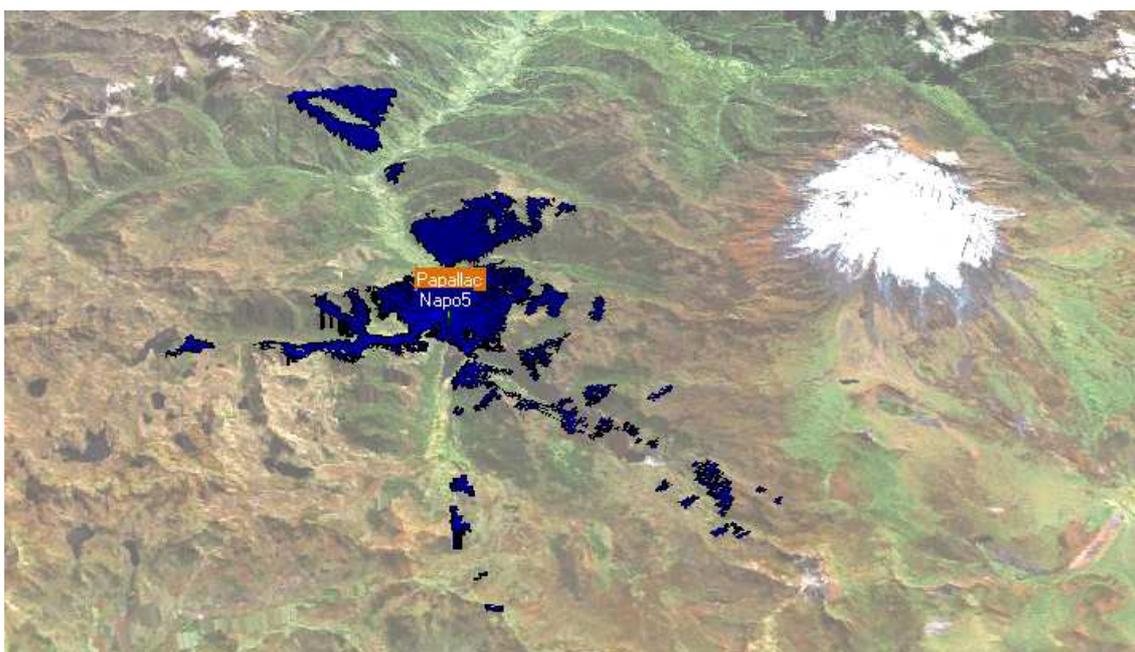


Figura 3.11 Simulación de Cobertura del enlace Napo6 – Papallacta

Se observa en el grafico 3.12, el perfil topográfico entre la BTS denominada Guacamayo y la estación de alerta temprana denominada Cosanga. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

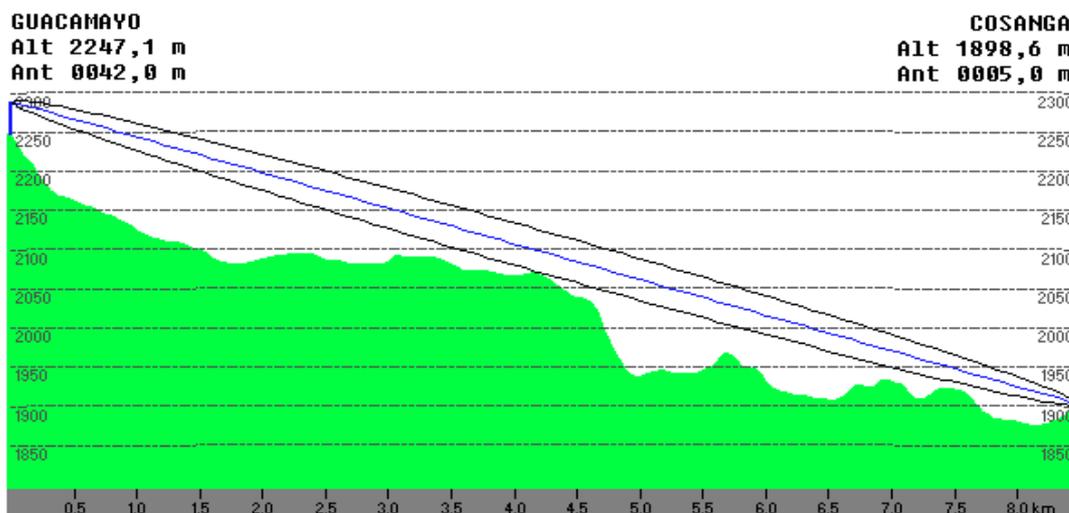


Figura 3.12 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Guacamayo – Cosanga

En el grafico 3.13 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Movistar garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Cosanga.

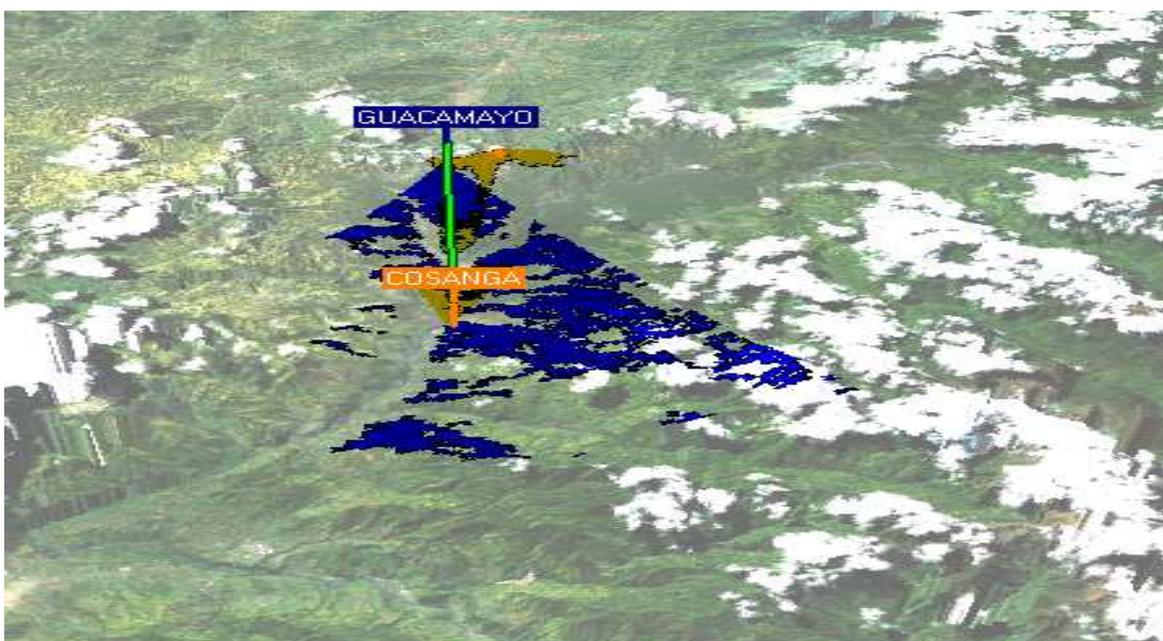


Figura 3.13 Simulación de Cobertura del enlace Guacamayo – Cosanga

Se observa en el grafico 3.14, el perfil topográfico entre la BTS denominada Napo 10 y la estación de alerta temprana denominada Reventador 1. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

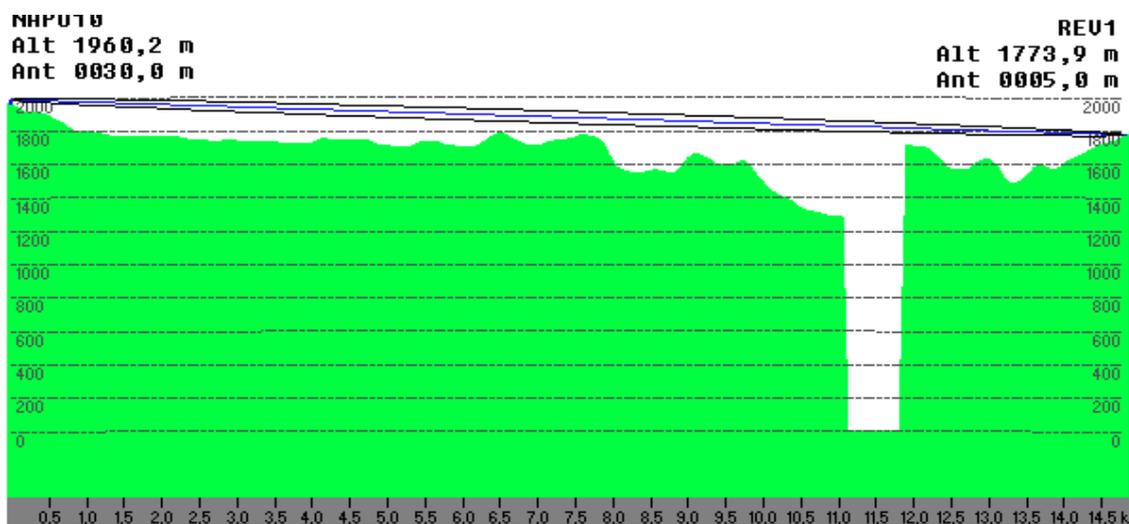


Figura 3.14 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Napo10 – Reventador1

En el grafico 3.15 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Movistar garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Napo A. J. Misahualli.

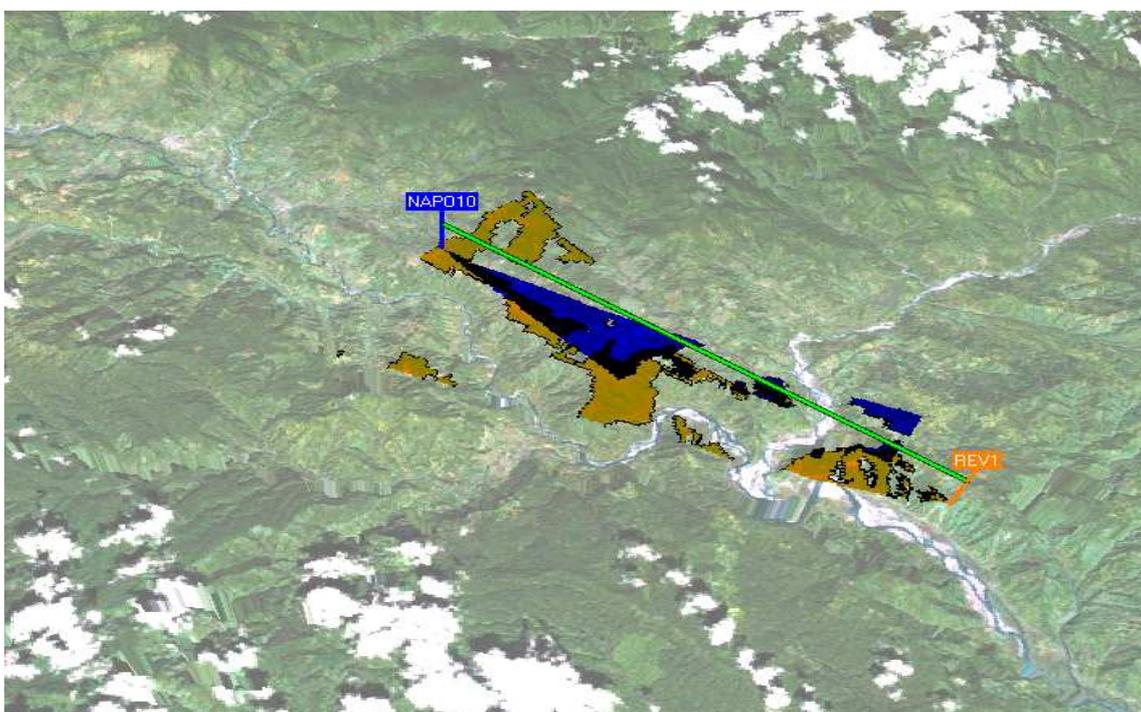


Figura 3.15 Simulación de Cobertura del enlace Napo10 – Reventador1

Se observa en el grafico 3.16, el perfil topográfico entre la BTS denominada Napo 1 y la estación de alerta temprana denominada Archidona. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

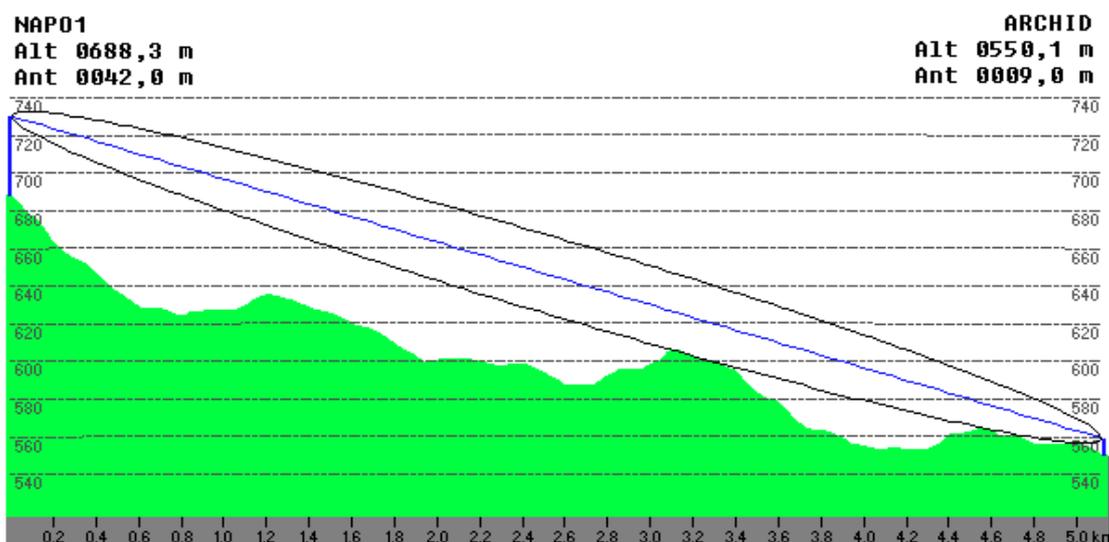


Figura 3.16 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Napo1 – Archidona

En el grafico 3.17 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Movistar garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Archidona.

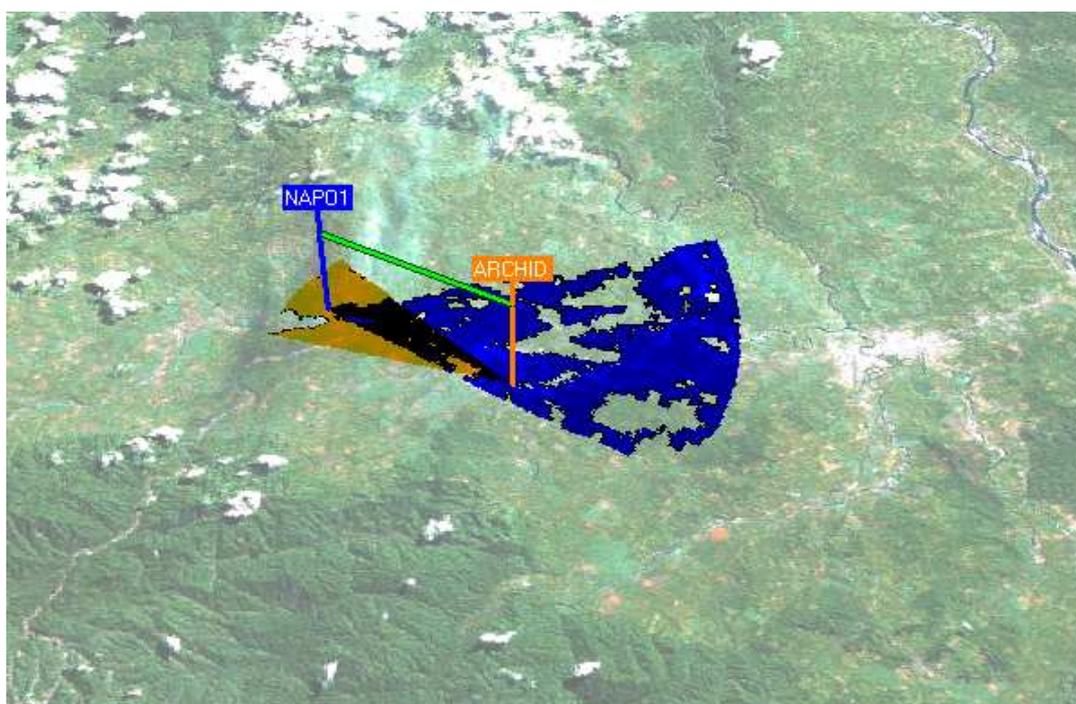


Figura 3.17 Simulación de Cobertura del enlace Napo1 – Archidona

Estaciones Operadoras	Estaciones Meteorológicas Remotas	D.Total (Km)	D1 (Km)	D2 (Km)	H_{BS} (m)	h_{BS} (m)	H_H (m)	h_H (m)	h_S (m)
Napo6	Napo A.J Misahualli	0,943	0,9	0,043	576,8	42	444	5	445,4
Napo5	Papallacta	0,779	0,7	0,079	3328,3	42	3127	2	3127,1
Guacamayo	Cosanga	8,476	4,2	4,276	2247,1	42	1898,6	5	2069,8
Napo10	Reventador1	14,799	7,6	7,179	1960,2	30	1773,9	5	1783,4
Napo1	Archidona	5,122	5	0,122	688,3	42	550,1	9	555,7

Tabla 3.5 Parámetros de distancia y altura de las estaciones bases y meteorológicas.

3.3.2.1 Ejemplos de Cálculo para el enlace Napo6 – Napo A.J Misahualli

Datos:

$$\begin{aligned}
 D. \text{ Total} &= 0,943 \quad [\text{Km}] \\
 D1 &= 0,9 \quad [\text{Km}] \\
 D2 &= 0,043 \quad [\text{Km}] \\
 f &= 800 \quad [\text{MHz}] \\
 c &= 3 \times 10^8 \quad [\text{m/s}]
 \end{aligned}$$

Altura del punto de transmisión de Napo6 = H_{BS} = 576,8 [m]

Altura de la antena de transmisión de Napo6 = h_{BS} = 42 [m]

Altura del punto de recepción Napo A.J Misahualli = H_H = 444 [m]

Altura de la antena de recepción Napo A.J Misahualli = h_H = 5 [m]

Radio de la Primera Zona de Fresnel

$$rF_n = \sqrt{n \times \lambda \times \left(\frac{D1 \times D2}{D.Total} \right)} \quad [m]$$

$$rF_1 = \sqrt{1 \times \frac{3 \times 10^8}{800} \times \left(\frac{0,9 \times 0,043}{0,943} \right)}$$

$$rF_1 = 3,923 \quad [m]$$

Línea recta que une el transmisor con el receptor.

$$h_r = [(H_{BS} + h_{BS}) - (H_H + h_H)] \times \frac{D2}{D.Total} + (H_H + h_H)$$

$$h_r = [(576,8 + 42) - (444 + 5)] \times \frac{0,043}{0,943} + (444 + 5)$$

$$h_r = 456,743 \text{ [m]}$$

Límites superior e inferior de la primera zona de Fresnel

$$h_{fs} = h_r + rF_1$$

$$h_{fs} = 456,743 + 3,923$$

$$h_{fs} = 460,666 \text{ [m]}$$

$$h_{fi} = h_r - rF_1$$

$$h_{fi} = 456,743 - 3,923$$

$$h_{fi} = 452,820 \text{ [m]}$$

$$h_s = 445,4$$

Como h_s es menor q h_{fi} no existe obstrucción en la primera zona de Fresnel

Estaciones Operadoras	Estaciones Meteorologicas Remotas	rF_1	h_r	h_{fs}	h_{fi}
Napo6	Napo A.J Misahualli	3,923	456,743	460,666	452,820
Napo5	Papallacta	5,159	3153,471	3158,630	3148,311
Guacamayo	Cosanga	28,188	2098,078	2126,266	2069,890
Napo10	Reventador1	37,182	1881,402	1918,584	1844,219
Napo1	Archidona	6,683	563,178	569,861	556,495

Tabla 3.6 Resultados de la primera Zona de Fresnel

Cálculo de las Perdidas por espacio libre

$$A_o(dB) = 20 \log f(GHz) + 20 \log D.Total(Km) + 92,4$$

$$A_o(dB) = 20 \log(0,8) + 20 \log(0,943) + 92,4$$

$$A_o(dB) = 89,952 \text{ [dB]}$$

Perdidas en la guía de onda

$$A_{WG-RX} = L_f(m) \times A \left(\frac{dB}{m} \right)$$

$$A_{WG-RX} = 5 \times \frac{65.5}{100}$$

$$A_{WG-RX} = 3,275 \text{ [dB]}$$

Cálculo de potencia nominal de recepción

$$P_{Rx} = P_{Tx} - A_{BTx} - A_{WGC-Tx} + G_{Tx} - A_0 + G_{Rx} - A_{WGC-Rx} - A_{BRx}$$

$$P_{Rx} = 45 - 3 - 2,73 + 17,4 - 89,952 + 12 - 3,275 - 3$$

$$P_{Rx} = -27,557 \quad [dB]$$

Cálculo del Margen de desvanecimiento

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

$$(1 - R) = \frac{0,00001 \times D.Total}{400}$$

$$FM = 30 \log 0,943 + 10 \log \left(6 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 0,8 \right) - 10 \log \left(\frac{0,00001 \times 0,943}{400} \right) - 70$$

$$FM = 3,292 \quad [dB]$$

Cálculo de confiabilidad

$$R = 1 - P$$

$$P = 6 \times 10^{-7} \times ABf \times D.Total^3 \times 10^{\frac{-FM}{10}}$$

$$P = 6 \times 10^{-7} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 0,8 \times 0,943^3 \times 10^{\frac{-3,92}{10}}$$

$$P = 23,5768 \times 10^{-9}$$

Estaciones Operadoras	Estaciones Meteorológicas Remotas	A_0 (dB)	P_{Rx} (dBm)	FM (dB)	P	R (%)
Napo6	Napo A.J Misahualli	89,952	-27,557	3,2923	2,36E-08	99,999998
Napo5	Papallacta	88,293	-25,9325	1,6329	1,95E-08	99,999998
Guacamayo	Cosanga	109,026	-46,6306	22,3659	2,12E-07	99,9999788
Napo10	Reventador1	113,866	-50,6914	27,2068	3,70E-07	99,999963
Napo1	Archidona	104,651	-48,2756	17,9909	1,28E-07	99,999987

Tabla 3.7 Requerimientos de los radios enlace

3.3.3 COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA

#	NOMBRE	LATITUD (°)	LONGITUD (°)	ELEVACIÓN (mts)
1	Payamino A.J. Napo	-0,433333	-76,991667	275
2	Coca en Sebastián	-0,3413223	-77,0044043	276
3	Napo en Coca	-0,467778	-76,9269000	260,9
4	San José de Payamino	-0,433472	-77,0072200	257,3

Tabla 3.8 Coordenadas Geográficas en la Provincia de Orellana.

3.3.4 PERFIL TOPOGRÁFICO Y COBERTURA DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DE ORELLANA.

A continuación se presentan los gráficos obtenidos mediante simulación en Radio Mobile donde las potencias presentadas y que fueron usadas en la simulación se asume, son las que trabajan las Estaciones Bases de Movistar y Claro

- Potencia de equipos de Recepción : 30dBm(1W)
- Potencia Radio Bases Coca 3 y Coca2: 43dBm(20W)
- Potencia Radio Bases Orellana 11 : 40dBm(10W)

Se observa en el grafico 3.18, el perfil topográfico entre la BTS denominada Coca 3 y la estación de alerta temprana denominada Napo Payamino Carretero. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

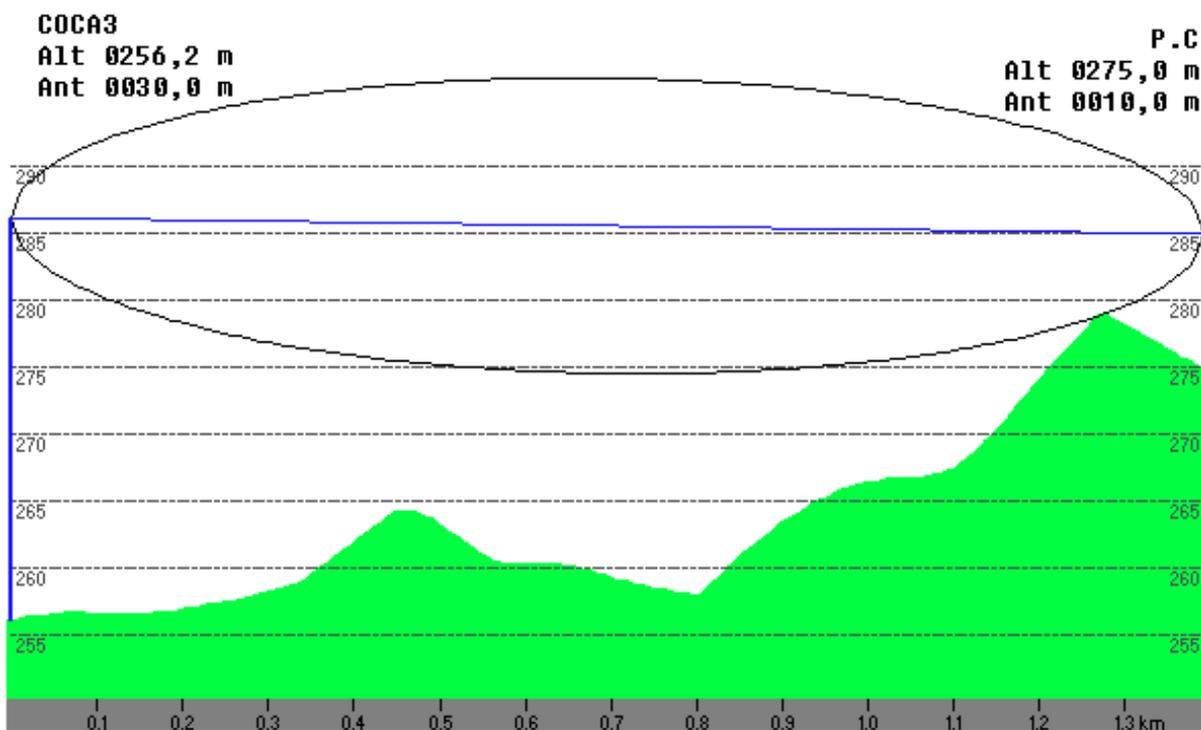


Figura 3.18 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Coca3 – Payamino Carretero

En el gráfico 3.19 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Claro garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Payamino Carretero.



Figura 3.19 Simulación de Cobertura del enlace Coca3 – Payamino Carretero

Se observa en el grafico 3.20, el perfil topográfico entre la BTS denominada Orellana 11 y la estación de alerta temprana denominada Coca en San Sebastián. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

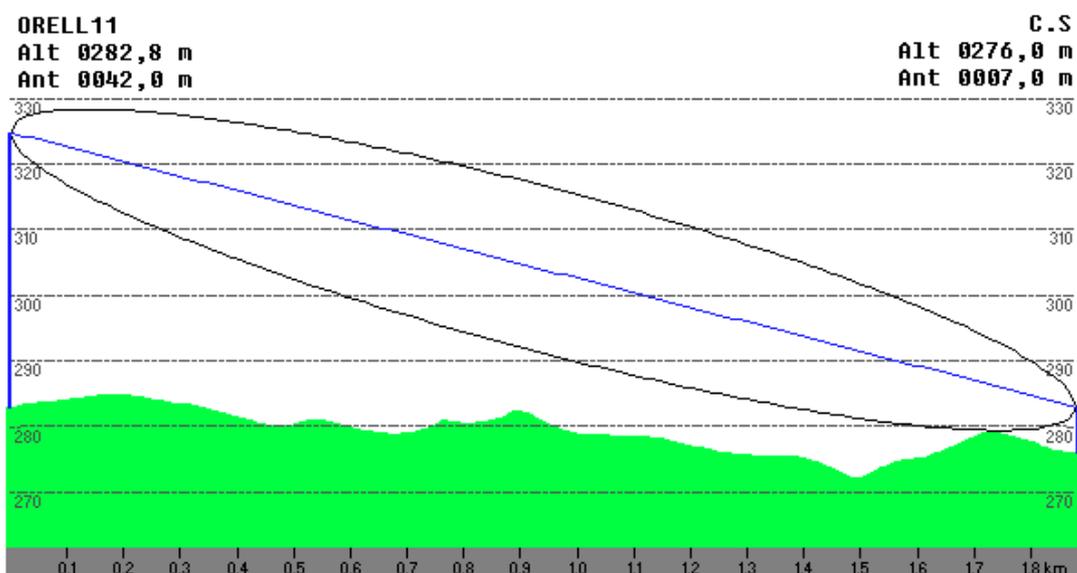


Figura 3.20 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Orell11 – Coca en Sebastián

En el grafico 3.21 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Movistar garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Coca en San Sebastián.



Figura 3.21 Simulación de Cobertura del enlace Orell11 – Coca en Sebastián

Se observa en el grafico 3.22, el perfil topográfico entre la BTS denominada Coca 2 y la estación de alerta temprana denominada Napo en Coca. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

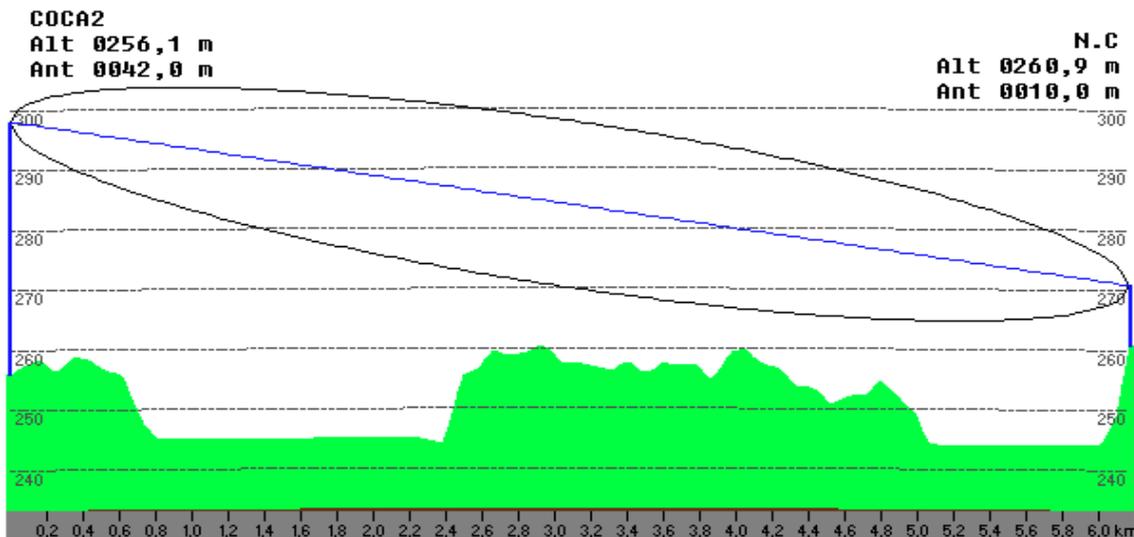


Figura 3.22 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Coca2 – Napo en Coca

En el grafico 3.23 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Movistar garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Napo A. J. Misahualli.

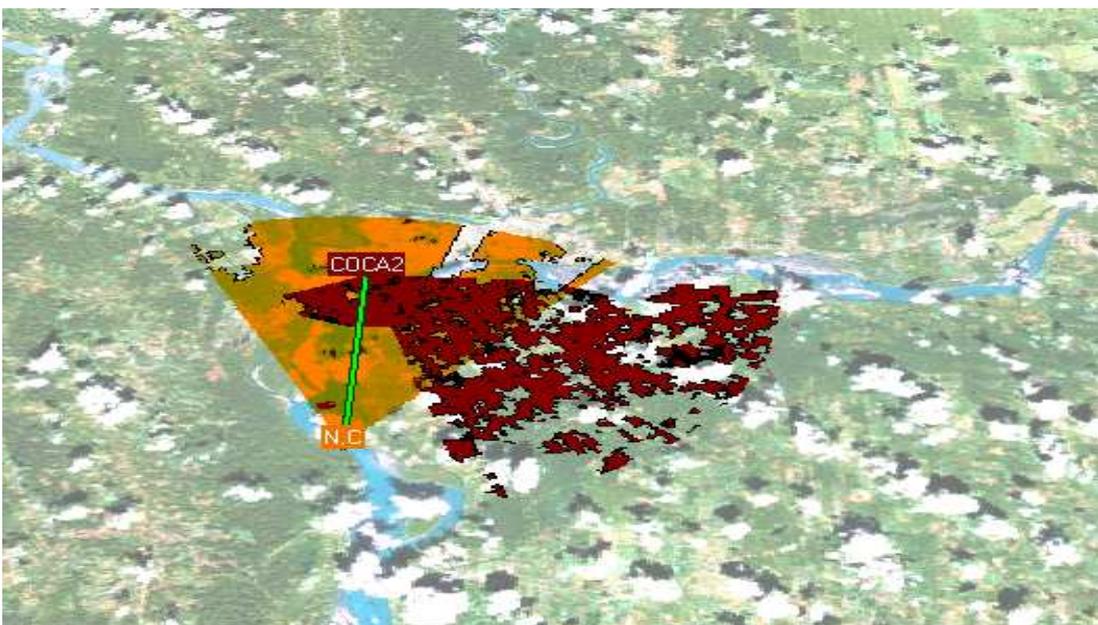


Figura 3.23 Simulación de Cobertura del enlace Coca2 – Napo en Coca

Se observa en el grafico 3.24, el perfil topográfico entre la BTS denominada Coca 3 y la estación de alerta temprana denominada San José de Payamino. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

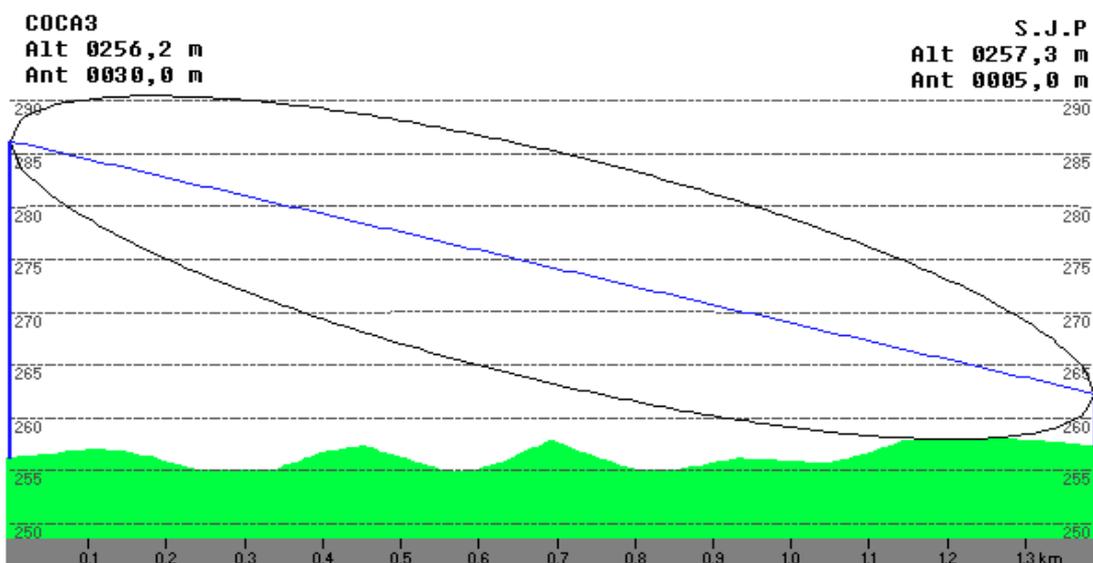


Figura 3.24 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Coca3 – San José de Payamino

En el grafico 3.25 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Claro garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana San José de Payamino.

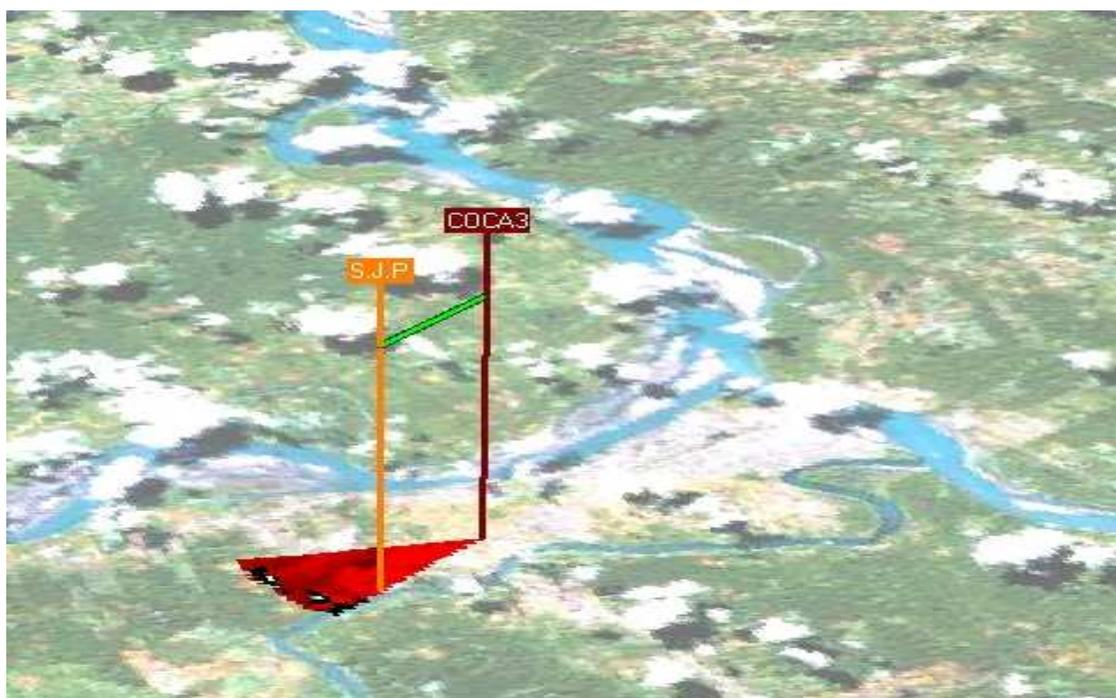


Figura 3.25 Simulación de Cobertura del enlace Coca3 – San José de Payamino

Estaciones Operadoras	Estaciones Meteorológicas Remotas	D.Total (Km)	D1 (Km)	D2 (Km)	H_{BS} (m)	h_{BS} (m)	H_H (m)	h_H (m)	h_S (m)
Coca3	Payamino Carretero	1,392	1,3	0,092	256,2	30	275	10	279,1
Orell11	Coca en San Sebastian	1,88	1,7	0,18	282,8	42	276	7	278,9
Coca2	Napo en Coca	6,164	4,1	2,064	256,1	42	260,9	10	259,7
Coca3	San José de Payamino	1,39	1,3	0,09	256,2	30	257,3	5	258

Tabla 3.9 Parámetros de distancia y altura de las estaciones bases y meteorológicas.

3.3.4.1 Ejemplos de Cálculo para el Enlace Coca3 – Payamino Carretero

Datos:

$$D. \text{ Total} = 1,392 \text{ [Km]}$$

$$D1 = 1,3 \text{ [Km]}$$

$$D2 = 0,092 \text{ [Km]}$$

$$f = 800 \text{ [MHz]}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ [m/s]}$$

Altura del punto de transmisión de Coca3 = $H_{BS} = 256,2$ [m]

Altura de la antena de transmisión de Coca3 = $h_{BS} = 30$ [m]

Altura del punto de recepción Payamino Carretero = $H_H = 275$ [m]

Altura de la antena de recepción Payamino Carretero = $h_H = 10$ [m]

Radio de la Primera Zona de Fresnel

$$rF_n = \sqrt{n \times \lambda \times \left(\frac{D1 \times D2}{D} \right)} \quad [m]$$

$$rF_1 = \sqrt{1 \times \frac{3 \times 10^8}{800} \times \left(\frac{1,3 \times 0,092}{1,392} \right)}$$

$$rF_1 = 5,676 \text{ [m]}$$

Línea recta que une el transmisor con el receptor.

$$h_r = [(H_{BS} + h_{BS}) - (H_H + h_H)] \times \frac{D2}{D. Total} + (H_H + h_H)$$

$$h_r = [(256,2 + 30) - (275 + 10)] \times \frac{0,092}{1,392} + (275 + 5)$$

$$h_r = 285,079 \text{ [m]}$$

Límites superior e inferior de la primera zona de Fresnel

$$h_{fs} = h_r + rF_1$$

$$h_{fs} = 285,079 + 5,676$$

$$h_{fs} = 290,756 \text{ [m]}$$

$$h_{fi} = h_r - rF_1$$

$$h_{fi} = 285,079 - 5,676$$

$$h_{fi} = 279,403 \text{ [m]}$$

$$h_s = 279,1$$

Como h_s es menor q h_{fi} no existe obstrucción en la primera zona de Fresnel.

Estaciones Operadoras	Estaciones Meteorologicas Remotas	rF_1	h_r	h_{fs}	h_{fi}
Coca3	Payamino Carretero	5,676	285,079	290,756	279,403
Orell11	Coca en San Sebastian	7,813	287,002	294,815	279,189
Coca2	Napo en Coca	22,69	280,008	302,698	257,318
Coca3	San José de Payamino	5,618	263,847	269,466	258,229

Tabla 3.10 Resultados de la primera Zona de Fresnel

Perdidas en la guía de onda

$$A_{WG-RX} = L_f(m) \times A \left(\frac{dB}{m} \right)$$

$$A_{WG-RX} = 10 \times \frac{65.5}{100}$$

$$A_{WG-RX} = 6,55 \text{ [dB]}$$

Cálculo de las Perdidas por espacio libre

$$A_o(dB) = 20 \log f(GHz) + 20 \log D.Total(Km) + 92,4$$

$$A_o(dB) = 20 \log(0,8) + 20 \log(1,392) + 92,4$$

$$A_o(dB) = 93,3346 \text{ [dB]}$$

Cálculo de potencia nominal de recepción

$$P_{Rx} = P_{Tx} - A_{BTx} - A_{WG-Tx} + G_{Tx} - A_0 + G_{Rx} - A_{WG-Rx} - A_{BRx}$$

$$P_{Rx} = 43 - 3 - 1,95 + 16 - 93,3346 + 12 - 6,55 - 3$$

$$P_{Rx} = -36,835 \quad [dB]$$

Cálculo del Margen de desvanecimiento

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

$$(1 - R) = \frac{0,00001 \times D.Total}{400}$$

$$FM = 30 \log 1,392 + 10 \log \left(6 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 0,8 \right) - 10 \log \left(\frac{0,00001 \times 1,392}{400} \right) - 70$$

$$FM = 6,67489 \quad [dB]$$

Cálculo de confiabilidad

$$R = 1 - P$$

$$P = 6 \times 10^{-7} \times ABf \times D.Total^3 \times 10^{\frac{-FM}{10}}$$

$$P = 6 \times 10^{-7} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 0,8 \times 1,392^3 \times 10^{\frac{-6,674}{10}}$$

$$P = 3,48 \times 10^{-8}$$

Estaciones Operadoras	Estaciones Meteorológicas Remotas	A_0 (dB)	P_{Rx} (dBm)	FM (dB)	P	R (%)
Coca3	Payamino Carretero	93,335	-36,8346	6,6749	3,48E-08	99,999997
Orell11	Coca en San Sebastian	95,945	-41,36	9,2853	4,70E-08	99,999995
Coca2	Napo en Coca	106,259	-49,7591	19,5994	1,54E-07	99,999985
Coca3	San José de Payamino	93,322	-33,5471	6,6624	3,47E-08	99,999997

Tabla 3.11 Requerimientos de los radios enlaces.

3.3.5 COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS

	NOMBRE	LATITUD (°)	LONGITUD (°)	ELEVACIÓN (mts)
1	Reventador	-0,046111111	-77,524444444	1433
2	Lumbaqui	0,043888889	-77,33472222	501,7
3	Supayacu	-0,094444	-77,21083	381,3

Tabla 3.12 Coordenadas Geográficas en la Provincia del Napo

3.3.6 PERFIL TOPOGRÁFICO Y COBERTURA DE LAS ESTACIONES AUTOMÁTICAS DE LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS.

A continuación se presentan los gráficos obtenidos mediante simulación en Radio Mobile donde las potencias presentadas y que fueron usadas en la simulación se asume, son las que trabajan las Estaciones Bases de Movistar y Claro

- Potencia de equipos de Recepción : 30dBm(1W)
- Potencia Radio Bases Sucum5 : 45dBm(31,6W)
- Potencia Radio Bases Sucum9 : 43dBm(20W)

Se observa en el grafico 3.26, el perfil topográfico entre la BTS denominada Sucum 9 y la estación de alerta temprana denominada Reventador. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

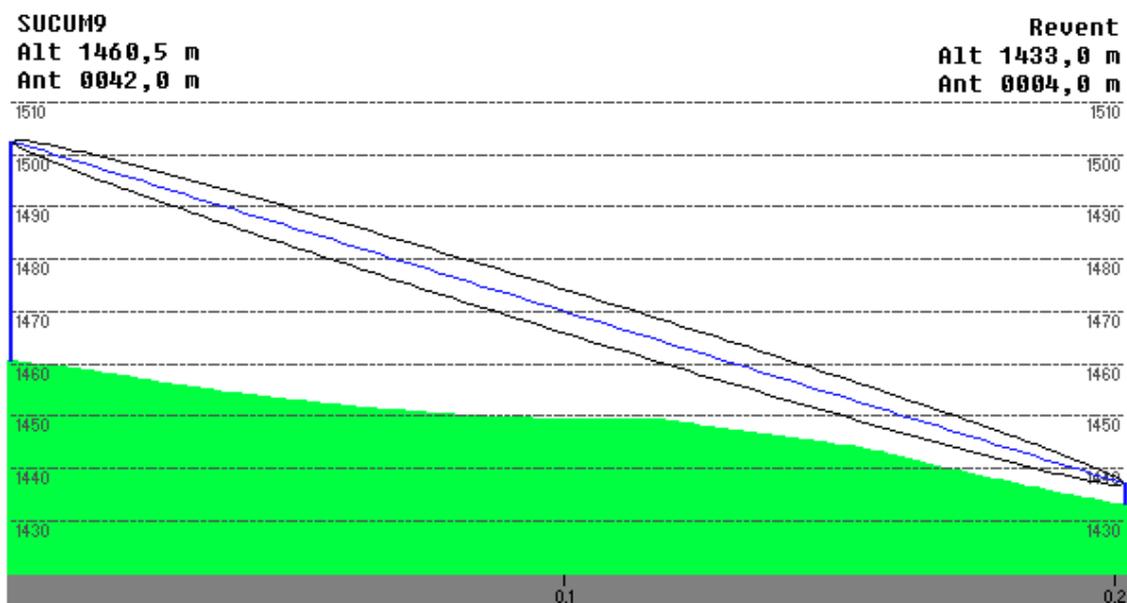


Figura 3.26 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Sucum9 – Reventador

En el grafico 3.27 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Movistar garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Reventador.

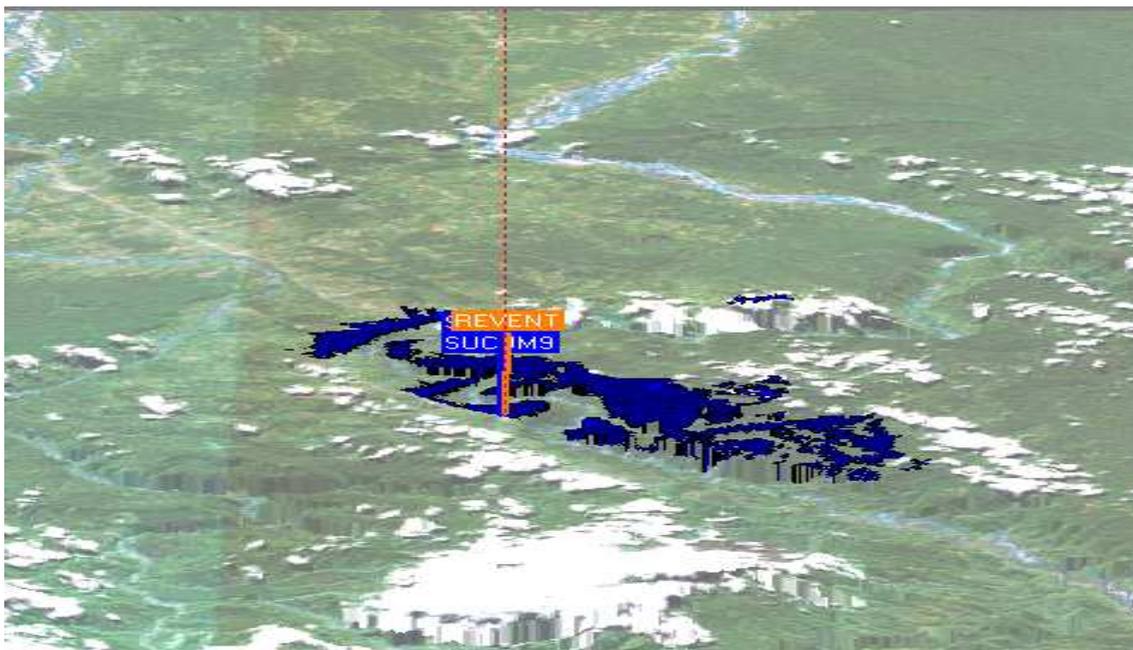


Figura 3.27 Simulación de Cobertura del enlace Sucum9 – Reventador

Se observa en el grafico 3.28, el perfil topográfico entre la BTS denominada Sucum 5 y la estación de alerta temprana denominada Lumbaqui. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

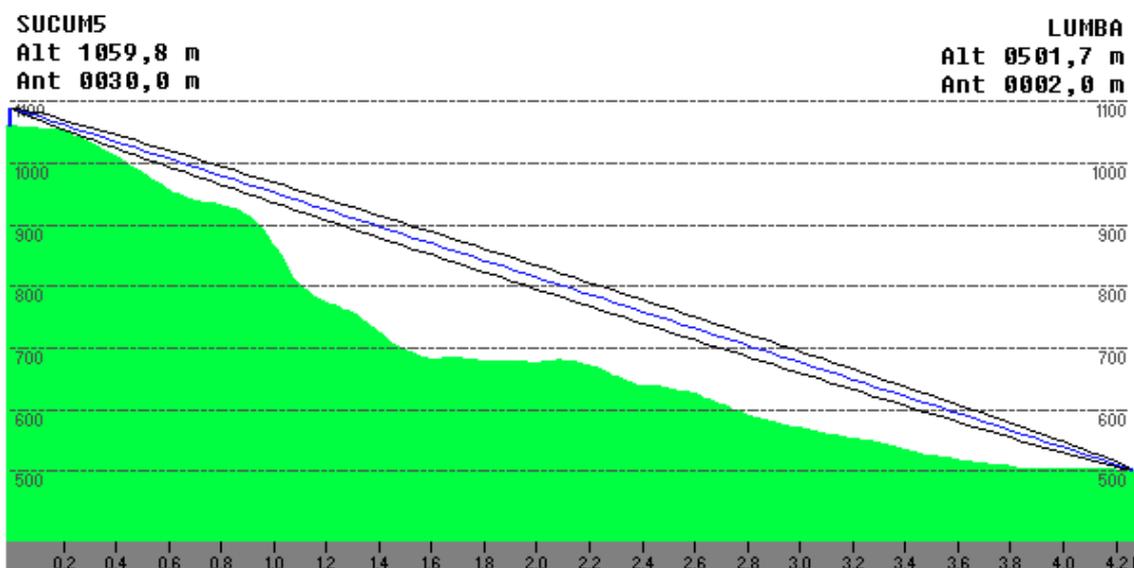


Figura 3.28 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Sucum5 – Lumbaqui

En el grafico 3.29 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Movistar garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana Lumbaqui.

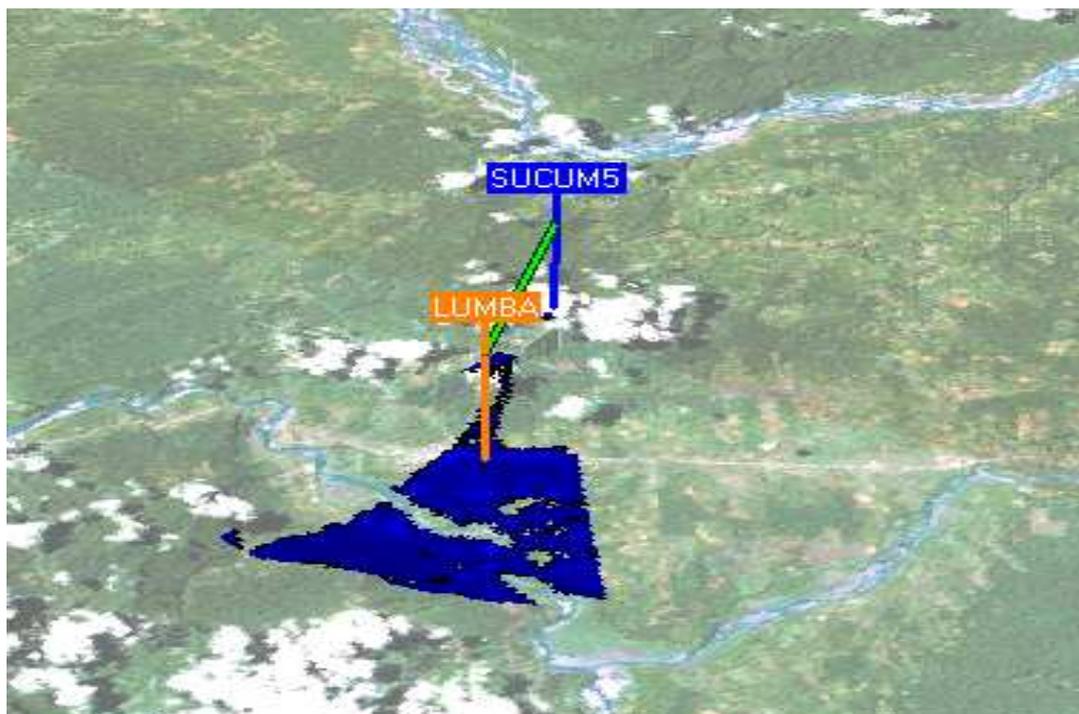


Figura 3.28 Simulación de Cobertura del enlace Sucum5 – Lumbaqui

Se observa en el grafico 3.30, el perfil topográfico entre la BTS denominada Sucum 5 y la estación de alerta temprana denominada Supayacu. Cabe destacar que existe línea de vista sin obstrucciones.

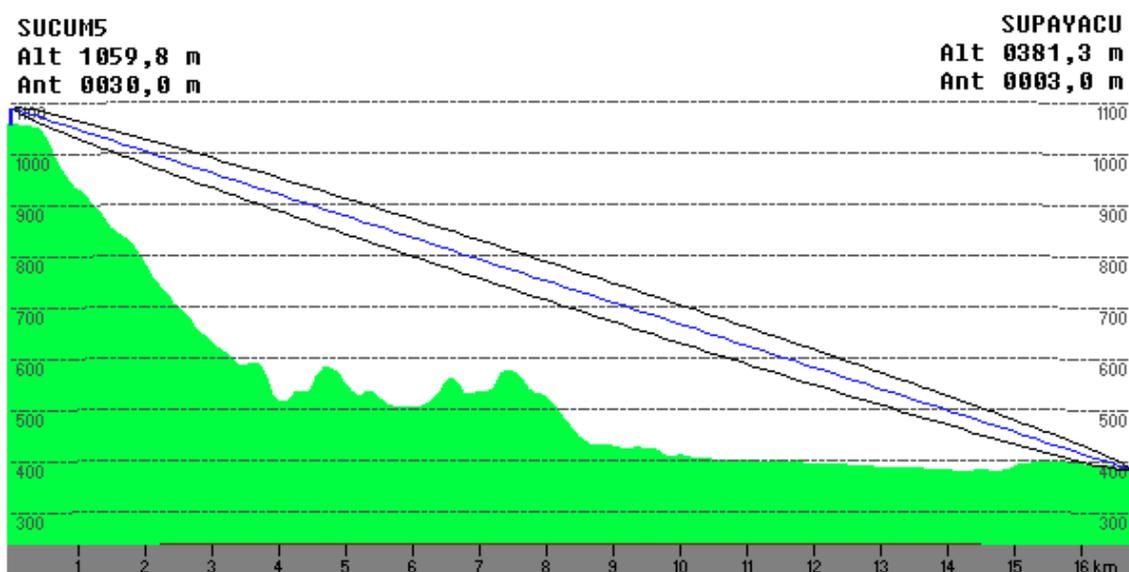


Figura 3.29 Simulación del Perfil Topográfico del enlace Sucum5 – Supayacu

En el gráfico 3.31 donde se observa la zona de cobertura que provee la BTS de Claro garantiza que existe señal en el sector donde se ubica la estación de alerta temprana San José de Payamino.

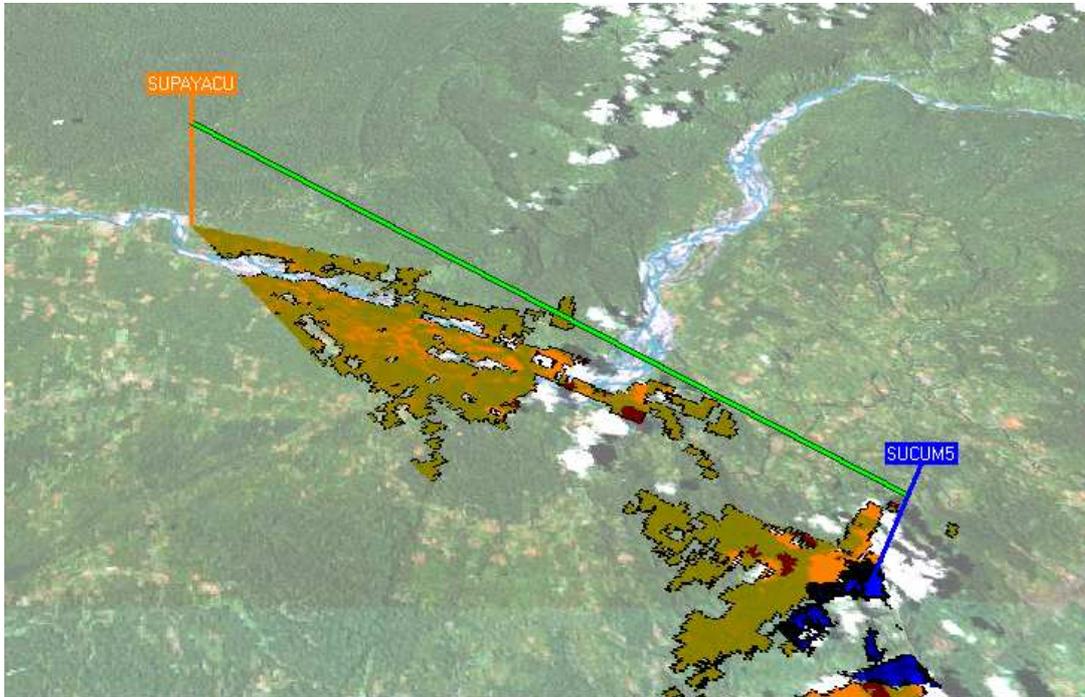


Figura 3.30 Simulación de Cobertura del enlace Sucum5 – Supayacu

Estaciones Operadoras	Estaciones Meteorológicas Remotas	D.Total (Km)	D1 (Km)	D2 (Km)	H_{BS} (m)	h_{BS} (m)	H_H (m)	h_H (m)	h_S (m)
Sucum9	Reventador	0,202	0,2	0,002	1460,5	42	1433	4	1436,3
Sucum5	Lumbaqui	4,254	0,2	4,054	1059,8	30	501,7	2	1046,9
Sucum5	Supayacu	16,754	16	0,754	1059,8	30	381,3	3	394

Tabla 3.13 Parámetros de distancia y altura de las estaciones bases y meteorológicas.

3.3.6.1 Ejemplos de Cálculo para el Enlace Sucum9 – Reventador

Datos:

$$\begin{aligned}
 D. \text{ Total} &= 0,202 \text{ [Km]} \\
 D1 &= 0,2 \text{ [Km]} \\
 D2 &= 0,002 \text{ [Km]} \\
 f &= 800 \text{ [MHz]} \\
 c &= 3 \times 10^8 \text{ [m/s]}
 \end{aligned}$$

Altura del punto de transmisión de Sucum9 = H_{BS} = 1460,5 [m]

Altura de la antena de transmisión de Sucum9 = $h_{BS} = 42$ [m]

Altura del punto de recepción Reventador = $H_H = 1433$ [m]

Altura de la antena de recepción Reventador = $h_H = 4$ [m]

Radio de la Primera Zona de Fresnel

$$rF_n = \sqrt{n \times \lambda \times \left(\frac{D1 \times D2}{D} \right)} \quad [m]$$

$$rF_1 = \sqrt{1 \times \frac{3 \times 10^8}{800} \times \left(\frac{0,2 \times 0,002}{0,202} \right)}$$

$$rF_1 = 0,862 \quad [m]$$

Línea recta que une el transmisor con el receptor.

$$h_r = [(H_{BS} + h_{BS}) - (H_H + h_H)] \times \frac{D2}{D.Total} + (H_H + h_H)$$

$$h_r = [(1460,5 + 42) - (1433 + 4)] \times \frac{0,002}{0,202} + (1433 + 2)$$

$$h_r = 1437,649 \quad [m]$$

Límites superior e inferior de la primera zona de Fresnel

$$h_{fs} = h_r + rF_1$$

$$h_{fs} = 1437,649 + 0,862$$

$$h_{fs} = 1438,510 \quad [m]$$

$$h_{fi} = h_r - rF_1$$

$$h_{fi} = 1437,649 - 0,862$$

$$h_{fi} = 1436,787 \quad [m]$$

$$h_s = 1436,3$$

Como h_s es menor q h_{fi} no existe obstrucción en la primera zona de Fresnel.

Estaciones Operadoras	Estaciones Meteorológicas Remotas	rF_1	h_r	h_{fs}	h_{fi}
Sucum9	Reventador	0,862	1437,649	1438,510	1436,787
Sucum5	Lumbaqui	8,454	1062,245	1070,699	1053,791
Sucum5	Supayacu	16,432	416,050	432,483	399,618

Tabla 3.14 Resultados de la primera Zona de Fresnel

Perdidas en la guía de onda

$$A_{WG-RX} = L_f(m) \times A \left(\frac{dB}{m} \right)$$

$$A_{WG-RX} = 4 \times \frac{65.5}{100}$$

$$A_{WG-RX} = 2,62 \text{ [dB]}$$

Cálculo de las Perdidas por espacio libre

$$A_D(dB) = 20 \log f(GHz) + 20 \log D.Total(Km) + 92,4$$

$$A_D(dB) = 20 \log(0,8) + 20 \log(0,202) + 92,4$$

$$A_D(dB) = 76,5688 \text{ [dB]}$$

Cálculo de potencia nominal de recepción

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{BTX} - A_{WG-TX} + G_{TX} - A_D + G_{RX} - A_{WG-RX} - A_{BRX}$$

$$P_{RX} = 43 - 3 - 2,73 + 16 - 76,5688 + 12 - 2,62 - 3$$

$$P_{RX} = -16,919 \text{ [dB]}$$

Cálculo del Margen de desvanecimiento

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

$$(1 - R) = \frac{0,00001 \times D.Total}{400}$$

$$FM = 30 \log 0,202 + 10 \log \left(6 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 0,8 \right) - 10 \log \left(\frac{0,00001 \times 0,202}{400} \right) - 70$$

$$FM = -10,09086 \text{ [dB]}$$

Cálculo de confiabilidad

$$R = 1 - P$$

$$P = 6 \times 10^{-7} \times ABf \times D.Total^3 \times 10^{\frac{-FM}{10}}$$

$$P = 6 \times 10^{-7} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 0.8 \times 0,202^3 \times 10^{\frac{10,09086}{10}}$$

$$P = 5,05 \times 10^{-9}$$

Estaciones Operadoras	Estaciones Meteorologicas Remotas	A_0 (dB)	P_{Rx} (dBm)	FM (dB)	P	R (%)
Sucum9	Reventador	76,569	-16,9188	-10,0909	5,05E-09	99,999999
Sucum5	Lumbaqui	103,038	-37,8977	16,3781	1,06E-07	99,999989
Sucum5	Supayacu	114,944	-50,4592	28,2845	4,19E-07	99,999958

Tabla 3.15 Requerimientos de los radios enlaces.

CAPITULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

La importancia de este capítulo y a su vez de la tesis radica en las pruebas prácticas y resultados del diseño de la red AMAZNOR, es decir la validación del mismo. Para poder realizar las pruebas se implementará un enlace punto a punto; esto es, enlazar la estación central con la estación remota de prueba, utilizando la red GSM/GPRS.

El objetivo de las pruebas es garantizar la transmisión de información generada desde las estaciones remotas hacia la estación central, usando el enlace implementado.

La estimación de costos es otro aspecto importante sobre todo si este es para una entidad estatal donde se maneja un presupuesto anual. Para esto se ha de considerar costos de implementación, costos de los viáticos, y costos del uso de la red GSM/GPRS.

No está demás indicar que la información recopilada en los capítulos anteriores facilita el desarrollo y entendimiento de este capítulo.

4.2 DESARROLLO DE PRUEBAS Y RESULTADOS

Para la realización de las pruebas prácticas se ha considerado tres estaciones remotas, las cuales son:

- Lumbaqui
- Reventador
- Cosanga

Como se describió en los capítulos anteriores los dispositivos que permiten el funcionamiento de cada estación remota para la transmisión de información a través de la red GPRS, son el datalogger Gealog, el modem Wavecom y el router Multitech, cuyas configuraciones para conseguir este objetivo se presentan a continuación, lo que servirá para tener a punto estos equipos y proceder a la instalación de los mismos.

4.2.1 CONFIGURACION DEL DATALOGGER GEALOG⁴⁹.

Para procesar la información recopilada por el Gealog SG se utiliza el software GEALOG PARA WINDOWS, el que permite también la operación y programación de los Dataloggers en su sitio de ubicación o en forma remota. La presentación de los datos recopilados es en forma de gráficos, tablas, etc. El GEALOG PARA WINDOWS corre bajo el sistema operativo Windows, todas las funciones son operadas a través de un interfaz gráfico de usuario compatible con Windows, como fue indicado en el capítulo uno.

El GEALOG además de las características mencionadas anteriormente, permite enviar datos a dispositivos externos tal como flash memories empleando para esto sus puertos USB, al igual que el conectarse a una computadora para revisar la configuración del Datalogger además de la detección de alarmas generadas en las estaciones remotas, entre otras.

En el computador de la estación central previamente se instaló el Gealog como se indica en la Figura 4.1, luego de esto se crea las estaciones, como se observa en la Figura 4.2, que forman parte de la red de pruebas en esta tesis, para este caso son las indicadas en el numeral 4.2.

⁴⁹ En el capítulo uno numeral 1.4.1 se puede observar en detalle las características físicas del Datalogger Gealog.



Figura 4.1 Gealog For Windows

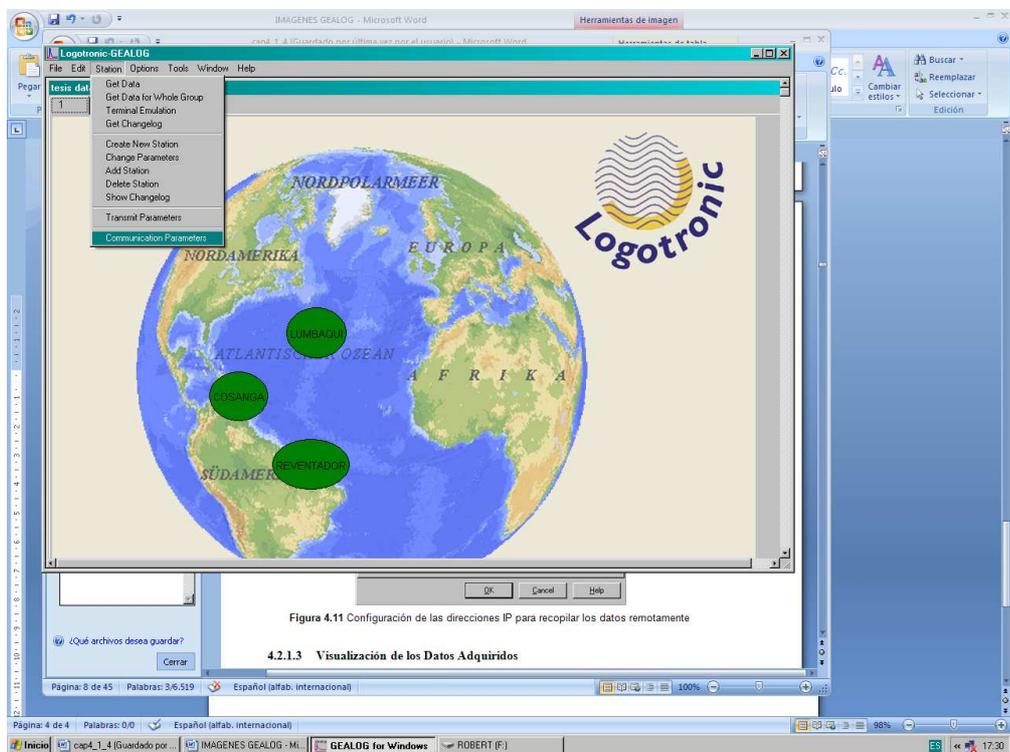


Figura 4.2 Creación de Acceso a Estaciones Remotas.

Una vez creadas las estaciones de monitoreo se procede a configurar cada una de ellas como se indica en el siguiente numeral, indicando para esto que se toma como ejemplo la estación de Lumbaqui.

4.2.1.1 Configuración del Gealog para Estaciones Remotas.

Para configurar las estaciones remotas, sensores y comunicación con el modem, en la barra de menú o haciendo clic derecho sobre la estación que se desea configurar, se busca la opción Change Parameters (Figura 4.3), luego de lo cual se activa la ventana Parameters for Lumbaqui (o el nombre de la estación seleccionada).

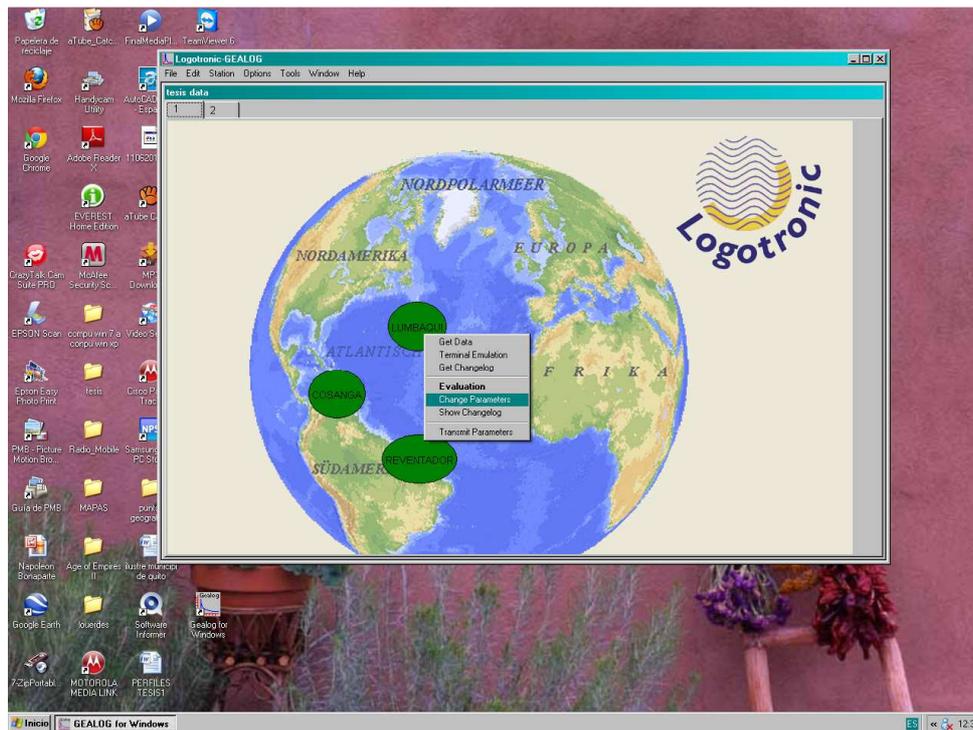


Figura 4.3 Acceso a Configuración Estaciones Remotas.

Los parámetros básicos a configurar en las estaciones remotas son: número de canales, localización de la estación, servicio de alarmas y modo de operación del almacenador.

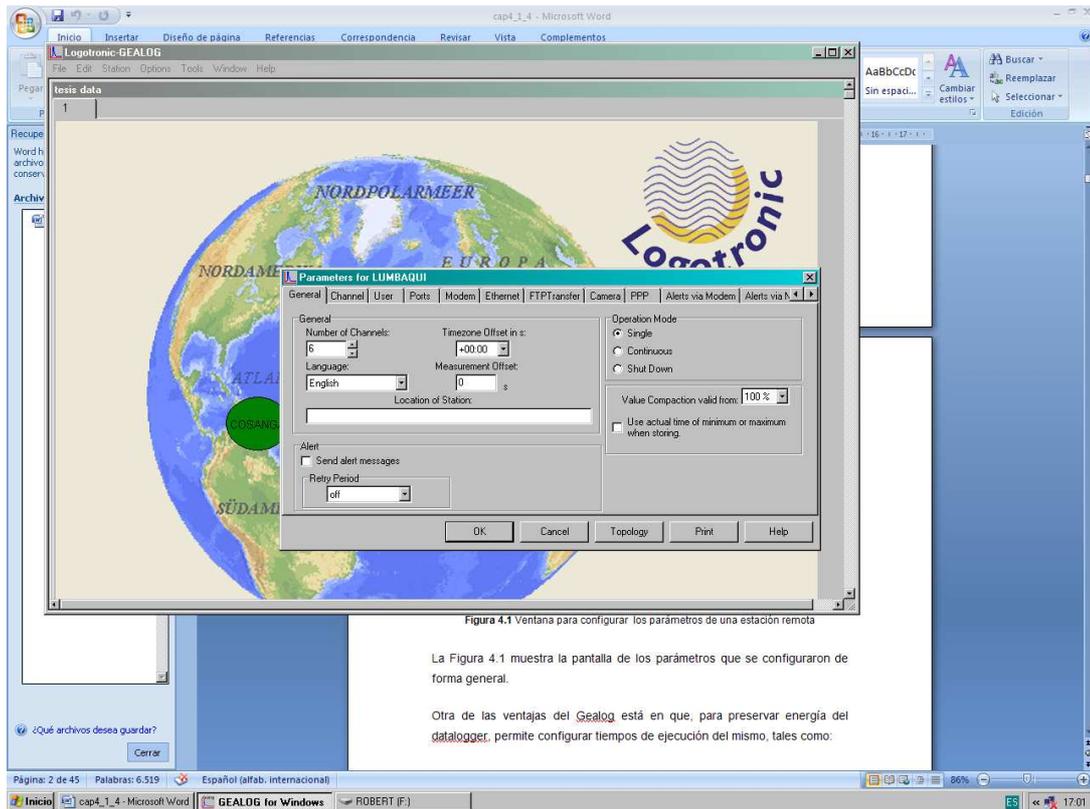


Figura 4.1 Ventana para configurar los parámetros de una estación remota

La Figura 4.1 muestra la pantalla de los parámetros que se configuraron de forma general.

Otra de las ventajas del Gealog está en que, para preservar energía del datalogger, permite configurar tiempos de ejecución del mismo, tales como:

Figura 4.4 Ventana para configurar los parámetros de una estación remota

La Figura 4.4 muestra la pantalla de los parámetros que se configuraron de forma general.

Otra de las ventajas del Gealog está en que, para preservar energía del datalogger, permite configurar tiempos de ejecución del mismo, tales como:

- Tiempo de interrupción en el bus de campo: 20ms.
- Tiempo antes que el datalogger entre en reposo: 1 minuto.
- Tiempo de interrupción del servicio: 5 minutos.

En la Figura 4.5 se muestra la ventana Timeouts donde se pueden configurar cada uno de estos parámetros.

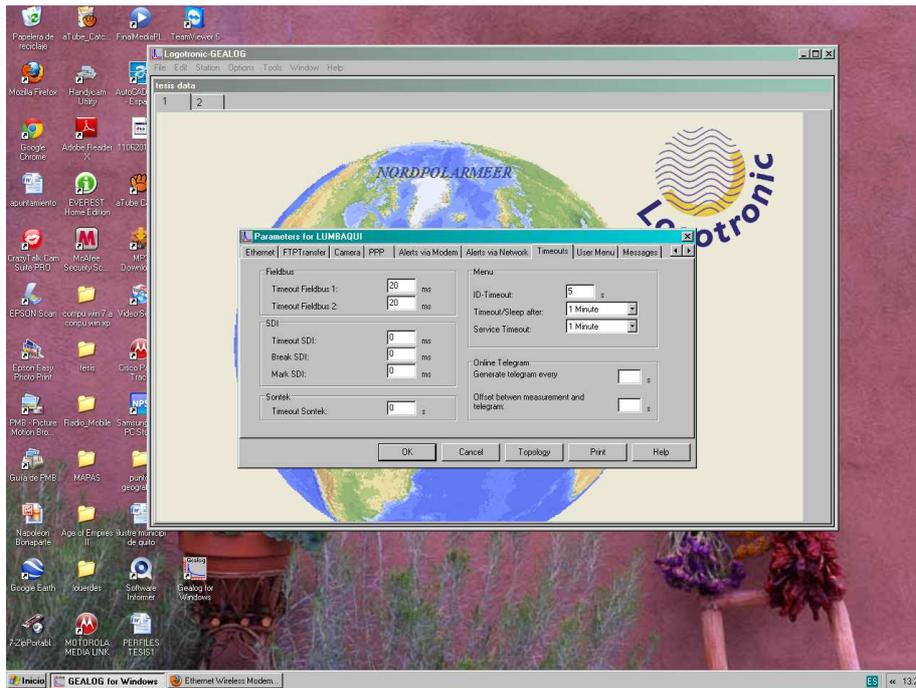


Figura 4.5 Configuración de los parámetros de tiempo en la estación remota

Como medida de seguridad, se protegió el acceso a las estaciones por medio de contraseñas, para evitar que personal no autorizado cambie la configuración existente, esto es realizado en la ventana User como se indica en la Figura 4.6.

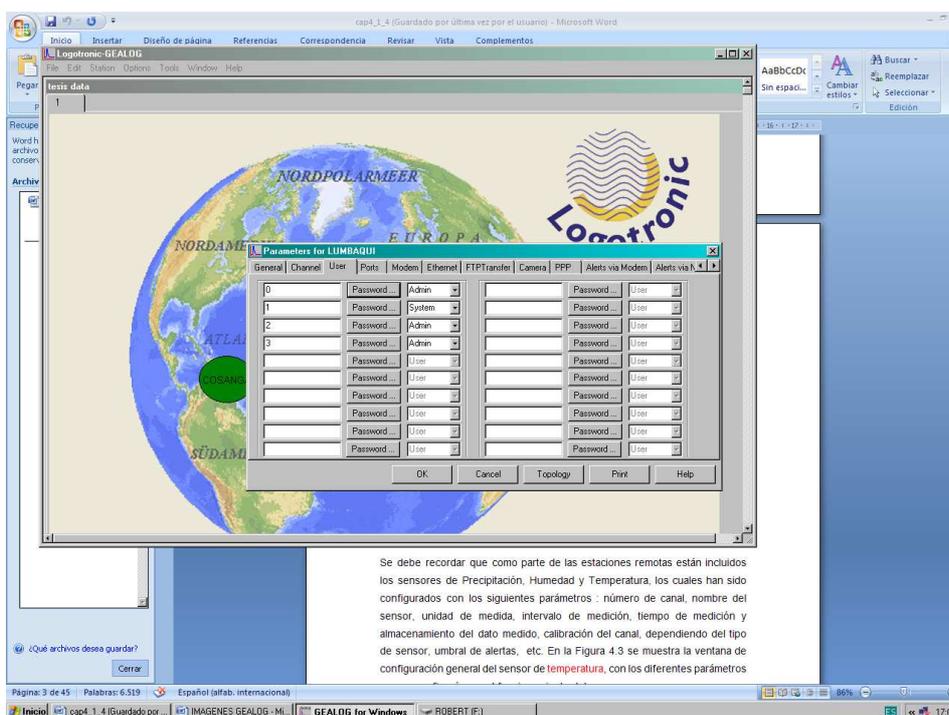


Figura 4.6 Configuración de los parámetros de tiempo en la estación remota

Se debe recordar que como parte de las estaciones remotas están incluidos los sensores de Precipitación, Humedad y Temperatura, los cuales han sido configurados con los siguientes parámetros: número de canal, nombre del sensor, unidad de medida, intervalo de medición, tiempo de medición y almacenamiento del dato medido, calibración del canal, dependiendo del tipo configura de manera general los sensores. de sensor, umbral de alertas, etc. En la Figura 4.7 se muestra la ventana Channel, donde se configura de modo general los diversos sensores.

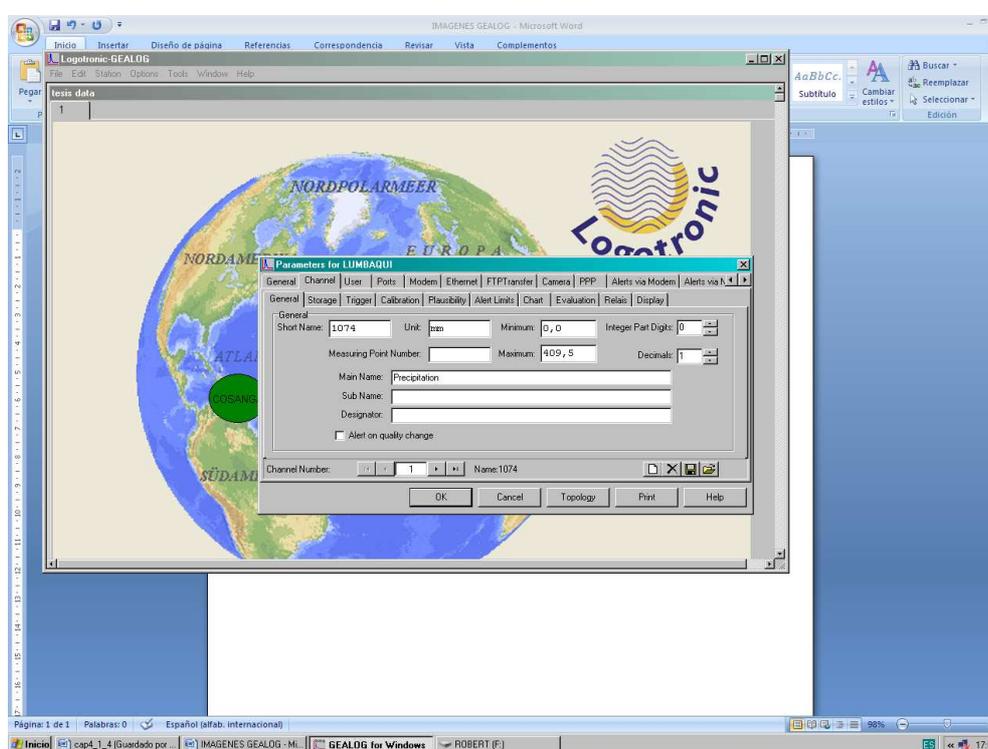


Figura 4.7 Configuración General del Sensor de Precipitación

Los parámetros internos de funcionamiento del Datalogger como son: Temperatura Interna, Voltaje de la Batería del Sistema y Voltaje de la Batería de Respaldo (Backup), cuyas configuraciones dependen de las recomendaciones que la OMM⁵⁰ tiene definidas para la calibración de sensores y dependen a su vez, de la región donde se ubiquen. En la Tabla 4.1 se puede observar la

⁵⁰ OMM.- Organización Meteorológica Mundial.

configuración que se realizó en el Datalogger ubicado en la estación Lumbaqui de acuerdo a las normas establecidas por la OMM.

De acuerdo a las señales que producen los sensores se configuró el tipo de canal, siendo estas señales: Pulsos y Análoga/Digital. La dirección del canal se refiere al puerto de entrada por donde ingresan dichas señales.

CANAL	VARIABLE MEDIDA	UNIDAD	VALORES DE MEDICIÓN		TIEMPO DE MUESTREO	DISTRIBUCIÓN SENSORES	
			mínimo	máximo		Tipo Canal	Direc. Canal
1	Precipitación (RR)	mm	0.0	409.5	10 min.	Pulso	6
2	Humedad (UUi)	%	0.0	255.9	10 min.	AD16	1142
3	Temperatura (TTi)	°C	-40.0	60.0	10 min.	AD16	1140
4	Temperatura Interna Gealog SG (TSG)	°C	-40.0	60.0	24 horas	AD16	Interna 0
5	Voltaje Batería (Vbatt)	V	0.0	20.0	1 hora	AD16	Interna 1
6	Voltaje Batería de respaldo (Vbackup)	V	0.0	5.0	24 horas	AD16	Interna 2

Tabla 4.1 Parámetros para los Sensores configurados en el Datalogger Lumbaqui

Una vez que los parámetros de cada estación han sido configurados en el Gealog estos pueden ser cargados en los Datalogger via USB o via puerto serial como se indica en la Figura 4.8 y Figura 4.9.

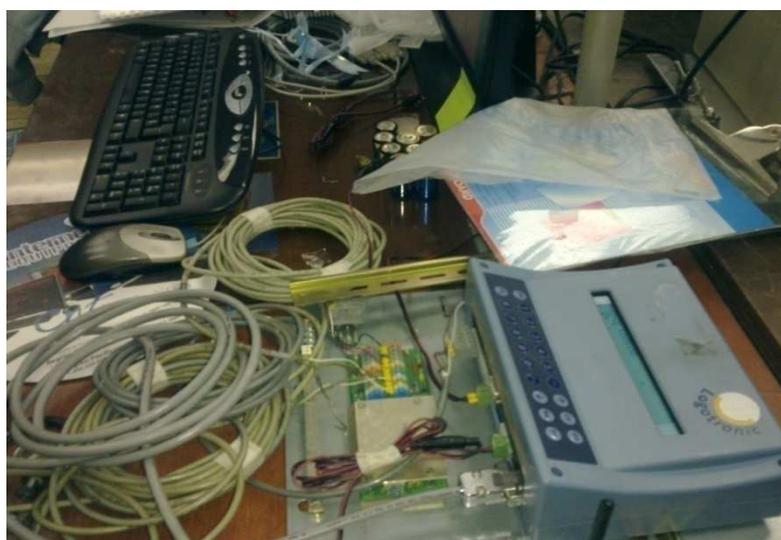


Figura 4.8 Conexión Datalogger- Computador Vía Puerto Serial.



Figura 4.9 Conexión Vía USB.

4.2.1.1 Establecimiento de Comunicación Remota Estación Central-Datalogger

Para tener comunicación entre el computador central y las distintas estaciones remotas de monitoreo, el Gealog facilita el proceso ya que simplemente se necesita ingresar en él la IP proporcionada por cada operadora celular en las SIM's y el tiempo de adquisición de información.

En la ventana Parámetros for Lumbaqui (que se tomó como ejemplo), se selecciona la opción Topology, en la cual a su vez en la opción Add Component se añade los siguientes parámetros (Figura 4.10):



Figura 4.10 Activación de Parámetros para Comunicación Remota.

- **Client For Gealog-Data Travel.** - Opción que permite la retransmisión de datos, evitando pérdidas por errores en la transmisión. En la Figura 4.11 se muestra el número de retransmisiones configuradas, así como el tiempo de espera entre cada una de ellas. Si el número de retransmisiones no es suficiente y todavía no se consigue transmitir, en la pantalla principal se indicará con un mensaje que existe error en la transmisión de datos.

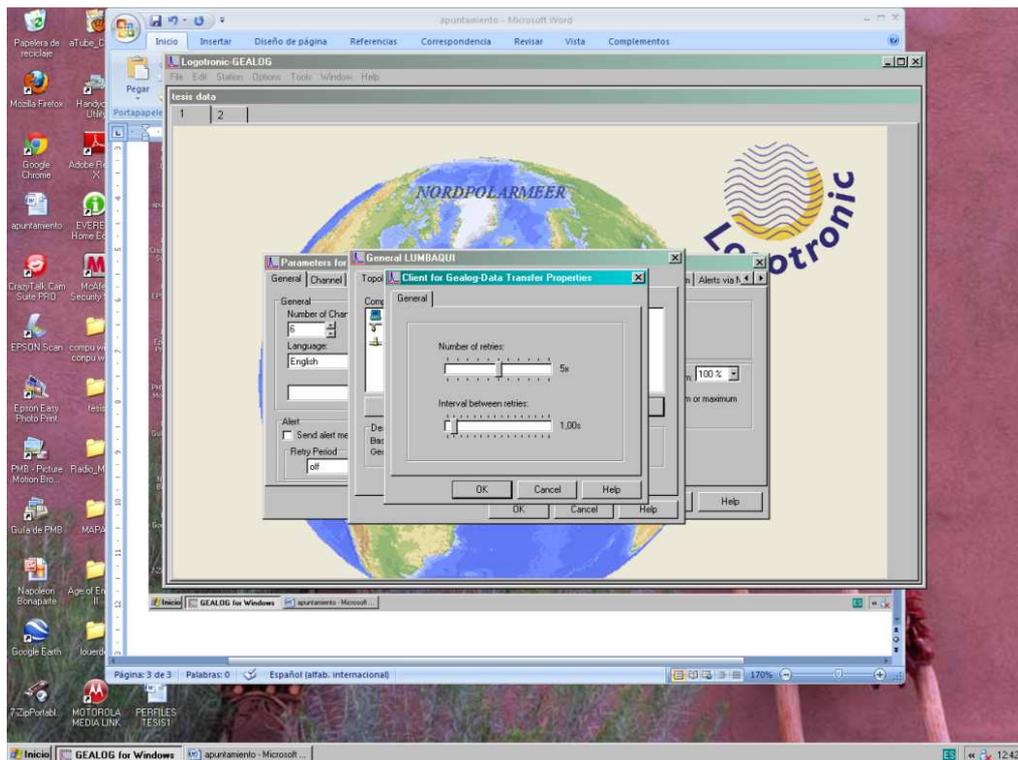


Figura 4.11 Configuración Client For Gealog-Data Travel.

- **Datalogger Protocol Packet SG.-** Opción que permite mejorar la velocidad de transmisión de los paquetes; el valor recomendado y adoptado por experiencia por los técnicos del Inamhi es de 5000, como se puede observar en la Figura 4.12.

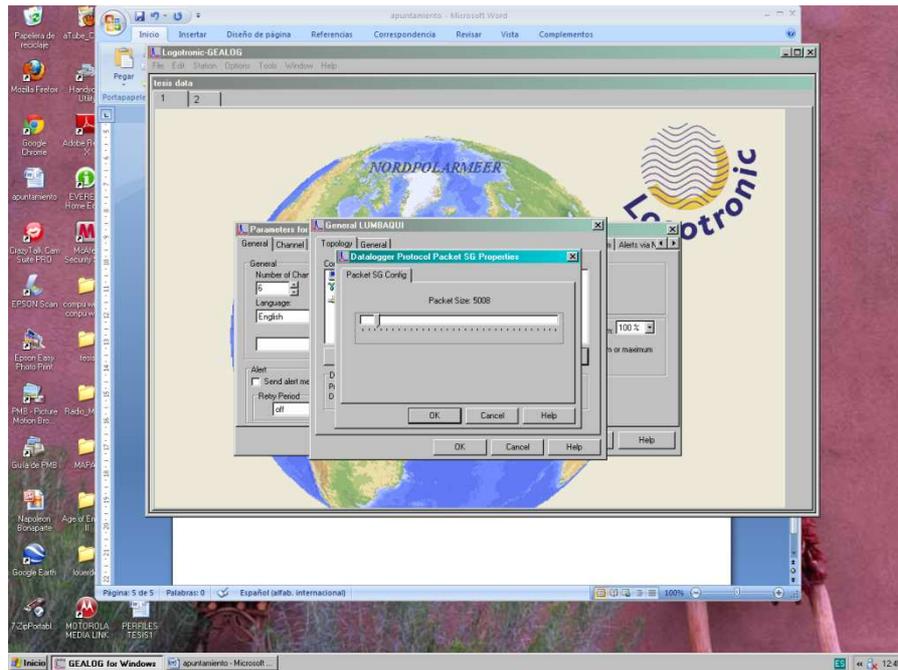


Figura 4.12 Configuración Datalogger Protocol Packet SG.

- Internet.- opción en la que se ingresa la dirección IP de las SIM's de las estaciones remotas (Figura 4.13); con esto realiza el proceso de comunicación remota entre la estación central y las estaciones remotas.

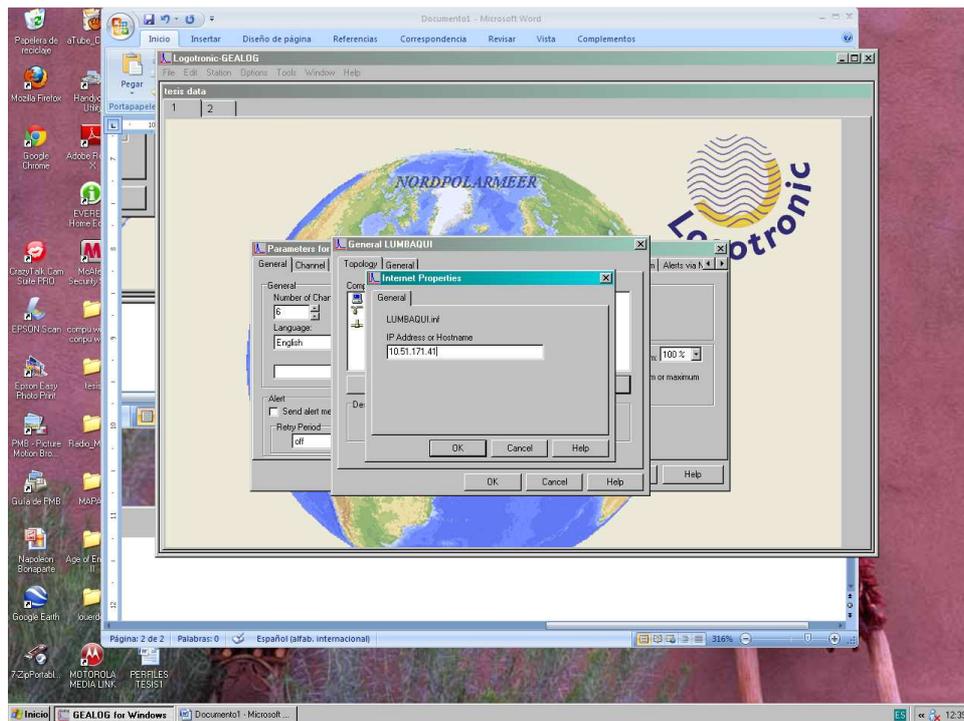


Figura 4.13 Configuración Internet.

Una vez que se han definido los parámetros para la comunicación remota solo falta definir el tiempo de adquisición de información desde las estaciones remotas, para lo cual en la barra de menú se escoge Options, y se desactiva Dialog Mode, una vez realizado esto se hace clic derecho sobre el icono de la estación remota, se selecciona Properties y en Automatic se puede variar el tiempo al cual se solicitará información (Figura 4.14).

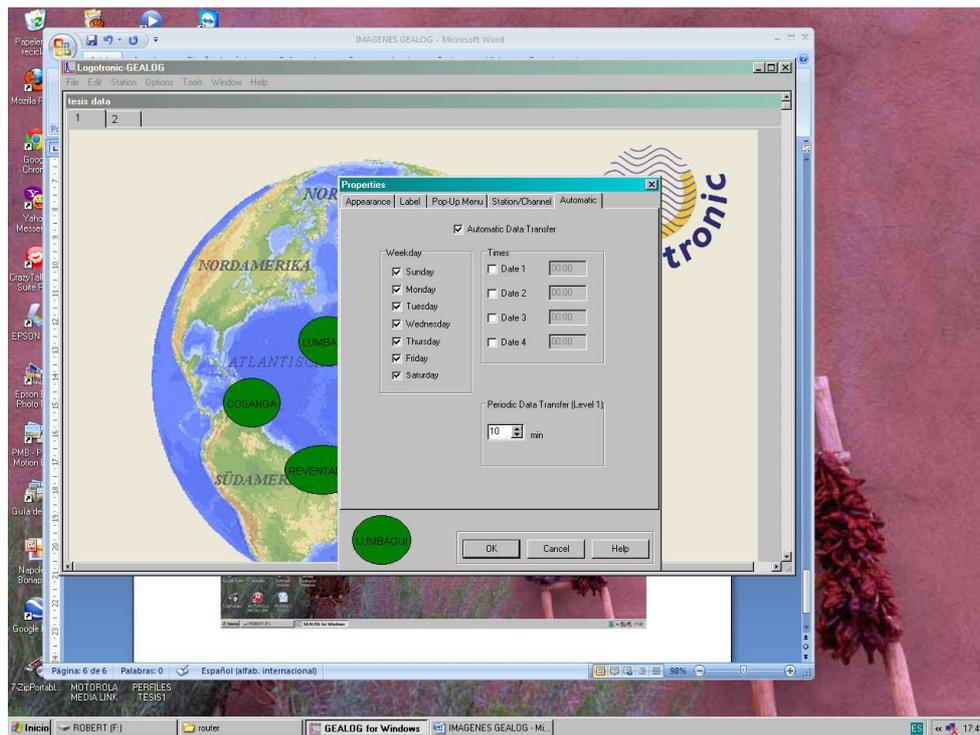


Figura 4.14 Configuración Tiempo de Adquisición.

4.2.1.2 Comunicación Serial Datalogger-Modem Wavecom.

La comunicación entre el Datalogger y el Modem Wavecom se la realiza activando en el primero la opción Serial Port (Figura 4.15) que se encuentra en la opción Communication Parameters⁵¹.

⁵¹ Este procedimiento se utiliza cuando se desea enviar configuraciones desde el computador al Datalogger directamente.

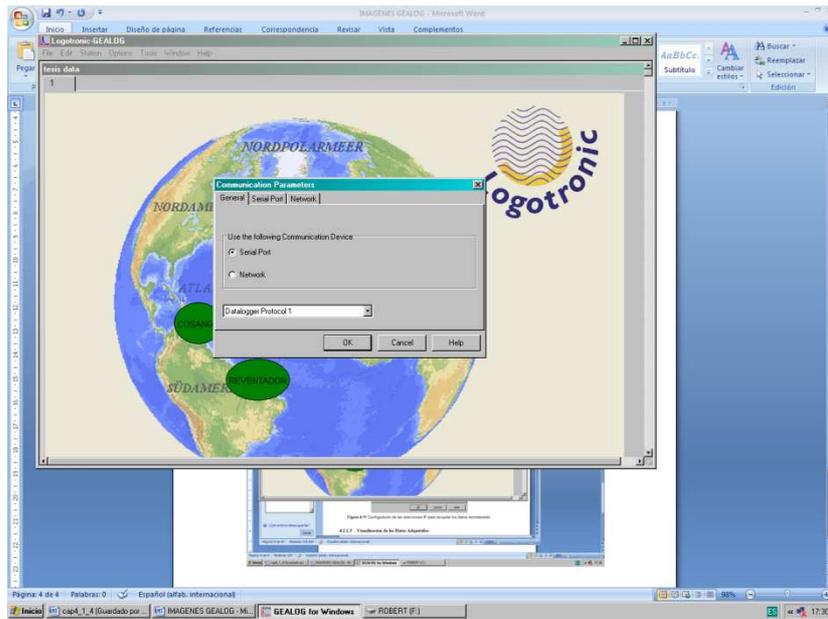


Figura 4.15 Configuración del Puerto Serial.

La comunicación entre el Datalogger y el Modem de datos vía RS-232, por recomendación de los fabricantes Logotronic y Wavecom requiere de los siguientes valores (Figura 4.16):

- Selección de Puerto: El puerto que se encuentre libre.
- Paridad: Ninguna
- Velocidad de Transmisión: 9600 Bd

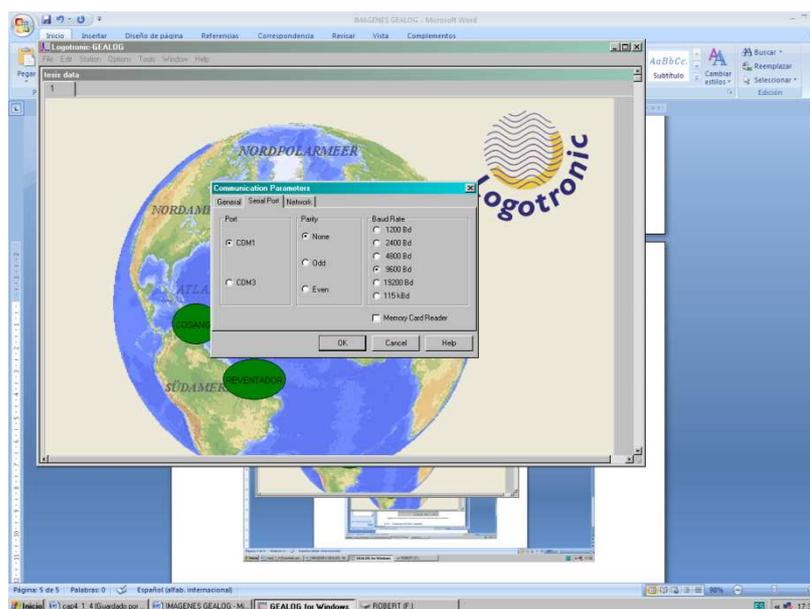


Figura 4.16 Configuración Parámetros del Puerto Serial

4.2.1.3 Visualización de los Datos Adquiridos

En el Gealog existen dos maneras para visualizar la información adquirida a través de los sensores y almacenada en los Dataloggers, las cuales son:

- **Modo Numérico (Figura 4.17).**- Se muestra una tabla de valores la cual incluye: nombre de la estación remota, tipo de sensor, unidad de medida, así como la fecha y hora en que fueron medidos los datos por el sensor
- **Modo Gráfico (Figura 4.18).**- Se visualiza por medio de una gráfica los diferentes valores de los datos almacenados en un determinado tiempo.

		ECU61	ECU61	ECU61
		RR	UU _i	TT _i
		mm	%	°C
23/04/2007	6:50:00	0.2	94.9	9.5
23/04/2007	6:55:00	0.0	95.1	9.5
23/04/2007	7:00:00	0.1	95.6	9.5
23/04/2007	7:05:00	0.1	96.5	9.5
23/04/2007	7:10:00	0.1	97.1	9.7
23/04/2007	7:15:00	0.1	95.7	9.8
23/04/2007	7:20:00	0.1	95.8	9.9
23/04/2007	7:25:00	0.1	94.9	10.0
23/04/2007	7:30:00	0.1	93.4	10.0
23/04/2007	7:35:00	0.0	95.1	10.1
23/04/2007	7:40:00	0.0	96.2	10.1
23/04/2007	7:45:00	0.0	95.0	10.2
23/04/2007	7:50:00	0.1	93.9	10.3

Figura 4.17 Modo Numérico

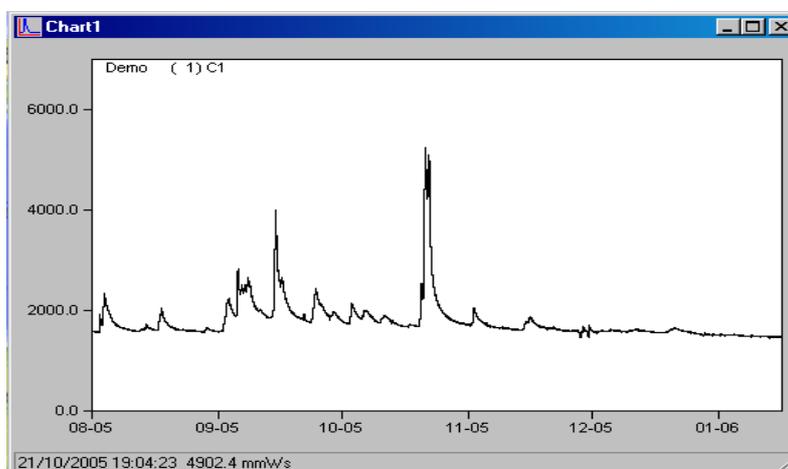


Figura 4.18 Modo Gráfico.

4.2.2 CONFIGURACIÓN DEL MÓDEM GPRS WAVECOM

El módem GPRS WAVECOM es el equipo que permite comunicar los dataloggers ubicados en las estaciones remotas con la estación central, a través de la red de telefonía celular, ya sea esta de la operadora Claro o Movistar, empleando para esto las "SIM cards" respectivas, insertadas en el slot de cada módem (transmisión y recepción), validando las direcciones IP estáticas asignadas a cada equipo, para el envío y recepción de datos. Se procede a la configuración del puerto TCP 3333⁵² a través del cual se escucharán las peticiones de conexión remotas realizadas, empleando el software GEALOG FOR WINDOWS anteriormente analizado.

La Figura 4.19⁵³ muestra el esquema conexión para la transmisión/recepción de datos desde un Datalogger remoto hasta el Computador local, empleando los módems Wavecom.



Figura 4.19 Esquema de conexión

La comunicación la inicia el computador local, utilizando para esto el software GEALOG FOR WINDOWS en el cual está configurado el computador para ser cliente por el puerto TCP 3333.

⁵² En TCP/IP un puerto es un punto final a una conexión lógica y el medio por el que un programa cliente se comunica con un programa específico en una computadora en una red. Wavecom emplea el puerto TCP 3333 para los Módems Fastrack Supreme.

⁵³ Figura 4.18 ha sido tomada del Manual de Ingeniería del Modem Wavecom preparado por el Ing. Diego Alcocer.

El Modem Programado que está conectado al equipo remoto (Datalogger) actúa como servidor a través del puerto TCP 3333 para lo cual ha sido programado un algoritmo interno empleando lenguaje ANSI C⁵⁴, con esto el modem acepta las peticiones de conexión del computador local. Una vez que la conexión ha sido aceptada, se establece un canal de comunicaciones a través del puerto TCP 3333 y el puerto serial del módem. Además, dentro del algoritmo del módem programado, se establece que todos los datos que arriban por el puerto 3333 serán enviados al puerto serial y, de la misma manera, los datos que arriben por el puerto serial serán enviados por el puerto TCP 3333, comunicando así el equipo remoto con la computadora local.

El Datalogger, desde su perspectiva, opera como si estuviera conectado a un puerto serial, mientras que la computadora local percibe una conexión TCP/IP.

4.2.2.1 Establecimiento de comunicación Computador Local – Modem Fastrack Supreme Wavecom- Datalogger Logotronic.

Hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones antes de instalar los módems:

- El Datalogger debe tener un puerto serial libre a través del cual se va a realizar la comunicación.
- El puerto serial del equipo remoto debe estar configurado de la siguiente manera:
 - **Velocidad de comunicación:** 9600 bps.
 - **Bits de datos:** 8 bits.
 - **Paridad:** Ninguna.
 - **Bits de parada:** 1 bit.
 - **Control de flujo:** Ninguno.

⁵⁴ Ver Anexo 4.1 donde se detalla la programación del Modem Wavecom.

- En el lugar de instalación debe existir señal celular y servicio de GPRS.

Una vez comprobadas estas premisas, se procede a configurar el puerto serial de los módems para habilitar la comunicación tanto con el Datalogger como con el computador central.

Como primera actividad se procede a conectar el cable serial desde el modem al computador⁵⁵, en los respectivos puertos RS- 232 de cada dispositivo, como se indica en la Figura 4.20



Figura 4.20 Conexión Modem-Computador Central

A continuación se procede a encender el Modem, cuando se conecta al computador, se observará que el led rojo del mismo pasa de estado fijo a estado titilante lo cual nos indica que se ha conseguido que el modem se logué a la red de la operadora celular a la cual pertenece el SIM.

Un programa de extensión .dwl, propietario del Modem Fastrack Supreme Wavecom, que ha sido previamente cargado en el computador central, tiene como objetivo activar la comunicación entre el puerto TCP 3333 del modem y el puerto serial del computador.

Empleando el Hyperterminal⁵⁶ , Figura (4.21), se ejecutaran las siguientes instrucciones (Figura 4.22)

⁵⁵⁵⁵ Es necesario recordar que la SIM, Claro o Movistar, ha sido introducida en el Modem.

- a. Velocidad de comunicación: 9600 bps.
- b. Bits de datos: 8 bits.
- c. Paridad: Ninguna.
- d. Bits de parada: 1 bit.
- e. Control de flujo: Ninguno.

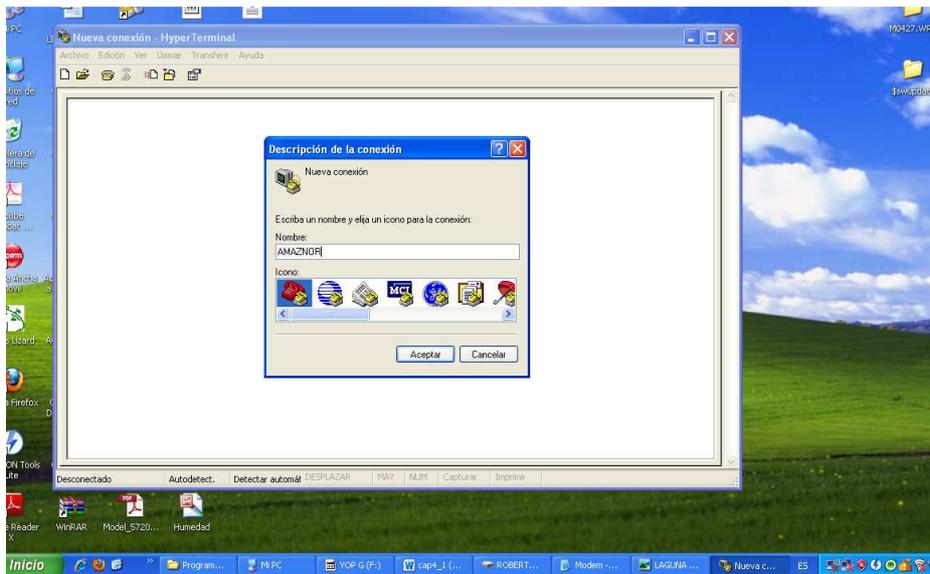


Figura 4.21 Configuración del Hyperterminal

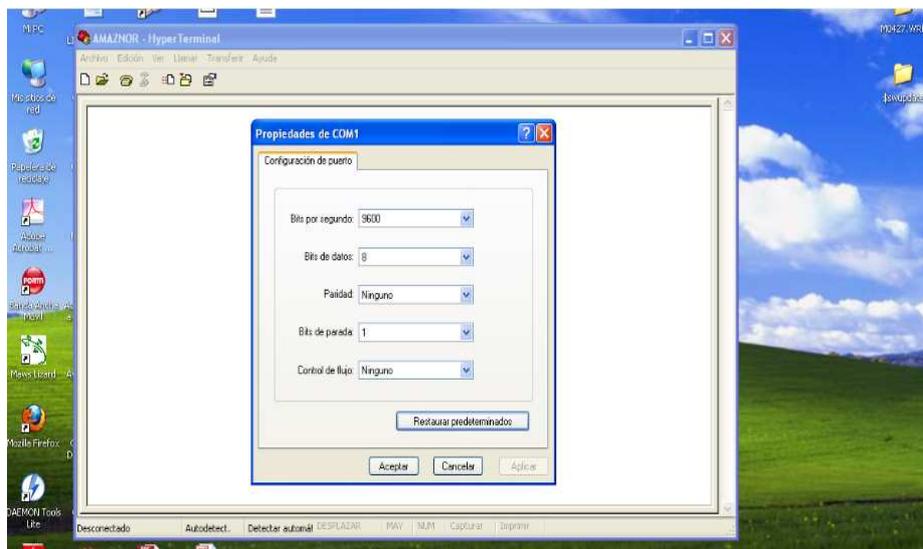


Figura 4.22 Parámetros de comunicación Modem-Computador Central.

⁵⁶ HyperTerminal es un programa que se puede utilizar para conectar un computador con otros equipos, sitios Telnet, sistemas de boletines electrónicos (BBS), servicios en línea y equipos host, mediante un módem, un cable de módem nulo o Ethernet.

Una vez establecido el enlace entre el modem y el computador procedemos a ingresar los comandos AT⁵⁷ en el hyperterminal del computador, para programar el módem con el objetivo que sea apto para transmitir y recibir datos, desde el computador central y el Datalogger conectando de manera lógica su puerto serial y el puerto TCP 3333. Los comandos AT y la secuencia de programación se presentan en la siguiente tabla.

Comandos AT Para Configurar Modem Fastrack Supreme.			
No	Proceso	Comando	Descripción del Comando
1	Escribir el comando AT y presionar ENTER; la palabra OK aparecerá (Figura 4.23)	AT	Atención del módem. Permite que el módem sepa que se le están dando comandos.
2	Escribir el comando ATE1, presionar ENTER; la palabra OK aparecerá. (Figura 4.23)	ATE1	Activa la visualización de caracteres escritos, conocida como Eco, o en otras palabras, permite que el módem envíe al computador el mismo carácter que recibe de él.

⁵⁷ Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un MODEM. Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de **attention**. Es claro que la implementación de los comandos AT corresponde a los dispositivos GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable de serie, canal Infrarrojos, Bluetooth, etc.

3	Escribir el comando AT+WOPEN=0, presionar ENTER; la palabra OK aparecerá. (Figura 4.23)	AT+WOPEN	Detiene la ejecución de programas embebidos anteriormente en el caso de que el modem no sea nuevo.
4	Escribir el comando AT+WOPEN=4, presionar ENTER; la palabra OK aparecerá. (Figura 4.24)	AT+WOPEN	Borra cualquier programa embebido anteriormente en el caso de que el modem no sea nuevo.
5	Escribir el comando AT+WDWL, presionar ENTER; se despliega una pantalla en la cual solicita el archivo InamhiV4.dwdl que tiene la configuración interna del modem (Figura 4.25)	AT+WDWL	Este comando cambia el modem a modo de descarga.
6	Una vez transferido el programa (Figura 4.26) escribir el comando AT+CFUN=1, presionar ENTER, la palabra OK aparecerá.	AT+CFUN	Resetea el modem para validar los cambios hechos en él.
7	Escribir el comando AT+WOPEN=1, presionar ENTER; la palabra OK aparecerá.	AT+WOPEN	Inicia el programa previamente cargado en el módem.
8	Escribir el comando AT+DEBUG?, presionar ENTER, la respuesta Debug Activado o Debug Desactivado aparecerá	AT+DEBUG	Indica la existencia de posibles errores en el modem.
9	Escribir el comando AT+DEBUG=1, presionar ENTER, Debug Activado aparecerá (Figura 4.27); luego se	AT+DEBUG	Activa el modo Debug en el modem.

	ejecuta el comando AT+CFUN=1.		
10	<p>Ingresar el APN⁵⁸ (Acces Point Name). Escribir el siguiente comando: AT+TIEMPO=60,"IP","XXXXX" Donde: 60 es el tiempo de actualización de la dirección del módem (en segundos).</p> <p>IP es la dirección de la SIM provista por la operadora celular.</p> <p>XXXX es el A.P.N. por ejemplo, inamhi.porta.com.ec, para Claro y svaestat.movistar.com.ec para Movistar</p> <p>Presionar ENTER, la respuesta OK aparecerá. (Figura 4.28)</p>	AT+ TIEMPO	Configuración de uno o varios contextos PDP ⁵⁹ los cuales forman la base de la conexión de información.
11	<p>Escribir el comando AT+DEBUG=0, presionar ENTER, Debug Desactivado aparecerá.</p>	AT+DEBUG	Desactiva el modo Debug en el modem.
12	<p>Escribir el comando AT+WIND=0, presionar ENTER, la palabra OK aparecerá. Escribir luego de esto el comando AT&W para guardar los cambios hechos hasta el momento (Figura 4.29)</p>	AT+WIND AT&W	<p>Indica si se encuentra insertada alguna SIM en el módem luego de ser reseteado.</p> <p>Almacena los cambios realizado en el módem.</p>
13	<p>Escribir el comando ATE0, presionamos ENTER, la palabra OK aparecerá. Validamos los cambios</p>	ATE0	Desactivamos la función Eco.

⁵⁸ APN o Access Point Name (Nombre del Punto de Acceso) es el nombre de un punto de acceso para GPRS que debe configurarse en el teléfono móvil o módem para que pueda acceder a Internet.

⁵⁹ Packet Data Protocol (Protocolo de Información de Paquete) un protocolo de transferencia de datos utilizado en GPRS

	con el comando AT+CFUN=1		
13	<p>Escribir el comando ATE+CREG?, presionar ENTER; la respuesta +CREG: 0,1 aparecerá (Figura 4.30)</p>	ATE+CREG	<p>Registra el modem a la red. Cuando al final del comando se escribe el símbolo ?, se obtiene el estado de registro del modem en la red para lo cual se manejan 3 estados:</p> <p>+CREG: 0,0 No registrado en ninguna red</p> <p>+CREG: 0,1 Registrado en red local</p> <p>+CREG: 0,5 Registrado en la red y esta roaming.</p>
14	<p>Para finalizar, escribir el comando ATE+CSQ, presionar ENTER, aparecerá CSQ: x (Figura 4.31); donde x es un valor que indica intensidad de señal, según los valores siguientes:</p> <p>0: -113 dBm o menos</p> <p>1: -111 dBm</p> <p>30: -109 a -53 dBm</p> <p>31:-51dBm o más</p> <p>99: no se conoce o no detectable</p>		<p>Este comando indica el nivel de potencia de señal recibida con o sin tarjeta SIM insertada.</p>

Tabla 4.2 Resumen de Configuración Modem Wavecom Vía Comandos AT


```

Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
+*WIND: 11,,, "C4F8DA7DEARDA30383E377C1DE4BDF54", "3A9184A461A457544B7D0B75202C822
2",
+*WIND: 7

+*WIND: 15,1, "movistar",2, "movistar",4, "11/11/12,19:13:33-20",6, "0"
at+wopen=1
OK
at+wopen?
+WOPEN: 1
OK
at
OK
at+&w
ERROR
at&w
OK
at+debug?
Debug Desactivado
OK
at+debug=1
Debug Activado
OK
-
0:23:42 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir
Para obtener Ayuda, haga clic en Temas de Ayuda en el menú Ayuda.
Inicio Progra... MI PC YOP G (...) cap4_1... ROBER... Modem ... LAGUN... modem...
Para obtener Ayuda, haga clic en Temas de Ayuda en el menú Ayuda.
Inicio Progra... MI PC YOP G (...) cap4_1... ROBER... Modem ... LAGUN... modem...

```

Figura 4.27 Activación del modo Debug en el Modem

```

AMAZNOR - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
TRACE: Iniciado
Registrado en la red GSM
[GPSR]: open: -> DISCONNECTED
gf
[GPSR]: start: -> CONNECTING
[GPSR]: GPRS EVENT SETUP OK (cid=1): GPRS activate
[GPSR]: GPRS EVENT: 27 (cid=1)
[GPSR]: GPRS EVENT ACTIVATE OK (cid=5)
[GPSR]: GPRS: -> CONNECTED
IP address ==>10.51.171.51
IP Seteada: 10.51.171.51
IP address ==> 866857738
[HIP] new TCPSEVER 0x180c3e48
at
OK
at+tiempo=60, "10.51[GPSR]: GPRS EVENT: 27 (cid=5)
at+tiempo=60, "10.51.171.36", "svaestat.movistar.com.ec"
Tiempo Cambiado: 60
Gateway Cambiado: 10.51.171.36
APN Cambiado:
OK
at+tiempo?
0:45:18 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir
Para obtener Ayuda, haga clic en Temas de Ayuda en el menú Ayuda.
Inicio Progra... MI PC YOP G (...) cap4_1... ROBER... Modem ... LAGUN... modem...
Inicio Progra... MI PC YOP G (...) cap4_1... ROBER... Modem ... LAGUN... modem...

```

Figura 4.28 Activación de la IP en el Modem

```

Tiempo: 60

Gateway: 10.51.171.36

APN: svaestat.movistar.com.ec

OK
at+debug=0

Debug Desactivado

OK
at+wind=0
OK
at&w
OK
IGPRS1: GPRS EVENT: 27 (cid=5)
at
OK
at+cfun=1
OK
at+wopen=0
OK
t

+WIND: 13
+WIND: 1

0:46:24 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir
WinRAR Model_5720... Humedad

```

Figura 4.29 Comprobación de la SIM en el Modem

```

+WIND: 13
+WIND: 1
+WIND: 16
+WIND: 4
+WIND: 10,"SM",0,"FD",0,"ON",0,"SN",1,"EN",0
+WIND: 11,...,"C4F8DA7DEADA30383E377C1DE4BDF54","C9A0E2B566497B0604
4",
+WIND: 7
+WIND: 15,1,"movistar",2,"movistar",4,"11/11/12,19:31:21-20",6,"0"
at
OK
at+creg?
+CREG: 0,1

OK
ati
ERROR
at+wopen?
+WOPEN: 0

OK

at+wopen=1
OK

0:46:58 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir
WinRAR Model_5720... Humedad

```

Figura 4.30 Estado de Registro del Modem en la Red

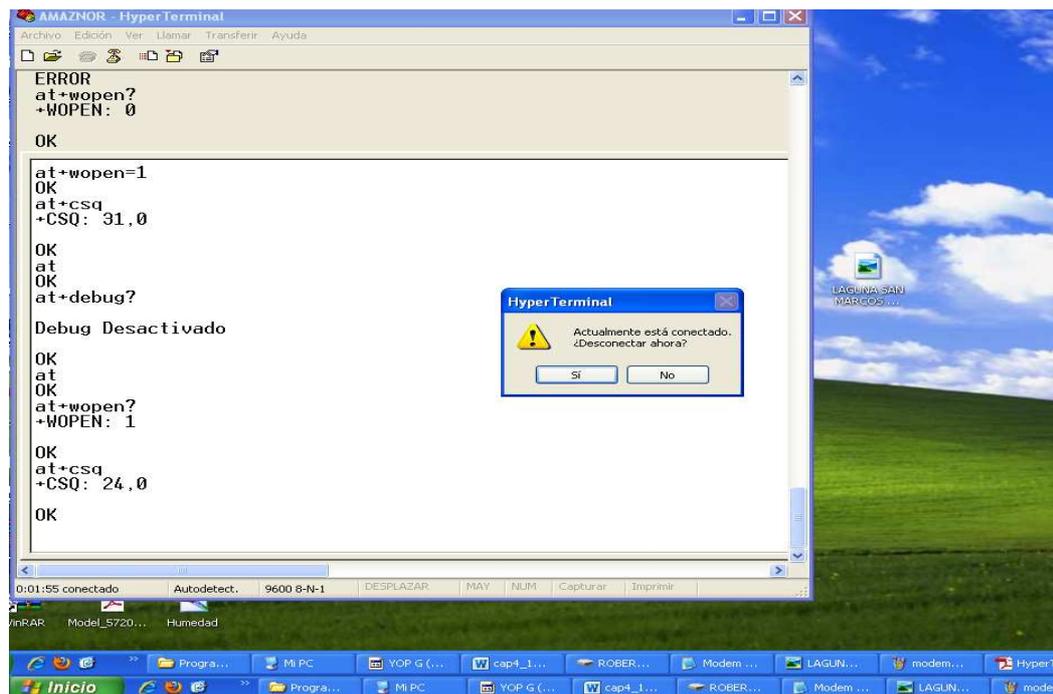


Figura 4.31 Nivel de Señal del Modem en la Red

4.2.3 CONFIGURACIÓN DEL ROUTER DE COMUNICACIÓN MULTITECH

En la estación central se cuenta tanto con un computador central en donde se realiza la visualización de información adquirida en las estaciones remotas, esta información es recibida por otro de los elementos que conforman la estación central, el router Multitech, el cual está conectado directamente al computador. Con el análisis de la configuración del Multitech para recibir y transmitir información desde la estación central se podrá tener claro el panorama de funcionamiento de la Red de Datos AMAZNOR.

Para el router es indiferente que SIM se inserte en él, es decir funciona ya sea con la operadora Claro o Movistar, por esto el primer paso antes de iniciar con la configuración del router es insertar la SIM (Figura 4.32.) y validar las IP estáticas asignadas por las operadoras celulares para las SIM's. Cabe anotar que se necesitaran dos Routers Multitech, el uno funcionando con Claro y el otro con Movistar.



Figura 4.32 Router Multitech con SIM.

Una vez insertada la SIM procedemos a conectar el router al computador como se indica en la Figura 4.33.

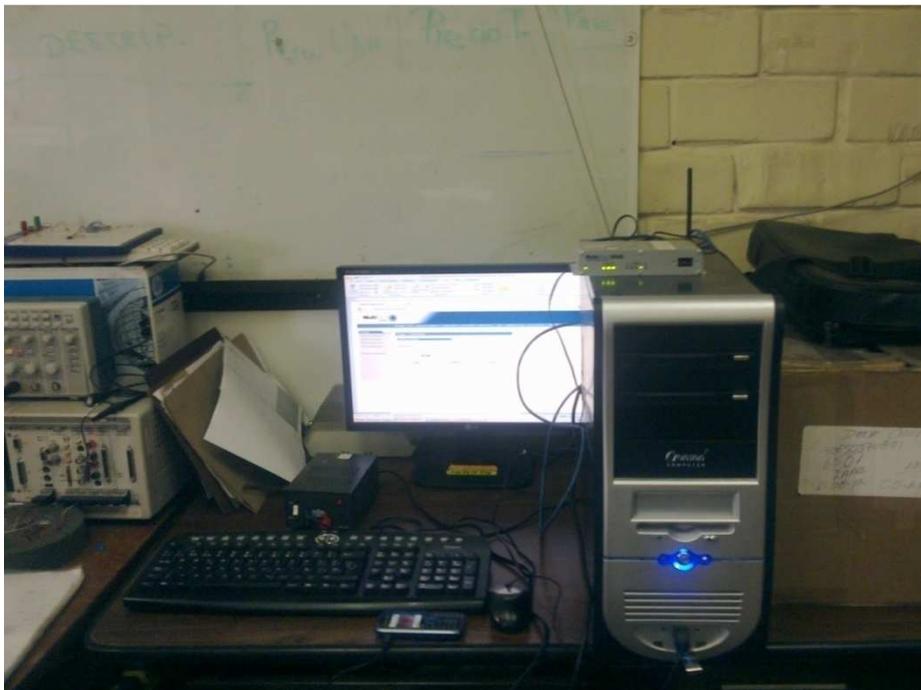


Figura 4.33 Conexion Router Multitech-Computador Central.

Para proceder con la configuración se ingresó a la página Web por defecto de Multitech cuya dirección es: <http://192.168.2.1/60>; se configura la IP del computador previamente para acceder a la LAN interna del INAMHI como se muestra en la Figura 4.34.

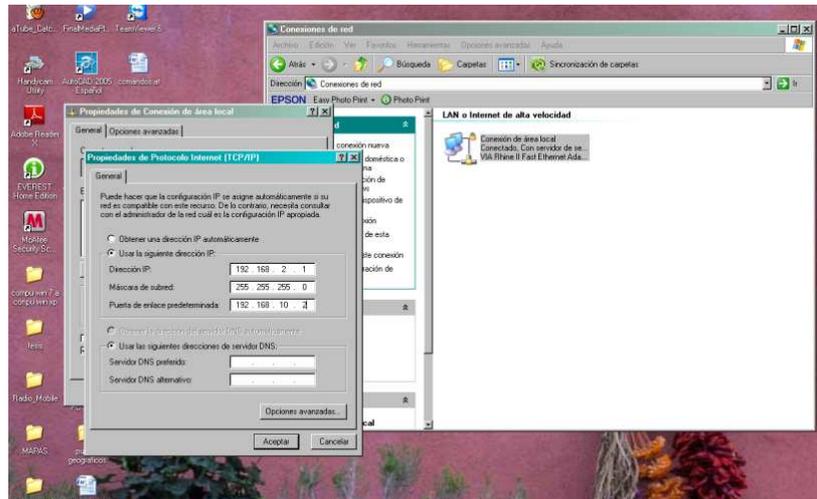


Figura 4.34 Configuración IP del Computador Central.

En la Figura 4.35 se observa la ventana de ingreso hacia la Web del programa de administración y configuración del Multitech. Cabe mencionar que el nombre de usuario y contraseña de ingreso son estrictamente necesarios; estos por defecto son: admin. Por seguridad estos parámetros fueron cambiados.

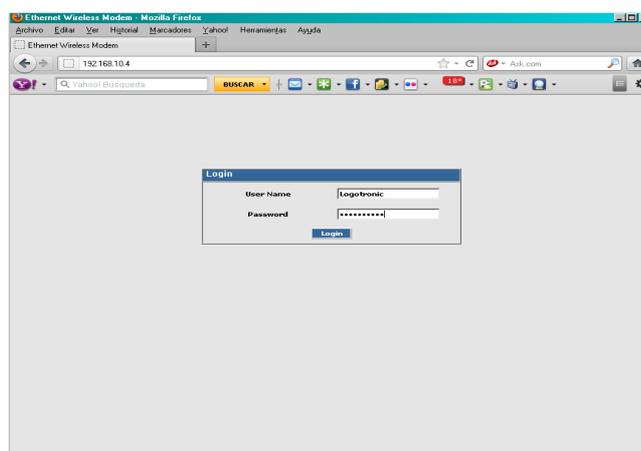


Figura 4.35 Pantalla de ingreso a la página WEB del Router Multitech

⁶⁰ Dentro del servidor interno del Inamhi se encuentra almacenada la página de configuración de Multitech, por ende la IP 192.168.2.1 pertenece a la LAN interna del Inamhi.

Para establecer una comunicación segura dentro de la red GSM/GPRS de Claro y Movistar, fue necesario configurar los parámetros que se presentan en el menú general de la ventana de inicio del router establecida en el Programa de Administración de la Web de Multitech. (Figura 4.36)

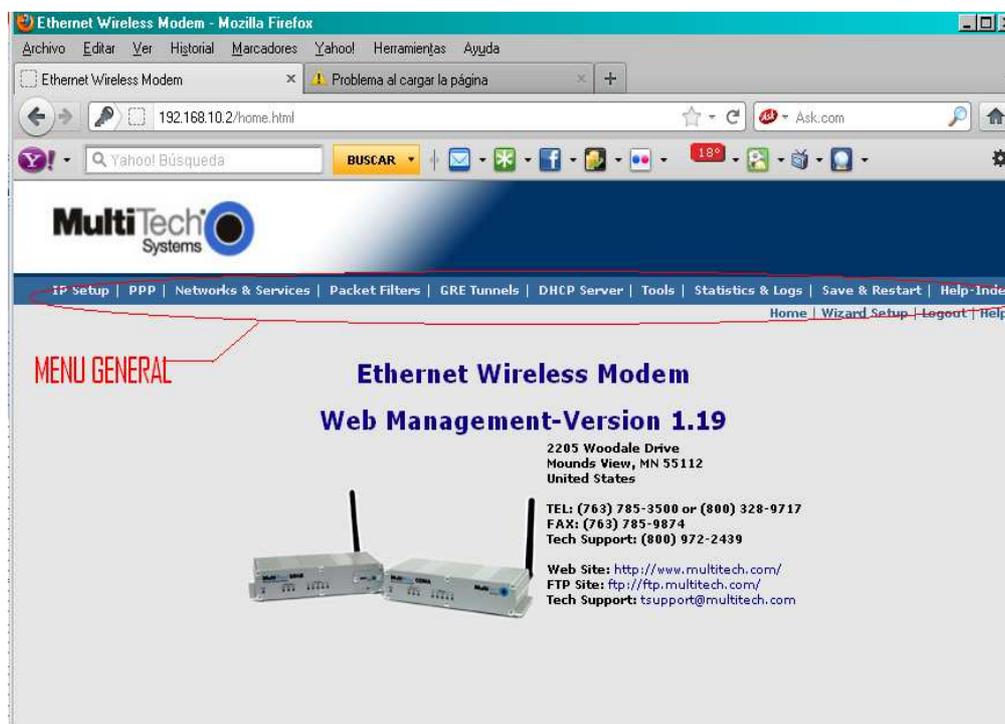


Figura 4.36 Menú General para Programación de Multitech

En la Tabla 4.3 se muestra los parámetros disponibles en el router, así como una breve descripción de los mismos.

Menu General	Función
IP Setup	Conjunto de configuraciones de tipo general como: protocolo IP, HTTP, DDNS, SNTP, Rutas Estáticas y Configuraciones Remotas.
PPP	Autenticación del protocolo PPP, características del marcado sobre demanda, autenticación del módem e inicio de una llamada.
Network and Services	Definición de redes y servicios para habilitar otras funciones como: filtrado de paquetes, activación del servidor DHCP, muestra las estadísticas y registros

	del enlace.
Packet Filters	Definición de filtros y protecciones, configuración del protocolo DNAT y de ICMP.
GRE Tunnels	Ruta de Encapsulamiento Genérico (GRE). Definición de la red remota y el túnel, a través del cual el tráfico será encaminado.
DHCP Server	Configuración de los parámetros del servidor DHCP para el uso de direcciones dinámicas.
Tools	Muestra el estado del servicio de la red GPRS, provee de diferentes pantallas para la actualización del Software de Multitech y reseteo del router.
Statistics & Logs	Muestra las estadísticas y registros del router en el enlace.
Save & Restart	Guarda todas las configuraciones realizadas en el software del router.
Help Index	Acceso al texto de ayuda.

Tabla 4.3 Parámetros configurados en el multimódem

De las opciones que se tienen en el menú general para configuración del router, solo son necesarias las que se detallan a continuación:

4.2.3.1 Configuración del Protocolo IP

En la Figura 4.37 se muestra la pantalla de “configuración de IP” (IP Setup). Se ingresó la dirección IP del Router Multitech (192.168.10.2), máscara de subred (255.255.255.0), la dirección del Gateway por defecto (192.168.10.1) y el DNS (Primario/Secundario).

Con respecto a la configuración del puerto Auto Dialout, el valor 5000 ya viene asignado por el fabricante Multitech y el cual no es necesario activarlo, puesto que, detrás de este equipo no se encuentra otra estación central que haga peticiones por información.

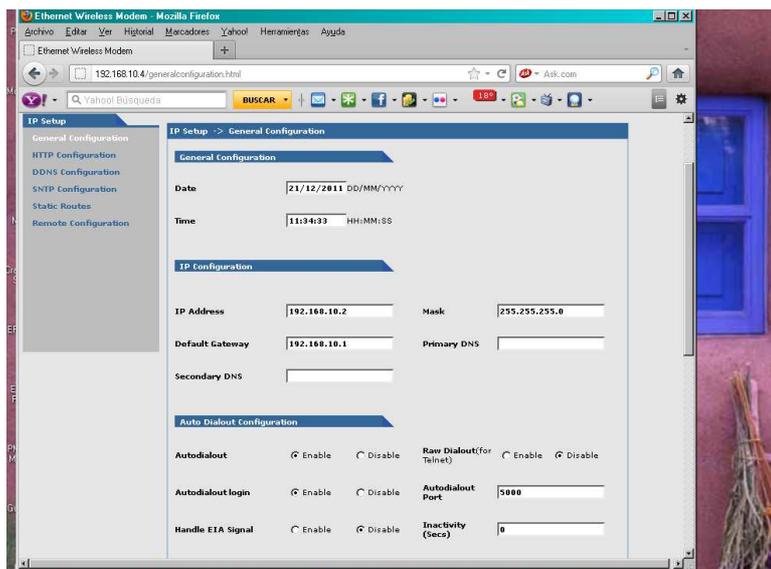


Figura 4.37 Configuración General de IP del Router Multitech en la Estación Central

Luego de realizar dicha configuración se guardó los cambios. De esta manera queda configurada la interfaz Ethernet, creando una conexión con la red celular.

En la Tabla 4.4 se explica en detalle los parámetros que se configuraron de acuerdo a los requerimientos del usuario.

CONFIGURACIÓN DEL PROTOCOLO IP	
CONFIGURACIÓN	DESCRIPCION
Fecha y Hora	Se configuró la fecha y hora de acceso por primera vez al equipo.
Dirección IP	192.168.10.2. Esta dirección fue asignada para formar una Red LAN entre Router y el Computador Central.
Máscara de Red	255.255.255.0
Gateway	192.168.10.1.
DNS (primario y secundario)	DNS establecidas por el servidor de Inamhi. Aunque para el tipo de transmisión que se realiza son triviales, el software requiere de esta información. Primaria: 200.25.197.196 Secundaria: 200.25.197.197

Tabla 4.4 Parámetros configurados en el Wizard Setup del Router Multitech.

Dentro de este menú, como se indica en la Figura 4.38 se tiene la ventana de configuración del “Protocolo HTTP” (HTTP Configuration). En donde la numeración por defecto del puerto HTTP es 80, de esta manera el usuario se conectará con la Página Web de administración del Software de Multitech para configurar al equipo. Luego como se indico anteriormente por seguridad se procedió a configurar el nombre de usuario y contraseña para la autenticación.

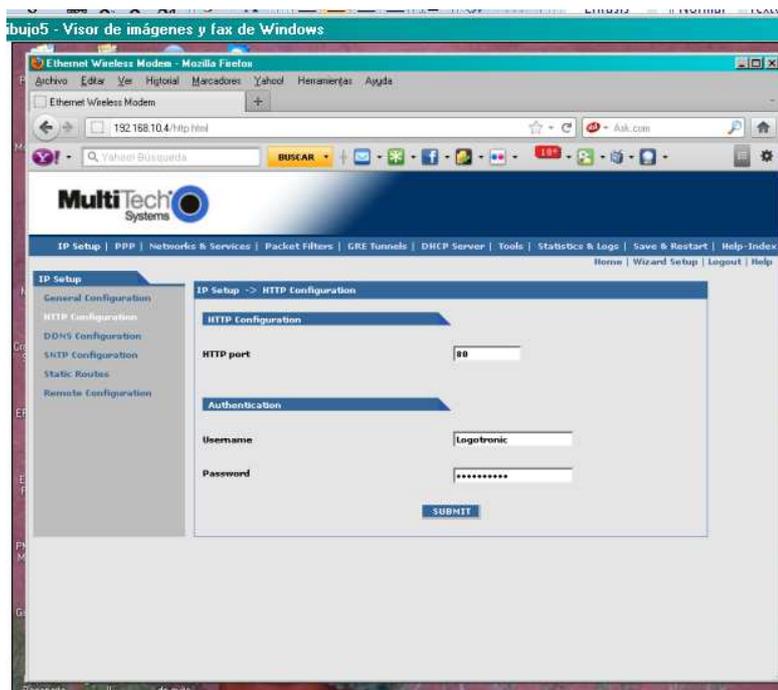


Figura 4.38 Configuración del Protocolo HTTP y Autenticación

4.2.3.2 Configuración del Protocolo PPP

En el sistema de comunicaciones del INAMHI es necesario configurar el protocolo PPP para que exista conectividad entre el Router y los Módems. En la pantalla que se muestra tanto en la Figura 4.39 y en la Figura 4.40 se configuró el protocolo PPP y la autenticación del mismo.

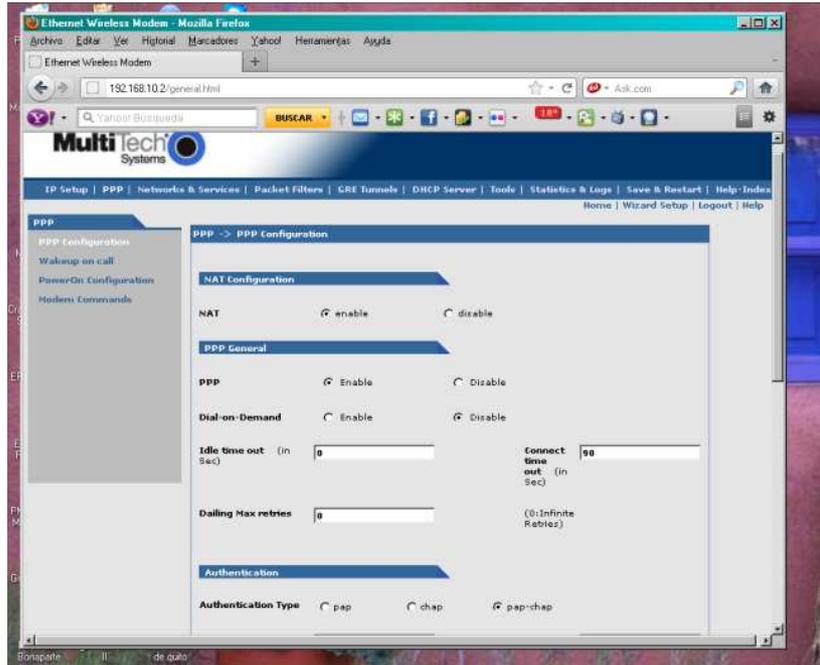


Figura 4.39 Configuración del Protocolo PPP y Autenticación

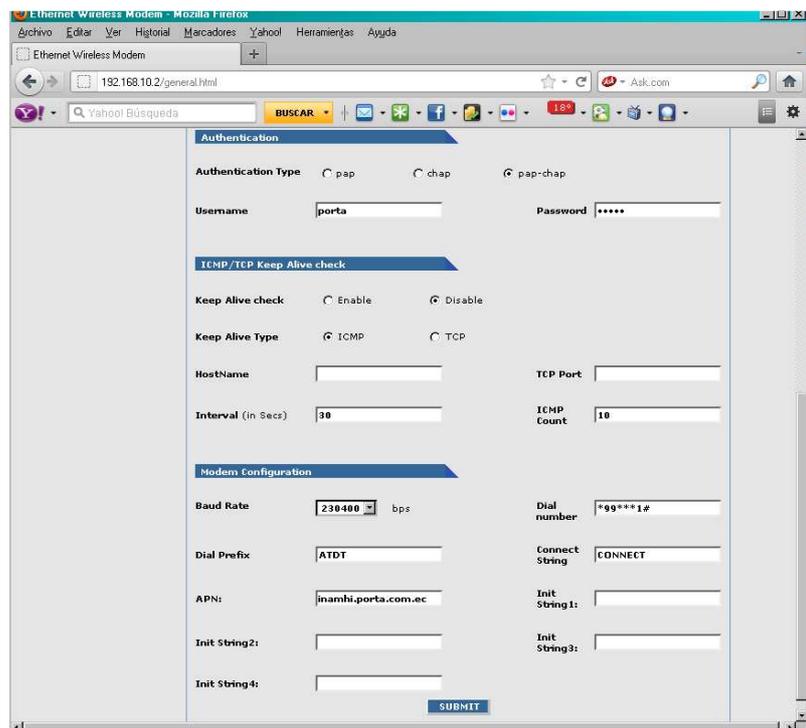


Figura 4.40 Configuración del Protocolo PPP y Autenticación

En la Tabla 4.5 se explica en detalle la información que se configuró en cada ítem.

CONFIGURACIÓN DEL PROTOCOLO PPP	
CONFIGURACIÓN NAT	
NAT (Traducción de direcciones de red)	Esta opción se habilitó para realizar la traducción de las direcciones IP privadas a públicas y viceversa.
CONFIGURACIÓN GENERAL DE PPP	
PPP	Se habilitó para que exista comunicación entre las estaciones de la red hidrometeorológica.
Dial on Demand	Se deshabilitó para que el multimódem permanezca siempre conectado a la red GSM/GPRS.
Idle Time Out	Tiempo = Cero, debido a que el multimódem estará siempre conectado a la red.
Connect Time Out	Se consideró 45 segundos al tiempo de espera para conectarse a la red GPRS.
Dialing Max Retries	El valor por defecto es cero y hace referencia al número infinito de reintentos de marcado para acceder a la red GSM/GPRS.
AUTENTICACIÓN	
Tipo de Autenticación	La opción que se configuró es: PAP-CHAP para el equipo de acceso remoto. Esta opción permite que los otros módems a enlazarse puedan autenticarse con cualquiera de las dos opciones: PAP o CHAP.
Nombre de Usuario y Contraseña	Nombre de usuario y contraseña configurada "porta", para que el de estaciones puedan autenticar la información.
ICMP KEEP ALIVE CHECK	
Esta opción fue deshabilitada ya que el multimódem siempre estará conectado	
CONFIGURACIÓN DEL MÓDEM	
Baud Rate	Se trabajó con una velocidad de 230400 bps, debido a que el multimódem es tipo GPRS/EDGE.
Dial Number	99***1#, este número permite la conexión a la red GPRS de Claro y Movistar
Dial Prefix	ATDT (Atención al Mercado, Comandos AT).
Connect String	Respuesta de los comandos AT: CONNECT.
APN	Red Punto de Acceso (Acces-Point Network), "inamhi.porta.com.ec", por medio de este comando se envía el APN asignado por Claro a la red celular para ser verificado, y para Movistar es "svaestat.movistar.com.ec"

Tabla 4.5 Menu Principal Configuración Router Multitech

A continuación, se realiza una breve explicación del protocolo PPP y de los parámetros que se configuró en los equipos de comunicaciones.

4.2.3.2.1 *Protocolo PPP (Punto a Punto)*

Establece una comunicación a nivel de la capa de enlace entre dos computadoras. Generalmente se lo utiliza para la conexión a Internet de un usuario con un proveedor a través de un módem telefónico. Implementa medidas de control de acceso para proteger a la red de usuarios no autorizados. Usualmente emplea dos protocolos para la autenticación:

- **PAP (Password Authentication Protocol).**- Protocolo simple de autenticación para un usuario que desea conectarse con un servidor de acceso remoto o ISP. En PAP la autenticación se realiza mediante el intercambio de dos mensajes: nombre de cuenta y contraseña, los mismos que son transmitidos por el enlace como texto sin cifrar. PAP se usa como último recurso cuando el servidor de acceso remoto no soporta un protocolo de autenticación más fuerte, pues es un protocolo con muy baja seguridad.
- **CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol).** - Protocolo de autenticación remota o inalámbrica mucho más seguro que PAP porque utiliza una autenticación de tres fases y nunca transmite los nombres de cuenta y contraseña sin cifrar. Verifica periódicamente la identidad del usuario remoto usando el intercambio de información de tres fases. Esto ocurre cuando se establece el enlace inicial y puede pasar de nuevo en cualquier momento de la comunicación. La verificación se basa en una contraseña.

Adicionalmente, se habilito el protocolo NAT para que ejecute la traducción de direcciones de red, para convertir las direcciones IP internas, normalmente direcciones privadas en direcciones públicas externas.

4.2.3.3 **Configuración Network & Services**

En la Figura 4.41 se puede observar la ventana donde se ingresó las direcciones IP por defecto para *Any* y *LAN* y las direcciones IP que son registradas automáticamente para la SIM Card denominada *WANInterface (WAN)*, y la que se

ingresó con la opción IP Setup denominada *LANInterface*. Además, se ingresó la dirección IP del computador central 192.168.10.2 denominándola Receptor 1.

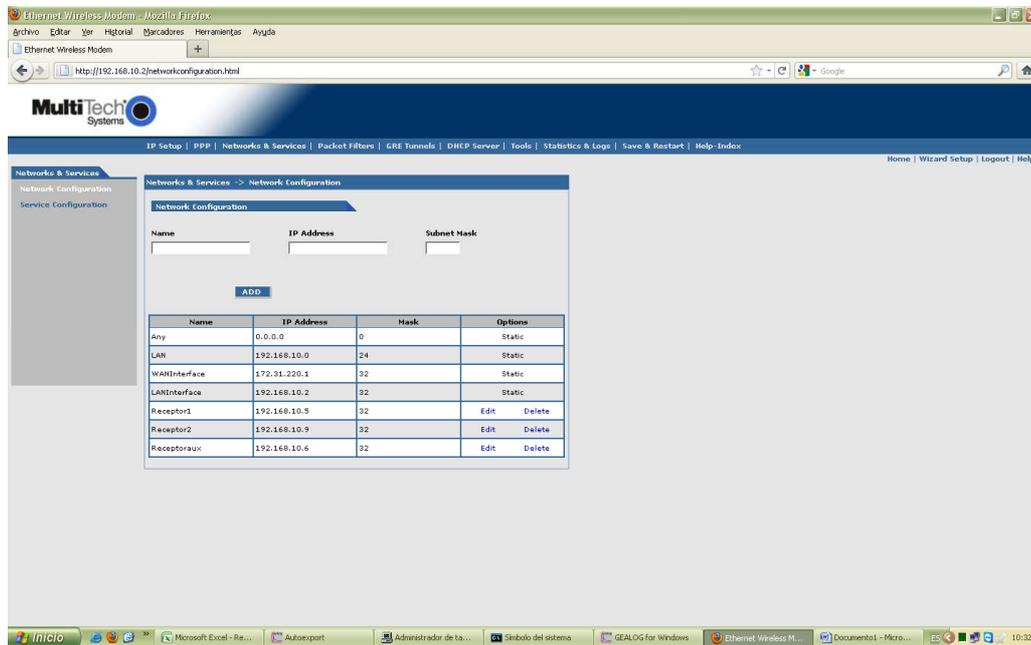


Figura 4.41 Configuración de Red del Router Multitech.

4.2.3.4 Configuración de Packet Filters

Es importante establecer a que servicios se puede tener acceso en la red y quienes pueden tener acceso a la misma, para establecer estas las funciones de filtrado en la LAN central y WAN se realizó la configuración de las listas de acceso que permitieron la administración del tráfico e impidieron el acceso de usuarios ajenos a la red.

En la Figura 4.42 se muestra la pantalla de configuración de las listas de acceso. Para la red LAN se definió que cualquier servicio (Any) pueda pasar hacia cualquier parte (Any); es decir, que la información que se encuentra detrás del Router no tenga restricciones para entrar ni para salir.

Otra filtro que se estableció es que desde cualquier dirección IP de la red WAN se pueda acceder hacia la computadora central (host) utilizando cualquier puerto; es

decir, que las estaciones remotas puedan transmitir su información hacia la estación central, sin ninguna restricción.

Por último, se definió que desde la computadora central (host) se puede acceder a cualquier dirección IP de la red WAN utilizando cualquier puerto. Esto significa que la estación central puede recopilar los datos almacenados en el datalogger y a su vez transmitir cambios en la configuración de los parámetros de los sensores hacia el datalogger ubicado en la estación remota.

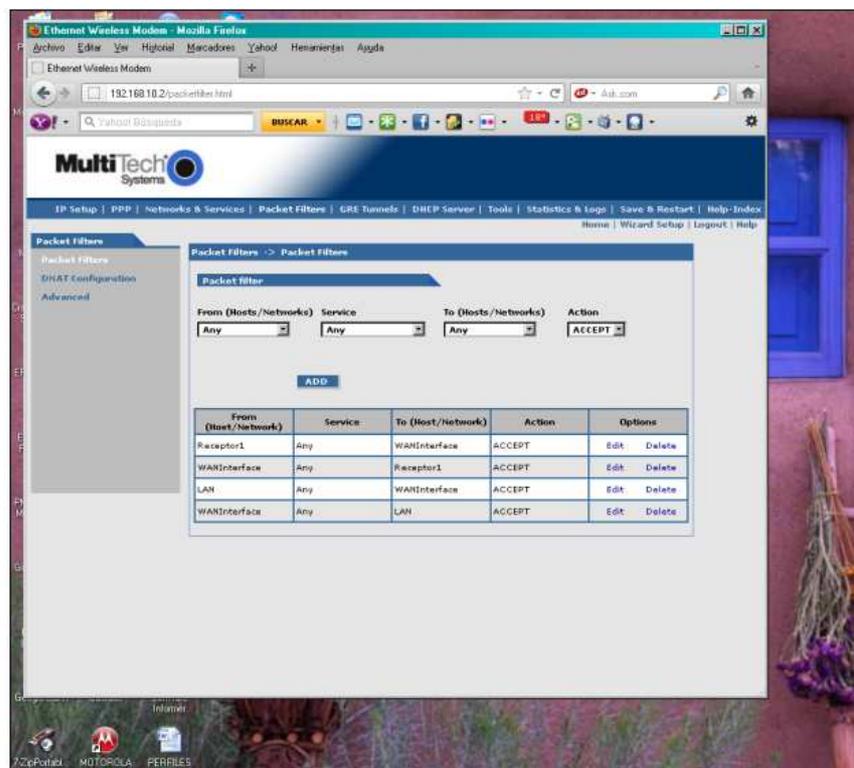


Figura 4.42 Configuración de Packet Filters

4.2.3.5 Configuración de DNAT⁶¹

⁶¹ **DNAT**: (Destination network address translation), conversión de dirección de red de destinación. Es una técnica de cambio transparente de la dirección IP destino de un paquete enrutado y realiza la función inversa para cualquier respuesta.

En la Figura 4.43 se muestra la ventana de “configuración DNAT” (DNAT Configuration), en la que se estableció el permiso de acceso para la “WANInterface” a través de cualquier puerto desde la “LANInterface”. También se dio acceso para cualquier dirección IP, utilizando cualquier puerto, hacia la computadora central (host). Esto significa que se permite el acceso de la estación remota a través de la Red WAN hacia la estación central para transferir la información almacenada.

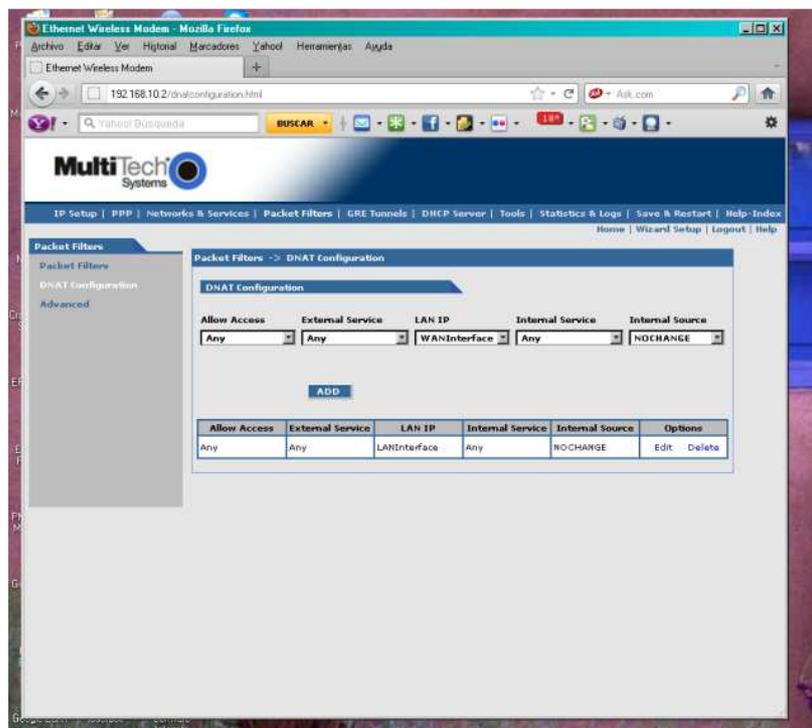


Figura 4.43 Configuración DNAT.

Las imágenes que validan la conectividad entre los equipos se los pueden ver en el Anexo 4.2

4.3 ANALISIS DE TRAFICO

Hay muchas consideraciones para realizar el análisis de tráfico como el tiempo de almacenamiento que realiza el datalogger de sus sensores y la cantidad de bytes ocupados para el almacenamiento, así como datos que incluyen información extra además la forma de empaquetamiento del protocolo SG propietario del datalogger

para la transmisión, recepción de datos y debido a que no se puede tener acceso a varias de estas informaciones se estimó el tráfico de la siguiente manera:

A medida de que el tiempo de almacenamiento del datalogger es mayor su volumen de datos de envío por la red GPRS va a ser mayor (estación remota), a esto toca sumarle la cantidad de volumen de datos de algún cambio que se requiera hacer desde la estación central utilizando la red GPRS (Figura 4.44). De la misma forma sí el tiempo de almacenamiento del datalogger es menor su volumen de datos de envío va a ser menor (estación remota) a esto toca sumarle la cantidad de volumen de datos de algún cambio que se requiera hacer desde la estación central hacia la estación remota utilizando la red GPRS.

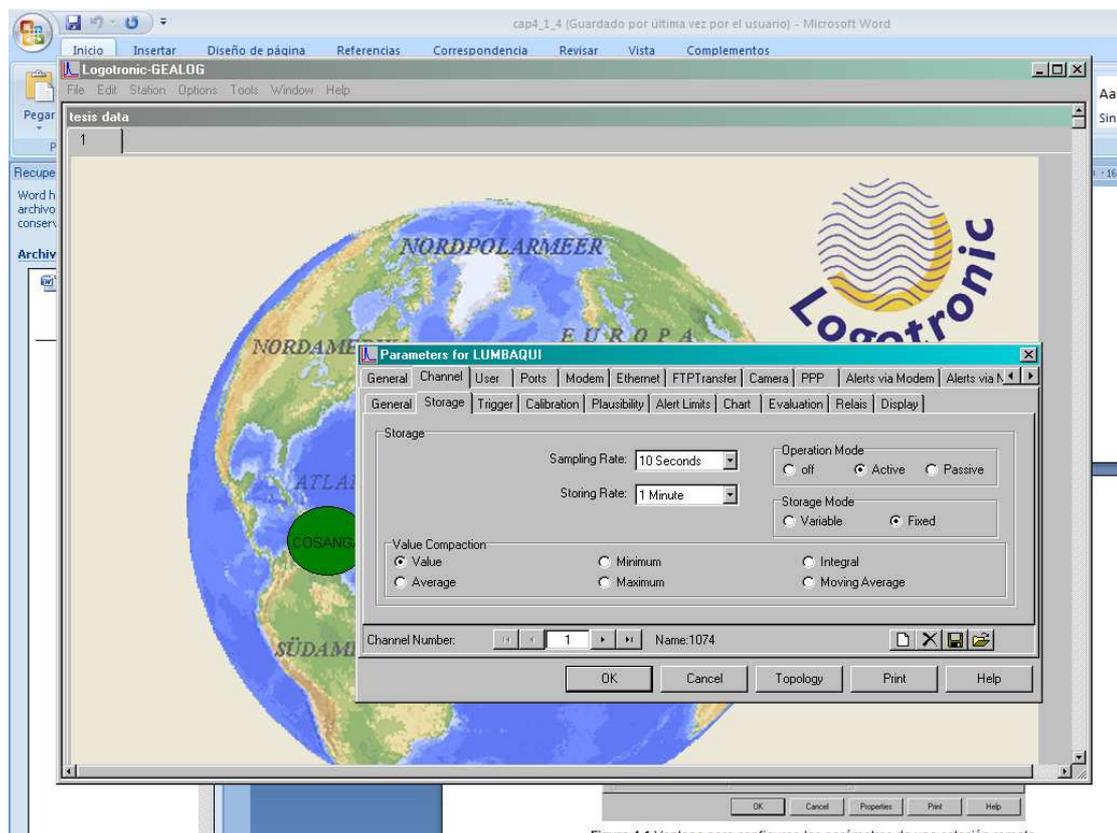


Figura 4.1 Ventana para configurar los parámetros de una estación remota

Figura 4.44 Configuración de Tiempos para Sensores

La tabla 4.6 indica el volumen de tráfico de la red GPRS para las estaciones remotas Lumbaqui, Reventador y Cosanga establecida en tres diferentes meses.

Movistar			
Estación Remota	Numero Celular	Periodo de Facturación	Consumo GPRS (Kbytes)
Reventador	084979966	8 Agosto del 2011 al 7 de Sep. del 2011	122470
		8 de Sep. del 2011 al 7 de Oct. del 2011	487078
		8 de Oct. del 2011 al 7 de Nov. del 2011	490373
Lumbaqui	087749715	8 Agosto del 2011 al 7 de Sep. del 2011	127935
		8 de Sep. del 2011 al 7 de Oct. del 2011	552285
		8 de Oct. del 2011 al 7 de Nov. del 2011	545597
Claro			
Estación Remota	IP	Periodo de Facturación	Consumo GPRS (Mbytes)
Cosanga	172.31.220.28	1 de Sep del 2011 al 30 de Sep del 2011	16.65
		1 de Oct. del 2011 al 29 de Oct. del 2011	261.64
		1 de Nov. del 2011 al 30 de Nov. del 2011	365.73

Tabla 4.6 Volumen de tráfico de tres estaciones que utilizan la red GPRS

La velocidad de un canal en GPRS es de 14.4Kbps pero se dispone de ocho canales por usuario logrando una tasa máxima teórica de 171.2Kbps pero su latencia es alta, del orden de 500mseg a 2seg por enlace GPRS con baja cobertura y red saturada de tráfico. A pesar de que su latencia es alta las modulaciones empleadas son robustas y la codificación y corrección de errores hacen que el tráfico enviado esté libre de errores.

4.4 DETALLE DE COSTOS

Se desarrolla un detalle de costos de equipos meteorológicos e hidrológicos, así como, de equipos de comunicación en los que corresponden como costos de implementación, se toma en cuenta el costo del personal de mantenimiento y los costos del uso de la red GSM/GPRS.

4.4.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Los costos de implementación se basan por diferentes tipos de sensores meteorológicos, sensores hidrológicos, equipos hidrometeoro-lógicos, equipos para la infraestructura de telecomunicaciones en los que requieren de un almacenamiento de energía y de protección para los equipos.

Estos costos de implementación están divididos según sea de estación meteorológica ó hidrológica y de recopilación de datos, como se puede ver en las siguientes tablas:

Equipos Estacion Recolección de Datos	Marca/Característica	Costo Unitario	Municipio del Coca	Total Equipos	Costo Total
UPS	Universal Battery UB1280	540	2	2	1080
Router inalámbrico	Router D-link Dir 455 3g Simcard	480	2	2	960
PC	Intel Core I3 con puertos serial RS 232 de 9 pines	550	2	2	1100
Sim Card	Claro	11,2	1	1	11,2
Sim Card	Movistar	7	1	1	7
Total equipos por estación			8	8	0
Total costo por cada estación			3158,2		3158,2

Tabla 4.7 Costo Total de Equipos para la Estación de Recolección de Datos

Equipos Estaciones Meteorológicas	Marca/Característica	Costo Unitario	Provincia de Napo				Provincia de Orellana	Provincia de Sucumbíos			Total Equipos	Costo Total
			Papallacta	Cosanga	Reventador1	Archidona	San José de Payamino	Reventador	Lumbaqui	Supayacu		
Sensor de Temperatura de aire	NovaLynx	210	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1680
Sensor de Temperatur de suelo	AT210	302	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2416
Sensor de Humedad del suelo	Davis SENSOR	55	1	1	1	1	1	1	1	1	8	440
Sensor velocidad del viento	WE550	535	1	1	1	1	1	1	1	1	8	4280
Sensor Dirección del viento	WE570	626	1	1	1	1	1	1	1	1	8	5008
Sensor Presión Atmosferica	NRG # BP20	330	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2640
Sensor de Evaporación	EP180 evaporación	1303	1	1	1	1	1	1	1	1	8	10424
Sensor de Presipatación	NRG Systems	845	1	1	1	1	1	1	1	1	8	6760
Sensor de Radiación solar	WE300	836	1	1	1	1	1	1	1	1	8	6688
Pluviómetro	Yong	604	1	1	1	1	1	1	1	1	8	4832
Panel solar	25P	75	1	1	1	1	1	1	1	1	8	600
Batería	Millenium	200	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1600
Controlador de carga	SunSaver-10	83	1	1	1	1	1	1	1	1	8	664
Modem GPRS	Wavecom GPRS Modem	260	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2080
Datalogger	Logotronic	950	1	1	1	1	1	1	1	1	8	7600
Antena GSM	Mag Mount Antenna MCX, ADA-0070-MCX	25	1	0	0	1	1	1	1	0	5	125
Antena Yagi	Yagi 48 dbi	90	0	1	1	0	0	0	0	1	3	270
Sim Card	Claro	11,2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	11,2
Sim Card	Movistar	7	1	1	1	1	0	1	1	1	7	49
Soporte para Panel Solar	30x40 cm	50	1	1	1	1	1	1	1	1	8	400
Caja Nema	40x40x20 cm	710,27	1	1	1	1	1	1	1	1	8	5682,16
Postes para pluviómetros	1,5 metros	80	1	1	1	1	1	1	1	1	8	640
Mástil de Soporte	12 metros	240	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1920
Tapas para tubos	2"	1,36	2	2	2	2	2	2	2	2	16	21,76
Shield de proteccion de temperatura y Humedad	Davis	75	1	1	1	1	1	1	1	1	8	600
Total equipos por estación			24	24	24	24	24	24	24	24	192	
Total costo por cada estación			8403,99	8468,99	8468,99	8403,99	8408,19	8403,99	8403,99	8468,99		67431,12

Tabla 4.8 Costo Total de Equipos para las Estaciones Meteorológicas

Equipos Estaciones Hidrológica	Marca/Característica	Costo Unitario	Provincia de Napo	Provincia de Orellana			Total Equipos	Costo Total
			Napo A.J. Misahualli	Payamino A.J. Napo	Coca en Sebastián	Napo en Coca		
Sensor PH	KEDIDA CT-1001	146,76	1	1	1	1	4	587,04
Sensor de Conductividad	HI8033	151,28	1	1	1	1	4	605,12
Sensor de Turbidez	WQ730 Turbidez Sensor	1096	1	1	1	1	4	4384
Sensor de Temperatura del Agua	WQ101	306	1	1	1	1	4	1224
Sensor de Nivel de Agua	WL400	586	1	1	1	1	4	2344
Panel solar	25P	75	1	1	1	1	4	300
Batería	Millenium	200	1	1	1	1	4	800
Controlador de carga	SunSaver-10	83	1	1	1	1	4	332
Modem GPRS	Wavecom GPRS Modem	260	1	1	1	1	4	1040
Datalogger	Logotronic	950	1	1	1	1	4	3800
Antena GSM	Mag Mount Antenna MCX, ADA-0070-MCX	25	1	1	1	0	3	75
Antena Yagi	Yagi 48 dbi	90	0	0	0	1	1	90
Sim Card	Claro	11,2	0	1	0	1	2	22,4
Sim Card	Movistar	7	1	0	1	0	2	14
Soporte para Panel Solar	30x40 cm	50	1	1	1	1	4	200
Caja Nema	40x40x20 cm	710,27	1	1	1	1	4	2841,08
Postes para pluviómetros	1,5 metros	80	1	1	1	1	4	320
Mástil de Soporte	12 metros	240	1	1	1	1	4	960
Tapas para tubos	2"	1,36	2	2	2	2	8	10,88
Shield de proteccion de temperatura y Humedad	Davis	75	1	1	1	1	4	300
Total equipos por estación			19	19	19	19	76	
Total costo por cada estación			5044,03	5048,23	5044,03	5113,23		20249,52

Tabla 4.9 Costo Total de Equipos para las Estaciones Hidrológicas

El Costo de Implementación total de equipos por las doce estaciones remotas se muestra en la tabla 4.9:

Estaciones Meteorológicas	67431,12
Estaciones Hidrológicas	20249,52
Estación Recolección de Datos	3158,2
Costo de Implementación Total	90838,84

Tabla 4.10 Costo de Implementación

4.4.2 COSTO DE LOS VIÁTICOS PARA EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento para las 12 estaciones diseñadas se realizará dos días de cada mes por personal capacitado del Inamhi.

Personal de Mantenimiento Calificado	Número del Personal de Mantenimiento.	Viáticos por día	Viáticos por 2 días	Total Costo Personal Mantenimiento
Ing. De Electronica y Telecomunicaciones	3	80	160	480
Ing. Meteorológicos, Hidrologicos	3	80	160	480
Tecnicos Mecanicos	3	80	160	480
Total				1440

Tabla 4.11 Costos Viáticos para el Personal de Mantenimiento.

4.4.3 COSTOS DEL USO DE LA RED GSM/GPRS

Se hace el uso de la red de las operadoras Movistar y Claro utilizando la red global de las BTS. Cabe resaltar que el costo se realiza por volumen de información intercambiada.

Para el caso de Claro se presenta 4 planes de consumo que se basa la operadora para la tarifa por tráfico. Cada estación remota será tarifada por mes el volumen de información en cantidad de Mbits como se puede ver en la tabla 4.11.

Desde	Hasta	Costo/Mbits
1 Mbits	1024 Mbits	\$ 1,20
Desde	Hasta	Costo/Mbits
10241 Mbits	102400 Mbits	\$ 1,00

Desde	Hasta	Costo/Mbits
1025 Mbits	10240 Mbits	\$ 1,10
Desde	Hasta	Costo/Mbits
102401 Mbits	Adelante	\$ 0,90

Tabla 4.12 Costos de Tarifa por Tráfico de Consumo Servicio de Transmisión de Datos GPRS

En el caso de Movistar solo se puede saber que el costo lo realizan mediante un Plan Genérico de Datos de Post-Pago (Ver Anexo. 4.3) siendo el Inamhi como un cliente o abonado más no como un cliente corporativo.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El trabajo conjunto de las diversas instituciones gubernamentales tales como INAMHI, UDENOR (actualmente SEMPLADES) y Municipio del Coca, en este caso, cada una aportando con sus ideas para solucionar problemas de interés comunitario, como el planteado en esta tesis; evitar las inundaciones en un sector crítico como el Oriente ecuatoriano que debido a su hidrografía caudalosa y lluvias constantes incrementan potencialmente este hecho.
- Si bien en el plan de tesis se menciona que la red diseñada debe cumplir los requerimientos que exige la SENATEL para poder operar, esto no fue necesario ya que simplemente las estaciones remotas en su totalidad son vistas como usuarios de redes existentes como son la de Claro y Movistar; es pertinente en este punto aclarar que cuando se inicio con el desarrollo de la presente tesis la operadora conocida comercialmente en la actualidad como Claro tenía el nombre de Porta, lo cual no afecta en nada el estudio realizado, por la razón de que este cambio fue hecho por motivos comerciales, mas no tecnológicos.
- Cuando se trabaja con software de simulación, tal como se lo hizo en la presente tesis con Radio Mobile y Google Earth, hay que considerar que si bien se tendrá errores por apreciación y exactitud, propios de los programas, estos disminuyen cuando los datos recopilados en el campo son más precisos.
- En la mayor parte de la zona del Oriente Ecuatoriano el servicio de telefonía celular se puede considerar como incipiente ya que gracias a la información obtenida para el desarrollo de zonas de cobertura necesarias para la tesis, el

índice de BTS por área de población es bajo en comparación a las zonas de la Sierra y Costa Ecuatoriana, debido a esto es de suma importancia realizar estudios de factibilidad por parte de las distintas entidades encargadas de proveer de servicio celular a tan importante sector del país; es por esto también que a la tercera operadora celular conocida como Alegro no se la considero ya que su campo de acción es mucho más limitado que las mencionadas anteriormente.

- Una vez que se inicio con la manipulación y configuración de los distintos equipos que forman parte de las estaciones remotas y de la estación central, se pudo constatar que la elección de los mismos fue la adecuada, tanto por lo expuesto anteriormente ya que la mayoría de gente que trabaja en la parte de instrumentación del INAMHI se encuentra familiarizado con dichos equipos y por otra parte por el factor económico, que generalmente es el factor a priori a considerar en cualquier tipo de diseño.
- El hecho de haber realizado la presente tesis donde se pudo constatar la parte teórica con la práctica, deja como conclusión que en la mayoría de ocasiones para dar soluciones en campo además de la teoría es necesario el ingenio del personal que realiza las instalaciones ya que en la mayoría de casos la teoría no puede establecer todos los imprevistos que se encontraran en el sitio de la instalación.
- Los valores óptimos de muestreo y almacenamiento configurados en el Datalogger son puestos por la larga experiencia del personal del INAMHI ya que su conocimiento a fondo de los sensores hidrometeorológicos les permite informarse si se ha producido un cambio de los fenómenos ambientales.
- En cada tarjeta SIM se utiliza direcciones IP fijas asignadas por el proveedor de servicios el cual no se puede acceder desde el exterior ya que son mostly local, preservando una gran seguridad a la red. Para poder acceder desde el exterior es decir desde la estación de recolección de datos hacia las estaciones

remotas se utiliza una tarjeta SIM de la misma red GPRS. También se podría configurar una VPN (Red Privada Virtual) en la que el proveedor de la red GPRS configuraría la VPN y se pondría en marcha un túnel para utilizar los datos través del internet de la red local.

- Se escogieron las tecnologías WIMAX, Satelital y 2.5G principalmente por su alcance debido a que las estaciones remotas se encuentran en lugares distantes de las ciudades aparte del alcance también se pensó en la accesibilidad, ancho de banda y disponibilidad de equipos para su futura implementación de las estaciones remotas.
- A pesar de que la tecnología WIMAX y Satelital tienen un largo alcance poseen más inconvenientes que la tecnología 2.5G en las ubicaciones de las estaciones remotas, motivo por el cual se escogió la utilización de la red GPRS para la transmisión de datos de los sensores de las estaciones Hidrometeorológicas.
- Los datos técnicos introducidos en el software de simulación Radio Mobile son aquellos obtenidos a un estudio previo de la tecnología escogida (capítulo 2) y la ubicación de cada estación remota para formar un perfil topográfico (capítulos 1). Cabe mencionar que la ubicación de las celdas de Movistar y Claro se utilizaron pero no se encuentran en esta tesis debido a que es información es restringida.
- La configuración de los equipos (router Multitech, Datalogger logotronic, modem wavecom) se realiza los pasos necesario para obtener la transmisión/recepción de los datos ya que uno de los objetivos es el funcionamiento de la red.

5.2 RECOMENDACIONES

- Debido a que los sitios donde se encuentran las estaciones de monitoreo remotas fueron previstas con anterioridad al estudio para la implementación de telecomunicaciones se encontró con ciertos problemas de diseño tal como zonas con poca cobertura, alto nivel de incidencia de obstáculos, pérdidas por vegetación, dificultad de transportación de equipos, etc., se recomienda para implementaciones futuras de sistemas de alerta temprana o cualquier sistema donde se involucre la puesta de sistemas de telecomunicaciones hacer un estudio conjunto involucrando todos los sistemas competentes, de esta manera se optimizan recursos y tiempo
- La iniciativa que como institución el INAMHI ha venido llevando a cabo desde hace algunos años de, primero modernizar sus distintas estaciones de monitoreo, alerta temprana, etc., y por otro ver que era necesario tener acceso a esta información en tiempo real, por así decirlo, ya que las predicciones hechas por esta institución, se ven involucradas en la mayoría de actividades del país, como son la agricultura, la transportación, prevención de desastres naturales, climatología, etc., permite entender a la par la importancia que tiene la Ingeniería de Telecomunicaciones. Por lo expuesto anteriormente es recomendable que se siga ampliando y migrando las estaciones de monitoreo y demás actividades que tiene el INAMI a nivel país.
- La facturación que se realiza en GPRS está basada en el volumen de tráfico que cursa por la nube del proveedor de servicio, como es conocido, por tal motivo se recomienda que el INAMHI solicite la facturación provista mensualmente por Movistar y sea más detallada, en especial en lo que es volumen de tráfico de cada estación, de ser posible siguiendo el esquema con el cual Claro presenta las mismas, ya que esto permite constatar la veracidad de la facturación con la información obtenida en el monitoreo de volumen que se realizan de cada estación de alerta temprana, en la estación central.

- Se recomienda que solo el personal encargado del control y mantenimiento de la red hidrometeorológica, tenga acceso a las distintas claves y nombres de usuario que han sido provistas en los equipos, y de existir alguna modificación en los mismos sea notificado al grupo de trabajo, para de esta manera evitar inconvenientes en especial cuando se tenga que realizar mantenimiento en campo.

- Verificar el conector del cable de las antenas para el modem wavecom ya que debe de ser un conector SMA macho y que funcione la antena en el rango de frecuencias entre 850MHz a 1900MHz con una impedancia de 50 ohmios.

- Se recomienda que el dispositivo de almacenamiento de datos, la batería, el modem estén totalmente secos y cubiertos de los fenómenos climáticos ya que estos son instrumentos fundamentales para la transferencia de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] SENATEL. INSTRUCTIVO FORMULARIOS CONCESIÓN DE FRECUENCIAS.
Enero 2009

[2] NARVAEZ Geovanna. AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO DEDICADO A LA PRODUCCIÓN FLORÍCOLA BASADO EN LAS TECNOLOGÍAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN Y EN TELEMETRÍA UTILIZANDO LA PLATAFORMA DE COMUNICACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL GPRS. EPN, Quito, Ecuador, Marzo, 2009.

[3] LOGOTRONIC, “PRODUCTOS & SERVICIOS”, <http://www.logotronic.at>

[4] ANDRANGO, Paúl G., “ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA SISTEMA GENERAL DE TRANSMISIÓN DE PAQUETES VÍA RADIO (GPRS) Y SUS APLICACIONES EN EL SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM)”, EPN, Quito, Ecuador, Marzo, 2004.

[5] YOUNG, “PRODUCTOS & SERVICIOS”, <http://www.young.com>

[6] INAMHI. COMPENDIO DE FICHAS DE INTERVENCIÓN AWS. Septiembre, 2009

[7] LOGOTRONIC, “MANUAL GEALOG SG”, Versión 1.0, Alemania, 2006.

[8] LOGOTRONIC, TECHNICAL NOTE GEALOG RS485-FIELDBUS PROTOCOL”, Ediciones CERT, Alemania, 2006.

[9] CONECEL-CLARO, “COBERTURA NACIONAL GSM/GPRS”,
<http://www.claro.com.ec>

- [10]TELEFÓNICA-MOVISTAR, “COBERTURA NACIONAL GSM/GPRS”,
<http://www.movistar.com.ec>
- [11]LOGOTRONIC, “USER GUIDE GEALOG FOR WINDOWS”, Versión 3.0,
Alemania, 2006.
- [12]MULTITECH SYSTEMS, “USER GUIDE Wireless EDGE, GPRS, CDMA
Modems with Ethernet Interface”, Revisión C, Estados Unidos, 2005.
- [13]BERNAL, Iván, “Documento: Comunicaciones Inalambricas”, EPN, Quito,
Ecuador, 2009.
- [14]PÉREZ Marjory, PAREDES Patin Ana María. DISEÑO DE LA RED DE
TRANSMISIÓN DE DATOS PARA EL CENTRO DE COMUNICACIONES
HIDROMETEOROLÓGICO DEL INAMHI PARA LA PROVINCIA DEL CALLEJÓN
INTERANDINO DEL ECUADOR UTILIZANDO LA PLATAFORMA CELULAR
GPRS. EPN, Quito, Ecuador, 2008
- [15]GSM WORLD, “GSM COVERAGE MAPS AND ROAMING
INFORMATION” <http://gsmworld.com>
- [16]GARCÍA Juan. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PROTOTIPO
DE DOS ESTACIONES AUTOMÁTICAS Y UNA CENTRAL PARA LA MEDICIÓN
REMOTA DE PARÁMETROS METEREÓLOGICOS EPN, Quito, Ecuador, 1998
- [17]SINCHE, Soraya, “Documento: COMUNICACIONES
INALAMBRICAS”, EPN, Quito, Ecuador, 2008.
- [18] ALBUJA Iván. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED TCP-IP PARA
EL PRODUCTO WESTERN UNION DE DHL. EPN, Quito, Ecuador, 2002
- [19]HIDALGO, Pablo, “Documentos: TELEMATICA”, EPN, Quito, Ecuador, 2008.
- [20]FLORES, Fernando, “Documentos: Comunicación Satelital”, EPN, Quito,
Ecuador, 2007.

[21] BORJA Edwin. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA PARA SUFRAGIO ELECTRÓNICO BASADA EN EL ESTÁNDAR ZIGBEE (IEEE802.15.4). EPN, QUITO, ECUADOR, 2007

[22] ANDRANGO Paúl. ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA SISTEMA GENERAL DE TRANSMISIÓN DE PAQUETES VÍA RADIO GPRS Y SUS APLICACIONES EN EL SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES. EPN, QUITO, ECUADOR, 2004

[23] AYO Mayra. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA WIRELESS CON TECNOLOGÍA OFDM. EPN, QUITO, ECUADOR, 2004

[24] ARÉVALO Leandro. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA (802.11 G) PARA EL CENTRO DE INFORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL (CICJ) DEL CANTÓN MONTÚFAR A CONECTARSE CON LA RED CABLEADA DEL MUNICIPIO DEL MISMO CANTÓN PARA FORMAR UNA RED DE INFRAESTRUCTURA EPN, QUITO, ECUADOR, 2008

[26] WAVECOM, "USER GUIDE Fastrack Supreme", Revisión 001e, 2007.

[27] ALCOCER, Diego. MANUAL DE INGENIERIA PAR FASTRACK SUPREME WAVECOM. 2009.

[28] ALCOCER, Diego. MANUAL DEL OPERADOR PARA FASTRACK SUPREME WAVECOM. 2009.

[30] ZHUNIO, Jenny. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GSM/GPRS EN LA RED DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR EN EL ECUADOR EPN, QUITO, ECUADOR, 2008

[31] SUNTAXI Elizabeth, VIZCAINO David. REDISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES DEL ECORAE PARA AMPLIAR LA COBERTURA. EPN, QUITO, ECUADOR, 2008

ANEXOS