

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA EL
CENTRO DE COMUNICACIONES HIDROMETEOROLÓGICO DEL
INAMHI PARA LAS PROVINCIAS DEL CALLEJÓN INTERANDINO
DEL ECUADOR UTILIZANDO LA PLATAFORMA CELULAR GPRS**

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

**ANA MARÍA PAREDES PATÍN
MARJORY ELIZABETH PÉREZ ACOSTA**

DIRECTOR: DR. LUIS CORRALES

Quito, Marzo 2008

**Dr. Luis Corrales: luisco5049@yahoo.com
Ana María Paredes: annysma@hotmail.com
Marjory Pérez: elizmar_803@hotmail.com**

DECLARACIÓN

Nosotras, Ana María Paredes Patín y Marjory Elizabeth Pérez Acosta, 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.

Ana M. Paredes P.

Marjory E. Pérez A.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ana María Paredes Patín y Marjory Elizabeth Pérez Acosta, bajo mi supervisión.

Dr. Ing. Luis Corrales
DIRECTOR DE PROYECTO

CONTENIDO

RESUMEN.....	I
INTRODUCCIÓN	II
CAPÍTULO 1.....	1
DESCRIPCIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.1.1 VISIÓN.....	1
1.1.2 MISIÓN	2
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ESTACIONES MANUALES Y AUTOMÁTICAS DESTINADAS AL MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO.....	5
1.3.1 ESTACIONES METEOROLÓGICAS	5
1.3.2 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DEL CLIMA O METEOROLÓGICAS	6
1.3.3 ESTACIONES MANUALES	7
1.3.3.1 Caseta Meteorológica	7
1.3.3.2 Medición de la Temperatura.....	7
1.3.3.3 Medición de la Dirección y la Velocidad del Viento de Superficie	9
1.3.3.4 Medición de la Radiación Solar	10
1.3.3.5 Medición de la Precipitación	12
1.3.3.6 Medición de la Humedad Atmosférica.....	13
1.3.3.7 Medida de la Evaporación	15
1.3.3.8 Medida de la Presión Atmosférica.....	15
1.3.4 ESTACIONES AUTOMÁTICAS	16
1.3.4.1 Instrumentos Registradores	17
1.3.4.2 Descripción de los Sensores de la Estación Automática	19
1.3.4.2.1 Sensor de Temperatura y Humedad Relativa.....	19
1.3.4.2.2 Sensor de la Temperatura del Suelo	19
1.3.4.2.3 Sensor del Viento.....	19

1.3.4.2.4 <i>Sensor de Presión Barométrica</i>	20
1.3.4.2.5 <i>Sensor de Radiación</i>	20
1.3.4.2.5 <i>Sensor de Precipitación</i>	21
1.3.4.3 Equipo de Medición y Registro	21
1.4 COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS A INTERCONECTAR	22
1.4.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS	22
1.4.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	23
1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO	25
1.6 ASPECTOS IMPORTANTES A TOMARSE EN CUENTA EN EL DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES DEL SISTEMA DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO	26
1.6.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES REMOTAS.....	26
1.6.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE LAS ESTACIONES REMOTAS (TIEMPO DE VIDA DE LAS BATERÍAS)	27
1.6.3 FUNCIONALIDAD DE LOS DATOS A TRANSMITIRSE	27
1.6.4 SEGURIDAD DE LA COMUNICACIÓN	27
1.6.5 TIPOS DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.....	28
1.7 ESQUEMA GENERAL DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS.....	30
CAPÍTULO 2.....	32
ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA GPRS SISTEMA GENERAL DE PAQUETES VIA RADIO.....	32
2.1 SISTEMA DE TELEMETRÍA.....	32
2.1.1 FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA	33
2.1.2 BENEFICIOS DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA	33
2.1.3 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE TELEMETRÍA	34

2.2 RED GPRS “SISTEMA GENERAL DE PAQUETES VÍA RADIO”	35
2.2.1 INTRODUCCIÓN	35
2.2.1.1 Transmisión mediante Conmutación de Circuitos y Conmutación de Paquetes	37
2.2.1.2 Celda y Área de Cobertura	38
2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE GPRS	39
2.2.3 TERMINALES GPRS	40
2.2.3.1 Capacidad Multislot.....	41
2.2.4 TRANSMISIÓN DE PAQUETES EN LA RED GPRS	42
2.2.5 ARQUITECTURA GSM/GPRS.....	44
2.2.5.1 Subsistema de Estación Móvil (MSS).....	46
2.2.5.2 Subsistema de Estación Base (BSS).....	46
2.2.5.3 Subsistema de Conmutación y Red (NSS)	48
2.2.5.4 Nodo de Soporte de Servicio GPRS (SGSN).....	51
2.2.5.4.1 Área de Servicio SGSN.....	52
2.2.5.5 Nodo de Soporte de Entrada GPRS (GGSN)	53
2.2.5.6 Subsistemas de Mantenimiento y Operación (OMSS).....	54
2.2.6 ELEMENTOS ADICIONALES DEL SISTEMA GPRS.....	54
2.2.7 REDES GPRS	55
2.2.7.1 Redes Internas	55
2.2.7.1.1 Red SS7.....	55
2.2.7.1.2 Redes Backbone.....	55
2.2.7.2 Redes externas (Internet).....	56
2.2.7.2.1 APN (Nombre del Punto de Acceso).....	56
2.2.7.2.2 Tipo de Acceso en Redes Externas.....	56
2.2.8 INTERFACES Y PROTOCOLOS DE LA RED	57
2.2.8.1 Interfaces de la Red GPRS	57
2.2.8.2 Protocolos del Plano de Transmisión	58
2.2.8.2.1 Capa de Aplicación	59
2.2.8.2.2 Capa Red.....	59
2.2.8.2.3 Protocolo GPRS	59
2.2.8.2.4 GTP (Protocolo de Túnel GPRS).....	60
2.2.8.2.5 SNDCP (Protocolo de Convergencia Dependiente de Subred).....	61
2.2.8.2.6 BSSGP (Protocolo BSS GPRS).....	61
2.2.8.2.7 NS (Protocolo de Servicio de Red).....	61
2.2.8.3 Capa Enlace de Datos	61
2.2.8.3.1 Relay.....	61
2.2.8.3.2 Subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC).....	62
2.2.8.3.3 Subcapa de Control del Enlace Radio y Control de Acceso al Medio (RLC/MAC)	62
2.2.8.4 Capa Física	63

2.2.8.4.1 Subcapa de enlace físico (PLL).....	63
2.2.8.4.2 Subcapa física de radio frecuencia (RFL)	63
2.2.8.5 Flujo de Datos.....	63
2.2.8.6 Protocolos del Plano de Señalización.....	64
2.4.8.6.1 Señalización entre MS y SGSN.....	64
2.2.8.6.2 Protocolo GMM (Protocolo de Administración de Movilidad de GPRS).....	65
2.2.8.6.3 Protocolo SM (Protocolo de Administración de Sesión)	65
2.2.8.6.4 Señalización entre SGSN y MSC.....	65
2.2.8.6.5 Señalización entre SGSN y los registros HLR, EIR	65
2.2.9 SUBSISTEMA RADIO EN GPRS.....	66
2.2.9.1 Interfaz de Radio GPRS	66
2.2.9.2 Canales Físicos y Acceso Múltiple TDMA.....	67
2.2.9.3 Canales Lógicos.....	68
2.2.9.4 Mutitrama (MF52).....	70
2.2.9.5 Mapeo de Canales Lógicos sobre Canales Físicos	70
2.2.9.6 Esquemas de Codificación	71
2.2.9.7 Transferencia de Datos (UP-LINK)	73
2.2.9.8 Transferencia de Datos (DOWN-LINK)	74
2.2.10 FUNCIONALIDADES DE LA RED GPRS	74
2.2.10.1 Gestión de la Movilidad	74
2.2.10.1.1 Conexión al Sistema GPRS (ATTACH GPRS).....	74
2.2.10.1.2 Desconexión del Sistema (GPRS Detach).....	76
2.2.10.1.3 Estados de Movilidad.....	77
2.2.11 GESTIÓN DE LA LOCALIZACIÓN	78
2.2.11.1 Actualización de Celda.....	79
2.2.11.2 Actualización de RA intraSGSN	79
2.2.11.3 Actualización RA interSGSN.....	80
2.2.12 GESTIÓN DE SESIÓN	81
2.2.12.1 Activación del Contexto PDP.....	81
2.2.12.2 Modificación y Desactivación del Contexto PDP.....	82
2.2.13 CALIDAD DE SERVICIO (QoS)	83
2.2.14 GESTIÓN DE SEGURIDAD	84
2.2.14.1 Autenticación.....	84
2.2.14.2 Cifrado	85
2.2.15 TARIFICACIÓN	86
2.2.16 SERVICIOS QUE OFRECE LA RED GPRS.....	87
2.2.16.1 Servicios de GPRS para el Usuario	87
2.2.16.2 Formas de Acceso a los Servicios GPRS	88
2.2.16.3 Tipos de Servicios GPRS	88
2.2.16.3.1 PTP (Point to Point).....	88
2.2.16.3.2 PTM (Point to Multipoint)	89
2.2.17 APLICACIONES DE LA RED GPRS.....	89

2.2.18 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA RED GPRS.....	90
2.2.18.1 Ventajas de GPRS para el Usuario.....	90
2.2.18.2 Ventajas de GPRS para la Operadora.....	91
2.2.18.3 Desventajas de la Red GPRS.....	91
2.2.19 CONSIDERACIONES FINALES	92

CAPÍTULO 3..... 95

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS.... 95

3.1 SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA GPRS.....95

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS EN LAS ESTACIONES REMOTAS	96
3.1.1.1 Descripción de los Sensores Instalados en la Estación Remota	97
3.1.1.1.1 <i>Sensor de Temperatura y Humedad Relativa</i>	97
3.1.1.1.2 <i>Sensor de Precipitación</i>	98
3.1.1.2 Equipo Almacenador de Datos (Datalogger).....	99
3.1.1.2.1 <i>Bus de Campo</i>	101
3.1.1.2.2 <i>Número de Canales</i>	104
3.1.1.2.3 <i>Alimentación</i>	105
3.1.1.2.4 <i>Almacenamiento de Datos</i>	105
3.1.1.2.5 <i>Comunicaciones</i>	106

3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA GPRS.....107

3.2.1 DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA CELULAR DE LA RED GPRS .	108
3.2.1.1 Servicio de la Operadora Movistar	108
3.2.1.2 Servicio de la Operadora Porta (CONECEL).....	109
3.2.2 COBERTURA GPRS PARA LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS	112
3.2.3 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA RED.....	125
3.2.4 ANÁLISIS DEL TRÁFICO PRODUCIDO POR EL SISTEMA DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO DURANTE LA TRANSMISIÓN DE DATOS	127
3.2.4.1 Cálculo del Volumen de Datos Capturados.....	127
3.2.4.2 Cálculo del Volumen de Tráfico para el Tiempo de Muestreo de 1 y 10 minutos	128
3.2.4.3 Cálculo de la Cantidad de Datos Almacenados en el Datalogger	128
3.2.4.4 Cantidad de Datos de acuerdo al Número de Parámetros	129

3.2.4.5 Cálculo del Ancho de Banda requerido para la Red de Transmisión de Datos Remotos.....	130
3.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE COMUNICACIONES.....	131
3.3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA EL EQUIPO DE TRANSMISIÓN EN LAS ESTACIONES REMOTAS	132
3.3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA EL EQUIPO DE RECEPCIÓN EN LA ESTACIÓN CENTRAL.....	134
3.4 SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA EL ENLACE DE COMUNICACIONES.....	134
3.5 FUENTES DE ALIMENTACIÓN	138
3.6 PROTECCIÓN DEL SISTEMA	140
3.7 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EN LA ESTACIÓN CENTRAL	141
3.8 DISEÑO DE LA CONEXIÓN A LA RED GPRS.....	144
3.8.1 MÉTODO DE CONEXIÓN 1	144
3.8.2 MÉTODO DE CONEXIÓN 2	145
3.9 CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA TRANSMITIR Y RECIBIR INFORMACIÓN	148
3.9.1 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE DE APLICACIÓN GEALOG FOR WINDOWS	148
3.9.1.1 Configuración de los Parámetros para las Estaciones Remotas	149
3.9.1.2 Configuración de Parámetros para los Sensores	151
3.9.1.3 Configuración de los Parámetros Generales de Comunicaciones	152
3.9.1.3.1 <i>Modo de Programación</i>	152
3.9.1.3.2 <i>Modo de Recopilación Remota de Datos</i>	156
3.9.1.4 Representación de los Datos Almacenados	157
3.9.2 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN MULTITECH	159

3.9.2.1 Configuración del Software del Multimódem Transmisor ubicado en la Estación Remota.....	162
3.9.2.1.1 Configuración del Protocolo IP.....	163
3.9.2.1.2 Configuración del Protocolo PP.....	166
3.9.2.1.3 Configuración Network & Services.....	170
3.9.2.1.4 Configuración de Packet Filters.....	172
3.9.2.2 Configuración del Software en el Multimódem Receptor ubicado en la Estación Central.....	175
3.9.2.2.1 Configuración de IP Setup.....	176
3.9.2.2.2 Configuración Network & Services.....	179
3.9.2.2.3 Configuración de Packet Filters.....	179

CAPITULO 4..... 182

VALIDACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED DE

TRANSMISIÓN DE DATOS..... 182

4.1 INSTALACIÓN DE LAS ESTACIONES DE PRUEBA.....182

4.2 PRUEBAS DE CONECTIVIDAD.....185

4.2.1 COMANDO PING.....	185
4.2.2 COMANDO TRACEROUT.....	187
4.2.3 COMANDO NETSTAT.....	187

4.3 PRUEBAS DEL SISTEMA Y RESULTADOS.....188

4.3.1 OBTENCIÓN DE LOS DATOS ALMACENADOS.....	188
4.3.2 RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL PERÍODO DE MUESTREO..	191
4.3.3 RESULTADOS GRAFICOS.....	193
4.3.4 RESULTADOS OBTENIDOS A TRAVÉS DE LA PÁGINA WEB DEL DATALOGGER.....	196

4.4 ESTADÍSTICAS DEL ENLACE DE COMUNICACIONES.....198

CAPÍTULO 5..... 203

ANÁLISIS DE COSTOS..... 203

5.1 COSTO DE EQUIPOS Y PARTES.....	203
5.2 COSTO DEL SERVICIO GPRS	204
5.2.1 COSTOS DE LA RED DE DATOS UTILIZANDO LA CONEXIÓN DE ÚLTIMA MILLA HACIA LA ESTACIÓN CENTRAL	205
5.2.2 COSTOS DE LA RED DE DATOS UTILIZANDO LA RED GLOBAL DE BTS HACIA LA ESTACIÓN CENTRAL.....	206
5.3 COSTOS DEL USO MENSUAL DE LA RED GSM/GPRS	207
CAPÍTULO 6.....	210
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	210
6.1 CONCLUSIONES	210
6.2 RECOMENDACIONES	214
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	217
ANEXOS	225

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Caseta Meteorológica.....	7
Figura 1.2 Equipos para la Medición de la Temperatura	8
Figura 1.3 Geotermómetro	9
Figura 1.4 Esquema de la Veleta o Aspa de Wild	10
Figura 1.5 Heliógrafo	11
Figura 1.6 Tipos de fajas que se utilizan en el interior de los heliógrafos	12
Figura 1.7 Esquema de un Pluviógrafo con sus partes.....	13
Figura 1.8 Esquema de un Psicrómetro	14
Figura 1.9 Tanque de Evaporización.....	15
Figura 1.10 Barómetro	16
Figura 1.11 Diagrama de Bloques de la Estación Hidrometeorológica Automática.....	18
Figura 1.12 Ubicación Geográfica de las Estaciones Meteorológicas	24
Figura 1.13 Diagrama de las posibilidades de comunicación de las estaciones remotas	28
Figura 1.14 Esquema Gráfico del Enlace de Transmisión de Datos	31

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Diseño de la red GPRS	36
Figura 2.2 Transmisión de paquetes sobre la red GPRS	42
Figura 2.3 Arquitectura de red GPRS sobre GSM y conexión al resto de redes	45
Figura 2.4 Área de servicio del nodo SGSN	52
Figura 2.5 Redes Backbone del Sistema GPRS	55
Figura 2.6 Interfaces que intervienen en la red GSM – GPRS.....	57
Figura 2.7 Esquema Plano de Transmisión	59
Figura 2.8 Bloque de datos RLC	62
Figura 2.9 Flujo de datos en el Plano de Transmisión	64
Figura 2.10 Señalización entre MS y SGSN	65
Figura 2.11 Señalización entre SGSN y HLR, EIR.....	66
Figura 2.12 Canales Físicos de una Trama TDMA-GPRS	67
Figura 2.13 Multitrama del Sistema GPRS	70
Figura 2.14 Procedimiento de codificación.....	72
Figura 2.15 Proceso de transferencia de datos (Up-Link)	73
Figura 2.16 Proceso de transferencia de datos (Down-Link)	74
Figura 2.17 Proceso de conexión al Sistema GPRS.....	75
Figura 2.18 Proceso de desconexión del Sistema GPRS iniciado por la MS.....	76
Figura 2.19 Estados y transiciones de la movilidad	77
Figura 2.20 Proceso para la actualización de celda	79
Figura 2.21 Actualización de RA intraSGSN	80
Figura 2.22 Actualización de RA interSGS	80
Figura 2.23 Diagrama para activar el contexto PDP	82

Figura 2.24 Generación de Tripletas de Autenticación	85
Figura 2.25 Comparación de los diferentes servicios que ofrece GPRS	88

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Esquema de transmisión de datos a través del módem GSM/GPRS	96
Figura 3.2 Estación Hidrometeorológica Remota	97
Figura 3.3 a) Sensor de Temperatura, b) Sensor de Humedad Relativa y c) Protector de Radiación Solar y Lluvia	98
Figura 3.4 Sensor de Precipitación	99
Figura 3.5 Equipo Almacenador de Datos	100
Figura 3.6 a) Vista Frontal del Tablero de Puertos del Datalogger, b) Vista Posterior del Tablero de Puertos del Datalogger	100
Figura 3.7 Bus de Campo FB1 instalado en el datalogger	102
Figura 3.8 Estructura de la estación de medida con el interfaz RS485	102
Figura 3.9 Mapa de Cobertura MOVISTAR	110
Figura 3.10 Mapa de Cobertura PORTA	111
Figura 3.11 Esquema del Equipo Portátil.....	113
Figura 3.12 Cobertura GPRS para la Estación EL ANGEL.....	114
Figura 3.13 Cobertura GPRS para la Estación OTAVALO.....	115
Figura 3.14 Cobertura GPRS para la Estación SAN GABRIEL.....	116
Figura 3.15 Cobertura GPRS para la Estación INGUINCHO.....	116
Figura 3.16 Cobertura GPRS para la Estación TOMALÓN	117
Figura 3.17 Cobertura GPRS para la Estación IZOBAMBA.....	117
Figura 3.18 Cobertura GPRS para la Estación LA TOLA	118
Figura 3.19 Cobertura GPRS para la Estación RUMIPAMBA.....	119
Figura 3.20 Cobertura GPRS para la Estación PILLARO	119
Figura 3.21 Cobertura GPRS para la Estación QUEROCHACA	120
Figura 3.22 Cobertura GPRS para la Estación GUASLÁN	121
Figura 3.23 Cobertura GPRS para la Estación CHUNCHI.....	121
Figura 3.24 Cobertura GPRS para la Estación PAUTE	122
Figura 3.25 Cobertura GPRS para la Estación GUALACEO	122
Figura 3.26 Cobertura GPRS para la Estación CAÑAR	123
Figura 3.27 Cobertura GPRS para la Estación SARAGURO	123
Figura 3.28 Cobertura GPRS para la Estación LA ARGELIA	124
Figura 3.29 a) Vista frontal Multimódem, b) Vista posterior Multimódem.....	137
Figura 3.30 Fuente principal de energía (batería).....	139
Figura 3.31 Fuente alternativa de energía “Panel Solar”.....	140
Figura 3.32 Diagrama de Bloque de la Fuente de Alimentación.....	141
Figura 3.33 Elementos de la Estación Central.....	142
Figura 3.34 Diseño de la Red de Datos utilizando la conexión de Última Milla hacia la Estación Central	146
Figura 3.35 Diseño de la Red de Datos utilizando la Red Global de BTS hacia la Estación Central.....	147
Figura 3.36 Ventana de configuración de los parámetros para la estación remota	149
Figura 3.37 Ventana de configuración de los parámetros de acceso en la estación remota	150

Figura 3.38 Ventana de configuración de los parámetros de tiempo en la estación remota	150
Figura 3.39 Ventana de configuración de los parámetros para los sensores	151
Figura 3.40 Ventana para la selección del medio de comunicación entre la Computadora y el Almacenador de Datos	153
Figura 3.41 Ventana de configuración para los parámetros del puerto serial	153
Figura 3.42 Ventana para configurar los parámetros de la topología del Almacenador de Datos	154
Figura 3.43 Ventana de configuración de las retransmisiones de datos de las estaciones ..	154
Figura 3.44 Ventana de configuración General del Puerto Serial	155
Figura 3.45 Ventana de Configuración de los Parámetros para el Puerto Ethernet en la Estación Remota	156
Figura 3.46 Ventana de Ingreso de la Dirección IP del Almacenador de Datos	156
Figura 3.47 Ventana del Ingreso de la dirección IP para recopilar los datos remotamente	157
Figura 3.48 Representación gráfica de los datos obtenidos a través de un sensor	158
Figura 3.49 Representación numérica de los datos obtenidos a través de un sensor	158
Figura 3.50 Pantalla de ingreso a la página WEB del multimódem.....	159
Figura 3.51 Ventana del Ayudante de Configuración “Wizard Setup” del Multimódem de la Estación Remota.....	162
Figura 3.52 Ventana de Configuración General del Protocolo IP del Multimódem de la Estación Remota.....	164
Figura 3.53 Ventana de Configuración del Protocolo HTTP del Multimódem de la Estación Remota.....	165
Figura 3.54 Ventana de Configuración Remota del Multimódem de la Estación Remota	166
Figura 3.55 Ventana de Configuración para el Protocolo PPP del Multimódem Transmisor/Receptor.....	168
Figura 3.56 Ventana de Configuración de Red del Multimódem en la Estación Remota.....	170
Figura 3.57 Ventana de Configuración de Servicios del Multimódem en la Estación Remota.....	171
Figura 3.58 Ventana de Configuración para la opción Packet Filters del Multimódem en la Estación Remota.....	172
Figura 3.59 Ventana de Configuración para la opción DNAT del Multimódem de la Estación Remota.....	174
Figura 3.60 Ventana de Configuración para la opción ICMP del Multimódem Transmisor/Receptor.....	175
Figura 3.61 Ventana del Ayudante “ Wizard” de Configuración del Multimódem de la Estación Central	176
Figura 3.62 Ventana de Configuraciones Generales de IP del Multimódem en la Estación Central	177
Figura 3.63 Ventana de Configuración del Protocolo HTTP del Multimódem en la Estación Central	178
Figura 3.64 Ventana de Configuración Remota del Multimódem en la Estación Central	178
Figura 3.65 Ventana de Configuración de Red del Multimódem en la Estación Central	179

Figura 3.66 Ventana de Configuración de Packet Filters del Multimódem en la Estación Central	180
Figura 3.67 Ventana de Configuración DNAT del Multimódem en la Estación Central	181

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 Esquema de la instalación de la Red de Prueba	184
Figura 4.2 Pantalla del comando PING entre la PC central y el multimódem receptor....	186
Figura 4.3 Pantalla del comando PING entre la PC central y el multimódem transmisor	186
Figura 4.4 Pantalla del comando TRACEROUT	187
Figura 4.5 Pantalla del comando NETSTAT	188
Figura 4.6 Pantalla de submenú Station	189
Figura 4.7 Pantalla de transmisión de parámetros.....	189
Figura 4.8 Pantalla de transferencia de datos en la estación central.....	190
Figura 4.9 Pantalla de submenú Edit.....	190
Figura 4.10 Selección de las variables de la estación remota de prueba.....	190
Figura 4.11 Gráfico de la variable de Precipitación	193
Figura 4.12 Gráfico de la variable de Humedad Relativa	194
Figura 4.13 Gráfico de la variable de Temperatura.....	194
Figura 4.14 Gráfico de la variable de Temperatura Interna del datalogger.....	195
Figura 4.15 Gráfico de la variable de Voltaje de la Batería	195
Figura 4.16 Gráfico de la variable de Voltaje de Backup	196
Figura 4.17 Pantalla de ingreso a la página Web del Datalogger.....	197
Figura 4.18 Pantalla principal de la Web del Datalogger.....	197
Figura 4.19 Pantalla de Estadísticas del Puerto Ethernet	198
Figura 4.20 Pantalla de Estadísticas del Protocolo PPP	199
Figura 4.21 Pantalla de Estadísticas del Puerto Ethernet	200
Figura 4.22 Pantalla de Estadísticas del Protocolo PPP	201

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1 Características técnicas del Sensor de Temperatura y Humedad	19
Tabla 1.2 Características técnicas del Sensor de Temperatura del Suelo.....	19
Tabla 1.3 Características técnicas del Sensor de Viento	20
Tabla 1.4 Características técnicas del Sensor de Presión Barométrica	20
Tabla 1.5 Características técnicas del Sensor de Radiación Solar	21
Tabla 1.6 Características Técnicas del Sensor de Precipitación.....	21
Tabla 1.7 Situación Geográfica de las Estaciones a interconectar	23

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1 Capacidad Multislots del Sistema GPRS	41
Tabla 2.2 Canales del Sistema GPRS	69
Tabla 2.3 Canales del Sistema GPRS.....	72
Tabla 2.4 Clases de QoS en GPRS	84

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1 Distribución del Tablero de Puertos en el Almacenador de Datos.....	101
Tabla 3.2 Sistema de Conexión de Energía	103
Tabla 3.3 Distribución de las variables en el Almacenador	104
Tabla 3.4 Cobertura GPRS en las Estaciones Hidrometeorológicas.....	135
Tabla 3.5 Características Técnicas del Multimódem Multitech.....	135
Tabla 3.6 Parámetros para los Sensores configurados en el Almacenador de Datos	152
Tabla 3.7 Rango de respuesta del módem con respecto a la Señal de Potencia.....	160
Tabla 3.8 Verificación de Registro del Módem en la Red Inalámbrica	161
Tabla 3.9 Parámetros configurados en el multimódem	161
Tabla 3.10 Parámetros configurados en la opción Wizard Setup del Multimódem de la Estación Remota.....	163
Tabla 3.11 Parámetros configurados para el Protocolo IP en el Multimódem de la Estación Remota.....	165
Tabla 3.12 Parámetros configurados para el Protocolo PPP del Multimódem Transmisor/Receptor.....	169

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1 Recopilación de datos de la estación remota de prueba a través de la red GPRS	192
--	-----

CAPÍTULO 5

Tabla 5.1 Precios del Equipo de Comunicaciones	204
Tabla 5.2 Costos de Instalación de Enlace de Datos – Estación Central	205
Tabla 5.3 Costos de Prestación de Transmisión de Datos	205
Tabla 5.4 Costos de Activación Del Servicio.....	206
Tabla 5.5 Costos de Prestación del Servicio de Transmisión de Datos GPRS.....	206
Tabla 5.6 Tabla de Consumo por la Prestación del Servicio de Transmisión de Datos GPRS	207
Tabla 5.7 Costo mensual de la utilización de la red GPRS	208
Tabla 5.8 Costo Total mensual de la utilización de la red GPRS.....	208
Tabla 5.9 Costo mensual del servicio GPRS para la totalidad de estaciones de la red de transmisión de datos.....	209

RESUMEN

La provisión de un sistema de comunicaciones entre las diferentes estaciones hidrometeorológicas del país que posibilite un sistema de transmisión de datos en tiempo real y así mejorar el funcionamiento de la red para la prevención de desastres naturales, es una de las necesidades del INAMHI, que se pretende satisfacer con la realización de este proyecto.

Tomando en consideración lo expresado, el presente proyecto propone el diseño de una red de transmisión de datos sobre GPRS para que estaciones de adquisición de datos hidrometeorológicos se comuniquen inalámbricamente con una estación central de procesamiento de información en forma automática.

Para el proceso de diseño se empezó con el análisis del equipo encargado de la detección y monitoreo de las variables hidrometeorológicas de interés, análisis de las posibilidades para su envío, procesamiento, almacenamiento y análisis del funcionamiento de la estación central de registro.

Del análisis realizado se identificó que se deben transportar bytes correspondientes a 17 estaciones remotas. Con este resultado se corroboró que se podía emplear la red GPRS que provee un ancho de banda total de 171 Kbps.

La implementación del sistema de comunicaciones consistió en conectarse a la red celular GPRS utilizando módems GPRS. En la estación central se configuró el software propietario para que pueda capturar y procesar los datos enviados por las estaciones remotas. Para alcanzar la red GPRS desde la estación central ubicada en el INAMHI se seleccionó entre dos alternativas: la primera por medio de un canal dedicado y la segunda a través de las estaciones base más cercanas de la operadora, la opción escogida fue la segunda por su bajo costo.

Los resultados obtenidos demostraron que la red diseñada cubre las necesidades de comunicaciones requeridas por el INAMHI, demostrando que el proyecto es una solución viable para mejorar el sistema de comunicaciones hidrometeorológico entre diferentes estaciones ubicadas a lo largo del país.

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se realiza el diseño de la red inalámbrica de transmisión de datos sobre GPRS que permita integrar las diferentes estaciones hidrometeorológicas remotas que operan en las Provincias del Callejón Interandino del Ecuador hacia la Estación Central ubicada en la ciudad de Quito. Con el fin de transmitir en tiempo real la información recopilada por los diferentes sensores de la estación remota, para procesar e interpretar los datos que necesita conocer el país para salvaguardar la vida humana y los bienes materiales de posibles desastres naturales.

Para cumplir con este objetivo y desarrollar de la mejor manera cada uno de los temas se ha dividido el trabajo como sigue a continuación:

En el CAPÍTULO 1 se presenta los antecedentes, misión, visión y situación actual del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI; así como, la descripción general de los equipos e instrumentación del sistema de estaciones manuales y automáticas existentes. Se incluye las coordenadas y ubicación geográfica de las estaciones remotas a interconectarse y los requerimientos del sistema hidrometeorológico.

Se presenta también una definición de los diferentes sistemas de transmisión de datos remotos como son: Radio, Satélite, Telefonía Móvil y Redes Inalámbricas, analizando sus principales características para seleccionar la mejor alternativa para el diseño de la red de comunicaciones.

En el CAPÍTULO 2 se definen los conceptos básicos del Sistema General de Paquetes Vía Radio GPRS como alternativa para Telemetría. Se incluye características técnicas como: compatibilidad con la infraestructura actual (GSM), fundamentos de transmisión de paquetes, arquitectura, protocolos e interfaces de comunicación, interfaz aire del sistema GPRS, funcionalidades, servicios, aplicaciones, ventajas y desventajas que ofrece GPRS en la red.

En el CAPÍTULO 3 se realiza el diseño de la red de comunicaciones, para lo cual se presenta la cobertura GPRS proporcionada por las diferentes operadoras celulares y en base a esta información se selecciona la operadora con las mejores características.

Se realiza un análisis para determinar si las estaciones remotas y la estación central se encuentran dentro de la cobertura de la operadora celular seleccionada y se presenta los diagramas de cobertura desarrollados sobre el software de análisis del espectro llamado PathLoss (Perfiles y Análisis Radioeléctrico). Se realiza un análisis del tráfico producido por el sistema de monitoreo hidrometeorológico durante la transmisión de datos.

También se describe los equipos que forman parte de las estaciones remotas como son: sensores, almacenador de datos, fuentes de energía y protección del sistema; así como, el equipo de la estación central. Luego se presenta los criterios para la selección del equipo de comunicaciones y en base a estos criterios se elige el equipo que se ajusta a los requerimientos solicitados.

Se incluye dos métodos para el diseño de la red GPRS proporcionados por la operadora seleccionada. Para finalizar se realiza la configuración del equipo almacenador de datos; así como la configuración del módem utilizados para la transmisión y recepción de la información.

En el CAPÍTULO 4 se presenta una implementación de prueba de la red para las estaciones de la ciudad de Quito, utilizando las configuraciones realizadas anteriormente. Luego se realizan pruebas de conectividad entre los equipos ubicados en la estación central y estación remota. De esta manera se procede a obtener los datos almacenados en el datalogger. Finalmente se analizan los resultados y estadísticas del sistema de comunicaciones, para validar el diseño propuesto y corregir posibles defectos.

En el CAPÍTULO 5 se realiza el análisis de costos referenciales para una futura implementación de la red. El cual incluye costos de los equipos de comunicaciones, costo mensual de las dos alternativas del uso de la red GPRS,

costos de instalación y mantenimiento. Análisis de la mejor alternativa económica de acuerdo a las necesidades y recursos que posee el INAMHI.

Finalmente, en el CAPÍTULO 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

1.1 GENERALIDADES [1]

Los grandes cambios ambientales de los últimos tiempos alrededor del mundo y, sobre todo, la apreciable influencia que tiene en las actividades de los seres vivos, como consta en muchas de las investigaciones realizadas hasta la fecha, han provocado el interés de la comunidad científica mundial. Producto de este interés, en el Ecuador se creó en el año de 1961 el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), organismo técnico, adscrito al Ministerio de Energía y Minas. Fue creado para cubrir una necesidad y un derecho fundamental de la comunidad, con capacidad y la obligación de suministrar información sobre el tiempo, el clima y los recursos hídricos, datos que necesita conocer el país para la protección de la vida humana y los bienes materiales.

El INAMHI opera y mantiene la infraestructura nacional de estaciones meteorológicas e hidrológicas. Empleando la ciencia y tecnología actuales, vigila, pronostica y difunde la información hidrometeorológica para emitir alertas tempranas en todo el territorio marítimo y continental ecuatoriano, evitando con esto reducir las pérdidas humanas, materiales y proteger al medio ambiente.

1.1.1 VISIÓN

Liderar el sector hidrometeorológico nacional y mantener la representación internacional del Ecuador en calidad de entidad científica, técnica especializada y autónoma, contribuyendo al desarrollo sustentable del país en cumplimiento de la política de competitividad y productividad impulsada por el Gobierno Nacional.

1.1.2 MISIÓN

Ejercer la rectoría y normalización del sector hidrometeorológico nacional, con representación internacional, para así satisfacer oportunamente las necesidades de información, productos y servicios hidrometeorológicos, de los usuarios nacionales e internacionales, generando productos científico-técnicos de calidad y brindando servicios de excelencia.

Una de las necesidades más importantes del INAMHI es mejorar las comunicaciones entre las diferentes estaciones meteorológicas e hidrológicas del país, por lo que se requiere realizar un sistema de transmisión de datos en tiempo real y así mejorar el funcionamiento de la red para la prevención de desastres naturales de origen hidrometeorológico, teniendo en cuenta el factor costo-beneficio relacionado al proyecto.

Para satisfacer la necesidad anteriormente señalada, se debe conocer de una manera clara y precisa las necesidades actuales y futuras que tiene el INAMHI en cuanto a comunicaciones se refiere; esto es, ¿qué tipos y volumen de tráfico se generará desde cada uno de los puntos que se pretende interconectar? y ¿cuál es la ubicación geográfica de cada uno de ellos?.

1.2 ANTECEDENTES [1]

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología posee una red Nacional Hidrometeorológica Básica, la misma que está conformada por estaciones que miden los diferentes parámetros tanto meteorológicos como hidrológicos. Esta Red Básica está conformada por:

- 249 estaciones meteorológicas.
- 248 estaciones hidrológicas.

Las cuales se subdividen en estaciones manuales y automáticas, siendo estas últimas, parte del presente estudio. Actualmente existen 27 estaciones automáticas que se encuentran distribuidas en todas las regiones del país.

Una de las actividades principales del INAMHI es la toma de datos meteorológicos e hidrológicos, acción que la realiza a través de los observadores meteorológicos que se encuentran capacitados mediante cursos realizados en el INAMHI.

En lo que se refiere a las estaciones manuales, el dato meteorológico e hidrológico observado es anotado en las libretas entregadas por los Inspectores Meteorológicos a los observadores que se encuentran ubicados en diferentes regiones del país, capturando manualmente la información.

El envío de la información hacia las oficinas centrales del INAMHI se la realiza, en su gran mayoría, trimestralmente, y diariamente por distintos medios: vía radio, mediante uno de los cuatro canales con que cuenta el INAMHI en la banda de HF; como por ejemplo, en la frecuencia de 5.735 MHz, vía llamada telefónica convencional, fax, telefonía celular y actualmente por Internet.

Dichas transmisiones son realizadas diariamente a diferentes horas del día como son: 7 am, 10 am, 1 pm, 4 pm y 7 pm, y recibidas por el personal del departamento de Subproceso de Predicción Meteorológica. Esta información es digitalizada en una aplicación computacional desarrollada para tal efecto y son validadas por el personal de administración de la base de datos que forman parte del área de Informática (Dirección de Desarrollo Organizacional).

Como consecuencia, la información meteorológica se procesa parcialmente y por etapas, encontrándose mucha participación humana. Por lo mismo, el análisis de la información se vuelve lento y la probabilidad de un error se incrementa.

El desarrollo tecnológico de las telecomunicaciones presente en nuestro País ha hecho que el INAMHI busque alternativas que ayuden a una transmisión confiable y segura de la información, desde los distintos puntos del país, creando así el

sistema automático de recepción de información meteorológica (IAT) para lograr una cobertura nacional. Se busca de este modo evitar errores de digitación, errores de dicción o escucha, reducción de costos de inversión y mantenimiento, dando fiabilidad a la información meteorológica registrada.

Entre los pocos sistemas automáticos de recepción de información se encuentran el de imágenes satelitales (GOES y POLAR) y el de las estaciones hidrometeorológicas automáticas (EMAs).

En un proyecto implementado por el INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada) se está utilizando un nuevo tipo de equipo: Módem GPRS, como una buena alternativa de telecomunicaciones para el transporte de datos, por su bajo costo.

Estas experiencias han motivado al INAMHI a pensar en la utilización de registradores (dataloggers) en los que se guardaría la información hidrometeorológica en cada una de las estaciones ubicadas en las diferentes provincias del país, que se conocen como Estaciones Remotas, y desde donde se transmitiría la información hacia un computador personal en las oficinas centrales del INAMHI-IÑAQUITO y empezar a tener así datos en tiempo real.

La implementación de sistemas de telecomunicaciones que utilizan la plataforma celular para la transmisión de información ya digitalizada y procesada (primariamente) desde Pichilingue (Los Ríos) y Puerto Ila (Pichincha) ha demostrado que es viable la aplicación de este modo de envío de datos.

Al momento se tiene un computador dedicado a recibir la información satelital de las estaciones automáticas (EMAs), el mismo que envía la información a la base de datos (en Oracle) al minuto 55 de cada hora, a través de la red. El computador de imágenes satelitales GOES y POLAR se mantiene aislado con el objetivo de no observar la imagen hasta que se cargue completamente, lo que conlleva a tener retrasos en la información transmitida.

Actualmente, la información recopilada en cada una de las estaciones automáticas ubicadas en diferentes zonas del país se queda almacenada en dichas estaciones remotas. Consecuentemente, en una primera aproximación, el objetivo de este proyecto es transportar la información de todas las estaciones del callejón interandino hasta la estación central ubicada en INAMHI-IÑAQUITO, tratando así de mejorar el sistema de comunicaciones y obteniendo información en tiempo real.

De esta forma el INAMHI estaría en camino de cumplir su expectativa de estar a la par con sistemas empleados a nivel mundial, en donde la información hidrometeorológica generada por diferentes y diversas estaciones, se transmiten prácticamente en tiempo real para su procesamiento e interpretación, objetivo que solamente sistemas automáticos de transmisión y procesamiento de información podrían proveer.

1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ESTACIONES MANUALES Y AUTOMÁTICAS DESTINADAS AL MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO [2], [3], [4], [5], [6]

1.3.1 ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Una estación meteorológica mide y registra regularmente diversas variables de fenómenos atmosféricos. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos, como para estudios climatológicos.

Varias de las áreas que abarca la meteorología son por ejemplo: agrometeorología, climatología, aeronáutica, hidrometeorológica y las meteorologías física, dinámica y sinóptica.

Las estaciones meteorológicas se ubican en la superficie de la tierra y deben estar espaciadas de tal manera que sea representativa del sector y garantice una cobertura adecuada. Por ejemplo, la distancia entre estaciones sinópticas principales en la superficie no puede ser superior a los 150 Km.

1.3.2 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DEL CLIMA O METEOROLÓGICAS [2]

La medición de estas variables en su mayoría son variables físicas. Se debe tener un cierto grado de uniformidad con respecto a los parámetros de los instrumentos de medición para obtener resultados comparables de los puntos de observación de la red meteorológica.

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

a) Instrumentos de Medición Analógica



b) Instrumentos de Medición Digital

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



1.3.3 ESTACIONES MANUALES [2], [3], [4], [10]

1.3.3.1 Caseta Meteorológica

Estructura similar a una caja diseñada para proteger los instrumentos de medición de temperatura, de la exposición a la luz directa del sol, proporcionando una ventilación adecuada como se indica en la Figura 1.1. Dentro de ella se instalan los siguientes instrumentos: termómetro de máxima y de mínima, evaporímetro, termógrafo e hidrógrafo.



Figura 1.1 Caseta Meteorológica

1.3.3.2 Medición de la Temperatura

La temperatura es una variable importante del tiempo; debido a la irregular distribución de la energía solar presenta grandes variaciones y esto conlleva a determinar cambios significativos en el tiempo.

La medición de la temperatura se toma con un juego de termómetros instalados en la caseta meteorológica, según una escala térmica previamente determinada (Figura 1.2). Para obtener esta información en la caseta se utilizan los siguientes dispositivos: Termómetro Normal, Termómetro húmedo, Termómetro de Máxima y Termómetro de Mínima.

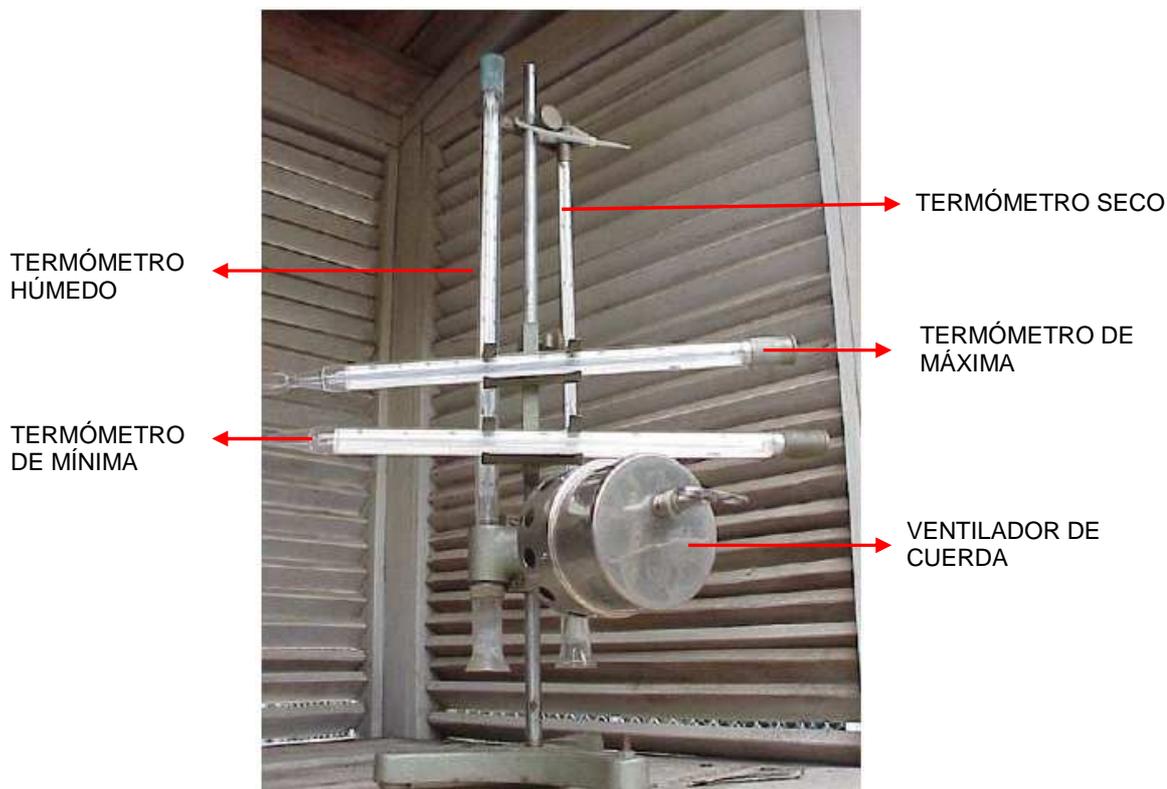


Figura 1.2 Equipos para la Medición de la Temperatura

- *Termómetro Normal.*- Son termómetros mercuriales, se utilizan para medir la temperatura ambiental.
- *Termómetro Húmedo.*- Termómetro de mercurio que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón, empapado de agua. Mide la influencia de la humedad en la sensación térmica¹. Junto con un termómetro ordinario forma un psicrómetro, que sirve para medir la humedad relativa, tensión de vapor y punto de rocío.
- *Termómetro de Máxima.*- Es un termómetro mercurial con un estrangulamiento en el tubo capilar cerca del bulbo o depósito. Cuando la temperatura sube, la dilatación de todo el mercurio del bulbo vence la resistencia opuesta por el estrechamiento, mientras que cuando la temperatura baja y la masa de mercurio se contraen, la columna se rompe por el estrechamiento y su extremo libre queda marcando la temperatura

¹ **SENSACIÓN TÉRMICA (TEMPERATURA EFECTIVA).**- Índice arbitrario determinado empíricamente en función de la temperatura, la humedad, y el viento, relacionado con la impresión fisiológica de calor o de frío sentida por el cuerpo humano.

máxima. La escala tiene una división de $0,5^{\circ}\text{C}$ y el alcance de la misma es de $(-31,5 \text{ a } 51,5)^{\circ}\text{C}$.

- *Termómetro de Mínima.*- Está constituido de alcohol con un índice de vidrio oscuro inmerso en alcohol. Cuando la temperatura baja, el líquido arrastra el índice y se ve forzado a seguir su recorrido de retroceso. Cuando la temperatura sube, el líquido pasa fácilmente entre la pared del tubo y el índice y éste queda marcando la temperatura más baja por el extremo más alejado del bulbo. La escala está dividida cada $0,5^{\circ}\text{C}$ y su amplitud va desde $(-44,5 \text{ a } 40,5)^{\circ}\text{C}$.
- *Geotermómetro.*- Termómetro mercurial que mide la temperatura del suelo a diferentes profundidades como son: 2, 5, 10, 15, 20, 30, 50 y 100 cm. Los geotermómetros se diferencian entre sí por el nivel en el que se halla sumergido su bulbo en la superficie (Figura 1.3).



Figura 1.3 Geotermómetro

1.3.3.3 Medición de la Dirección y la Velocidad del Viento de Superficie

El viento en la superficie es considerado principalmente como una cantidad vectorial bidimensional definida por dos números que representan: la dirección (orientación del vector) y la velocidad (magnitud del vector), ambas consideradas independientemente. Las variaciones del viento están sujetas a variaciones tanto en período como en amplitud; es decir, depende de la orografía de la tierra.

- *Veleta o Aspa de Wild.*- Es un instrumento que sirve para la medición de la dirección y velocidad del viento (Figura 1.4). Consta de una placa metálica que oscila como un péndulo en un eje horizontal a la que va adherida la veleta. Esta consiste en dos placas verticales que tienen un flanco expuesto al flujo del viento, las mismas que determinan de donde proviene el viento. Tienen una escala de 0, 2, 4, 6, 8, 10, 14 y 20 m/s.

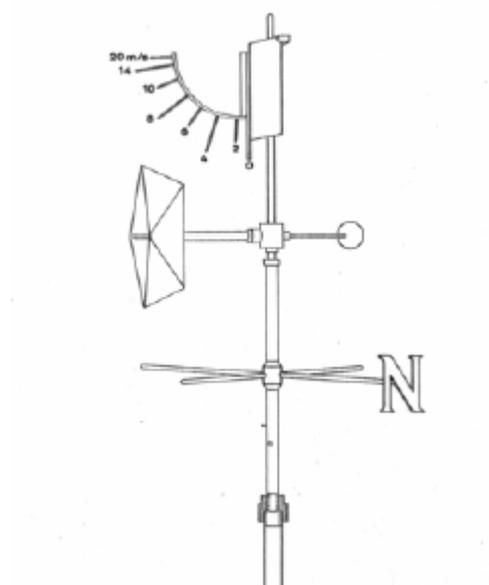


Figura 1.4 Esquema de la Veleta o Aspa de Wild [2]

1.3.3.4 Medición de la Radiación Solar

La radiación solar es la energía emitida por el sol, los principales instrumentos para su medición son:

- *Pirheliómetro.*- Instrumento para medir la radiación solar directa a incidencia normal.
- *Piranómetro.*- Instrumento para medir la radiación solar que emana de todo un hemisferio.

- *Pirgeómetro*.- Instrumento para medir la radiación solar sobre una superficie negra horizontal orientada hacia arriba a la temperatura ambiente.
- *Pirradiómetro*.- Instrumento para medir la radiación solar y terrestre.

Si a un piranómetro se lo coloca una banda metálica o pantalla que interfiera la radiación directa proveniente del sol, entonces registrará la radiación difusa.

$$\text{Radiación Global} = \text{Radiación Directa} + \text{Radiación Difusa}$$

- *Heliógrafos*.- El heliógrafo es un instrumento que se utiliza para medir las horas de sol en un lapso de un día. Consiste en una esfera de cristal que juega el papel de lente concentradora de la luz solar que es concentrada y proyectada a una cartulina en su parte inferior (Figura 1.5). La cartulina se quema de acuerdo a la intensidad de la luz.



Figura 1.5 Heliógrafo

Se usan 3 tipos de fajas diarias colocadas en tres posiciones diferentes (Figura 1.6). Una en verano (A), otra para invierno (B), y otra para las estaciones intermedias (C).

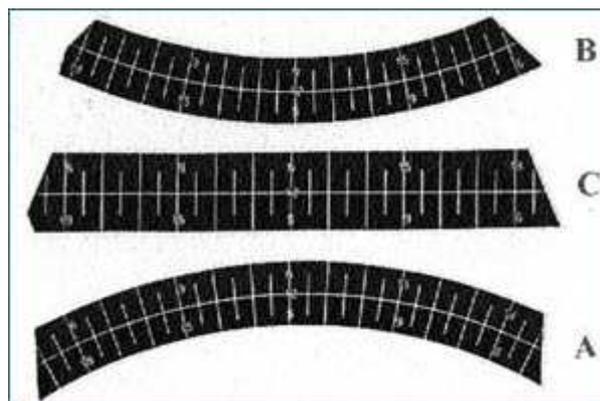


Figura 1.6 Tipos de fajas que se utilizan en el interior de los heliógrafos [2]

1.3.3.5 Medición de la Precipitación

Se define como precipitación al producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes y se deposita en el terreno procedente del aire. Es importante determinar la cantidad, naturaleza y duración de la precipitación. La precipitación que se puede medir, tiene lugar en forma de lluvia o nieve, según la latitud y la estación del año.

Las mediciones de la precipitación se obtienen mediante un dispositivo conocido con el nombre de pluviógrafo.

- *Pluviógrafo.*- El pluviógrafo mide el total de agua que se precipitó, así como el tiempo que demoró en concretarse dicho total, lo que permite calcular la intensidad de la lluvia (Figura 1.7).

La precipitación es recibida en una abertura (A) y conducida a un recipiente (B) que tiene un flotador y un sifón de descarga (C) al recolector (D). El flotador está unido a una pluma registradora (E) que actúa sobre una faja de papel reticulado en horas a lo largo y en mm a lo ancho (F), colocada en un tambor que gira mediante un aparato de relojería. El flotador se levanta a medida que entra el agua al recipiente, esto se transmite a la pluma y se registra en la faja de papel.

El sifón se encuentra regulado de tal forma que funciona cuando haya penetrado el agua equivalente a 10 litros por metro cuadrado. En ese momento se descarga el agua del recipiente y la pluma vuelve al cero de la banda.

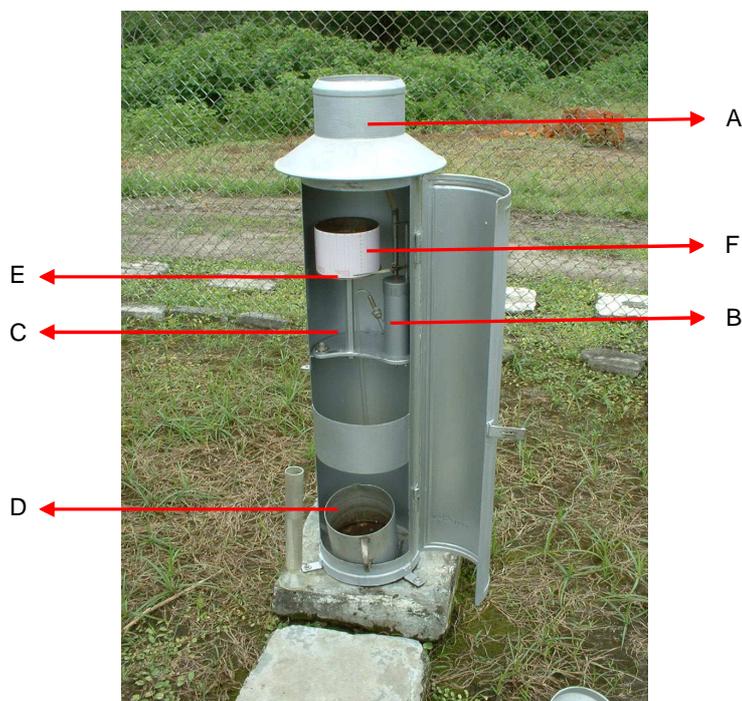


Figura 1.7 Esquema de un Pluviógrafo con sus partes

1.3.3.6 Medición de la Humedad Atmosférica

Se define como la relación, expresada en porcentaje, entre la presión de vapor presente en un ambiente y la presión del mismo vapor de agua cuando ese ambiente se satura, a la misma temperatura y presión.

Las mediciones de la humedad tienen gran importancia por su vinculación con los cambios del estado del agua en la atmósfera.

- *Higrómetro de Cabello.*- Este aparato utiliza las propiedades de los cabellos humanos y de las fibras artificiales, que se dilatan en un ambiente húmedo y se encogen en un ambiente seco. Todos estos cambios de longitud son captados y trasladados a un registro.

- *Psicrómetro.*- El psicrómetro mide el contenido de humedad del aire (Figura 1.8). Se basa en el principio de que el aire seco produce la evaporación del agua, mientras que el aire húmedo la detiene.

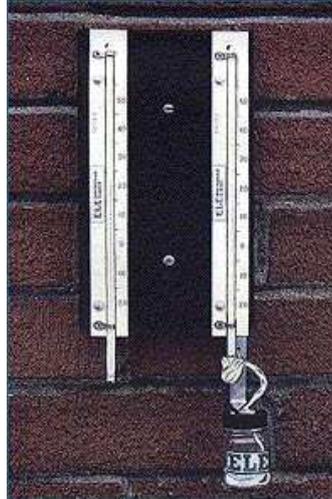


Figura 1.8 Esquema de un Psicrómetro [4]

El psicrómetro tipo AUGUST está constituido por un par de termómetros de mercurio psicrométricos: un termómetro de bulbo seco y un termómetro de bulbo húmedo el mismo que se halla recubierto de gasa.

Mediante tablas psicrométricas previamente calculadas, según la presión de la estación o lugar de medición, se puede obtener los valores de la humedad relativa (HR), punto de rocío (PR) y tensión de vapor (TV).

La diferencia entre ambas medidas está relacionada, para cada temperatura y presión atmosférica, con el contenido de vapor de agua de la atmósfera. Esta diferencia permite el cálculo de la humedad relativa con exactitud.

Cuando la humedad relativa es de 100%, la lectura de ambos termómetros es igual. Cuando hay poca humedad en el aire, la gasa evapora más rápido y se nota más diferencia entre los dos termómetros.

1.3.3.7 Medida de la Evaporación

La medida de la evaporización de las capas de agua libre y del suelo, así como la transpiración del suelo, revisten una gran importancia en los estudios agronómicos e hidrometeorológicos.

El índice de evaporización se define como la cantidad de agua evaporada desde una unidad de superficie durante una unidad de tiempo. La unidad de tiempo es normalmente un día y la altura puede expresarse en milímetros o centímetros.

La evaporización se mide observando el cambio de nivel de la superficie libre del agua en una cubeta o tanque; es decir, se puede medir el descenso del nivel de agua bajo la acción de la evaporización (Figura 1.9)



Figura 1.9 Tanque de Evaporación

1.3.3.8 Medida de la Presión Atmosférica

La presión atmosférica en una superficie dada, es la fuerza por unidad de área que ejerce sobre dicha superficie el peso de la atmósfera que está encima.

- *El Barómetro.-* El barómetro más utilizado es el que contiene un tubo de vidrio montado verticalmente lleno de mercurio. Su principio básico es equilibrar la presión atmosférica con el peso de la columna de mercurio, esto se mide con una escala de unidades de presión. Usualmente tiene adjunto un termómetro (Figura 1.10). La unidad de medida para fines meteorológicos es el hectopascal definido como 100 pascales.

1hectopascal [hPa] = 0.750062 mm de mercurio en condiciones normales



Figura 1.10 Barómetro [4]

1.3.4 ESTACIONES AUTOMÁTICAS [5], [6]

Una estación meteorológica automática (EMA) está definida como una estación que cuenta con el instrumental electrónico para la medición de las variables meteorológicas. Los equipos utilizados consisten básicamente en un conjunto de sensores calibrados para recolectar datos cada período de tiempo determinado en memorias que almacenan los datos hasta que son transferidos a una computadora central a través de programas especiales que procesan y generan las bases de datos respectivas.

Su función principal es medir y almacenar los datos del clima, enlazarse con la estación central de datos, con el fin de mantener un registro centralizado de las mediciones hidrometeorológicas, lo que favorecerá el análisis climatológico.

Actualmente, la información recopilada en cada una de las estaciones automáticas ubicadas en diferentes zonas del país se queda almacenada en dichas estaciones remotas, convirtiéndose en el objetivo principal de este proyecto transportar la información de todas las estaciones del callejón interandino hasta la estación central del INAMHI ubicada en Quito-Iñaquito, para con un buen sistema de comunicaciones proveer información en tiempo real.

1.3.4.1 Instrumentos Registradores

Son aquellos que regularmente guardan las lecturas de los valores de las variables en papel térmico, cinta magnética o en memorias de semiconductores. A veces deben operar bajo condiciones ambientales extremas. Almacenan grandes cantidades de datos, y se las diseña para que consuman poca energía, sean de fácil instalación y mantenimiento.

La estación automática mide las mismas variables que una estación manual pero de una manera automática y sistematizada, entre estas variables se puede nombrar:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Precipitación
- Velocidad y dirección del viento
- Radiación Solar y reflejada
- Temperatura del suelo
- Presión barométrica

Al momento, cada estación automática recopila la información de las variables ambientales, y es un observador el encargado de obtenerla vía transmisión serial a un PC portátil y transmitirla mediante radio, Internet, llamada telefónica, etc. hacia la Estación Central.

Una estación automática de registro y medición de variables hidrometeorológicas en general consta de:

- Sensores
- Unidad de adquisición de datos (UDA)
- Equipo de comunicación
- Fuente principal de energía
- Fuente alterna de energía

En la Figura 1.11 se ilustra en forma simplificada una estación automática típica.

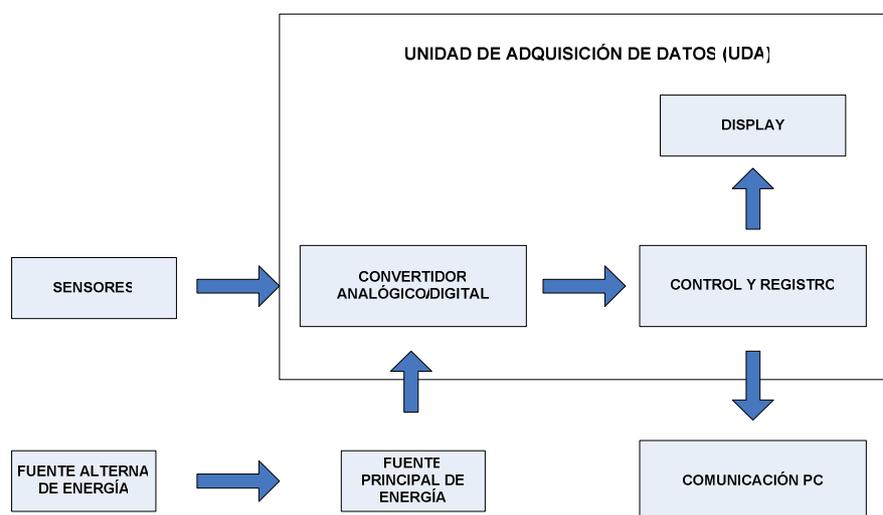


Figura 1.11 Diagrama de Bloques de la Estación Hidrometeorológica Automática

El bloque de los sensores hace referencia a todos los sensores de una estación automática, con su respectivo dispositivo de exploración secuencial. Este multiplexor envía 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 consta de una Fuente de Energía Principal y una Fuente de Energía Alternativa.

1.3.4.2 Descripción de los Sensores de la Estación Automática [5]

1.3.4.2.1 Sensor de Temperatura y Humedad Relativa

Se utiliza un sensor combinado; es decir, un sensor de humedad/temperatura basado en una termo-resistencia RTD, un semiconductor que cambia su resistencia con la variación de la temperatura o la humedad. La variación de la resistencia se traduce a una señal eléctrica que varía de 0 a 5V.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	HUMEDAD RELATIVA	TEMPERATURA
Rango de medida	0.8100% RH	-39.2...+60°C
Requerimientos de poder	7 – 35 VDC	7 – 35 VDC
Precisión de +20 °C	+/-2% HR (0-90)% +/-3% HR (90-100)%	+/- 0.2°C
Tiempo de respuesta	15 segundos	instantáneo

Tabla 1.1 Características técnicas del Sensor de Temperatura y Humedad

1.3.4.2.2 Sensor de la Temperatura del Suelo

Es similar al sensor anterior con la diferencia que la sonda es introducida en el suelo y puede medir temperaturas de -50°C a +50°C.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	SENSOR DE TEMPERATURA DEL SUELO
Máximo rango de medida	-50°C a +50°C
Linealidad	+0.15°C
Precisión	+/-0.1°C
Tiempo de respuesta	20 segundos

Tabla 1.2 Características técnicas del Sensor de Temperatura del Suelo

1.3.4.2.3 Sensor del Viento

Se utiliza un sensor combinado que mide la dirección y la velocidad del viento de manera conjunta. La dirección del viento se mide en función al giro de la veleta que puede girar hasta 360°. El giro de la veleta se transfiere a un sensor tipo

potenciómetro, con el que se genera un voltaje que varía directamente con la dirección del viento en un rango de 0 a 5V.

La velocidad del viento se mide con un sensor tipo anemómetro rotativo de copas. La rotación de las copas a una cierta velocidad proporcional responde a la velocidad del viento y esta se traduce a una señal eléctrica (frecuencia).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	DIRECCIÓN DEL VIENTO	VELOCIDAD DEL VIENTO
Rango de medida	0-110 MPH	Mecánico 0-360° Eléctrico 0-356°
Starting Threshold	0.9mh	0.9mph
Precisión	Menos de 22.7 mph..0.25mph Mayor que 22.7 mph +/-1.1%	De humedad +/- 4°
Rango de temperatura	-30°C a + 70°C	

Tabla 1.3 Características técnicas del Sensor de Viento

1.3.4.2.4 Sensor de Presión Barométrica

Se utiliza un sensor de presión que mide la diferencia entre la presión de un fluido y la presión atmosférica local. Cuando esta fuerza no se encuentra equilibrada por otra igual actuante en la superficie opuesta del elemento sensor, el elemento se deforma o se desplaza.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	SENSOR DE PRESIÓN BAROMÉTRICA
Rango de Temperatura	-40°.....+60°C
Rango de Presión PTB101B	600...1060hPa
Precisión de linealidad	+/-0.45 hPa
Precisión de Repetición	+/-0.05 hPa
Resolución	0.1hPa
Tiempo de Respuesta	300 ms

Tabla 1.4 Características técnicas del Sensor de Presión Barométrica

1.3.4.2.5 Sensor de Radiación

La radiación solar está relacionada con la estabilidad de la atmósfera. El instrumento más utilizado es el piranómetro.

- *Piranómetro.*- Mide la radiación directa y difusa sobre una superficie horizontal. Posee partes pintadas de color negro y blanco, que sirven para determinar una diferencia de temperatura al ser expuestos a la radiación solar a diferentes horas del día, produciendo un voltaje eléctrico proporcional a la radiación solar incidente. El sensor mide también la radiación reflejada, al instalarlo frente a la superficie del suelo.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	SENSOR DE RADIACIÓN
Error de Radiación 0.7°C RMS	2m/s (4.5mph)
Tiempo de Respuesta	18 seg.
Error Direccional	<+/-25% W/m ² a 1000 W/m ²
Sensibilidad	10 – 35 uV / Wm ⁻²
Rango de Temperatura	-40 a +80 °C

Tabla 1.5 Características técnicas del Sensor de Radiación Solar

1.3.4.2.5 Sensor de Precipitación

Para la medición de la cantidad de lluvia se emplea un pluviómetro registrador, que tiene una precisión de resolución en la medida de la báscula de 0.1m. Este sensor genera pulsos eléctricos incluso para cantidades pequeñas de lluvia.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	SENSOR DE PRECIPITACIÓN
Resolución	0.01" a 0.1 mm
Precisión	1.0% a 10mm./hr o menos
Limite de temperatura	+32°F a +125°F
Limite de Humedad	0 a 100%

Tabla 1.6 Características Técnicas del Sensor de Precipitación

1.3.4.3 Equipo de Medición y Registro

Los sensores anteriormente descritos tienen diferentes señales de salida como son: voltaje, corriente, pulsos y frecuencia, estas señales son configurados en el equipo registrador de acuerdo al tipo de sensor que en un momento dado se utilice. De esta manera se obtiene la información de cada variable meteorológica

medida y a su vez es almacenada en el equipo para luego ser transmitida a la oficina central a través de diferentes medios de comunicación.

Actualmente el equipo registrador tiene una capacidad de memoria de 24MB para datos y 8MB para software. Posee terminales que permiten la conexión de: transmisores, interfaces de comunicaciones y fuente de alimentación. El consumo de energía es mínimo por lo que se puede utilizar una unidad solar como fuente de energía alterna.

1.4 COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS A INTERCONECTAR [7]

Una de las partes fundamentales en el diseño del sistema de comunicaciones es determinar la localización geográfica de las estaciones remotas a interconectar, la cual permitirá definir la situación de las estaciones remotas y seleccionar la mejor alternativa para el enlace de comunicaciones.

1.4.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS [7]

Se ha conformado un listado de 17 estaciones meteorológicas que de acuerdo a su localización y disponibilidad de información, pueden generar resultados que representen de mejor forma el comportamiento de los fenómenos atmosféricos extremos, como son las sequías y heladas, dentro del área de estudio.

Las estaciones que se listan en la Tabla 1.7 fueron seleccionadas por el INAMHI buscando obtener una visión general de las condiciones meteorológicas alrededor de las mismas. También proporcionó las coordenadas geográficas (latitud y longitud) que fueron obtenidas con la ayuda de un GPS.

#	COD	NOMBRE	TIPO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	PROVINCIA
1	M001	INGUINCHO	CO	001523 N	782418 W	3140 msnm	IMBABURA
2	M002	LA TOLA	AP	001346 S	782200 W	2480 msnm	PICHINCHA
3	M003	IZOBAMBA	AP	002145 S	783311 W	3058 msnm	PICHINCHA
4	M004	RUMIPAMBA-SALCEDO	AP	010120 S	783530 W	2680 msnm	COTOPAXI
5	M031	CAÑAR	CP	023308S	785643W	3083 msnm	CAÑAR
6	M033	LA ARGELIA-LOJA	AP	040213 S	791211 W	2160 msnm	LOJA
7	M102	EL ANGEL	CO	003708 N	775642 W	3000 msnm	CARCHI
8	M103	SAN GABRIEL	CO	003559 N	774919 W	2860 msnm	CARCHI
9	M105	OTAVALO	CO	001436 N	781500 W	2550 msnm	IMBABURA
10	M127	PILLARO	CO	011028 S	783307 W	2770 msnm	TUNGURAHUA
11	M133	GUASLAN	CO	014403S	783852W	2850 msnm	CHIMBORAZO
12	M136	CHUNCHI	CO	021641S	785531W	2177 msnm	CHIMBORAZO
13	M138	PAUTE	CO	024643S	784601W	2289 msnm	AZUAY
14	M139	GUALACEO	CO	025354S	784650W	2230 msnm	AZUAY
15	M142	SARAGURO	CO	033643 S	791402 W	2525 msnm	LOJA
16	M258	QUEROCHACA	AP	012400S	783500W	2850 msnm	TUNGURAHUA
17	MA2T	TOMALON-TABACUNDO	AP	000200N	781400W	2790 msnm	PICHINCHA

TIPO DE ESTACIONES:

CO: Climatológica Ordinaria

CP: Climatológica Principal

AP: Agrometeorológica Ordinaria

Tabla 1.7 Situación Geográfica de las Estaciones a interconectar

1.4.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

En una primera etapa el proyecto se enfocará en dar apoyo de emergencia para la rehabilitación agrícola de pequeños agricultores afectados por las heladas y sequías en las provincias de: Tulcán, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja, provincias en las cuales se encuentran ubicadas las estaciones climatológicas y agrometeorológicas principales, como se observa en la Figura 1.12.

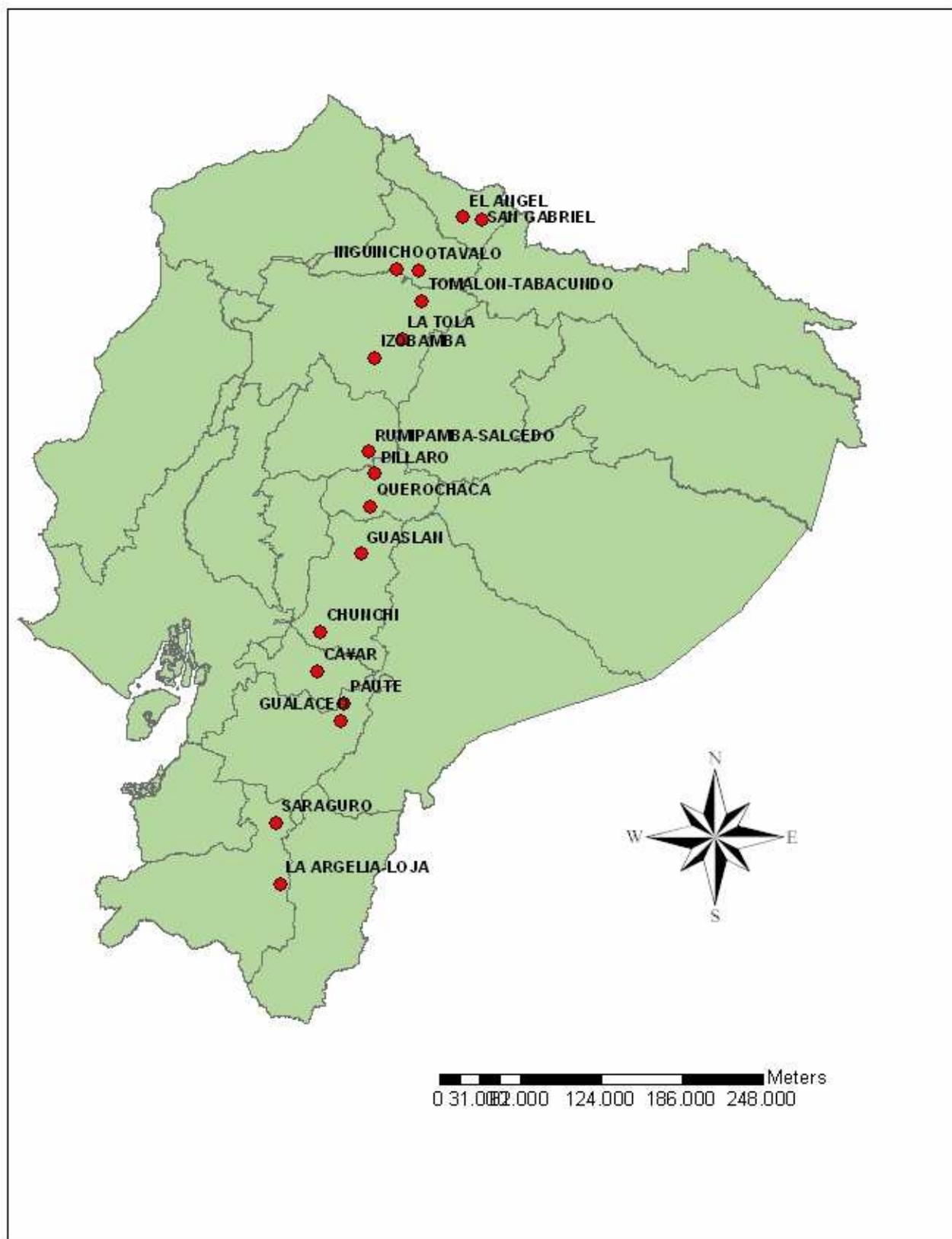


Figura 1.12 Ubicación Geográfica de las Estaciones Meteorológicas

Con este propósito se busca conformar una base de datos sobre parámetros climáticos que sirvan para el estudio y desarrollo de metodologías para la previsión de sequías y heladas para la emisión de alertas tempranas.

1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO [8]

De lo expuesto hasta aquí, se puede deducir que este sistema de monitoreo hidrometeorológico busca recopilar información de manera automática de cada una de las estaciones remotas situadas en diferentes provincias de la Sierra Ecuatoriana hacia la estación central que se encuentra en la provincia de Pichincha (INAMHI - Iñaquito), para obtener datos en tiempo real y poder emitir alertas tempranas de acuerdo a valores umbrales prefijados en el sistema, con el objetivo de mejorar el funcionamiento de la red para la prevención de desastres naturales.

El modo de transmisión de datos deberá ser programable a intervalos de tiempo definidos por los técnicos que estén a cargo del sistema, y de acuerdo a las necesidades del INAMHI.

El sistema de monitoreo centralizado deberá tener la capacidad de recibir información de las estaciones remotas, formar una base de datos y permitir la consulta, edición, graficación y reporte de los mismos. Con esta información se podrá predecir los diferentes cambios climáticos, por lo que se requiere una red de comunicaciones confiable.

El sistema también deberá realizar un monitoreo de posibles fallas como: falta de energía en la fuente principal y de respaldo, aspecto que deberá tomarse en consideración para determinar el ancho de banda que se necesitará para los diferentes enlaces.

Este sistema deberá manejar automáticamente las comunicaciones entre la estación central y las estaciones remotas. La determinación del hardware que permita esta funcionalidad y su respectiva configuración es otro de los objetivos del presente proyecto.

La experiencia indica que los sistemas de comunicaciones tienen un alto índice de fallas en condiciones atmosféricas críticas, por lo que se cuenta como un sistema de seguridad en cada una de las estaciones remotas con un almacenador de datos, que posee suficiente memoria para almacenar la información en caso de que la transmisión de datos falle. El diseño de la red de comunicaciones deberá prever que en ocasiones habrá que transmitir la información almacenada.

1.6 ASPECTOS IMPORTANTES A TOMARSE EN CUENTA EN EL DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES DEL SISTEMA DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO [9]

Para un desarrollo eficaz del diseño de la red de comunicaciones inalámbricas se debe tomar en cuenta varios aspectos importantes como son: características de las estaciones remotas, tiempo de vida de la batería de los equipos, funcionalidad de los datos transmitidos, nivel de seguridad requerido en la red de comunicaciones, tecnología utilizada para la comunicación de la información.

1.6.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES REMOTAS

Son aquellas estaciones que se encuentran ubicadas en diferentes zonas del país. Se encuentran conformadas por sensores electrónicos de medición de las variables hidrometeorológicas entre ellas: temperatura, humedad, precipitación, velocidad del viento, etc. Cada uno de los sensores están conectados al almacenador de datos denominado también "DATALOGGER", a través de la interfaz RS-485. El datalogger posee dos interfaces de comunicación: RS-232 y Ethernet. Mediante ellos se puede realizar el envío de la información almacenada

remotamente hacia la estación central de manera automática, utilizando el software de obtención de datos propio del datalogger.

Existen varios medios para la transmisión de datos que son compatibles con el datalogger como son: Vía radio enlace, vía RS-232, vía módem, vía satélite, etc. Por lo que una parte fundamental del diseño del enlace de comunicaciones es la relación entre el datalogger y los medios de transmisión como son: requisitos funcionales y técnicos de ambas.

1.6.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE LAS ESTACIONES REMOTAS (TIEMPO DE VIDA DE LAS BATERÍAS)

Consideración importante de la red de comunicaciones inalámbrica, puesto que afecta directamente al funcionamiento de las estaciones remotas y a la transmisión de sus datos.

Al estar localizadas las estaciones remotas en lugares poco accesibles se deberá dimensionar adecuadamente estas baterías o fuentes de energía que se utilicen para evitar pérdidas de la información.

1.6.3 FUNCIONALIDAD DE LOS DATOS A TRANSMITIRSE

Los datos generados en cada una de las estaciones remotas serán utilizados para interpretar, pronosticar, y formar una base de datos de cada una de las variables medidas por los diferentes sensores. Con lo que se consigue suministrar información acerca de los cambios climáticos que ocurren en el país para mejorar la calidad de vida de los seres humanos y proteger el medio ambiente. Por lo que es necesario que esta información se pueda obtener en tiempo real.

1.6.4 SEGURIDAD DE LA COMUNICACIÓN

Equipo redundante para la adquisición de datos por ejemplo acumuladores de datos que salvaguarden la información que no pueda ser enviada. De esta

manera, si algún dato no es recibido en la estación central, este podrá ser recuperado en cualquier momento, puesto que se mantendrá almacenado en la memoria del acumulador de datos. Además con la utilización de métodos de detección y corrección de errores.

1.6.5 TIPOS DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN [9]

Se realiza una comparación de los diferentes sistemas de transmisión remota. En la actualidad los principales sistemas de transmisión de datos remotos son:

1. Radio
2. Satélite
3. Red inalámbrica
4. Telefonía Móvil

En la Figura 1.13 se muestra un esquema general para la posibilidad de captura de datos desde las estaciones remotas, y su transmisión hasta una computadora central. Se debe tener en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente, al momento de la elección del sistema de transmisión de datos.

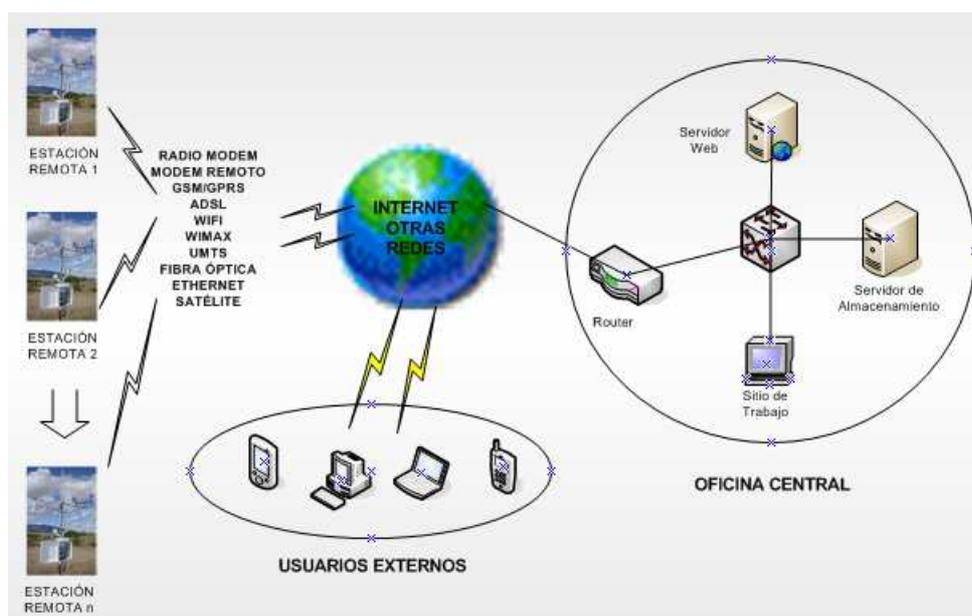


Figura 1.13 Diagrama de las posibilidades de comunicación de las estaciones remotas

Dos aspectos prácticos que limitan a menudo la elección del sistema de transmisión son la frecuencia de transmisión y el costo de la instrumentación a instalarse. Teniendo en cuenta todas estas consideraciones se analizará las ventajas e inconvenientes de cada uno de los sistemas.

- Radio.- Tiene la posibilidad de enviar y recibir la información con un reducido costo de la transmisión, y es también buena alternativa en el caso de ausencia de líneas telefónicas. El principal inconveniente es la dificultad de obtener un permiso para la frecuencia de transmisión y el elevado costo de instalación.
- Satélite.- La ventaja fundamental de los satélites es su gran cobertura espacial y temporal, así como su utilización en lugares que no existe alcance de líneas telefónicas. Su inconveniente radica fundamentalmente en el elevado costo de su instalación y equipo.
- Redes Inalámbricas.- Con respecto a las redes Wifi² cabe destacar su elevada velocidad de transmisión pero su rango de cobertura es limitado, siendo éste del orden de 200 metros. El inconveniente de Wifi es el alto costo de instalación, particularmente si se deben colocar repetidores en el caso de alcanzar mayores distancias.
- Telefonía Móvil.- Una herramienta de la telefonía móvil es la tecnología GSM/GPRS, que se utiliza para transmitir datos remotos. Su principal ventaja es la flexibilidad e ilimitado alcance, aunque está restringido por la cobertura de una operadora celular. Otra ventaja es el bajo costo de la cantidad de datos transmitidos, así como el control remoto del equipo desde una unidad de procesamiento central.

Una vez analizados las diferentes técnicas de transmisión para el tipo de aplicación de este proyecto se pudo observar que la que presenta mayores ventajas es la telefonía móvil. Adicionalmente, el requerimiento del INAMHI era

² **WIFI.**- Wireless Fidelity, también llamada WLAN (Wireless Lan, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11.

que se estudie y aplique una solución basada en telefonía celular. Además, el almacenador de datos provee de interfaces y protocolos de comunicación que son compatibles con un módem GSM/GPRS. Por lo tanto se escoge la tecnología inalámbrica GPRS para el diseño de la red de transmisión de datos.

1.7 ESQUEMA GENERAL DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS

En la Figura 1.14 se puede observar el esquema general de la red de transmisión de datos, en la que muestra las estaciones remotas enlazándose con la Red GPRS, para transmitir la información almacenada hacia la Estación Central. El diseño de dicha red será detallada en los Capítulos posteriores.

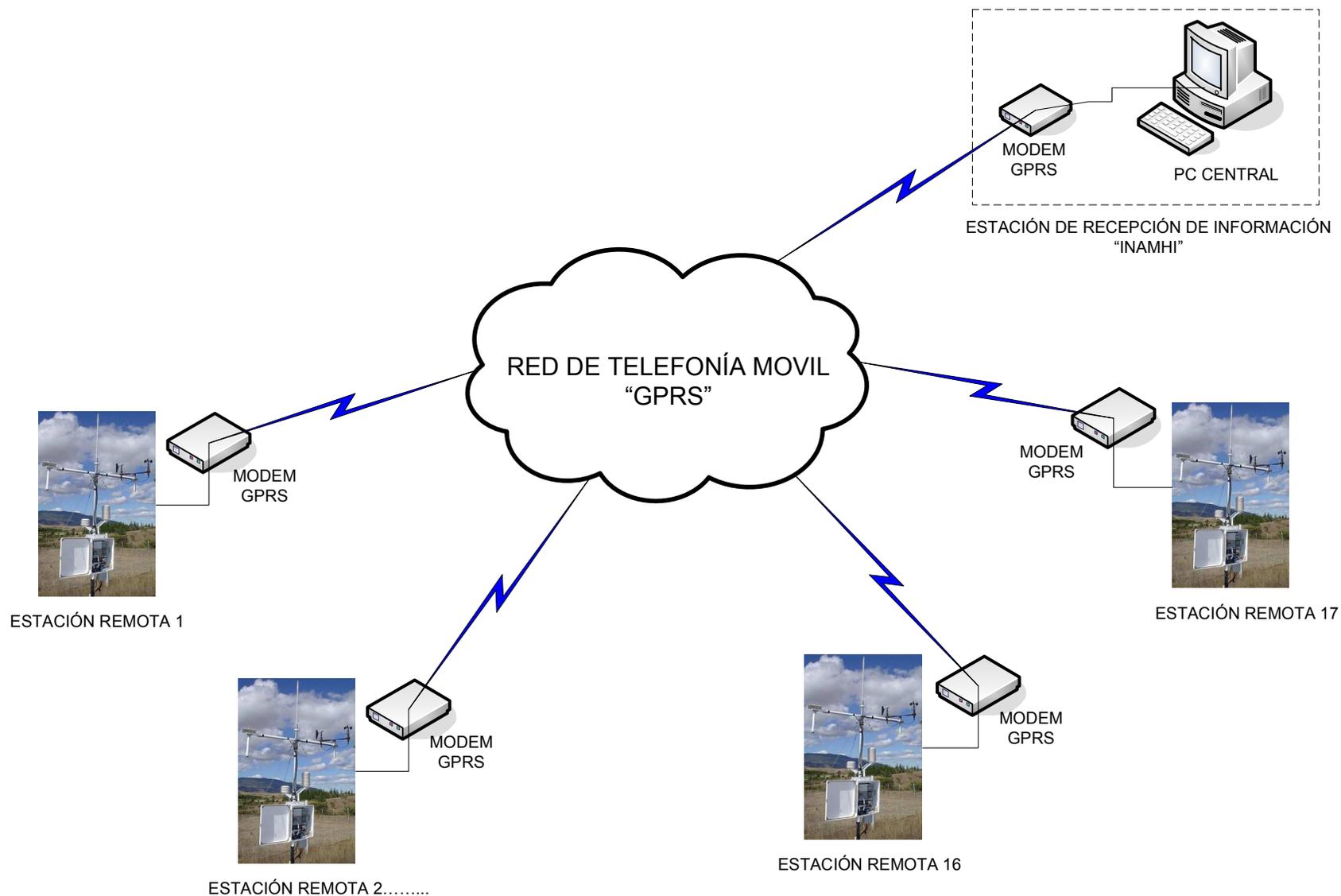


Figura 1.14 Esquema Gráfico del Enlace de Transmisión de Datos

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA

GPRS - SISTEMA GENERAL DE PAQUETES VÍA RADIO

En el presente capítulo se realizará un breve análisis del Sistema de Telemetría, el mismo que contiene a GPRS como alternativa para la transmisión de datos en el monitoreo hidrometeorológico descrito en el Capítulo 1.

Para el estudio del Sistema Inalámbrico GPRS se incluirá características técnicas como: la compatibilidad con la infraestructura actual (GSM), fundamentos de transmisión de paquetes, arquitectura, protocolos e interfaces de comunicación, interfaz aire del sistema GPRS, funcionalidades, beneficios, aplicaciones, ventajas y desventajas que ofrece GPRS.

2.1 SISTEMA DE TELEMETRÍA [11], [12], [13], [14], [15], [16]

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas. Utiliza un software especial para interpretar y enviar las señales hacia el operador del sistema, permitiendo de esta manera conocer la información exacta sobre el evento que sucede en el lugar de origen de la señal. La palabra *telemetría* procede de las palabras griegas *tele* ("lejos") y *metron* ("medida").

Los equipos de telemetría obtienen la información mediante sensores (transductores) que transforman las magnitudes físicas a medir en señales eléctricas equivalentes. Dichas señales son enviadas al punto de observación generalmente mediante señales eléctricas para su análisis.

El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios como: teléfono, redes de computadoras, enlace de fibra óptica, etc.

2.1.1 FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA [12], [16]

- Monitoreo y control de variables a distancia.
- Control de acciones de válvulas u otros dispositivos a distancia.
- Consulta de niveles de seguridad.
- Programación a distancia de parámetros.
- Envío de señales de alarma al sistema central.
- Personalización e integración con los sistemas de gestión propios de una empresa.
- Permite un eficiente y efectivo monitoreo y control de un sistema de mediciones.
- Detección rápida de errores en el sistema.
- Mejor utilización de recursos del sistema.
- Desarrollo de base de datos y obtención de información para asistencia futura de simulaciones y diseños de otros sistemas complementarios.

2.1.2 BENEFICIOS DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA [13], [14]

- *Alarma oportuna.*- Permite reaccionar de manera inmediata frente a eventos inesperados.
- *Ahorro.*- Permite ahorrar costo de transporte y es un medio económico de activación de máquinas y sensores.
- *Control.*- Permite controlar múltiples puntos a distancia sin necesidad de hacer controles físicos.

El sistema de telemetría se puede utilizar para la transmisión de datos utilizando medios no guiados como: radiofrecuencia, microondas, sistemas celulares, sistemas satelitales y medios guiados como: líneas telefónicas, cable coaxial o fibra óptica.

En el presente proyecto se utilizará un sistema inalámbrico debido a:

- Ubicación geográfica de las diferentes estaciones, puesto que algunas de ellas se encuentran en lugares sin acceso al servicio de telefonía.
- La utilización de cable telefónico para las estaciones sería extremadamente alta debido a las grandes distancias de los lugares escogidos a zonas cercanas donde pueda existir la red telefónica, en comparación con la utilización de un sistema inalámbrico.
- Los equipos de medición de una red inalámbrica pueden ser reubicados de acuerdo a las necesidades de monitoreo de la zona.
- Bajo costo de mantenimiento en las estaciones.
- La red de comunicaciones inalámbrica ofrece versatilidad al sistema, porque puede aumentar nuevos servicios en la red cada vez que sea necesario.

2.1.3 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE TELEMETRÍA [11], [16]

La telemetría se utiliza preferentemente en sistemas que tienden a ocupar grandes espacios por ejemplo:

- Sistemas de suministro de agua y alcantarillado
- Sistemas de control ambiental.
- Industria petroquímica
- Tubería de gas y petróleo
- Enlaces de PLC's a distancias remotas.
- Seguridad
- Validación de tarjetas de crédito, etc.

Una de las principales aplicaciones de la telemetría es la meteorología. Los equipos instalados en sondas y globos meteorológicos permiten obtener medidas de las capas altas de la atmósfera y realizar mapas que ayudan a predecir el clima.

2.2 RED GPRS “SISTEMA GENERAL DE PAQUETES VÍA RADIO”

2.2.1 INTRODUCCIÓN [17], [38]

Los primeros sistemas de comunicaciones celulares, fundamentados en tecnologías analógicas, fueron especializados en el transporte de voz basados en conmutación de circuitos. Estos sistemas añaden transmisión de datos con el uso de módems analógicos convencionales, pero con grandes dificultades y una reducida capacidad.

GSM (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles) es el sistema de comunicación móvil digital de 2ª generación basado en células de radio, y es el inicio del desarrollo de un sistema digital, con la capacidad de transportar tanto la voz como los datos, en el entorno de las comunicaciones móviles.

Para el envío de paquetes inalámbricos desde cualquier punto y en cualquier instante la máxima velocidad de transmisión en GSM es de 10 Kbps, con un tiempo de establecimiento de conexión de 15 a 30 segundos, y la tarificación es por el tiempo que dura la conexión. Estos factores limitan la cantidad de servicio que Internet ofrece; por lo que a GSM se la considera como una tecnología utilizada para la transmisión de voz y no para datos.

La necesidad de mayores tasas de transmisión, junto con la amplia disponibilidad de la red GSM, dio lugar al desarrollo de la red GPRS, normalizada a inicios de 1994 por el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones de Europa (ETSI), como una tecnología de generación 2.5G de transmisión inalámbrica de datos. También se la conoce como GSM-IP (Protocolo de Internet GSM), pues está

orientada a los protocolos TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet). Está basada en las redes que soportan el estándar de telefonía celular GSM. En la Figura 2.1 se indican las redes que intervienen en la formación de la red GPRS.



Figura 2.1 Diseño de la red GPRS [26]

La característica principal de la red GPRS es permitir a los usuarios móviles enviar y recibir datos en forma de paquete a través de protocolos como: TCP/IP, X.25, y CLNP¹ (Protocolo de Red sin Conexión); sin ninguna otra necesidad de utilizar conexiones intermedias por conmutación de circuitos, aumentando notablemente la eficacia del sistema.

GPRS alcanza una velocidad de transferencia de hasta 144 Kbps. El tiempo de establecimiento de conexión es inferior a un segundo, la conexión es permanente y su pago es por la cantidad de información transmitida y no por el tiempo de conexión del usuario.

GPRS añade conmutación de paquetes de datos a todos los niveles de la red GSM (radio, nodos de conmutación, red de transmisión, tarificación, etc.), optimizando, de este modo, la utilización de los canales de radio para el tráfico a ráfagas (navegación por Internet) y facilitando un uso más eficaz de los recursos de la red. El canal de radio sólo se mantiene mientras dure la transferencia de datos, liberándose a continuación; mientras que el canal físico puede ser compartido hasta por ocho usuarios. Para comunicaciones que requieran mayor ancho de banda, el número de canales puede ampliarse también hasta ocho.

¹ **CLNP.**- Protocolo de red no orientado a la conexión. Protocolo de capa de red OSI que no requiere un circuito para establecerse antes de que se transmitan los datos.

GPRS utiliza el mismo espectro electromagnético y comparte la mayor parte de la infraestructura de la red GSM de igual manera aprovecha la experiencia adquirida y puede disponer de un rápido despliegue de red que permite una cobertura geográfica similar a los niveles alcanzados en GSM.

2.2.1.1 Transmisión mediante Conmutación de Circuitos y Conmutación de Paquetes [24], [41], [42], [43], [44]

GPRS utiliza transmisión de datos por medio de paquetes, al contrario de GSM que se basa en la conmutación de circuitos, debido a que es un procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

La conmutación de circuitos establece un camino entre el origen y el destino durante el tiempo que dure la transmisión de datos. Este camino es exclusivo para los dos extremos de la comunicación; no se comparte con otros usuarios (ancho de banda fijo).

La conmutación de paquetes es una tecnología para las aplicaciones de datos y permite que varios usuarios puedan compartir un mismo canal. No se reserva el canal de comunicaciones físicamente durante el tiempo que dura la transferencia de datos. Mejorando de esta manera la calidad de servicio de datos en términos de confiabilidad y tiempo de repuesta.

En ambas tecnologías el tráfico de voz se transmite en conmutación de circuito; es decir, una vez establecida una conexión se reserva la línea hasta que la conversación termina. Pero el tráfico de datos se transmite en conmutación de paquetes, lo que significa que la información es fraccionada en origen y transmitida en pequeños bloques, siendo reagrupada posteriormente en su destino.

2.2.1.2 Celda y Área de Cobertura [19], [29]

En los sistemas celulares, el área de cobertura de un operador, llamada área de servicio PLMN (Red Móvil Terrestre Pública), está formada por un grupo entero de celdas que sirven a dicho operador. Una celda corresponde a una zona cubierta por un transmisor conocida como estación base. El tamaño de la celda depende de la potencia del transmisor, banda de frecuencia utilizada, altura y posición de la torre de la antena, el tipo de antena, la topografía del área y la sensibilidad del radio receptor.

La red celular ideal tiene celdas hexagonales, pero en la práctica la cobertura de la celda varía considerablemente, puesto que, depende del terreno, ubicación de la antena, construcciones civiles, puntos de medición y barreras. Es decir, las celdas son asimétricas con un conjunto fijo de transceptores² principales, cada uno sirviendo una celda y un conjunto de transceptores distribuidos que proveen servicio a los usuarios de la red.

Cuando un terminal GPRS desea enviar o recibir datos, busca la señal con mayor potencia y localiza la estación base más fuerte, notificando al sistema la ubicación de la celda de la cual está recibiendo la señal. El terminal evalúa periódicamente la calidad de las señales de estaciones vecinas. Cuando se deteriora la calidad de transmisión de la celda y si el terminal GPRS determina que existe otra estación base con mayor potencia que su estación base actual, este comienza a escuchar la nueva estación base. El proceso de cambio de una estación base a otra se llama *handoff*.

El área de encaminamiento se forma con varias celdas vecinas, las mismas que son utilizadas para lograr un equilibrio razonable entre el tráfico de localización, de actualización y tráfico de paging. Las estaciones móviles que han estado activamente enviando o recibiendo datos son monitoreadas a nivel de la celda;

² **Transceptor.**- El término transceptor se aplica a un dispositivo que realiza funciones tanto de transmisión como de recepción, utilizando componentes de circuito comunes para ambas funciones. La comunicación que provee un transceptor solo puede ser semiduplex, lo que significa que pueden enviarse señales entre dos terminales en ambos sentidos, pero no simultáneamente.

mientras que las estaciones móviles que han estado inactivas se monitorean a nivel del área de encaminamiento.

Cuando los datos llegan para una estación móvil libre, el sistema difunde un aviso para establecer comunicaciones con dicho móvil; este procedimiento se denomina *paging* y es muy similar al proceso de *paging* en los sistemas de voz inalámbrica.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE GPRS [19], [20], [21], [23], [25], [26], [40]

GPRS es adecuado para facilitar la transmisión de datos sobre redes móviles GSM. Sus principales características son:

1. "Always On": El tiempo de establecimiento de la conexión es prácticamente instantáneo, por lo que el usuario percibe que está siempre conectado.
2. Facturación: No se realiza por establecimiento o tiempo de conexión sino por volumen de información intercambiada. Costo nulo de establecimiento de la transmisión.
3. Mayor velocidad de transmisión: GSM utiliza un canal dedicado (un timeslot), a una velocidad máxima de 9.6 Kbps. Con GPRS se tiene varios canales asignados, con lo que la velocidad de transmisión de datos aumenta desde un mínimo de 21.4 Kbps y un máximo de 144 Kbps por comunicación.
4. Eficiencia: Los canales de comunicación se comparten entre los usuarios dinámicamente, de modo que un usuario sólo tiene asignado un canal cuando está realmente transmitiendo datos. Logrando de esta manera el uso más eficiente de los recursos de la red y del espectro radioeléctrico, puesto que comparte el rango de frecuencias de la red GSM.
5. Modo de transmisión asimétrico: Adaptado al tipo de tráfico de navegación html o wml. Si un terminal es de tipo GPRS 4+1; quiere decir que el terminal tiene capacidad de 4 slots en el enlace downlink y 1 slot en el

enlace uplink, por tanto tendrá cuatro veces mayor capacidad de transmisión de bajada que de subida.

6. La posibilidad de realizar y recibir llamadas de voz mientras se este conectando o utilizando cualquiera de los servicios disponibles con GPRS. Según el terminal que se utilice se puede asignar calidades de servicio (QoS) diferenciadas a los distintos usuarios móviles.
7. La tecnología de paquetes le permite separar las asignaciones de recursos entre enlace ascendente y descendente.

2.2.3 TERMINALES GPRS [29], [30]

Los terminales GPRS permiten transferir datos y mantener, al mismo tiempo, una llamada de voz. A esto se conoce como Capacidad Dual. GPRS puede combinar hasta 8 canales simultáneos para transferir datos, y cada canal puede transferir a una velocidad de 10 Kbps, aproximadamente. Los terminales GPRS cuentan con diversas prestaciones en función del número de canales que utilicen. Debido a esto, existen terminales 2 + 1 (que significa dos canales para recibir información y un canal para el envío), 3 + 1, 4 + 1, etc.

Los terminales GPRS no se limitan sólo a la telefonía móvil; ya que existen en la actualidad módems inalámbricos, tarjetas PCMCIA³ GPRS, para conectar computadores portátiles y de sobremesa a la red GPRS y así brindar servicios de Internet.

Existen tres tipos de terminales, detallados a continuación:

- *Clase A.-* Soporta activación simultánea en GSM y GPRS, es decir realizar una llamada y al mismo tiempo acceder a Internet. Para lo cual se utilizara

³ **PCMCIA.-** Es la asociación de la industria de fabricantes de hardware para computadoras portátiles, encargada de la elaboración de estándares. Una **tarjeta PCMCIA** es un dispositivo normalmente utilizado en computadoras portátiles para expandir las capacidades de éstas.

un timeslot para GSM y uno o más timeslot para GPRS y no se degradaran ninguno de los dos servicios.

- *Clase B.*- Mientras uno de los servicios esta activo el otro permanece en suspenso y se da prioridad a GSM (a las llamadas). En este caso GPRS puede sufrir degradación de calidad (QoS).
- *Clase C.*- Conexión GPRS y GSM pero puede sólo transmitir y recibir un servicio en el tiempo. Es decir, no es posible la conexión y activación simultánea; solo puede estar activo uno de los dos tipos de comunicaciones.

2.2.3.1 Capacidad Multislot [26]

Un terminal clase A, B o C puede soportar diferentes configuraciones de timeslots, en función del número de intervalos de transmisión y de recepción. Algunas de ellas se describen en la Tabla 2.1.

MULTISLOT CLASS	NÚMERO MÁXIMO DE SLOTS		
	DL	UL	ACTIVE
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5
...

Tabla 2.1 Capacidad Multislots del Sistema GPRS

2.2.4 TRANSMISIÓN DE PAQUETES EN LA RED GPRS [19], [33]

Para entender el funcionamiento de la red GPRS, es necesario comenzar el análisis desde la estación móvil e ir a través de la red. La estación móvil (MS) se encuentra conectada a un módem con capacidades GPRS mediante un cable serial, puerto USB o con un enlace inalámbrico local.

El módem se comunica con la estación base transmisora/receptora (BTS) de GSM a través de la interfaz aire (Um), y de ahí, hacia el controlador de la estación base (BSC), mediante la interfaz estándar Abis, permitiendo la operación entre los componentes hechos por distintos fabricantes. Dicho proceso se indica en la grafica de la Figura 2.2.

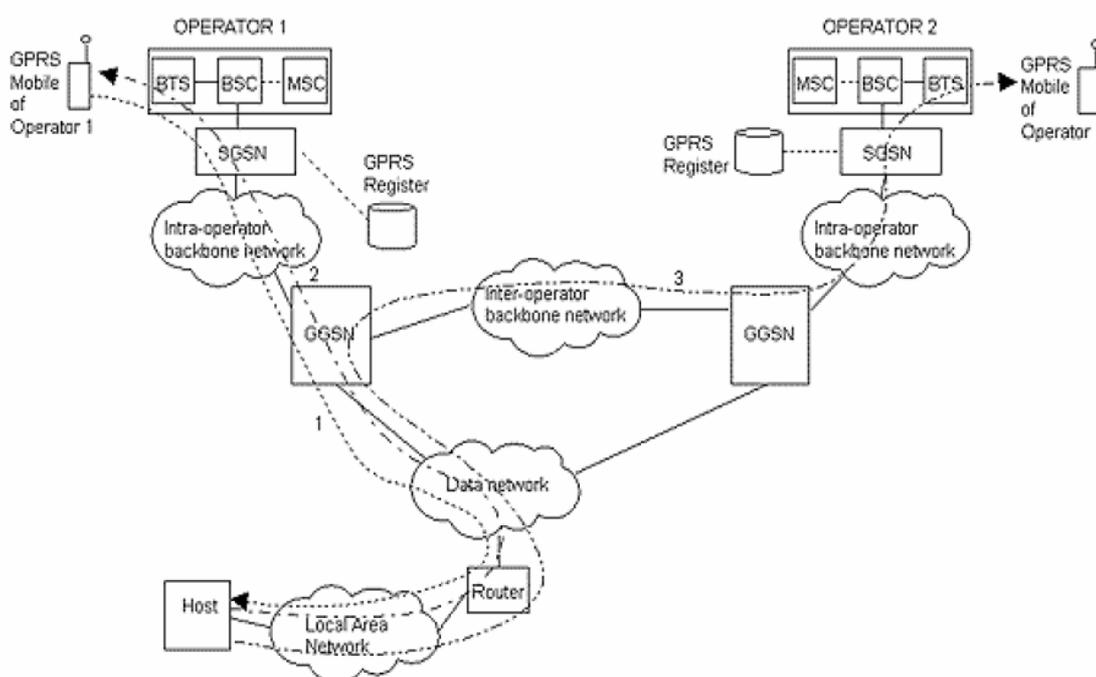


Figura 2.2 Transmisión de paquetes sobre la red GPRS [48]

Cuando la voz y el tráfico de datos se originan en el terminal de usuario, son transportados sobre la interfaz aire hacia la BTS, y desde éste hacia el BSC; como si fuera una llamada estándar en el sistema GSM. Sin embargo, a la salida del BSC, el tráfico es separado; la voz se envía a la MSC por el sistema GSM

estándar, y los datos se envían al SGSN, vía el PCU generalmente sobre un enlace Frame Relay.

Los paquetes GPRS son enviados desde el BSC hacia el Nodo de Soporte de Servicio GPRS (SGSN), a través de la interfaz Gb. El SGSN es el nodo dentro de la infraestructura GPRS que envía y recibe datos desde las estaciones móviles. Además, este mantiene un rastreo de los móviles dentro de su área de servicio.

Luego, a través de la interfaz Gn, se transmite la información entre el SGSN y el Nodo de Soporte de Entrada GPRS (GGSN) por medio del backbone GPRS, el cual utiliza direcciones IP privadas para dar seguridad a la red. El GGSN mantiene conexiones con otras redes externas como: Internet, X.25 o redes privadas, utilizando la interfaz Gi.

La red GPRS puede usar múltiples nodos servidores pero requiere un único gateway para conectarse a una red externa.

Cuando la MS envía paquetes de datos lo hace desde el nodo SGSN hacia el nodo GGSN, el cual los convierte para la transmisión sobre la red deseada como: Internet, X.25 o una red privada. Los paquetes IP desde la Internet hacia la estación móvil se recibe en la GGSN y se re-envían al SGSN y son transmitidos hacia la MS.

Para enviar paquetes IP o X.25 entre sí, la SGSN y la GGSN los encapsulan utilizando un protocolo llamado: *Protocolo de GPRS Túnel (GTP)*, el cual opera por encima de los protocolos TCP/IP estándar. Los detalles del SGSN y del GGSN son invisibles, transparentes al usuario.

A continuación se estudiará a detalle cada uno de los elementos que intervienen en el proceso de la transmisión de datos (paquetes), tomando en cuenta que GPRS forma parte de la infraestructura de GSM.

2.2.5 ARQUITECTURA GSM/GPRS [18], [19], [20], [27], [35], [36], [37], [39], [49]

GPRS es una red de datos que utiliza la infraestructura del subsistema radio de la red GSM, para permitir la transmisión de paquetes de datos. Sin embargo, es necesario introducir nuevos elementos en la red GSM como:

1. Nodos de soporte GPRS (GSN); estos nodos son los responsables de deliberar y enrutar los paquetes de datos entre estaciones móviles y redes de paquetes de datos externas (PDN).
2. A nivel de BTS y BSC, se deberá realizar la actualización del software para soportar tráfico de paquetes.
3. Nuevo Hardware en el controlador de estación (BSC); es decir, se implementará la Unidad de Control de Paquetes (PCU), que es la encargada de manejar la comunicación de paquetes.
4. El backbone de la red está basado en la comunicación entre paquetes GPRS con redes IP.

La arquitectura de GPRS se diseñó para que la señalización y protocolos de datos de alto nivel le permitan ser un sistema independiente. Los protocolos de bajo nivel en la interfaz de radio deben ser cambiados para funcionar con los mismos servicios de GSM.

GPRS no utiliza las centrales de conmutación GSM para el transporte de datos, ya que las estaciones base de radio se conectan directamente a la red IP, a través de dos nuevos tipos de servidores también denominados nodos GSN: el SGSN (Nodo de Soporte de Servicio GPRS) y el GGSN (Nodo de Soporte de Entrada GPRS). En el transporte de datos se siguen utilizando los mecanismos GSM actuales.

Los nodos GSN son los responsables de la conmutación y del encaminamiento de los paquetes entre los terminales móviles (MS, Estación Móvil), y las redes de

datos externas (PDN, Red de Paquetes de Datos). Estos nodos son los que interoperan estrechamente con el HLR (Registro de Localización de Llamada), con el MSC/VLR (Central Intercambiadora de Servicios Móviles / Registro de Localización del Visitante) y con el BSS (Subsistema de Estación Base), pertenecientes a la red GSM.

La arquitectura de la red GSM/GPRS define entidades funcionales agrupadas en subsistemas:

1. Subsistema de estación móvil MSS (Mobile Station Subsystem)
2. Subsistema de estación base BSS (Base Station Subsystem)
3. Subsistema de conmutación NSS (Network Switching Subsystem)
4. Subsistema de operación y mantenimiento OMSS (Network Management Subsystem)

En la Figura 2.3 se puede observar los subsistemas de la arquitectura de la red GPRS sobre los recursos de GSM; así como la conexión con el resto de las redes con sus respectivas interfaces.

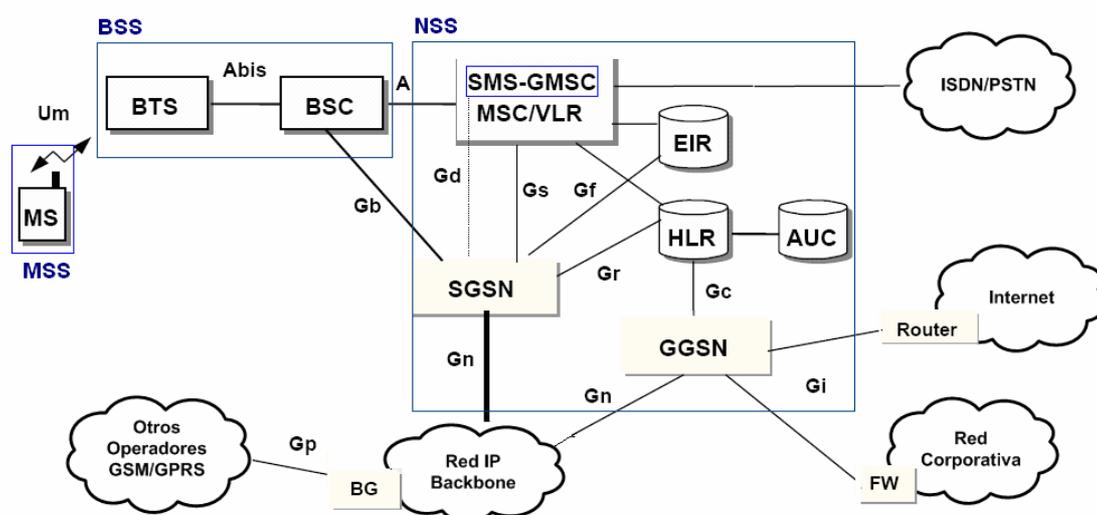


Figura 2.3 Arquitectura de red GPRS sobre GSM y conexión al resto de redes [49]

2.2.5.1 Subsistema de Estación Móvil (MSS)

Proporciona una interfaz de comunicación entre el usuario y la red inalámbrica, a través de la interfaz radio Um. Está compuesta por: el equipo móvil y una tarjeta inteligente llamada SIM (Modulo de Identificación del Usuario).

- *Equipo Móvil (ME – Mobile Equipment)*.- Es el equipo terminal de usuario. Realiza las siguientes funciones: transmisión por radio, gestión de canales, codificación de voz, protección contra errores y gestión de la movilidad.
- *Tarjeta SIM*.- Contiene toda la información necesaria para la autenticación del usuario. Esta tarjeta se inserta en el interior del equipo móvil y permite al usuario acceder a todos los servicios que haya disponibles por el operador.

El equipo móvil está identificado mediante su IMEI (Identificación del Equipo Móvil Internacional). La tarjeta SIM contiene además un IMSI (Identificación del Usuario Móvil Internacional), utilizada para identificar al suscriptor del sistema, además de un código secreto para la autenticación y otra información adicional. Los IMEI e IMSI son independientes permitiendo así movilidad personal. La tarjeta SIM está protegida por un número de cuatro dígitos que recibe el nombre de PIN (Número de Identificación Personal).

El PIN es conocido únicamente por el dueño de la SIM y no queda registrado en ningún otro lugar. El PUK es la clave personal de desbloqueo única por cada SIM, se la utiliza cuando se ingresa incorrectamente el PIN por tercera vez consecutiva.

2.2.5.2 Subsistema de Estación Base (BSS)

Es el responsable de las comunicaciones con las estaciones móviles que se encuentran dentro de su área de cobertura; contiene las funciones de control de los recursos de radio. Está compuesto por: la BTS y el BSC, los mismos que se comunican a través de la interface estándar Abis.

- *La Estación Base Transmisora/Receptora (BTS).*- Contiene el equipo para transmisión y recepción de las señales de radio (transceivers) y antenas usadas en cada célula de la red. Detecta el acceso al sistema por parte de las estaciones móviles. Se encarga de la codificación para protección de errores y asegura la calidad de la comunicación. Encripta la información de señalización y tráfico.
- *El Controlador de la Estación Base (BSC).*- Gestiona la interfaz de radio a través de cada BTS. Son utilizados como controladores de los BTS y controlan algunas funciones principales como handover, salto de frecuencia y control de la potencia. El BSC establece la conexión entre la estación móvil y el MSC.

GPRS utiliza la misma interfaz de radio que GSM, reutilizando las BTS y BSC tradicionales, con las siguientes modificaciones:

- Las BTS requieren nuevo software específico, para separar las comunicaciones GSM y GPRS. Además, añade la Unidad de Codificación del Canal (CCU – Codification Control Unit) y se ocupa de los nuevos esquemas de codificación GPRS.
- Las BSC deben estar equipadas con hardware y software propio para GPRS. Para ello, es necesario incorporar una nueva entidad funcional, denominada Unidad de Control de Paquetes (PCU – Packet Control Unit)

La PCU son tramas que se utilizan para el transporte y control de datos. Son responsables de proveer el interfuncionamiento entre la interfaz A para GPRS (A_{gprs} sincrónico orientado a conexión), y la interfaz G_b (Asincrónico y no orientado a conexión) para el enlace con la BSC y el SGSN, respectivamente.

La PCU se puede ubicar en el lado del Subsistema de Red (NSS) o en el lado del Controlador de la Estación Base (BSC), dependiendo de las reglas de ingeniería de la red o por la implicación del costo; sin embargo, es una parte del BSS. Por

medio de la PCU la BSC gestiona las conexiones hacia el SGSN y multiplexa el tráfico GPRS con el tráfico GSM.

2.2.5.3 Subsistema de Conmutación y Red (NSS)

Realiza funciones de conmutación y controla la movilidad y localización de los usuarios. Los elementos comunes para GSM y GPRS son:

- *MSC (Central Intercambiadora de Servicios Móviles).*- Es el componente central del NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes. Controla las funciones de movilidad. Normalmente la MSC esta asociada al VLR.
- *GMSC (Puerta de enlace de MSC).*- Es una central de conmutación móvil utilizada para interconectar dos redes, haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan. La misión del GMSC es servir de mediador entre las redes de telefonía fija y la red GSM.
- *HLR (Registro de Localización de Llamada).*- Es una base de datos que contiene toda la información administrativa sobre el cliente del servicio y la localización actual del terminal. Es a través del HLR que la red verifica si un móvil que se intenta ligar posee un contrato de servicio válido. Si la respuesta es afirmativa, el MSC envía un mensaje de vuelta al terminal informándole que está autorizado a utilizar la red. El nombre de la operadora aparece entonces en pantalla, informando que se puede efectuar y recibir llamadas. Cuando el MSC recibe una llamada destinada a un móvil, él va al HLR a verificar la localización. Paralelamente, el terminal de tiempos a tiempos envía un mensaje para la red, para informarla del sitio donde se encuentra. Este proceso es denominado: Polling.
- *VLR (Registro de Localización del Visitante).*- Es una base de datos que contiene información sobre todos los móviles que desean acceder a los servicios de red. Forma parte del HLR, con quien comparte funcionalidad. Es utilizado para controlar el tipo de conexiones que un terminal puede

hacer. Por ejemplo, si un usuario posee restricciones en las llamadas internacionales, el VLR impide que estas sean hechas, bloqueándolas y enviando un mensaje de vuelta al teléfono móvil informando al usuario del bloqueo.

- *AuC (Central de Autenticación)*.- Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red GSM y GPRS; también se encarga de soportar funciones de encriptación. Gestiona los datos de seguridad y autenticación de los abonados.
- *EIR (Registro de Identificación del Equipo)*.- Se utiliza para proporcionar seguridad en las redes GSM – GPRS pero a nivel de equipos válidos. La EIR contiene una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser usados en la red. Esta base de datos contiene los identificadores de terminal, como por ejemplo, el IMEI.
- *SMS-IWMSC (SMS-InterWorking MSC) y MSC SMS-GMSC (SMS-Gateway)*.- Dedicados al servicio de mensajes cortos; por lo cual están conectados al Centro de servicios de mensajería (SMS-C).
- *SMSC (Centro del servicio de mensajería)*.-Es independiente de la red GSM. Permite enviar y recibir mensajes cortos (140 caracteres) desde o hacia otros terminales móviles utilizando las portadoras de señalización GSM y puede establecer conexión con otros sistemas de correo electrónico. La transmisión de un mensaje corto se puede producir incluso simultáneamente con una transmisión de voz. Es una comunicación en una sola dirección.
- *SCP (Punto de Control de Servicio) y SSP (Punto de Selección de Servicio)*.- Contiene las funciones de red inteligente; tales funciones pueden ser integradas en el MSC/VLR.

GPRS requiere cambios de software en algunos elementos de la red GSM como:

- *HLR*.- Es una base de datos que almacena la identidad y los datos de los usuarios abonados, independientemente de la localización real de los

mismos en un determinado momento. Proporciona los datos necesarios al GMSC para localizar al móvil cuando se desea establecer una llamada dirigida hacia éste. Debe contener nueva información almacenada de los abonados GPRS:

- MSISDN: Número telefónico para llamarle desde la red pública.
 - IMSI: Identificación del usuario móvil internacional.
 - Datos de localización de la VLR: LMSI (puntero, número de registro o expediente asociado a un abonado).
 - VLRID: identificador de las distintas VLR.
 - Tripletas de autenticación: SRES, Kc y RAND.
 - Número del SGSN (dirección SS7) y Dirección del SGSN (dirección IP)
 - Tipo de conexión (IP, X.25)
 - Dirección IP del MS, QoS suscrita, APNs permitidos.
- *VLR*.- Es una base de datos controlada por la MSC que contiene toda la información relevante de los terminales móviles que en un momento están en el área de localización controlada por el VLR. Realiza en la MSC la autenticación del móvil. Debe ser ampliado para almacenar información del área de encaminamiento de SGSN. Usualmente está incorporado al MSC o GMSC, del que forma parte, y se conecta con otros VLR y HLR a través del sistema de señalización SS7.
 - *SMS-GMSC* y *SMS-IWMSC*.- Nueva interfaz en el SGSN para permitir a las MS enviar y recibir SMSs sobre canales radio GPRS.

Se añaden nuevas funciones MAP (*Parte de Aplicaciones Móviles*), que soportan el intercambio de señales con los GSNs, lo cual provoca un incremento en la carga del HLR. Debido a que los SGSN necesitan sus propios parámetros de autenticación y cifrado, se incrementa la carga sobre el AuC. Se añaden tres nuevas interfaces: Gr, Gc y Gs. Los nodos SMS, se actualizan para soportar transmisión a través de SGSN. Aparece una nueva interfaz Gd entre SMS-MSC y SGSN.

GPRS requiere nuevos elementos funcionales como son los nodos de soporte GPRS (GSN); estos nodos son los responsables de enviar y enrutar los paquetes de datos entre estaciones móviles y redes de paquetes de datos externas (PDN).

2.2.5.4 Nodo de Soporte de Servicio GPRS (SGSN)

Es el responsable de la conexión del MS a la red GPRS, ya que se encarga de la entrega de paquetes de datos a los terminales móviles que están dentro de su área de servicio. Está conectado a la BSC por medio de la interfaz Gb. Las funciones que realiza este nodo son:

- Red de acceso: realiza los procesos de aviso (Paging) y Control de Acceso antes de permitir alguna transmisión de paquetes entre el móvil y la red acceso.
- Gestión de localización y de movilidad que se encarga de detectar nuevos móviles en el área de servicio y almacenar la información de localización (VLR) y el perfil de suscripción de los usuarios (IMSI).
- Activación del contexto PDP (Protocolo de Paquetes de Datos), que es el paso previo al establecimiento de la sesión. Durante esta fase, el SGSN y el GGSN negocian los parámetros necesarios para que la conexión entre el terminal móvil y la PDN puedan establecerse.
- Encaminamiento y transferencia de paquetes entre las estaciones móviles y el GGSN. Selección del nodo GGSN apropiado para iniciar la sesión con la red de datos (Internet, red corporativa, etc).
- Control de seguridad de las comunicaciones; es decir autenticación, cifrado, encriptación y compresión de datos.
- Generación de registros de tarificación denominados CDRs (Call Detail Records).
- A través de la SMS-MSC permite el envío de SMS vía GPRS.

Está conectado con la MSC para mantener la consistencia entre los datos de ambas redes. También conecta el backbone GPRS al subsistema de la estación base e introduce a nivel de BSC el denominado PCU (Unidad de Control de Paquetes).

2.2.5.4.1 Área de Servicio SGSN [47]

El Área de Servicio de SGSN (GPRS) está dividido en números de áreas de enrutamiento: (Routing Areas - RA), y es análoga al área de localización (LA) de GSM. Una RA es un subconjunto de LA. Su introducción se debe a la mayor cantidad de mensajes de aviso que es necesario enviar en GPRS, debido a la naturaleza a ráfagas del tráfico y a la gestión de los canales.

El Área de Servicio de MSC/VLR (GSM) es el área de cobertura constituida por un conjunto de Áreas de Localización (LA). Cada LA está formada por varias celdas y es el área donde una MS se encuentra registrada en un momento dado.

El VLR posee información temporal para suministrar servicios a las estaciones móviles situadas en LA del MSC o en el RA del SGSN. Un Área de Servicio SGSN está formada por varias Áreas de Encaminamiento (RA), como se indica en la Figura 2.4.

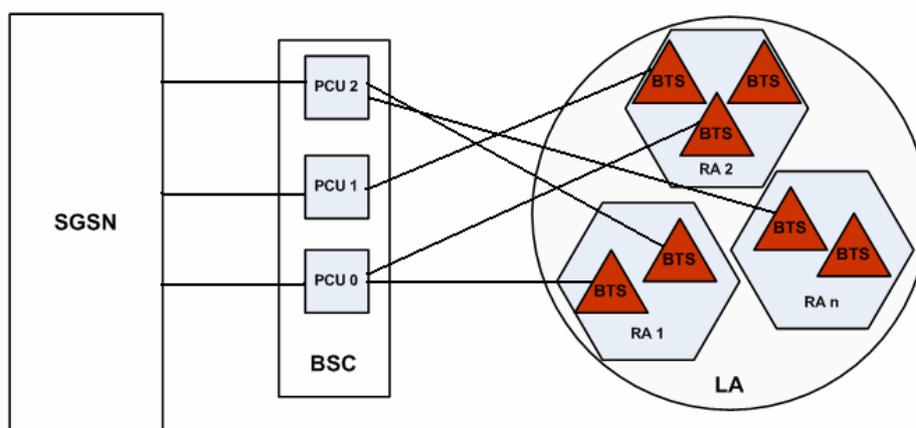


Figura 2.4 Área de servicio del nodo SGSN [47]

2.2.5.5 Nodo de Soporte de Entrada GPRS (GGSN)

Actúa como una interfaz entre la red troncal GPRS y las redes de paquetes de datos externas. Incorpora funciones de seguridad (cortafuegos), encapsulado mediante el protocolo de *tunnelling* GTP y asignación de direcciones IP(NAT⁴) a los terminales GPRS.

Conecta a los SGSN y a otros GGSN a través de una red de transporte IP, manteniendo la información sobre cuál es el nodo SGSN al que está conectado el usuario (*attached*). Actúa como un *router* asignando las direcciones IPs (estáticas o dinámicas) a los terminales GPRS.

Traduce los paquetes que recibe desde el SGSN al formato de la red externa; es decir, puede realizar traducciones de formatos, protocolos de señalización y direcciones para permitir comunicación entre diversas redes; así como traducir las direcciones IP en la dirección del móvil destino.

Mediante el Protocolo de Túnel de GPRS (GTP) entre los nodos SGSN y GGSN se logra encaminar los paquetes de usuario, a través del backbone de la red GPRS, desde el punto de encapsulamiento hasta el desencapsulamiento, dependiendo de la dirección de los mismos.

Si la dirección es de la estación móvil a la red de datos externa, el GGSN se encarga de eliminar las cabeceras GTP y del encaminamiento de los datos de usuario hacia la intranet o Internet. Cuando la dirección es de la red externa de datos a la estación móvil, el GGSN realiza la operación opuesta y transporta los paquetes al SGSN responsable. Por esta razón la GGSN almacena la dirección de la SGSN del usuario y de su perfil en su registro de localización. Este proceso soluciona el problema de movilidad en las redes de paquetes.

⁴ **NAT.-** La Traducción de Direcciones de Red es un método mediante el cual las direcciones IP son mapeadas desde un dominio de direcciones a otro, proporcionando encaminamiento transparente a las máquinas finales.

2.2.5.6 Subsistemas de Mantenimiento y Operación (OMSS)

Los OMSS se conectan a diferentes NSS y MSC para controlar y monitorizar toda la red GSM - GPRS.

- *OMC (Centro de Mantenimiento y Operación)*.- Relacionada con todas las funcionalidades de administración de aparatos escasamente vistos. Estos pueden ser de diversos fabricantes y frecuentemente son soluciones de tipo propietarias. Contiene funciones que permiten gestionar la tarificación.
- *MNC (Centro de Administración de la Red)*.- Está relacionado con funciones de gestión de toda la red.

2.2.6 ELEMENTOS ADICIONALES DEL SISTEMA GPRS [19], [26], [47]

- *BG (Border Gateway)*.- Es un nodo de la red móvil pública GPRS. Proporciona la interfaz entre el backbone Inter-PLMN e Intra-PLMN de distintas operadoras. Realza la seguridad e interoperabilidad de la red y puede ser utilizado para mantener acuerdos de roaming entre diversas redes.
- *CG (Charging Gateway)*.- Su función principal es recoger los CDRs (Call Detailed Records) generados por los SGSNs y GGSNs, de manera que los consolida y pre-procesa antes de enviarlos al sistema de tarificación.
- *DNS (Domain Name System)*.- Realiza la traducción de nombres lógicos de dominio en direcciones IP físicas que permitan direccionar los nodos GSN. El servidor de DNS es gestionado por el operador GPRS. Si fuera necesario, podrían utilizarse los servicios de otros DNS ajenos al operador.
- *FW (Firewalls)*.- Elemento común de las redes de datos formados por un sistema o un conjunto combinado de sistemas que crean una barrera de seguridad entre dos redes. Su misión es impedir a usuarios externos a la red GPRS el acceso a los nodos de red.

2.2.7 REDES GPRS [30], [32], [36]

Dentro del sistema GPRS existen dos tipos de redes: internas y externas.

2.2.7.1 Redes Internas

En GPRS se describen las redes de señalización (SS7) y la red Backbone.

2.2.7.1.1 Red SS7

Conocida como la red de transporte de señalización GSM SS N° 7 dentro del subsistema de conmutación y red (NSS): EIR, HLR/AUC, MSC/VLR, SMS-MSCs, SGSN y GGSN. También permite el interworking cooperativo entre las entidades NSS desde las diferentes redes GSM.

2.2.7.1.2 Redes Backbone

Los GNSs (SGSNs Y GGSNs) en el backbone de la GPRS se conectan entre sí utilizando el protocolo IP, como se muestra en la Figura 2.5.

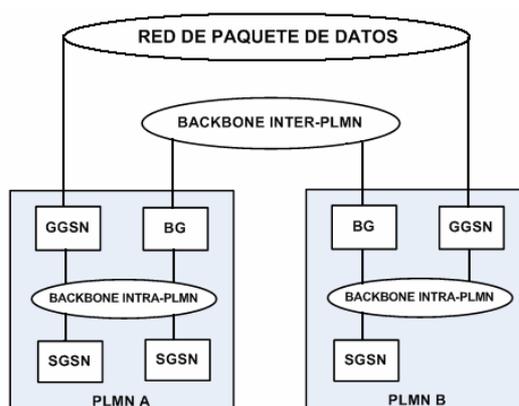


Figura 2.5 Redes Backbone del Sistema GPRS [47]

Existen dos tipos de redes de transporte:

- *Backbone Intra-PLMN.*- Es una red privada que permite a los GSNs de un operador comunicarse entre sí. Usa direcciones IP privadas (seguridad).

Dependiendo de la ubicación de los GSNs la conexión puede ser tipo LAN o remota mediante una red de transporte basada en IP.

- *Backbone Inter-PLMN.*- Permite a los GSNs de varios operadores comunicarse unos con otros, mediante un acuerdo de roaming entre dos proveedores de red GPRS.

2.2.7.2 Redes externas (Internet)

A la red GPRS puede considerársela como una subred IP; para lo cual se utiliza el APN con información de la suscripción del usuario y del propio nodo, para consultar el servidor de nombres de dominio (DNS) y obtener las direcciones IP del GGSN que permita conectarse al usuario.

2.2.7.2.1 APN (Nombre del Punto de Acceso)

Describe el punto de salida lógico del dominio GPRS y posibilita el encaminamiento de paquetes desde la MS hasta la red de datos externa. Es enviado por el terminal móvil para activar el contexto PDP o puede ser elegido por el SGSN. El APN está formado por: el identificador de red, seguido del identificador de operador.

- *Identificador de Red APN.*- Este tipo de identificador es obligatorio y garantiza la unicidad de APNs e incorpora su nombre de dominio en Internet, utilizando uno o varias etiquetas, las cuales no pueden terminar en “gprs”. Por ejemplo: apn1.nokia.com.
- *Identificador de Operador APN.*- Es de tipo opcional. Son tres etiquetas y termina en “.gprs”. Por ejemplo: tsm.tsm.gprs.

2.2.7.2.2 Tipo de Acceso en Redes Externas

En interconexión con redes externas existen dos tipos de acceso: transparente y no transparente. En el primer caso el GGSN asigna la dirección (estática o

dinámica) del espacio de direcciones del operador. El GGSN no interviene en la seguridad de extremo a extremo.

En el acceso no transparente, el terminal obtiene una dirección IP perteneciente al espacio de direccionamiento de la Intranet o del ISP. Esta Opción requiere la comunicación entre GGSN y el servidor de direcciones (HDCP o RADIUS) perteneciente a esa Intranet o al ISP correspondiente.

2.2.8 INTERFACES Y PROTOCOLOS DE LA RED [18], [19], [22], [26], [30], [31], [32], [35], [36], [37], [39]

2.2.8.1 Interfaces de la Red GPRS

La introducción de nuevos nodos en el núcleo de la red para soportar las funcionalidades de GPRS, así como la necesidad de comunicación con los nodos integrantes del núcleo de GSM, provoca la aparición de nuevas interfaces.

En la Figura 2.6 se muestra la arquitectura lógica de la red GPRS, indicando las distintas interfaces desarrolladas, con el fin de estandarizar y permitir el interfuncionamiento entre distintas entidades de la red GPRS y GSM. Las nuevas interfaces que aparece entre nodos GPRS son Gb, Gn y Gp; con nodos GSM aparecen Gr, Gs, Gd, Gc y Gf; y con las redes externas aparecen Gi y Gp.

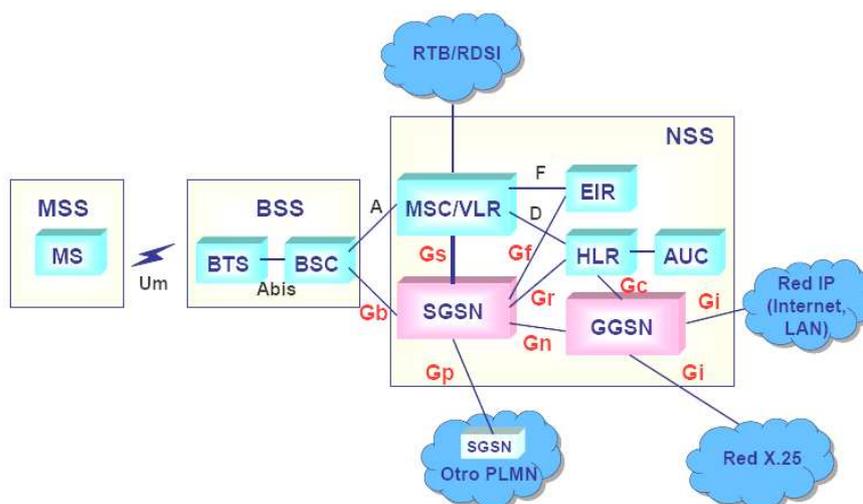


Figura 2.6 Interfaces que intervienen en la red GSM – GPRS [30]

- *Gb.*- Interfaz entre el subsistema radio BSS y el nodo SGSN, para transporte tanto de los datos de usuario como de mensajes de señalización.
- *Gn.*- Interfaz entre los nodos SGSN y GGSN por medio del backbone Intra-PLMN. Utilizada para establecer conexiones virtuales (túneles) para datos y señalización.
- *Gi.*- Interfaz que establece la comunicación entre el GGSN y la red de datos externa. Normalmente es implementada utilizando una red IP WAN.
- *Gr.*- Interfaz usada para intercambiar información de suscripción de los abonados entre HLR y SGSN.
- *Gs.*- Interfaz opcional. Se utiliza entre el MSC/VLR y el SGSN para coordinar el envío de señales para terminales móviles capaces de manejar datos por conmutación de circuitos y por paquetes en el nodo SGSN.
- *Gc.*- Interfaz que permite el acceso a la información de localización de los abonados en el HLR desde el GGSN.
- *Gp.*- Tiene la misma funcionalidad que Gn, pero trabaja con BG y el firewall, proporcionando las funciones necesarias en la conexión Inter-PLMN.
- *Gd.*- Interfaz que se encarga de la entrega de mensajes SMS vía GPRS. Es similar a MAP desde GSM.
- *Abis.*- Los enlaces de transmisión y la señalización existentes sobre la interfaz Abis son reusados para GPRS, así proporciona una introducción de costo efectiva y eficiente.

2.2.8.2 Protocolos del Plano de Transmisión

El plano de transmisión es el encargado de proveer la transmisión de los datos del usuario y su señalización para el control de flujo, detección de errores y la corrección de los mismos. En la Figura 2.7 se observa el conjunto de protocolos

utilizados en la transmisión de datos vía GPRS, los mismos que son descritos a continuación.

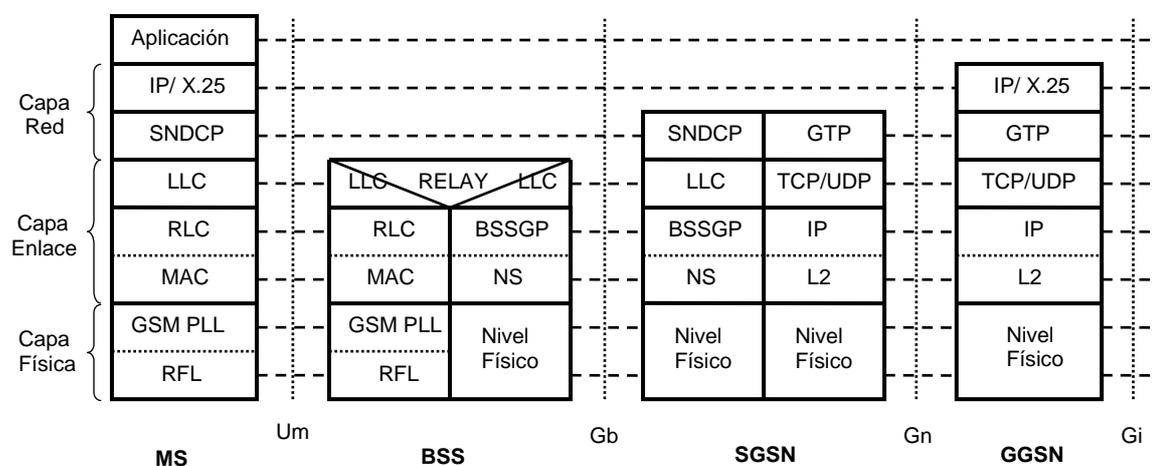


Figura 2.7 Esquema Plano de Transmisión

2.2.8.2.1 Capa de Aplicación

Soporta los protocolos específicos de cada aplicación y presentación de datos de usuario.

2.2.8.2.2 Capa Red

Se encarga de que los datos lleguen desde el origen al destino, aunque no tengan conexión directa. Ofrece servicios al nivel superior (nivel de transporte) y se apoya en las funciones del nivel de enlace de datos.

2.2.8.2.3 Protocolo GPRS

El protocolo GPRS es transparente para todas las entidades de red comprendidas entre el terminal móvil y el nodo GSN conectados entre sí, lógicamente. Permite el intercambio de informaciones de control, así como de paquetes PDP-PDU que son encapsulados en las tramas GPRS. La trama GPRS está formada por los siguientes campos:

- *Identificador del protocolo GPRS.*- Se encarga de diferenciar los paquetes GPRS de los paquetes GSM que contiene el tráfico a ráfagas en la transmisión.
- *Identificador del protocolo de los PDU encapsulados en las tramas GPRS.*- Es utilizado para direccionar los PDUs. Cuando son desencapsulados hacia el apropiado SAP (Punto de Acceso al Servicio). Esta información contiene un valor que diferencia los paquetes X.25, IP y CLNP. Esta información permite la interpretación del GPRS contenido en la trama, las mismas que son utilizadas tanto para el transporte de mensaje de control y para el transporte de paquetes de datos.
- *Mensajes GPRS de Control.*- Son definidos por un valor preestablecido del identificador de PDP.

2.2.8.2.4 GTP (Protocolo de Túnel GPRS)

Establece una conexión virtual entre los nodos SGSN y GGSN a través de la interfaz Gn. Se encarga de transportar los paquetes del usuario y la señalización relacionada entre dichos nodos (GSN); a través del backbone IP mediante encapsulación, ocultando a la red el contenido de los datos transferidos. Los paquetes GTP contienen los paquetes IP o X.25 del usuario.

Por debajo de GTP se encuentran los protocolos estándares TCP⁵ o UDP⁶, y se encargan de transportar los paquetes por la red. TCP se encarga de llevar las PDUs GTP cuando se necesita un enlace fiable de datos con retransmisiones. Mientras que UDP transporta las PDUs GTP cuando no se precisa un enlace fiable y no realiza retransmisiones. La utilización de estos dos protocolos dependerá de la aplicación de usuario.

Protocolo de Internet (IP).- Es utilizado en el Backbone GPRS, y es el encargado del encaminamiento de datos de usuario y control de señalización.

⁵ **TCP.**- Protocolo de Control de Transmisión.

⁶ **UDP.**- Protocolo de Datagrama de Usuario.

2.2.8.2.5 SNDCP (Protocolo de Convergencia Dependiente de Subred)

Está ubicado entre el SGSN y la estación móvil. Mapea las características del nivel de red sobre el enlace LLC, proporcionando la multiplexación de diversas conexiones de nivel de red en una única conexión de enlace lógico virtual. Este protocolo es responsable por las funciones de segmentación, cifrado, compresión y descompresión de los datos e información redundante de cabecera.

2.2.8.2.6 BSSGP (Protocolo BSS GPRS)

Capa específica de GPRS para mantener la comunicación, gestión, control de flujo y reparto de carga, entre BSS y SGSN. Proporciona información de encaminamiento, QoS y capacidades de acceso radio de los móviles para la transmisión de datos de usuario.

2.2.8.2.7 NS (Protocolo de Servicio de Red)

Mantiene conexiones Frame Relay, para transferir datos y señalización entre el BSS y el SGSN. Proporciona circuitos virtuales permanentes para la transmisión de las unidades de datos suministradas por el nivel superior (BSSGP) y se encarga de controlar la congestión en el enlace ascendente, reparto de carga y direccionamiento de datos asociando BTS con conexiones virtuales

2.2.8.3 Capa Enlace de Datos

La capa de enlace de datos se encuentra entre la estación móvil y la red. Se subdivide en:

2.2.8.3.1 Relay

Este término es utilizado de acuerdo a su ubicación. En el caso de la BSS es el encargado de retransmitir las PDUs LLC a través de las interfaces Um y Gb; en el SGSN retransmite las PDUs PDP a través de las interfaces Gb y Gn.

2.2.8.3.2 Subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC)

Proporciona un enlace lógico altamente fiable entre la estación móvil y el nodo SGSN asignado. Incluye control de secuencia, entrega en orden, control de flujo, detección de errores de transmisión y retransmisión. Dichas funciones son independientes del protocolo RLC/MAC y de la interfaz radio.

2.2.8.3.3 Subcapa de Control del Enlace Radio y Control de Acceso al Medio (RLC/MAC)

Se encargan de controlar el acceso a los canales de radio GPRS compartidos por las estaciones móviles.

- *Capa de Control del Enlace de Radio.*- Su función principal es la de establecer un enlace de radio fiable. Responsable de la transmisión de datos en la interfaz aire y de los procedimientos de control de errores (BEC⁷) mediante la retransmisión selectiva de bloques (ARQ⁸).

Se encarga de la segmentación y reensamblado de las tramas LLC en bloques de datos RLC. Dichos bloques están conformados de una cabecera MAC y una Secuencia de Chequeo (BSC). Al bloque radio con bits adicionales de cola se les aplica un código convolucional, formando un bloque radio de 456 bits, como se indica en la Figura 2.8.

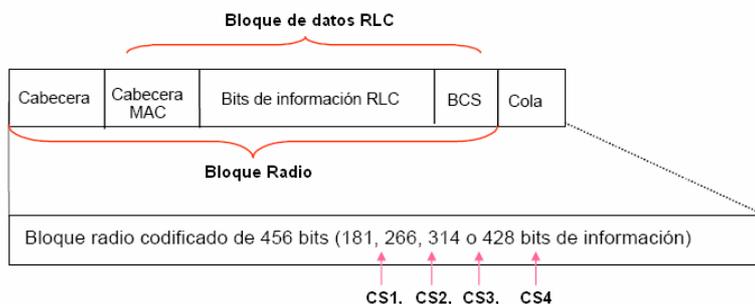


Figura 2.8 Bloque de datos RLC [47]

⁷ **BEC (Backward Error Correction).**- Es un tipo de corrección de errores en el que el receptor detecta un error y envía una solicitud de retransmisión al remitente.

⁸ **ARQ (Respuesta de Retransmisión Automática).**- Permite la retransmisión selectiva de tramas erróneas dentro de una ventana de transmisión/recepción de tamaño variable, optimizando recursos y evitando sobrecargas.

- *Capa de Control de Acceso al Medio.*- Controla los procedimientos de señalización de acceso para el canal radio, así como el traslado de tramas LLC a tramas físicas GPRS. Emplea algoritmos de resolución de contenciones, multiplexación de multiusuarios y prioridades según la QoS contratada.

2.2.8.4 Capa Física

La capa física está ubicada entre la estación móvil y la BSS, se divide en dos subcapas:

2.2.8.4.1 Subcapa de Enlace Físico (PLL)

Proporciona los servicios necesarios para permitir la transmisión de información sobre un canal físico entre el móvil y la BSS. Sus funciones incluyen el ensamblaje de las unidades de datos, la codificación de los datos, detección y corrección de errores.

2.2.8.4.2 Subcapa Física de Radio Frecuencia (RFL)

Trabaja por debajo de la PLL e incluye la modulación y la demodulación de las ondas físicas; así como de las características de transmisión y recepción, el transporte de frecuencias y estructura del canal de radio.

2.2.8.5 Flujo de Datos

En el plano de transmisión se realiza el proceso de flujo de paquetes desde la estación móvil hasta la capa física, como se muestra en la Figura 2.9. A los datos de usuario se añade la cabecera PH (Cabecera de Paquete), con lo que se forma la unidad de datos de capa red (*PAQUETE*), denominada N-PDU. Este paquete es segmentado en la capa SNDCP para enviarlo a la capa inferior LLC, en donde se añade la cabecera de trama FH (Cabecera de Trama) y el FCS (Chequeo de Trama).

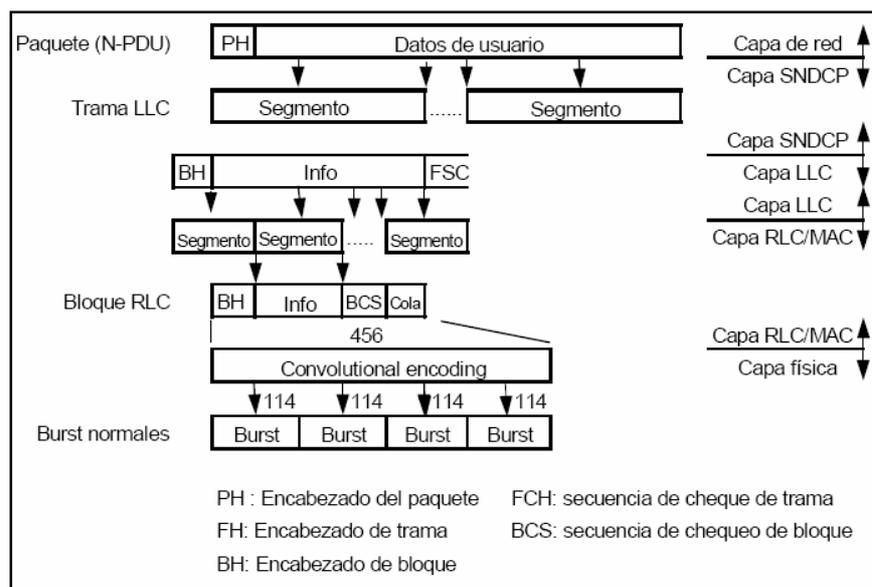


Figura 2.9 Flujo de datos en el Plano de Transmisión [48]

La trama LLC es segmentada en bloques de datos RLC, en la capa RLC/MAC. A cada bloque se le añade campos de información como: cabecera del bloque (BH), chequeo de bloque (FCS) y una cola de bits. Finalmente en la capa física se codifica y se segmenta en cuatro ráfagas normales, similares a una trama TDMA.

2.2.8.6 Protocolos del Plano de Señalización

Los protocolos de señalización se encargan del control y mantenimiento de las funciones que desarrolla el plano de transmisión. Controla las conexiones de acceso a la red GPRS, como la activación de la dirección PDP. También se encarga del control de caminos de routing de una conexión de red, para de esa manera soportar la movilidad del usuario, y asignar recursos a dicha red.

2.4.8.6.1 Señalización entre MS y SGSN

En el nivel de red la señalización está definida por el protocolo GMM/SM como se indica en la Figura 2.10. Dicho protocolo está ubicado entre el MS y el SGSN.

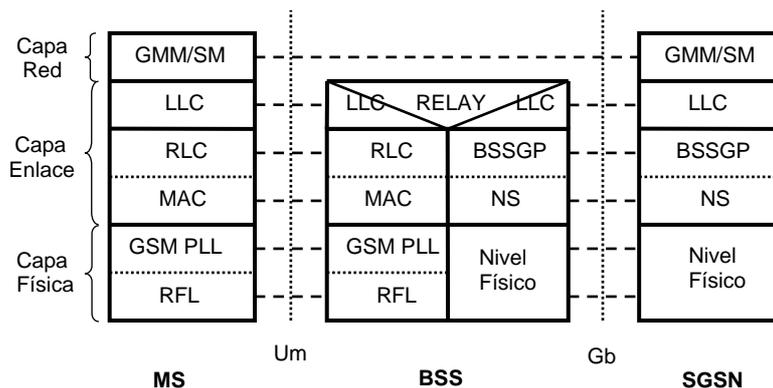


Figura 2.10 Señalización entre MS y SGSN

2.2.8.6.2 Protocolo GMM (Protocolo de Administración de Movilidad de GPRS)

Protocolo utilizado en el plano de señalización entre el MS y el SGSN para gestionar la autenticación, selección del algoritmo de encriptado, movilidad y roaming.

2.2.8.6.3 Protocolo SM (Protocolo de Administración de Sesión)

Protocolo utilizado en el plano de señalización entre el MS y el SGSN para el registro y cancelación de las estaciones móviles en la red GPRS, activación y desactivación de un contexto PDP.

2.2.8.6.4 Señalización entre SGSN y MSC

El protocolo BSSAP+ es una subaplicación de la BSSAP, en el que se incluyen funciones de GSM. Se encarga de la transferencia de información de señalización entre el SGSN y el MSC, a través de la interfaz Gs. Por medio del proceso de paging realiza la búsqueda de la estación móvil GSM en la red GPRS para una llamada entrante.

2.2.8.6.5 Señalización entre SGSN y los registros HLR, EIR

Los protocolos que se utilizan en la señalización entre SGSN y los registros son los mismos protocolos de GSM, pero con funciones mejoradas para el funcionamiento en GPRS.

Utiliza la red de transporte de señalización GSM SS N° 7 y MAP, como parte de una especificación de red móvil. El intercambio de mensajes MAP es realizado por medio de los protocolos TCAP (Transaction Capabilities Application Part) y SCCP (Signaling Connection Control Part). La Figura 2.11 muestra los protocolos involucrados.

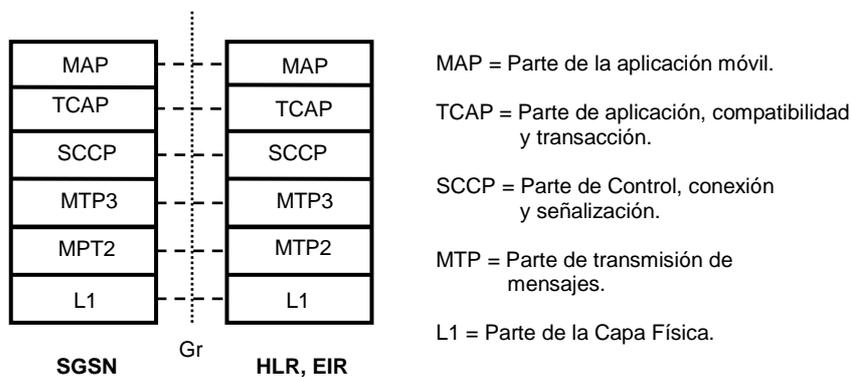


Figura 2.11 Señalización entre SGSN y HLR, EIR

2.2.9 SUBSISTEMA RADIO EN GPRS [19], [20], [23], [25], [27], [30], [32], [34], [39]

2.2.9.1 Interfaz de Radio GPRS

GPRS utiliza los mismos recursos de la interfaz radio de GSM, para proveer transmisión de paquetes sobre la interfaz de aire; siendo posible la misma mezcla de canales GPRS con canales GSM en una misma célula e incluso en una misma portadora. En GPRS se establecen procedimientos a través de los cuales múltiples usuarios pueden compartir simultáneamente los recursos de radio y las ranuras de tiempo.

Algunas modificaciones que se dan en la interfaz radio de GSM se describen a continuación:

- Pueden asignarse de forma dinámica los canales que deje libres GSM.
- De 1 a 8 intervalos simultáneamente.
- Recursos en UL y DL independientes.

- Un canal sólo se asigna cuando se transmite o recibe (en GSM se asigna de forma permanente durante toda la llamada).

GPRS mantiene la forma de las señales transmitidas como: modulación, la anchura del canal y la estructura de la trama TDMA usados en GSM.

Se emplean nuevos métodos de codificación de canal (*Coding Schemes, CS*), que se seleccionan dinámicamente en función de las condiciones del enlace. Define un protocolo de retransmisión (ARQ) con ventana deslizante. Al retransmitirse los bloques erróneos, se trabaja con probabilidades de error de bloque (BLER) altas (en torno al 10%).

El medio físico es el responsable de transportar los bits a través del radio canal usando algún esquema de modulación. En el caso de GPRS se utiliza GMSK⁹ (*Gaussian Minimum Shift Keying*), para soportar múltiples usuarios en un espectro limitado.

2.2.9.2 Canales Físicos y Acceso Múltiple TDMA

La interfaz radio GSM utiliza un método de acceso múltiple que combina la multiplexación por división en frecuencia (*FDMA*), con la multiplexación por división en el tiempo (*TDMA*). La trama TDMA mostrada en la Figura 2.12 está subdividida en 8 intervalos de tiempo (*TS-time slot*). Cada portadora de radiofrecuencia puede soportar 8 canales físicos.

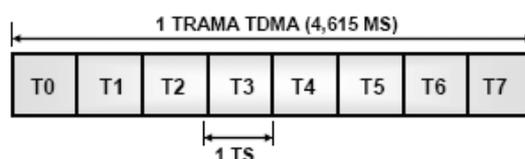


Figura 2.12 Canales Físicos de una Trama TDMA-GPRS [30]

⁹ **Modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).**- Es un método de modulación digital derivado de la modulación por desplazamiento de fase MSK. Consiste en filtrar en banda base las señales NRZ, mediante un filtro de respuesta temporal y de frecuencia gausseana, introduciendo interferencia entre símbolos en forma controlada. Logra que las variaciones de frecuencia y de fase sean continuas. En MSK, en cambio, la frecuencia es discontinua pero la fase es continua.

Los TS de una trama TDMA pueden ser asignados por la BTS de forma dedicada para GPRS, GSM o conmutables entre ambos. Los TS son compartidos por todos los usuarios GPRS activos. La conmutación de circuitos tiene prioridad sobre GPRS.

Los canales físicos GPRS se denominan PDCH (*Packet Data Channel*). Pueden ser de dos tipos:

- *Canales PDCH dedicados.*- Son asignados de forma exclusiva para GPRS.
- *Canales PDCH bajo demanda.*- Son utilizados para GPRS si no son necesarios para GSM.

GPRS utiliza TDMA para proveer acceso múltiple y para transportar datos desde el móvil a la red. Además, los canales uplink como downlink se asignan separadamente, lo que facilita soportar el tráfico asimétrico. GPRS, al igual que GSM, diferencian la información de señalización de la del usuario a través de canales lógicos.

Un nuevo concepto se estable “Capacidad bajo Demanda”, en el cual el operador puede decidir si incrementa o disminuye algún PDCH para el tráfico GPRS, según la demanda. La carga de tráfico GPRS en una determinada celda, varía en función del tiempo.

2.2.9.3 Canales Lógicos

Se refieren al flujo de información entre entidades para un propósito particular; los Canales Lógicos están dentro de los Canales Físicos (PDCH). En la Tabla 2.2 se presenta un resumen de los canales físicos y lógicos, propios de GPRS que se suman a los canales GSM existentes.

Canales Físicos GPRS	Canales de Paquetes de Datos PDCH.	Canales PDCH dedicados	MS ↔ BSC	Asignados de forma exclusiva para el servicio GPRS.
		Canales PDCH bajo demanda	MS ↔ BSC	Utilizados para GPRS si no son necesarios para GSM.
Canales Lógicos GPRS	Canales de Difusión.	PBCCH (Packet Broadcast Control Channel).	BSC → MS	Utilizado para difundir información de control general del sistema GPRS. (Área de routing, etc.).
	Canales de Control Común PCCCH	PRACH (Packet Random Access Channel).	MS → BSC	Utilizado por la MS para solicitar canales para GPRS (uno o más canales de tráfico)
		PPCH (Packet Paging Channel).	BSC → MS	Utilizado para localizar a una MS antes de la transferencia de paquetes.
		PAGCH (Packet Access Grant Channel).	BSC → MS	Usado para comunicar a la MS los canales de tráfico asignados.
		PNCH (Packet Notification Channel).	BSC → MS	Usado para avisar a las MS de qué se va a iniciar una transferencia punto-multipunto. En esta notificación se asignan recursos para la transferencia.
	Canales de Tráfico. PTCH	PDTCH (Packet Data Traffic Channel).	BSC ↔ MS	Usado para la transferencia de paquetes de datos. Son canales unidireccionales.
	Canales de Control Dedicados	PACCH (Packet Associated Control Channel).	BSC ↔ MS	Constituye un canal de señalización asociado a un canal de tráfico PDTCH. Utilizado para transferir el nivel de potencia, información del sistema y reconocimientos de la correcta recepción de paquetes.
PTCCH (Packet Timing Control Channel).		BSC ↔ MS	Utilizado para envío de información relacionada con el avance de tiempo. - PTCCH-U . Canal ascendente para transmitir ráfagas de acceso aleatorio y poder estimar la distancia de la MS. - PTCCH-D . Canal descendente para comunicar información de avance de tiempo.	

Tabla 2.2 Canales del Sistema GPRS

2.2.9.4 Mutitrama (MF52)

Está formada por 52 tramas TDMA (Figura 2.13). Consta de 12 bloques de radio (desde B0 a B11) y 4 tramas reservadas (X), que se distribuyen de la siguiente manera: 2 tramas para transmisión de PTCCCH y las dos tramas restantes son tramas que no llevan bits de información ni de control, conocidas como tramas *Idle*.

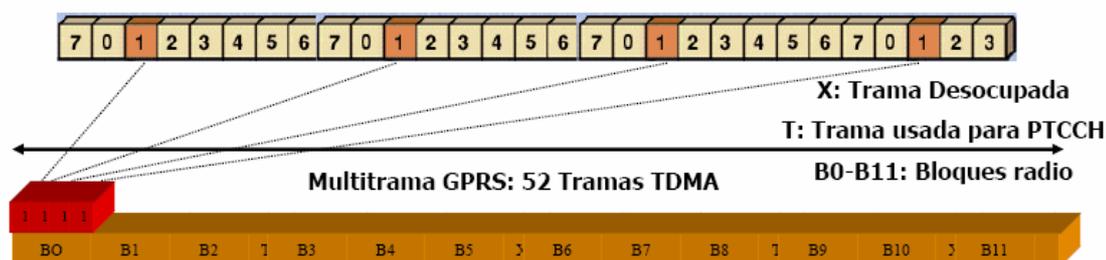


Figura 2.13 Multitrama del Sistema GPRS [47]

Se denomina “bloque radio” a un conjunto de 4 tramas consecutivas que forman parte de un mismo bloque. En la MF52 existe *en promedio* un bloque radio cada 20ms ($240\text{ms} / 12$).

Además de la multitrama 52, la cual es utilizada por todos los canales lógicos de GPRS, se define una estructura de multitrama 51. Ésta se usa por los canales PDCHs, portando solo canales lógicos PCCCH y PBCH.

2.2.9.5 Mapeo de Canales Lógicos sobre Canales Físicos

Múltiples canales lógicos pueden ser mapeados sobre un mismo canal físico de tal manera que se pueda repartir el tiempo usando la estructura de una multitrama.

Existen varias combinaciones de canales lógicos, que se pueden multiplexar sobre el mismo canal físico tales como:

1. PBCCH + PCCCH + PDTCH + PACCH + PTCCH
2. PCCCH + PPDTCH + PACH + PTCCH
3. PCTCH + PACCH + PTCCH (actualmente utilizada).

Los siguientes términos corresponden a los *indicadores* para poder hacer el multiplexado de canales lógicos en la transmisión de los paquetes:

- *TBF (Temporary block flow)*.- Permite identificar una o varias tramas LLC pertenecientes a un mismo usuario.
- *TFI (Temporary flow identity)*.- Permite el multiplexado downlink. El indicador TFI está incluido en la cabecera de los paquetes RLC y permiten la implementación del protocolo ARQ selectivo¹⁰. A cada usuario se le asigna un TFI único dentro de la celda.
- *USF (Uplink State Flag)*.- Permite el multiplexado uplink. El usuario ha recibido en la negociación previa su USF de la red, único para esa celda. Cada bloque RLC del downlink lleva este indicador. Si el USF recibido en el downlink es igual al de la red, indica que el usuario puede usar el siguiente bloque uplink. Existen 8 valores para el indicador de USF. Si USF = 1, indica que el slot está libre y puede ser usado para el proceso de acceso (PRACH). Los otros siete valores identificarán a uno de los móviles activos en esta portadora.

2.2.9.6 Esquemas de Codificación

Se ha definido para GPRS cuatro esquemas de codificación, asignados como CS-1 hasta CS-4; con diferentes tasas de transferencia de datos por cada slot de tiempo. Cada uno de ellos incorpora diferentes medidas de codificación de corrección de errores. La técnica de codificación en GPRS es similar a la que utiliza GSM.

¹⁰**ARQ selectivo**.- Protocolo que pide una retransmitir a partir de la trama donde se produjo el error; es decir, retransmite solo las tramas que llegaron con error y no el resto.

El proceso para el esquema de codificación CS-1 se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 2.14, en donde a los 181 bits de carga útil se le añade 3 bits del USF, y al ingresar luego a un codificador de bloque sistemático se añaden 40 bits de pariedad.

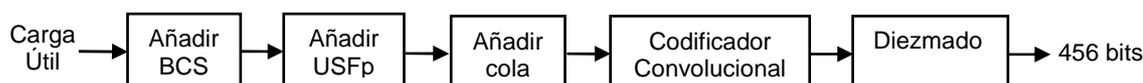


Figura 2.14 Procedimiento de codificación

El bloque que añade los 3 bits de USF codifica éstos a 6 bits; luego se añaden 4 bits de cola al final del bloque, los cuales son necesarios para la terminación subsiguiente del código convolutacional que utiliza un rendimiento de $\frac{1}{2}$, y finalmente se obtiene los 456 bits.

El CS-1 es el mismo usado en el canal SACCH de GSM. Los móviles deberán utilizar cualquiera de los 4 métodos de codificación y para la red sólo es obligatorio el CS-1. En la Tabla 2.3 se muestra los diferentes niveles de codificación de GPRS.

TIPO	Tasa Código	Carga Útil	BCS	USF	USFP	Cola	Bits codif.	Bits Eliminados	Tasa de datos (Kbps)	Tasa de datos máx. en 8TS (Kbps)
CS-1	1/2	181	40	3	3	4	456	-	9.05	72.4
CS-2	$\approx 2/3$	268	16	3	6	4	588	132	13.4	107.2
CS-3	$\approx 3/4$	312	16	3	6	4	676	220	15.6	124.8
CS-4	1	428	16	3	12	-	456	-	21.4	171.2

Tabla 2.3 Canales del Sistema GPRS

El tipo de codificación depende de la calidad del canal, a peor calidad se utilizarán las codificaciones de menor velocidad de transmisión, de los cual se obtiene una mayor fiabilidad; si las condiciones del canal son óptimas, se utiliza un esquema de codificación que permite alcanzar mayor velocidad por time slot. Al utilizar el número máximo de ocho canales por usuario se puedan lograr tasas máximas de 171 Kbps.

En el canal PDTCH se puede emplear cualquiera de los CS. El CS seleccionado se modifica dinámicamente por decisión de la base. En los canales PRACH y PTCCCH ascendente, que se transmiten mediante ráfagas de acceso, se utiliza una codificación especial, diferente a los CS. En los demás canales emplean siempre el CS-1, que brinda mayor protección.

2.2.9.7 Transferencia de Datos (UP-LINK)

Una estación móvil inicia una transferencia de paquetes haciendo una petición de canal de paquete en el PRACH. La red responde en PAGCH con una o dos fases de accesos:

- Primer acceso: la red responde con la asignación de paquete, que reserva los recursos en PDCH para transferir ascendentemente un número de bloques de radio.
- Segundo acceso: la red responde con la asignación de paquete, que reserva los recursos ascendentes para transmitir la petición de recursos de paquete; a lo que la red responde con la asignación de recursos.

En la transmisión se realizan reconocimientos, si se recibe un reconocimiento negativo o erróneo se repite la transmisión del paquete. El diagrama de la Figura 2.15 muestra el proceso de transferencia de datos en el sentido “up-link”.

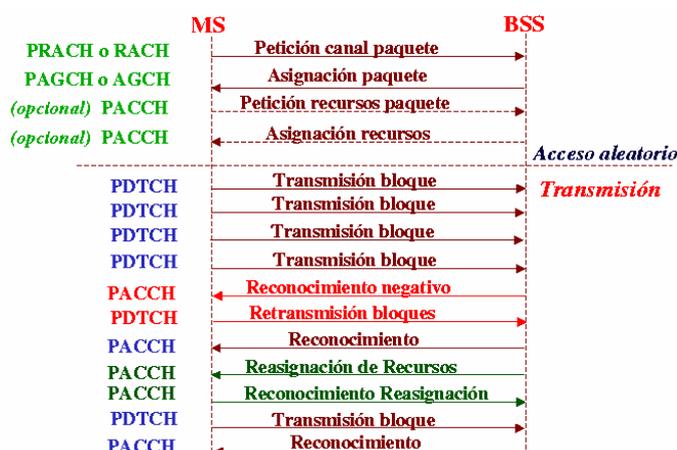


Figura 2.15 Proceso de transferencia de datos (Up-Link) [26]

2.2.9.8 Transferencia de Datos (DOWN-LINK)

Una BSS inicia una transferencia de paquetes enviando una petición de paging (búsqueda) en el PPCH. La estación móvil responde de forma muy parecida a la del acceso al paquete descrita en el punto anterior. En la asignación de recursos se envía una trama con la lista de PDCH que se están usando. Si se recibe un reconocimiento negativo solo se retransmite los bloques erróneos. El diagrama de la Figura 2.16 muestra el proceso de transferencia de datos en el sentido “down-link”.

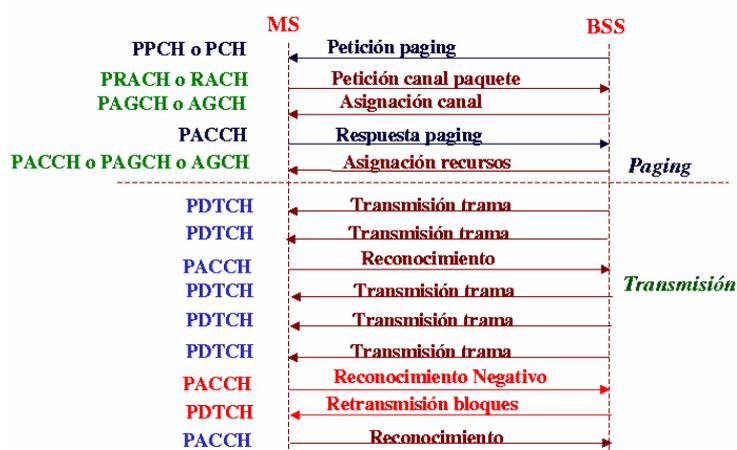


Figura 2.16 Proceso de transferencia de datos (Down-Link) [26]

2.2.10 FUNCIONALIDADES DE LA RED GPRS [19], [22], [26], [30], [35], [47], [49]

2.2.10.1 Gestión de la Movilidad

La gestión de movilidad mantiene a todos los elementos de la red GPRS al corriente de la localización actual del móvil. Comprende la información relacionada con la conexión (Attach) y desconexión (Detach), identidad del móvil y estado del móvil (IDLE, STANDBY, READY).

2.2.10.1.1 Conexión al Sistema GPRS (ATTACH GPRS)

Cuando una estación móvil GPRS desea utilizar los servicios de paquetes de datos de la red inalámbrica, primero se debe realizar el procedimiento de registro, el cual se describen a continuación.

Antes de que una estación móvil pueda enviar datos a otro terminal, debe enviar al nodo SGSN una solicitud de registro, indicando el tipo de registro, el TMSI y el RA anterior, si pertenece a otro SGSN. Los estados de la movilidad se relacionan con el suscriptor de GPRS y cada estado describe el nivel de la funcionalidad y de información asignadas. El nuevo SGSN solicita al SGSN antiguo la información de la estación móvil para autenticarla. Durante este proceso GPRS puede hacer una diferenciación de usuarios según la QoS, para ello la estación móvil solicita el nivel de QoS.

El SGSN lleva a cabo la identificación de la MS, verificando el IMEI. Si es necesario, el SGSN solicita al HLR la actualización del RA. El HLR confirma el registro y la actualización de la posición. La conexión lógica se mantiene mientras el usuario se movilice dentro del área de cobertura controlada por el SGSN.

Se debe tomar en cuenta que dicha conexión no es suficiente para empezar la transferencia de paquetes, para ello la MS necesita activar una dirección IP llamada dirección PDP, tal como se explica más adelante de este capítulo.

En la Figura 2.17 se muestra un resumen del proceso descrito.

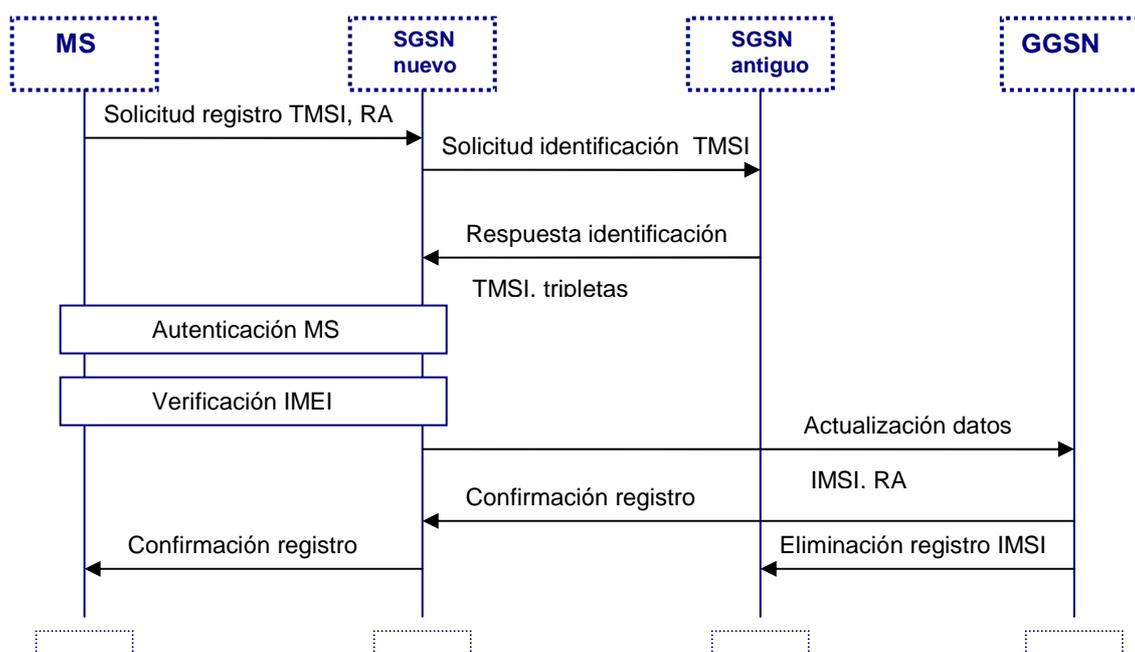


Figura 2.17 Proceso de conexión al Sistema GPRS

2.2.10.1.2 Desconexión del Sistema (GPRS Detach)

Cuando se desconecta a la estación móvil de la red, se restringe el acceso a los servicios GPRS. La desconexión puede ser iniciada por la MS, por la red o por el HLR. La red GPRS realiza implícitamente de forma automática una cancelación de registro cuando vence un temporizador de inactividad en el acceso al servicio.

- *Desconexión iniciada por la MS.*- Para cambiar de estado READY (activo) al estado IDLE (inactivo), la MS solicita la cancelación de registro (GPRS Detach), indicando el tipo de cancelación y el motivo de dicha petición. El SGSN puede suprimir la Gestión de la Movilidad (MM) y los posibles contextos PDP activos, enviando una solicitud de borrado de contextos al GGSN. El nodo SGSN debe confirmar la cancelación de registro, que puede ser solamente para GPRS, para la IMSI (función GSM), o para ambos. En la Figura 2.18 se muestra un resumen del proceso descrito.

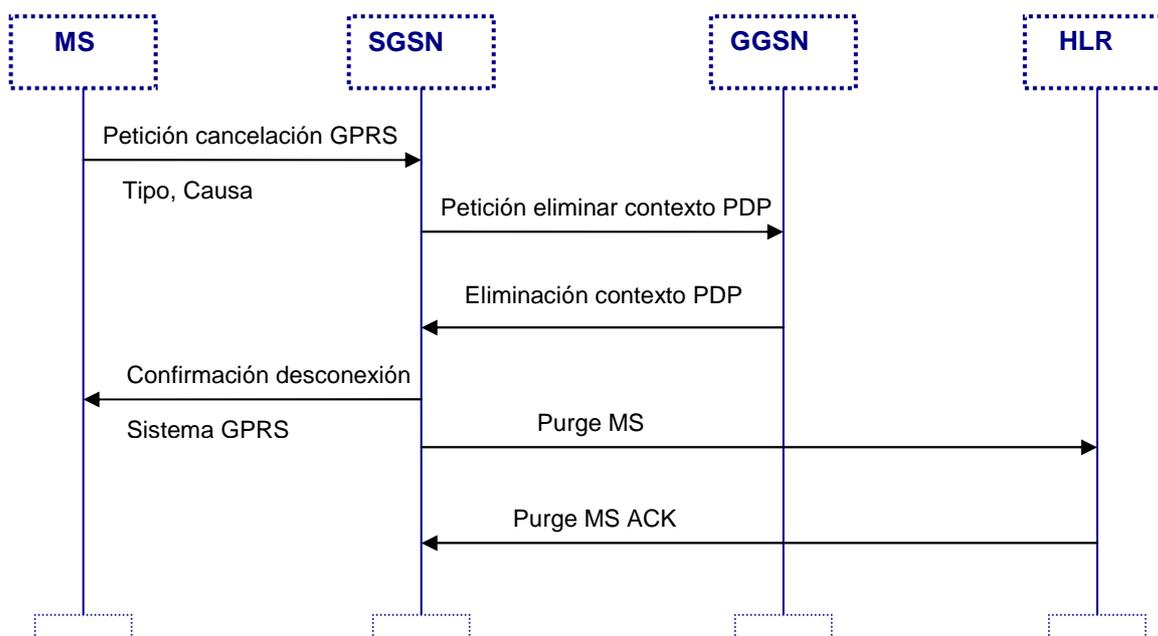


Figura 2.18 Proceso de desconexión del Sistema GPRS iniciado por la MS

- *Desconexión iniciada por la Red.*- Este caso se presenta debido a un comportamiento defectuoso del móvil, a una red congestionada,

terminación de servicio inmediata (IST) o por estar en el estado STANDBY mucho tiempo sin emitir. El nodo SGSN informa a la estación móvil que ha sido separada de la red enviándole una petición de desconexión. Este proceso es similar al iniciado por la estación móvil descrito anteriormente. Los contextos PDP activos en el GGSN son desactivados por el SGSN, y finalmente la estación móvil envía un mensaje de aceptación para la desconexión al SGSN.

2.2.10.1.3 Estados de Movilidad

Se ha definido un modelo de tres estados que describen el nivel de funcionalidad e información almacenada en el SGSN acerca de la estación móvil; los mismos que son descritos en la Figura 2.19. La operación de GPRS no es completamente independiente del sistema GSM, debido a que comparten algunos procedimientos con las funciones de GSM.



Figura 2.19 Estados y transiciones de la movilidad [49]

- *Estado Inactivo (IDLE).*- La estación móvil se encuentra encendida, pero no se ha realizado el procedimiento de registro (attach). La red desconoce la localización del terminal (usuario no registrado). La MS no tiene activado ningún contexto lógico GPRS, tampoco tiene asignada ninguna dirección de la PSPDN. La MS solo puede recibir paquetes PTM-M (Point to

Multipoint-Multicast). Para establecer una conexión GPRS, la MS pasa al estado READY.

- *Estado Activo (READY).*- La estación móvil es registrada en el sistema GPRS y se activa el contexto de Gestión de la Movilidad (MM), puesto que la red conoce el área en la que se encuentra el terminal. La MS informa a la red cada vez que cambia de Celda. La MS puede activar o desactivar contextos PDP para transmitir o recibir paquetes de datos (PDP-PDUs). Se tienen asignados canales de tráfico PDTCH por un determinado tiempo. Cuando expira dicho tiempo, el estado activo cambia al estado STANDBY; y si la MS o el SGSN inicia el procedimiento de desconexión el estado activo pasa al estado IDLE.
- *Estado de Espera (STANDBY).*- La estación móvil se encuentra registrada pero en estado de inactividad por vencimiento del temporizador de asignación de canal de tráfico. Se puede recibir transferencias de señalización, actualizaciones de RA debido a que está activo el contexto de la gestión de la movilidad. La MS puede iniciar la activación o desactivación del contexto PDP, así como recibe avisos de GPRS y GSM. Las razones para que una estación se encuentre en este estado son reducir la carga en la red de GPRS causada por la constante actualización de la localización de los mensajes basados en celdas, y para conservar la batería de la estación móvil. El cambio del estado de reposo al estado activo, se produce para que la MS pueda transmitir o recibir paquetes de datos, y cambia al estado inactivo por un procedimiento de desconexión GPRS sólo del SGSN.

2.2.11 GESTIÓN DE LOCALIZACIÓN [28], [30], [31], [49]

La estación móvil es responsable de informar a la red GPRS dónde se encuentra en cada momento. Para ello la red GPRS proporciona la información necesaria para que una MS pueda actualizar su localización cuando se produzca cambios de celda y de área de encaminamiento (RA). La MS reconoce los cambios de

posición decodificando las identidades de la celda y del RA enviadas por el canal de difusión (PBCCH). Se pueden dar los siguientes casos:

1. Cambio de celda dentro de una misma RA. (Actualización de celda)
2. Cambio de RA dentro de la misma SGSN (intraSGSN)
3. Cambio de SGSN (interSGSN)

2.2.11.1 Actualización de Celda

Se ejecuta cuando el terminal móvil se encuentra en estado READY y detecta un cambio de celda. Se inicia este procedimiento aunque ambas celdas, nueva y anterior, pertenezcan al mismo RA. Los pasos a realizar son: la MS envía una trama LLC al nodo SGSN con la identidad del terminal. El BSS añade la identidad de la nueva celda (BSIC y RAI) sobre la trama LLC. El SGSN acepta la actualización y envía el nuevo P-TMSI al terminal móvil, el cual debe confirmar la actualización al SGSN. Dicho proceso se resume en el esquema de la Figura 2.20.

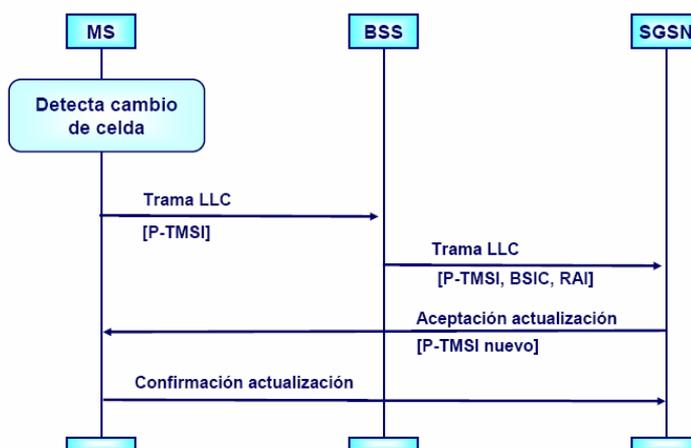


Figura 2.20 Proceso para la actualización de celda [30]

2.2.11.2 Actualización de RA intraSGSN

La MS envía una solicitud de actualización de RA, indicando el RA anterior y el TMSI. El SGSN realiza la autenticación del usuario y la verificación de la identidad del terminal. El SGSN asigna una nueva identidad temporal P-TMSI. Se confirma a la MS la actualización de la posición. El nodo SGSN posee toda la información

necesaria de la MS y no es preciso que informe al GGSN ni al HLR de la nueva localización. En la Figura 2.21 se puede observar el cambio de la celda de la MS en diferentes áreas de encaminamiento (RA).

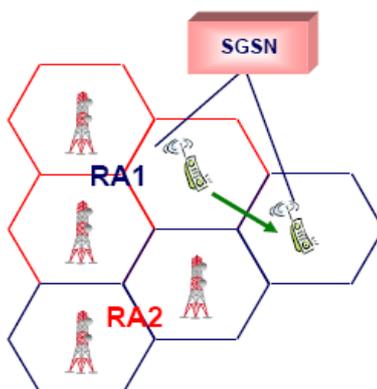


Figura 2.21 Actualización de RA intraSGSN [49]

2.2.11.3 Actualización RA interSGSN

En este caso el cambio de celda implica un cambio de SGSN como se observa en la Figura 2.22. La MS envía una solicitud de actualización de RA al nuevo SGSN, para ello envía P-TMSI, RA anterior, etc. El nuevo nodo SGSN envía al antiguo SGSN una solicitud de contextos PDP activos para dicha MS. El antiguo SGSN inicia un temporizador y detiene la transmisión de paquetes hacia la MS. El antiguo SGSN envía los contextos solicitados, indicando los números de secuencia de los paquetes en los enlaces ascendente y descendente. El antiguo SGSN envía al nuevo SGSN los paquetes de datos. El nuevo SGSN solicita al GGSN la actualización de los contextos PDP. Se actualiza la posición RA de la MS en el HLR.

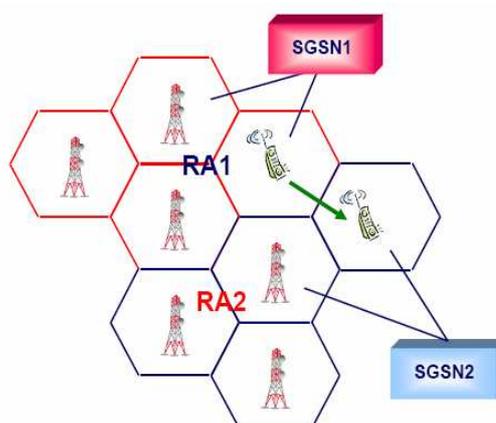


Figura 2.22 Actualización de RA interSGSN [49]

2.2.12 GESTIÓN DE SESIÓN [25], [47]

Para iniciar el proceso de transmisión o recepción de datos en un terminal se debe establecer un contexto PDP (Packet Data Protocol) con el GGSN correspondiente. La red debe tener información de encaminamiento y de QoS que permitan transferir las PDUs de una dirección PDP entre la MS, SGSN y GGSN.

Una MS puede tener más de un contexto PDP activado, el mismo que se mantiene activo hasta que se realiza un procedimiento de “Desactivación de contexto PDP”. El contexto PDP describe las características de la conexión de la red de datos como: el tipo de PDP (IPv4, IPv6, X.25, PPP), APN (Access Point Name) o punto de acceso a la red externa, parámetros de calidad de servicio, prioridad de radio, etc. Proporcionando de esta manera el NSAPI (Network Layer Service Access Point Identifier), DLCI (TLLI + SAPI) Data Link Connection Identifier, TID (túnel Identifier) y mapeo de direcciones.

- *TLLI (Temporary Logical Link Identifier)*.- Esta dirección es utilizada para la comunicación móvil con el SGSN.
- *NSAPI (Network Service Access Point Identifier)*.- El móvil GPRS puede establecer múltiples contextos de distintas aplicaciones. NSAPI identifica datos de una aplicación.

2.2.12.1 Activación del Contexto PDP

El procedimiento para activar el contexto PDP, mostrado en la Figura 2.23, es el siguiente:

1. El terminal móvil solicita la activación del contexto PDP e indica la dirección (APN) de la red IP con la que quiere conectarse.
2. El SGSN valida la petición basándose en los datos recibidos del HLR durante el GPRS attach.

3. Se envía el APN al DNS (Domain Name Server) del SGSN para obtener la dirección del GGSN más indicado para conectar al terminal móvil con la PDN.
4. Se crea una conexión lógica (tunneling) entre el SGSN y el GGSN.
5. El terminal móvil obtiene una dirección IP fija en el momento de activar el contexto PDP, la misma que se libera al desactivarlo. Esta dirección IP puede ser:
 - o *Estática*.- El operador asigna una dirección permanente al usuario suscrito, la misma que se encuentra almacenada en el HLR.
 - o *Dinámica*.- Asignada por el nodo GGSN a partir de un rango de direcciones de la PDN (Internet/Intranet), disponible durante el tiempo de la sesión.

Es el Operador al que está suscrito el terminal móvil quien determina el tipo de direccionamiento a ser utilizado.

6. El SGSN envía todos los parámetros al terminal en un mensaje de "Activate PDP Context Accept"

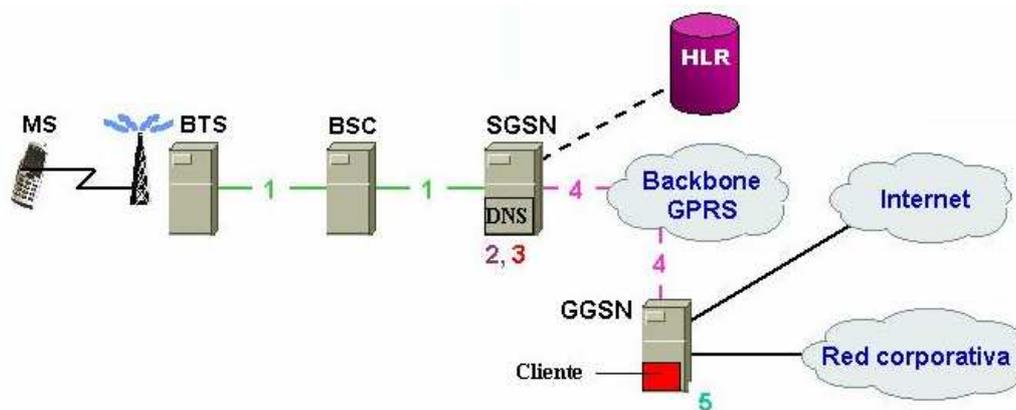


Figura 2.23 Diagrama para activar el contexto PDP [48]

2.2.12.2 Modificación y Desactivación del Contexto PDP

El nodo SGSN puede iniciar la modificación de parámetros (QoS, prioridad de radio). El HLR puede enviar mensajes al SGSN por cambios en los datos de suscripción de abonado.

La desactivación del contexto PDP pueden ser iniciado por la MS o por el SGSN cuando el temporizador a vencido, y también puede ser solicitado por GGSN. Cuando es iniciada por la MS, está envía una “petición de desactivación del contexto PDP” al SGSN, para la aplicación asociada al NSAPI. El SGSN envía una “petición de cancelación del contexto PDP” al GGSN, para el TID de esa conexión. El GGSN devuelve una “confirmación de cancelación del contexto PDP” al SGSN, respecto al TID. El SGSN devuelve la “desactivación del contexto PDP” al móvil, para el NSAPI.

2.2.13 CALIDAD DE SERVICIO (QoS) [29], [37], [47]

La calidad de servicio tiene por objetivo especificar la capacidad para las diferentes aplicaciones. Hace referencia a un conjunto de parámetros que pueden ser observados y medidos, desde el punto de acceso al servicio utilizado por el usuario (SGSN), el cual negocia el perfil demandado y luego responde al móvil.

En la activación del contexto PDP, el SGSN negociará la QoS para la transmisión de datos basándose en el perfil por defecto de cada suscriptor almacenado en el HLR del operador de red móvil. Durante la sesión, el SGSN puede modificar la QoS negociada inicialmente. La red puede decidir la modificación de los parámetros negociados al activar la dirección IP.

Para valorar la calidad de una prestación de servicio, es necesario revisar los siguientes criterios:

- *Velocidad*: La petición de servicio puede ser valorada en términos de rapidez (tasa máxima), con que la información es transportada
- *Cuidado*: Es el grado de corrección que se puede dar al sistema para atender una petición de servicio.
- *Fiabilidad*: Sintetiza la disponibilidad del servicio sin tener en cuenta la velocidad ni el cuidado con que se atienden las peticiones de servicio.

En la Tabla 2.4 se definen los parámetros del perfil de calidad de servicio (QoS) que utilizará la red GPRS, cada uno con su respectiva clase.

PARÁMETRO	CLASE	VALORES				
Prioridad	3	Alta, Normal, Baja				
Retardo en de paquetes 128 byte	4	Clase	1	2	3	4
		Media (s)	<0.5	<5	<50	Mejor esfuerzo
		95% (s)	<1.5	<25	<250	Mejor esfuerzo
Fiabilidad	3	Probabilidad de pérdida de paquetes				
Caudal Máximo	9	8 kbit/s – 171.2kbit/s				
Caudal Medio	19	0.22 kbit/s – 111 kbit/s				

Tabla 2.4 Clases de QoS en GPRS

2.2.14 GESTIÓN DE SEGURIDAD [19], [32], [36]

La seguridad en los sistemas GPRS implica la realización de ciertas tareas como:

- Autenticación en el acceso a la red
- Cifrado de la información en la interfaz radio
- Identificación del equipo móvil
- Asignación de identidad temporal (*TMSI*)

2.2.14.1 Autenticación

La autenticación tiene por objetivo proteger a la red contra accesos y usos no autorizados. Consiste en la comprobación, por parte del sistema GPRS, de la identidad del abonado transferida por la estación móvil durante el proceso de identificación. La autenticación es necesaria para el registro de un abonado, llamada desde ó hacia la estación móvil y para la actualización de la posición. Para los procesos de autenticación y cifrado, mostrados en la Figura 2.24, se define un sistema de parámetros conocidos como *tripleta*, la cual está compuesta por:

- Un número aleatorio (RAND)
- La respuesta firmada (SRES)
- La clave de cifrado (Kc)

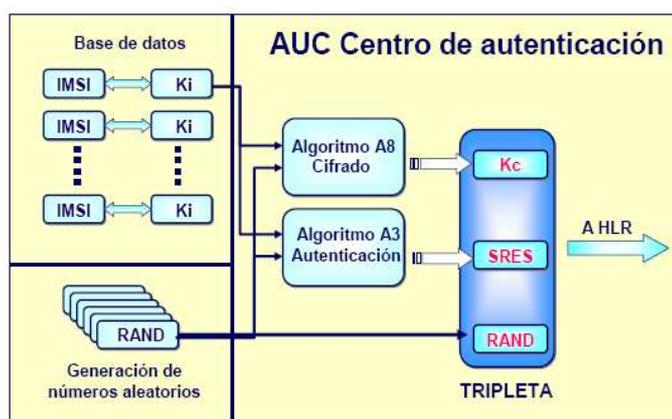


Figura 2.24 Generación de Tripletas de Autenticación [47]

El RAND es un número generado aleatoriamente de un conjunto que contiene 2^{128} números. El RAND, junto con la clave de identificación (Ki), se utiliza para calcular el Kc y SRES. Ki es un número secreto asignado sobre una base para cada suscriptor, se mantiene solamente en el centro de autenticación y se localiza en la tarjeta SIM. Las medidas de seguridad se realizan para garantizar que el Ki no se pueda leer en la tarjeta. Este número nunca se transmite sobre la red.

El procedimiento de autenticación está basado en GSM y realiza la selección de un algoritmo de cifrado. El SGSN puede almacenar la tripleta de autenticación de la estación móvil después de abandonar el sistema GPRS. Si el SGSN no tiene la tripleta de autenticación previamente almacenada, puede obtenerla del HLR que es donde se encuentra almacenada.

2.2.14.2 Cifrado

El cifrado se realiza sobre la interfaz del aire después del procedimiento de la autenticación para proporcionar la seguridad para el tráfico de voz y datos. Utiliza el algoritmo (A5) junto con el Kc y el número actual de la trama TDMA, como las entradas para generar un código de cifrado. Los datos codificados son el resultado de la operación lógica XOR de los bits de datos de la ráfaga BN con los bits de esta secuencia.

La clave de codificación Kc se usa hasta que la MSC decida autenticar nuevamente la MS. En la práctica se usa el mismo Kc varios días. En la dirección uplink, el móvil cifra los datos y el BSS lo descifra; un proceso similar ocurre en el downlink.

La clave de cifrado es diferente en la dirección uplink y downlink. El número de tramas TDMA cambia aproximadamente cada 4.6ms (un período de trama TDMA) y no se repite durante 3.5 horas, haciendo difícil para que el código del cifrado sea descubierto. El sistema GPRS tiene la opción de comenzar a cifrar sin la autenticación.

2.2.15 TARIFICACIÓN [19]

Proporciona al operador la información relativa al volumen de datos y a la duración de la sesión (tiempo en el que está activo el contexto PDP).

- *Función pasarela de tarificación (CGF - Charging Gateway Function).*- Es la transferencia de la información de tarificación desde los nodos GSN a los sistemas de facturación. Puede ser centralizada o distribuida en los GSNs.
- *Funciones:* recogida, almacenaje intermedio y transferencia de los registros de detalles de llamadas, CDRs (Call Detail Records).
- Un CDR incluye parámetros con los datos recogidos durante una sesión PDP: Red de paquetes externa, volumen de datos transferido, calidad de servicio pedida y ofrecida, fecha y hora de la conexión y la duración de la sesión.

El operador puede facturar al suscriptor por el uso de la red mediante:

- Cuota mensual: cuota básica, o una cuota plana.
- Facturación basada en el volumen.
- Una cuota por tiempo: tiempo en que esté activo un contexto PDP.
- Pago por acceso: para el acceso a portales móviles.
- Pago por transacción: Un mensaje (SMS) o un servicio específico.

2.2.16 SERVICIOS QUE OFRECE LA RED GPRS [31], [40], [46], [48], [49]

2.2.16.1 Servicios de GPRS para el Usuario

El conjunto de servicios soportados por GPRS corresponde a los servicios de datos en modo paquete (Figura 2.25). Los servicios que obtendrá un usuario de este sistema serían los equivalentes a tener un PC conectado a la red universal de datos: Internet, siendo este de mínimo tamaño y con la ventaja de ser inalámbrico.

- *Acceder en movilidad a Internet y correo electrónico.*- GPRS permite acceder en movilidad a todas las facilidades de Internet usando el terminal GPRS como módem: Acceso a cuentas de correo de Internet (lectura y envío de e-mails), aviso de recepción de correo en el móvil, descarga de ficheros. Desde cualquier PC, asistente personal digital (PDA) o directamente desde el terminal GPRS. Pagando sólo por el volumen de datos transmitidos y recibidos y no por el tiempo de conexión.
- *Acceso en movilidad a la intranet y correo corporativo.*- Tales como: los sistemas de correo electrónico de la empresa (Microsoft Mail, Outlook Express, Microsoft Exchange, Lotus Notes etc), puede: leerlo y contestarlo como si estuviera en la oficina.
- *Acceso a bases de datos y aplicaciones corporativas desde un dispositivo móvil.*- Gestión de fuerza de ventas como: consulta de estados de pedidos, consulta de catálogos, consulta de stocks, información relativa a los clientes desde cualquier lugar y Gestión de equipos de trabajo que operan fuera de la empresa (equipos de mantenimiento, supervisión, reparto). Con GPRS se pueden enviar avisos, complementar partes de trabajo, obtener información detallada sobre envíos o reparaciones desde cualquier lugar.
- Acceso GPRS a aplicaciones WAP para uso empresariales (a través del servicio WAP). Agenda, directorios, tarjetas de visita, E-mail, correo.

- *Acceso a servicios de información (a través del servicio WAP).*- Canales temáticos como: noticias, finanzas, viajes, guía de carreteras, reserva de restaurantes, guía de teléfono, Banca móvil.
- *Transmisión de Datos y Telemetría.*- Permite al cliente empresarial transmitir y recibir información de manera oportuna entre puntos distantes dentro de la zona de cobertura, a través de terminales fijos o móviles GPRS, para obtener de manera segura y rápida información vital para el negocio.

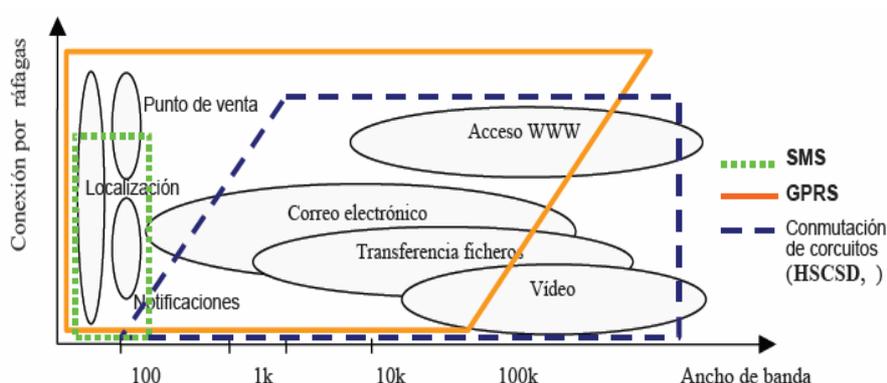


Figura 2.25 Comparación de los diferentes servicios que ofrece GPRS [49]

2.2.16.2 Formas de Acceso a los Servicios GPRS

Existen diferentes formas de acceso a los servicios de la red GPRS, entre los cuales se menciona:

- A través de una LAN corporativa.
- Proveedor de servicios Internet ISP.
- Portal móvil con WAP.

2.2.16.3 Tipos de Servicios GPRS

2.2.16.3.1 PTP (Point to Point)

- *PTP No orientado a conexión (CNLS Connectionless Network Service).*- Consiste en el envío de paquetes desde su origen a su destino, de forma

independiente, a través de la red. Equivale al modo datagrama de transmisión por línea. En el ramo radio del servicio se realiza la transferencia con acuse de recibo para proporcionar la entrega fiable. Con este servicio, GPRS soporta protocolos IP.

- *PTP Orientado a Conexión (CONS Connection Oriented Network Service).*- Permite intercambiar múltiples paquetes entre un usuario y un destino. Se entiende entonces que hay entre ambos una relación que puede durar desde segundos hasta horas. Es necesario previamente al intercambio de datos establecer una conexión virtual. Con este tipo de servicios, GPRS, soporta por ejemplo, X25.

2.2.16.3.2 PTM (Point to Multipoint)

Permite transmisión de un paquete a múltiples suscriptores.

- PTM – M (Multicast): El mensaje es enviado a todos los suscriptores en una determinada área geográfica.
- PTM – G: Grupo cerrado de usuarios identificados con una dirección de grupo.
- SMS (Servicio de Mensajes Cortos): GPRS actúa como servicio portador.
- Servicio Anónimo: Acceso “anónimo” para servicios predefinidos.

2.2.17 APLICACIONES DE LA RED GPRS [49]

El servicio GPRS está dirigido a aplicaciones que tienen las siguientes características:

- *Aplicaciones Horizontales.*-Transmisión poco frecuente de pequeñas o grandes cantidades de datos como por ejemplo, aplicaciones interactivas.
- *Aplicaciones Móviles.*- Transmisión intermitente de pequeños volúmenes de datos (bursty); como por ejemplo: RTI (Road Traffic Informatics),

Telemetría, Telealarma, Control del tráfico ferroviario, Acceso a internet usando la World Wide Web (WWW).

Dichas aplicaciones están basadas en protocolos estándar (TCP/IP, X.25) y protocolo GPRS (PTP y PTM).

2.2.18 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA RED GPRS [19], [28], [38], [40], [45]

2.2.18.1 Ventajas de GPRS para el Usuario

GPRS es la primera tecnología de comunicaciones móviles específicamente diseñada para la utilización de datos. Entre las principales ventajas que obtiene el usuario con el sistema GPRS, se destaca las siguientes:

- Conexión permanente, el usuario se encuentra permanentemente conectado a la red GPRS, y sólo paga por el servicio cuando transmite o solicita la recepción de información (datos).
- Facturación en base al volumen de datos transferidos/recibidos no por tiempo de conexión.
- Número de Time Slots asignados según el servicio o aplicación que se tenga sobre la red GPRS.
- Multitarea.- Una ventaja de la tecnología GPRS es la separación total del canal de datos y del canal de voz, lo que permite combinar el uso de ambos canales sin que uno interfiera en el otro.
- Mayor velocidad. La velocidad máxima de GPRS se estima en 171,3 Kbps, utilizando los 8 canales de tiempo de GSM. En la práctica, las velocidades reales de prestación de servicio se sitúan alrededor de los 53,6 Kbps.
- Modo de transmisión asimétrico, más adaptado al tipo de tráfico de navegación HTML o WML. Un terminal GPRS 4+1 (4 slots downlink y 1 uplink) tendrá cuatro veces mayor capacidad de transmisión de bajada que de subida.

2.2.18.2 Ventajas de GPRS para la Operadora

Uso eficiente de los recursos de la red, los usuarios sólo ocupan los recursos de la red en el momento en que están transmitiendo o recibiendo datos. Además, se pueden compartir los canales de comunicación entre distintos usuarios y no dedicados como en el modelo GSM.

Para los operadores se consigue un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, pues el enlace radio solo se utiliza cuando se están recibiendo o transmitiendo datos. Esto implica que varios usuarios pueden compartir el mismo radiocanal, con el consiguiente aumento de eficiencia, y con un bajo costo en implantación en Red a nivel Radio (PCUs en las BSCs).

Con el Sistema GPRS el usuario podrá acceder a redes públicas y privadas de datos, utilizando protocolos estándar (IP, X25), pudiendo navegar por Internet, descargar su correo, visitar su intranet, etc., con las ventajas de la movilidad que le proporciona su teléfono móvil.

2.2.18.3 Desventajas de la Red GPRS

- Capacidad limitada para todos los usuarios. Por ejemplo la voz y las llamadas generadas por GPRS utilizan los mismos recursos de la red, por lo tanto el impacto esta en el número de ranuras de tiempo disponibles en un determinado momento para el uso de GPRS aunque este reserva dinámicamente los canales.
- Las velocidades en la práctica son menores que el máximo teórico. Para alcanzar una velocidad de 115 Kbps por usuario, este debería reservar aprox. 8 ranuras de tiempo, lo cual para un operador de redes móviles actualmente es poco probable. Los recursos en las redes móviles actuales son escasos, hasta que se introduzca el EDGE o el UMTS.
- GPRS está basada en la técnica de modulación conocida como GMSK. Otras tecnologías como EDGE se basan en un nuevo tipo de esquema de

modulación que permite una tasa de transferencia de bits mucho más alta a través de la interfaz de aire la cual se llama modulación 8PSK.

- Retraso del tráfico en cada nodo, lo que conlleva un cierto retardo que es mayor que en conmutación de circuitos. Los paquetes GPRS son enviados en todas las direcciones con el fin de alcanzar el mismo destino. Esto aumenta la posibilidad para que uno o algunos de esos paquetes se pierdan o corrompan durante la transmisión de datos sobre el radio enlace.
- Posibilidad de congestión, ya que la red acepta paquetes más allá de su capacidad para despacharlos.
- El costo de los equipos para GPRS involucra transceptores celulares híbridos que elevan en aproximadamente cien dólares el costo de estos terminales, sobre las soluciones que operan con red fija.
- Las redes GPRS no son redes de banda ancha aunque sean vendidas como tales. Las velocidades netas de transferencia suelen ser muy bajas (40Kbps) en relación a la red Internet fija.
- Cuando se equipa un objetivo protegido con una interfaz de alarma para red Internet fija, se suele aprovechar la conexión de banda ancha preexistente, licuando el costo de servicio involucrado; no así en el caso del GPRS, donde se incorpora una nueva factura de servicio, periódica y medida en consumo.

2.2.19 CONSIDERACIONES FINALES

La tecnología GPRS es una evolución del sistema GSM por lo que comparte el rango de frecuencias de dicha red. Utiliza una transmisión de datos por medio de paquetes. GPRS es también una fase previa a otra tecnología de mayor envergadura, como será la tercera generación (UMTS), la cual utilizara como base a GPRS.

El uso que se le puede dar a GPRS está dado por la capacidad de los equipos y del usuario. GPRS está limitada por la empresa que brinde el servicio, pero lo principal de esta tecnología es que brinda al usuario una mayor velocidad de conexión y la ventaja de estar siempre conectado. Se factura por información transmitida y no por tiempo de conexión, así el usuario pagará por lo que ocupa el sistema en la transferencia de archivos.

GPRS usa como medio el radio enlace solo cuando los datos son enviados o recibidos. Esto significa que múltiples usuarios puedan compartir el mismo canal de radio muy eficientemente; en contraste con las actuales redes orientadas a circuitos donde los usuarios tienen conexiones dedicadas durante toda la llamada, tanto si están enviando datos como si no lo hacen.

Mediante el protocolo IP los datos se dividen en trozos que se envían separadamente por la Red, y la información se reconstruye al llegar a su destino. Esto optimiza la utilización del espectro de radio disponible, ya que no es necesario que un canal sea utilizado exclusivamente para la transmisión de un punto a otro. La utilización en las redes móviles del mismo protocolo de transmisión de datos que en Internet, permitirá que todos los servicios online estén disponibles en el terminal móvil. Cada móvil podrá tener su propia dirección IP, como cualquier terminal conectado a Internet, y será identificado en la Red por este número.

Con GPRS es posible realizar transmisión de datos y a la vez recibir una llamada de voz y contestarla. Al responder a la llamada, la comunicación de datos se interrumpe momentáneamente, reanudándose de forma automática una vez terminada la conversación. Esto es factible gracias a que en GPRS el tráfico de datos se transmite en modalidad de paquete.

La integridad de los datos cuando viajan a través del interfaz aire de GSM/GPRS es segura, puesto que antes de comenzar la transferencia de datos, el terminal móvil y el nodo SGSN, se ponen de acuerdo en la clave a utilizar para la codificación y decodificación de los datos. Además, durante la fase de

transferencia no se podrán transmitir datos sin codificar (excepto unos pocos mensajes de señalización) porque serán descartados. Si se trata de conexión con la información de una compañía, hay diferentes métodos de conexión y niveles de seguridad. Dependiendo de la conexión que se implante, la comunicación podrá ser totalmente segura.

Cabe destacar que estas tecnologías van más rápido que las demandas de los usuarios, por lo que estos aprovechan la oferta de más y mejores tecnologías en períodos de tiempo cada vez más cortos. Como ya se dijo anteriormente, se ven ya nuevas tecnologías acercándose, pero es importante el avance que trajo la tecnología GPRS, ya que representa un escalón más en el horizonte de las posibilidades que traerá la telefonía móvil.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS

En las últimas décadas la transmisión de datos hidrometeorológicos desde las estaciones remotas se ha realizado utilizando la radio. La telefonía celular no ha sido una alternativa interesante por el costo de las llamadas. Pero, en los últimos tiempos, con la tecnología GPRS, ha empezado a tener auge la transmisión vía teléfono móvil. Dicha tecnología abre nuevas posibilidades de comunicación, sobre todo en el caso donde las redes convencionales no tienen alcance.

En este capítulo se realiza el diseño de la red de comunicaciones para las estaciones hidrometeorológicas remotas que se implementará a futuro. Estas estaciones se encuentran ubicadas en las diferentes provincias de la región Sierra del país.

3.1 SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA GPRS

Cualquier sistema de comunicación debe tener: un transmisor, un receptor y un medio de transmisión. El transmisor prepara la información digital para transmitirla y luego la manda a través del medio de transmisión. El receptor captura los datos, los que eventualmente serán procesados con el fin de visualizarlos, archivarlos y analizarlos. Se espera que la información llegue sin modificaciones ni errores.

Como TRANSMISOR se entiende al conjunto de un Datalogger y un Módem GSM/GPRS. Como medio de transmisión se utilizará una red GSM/GPRS y como RECEPTOR un Módem GSM/GPRS y una computadora. En la Figura 3.1 se muestra el esquema de transmisión de datos que se desarrollará en el presente proyecto.

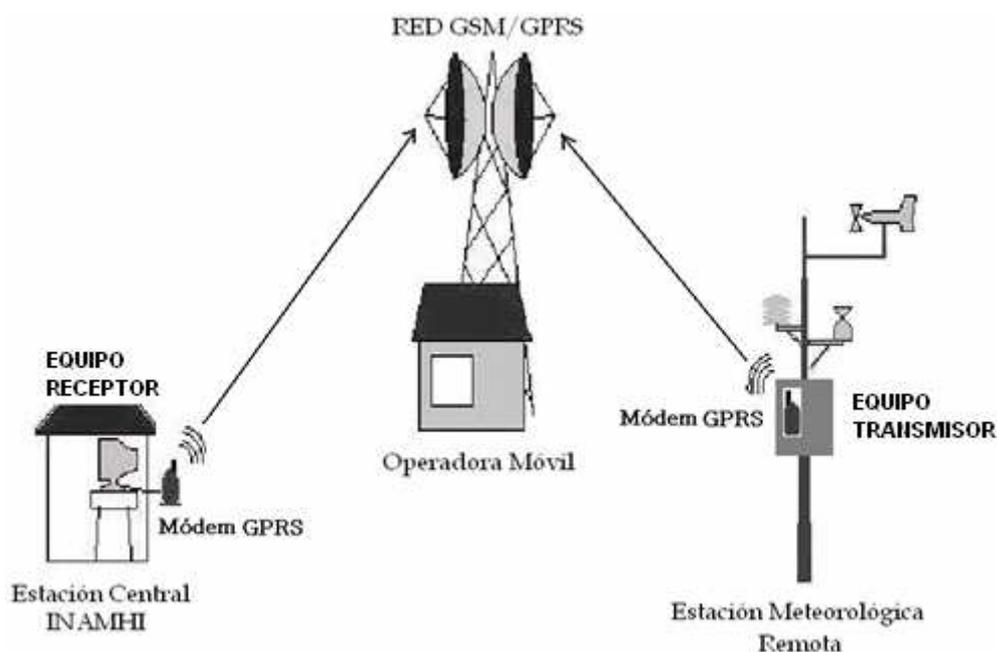


Figura 3.1 Esquema de transmisión de datos a través del módem GSM/GPRS

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS EN LAS ESTACIONES REMOTAS

A continuación se describirá de manera detallada los equipos que forman parte de una estación remota. Dicha estación cuenta con: sensor de temperatura y humedad relativa, sensor de precipitación, almacenador de datos, equipo de comunicaciones, fuentes de energía y protección del sistema.

Debido al medio ambiente y a la situación geográfica en donde se encuentran las estaciones remotas, el datalogger se colocará dentro de una caja hermética no corrosiva que cumple con la norma NEMA 4. Esta caja está ubicada a 1.17m de altura del suelo, sus dimensiones son 37.5cm x 37.5cm x 21.2cm. Dentro de la caja también se instalará la tarjeta de expansión para conectar los sensores, equipo de comunicación, batería y regulador de voltaje. En la Figura 3.2 se observa la estación remota instalada.

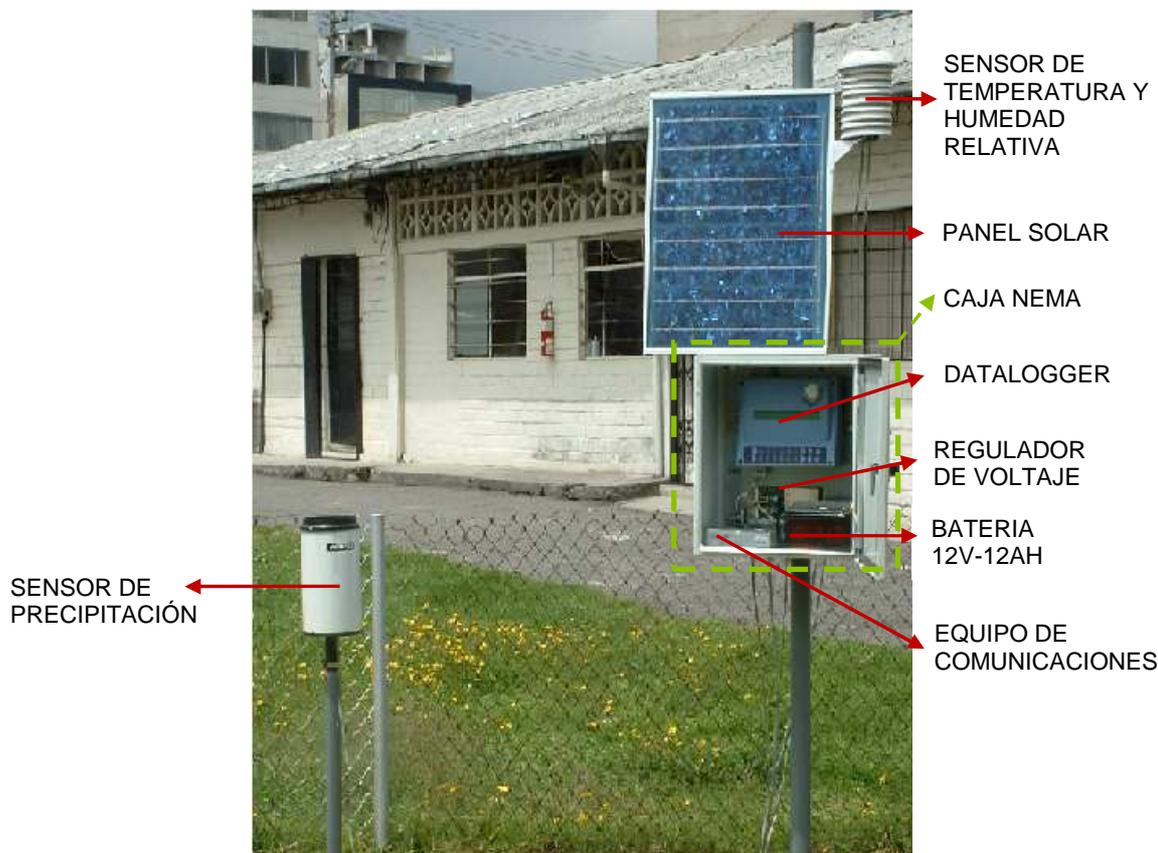


Figura 3.2 Estación Hidrometeorológica Remota

3.1.1.1 Descripción de los Sensores Instalados en la Estación Remota [50], [51]

3.1.1.1.1 Sensor de Temperatura y Humedad Relativa

Los instrumentos que miden la temperatura del aire en base a las recomendaciones de la OMM deben cumplir las siguientes características:

Rango:	-40 a +60 °C
Resolución reportada:	0.1 °C
Modo de medición/ observación:	I (instantáneo)
Precisión requerida:	+/- 0.2 °C
Precisión operativa alcanzable:	+/- 0.2 °C
Altura de ubicación del sensor:	2 m

Los sensores de temperatura de aire y humedad relativa usualmente forman un sensor combinado, toda la unidad se encuentra dentro de un protector de radiación solar y lluvia como se indica en la Figura 3.3. Los sensores de temperatura y humedad relativa instalados son de marca Gealog NTC para aire que cumple con los requerimientos mencionados. Las características de estos sensores se las puede observar en el Anexo 1.

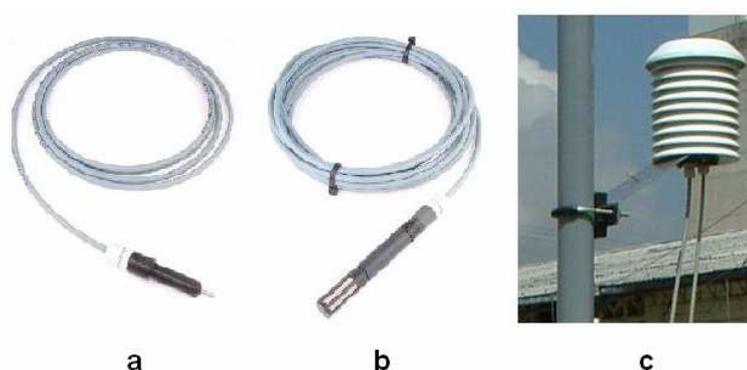


Figura 3.3 a) Sensor de Temperatura
b) Sensor de Humedad Relativa y c) Protector de Radiación Solar y Lluvia

3.1.1.1.2 Sensor de Precipitación

El instrumento para la medición de la cantidad de la lluvia es un pluviómetro registrador y debe cumplir con las siguientes características:

Resolución Horizontal:	100 Km
Resolución Temporal:	3 Horas
Precisión (Error RMS):	0.1mm
Altura de ubicación del sensor:	1.2 m

El sensor de precipitación instalado para la estación remota es de marca Young, modelo 52202, el mismo que cumple con las recomendaciones anteriormente mencionadas. Las características de este sensor pueden ser observadas en el Anexo 2. La Figura 3.4 muestra este dispositivo para la medición de la precipitación.



Figura 3.4 Sensor de Precipitación

3.1.1.2 Equipo Almacenador de Datos (Datalogger) [52], [53], [54]

Para registrar y almacenar la información obtenida por los diferentes sensores de una estación hidrometeorológica, se ha seleccionado el equipo almacenador de datos “GEALOG SG Datalogger” del fabricante LOGOTRONIC, cuyas características se describen en el Anexo 3. Dicho equipo acepta las diferentes señales de salida (voltaje, corriente, frecuencia y pulso) y a la vez alimenta a los sensores que requieren de energía para su funcionamiento.

Es una unidad totalmente programable que permite periodos de muestreo y almacenamiento configurables para cada canal. Tiene posibilidad de comunicación con una estación central por cualquiera de las vías existentes, ya sean radio, teléfono, satélite, GSM, GPRS e Internet.

Permite configurar redes hidrometeorológicas con un gran número de estaciones, utilizando el paquete de programa GEALOG FOR WINDOWS, tanto para la gestión de las comunicaciones como para la presentación de los datos en forma de gráficos, tablas, etc. Además permite la programación remota de las estaciones.

El almacenador de datos (Figura 3.5) está formado por los siguientes componentes: 2 tableros de puertos, teclado y pantalla.

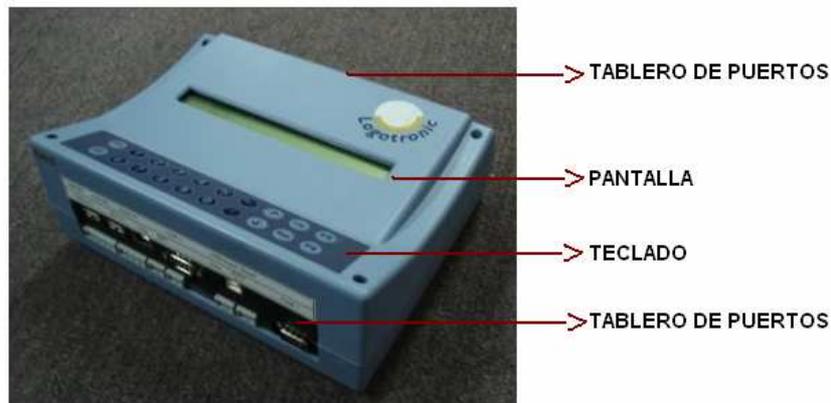


Figura 3.5 Equipo Almacenador de Datos

- *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 hidrometeorológicos 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 3.6 se puede observar la distribución de los puertos existentes en el datalogger.

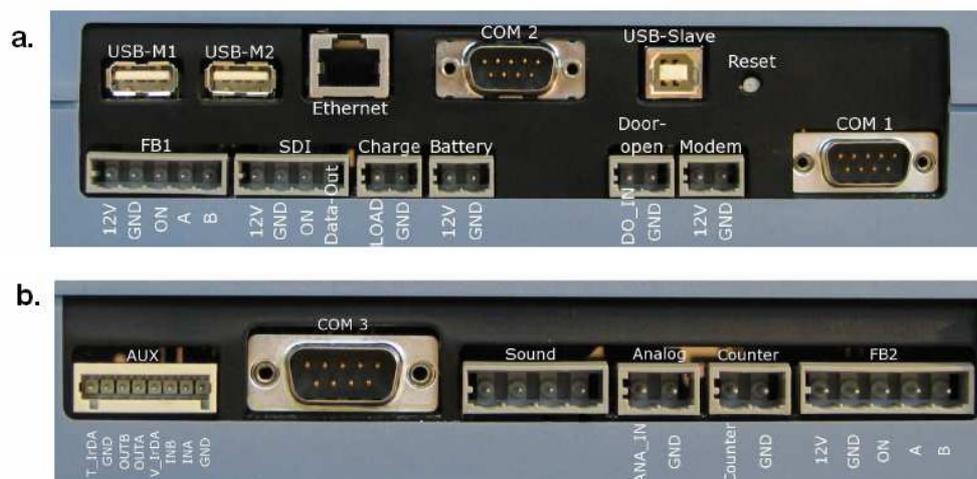


Figura 3.6 a) Vista Frontal del Tablero de Puertos del Datalogger
b) Vista Posterior del Tablero de Puertos del Datalogger [52]

En la Tabla 3.1 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 3.1 Distribución del Tablero de Puertos en el Almacenador de Datos

3.1.1.2.1 Bus de Campo

El datalogger posee dos buses de campo (FB1 y FB2) denominados GEALOG RS485, (Figura 3.7). Al bus de campo RS485 se puede conectar sensores que tienen una interfaz RS485 o tarjetas de expansión que poseen interfaces RS485. A estas tarjetas se pueden conectar sensores que no tienen posibilidades para conectarse a la red RS485.

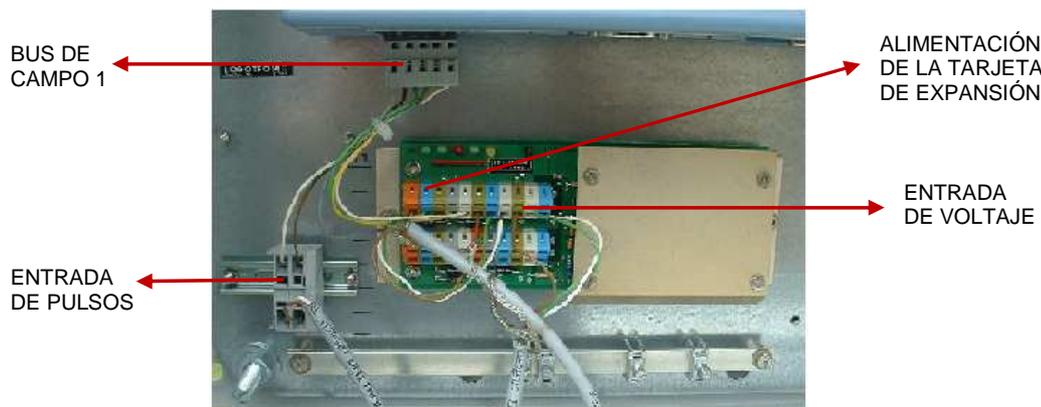


Figura 3.7 Bus de Campo FB1 instalado en el datalogger

Las interfaces RS485 para medición GEALOG, son conectadas en el bus RS485, como se puede observar en la Figura 3.7. Las interfaces RS485 pueden instalarse directamente al lado del almacenador de datos o también en forma remota como sensores externos en las estaciones.

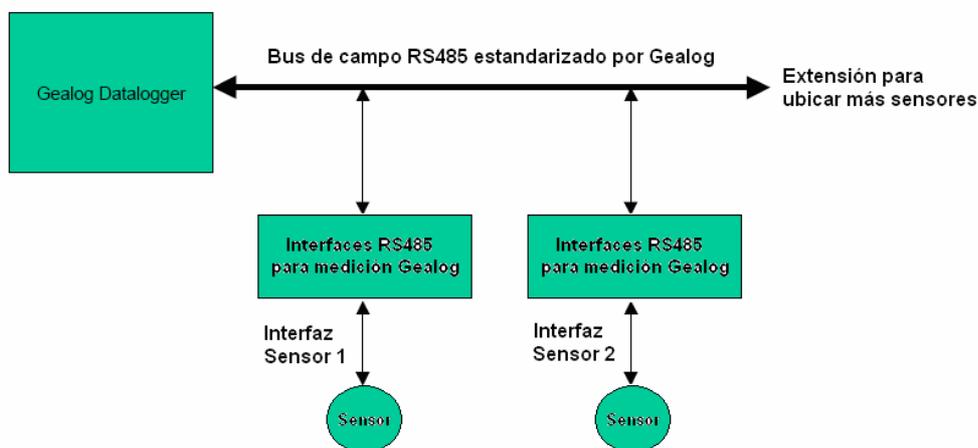


Figura 3.8 Estructura de la estación de medida con el interfaz RS485 [54]

- *Cables de Conexión entre el Almacenador de Datos y el Bus de Campo.*-El bus de campo RS485 incluye 4 o 5 cables, dependiendo de si se quiere alimentar con energía a los dispositivos en la red. El sistema opera con una batería de 11V a 13V, dicho voltaje puede ser omitido dependiendo de la aplicación. Para el proyecto se utilizó el sistema de 4 cables descritos en la siguiente Tabla 3.2.

SISTEMA DE 4 CABLES DE CONEXIÓN			
DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	CÓDIGO DE COLORES	NUMERACIÓN DE CONEXIÓN
Encendido	Encendido de la Tarjeta Esclava	Gris	1
GND	Tierra	Verde	2
FB-A	RS485 A	Amarillo	3
FB-B	RS485 B	Blanco	4

Tabla 3.2 Sistema de Conexión de Energía [54]

El proceso para transferir los datos entre el almacenador y el bus de campo RS485 es de tipo maestro/esclavo, donde el almacenador trabaja como Maestro y las tarjetas de medición y sensores trabajan como Esclavos. El almacenador aplica el voltaje de la fuente de poder al bus de campo 5 segundos antes de iniciar la recolección de datos proporcionados por los sensores. Este voltaje energiza a cada una de las tarjetas esclavas.

- *Interfaz Serial RS485.*- También conocido como EIA-485 es un estándar de comunicación que trabaja en forma balanceada; por lo mismo es adecuado para comunicación digital a larga distancia en ambientes industriales y ruidosos. Define una velocidad de transmisión de 10Mbps a 12m y un alcance de 1200m a 100Kbps. RS485 no especifica conector; sin embargo, se lo puede encontrar en conectores de 9 pines y regletas tipo Phoenix.

RS485 define un voltaje negativo entre -1.5V y -6V para un 1L y un voltaje positivo entre 1.5V y 6V para un 0L. La línea conductora para la interfaz RS485 produce un voltaje diferencial de 5V sobre 2 líneas. Puede transmitir a través de canales ruidosos, ya que su trabajo en modo diferencial reduce el ruido que aparece en los voltajes producidos en la línea de transmisión.

- *Transmisión en Modo Diferencial.*- En este modo de transmisión, idealmente la salida del receptor es proporcional a la diferencia entre las dos señales de entrada, lo que significa que al ingresar dos voltajes iguales

en la entrada estos se cancelarán en la salida. Consecuentemente, si se tienen interferencias en las entradas, estas también se cancelarán a la salida. Esto permite a PS485 tener longitudes más grandes, lo cual es aprovechado para conectar los sensores por medio de RS485 al Gealog.

3.1.1.2.2 Número de Canales

El almacenador dispone de 128 canales y para emplearlos es necesario adquirir las tarjetas de expansión de acuerdo al número de canales que se quiera habilitar. El equipo almacenador soporta sensores analógicos y digitales, transmisores de voltaje (0-35V), transmisores de corriente (4-20mA), sensores de pulso y sensores seriales. La conexión es diferente para cada uno de los sensores.

En el presente proyecto, a más del número de canales, se los tuvo que distribuir de acuerdo al tipo de señal que producen los sensores. El sensor de precipitación genera pulsos y por lo mismo se lo debe conectar a un canal digital del almacenador. En el caso de los sensores de temperatura y humedad relativa estos se deben conectar a la tarjeta de expansión, la cual utiliza el bus de campo FB1 para comunicarse con el almacenador.

En la Tabla 3.3 se muestra la distribución de los canales.

CANAL	VARIABLES DE MEDICIÓN		VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN
1	RR	Precipitación	No requiere
2	UUi	Humedad	7 – 35 VDC
3	TTi	Temperatura	7 – 35 VDC
4	TSG	Temperatura de operación de Gealog	5 VDC
5	VBatt	Voltaje de Batería	5 VDC
6	VBackup	Voltaje de Batería de Respaldo	3.1 VDC

Tabla 3.3 Distribución de las variables en el Almacenador

3.1.1.2.3 Alimentación

El almacenador posee un sistema de administración de energía inteligente. A bajo voltaje el sistema se apaga; se enciende automáticamente cuando el voltaje regresa. Además posee tres modos de operación:

- *Simple*: El datalogger se conecta de manera rápida solamente en los instantes en que está tomando muestras y en los momentos de conmutación de los relays. El display no se activa. El período de encendido es 2s, después del cual el datalogger se apaga. Después de que termina el tiempo de apagado (turn-off) que es de un minuto, si no se ha presionado una tecla y no se ha transmitido datos a las diferentes interfaces, el datalogger cambia al modo de standby.
- *Continuo*: Este modo es utilizado para propósitos de pruebas, en donde el equipo permanece conectado durante todo el proceso. Aquí también existe un log-off automático luego de que ha transcurrido el tiempo de apagado, pero solo se desactiva el display para ahorrar energía. Tan pronto se presiona una tecla, el display se activa otra vez.
- *Shut Down*: En este estado el equipo aparentemente se encuentra apagado, pero puede seguir almacenando información.

3.1.1.2.4 Almacenamiento de Datos

El almacenador (estándar) posee una capacidad de memoria de 32MB, la misma que se encuentra distribuida de la siguiente manera:

- Memoria para valores medidos por los diferentes sensores conectados al equipo almacenador.
- Memoria para parámetros de configuración y calibración del equipo.
- Memoria para mensajes enviados por la estación central o como control de mantenimiento.

- Memoria para configuración, en el que se guarda todas las acciones que se quieran obtener de los puertos hidrometeorológicos; como por ejemplo: cambio en los parámetros de configuración, calibración, etc.
- Memoria para el sistema de alarmas que se activan por eventos fuera del rango de medición de los sensores.
- Memoria para almacenar fotos en el caso de tener una cámara instalada en el equipo.

Los datos almacenados en los diferentes espacios de memoria son transmitidos hacia la estación central durante el envío de dichos valores.

El almacenador de datos puede recopilar información sin perderla aproximadamente de 5 a 6 meses. Este tiempo puede variar de acuerdo a la cantidad de sensores instalados y al número de muestras por día que se almacenan en la memoria. Si la memoria se llenase, la información nueva se sobrescribiría por encima de los datos más antiguos guardados.

3.1.1.2.5 Comunicaciones

El almacenador de datos recopila información de la estación hidrometeorológica por períodos largos de tiempo y tiene la posibilidad de comunicarse mediante conexiones físicas por ejemplo:

- *Puerto de Red:* Conectado directamente al puerto Ethernet de la computadora a través de un cable cruzado y también al puerto Ethernet de un módem inalámbrico. Mediante un hub o switch para tener conexión hacia la red local (LAN).
- *Puerto Serial:* Conectado directamente al puerto serial de la computadora a través del cable null módem o hacia el puerto serial de un módem ISDN, GSM/GPRS o satelital.

Por medio de estos puertos, al almacenador se lo puede conectar a Internet, integrando directamente la estación remota con la Web. Para ello se debe conectar al equipo un dispositivo externo por ejemplo módem GSM/GPRS, que permita el acceso y posibilite la transmisión de información desde la estación remota.

Además posee un sistema de administración de alarmas que se configura en el almacenador para transmitirlo como mensaje vía módem GSM/GPRS.

3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA GPRS

En la ingeniería de detalle que viene a continuación, se busca cumplir con el objetivo principal del presente proyecto: diseñar una red inalámbrica de transmisión de datos hidrometeorológicos sobre GPRS, que permita integrar las diferentes estaciones que operan en las Provincias del Callejón Interandino del Ecuador. De esta manera se podrá obtener información en tiempo real, facilitando considerablemente la obtención de los datos a un bajo costo, relativamente hablando.

Consecuentemente, para realizar el diseño de la red GPRS se debe considerar los siguientes factores:

- Determinar la cobertura de la red GPRS en el Ecuador ofrecida por las operadoras celulares.
- Determinar si las estaciones remotas y la estación central se encuentran dentro de la cobertura de la operadora celular que será elegida.
- En la red GPRS existen varios usuarios accediendo al mismo tiempo a sus servicios, por lo que es importante conocer el volumen aproximado de información enviada desde cada una de las estaciones remotas hacia la

estación central, para determinar cuánto afectará el tráfico de los datos hidrometeorológicos y viceversa.

- Especificaciones técnicas del equipo transmisor/receptor que será elegido.
- Configuración del software adecuado en la estación central para permitir la comunicación con las estaciones remotas y poder visualizar la información correctamente.

3.2.1 DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA CELULAR DE LA RED GPRS [55], [56]

La cobertura celular se refiere al sector geográfico que está dentro del área de influencia de una o más celdas o sitios celulares y que mantiene un campo eléctrico superior al límite establecido. El sistema de comunicaciones debe garantizar la calidad dentro del área de cobertura de la operadora.

En el Ecuador existen dos operadoras celulares que ofrecen el servicio GSM/GPRS: Movistar y Porta (CONECEL). Es necesario conocer la situación actual de las dos operadoras mencionadas para poder decidir con cuál de las dos se trabajará para la comunicación de las estaciones. La Superintendencia de Telecomunicaciones controla y asigna la frecuencia de operación de ambas operadoras para lo cual deben llenar los formularios de legalización para la asignación de frecuencias, los mismos que se encuentran en el Anexo 4.

3.2.1.1 Servicio de la Operadora Movistar

Actualmente Movistar está migrando de CDMA a GSM por lo que aún no tiene total cobertura en el Ecuador. Su cobertura GSM/GPRS cubre cerca de un 70% de los sectores más poblados en nuestro país, como se muestra en la Figura 3.9.

Para la transmisión de datos utilizando la tecnología GPRS, Movistar asigna direcciones IP dinámicas al usuario cada vez que se solicita este servicio. Lo que

implica que antes de conectarse es necesario comunicarse con la central de datos para la asignación de dicha dirección, con lo que se retarda la conexión para el usuario.

3.2.1.2 Servicio de la Operadora Porta (CONECEL)

Esta operadora celular tiene una cobertura GSM/GPRS del 99% en los principales cantones del Ecuador, como se observa en la Figura 3.10.

Porta cuenta con 65 nodos activos dentro del territorio nacional. Estos nodos de datos se encuentran enlazados por microondas redundantes en configuración 1 + 1 a nivel nacional, y a nivel urbano, en las principales ciudades del país, por medio de fibra óptica.

La red de datos de Porta posee diferentes rutas en configuración de anillo, lo que permite tener seguridad y ofrecer disponibilidad a la medida de las necesidades actuales de los sistemas de información.

Porta asigna direcciones IP estáticas al usuario facilitando el acceso a la red GSM/GPRS.

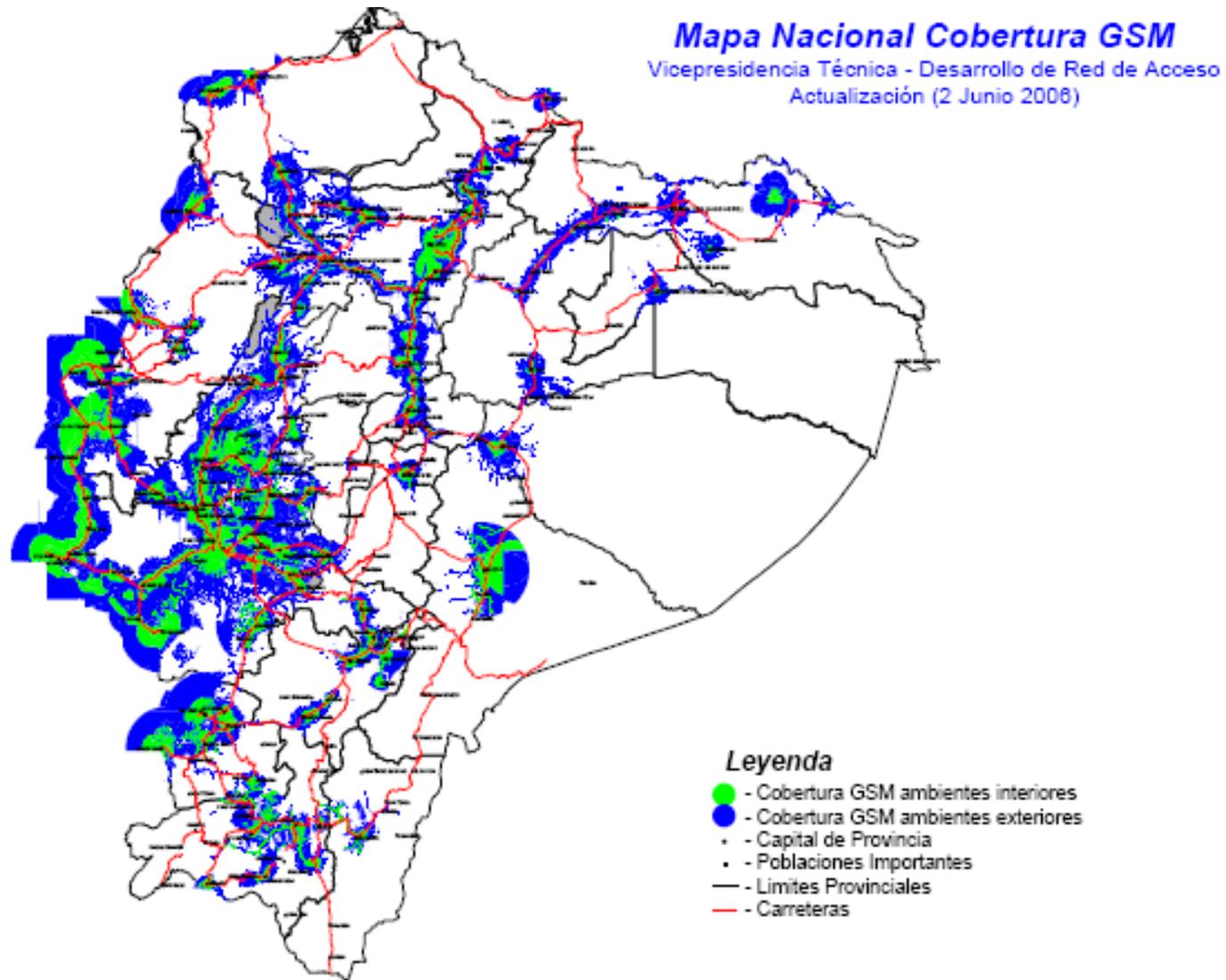


Figura 3.9 Mapa de Cobertura MOVISTAR [56]

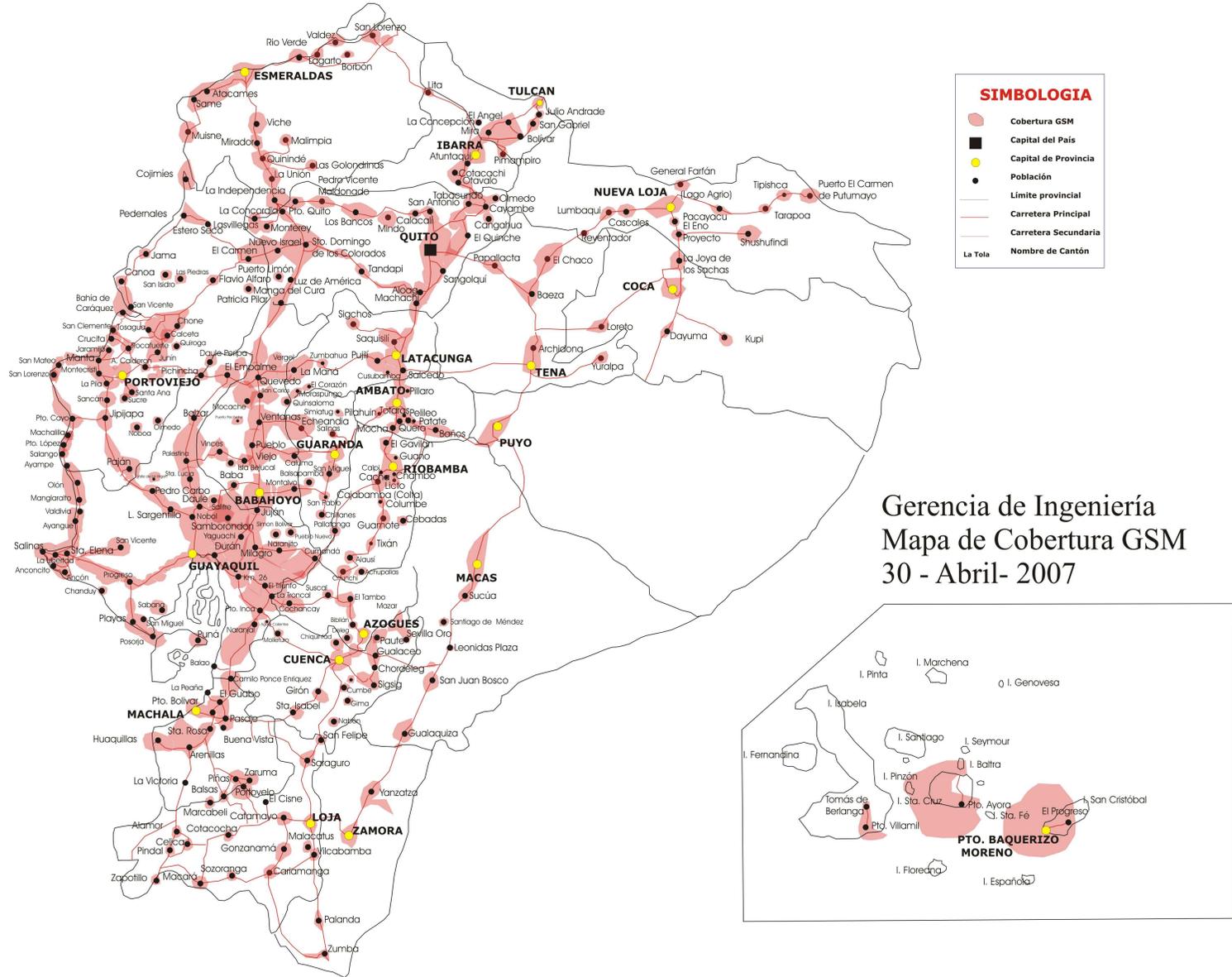


Figura 3.10 Mapa de Cobertura PORTA [55]

3.2.2 COBERTURA GPRS PARA LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

Del análisis realizado anteriormente se determinó que la mejor opción en cuanto a la elección de la operadora celular es Porta (*CONECCEL*), debido a su amplio porcentaje de cobertura existente en el país y a la asignación de direcciones IP estáticas.

Con el objetivo de determinar si el área de cobertura GSM/GPRS cubre a las estaciones hidrometeorológicas, se realizó un estudio de factibilidad en conjunto con la operadora PORTA. Para este estudio se utilizaron los siguientes programas: TEMS Investigations Data Collections y MapInfo Software.

TEMS Investigation es una herramienta que permite realizar diagnósticos sobre el interfaz aire en tiempo real y sobre el terreno de sistemas GSM y GPRS. Este sistema se encarga de monitorear los canales de voz y datos. Además es posible analizar los niveles de potencia de la estación base con la que el móvil está enganchado y de las células vecinas. También permite monitorear los mensajes intercambiados entre el móvil y la red analizando la calidad de servicio tanto para audio como para la transmisión de datos mediante GSM o GPRS.

TEMS realiza la presentación de los datos obtenidos mediante un interfaz gráfico. Esta herramienta es utilizada para la detección de problemas en la red GSM/GPRS y para la optimización de los recursos.

Utilizando este programa se realizó un estudio de campo para verificar la cobertura GPRS en las zonas donde se encuentran ubicadas las estaciones remotas. Para el estudio de campo se utilizó un equipo portátil con los siguientes componentes (Figura 3.11):

- Tres teléfonos móviles: el Móvil 1 para llamadas de voz, el Móvil 2 en modo libre para observar los niveles de señal y el móvil 3 para la transmisión y recepción de datos.

- Un GPS para obtener las coordenadas geográficas del sitio.
- Un computador portátil (LAPTOP) en donde fue instalado el software TEMS.

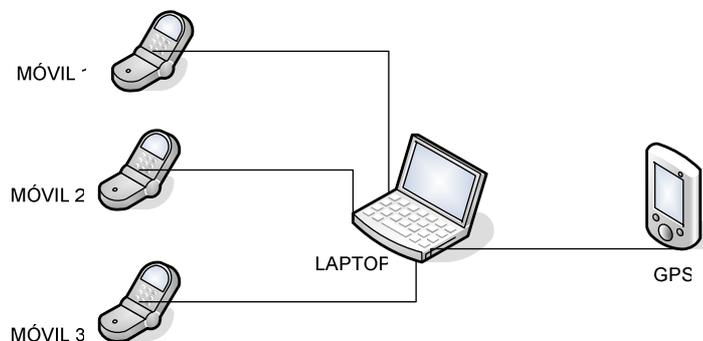


Figura 3.11 Esquema del Equipo Portátil

A continuación se ingresó en el software TEMS la frecuencia de operación de la operadora (850 MHz), como único dato de entrada. Luego se realizó un recorrido por las calles de las zonas cercanas a la BTS de la operadora para verificar la cobertura GPRS-EDGE, obteniéndose los datos de la cobertura real existente en dichos lugares, con los cuales se creó una base de datos.

Esta base de datos recopilada fue posteriormente exportada al programa MapInfo. MapInfo es un sistema de información geográfica (*GIS*) el cual permite el manejo de bases de datos y su correlación con la información geográfica para su posterior presentación en un mapa amigable y fácil de interpretar.

Los datos recopilados de las jornadas de campo fueron trabajados con el *GIS* obteniéndose como resultado mapas de las zonas de interés, donde se puede observar y comparar los diferentes niveles de velocidad de transmisión.

Tomando como ejemplo a la Estación “*El ANGEL*” (Código M102), a continuación se presenta el mapa (Figura 3.12), resultado del tratamiento de los datos en el *GIS* sobre un mapa de calles debidamente georeferenciado sin escala. Para cada estación se generó un mapa, como el presentado, en el que se observan los datos de velocidad de transmisión con sus diferentes niveles de servicio:

- Para el servicio EDGE donde se registraron valores de velocidad de transmisión mayor a 10Kbps se utilizaron puntos de color rojo para su representación en el mapa.
- Para el servicio GPRS donde se registraron valores de velocidad de transmisión desde 2Kbps a 10Kbps se utilizaron puntos de color verde para su representación en el mapa.
- En el caso de no tener servicio GPRS-EDGE se utilizaron puntos de color negro para su representación en el mapa.
- El nombre de la estación base (BTS), está dado por el sector donde se encuentra ubicada. La denominación "X" que precede al nombre de la BTS indica la dirección norte de la radiación.
- La estación automática meteorológica remota (EMA) se encuentra representada en el mapa con una cruz de color azul.

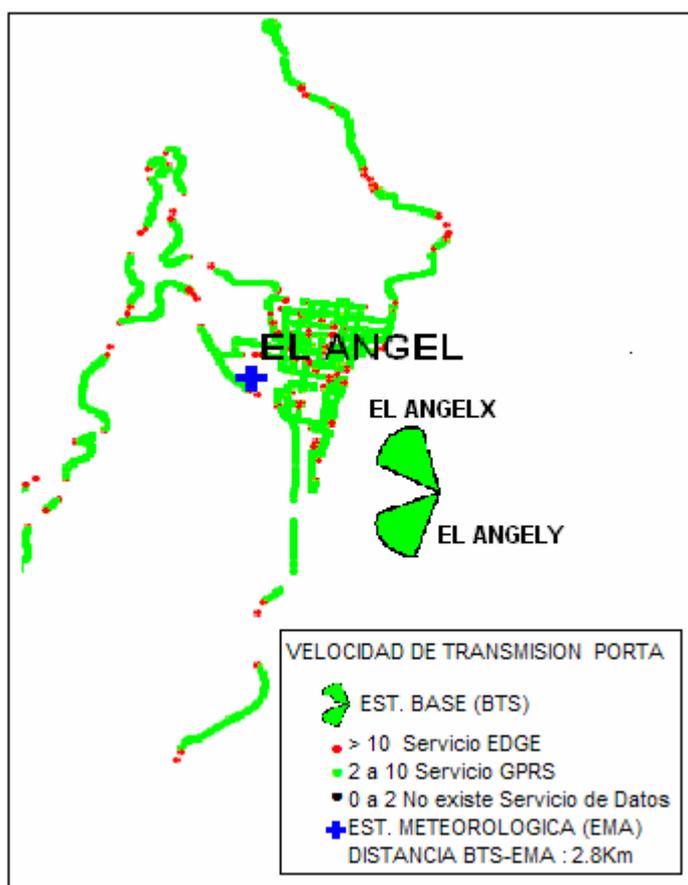


Figura 3.12 Cobertura GPRS para la Estación EL ANGEL

La estación remota se encuentra ubicada dentro de una zona en la cual la cobertura GPRS-EDGE es densa, por lo que se concluye que existe cobertura GPRS garantizada por la BTS de PORTA. Mientras que la cobertura EDGE garantizaría el servicio para el caso de que se requiera la migración de una tecnología a otra.

El análisis descrito anteriormente también fue utilizado para la determinación de la existencia de la cobertura GPRS-EDGE en las diferentes estaciones meteorológicas del presente proyecto.

La Estación "OTAVALO" (Código M105), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre OTAVALOY (Figura 3.13).

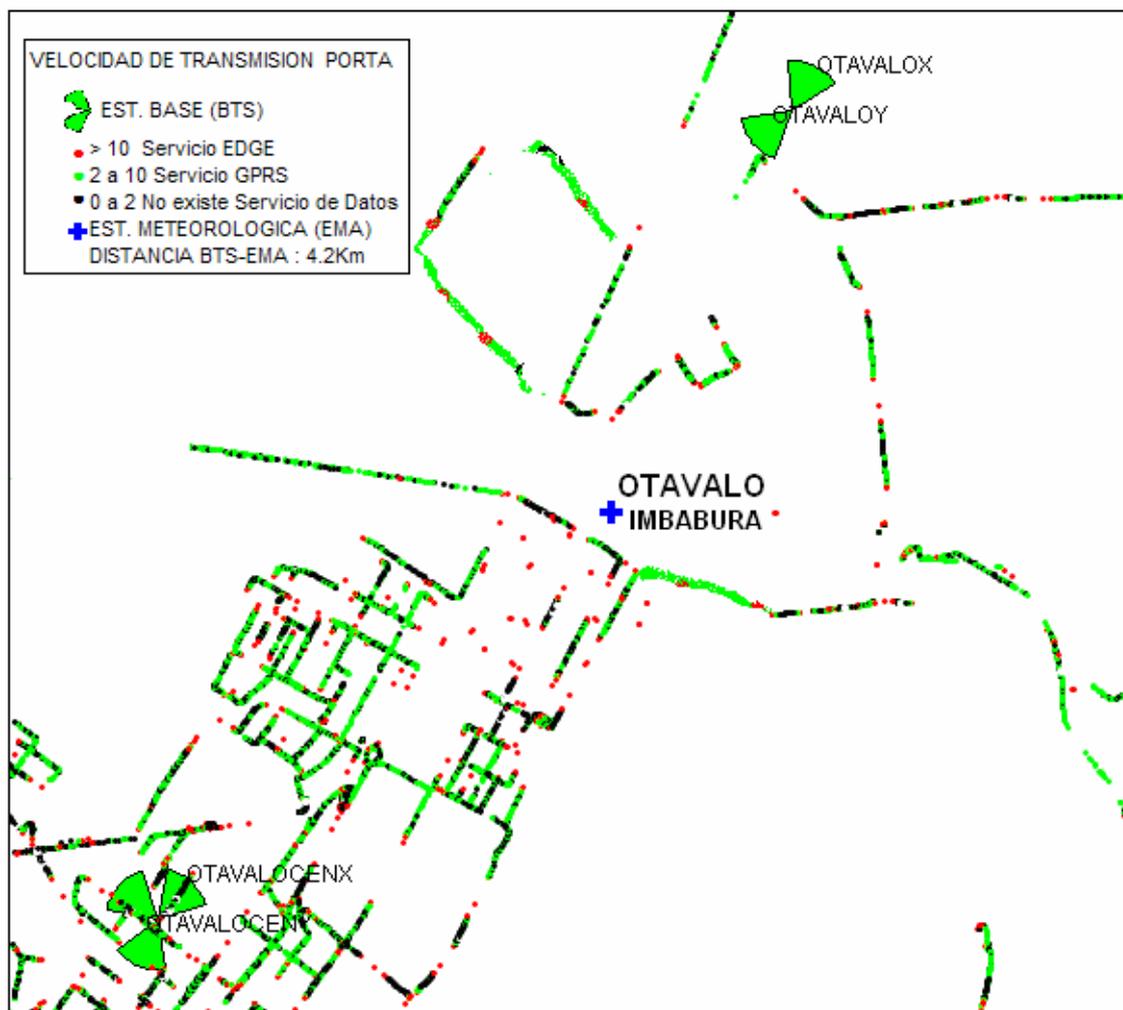


Figura 3.13 Cobertura GPRS para la Estación OTAVALO

La Estación “SAN GABRIEL” (Código M103), se encuentra dentro de la cobertura GPRS, la misma que está garantizada por la estación base de PORTA de nombre SAN GABRIELX (Figura 3.14).

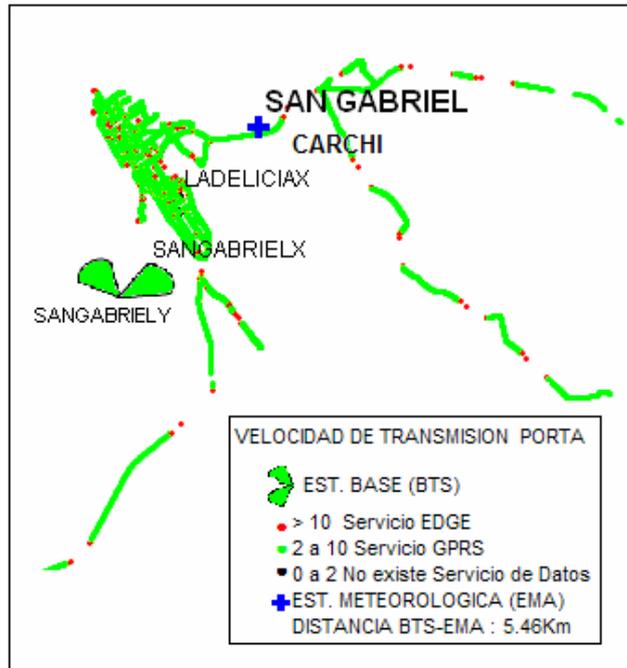


Figura 3.14 Cobertura GPRS para la Estación SAN GABRIEL

La Estación “INGUINCHO” (Código M001), no dispone de cobertura GPRS en la zona de estudio. La cobertura de PORTA está limitada en Cotacachi (Figura 3.15).

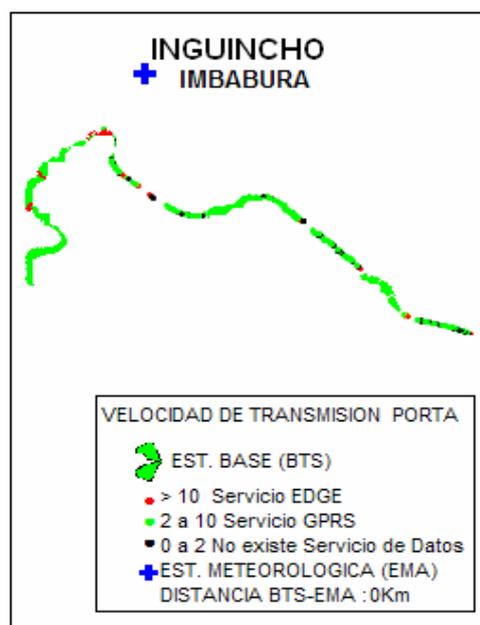


Figura 3.15 Cobertura GPRS para la Estación INGUINCHO

La Estación “TOMALÓN-TABACUNDO” (Código MA2T), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre TOMALOX (Figura 3.16).

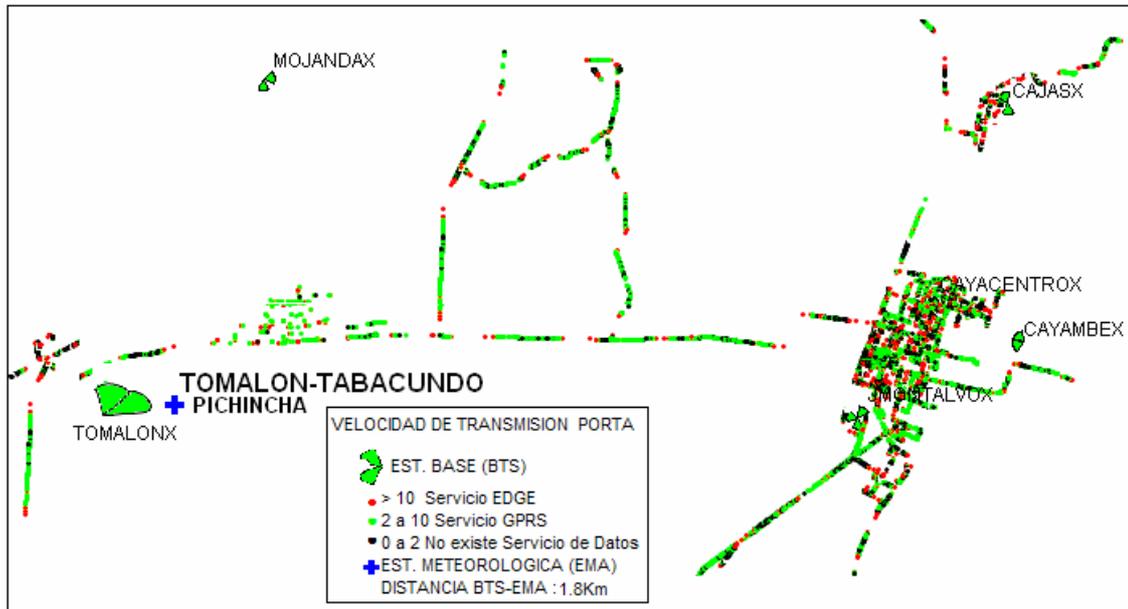


Figura 3.16 Cobertura GPRS para la Estación TOMALÓN

La Estación “IZOBAMBA” (Código M003), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre CUTUGLAHUA (Figura 3.17).

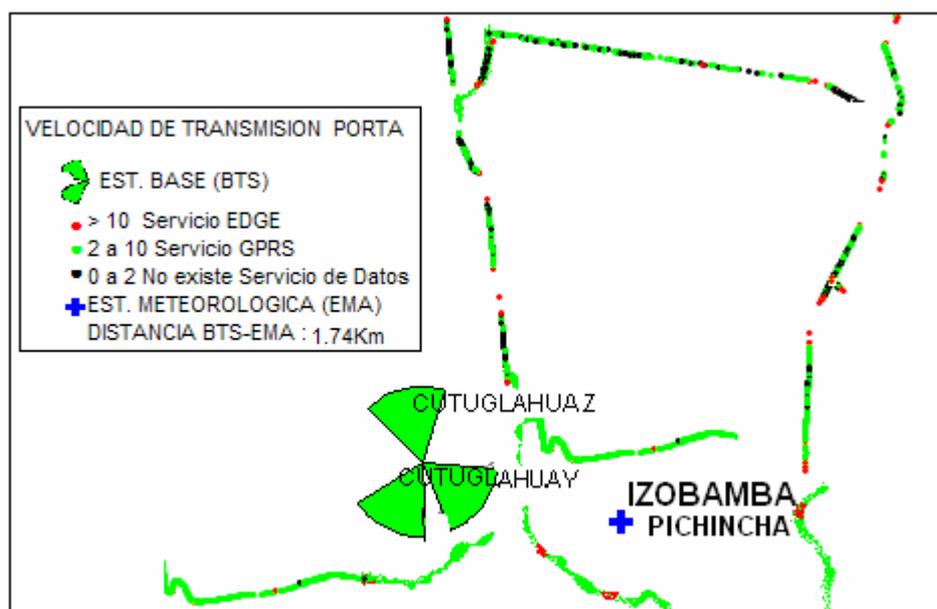


Figura 3.17 Cobertura GPRS para la Estación IZOBAMBA

La Estación “LA TOLA” (Código M002), no se encuentra dentro de la cobertura GPRS. Esta cobertura está limitada por la estación base de PORTA de nombre TUMBACO (Figura 3.18).

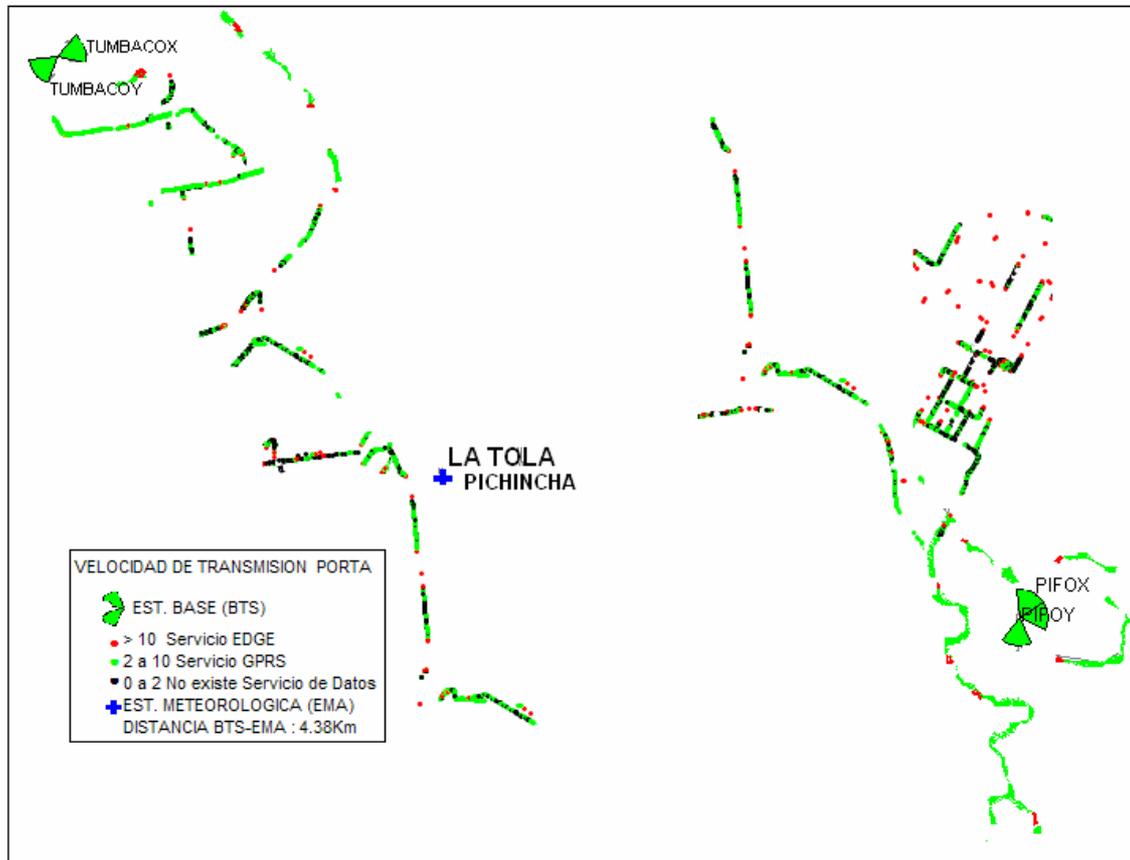


Figura 3.18 Cobertura GPRS para la Estación LA TOLA

La Estación “RUMIPAMBA” (Código M004), ubicada en las cercanías de Salcedo, se puede establecer que la cobertura no es garantizada, debido a que no se encuentra dentro de la zona de cobertura de la estación base de PORTA de nombre SALCEDOX (Figura 3.19).

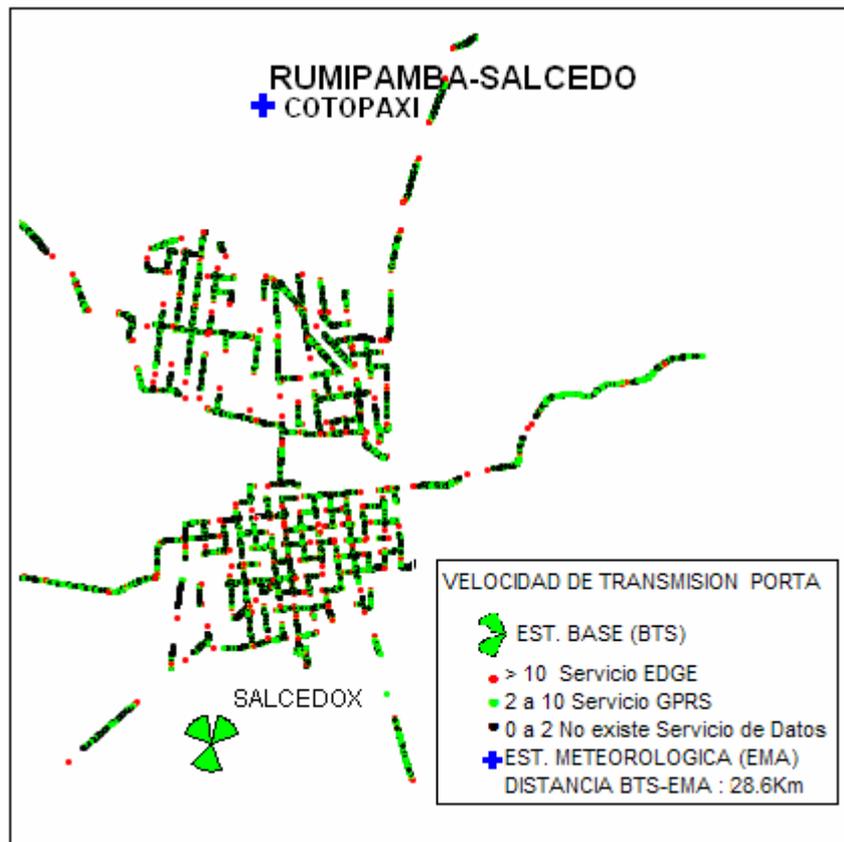


Figura 3.19 Cobertura GPRS para la Estación RUMIPAMBA

La Estación “PILLARO” (Código M127), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre PILLARO (Figura 3.20).

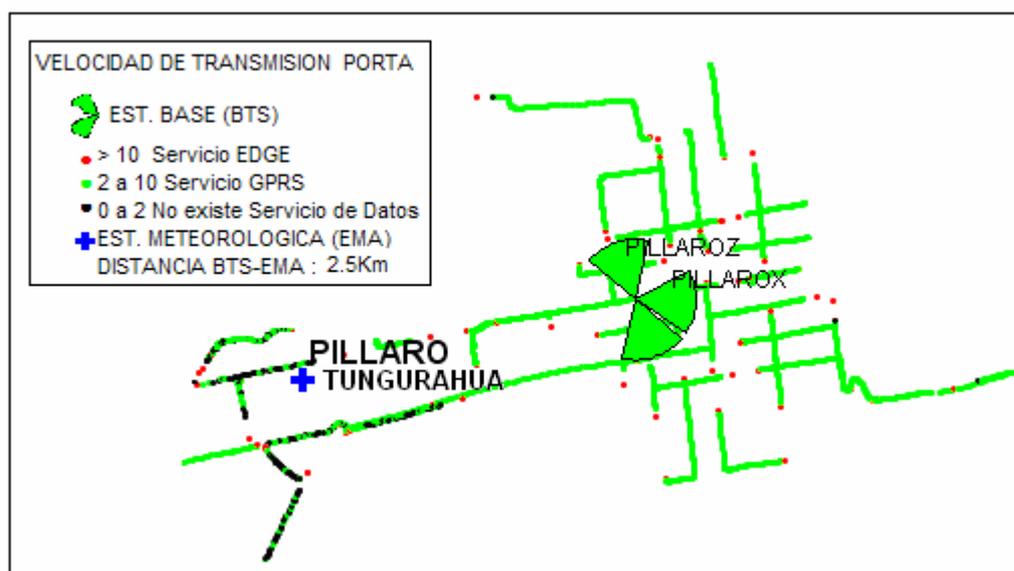


Figura 3.20 Cobertura GPRS para la Estación PILLARO

La Estación “QUEROCHACA” (Código M258), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre HUAMBALOX (Figura 3.21).

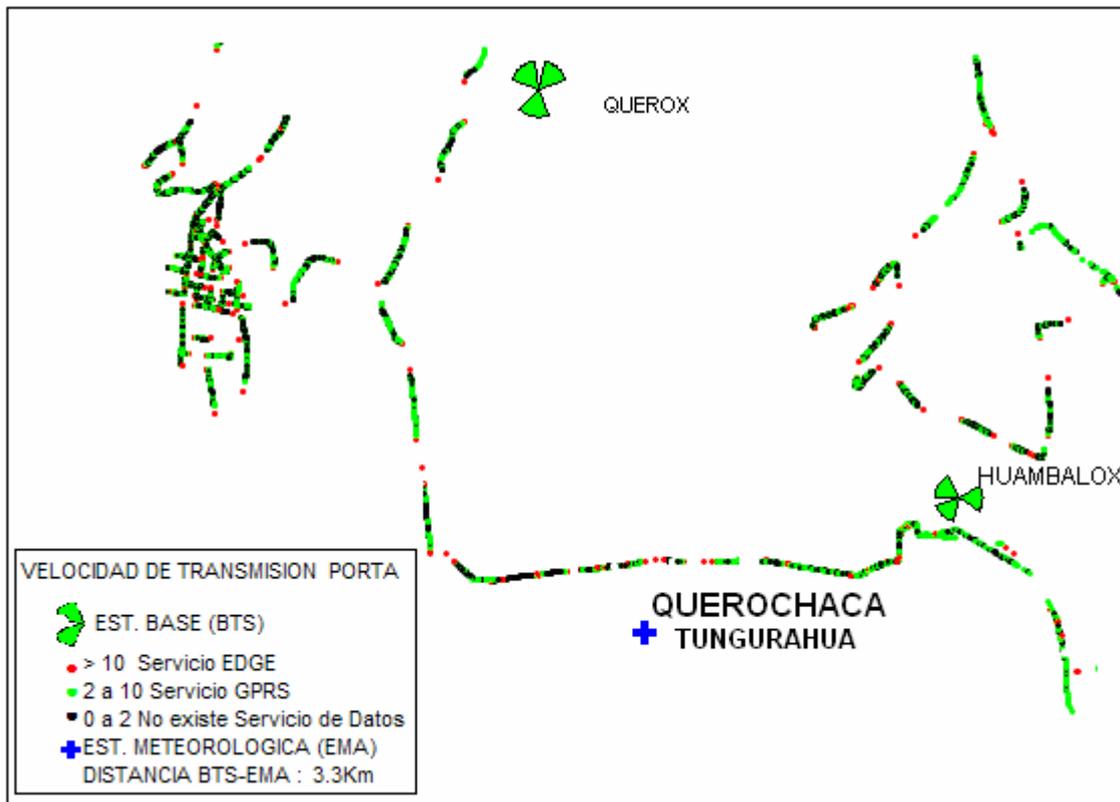


Figura 3.21 Cobertura GPRS para la Estación QUEROCHACA

La Estación “GUASLÁN” (Código M133), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre CHAMBO (Figura 3.22).

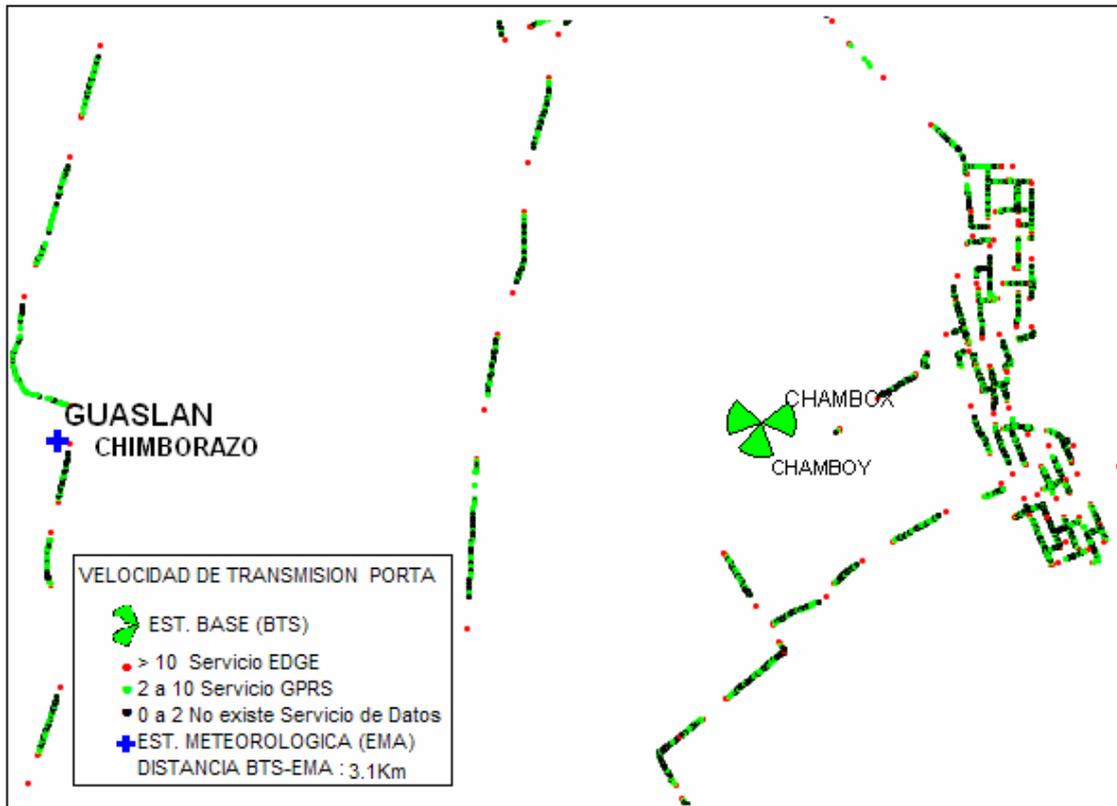


Figura 3.22 Cobertura GPRS para la Estación GUASLÁN

La Estación “CHUNCHI” (Código M136), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre CHUNCHI (Figura 3.23).

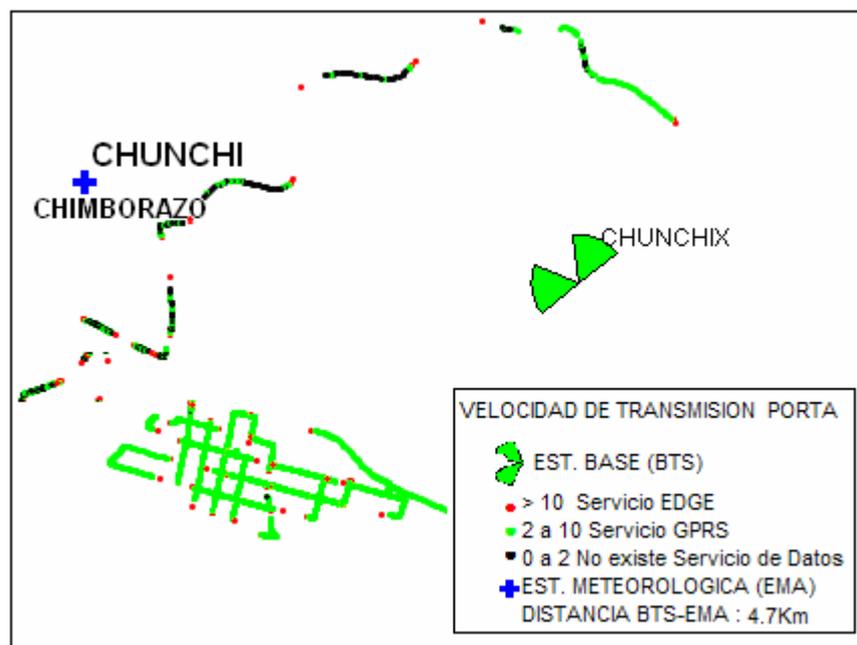


Figura 3.23 Cobertura GPRS para la Estación CHUNCHI

La Estación “PAUTE” (Código M138), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre PAUTE (Figura 3.24).

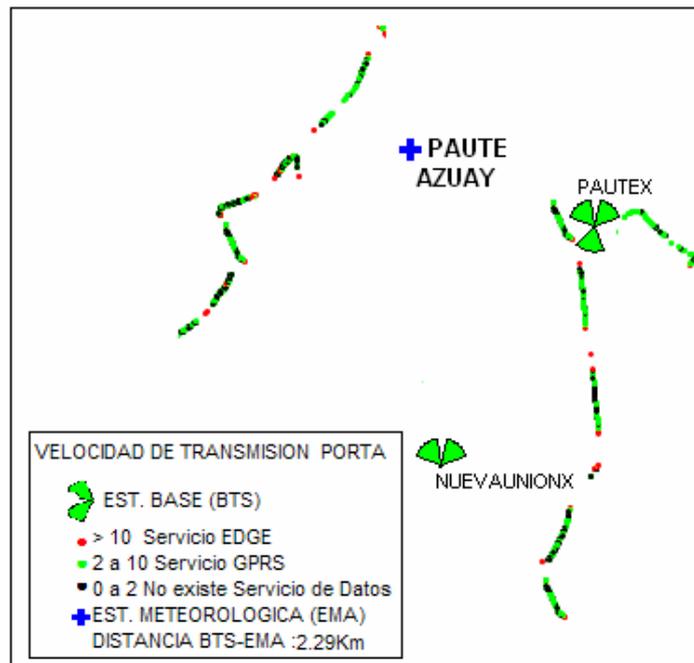


Figura 3.24 Cobertura GPRS para la Estación PAUTE

La Estación “GUALACEO” (Código M139), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre GUALACEO (Figura 3.25).

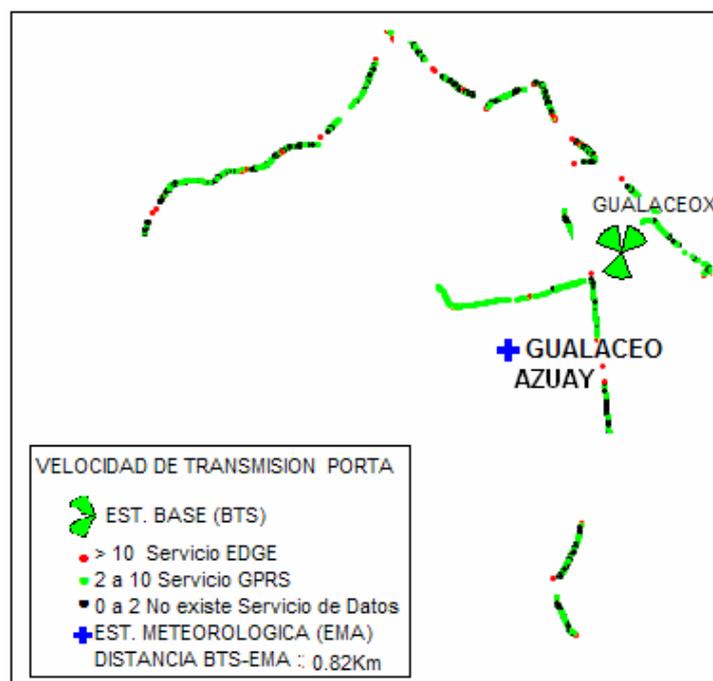


Figura 3.25 Cobertura GPRS para la Estación GUALACEO

La Estación “CAÑAR” (Código M031), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre CAÑAR (Figura 3.26).

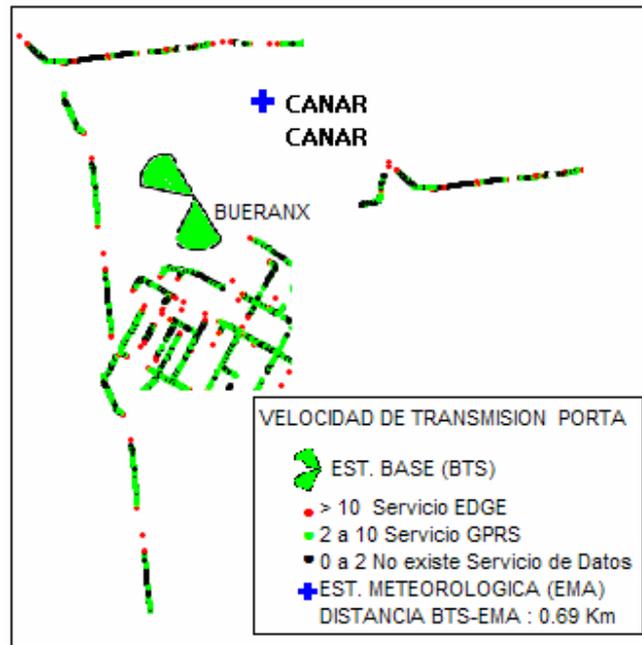


Figura 3.26 Cobertura GPRS para la Estación CAÑAR

La Estación “SARAGURO” (Código M142), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre SARAGURO (Figura 3.27).

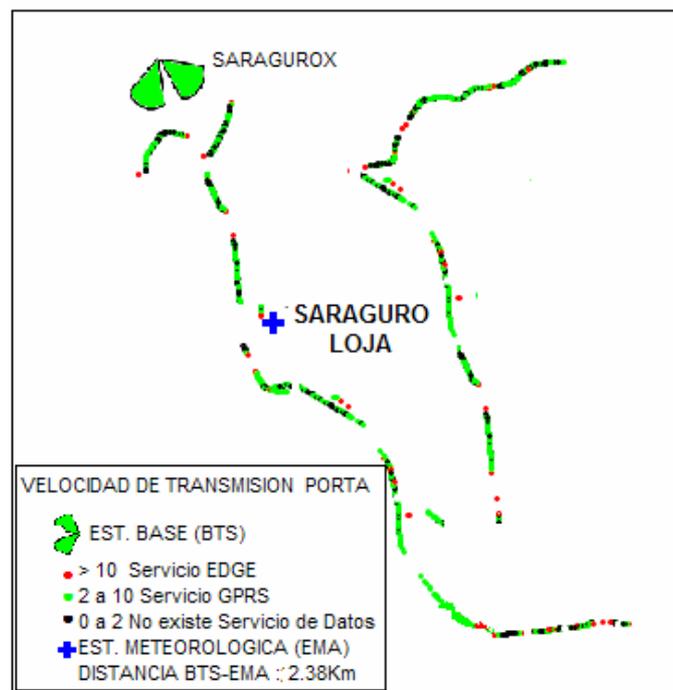


Figura 3.27 Cobertura GPRS para la Estación SARAGURO

La Estación “LA ARGELIA” (Código M033), se encuentra dentro de la cobertura GPRS garantizada por la estación base de PORTA de nombre ARGELIA (Figura 3.28).

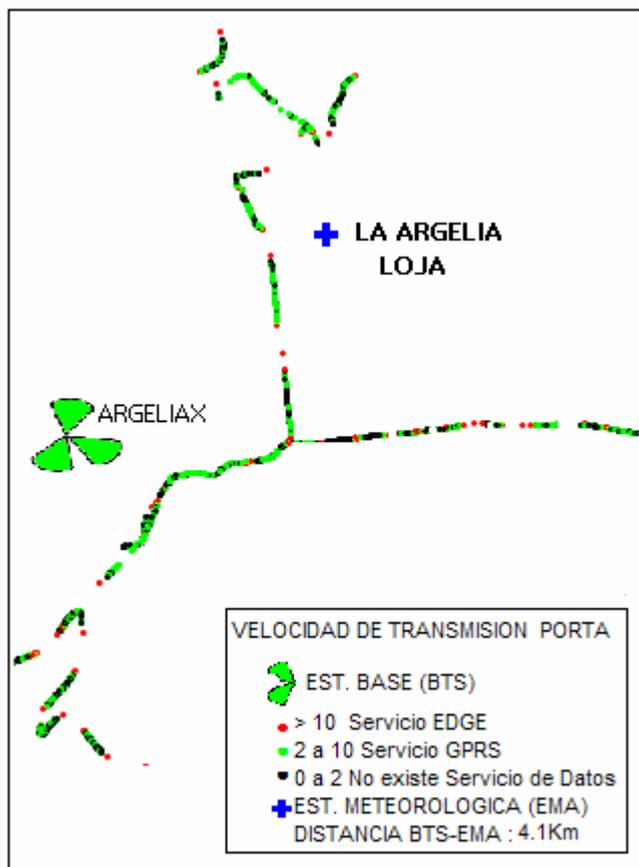


Figura 3.28 Cobertura GPRS para la Estación LA ARGELIA

Del estudio realizado, en base a los datos obtenidos por el software TEMS y MAPINFO se concluye lo siguiente:

1. Se puede garantizar cobertura GPRS en las estaciones hidrometeorológicas: Izobamba, El Ángel, San Gabriel, Otavalo, Píllaro, Guaslán, Querochada, Chunchi, Tomalón, Paute, Gualaceo y Cañar
2. Se tiene que verificar cobertura GPRS en las estaciones de Inguincho, La Tola y Rumipamba; debido a que la operadora celular no garantiza cobertura en dichas estaciones.

Para las estaciones que no se encuentran dentro de la cobertura de Porta se recomienda, como solución técnica, realizar un site survey para verificar los niveles de potencia de la red GPRS e instalar una antena omnidireccional en el equipo transmisor/receptor para obtener mayor ganancia, la cual ayudará a acceder a la estación base más cercana de la red GPRS.

En la Tabla 3.4 se muestra el resumen de cobertura GPRS de acuerdo a los mapas analizados anteriormente.

Nº DE ESTACIONES	CODIGO	NOMBRE	PROVINCIA	EXISTENCIA DE COBERTURA GPRS	
				SI	NO
1	M001	INGUINCHO	IMBABURA		X
2	M002	LA TOLA	PICHINCHA		X
3	M003	IZOBAMBA	PICHINCHA	X	
4	M004	RUMIPAMBA	COTOPAXI		X
5	M031	CAÑAR	CAÑAR	X	
6	M033	LA ARGELIA	LOJA	X	
7	M102	EL ANGEL	CARCHI	X	
8	M103	SAN GABRIEL	CARCHI	X	
9	M105	OTAVALO	IMBABURA	X	
10	M127	PILLARO	TUNGURAHUA	X	
11	M133	GUASLAN	CHIMBORAZO	X	
12	M136	CHUNCHI	CHIMBORAZO	X	
13	M138	PAUTE	AZUAY	X	
14	M139	GUALACEO	AZUAY	X	
15	M142	SARAGURO	LOJA	X	
16	M258	QUEROCHACA	TUNGURAHUA	X	
17	MA2T	TOMALON	PICHINCHA	X	

Tabla 3.4 Cobertura GPRS en las Estaciones Hidrometeorológicas

3.2.3 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA RED

Se mencionó que una red GPRS es un servicio agregado al servicio de telefonía celular; es decir, forma parte de la red celular GSM, pero la transmisión de paquetes es transparente a la transmisión de voz.

La transferencia de información en telefonía celular y GPRS son totalmente diferentes. En una comunicación telefónica se trata de conmutación de circuitos;

esto es: se establece la llamada, se recibe y se proporciona la información y luego se deja libre el camino (circuito) para poder realizar otra llamada.

Para el caso de GPRS es una conmutación de paquetes, un canal no es exclusivo para un usuario durante el envío de la información, sino que puede ser compartido por varios usuarios.

Para el cálculo de tráfico en telefonía, y en este caso para la telefonía celular, se hace uso de las Tablas de Erlang, que manejan la congestión de un canal considerando un grado de servicio. Se procede a calcular el número de abonados, se establece un tráfico por abonado, con el respectivo grado de servicio, y se halla el número de canales necesarios para cada estación.

En cambio, para la conmutación de paquetes, las consideraciones hay que realizarlas en las diferentes capas del modelo TCP/IP, especialmente en las capas de red y enlace, considerando la longitud del paquete, el tamaño de las cabeceras, la velocidad de transmisión y la aplicación específica.

En el Capítulo 2 se explicó que GPRS tiene una velocidad teórica máxima de 171.2 Kbps, pero esta velocidad se ve disminuida si se considera que existen bits de señalización, control, sincronismo, bits de cabecera para direccionamiento en la capa de enlace, etc. Por lo que la velocidad efectiva de transmisión de datos para la capa de red disminuye aproximadamente a 144 Kbps, en el caso de que se utilice los 8 canales que dispone GPRS.

La operadora telefónica es quien se encarga del análisis de la cantidad de información que el o los canales GPRS puede procesar y retransmitir. Para esto debe determinar el número de abonados que podría tener cada servicio, y la velocidad promedio que requiere un abonado. Con estos datos se determinaría la velocidad necesaria del canal para abastecer a todos los usuarios de cada ciudad donde exista la red.

3.2.4 ANÁLISIS DEL TRÁFICO PRODUCIDO POR EL SISTEMA DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO DURANTE LA TRANSMISIÓN DE DATOS [9]

En esta sección se realizará un análisis del tráfico promedio producido en cada una de las estaciones remotas, tomando en cuenta el número de sensores utilizados.

Se recopilan los datos medidos por los sensores de temperatura, humedad y precipitación, registrados en 17 estaciones hidrometeorológicas situadas en la región Sierra del Ecuador.

3.2.4.1 Cálculo del Volumen de Datos Capturados

Obtener los datos de todas las estaciones remotas al mismo tiempo resulta una tarea bastante complicada, teniendo en cuenta la gran influencia de las bajas y altas temperaturas de la Sierra sobre el medio ambiente que pueden provocar fluctuaciones en los enlaces inalámbricos. Por otro lado, se debe considerar las capacidades de los sistemas de adquisición de datos de las estaciones, versus la importancia de conocer en tiempo real las medidas registradas. Buscando recopilar datos para tomar decisiones, un primer paso es determinar el volumen de datos que serán transmitidos.

El software de control de las estaciones remotas permite configurar el período de tiempo que se usará para capturar los datos desde los sensores. Este puede ir desde 1min a 24 horas, de acuerdo a la importancia meteorológica con que se necesite un dato en la estación central.

Según las normas que aplican al muestreo de datos desde los sensores dadas por la OMM, se recomienda un período de registro de las medidas de 1 o 10 minutos. A continuación se calculará el volumen de información a transmitir, para intervalos de medida de 1 y 10 minutos.

Está información se utilizará para determinar los costos de utilización del servicio GRPS detallados en el Capítulo 5.

3.2.4.2 Cálculo del Volumen de Tráfico para el Tiempo de Muestreo de 1 y 10 minutos

El número de muestras N_m , para un parámetro, durante 24 horas, se calcula en función del tiempo a partir de la siguiente ecuación:

$$N_m = \frac{(24h * 60 \text{ min})}{t} = \frac{1440}{t} \left[\frac{\text{medidas}}{\text{día}} \right] \quad (1)$$

$$\text{siendo: } t = 1 \text{ min} \quad N_m = 1440 \left[\frac{\text{medidas}}{\text{día}} \right]$$

$$t = 10 \text{ min} \quad N_m = 144 \left[\frac{\text{medidas}}{\text{día}} \right]$$

3.2.4.3 Cálculo de la Cantidad de Datos Almacenados en el Datalogger

Durante la recepción de datos el datalogger almacena cada variable (temperatura, humedad, precipitación, etc) en 2 bytes. Además los datos registrados incluyen información extra como:

- Fecha: De acuerdo al formato (dd/mes/año) ocuparía 10 bytes.
- Hora: Indica la hora, minutos y segundos de acuerdo al formato (00:00:00) por lo que ocuparía 8 bytes.

Esta información forma un string o cadena de datos constituido por 2Bytes de datos más 10Bytes de la fecha y 8Bytes de la hora, dando un total de 20Bytes por cada medida.

Consecuentemente, el cálculo de la cantidad de datos almacenados en el datalogger C_d' , en Bytes, para un parámetro se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$C_d' = N_m * 20\text{Bytes} = \frac{28800}{t} \left[\frac{\text{Bytes}}{\text{día}} \right] \quad (2)$$

$$t = 1 \text{ min} \quad C_d' = 28800 \left[\frac{\text{Bytes}}{\text{día}} \right]$$

$$t = 10\text{min} \quad C_d' = 2880 \left[\frac{\text{Bytes}}{\text{día}} \right]$$

3.2.4.4 Cantidad de Datos de acuerdo al Número de Parámetros

El datalogger registra 6 parámetros, y para obtener la cantidad de datos medidos se utiliza la siguiente expresión:

$$C_d = C_d' * 6 \text{ Parámetros} = \frac{172800}{t} \left[\frac{\text{Bytes}}{\text{día}} \right] \quad (3)$$

$$t = 1 \text{ min} \quad C_d = 172800 \left[\frac{\text{Bytes}}{\text{día}} \right]$$

$$t = 10 \text{ min} \quad C_d = 17280 \left[\frac{\text{Bytes}}{\text{día}} \right]$$

La memoria de almacenamiento del datalogger es de 32 MB, de la cual 8 MB se encuentran ocupados por el software del datalogger y 24 MB están disponibles para el almacenamiento de los datos hidrometeorológicos medidos. Esto quiere decir que se podría almacenar información, para el peor de los casos (1min), aproximadamente por 137 días.

$$\frac{24\text{MBytes}}{172800\text{Bytes/día}} \cong 137 \text{ días}$$

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente, se concluye que la cantidad de datos obtenidos no sobrepasa la capacidad de almacenamiento del sistema de adquisición de datos. Si la memoria del datalogger se llegara a llenar, este equipo cuenta con la característica FIFO (primero en entrar, primero en salir), lo que significa que los primeros datos almacenados serán los primeros datos en ser borrados o reemplazados por nuevos datos; por lo que nunca se perderán los nuevos datos registrados por los sensores.

Si se trabaja en un modo asíncrono los bytes son transmitidos en el siguiente formato: 1 bit de inicio, 8 bits (1 byte) de información, 1 bit de parada y 1 bit de paridad; es decir, tramas de datos de 11 bits. En total se transmite:

$$20\text{Bytes} * 11 \frac{\text{bits}}{\text{Bytes}} = 220 \text{ bits por evento}$$

Por lo tanto la cantidad de datos que llegarían a salir del datalogger C_d , representados en bits, será:

$$C_T = C_d * 11 \text{ bits} = \frac{1900800}{t} \left[\frac{\text{Bits}}{\text{día}} \right] \quad (4)$$

$$t = 1 \text{ min} \quad C_T = 1900800 \left[\frac{\text{Bits}}{\text{día}} \right]$$

$$t = 10 \text{ min} \quad C_T = 190080 \left[\frac{\text{Bits}}{\text{día}} \right]$$

3.2.4.5 Cálculo del Ancho de Banda requerido para la Red de Transmisión de Datos Remotos

La totalidad de la información almacenada en un día en cada estación remota no se enviará en una sola transmisión hacia la estación central. De acuerdo a los procedimientos del INAMHI y considerando la cantidad de datos que se almacena en cada estación remota, se recomienda que la transmisión de los datos almacenados se realice cada 3 horas; es decir, se tendrá 8 transmisiones cada 24 horas por cada estación remota. De esta forma se contará con datos cada tres horas, pero que fueron capturados de acuerdo al tiempo de muestreo (1 o 10 min) con lo que se logrará un mejor procesamiento de la información y se disminuirá el tiempo de transmisión de los datos. El volumen de datos acumulado en 3 horas será:

$$t = 1 \text{ min} \quad C_T = \frac{1900800 \text{ Bits}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} * 3 \text{ horas} = 237600 [\text{Bits}]$$

$$t = 10 \text{ min} \quad C_T = \frac{190080 \text{ Bits}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} * 3 \text{ horas} = 23760 [\text{Bits}]$$

Esto es, para transmitir los datos almacenados en una estación remota se requiere una velocidad de 23.76 Kbps, para un tiempo de muestreo de 10 min por 3 horas. La velocidad de un canal en GPRS es 14.4Kbps, pero se dispone de 8 canales por usuario; consecuentemente, se puede lograr tasas máximas de 171Kbps. Esto demuestra que la Red GSM/GPRS no tendrá ningún problema en transportar los 23760 bits en un segundo. Sin embargo, no podría llevarse toda la

información acumulada en tres horas, cuando el período de muestreo es de un minuto. Pero, si se podría llevar esta información en:

$$\frac{237600 \text{ Bits}}{14.4 * 10^3 \text{ bps}} = 16.5 \text{ [segundos]}$$

Tomando en consideración la tasa de variación de los parámetros meteorológicos, es un tiempo que no tendría ninguna incidencia negativa.

Teniendo en cuenta que la red de Estaciones Remotas está formada por 17 estaciones hidrometeorológicas y considerando el caso hipotético más crítico, en el que la totalidad de estaciones transmiten al mismo tiempo, todo el volumen de información registrado durante 3 horas; entonces el volumen de datos a transmitirse desde las estaciones remotas hacia la estación central se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$t = 1 \text{ min} \quad C^{17} = 17 \text{ estaciones} * C_T = 4039200 \text{ [Bits]}$$

$$t = 10 \text{ min} \quad C^{17} = 17 \text{ estaciones} * C_T = 403920 \text{ [Bits]}$$

Los valores analizados anteriormente son para el caso hipotético más crítico, cuando todas las estaciones remotas intentan transmitir al mismo tiempo hacia la estación central. Pero, dado que las estaciones remotas son llamadas una a una por la estación central (polling) no se tendría ningún problema de congestiónamiento del tráfico. Lo único que ocurriría es que la estación central se demoraría en capturar todos los datos desde todas las estaciones remotas en un tiempo igual a: $16.5 * 17 = 280.5 \text{ [segundos]} \approx 5 \text{ [minutos]}$.

3.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE COMUNICACIONES [16]

Las condiciones climáticas de los lugares donde se instalarán cada una de las estaciones remotas serán las que influyan sobre el tipo de equipo que se utilizará para el envío de la información de las variables medidas.

El equipo a seleccionarse servirá como transmisor en las estaciones remotas y como receptor en la estación central, por lo que se analiza de manera independiente los requerimientos que debe cumplir el equipo en cada una de las estaciones.

3.3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA EL EQUIPO DE TRANSMISIÓN EN LAS ESTACIONES REMOTAS

El envío de la información hidrometeorológica almacenada en las estaciones remotas se realizará utilizando un módem compatible con el equipo almacenador de datos y que admita la tecnología GPRS. Por lo que deberá cumplir con las siguientes características:

- *Frecuencia de Operación.*- Se refiere al rango de frecuencias dentro del cual se puede utilizar el equipo para la transmisión y recepción de la información, su valor depende de la operadora celular seleccionada; en este caso PORTA trabaja con una frecuencia de operación de 850 MHz.
- *Salida de Potencia.*- El módem deberá cumplir con el nivel de potencia permitido por la Superintendencia de Telecomunicaciones para transmitir la señal; es decir, un valor de 3W máximo.
- *Velocidad de Datos.*- Al adquirir el módem es de suma importancia que la velocidad de transmisión de los datos en conjunto sea inferior con respecto a la velocidad máxima del módem.
- *Modo de Comunicación.*- El módem debe permitir una comunicación asincrónica puesto que la transmisión de datos en GPRS es de manera digital.
- *Interfaz de Comunicación.*- Debe ser compatible con la interfaz del almacenador de datos. La comunicación puede ser utilizando una de las interfaces que posee el datalogger (RS-232 y Ethernet), por lo que el módem deberá tener una de estas interfaces habilitada.

- *Reset:* El módem a adquirir deberá tener esta característica pues permite resetear al equipo automáticamente en caso de fallas del sistema.
- *Tipo de Operación.-* Se refiere al modo de operación de transmisión y recepción de datos, de preferencia sería deseable que el módem pueda trabajar en modo simplex, half duplex o full duplex.
- *Comandos de inicialización.-* El grupo de comandos del módem debe ajustarse a una norma universal de comandos AT para activar GPRS.
- *Forma de Operación en Tiempo Real.-* El módem debe tener la opción de ser configurado en el modo de transferencia en tiempo real desde la computadora ubicada en la estación central.
- *Temperatura de Operación.-* Se tomará en cuenta el clima de las diferentes zonas de ubicación del equipo y de manera general se puede considerar una temperatura de operación.
- *Humedad.-* Es un parámetro externo que debe ser tomado en cuenta; puesto que el módem estará expuesto a la intemperie y deberá soportar altas y bajas temperaturas.
- *Consumo de Voltaje y Corriente.-* Se deberá considerar estos valores para determinar la capacidad de las fuentes de energía del sistema.
- *Dimensiones.-* Este tipo de parámetro debe ir de acuerdo al espacio disponible en cada estación. En este caso el equipo almacenador se encuentra dentro de una caja hermética por lo que es recomendable que las dimensiones del módem sean pequeñas, para que quepa dentro de dicha caja.
- *Peso.-* El peso es importante puesto que el módem y todo el equipo de medición se instalarán a un 1.17m de altura del suelo.
- *Ciclo de Servicio.-* Debe ser de manera continua; puesto que se necesita observar a la estación remota permanentemente.

- *Antena Externa.*- Se refiere al tipo de conector que utiliza una antena, en casos donde las estaciones se encuentren ubicadas en lugares con muy poca cobertura celular.

3.3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA EL EQUIPO DE RECEPCIÓN EN LA ESTACIÓN CENTRAL

Además de las características mencionadas anteriormente para el equipo de transmisión se deberá tener en cuenta la sensibilidad¹ del equipo, puesto que se trata del receptor de la información. También deberá cumplir con las siguientes funciones:

- Aceptar y traducir los comandos y datos digitales enviados desde el equipo transmisor de la estación remota.
- Recepción de la información almacenada en las estaciones remotas hacia la Unidad Central de Proceso, a través del puerto Ethernet, en el que se instalará el software de aplicación GEALOG FOR WINDOWS.
- Control del software de comunicaciones, propio del módem, para transmisión de comandos.

3.4 SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA EL ENLACE DE COMUNICACIONES

En función de las especificaciones técnicas mencionadas anteriormente, se procedió a seleccionar el módem GSM/GPRS que se ajusta a los requerimientos solicitados.

¹**Sensibilidad.**- Se refiere al nivel de potencia que el receptor pueda aceptar de la señal de recepción. Se expresa para un cierto porcentaje de bits errados BER. LA unidad es dBm.

Para la selección del módem se tomó en consideración diferentes fabricantes como: WaveCom, Enfora, Multitech. De estos se seleccionó a Multitech con el multimódem GSM/GPRS/EDGE puesto que cumple con los requerimientos mencionados y por su bajo costo. En la Tabla 3.5 se muestra las características principales del multimódem seleccionado.

Rango de frecuencia cuatro bandas	Transmisión	850/900/1800/1900 MHZ
	Recepción	850/900/1800/1900 MHZ
Velocidad de datos	Interfaz Aire	hasta 14.4 Kbps por time slot y 240Kbps utilizando hasta 4 ranuras de tiempo
	Interfaz Ethernet	Fast Ethernet 10/100 Mbps
Tipo de modulación	EDGE	Esquema de Codificación MCS 1-9
	GPRS	Esquema de Codificación 1 - 4
Modo de comunicación	Serial Asíncrona, Modo no Transparente	
Clase	GPRS Clase B	12
	EDGE Clase B	10
Protocolos internet soportados	TCP,UDP, DNS,FTP,SMTP,POP3,HTTP	
Interfaces de comunicación	Puerto Ethernet - PCI	
Conectores de interfaces	PCI	3.3 V y 5 V (universal)
	Ethernet	RJ-45, 10 BaseT/100 Base TX, Estándar 802.3
Conector SIM	3V SIM (estándar)	
Conector de antena	Antena RF	50 ohm SMA (conector hembra)
Requerimientos de potencia	Voltaje	5 a 32 VDC
	Voltaje nominal de operación	2.5 V
	Corriente pico de transmisión	300 mA
	Corriente pico de recepción	máxima de 3 vatios
	Potencia de salida RF	2 W
Datos generales	Dimensiones Aproximadas	7.1 cm X 16.3cm X 3 cm
	Peso	326 gramos
	Temperatura de operación	-30° a 65° C
	Humedad Relativa	45 a 75 %

Tabla 3.5 Características Técnicas del Multimódem Multitech

Además de las características mencionadas posee otras como son:

- Slots de expansión múltiples con soporte PBCCH, esquemas de codificación: CS1 a CS4.

- Las características de voz incluyen Half Rate (HF), Full rate (FR), Enhanced full rate (EFR)², Adaptive multi rate (AMR)³.
- Permite el acceso a internet banda ancha mediante una red WAN.
- Incorpora protocolo NAT que permite compartir a varias PCs la conexión al internet.
- Soporte VPN⁴.
- Pila de TCP/IP intercalada (Embed TCP/IP stack)
- Servicio de mensajes cortos (SMS), incluyendo texto y PDU, punto-punto y broadcast de celdas.
- Comandos AT compatibles y comandos standard industrial.
- Numerosos leds que proporcionan el status de operación.
- Operación en Tiempo Real.
- Administración de alarma.

En la Figura 3.29 se observa el módem Multitech GSM/GPRS. La totalidad de sus características se puede observar en el Anexo 5.



² **Enhanced Full Rate.**- Algoritmo de codificación de voz que permite tener una calidad de voz superior a lo normal en una conversación GSM.

³ **Adaptive Multi Rate.**- Compresión Multitasa adaptiva, es un formato de compresión de audio para optimizar la codificación de voz en GSM.

⁴ **VPN (Red Privada Virtual).**- Esta tecnología permite definir una red privada dentro de una red pública. Como por ejemplo crea un camino privado a través de Internet para poder transmitir sus datos en forma privada. Utiliza un método de codificación y encapsulamiento dentro de una VPN básica. Proporcionan seguridad y gestión de flujo del tráfico en la red.

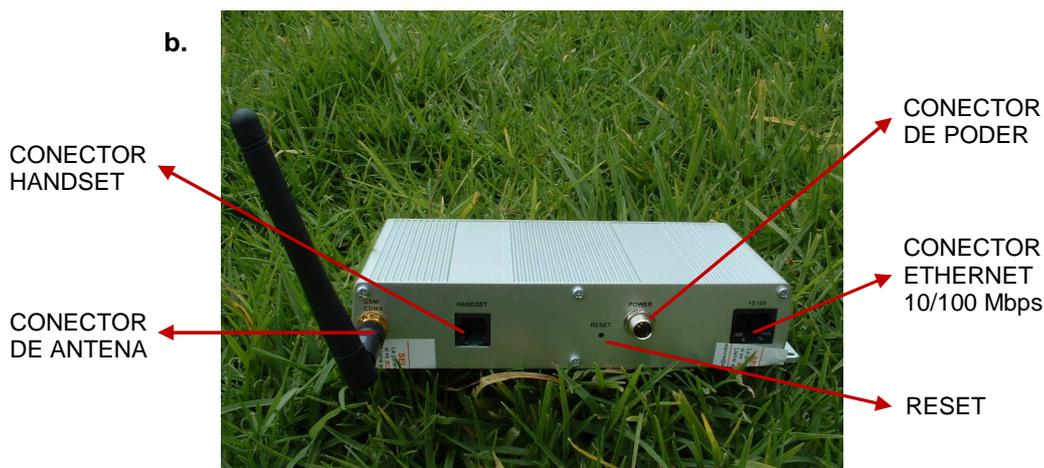


Figura 3.29 a) Vista frontal Multimódem

b) Vista posterior Multimódem

LEDs del Panel Frontal.- El multimódem presenta leds que indican la activación de la interfaz Ethernet y la activación del módem con la red celular. A continuación se detalla la función que desempeña cada uno:

LEDs Ethernet:

- IP.- Este led parpadea cuando la función IP del multimódem está funcionando normalmente. La luz del led es constante cuando el equipo se inicializa y parpadea cuando se actualiza el equipo.
- SPD.- Led de velocidad, se ilumina cuando la interfaz Ethernet trabaja con 100Mbps y cuando trabaja a 10Mbps no se enciende.
- L/A.- Link/Actividad, este led parpadea cuando existe transmisión y recepción sobre la interfaz Ethernet. Cuando existe una conexión válida con la interfaz Ethernet la luz permanece constante.

LEDs Módem:

- TD.- Transmit Data, este led parpadea cuando el módem esta transmitiendo datos hacia la conexión GPRS del proveedor.
- RD.- Receive Data, este led parpadea cuando el módem recibe datos de la conexión GPRS del proveedor.

- CD.- Carrier Detect, este led se enciende cuando el módem detecta una señal de portadora válida del proveedor.
- TR.- Terminal Ready, este led se enciende cuando el módem trata de establecer una conexión con la red.
- LS.- Link Status, este led parpadea cuando existe conectividad entre el módem y la red EDGE. Permanecerá constante la luz cuando el módem se conecte con la red GPRS.

La transmisión de datos desde las estaciones remotas hacia la estación central se puede realizar de dos maneras diferentes:

- El multimódem de recepción GSM/GPRS/EDGE llamará a cada estación remota, para que a través del multimódem se envíe los datos almacenados.
- En el caso de alarmas se enviará un mensaje hacia el multimódem de recepción del evento ocurrido en la estación remota.

3.5 FUENTES DE ALIMENTACIÓN [57], [58]

Las características técnicas de los equipos a ser instalados como el almacenador de datos (Datalogger) muestra que opera con un voltaje de alimentación de 11 a 13VDC, mientras que el multimódem opera con un voltaje de alimentación de 5 a 32VDC. Adicionalmente a las características de voltaje y corriente que necesitan los equipos de una estación, se debe tomar en consideración los datos técnicos de los equipos como son:

- El número de mediciones que la estación realiza son: 19 por hora y 458 por día.
- El almacenador de datos tarda 5 segundos en encender la fuente de poder en el bus de campo, así como también 5 segundos en promedio en consultar y guardar la lectura de la medición del sensor.

- El almacenador de datos tiene una capacidad de corriente de 20 mA cuando está activo y obteniendo datos.
- El multimódem durante la transmisión de los datos utilizará una capacidad de corriente de 300mA, después de la transmisión de datos permanecerá en reposo y su consumo de corriente será de 50mA.
- Las condiciones que debe cumplir la batería es poder mantener su carga por un lapso de por lo menos 7 días sin ser recargada.

Debido a las consideraciones antes mencionadas se procede a seleccionar una batería recargable de marca CSB Batteries, modelo GP12120 F2, por ser de larga vida útil, con una capacidad de 12V - 12AH, que abastecerá las necesidades de voltaje y potencia de la estación remota.

En la Figura 3.30 se indica la Batería seleccionada, la misma que está construida por una cubierta resistente que permite la operación y almacenamiento en cualquier posición que se la utilice sin producir fugas (Ver Anexo 6).



Figura 3.30 Fuente principal de energía (batería)

Una manera conveniente de recargar la batería anteriormente seleccionada será utilizando paneles solares. El panel solar debe proporcionar potencia suficiente para recargar la batería y mantener energía en el sistema durante los períodos extendidos de condiciones solares bajas (meses de invierno).

Es recomendable que el panel solar esté protegido con un diodo para prevenir la salida de la energía por la noche de la batería. Además, el panel solar debe incluir

un regulador de voltaje para proporcionar un voltaje compatible con la batería y también para prevenir sobrecargas.

En la Figura 3.31 se muestra el panel solar seleccionado como fuente de energía alternativa, el mismo que es de marca Solarex, modelo Photovoltaic Modules SX-20, proporciona una potencia de 20W con 16.8V regulados y 1.19 Amp. (Ver Anexo 7).



Figura 3.31 Fuente alternativa de energía "Panel Solar"

3.6 PROTECCIÓN DEL SISTEMA [59]

Una de las características fundamentales que debe cumplir una estación remota, es garantizar la integridad de la propia estación; así como, evitar la pérdida de los datos almacenados como consecuencia de los efectos producidos por sobretensiones generados por descargas eléctricas u otras interferencias exteriores.

Por este motivo, para proteger a las estaciones remotas contra interferencias atmosféricas o rayos se considera para el presente proyecto dos tipos de protecciones: Protección frente a descargas atmosféricas y Regulador de voltaje.

El sistema de protección empleado para la estación remota es el sistema de conducción, también llamado barra de Franklin. Dicho sistema utiliza varillas de pararrayos tratando de atraer la descarga del rayo. Para lograr esto, este sistema provee una trayectoria de descarga de baja impedancia a tierra manteniéndola

lejos de la estructura que protege. De esta manera se evita descargas de energía provenientes de rayos eléctricos que pueden dañar los equipos electrónicos (datalogger, módem) de la estación.

La protección para las descargas atmosféricas consta de las siguientes partes:

- Barra de Franklin 60
- Conductor de cobre desnudo AWG #00 (dos ceros)
- Varilla de Copperwell de longitud de 2.60m y ½" de diámetro

Para evitar que el voltaje generado por las celdas solares no sobrepase el voltaje de carga de la batería (12V); se emplea un regulador de voltaje conectado entre la salida de la celda solar y la batería, asegurando que dicha acción no disminuya el tiempo de vida útil de la batería.

El regulador de voltaje que se seleccionó para el proyecto es de marca ASC con un voltaje de 12V y niveles de corriente de 4, 8, 16 y 20A. Este regulador se encuentra ubicado entre el panel solar y la batería recargable, de este modo regulará el voltaje que necesita la batería (Ver Anexo 8).

En la Figura 3.32 se muestra el diagrama de bloques de las fuentes de alimentación utilizadas en cada estación remota.

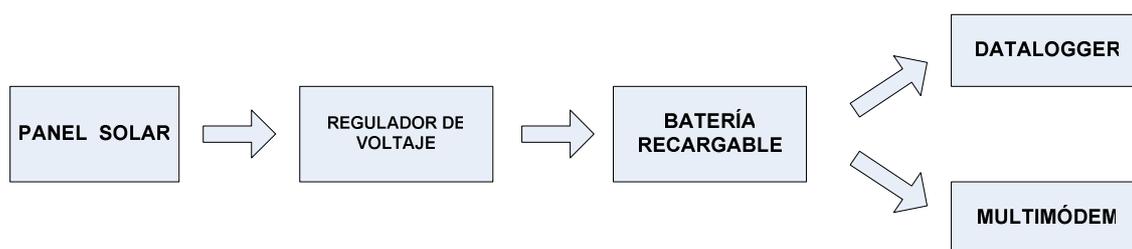


Figura 3.32 Diagrama de Bloque de la Fuente de Alimentación

3.7 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EN LA ESTACIÓN CENTRAL [60]

La estación central tiene por objetivo recoger la información meteorológica proveniente de cada una de las estaciones remotas y procesarla para formar una base de datos y permitir la consulta, edición, graficación, etc. Además, a través de

esta estación se puede generar interrogantes a las estaciones remotas y realizar cambios a los parámetros de transmisión de forma remota.

El eje del funcionamiento de la estación central es el tipo de software que se maneje para la operación de toda la red. Puesto que la información es almacenada y procesada en la estación central, el operador del sistema contará con la información de mayor relevancia que resulte útil para la indicación y registro sobre los datos y el estado de la red.

La Estación Central (Figura 3.33) se encontrará formada por los siguientes elementos:

1. Unidad Central de Proceso (Computadora).
2. Multimódem.
3. Equipo de Alimentación.
4. Software.

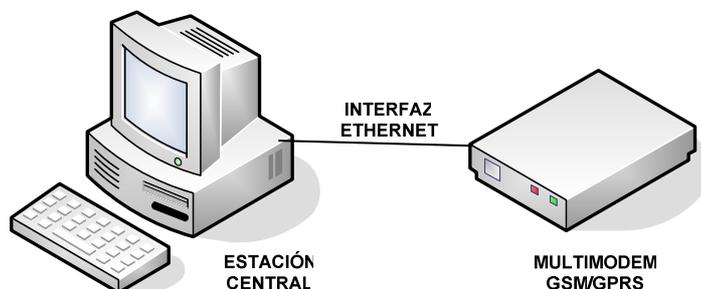


Figura 3.33 Elementos de la Estación Central

1. *Unidad Central de Procesos*: El fabricante del datalogger LOGOTRONIC recomienda que el equipo donde se instalará el software de aplicación GEALOG cumpla con los siguientes requisitos:

- Sistema Operativo: Windows XP SP2 Professional
- CPU: Intel Pentium 4 o Intel Celeron 4
- Memoria RAM: 128 MB o más.

- Convertidor USB a serial
- Interfaz Serial PC-Card
- Microprocesador : 1.8MHz
- Disco Duro : 80 GB, 7200 RPM
- Puertos de red Ethernet y puertos seriales RS-232
- Monitor, teclado, mouse.

2. *Módem*: Se refiere al equipo de recepción seleccionado en la Sección 3.4.
3. *Equipo de Alimentación*: La Estación Central es apta para operar con alimentación de la red urbana de energía. Como un equipo de protección se incluye una Unidad de Alimentación Ininterrumpida (UPS), que permitirá operar a la Estación Central en forma autónoma, en caso de registrarse una falla en el sistema de alimentación urbana. El UPS seleccionado es de marca CDP, modelo B-UPR505, con una potencia de entrada y salida de 550VA/330W y un tiempo de autonomía para la computadora y el multimódem de 5 a 30 min.
4. *Software*: Se refiere a todos los programas necesarios para que el terminal de la estación central cumpla eficientemente con el monitoreo y control de las estaciones remotas, incluyendo la programación y cambio de parámetros de transmisión de manera remota. La estación central debe soportar el software de control y monitoreo de toda la red.

Existen dos tipos de software: de comunicación y de aplicación.

- *Software de Comunicación*: Multitech incluye los diferentes parámetros de comunicaciones para enlazar las estaciones remotas con la estación central. Brinda facilidades de comunicación y debe ser compatible con el software de aplicación para mostrar la información obtenida de cada estación remota. Se encarga de traducir los datos a un formato reconocido por el software de aplicación.

- *Software de Aplicación:* El software que utiliza el equipo almacenador se denomina GEALOG FOR WINDOWS, el cual se encarga de interrogar a las estaciones remotas y obtener la información de cada uno de los sensores de medición hidrometeorológicas para poder formar una base de datos. Las características más importantes acerca de este software son las siguientes:
 - Protección del sistema y archivos mediante palabras clave.
 - Recopilación de información en forma manual.
 - Monitoreo del estado de la red.
 - Sistema de manejo de base de datos apto para correr bajo plataformas estándar.
 - Configuración remota del almacenador de datos.
 - Presentación numérica y gráfica de la información.
 - Verificación y aviso automático de alarmas.

3.8 DISEÑO DE LA CONEXIÓN A LA RED GPRS

La operadora celular Porta (CONECEL) ofrece dos métodos de conexión desde la estación central hacia la red GPRS:

1. Mediante la utilización de un enlace de fibra óptica, llamado conexión de “Última Milla”.
2. A través de la estación base más cercana de la operadora celular a la estación central (INAMHI).

3.8.1 MÉTODO DE CONEXIÓN 1

En la Figura 3.34 se muestra el enlace de fibra óptica para la conexión de última milla, para enlazar el nodo ubicado en el sector de la Carolina – Quito con la Estación Central ubicada en INAMHI-Iñaquito. Dicho nodo proporcionará un canal dedicado utilizando la tecnología Frame Relay a una velocidad de 64Kbps.

De esta manera, todos los datos que se almacenan en los dataloggers, luego de ser transmitidos a través de la red GPRS de Porta, llegarán a la Base de Datos, que se encontraría en el Nodo Carolina. Este nodo a su vez retransmitirá la información hacia la Estación Central del INAMHI. Por lo tanto, Porta se encargaría de la administración total de la información generada en las Estaciones Remotas.

3.8.2 MÉTODO DE CONEXIÓN 2

En la Figura 3.35 se muestra la conexión de las Estaciones Remotas y Estación Central a la Red Global GPRS de Porta, a través de las BTS más cercanas a dichas estaciones.

Para acceder a la Red GPRS de Porta en los dos tipos de conexiones descritas se utiliza el servicio punto-multipunto. Para lo cual la operadora asigna el APN de acceso a la red y un bloque de direcciones IP estáticas para las estaciones. La diferencia entre estas dos conexiones se encuentra en cómo llega la información remota hacia la Estación Central.

De las dos conexiones descritas se procedió a escoger la segunda opción de conectividad utilizando la Red Global de BTS; debido a los costos de operación y mantenimiento que se analizarán en el Capítulo 5.

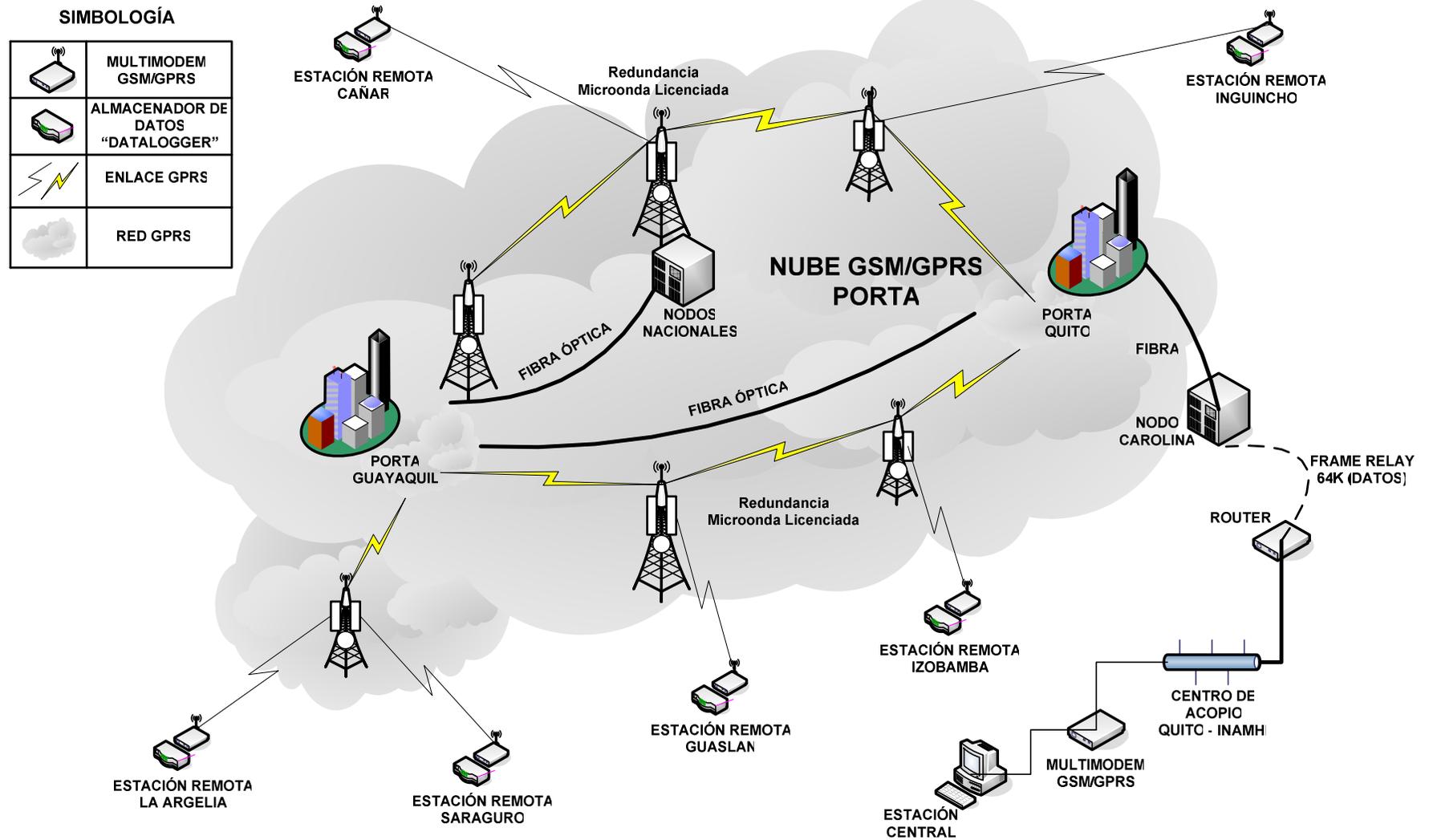


Figura 3.34 Diseño de la Red de Datos utilizando la conexión de Última Milla hacia la Estación Central

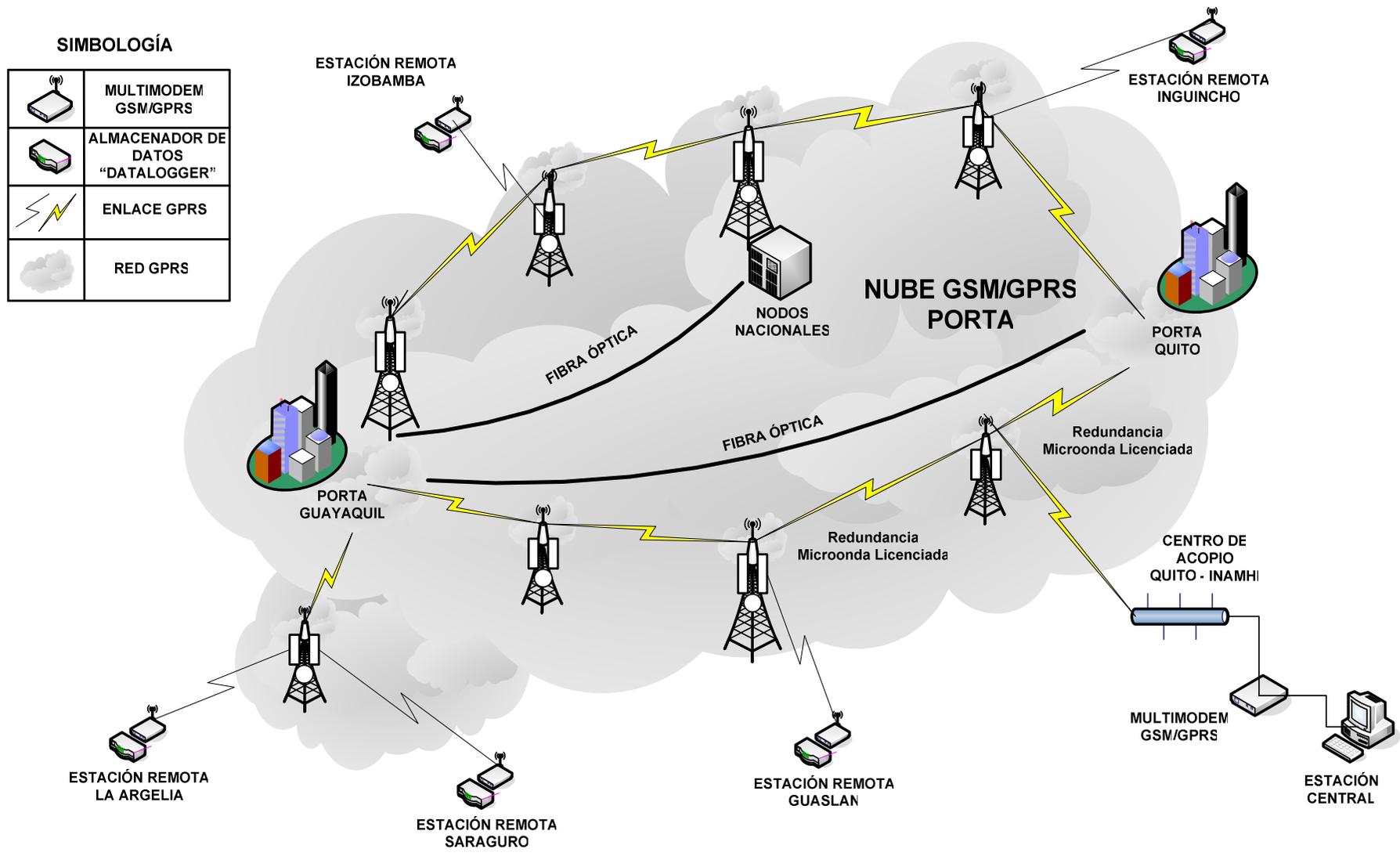


Figura 3.35 Diseño de la Red de Datos utilizando la Red Global de BTS hacia la Estación Central

3.9 CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA TRANSMITIR Y RECIBIR INFORMACIÓN

A continuación se detalla la configuración del software de aplicación GEALOG FOR WINDOWS del datalogger y luego la configuración del software de comunicación del multimódem Multitech. Dichas configuraciones son necesarias para enlazar las diferentes estaciones remotas con la estación central.

3.9.1 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE DE APLICACIÓN GEALOG FOR WINDOWS [60]

Para configurar el datalogger y los parámetros de los sensores se utilizó el software GEALOG FOR WINDOWS de LOGOTRONIC. Las principales operaciones que realiza el software GEALOG son:

- Leer los datos almacenados en el datalogger, los mismos que permanecen almacenados en su memoria. Leer los parámetros de configuración que están rigiendo el trabajo del datalogger.
- Terminal de Emulación: Mediante esta opción la computadora central puede conectarse en paralelo con el datalogger. El usuario puede de esta manera realizar cambios y chequear los parámetros de cualquier estación remota. La recolección de información puede ser manejada como si el usuario estuviese presente directamente en dicha estación.
- Transferencia de Parámetros: Los parámetros de trabajo de todas las estaciones remotas se almacena en el datalogger y también residen en la computadora. De esta manera es posible preparar un conjunto de parámetros en la computadora y descargarlos en cada datalogger, para tener una misma configuración en toda la red de estaciones hidrometeorológicas.
- Enviar datos a un dispositivo externo: El datalogger ofrece la posibilidad de copiar los valores medidos almacenados en su memoria hacia un USB

Memory Stick. Una vez allí, se podría utilizar esa información para que sea procesada por el MS-Excel.

- Detectar desde la estación central las alarmas que se pueden generar en las estaciones remotas.

3.9.1.1 Configuración de los Parámetros para las Estaciones Remotas

Es necesario configurar los parámetros de cada estación remota para su correcto funcionamiento. En la Figura 3.36 se muestra la pantalla de los parámetros que se configuraron de forma general: número de canales, localización de la estación, servicio de alarmas y modo de operación del almacenador.

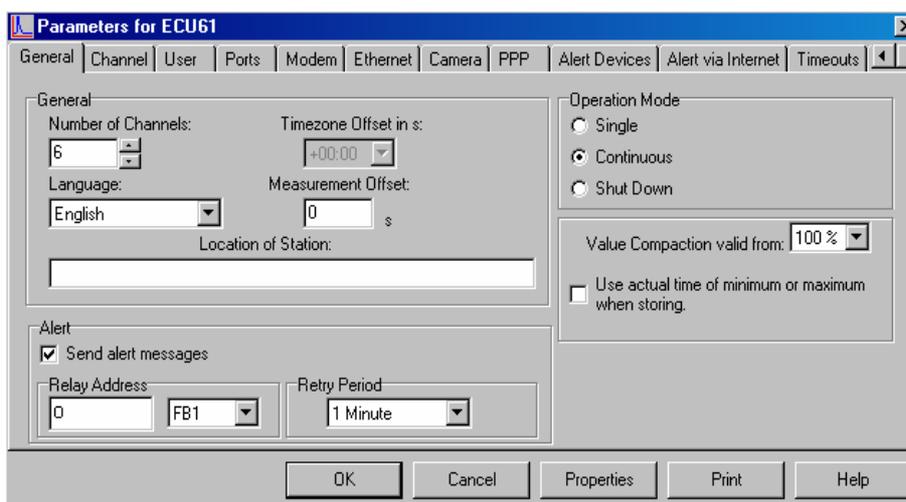


Figura 3.36 Ventana de configuración de los parámetros para la estación remota

Para evitar que personal no autorizado ingrese a la estación y cambie la configuración existente en el almacenador; se protegió el acceso por medio de contraseñas, que dependen del usuario que ingrese al almacenador, como se indica en la Figura 3.37.

Se recomienda que cada técnico encargado del mantenimiento de la red hidrometeorológica, tenga su propia contraseña y nombre de usuario para registrar los cambios que estos realicen en la estación remota.

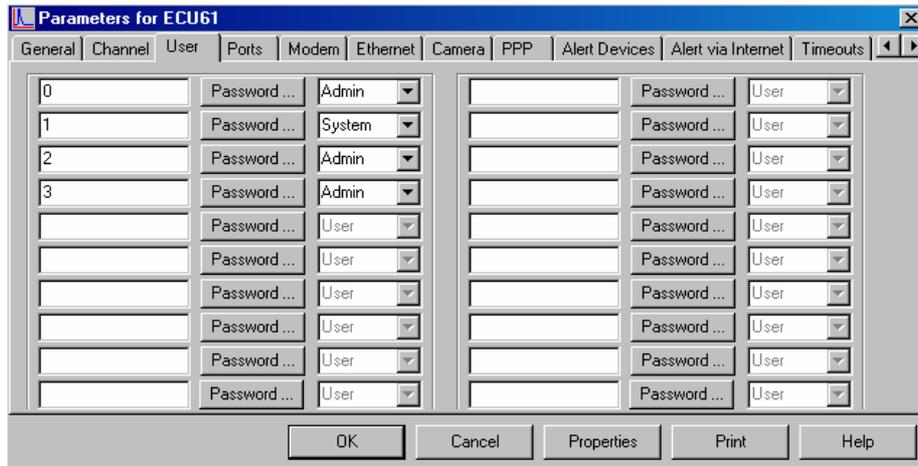


Figura 3.37 Ventana de configuración de los parámetros de acceso en la estación remota

Además, se configuró para cada estación la interfaz de comunicación que se utilizará para transmitir los datos almacenados en el datalogger, para lo cual se dispone de puertos RS-232 y Ethernet. La utilización de estos puertos depende del equipo de comunicaciones seleccionado para transmitir los datos.

Para preservar la energía en el datalogger se configuró los siguientes tiempos: tiempo de interrupción en el bus de campo de 20ms, tiempo antes que el datalogger entre en reposo de 1 minuto y el tiempo de interrupción del servicio de 5 minutos. En la Figura 3.38 se muestra la pantalla donde se pueden configurar cada uno de estos parámetros.

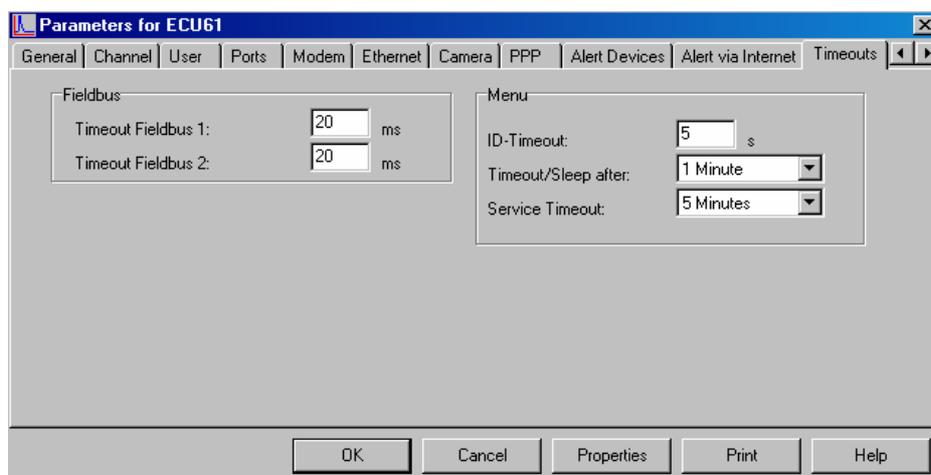


Figura 3.38 Ventana de configuración de los parámetros de tiempo en la estación remota

3.9.1.2 Configuración de Parámetros para los Sensores

En el proyecto se configuró los parámetros para tres sensores: Precipitación, Humedad y Temperatura. Además se configuró los parámetros internos de funcionamiento del almacenador como son: Temperatura Interna, Voltaje de la Batería del Sistema y Voltaje de la Batería de Respaldo (Backup). La configuración de estos parámetros depende de las recomendaciones que la OMM tiene definidas para la calibración de los sensores y estos dependen de la región donde se ubiquen.

Los parámetros que se utilizaron en la configuración de todos los sensores son: 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 de sensor, umbral de alertas, etc. En la Figura 3.39 se muestra como ejemplo la configuración general del sensor de temperatura, así como los diferentes parámetros que se configuró para el funcionamiento de dicho sensor.

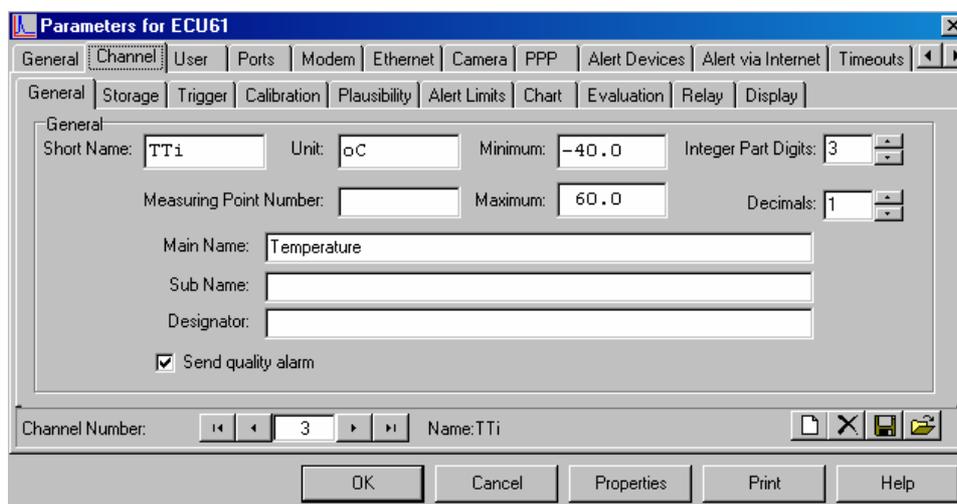


Figura 3.39 Ventana de configuración de los parámetros para los sensores

En la Tabla 3.6 se puede observar la configuración que se realizó en el almacenador, de acuerdo a las normas establecidas por la OMM. En el Anexo 9 se encuentran los requerimientos de precisión operativa y desempeño típico de los instrumentos recomendados 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 3.6 Parámetros para los Sensores configurados en el Almacenador de Datos

3.9.1.3 Configuración de los Parámetros Generales de Comunicaciones

Con el software GEALOG se puede configurar también el tipo de interfaz que va a ser utilizada para acceder al datalogger de la estación remota. Existen dos modos de comunicación con el almacenador: modo de programación y modo de recopilación de datos, dependiendo este último modo del equipo de comunicaciones seleccionado en la Sección 3.4.

3.9.1.3.1 Modo de Programación

Tomando en cuenta que la programación del almacenador se realiza de manera local, el software dispone de dos opciones de comunicaciones: vía puerto serial y vía red (Figura 3.40).

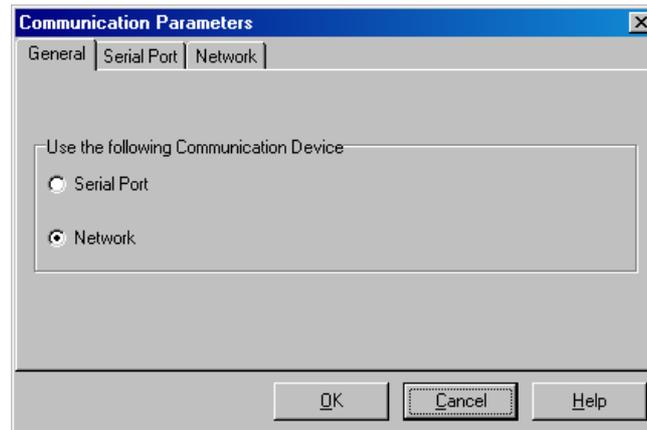


Figura 3.40 Ventana para la selección del medio de comunicación entre la Computadora y el Almacenador de Datos

- *Puerto Serial.*- Permite la comunicación entre la computadora y el almacenador de datos vía RS-232. En la Figura 3.41 se muestran los parámetros que se utilizaron para transmitir la configuración de los sensores anteriormente descrita. Esta configuración estándar recomienda el fabricante LOGOTRONIC para tener una comunicación local.

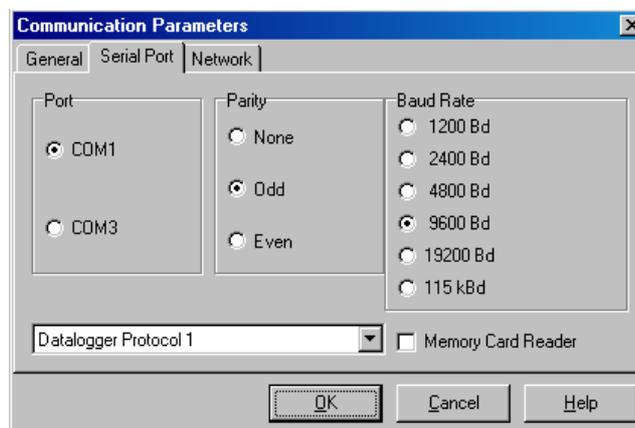


Figura 3.41 Ventana de configuración para los parámetros del puerto serial

Para definir como el datalogger se conecta con la computadora se configuraron los parámetros mostrados en la Figura 3.42.

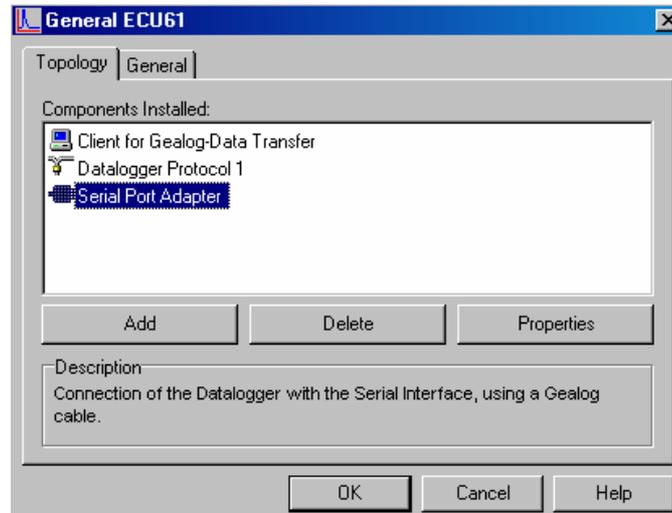


Figura 3.42 Ventana para configurar los parámetros de la topología del Almacenador de Datos

- *Client for Gealog – Data Transfer.*- Se configuró esta opción porque permite la retransmisión de datos, evitando pérdidas por errores en la transmisión. En la Figura 3.43 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.

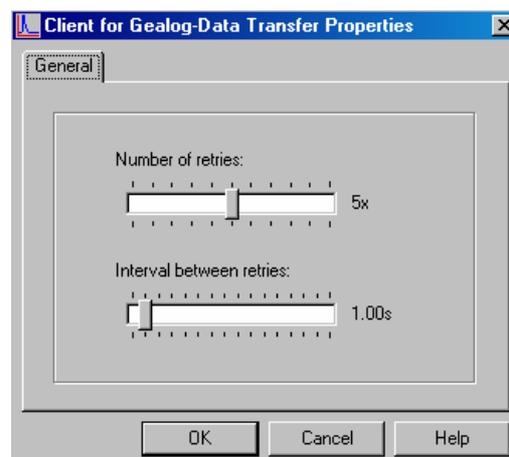


Figura 3.43 Ventana de configuración de las retransmisiones de datos de las estaciones

- *Serial Port Adapter.*- En la Figura 3.44 se muestra la configuración que se realizó para la transmisión de los parámetros a través de la interfaz serial, esta configuración se utilizará cuando la computadora se conecte directamente con el datalogger.

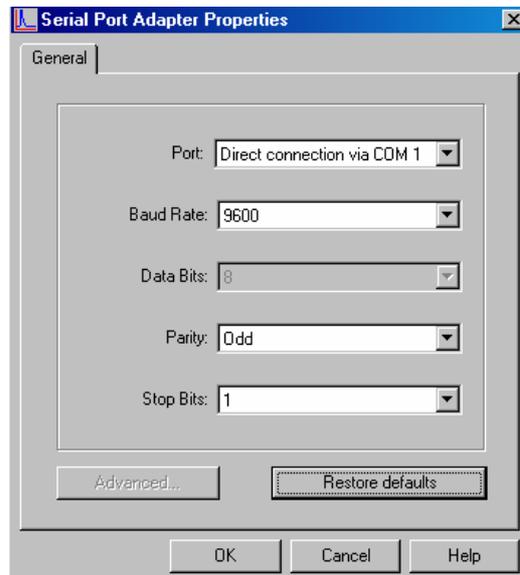


Figura 3.44 Ventana de configuración General del Puerto Serial

- *Puerto de Red.*- Permite una comunicación local entre el datalogger y la computadora para transmitir la configuración de diferentes parámetros. Para este proceso ambos equipos deben estar dentro de la misma red. Por lo que se formó una red local asignándole a cada uno las siguientes direcciones IP:

Computadora	: 192.168.0.2
Almacenador de Datos	: 192.168.0.1

Desde la computadora se accedió al software GEALOG en donde se especificó la dirección MAC, IP y la máscara asignada al almacenador, así como la dirección de la puerta de enlace (Gateway) perteneciente a la computadora y, si se tuviese, la dirección del DNS, tal como se muestra en la Figura 3.45.

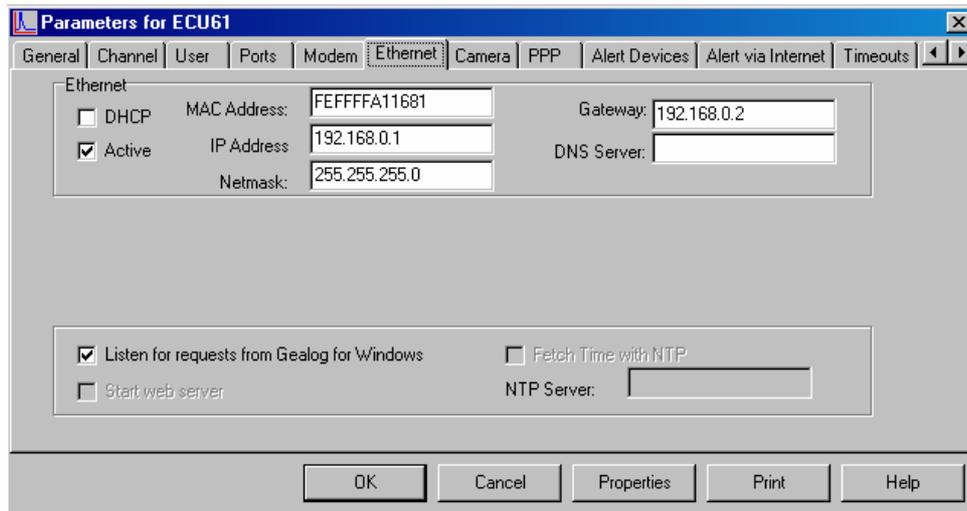


Figura 3.45 Ventana de Configuración de los Parámetros para el Puerto Ethernet en la Estación Remota

A continuación, se ingresó la dirección IP del almacenador de datos para poder transmitir los parámetros de los sensores configurados de manera local como se muestra en la Figura 3.46.

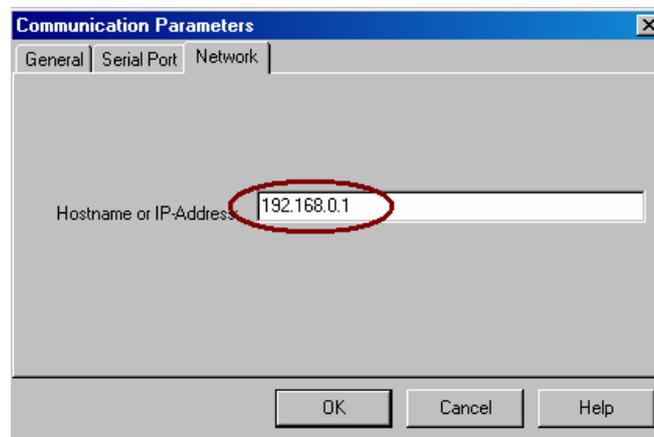


Figura 3.46 Ventana de Ingreso de la Dirección IP del Almacenador de Datos

3.9.1.3.2 Modo de Recopilación Remota de Datos

Mediante este modo se puede acceder de manera remota a la memoria de datos del Datalogger, en donde se encuentran almacenados los valores

hidrometeorológicos medidos por el sistema. Tomando en consideración las especificaciones técnicas del equipo de comunicaciones seleccionado Multimódem Multitech, la interfaz de comunicación que se configuró entre la computadora y el multimódem fue vía red.

La configuración del puerto de red en el datalogger es la misma que se describió anteriormente. Para acceder a los datos inalámbricamente se ingresó la dirección IP (172.31.220.1) que la operadora PORTA asignó al equipo de comunicaciones ubicado en la estación remota. En la Figura 3.47 se muestra la ventana de diálogo para el ingreso de la dirección IP la que servirá para llamar a los datos de todas las estaciones remotas.

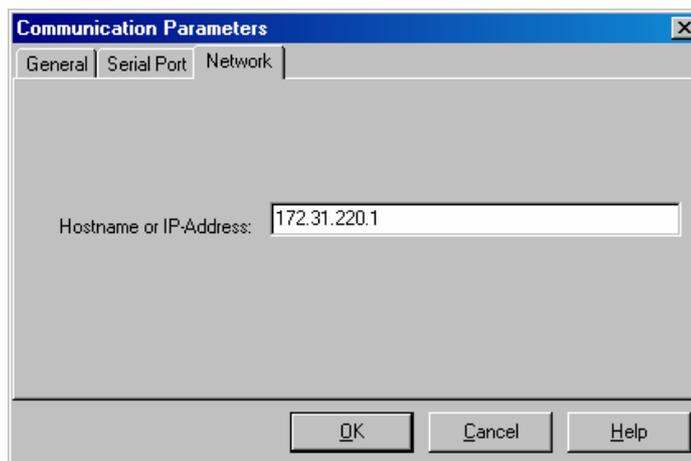


Figura 3.47 Ventana del Ingreso de la dirección IP para recopilar los datos remotamente

3.9.1.4 Representación de los Datos Almacenados

Para presentar la información de los datos medidos por los sensores, el software GEALOG dispone de dos modos: gráfico y numérico. En el modo gráfico se puede visualizar mediante una gráfica los diferentes valores de los datos almacenados en un determinado tiempo, como se indica en la Figura 3.48.

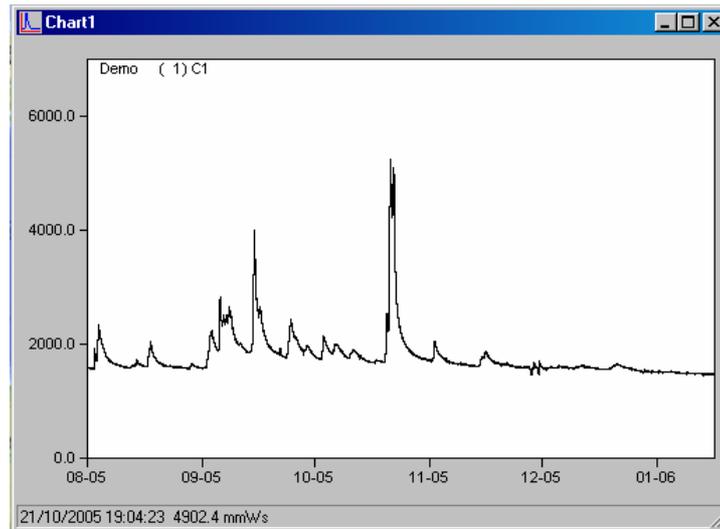


Figura 3.48 Representación gráfica de los datos obtenidos a través de un sensor

Mientras que en el modo numérico (Figura 3.49) 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.

		ECU61	ECU61	ECU61
		RR	UUj	TTi
		mm	%	oC
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 3.49 Representación numérica de los datos obtenidos a través de un sensor

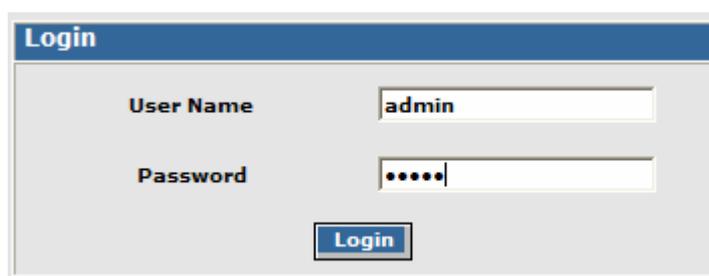
Los valores recopilados de la estación remota también pueden ser mostrados con aplicaciones MS- Word, Excel, Access, etc.

3.9.2 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN MULTITECH [61]

Después de contratar el servicio de comunicaciones GPRS con la operadora PORTA se insertó las “SIM cards” en el slot de cada multimódem (transmisión y recepción) luego se validó las direcciones IP estáticas asignadas a cada equipo, para el envío y recepción de datos.

Una vez que la cuenta inalámbrica se estableció entre los multimódems y la red GSM/GPRS, procedimos a configurar el puerto de red (Ethernet) en los dos multimódem para establecer la comunicación entre el multimódem y la computadora; así como entre el multimódem y el almacenador de datos.

Para verificar la potencia de la señal y el registro de red del multimódem se utilizó los comandos AT. Para ello, primero se ingresó a la página Web por defecto del multimódem cuya dirección es: <http://192.168.2.1/>. En la Figura 3.50 se observa la ventana de ingreso hacia la Web del programa de administración y configuración del multimódem. Cabe mencionar que el nombre de usuario y contraseña de ingreso son estrictamente necesarios; estos por defecto son: admin. Se recomienda cambiarlos por seguridad.



The image shows a web browser window with a login form. The title bar of the window says "Login". The form has two input fields: "User Name" containing the text "admin" and "Password" containing five dots. Below the password field is a blue button labeled "Login".

Figura 3.50 Pantalla de ingreso a la página WEB del multimódem

Una vez dentro de dicho sitio se procedió a deshabilitar el protocolo PPP, para poder realizar la comunicación entre la red celular y el multimódem, por medio de los comandos AT.

En la computadora de la estación central se ingresó a la ventana de comandos del DOS para realizar un Telnet⁵ a la dirección 192.168.2.1 5000; en donde 5000 es el número de puerto del multimódem. Con lo que se verificó que existe conectividad entre la computadora y la red GPRS, a través del multimódem.

En la misma ventana de comandos se digitó el comando AT + CSQ para verificar la potencia de la señal. El multimódem responde con una señal de potencia RSSI⁶ y con el BER (Bit Error Rate).

El rango del RSSI es de 0 a 31 y el rango del BER es de 0 a 7; en donde 7 es el valor de error máximo. Es recomendable verificar el valor de RSSI, si su valor es de 31 se tendrá una señal alta para transmitir y recibir los datos. En el presente proyecto el valor del BER fue 1, mientras que el valor de RSSI fue 30, con lo que se pudo verificar que la intensidad de la señal de la red GSM/GPRS fue suficiente según los valores mostrados en la Tabla 3.7.

RSSI – SIGNAL STRENGTH	
10 – 31	Suficiente
0 – 9	Débil o Insuficiente
99	Insuficiente

Tabla 3.7 Rango de respuesta del módem con respecto a la Señal de Potencia

A continuación, se verificó si el multimódem ha sido registrado en una red inalámbrica por medio del comando AT+CREG en la ventana de comandos del DOS. Donde el multimódem respondió con el valor +CREG: 0,5, mostrado en la Tabla 3.8.

⁵ **Telnet(Telecommunication Network).**- Es el nombre de un protocolo de red que sirve para acceder mediante una red a otra máquina, para manejarla como si se estuviese sentado delante de ella. Para esto se debe conocer el nombre de la máquina remota y tener una cuenta en ella.

⁶ **RSSI.**- Predicción del nivel de intensidad de la señal recibida.

VERIFICACIÓN DE REGISTRO EN LA RED	
VALOR	ESTADO DE REGISTRO DE RED
+CREG: 0,0	El módem no está registrado en ninguna red
+CREG: 0,1	El módem está registrado en la red local
+CREG: 0,5	El módem está registrado en la red y está roaming

Tabla 3.8 Verificación de Registro del Módem en la Red Inalámbrica

Si el multimódem indica que no está registrado en la red, se deberá verificar la potencia de la señal recibida.

Cabe destacar que el proceso realizado anteriormente sirve para configurar a los multimódem utilizados en la transmisión y recepción de la información.

Para establecer una comunicación segura dentro de la red GSM/GPRS de Porta, fue necesario configurar los diferentes parámetros del multimódem que se establecen en el Programa de Administración de la Web de Multitech. En la Tabla 3.9 se muestra los parámetros disponibles en el multimódem.

IP Setup	Establece el conjunto de configuraciones de tipo general como: protocolo IP, HTTP, DDNS, SNTP, Rutas Estáticas y Configuraciones Remotas.
PPP	Establece la autenticación del protocolo PPP, características del marcado sobre demanda, autenticación del módem e inicio de una llamada.
Network and Services	Define redes y servicios para habilitar otras funciones como: filtrado de paquetes, activación del servidor DHCP, muestra las estadísticas y registros del enlace.
Packet Filters	Define filtros y protecciones, configuración del protocolo DNAT y de ICMP.
GRE Tunnels	Ruta de Encapsulamiento Genérico (GRE). Define la red remota y el túnel, a través del cual el tráfico será encaminado.
DHCP Server	Configura 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 multimódem.
Statistics & Logs	Muestra las estadísticas y registros del multimódem en el enlace.
Save & Restart	Permite guardar todas las configuraciones realizadas en el software del multimódem.
Help Index	Permite el acceso del texto de ayuda.

Tabla 3.9 Parámetros configurados en el multimódem

3.9.2.1 Configuración del Software del Multimódem Transmisor ubicado en la Estación Remota

Una vez dentro del programa del Multitech se ingresó a la ventana del Ayudante de Configuración “Wizard Setup” ubicada en la barra de menú del programa, como se indica en la Figura 3.51.

Figura 3.51 Ventana del Ayudante de Configuración “Wizard Setup” del Multimódem de la Estación Remota

En esta pantalla se configuró la dirección IP del multimódem remoto, el protocolo PPP y la autenticación del mismo. En la Tabla 3.10 se explica en detalle la información que se configuró en cada ítem.

CONFIGURACIÓN DE LA OPCIÓN WIZARD	
CONFIGURACIÓN IP	
Dirección IP	192.168.0.2. Esta dirección fue asignada para formar una Red LAN Remota entre el multimódem y el Almacenador de datos.
Máscara de Red	255.255.255.0
DNS	Se ingresó la dirección IP por defecto del DNS primario del sistema: 200.25.197.196

CONFIGURACIÓN PPP	
PPP	Se activó PPP puesto que permite habilitar la comunicación entre los equipos que conforman la red.
Dial-on-demand	Esta opción se deshabilitó para que el multimódem siempre permanezca conectado y no sea por demanda.
Idle Time Out	Se configuró el tiempo en cero para que el enlace permanezca siempre activo.
Dial Number	*99**1#, este número permite la conexión a la red GPRS de Porta.
Init String 1	En este ítem se ingresó los comandos AT de inicialización utilizados en GPRS para establecer la conexión, el cual es: ATDT + CGD CONT=1, "IP", "< inamhi.porta.com.ec >". En donde "inamhi.porta.com.ec" es el APN asignado por Porta.
AUTENTICACIÓN PPP	
Tipo de Autenticación	La opción que se configuró es: PAP-CHAP para brindar mayor seguridad. 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	El nombre de usuario y contraseña asignado al módem de transmisión es: porta. Este nombre autentifica al par remoto (estación central y estación remota).

Tabla 3.10 Parámetros configurados en la opción Wizard Setup del Multimódem de la Estación Remota

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

3.9.2.1.1 Configuración del Protocolo IP

A continuación se configuró los parámetros generales para el protocolo de Internet tales como: configuración de fecha y hora de acceso al software, dirección IP (IP en general, máscara de red, DNS, etc), Auto Dialout, como se observa en la Figura 3.52.

IP Setup -> General Configuration

General Configuration

Date: 15/01/2008 DD/MM/YYYY

Time: 14:03:57 HH:MM:SS

IP Configuration

IP Address: 192.168.0.2 Mask: 255.255.255.0

Default Gateway: 0.0.0.0 Primary DNS: 200.25.197.196

Secondary DNS: 200.25.197.197

Auto Dialout Configuration

Autodialout: Enable Disable Raw Dialout (for Telnet): Enable Disable

Autodialout login: Enable Disable Autodialout Port: 5000

SUBMIT

Figura 3.52 Ventana de Configuración General del Protocolo IP del Multimódem de la Estación Remota

En la Tabla 3.11 se explica en detalle los parámetros que se configuraron de acuerdo a los requerimientos del usuario.

CONFIGURACIÓN DEL PROTOCOLO IP	
CONFIGURACIÓN GENERAL	
Fecha y Hora	Se configuró la fecha y hora de acceso por primera vez al equipo.
CONFIGURACIÓN IP	
Dirección IP	192.168.0.2. Esta dirección fue asignada para formar una Red LAN Remota entre el módem y el Almacenador de datos.
Máscara de Red	255.255.255.0
Gateway	0.0.0.0. Asignado por el fabricante del equipo puesto que se utiliza una sola interfaz, por lo que el Gateway por defecto será la única salida de la información
DNS (primario y secundario)	DNS asignadas por el fabricante. Primaria: 200.25.197.196 Secundaria: 200.25.197.197

CONFIGURACIÓN AUTO DIALOUT	
Autodialout	Esta opción se deshabilito, puesto que al estar habilitada permite que el equipo se desconecte de la red GPRS automáticamente.
Autodialout Login	Habilitado por defecto. Permite ingresar el nombre y contraseña de usuario para conectarse.
Raw Dialout	Esta opción se encuentra deshabilitada, pero si se requiere administrar vía Telnet se la puede habilitar.
Autodialout Port	El comando Telnet se realiza normalmente por el puerto 23 pero si se va a administrar vía Telnet al equipo se configurará el puerto 5000.

Tabla 3.11 Parámetros configurados para el Protocolo IP en el Multimódem de la Estación Remota

Configuración del Protocolo HTTP

El multimódem tiene activado por defecto el puerto 80 para la utilización del protocolo HTTP. Sin embargo, se configuró el puerto 90 para permitir la administración remota del equipo y el puerto 80 se dejó libre para acceder a la página Web del datalogger (Figura 3.53).

A través de la activación del puerto 90 el usuario se conecta con la Página Web de administración del Software de Multitech remotamente para configurar al equipo. Para su autenticación fue necesario ingresar el nombre de usuario y contraseña.

The screenshot shows a web interface for configuring the HTTP port and authentication. The title bar reads "IP Setup -> HTTP Configuration". Below the title, there is a section for "HTTP Configuration" with a text input field for "HTTP port" containing the value "90". Below this is an "Authentication" section with a text input field for "Username" containing "admin" and a password input field with masked characters "*****". A "SUBMIT" button is located at the bottom of the form.

Figura 3.53 Ventana de Configuración del Protocolo HTTP del Multimódem de la Estación Remota

Configuración Remota

El multimódem normalmente viene activado para ser administrado vía LAN, por lo que solo el equipo que esté conectado directamente al multimódem podrá administrarlo. Sin embargo, el equipo tiene la posibilidad de ser administrado remotamente; es decir, vía WAN. Para lo cual se habilitó la dirección IP con el nombre “AdminRemota” perteneciente al equipo que va a administrar al multimódem, como se muestra en la Figura 3.54. La configuración de esta dirección se realizó con la opción “Network and Services” citada más adelante.

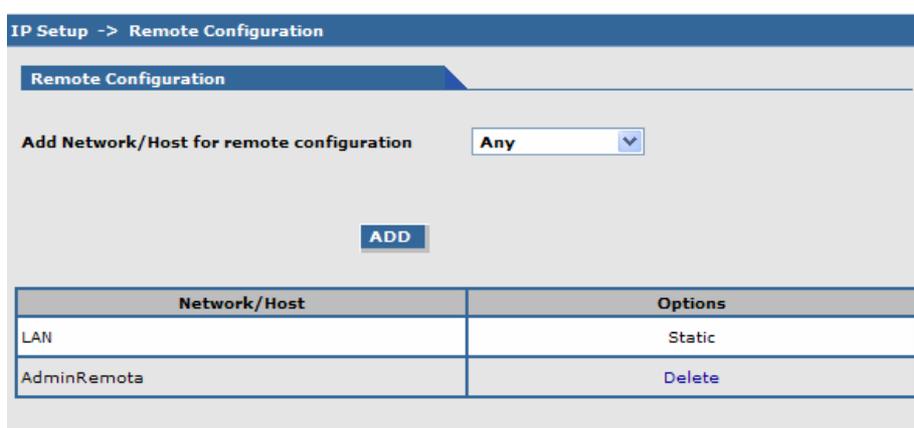


Figura 3.54 Ventana de Configuración Remota del Multimódem de la Estación Remota

3.9.2.1.2 Configuración del Protocolo PPP [62]

En el sistema de comunicaciones del INAMHI es necesario configurar el protocolo PPP para que exista conectividad entre los multimódems. A continuación, se realiza una breve explicación del protocolo PPP y de los parámetros que se configuró en los equipos de comunicaciones.

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. También permite que un servidor de acceso remoto reciba llamadas y proporcione acceso de red al software de otros proveedores que cumpla los estándares de PPP.

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)
- CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol)

PAP (Password Authentication Protocol)

Es un 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)

Es un 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.

En la Figura 3.55 se muestra la pantalla de configuración del protocolo PPP que se configuró para el multimódem que se encuentra en la estación remota, dicha configuración se utilizó también para el multimódem de la estación central. Adicionalmente, se habilitó 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.

PPP -> PPP Configuration

NAT Configuration

NAT enable disable

PPP General

PPP Enable Disable

Dial-on-Demand Enable Disable

Idle time out (in Sec) Connect time out (in Sec)

Dialing Max retries (0:Infinite Retries)

Authentication

Authentication Type pap chap pap-chap

Username Password

ICMP Keep Alive check

Keep Alive check Enable Disable

HostName Interval (in Secs)

Count

Modem Configuration

Baud Rate bps Dial number

Dial Prefix Connect String

Init String 1:

Init String 2:

Init String 3:

Init String 4:

Init String 5:

SUBMIT

Figura 3.55 Ventana de Configuración para el Protocolo PPP del Multimódem Transmisor/Receptor

En la Tabla 3.12 se encuentra detallada la configuración que se realizó para el protocolo PPP.

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 par 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	Número marcado: *99***1#, para la red GPRS o EDGE.
Dial Prefix	ATDT (Atención al Marcado, Comandos AT).
Connect String	Respuesta de los comandos AT: CONNECT.
Init String 1	at+cgdcont=1, "IP", "inamhi.porta.com.ec", por medio de este comando se envía el APN asignado por Porta a la red celular para ser verificado.

Tabla 3.12 Parámetros configurados para el Protocolo PPP del Multimódem Transmisor/Receptor

3.9.2.1.3 Configuración Network & Services

Por medio de esta pantalla se muestra como se asignó las direcciones IP que administrará el multimódem, para lo cual se ingresó el nombre de la dirección, la dirección IP, máscara de red y se definió el tipo de direccionamiento, que para el presente proyecto es estático.

El multimódem por defecto se encuentra configurado con 2 tipos de direcciones llamadas *Any* y *LAN*. Cuando el multimódem transmisor se conecta a la red WAN automáticamente la dirección IP (172.31.220.1) de la SIM Card se añade con el nombre de *WANInterface*. Así mismo, la dirección IP (192.168.0.2) que se configuró en la opción “IP Setup” es añadida automáticamente en esta pantalla llamándose *LANInterface*. También se configuró la dirección IP del datalogger (192.168.0.1) denominada *Logotronic*, la que servirá para la configuración del “Packet Filter” descrita más adelante. Para administrar al multimódem transmisor remotamente se añadió la dirección IP de la SIM Card del módem receptor (172.31.220.4) a la que se denominó *AdminRemota*. En la Figura 3.56 se muestra la lista de configuraciones mencionadas anteriormente.

Networks & Services -> Network Configuration

Network Configuration

Name IP Address Subnet Mask

ADD

Name	IP Address	Mask	Options
Any	0.0.0.0	0	Static
LAN	192.168.0.0	24	Static
WANInterface	172.31.220.1	32	Static
LANInterface	192.168.0.2	32	Static
Logotronic	192.168.0.1	32	Edit Delete
AdminRemota	172.31.220.4	32	Edit Delete

Figura 3.56 Ventana de Configuración de Red del Multimódem en la Estación Remota

En la Figura 3.57 se puede observar todos los servicios disponibles del multimódem Multitech, así como la configuración de tres servicios adicionales llamados: *uno*, *DOS* y *administracionre*. En los servicios “uno” y “DOS” se asignó un rango de puertos de entrada y salida dejando libre al puerto 90, el cual se utilizó para administrar al multimódem de la estación remota denominándolo: “administracionre”.

Networks & Services -> Service Configuration

Service Configuration

Name Protocol **tcp** S-Port/Client D-Port/Server

ADD

Name	Protocol	S-Port	D-Port	Options
Any	any	1:65535	1:65535	Static
DNS-tcp	tcp	1:65535	53	Static
DNS-udp	udp	1:65535	53	Static
FTP	tcp	1024:65535	20:21	Static
FTP-CONTROL	tcp	1024:65535	21	Static
H323	tcp	1024:65535	1720	Static
HTTP	tcp	1024:65535	80	Static
HTTPS	tcp	1024:65535	443	Static
IDENT	tcp	1024:65535	113	Static
IMAP	tcp	1024:65535	143	Static
netbios-dgm-tcp	tcp	138	138	Static
netbios-dgm-udp	tcp	138	138	Static
netbios-ns-tcp	tcp	137	137	Static
netbios-ns-udp	udp	137	137	Static
netbios-ssn-tcp	tcp	1024:65535	139	Static
netbios-ssn-udp	udp	1024:65535	139	Static
NEWS	tcp	1024:65535	119	Static
POP3	tcp	1024:65535	110	Static
PPTP	tcp	1024:65535	1723	Static
SMTP	tcp	1024:65535	25	Static
SNMP	udp	1024:65535	161	Static
SNTP	tcp	1024:65535	123	Static
SOCKS	tcp	1024:65535	1080	Static
SQUID	tcp	1024:65535	3128	Static
SSH	tcp	1:65535	22	Static
TFTP	udp	1:65535	69	Static
TELNET	tcp	1024:65535	23	Static
TRACEROUTE	udp	1024:65535	33000:34000	Static
uno	tcp	1:65535	1:89	Edit Delete
DOS	tcp	1:65535	91:65535	Edit Delete
administracionre	tcp	90	90	Edit Delete

Figura 3.57 Ventana de Configuración de Servicios del Multimódem en la Estación Remota

3.9.2.1.4 Configuración de Packet Filters [63]

Mediante la opción “Packet Filters” es posible establecer las funciones de filtrado básico del tráfico. Estas funciones permiten el acceso de usuarios internos a los servicios requeridos por la red e impiden el acceso de usuarios ajenos a la red.

En la Figura 3.58 se muestra las listas de acceso creadas, cuya configuración permitió la administración del tráfico y aseguró el acceso hacia y desde una red. De esta manera se mejoró el rendimiento y se estableció una solución para la seguridad de la red. En esta opción se utilizó las redes creadas en la opción “Network & Services”.

The screenshot shows the configuration interface for Packet Filters. At the top, there's a header 'Packet filter'. Below it, there are four dropdown menus: 'From (Hosts/Networks)' set to 'Any', 'Service' set to 'Any', 'To (Hosts/Networks)' set to 'Any', and 'Action' set to 'ACCEPT'. An 'ADD' button is centered below these fields. At the bottom, there is a table with the following data:

From (Host/Network)	Service	To (Host/Network)	Action	Options
LAN	Any	Any	ACCEPT	Edit Delete
Logotronic	Any	Any	ACCEPT	Edit Delete
AdminRemota	administracionre	WANInterface	ACCEPT	Edit Delete
Any	Any	Logotronic	ACCEPT	Edit Delete

Figura 3.58 Ventana de Configuración para la opción Packet Filters del Multimódem en la Estación Remota

Para la red LAN se definió como primer paso que cualquier servicio (Any) pueda acceder hacia cualquier parte de la red (Any); es decir, que la información que se encuentra detrás del multimódem no tenga restricciones para salir. En este caso el equipo que se encuentra detrás del multimódem es el datalogger, por lo que se creó un filtro en el cual se estableció que solamente la información almacenada de *Logotronic* pueda salir a través del multimódem transmisor de la estación remota.

Para poder administrar al multimódem transmisor remotamente, se estableció un tercer filtro en el que se habilitó la dirección IP del multimódem receptor el cual permitió por medio del puerto 90, acceder a la red WAN y configurar de manera remota al multimódem transmisor.

Por último, se definió que cualquier host de la red pueda acceder al Logotronic; es decir, que para configurar al datalogger se puede ingresar desde cualquier dirección IP, como por ejemplo desde la estación central.

De esta manera el multimódem examinó cada paquete para aceptarlo o rechazarlo, según las condiciones que fueron especificadas en la listas de acceso.

Configuración de DNAT

Traducción de Direcciones de Red de Destino (DNAT) es un proceso que permite a los servidores dentro de la red proteger y proveer de ciertos servicios a elementos externos. El proceso DNAT traduce las direcciones destino del multimódem en paquetes entrantes hacia la dirección del servidor de la red en la LAN. Luego los paquetes son enviados.

En la Figura 3.59 se muestra la “Configuración DNAT”, en donde se seleccionó a quien se permite el acceso, en este caso fue “AdminRemote” creada anteriormente con los servicios “Uno” y “DOS”. Esto permitió el acceso de la estación central a través del multimódem receptor hacia la estación remota utilizando cualquier puerto que este dentro del rango del 1 al 89 y del 91 al 65535.

De esta manera la estación central puede solicitar a la estación remota que transmita la información vía Web por medio del puerto 80. Mientras que la administración y configuración del multimódem transmisor se realizó por el puerto 90, como se indica:

- <http://172.31.220.1:90/>, configuración y administración del multimódem transmisor.

- <http://172.31.220.1/>, acceso a la WEB del datalogger.

Allow Access	External Service	LAN IP	Internal Service	Internal Source	Options
AdminRemota	uno	Logotronic	uno	NOCHANGE	Edit Delete
AdminRemota	DOS	Logotronic	DOS	NOCHANGE	Edit Delete

Figura 3.59 Ventana de Configuración para la opción DNAT del Multimódem de la Estación Remota

Configuración de ICMP

ICMP (Protocolo de Mensajes de Control de Internet) se usa para probar las conexiones de la red y la funcionalidad del firewall, también se usa para los propósitos de diagnóstico. Existen dos aplicaciones simples y extendidas basadas en ICMP: el Ping y el Traceroute, cuya aplicación se encuentra desarrollada en el Capítulo 5. Se habilitó a ICMP para poder ejecutar un PING desde la estación central hacia los equipos que conformar la red de transmisión de datos, para de esta forma verificar que se encuentran conectados y dentro de la red.

En la Figura 3.60 se observa la pantalla de configuración de ICMP que se utilizó en los multimódems transmisor y receptor.

- ICMP on LAN: Habilitado para transferir los paquetes ICMP sobre la interfaz LAN.
- ICMP on WAN: Habilitado para transferir los paquetes ICMP sobre la interfaz WAN.
- ICMP on Forward: Habilitado para el reenvío de los paquetes ICMP por medio del firewall de la red central del INAMHI.



The screenshot shows a web-based configuration interface for a network device. At the top, there is a blue header bar with the text 'Packet Filters -> Advanced'. Below this, a sub-header 'ICMP Configuration' is displayed in a blue box. The main area contains three rows of configuration options, each with a radio button and two text labels: 'enable' and 'disable'. The 'enable' radio button is selected for all three options. At the bottom center, there is a blue button labeled 'SUBMIT'.

Option	enable	disable
ICMP on LAN	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
ICMP on WAN	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
ICMP Forward	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 3.60 Ventana de Configuración para la opción ICMP del Multimódem Transmisor/Receptor

3.9.2.2 Configuración del Software en el Multimódem Receptor ubicado en la Estación Central

A continuación se procedió a configurar el multimódem receptor ubicado en la estación central, para que este pueda recopilar los datos de la estación remota.

En la Figura 3.61 se muestra el ayudante de configuración "Wizard Setup". En esta ventana se ingresó la dirección IP del multimódem receptor (192.168.0.1), máscara de red y el DNS asignado por el fabricante del multimódem.

Como se puede observar, la configuración del Protocolo PPP es la misma configuración que se realizó en el multimódem transmisor. De igual manera, para la autenticación del enlace se seleccionó la opción "PAP – CHAP" para que no exista conflicto con el multimódem transmisor.

The screenshot displays a web-based configuration interface for a Multi-Modem. At the top, there is a navigation bar with links: IP Setup | PPP | Networks & Services | Packet Filters | GRE Tunnels | DHCP Server | Tools | Statistics & Logs | Save & Restart | Help-Index. Below this, there are links for Home | Wizard Setup | Logout | Help.

The main configuration area is divided into three panels:

- IP Configuration:**
 - IP Address: 192.168.0.1
 - Mask: 255.255.255.0
 - DNS: 200.25.197.196
- PPP Authentication:**
 - Authentication Type: pap chap pap-chap
 - Username: porta Password: *****
- PPP Configuration:**
 - PPP: Enable Disable
 - Dial-on-Demand: Enable Disable
 - Idle time out: 0
 - Dial number: *99***1#
 - Init String 1: at+cgdcont=
 - Init String 2: (empty)
 - Init String 3: (empty)
 - Init String 4: (empty)
 - Init String 5: (empty)

A blue SUBMIT button is located at the bottom center of the configuration area.

Figura 3.61 Ventana del Ayudante “Wizard” de Configuración del Multimódem de la Estación Central

3.9.2.2.1 Configuración del Protocolo IP

En la Figura 3.62 se muestra la pantalla de “configuración de IP”. Se ingresó la dirección IP del multimódem receptor (192.168.0.1), máscara de subred, la dirección del Gateway por defecto (0.0.0.0) y el DNS (Primario/Secundario) asignado por el fabricante del multimódem.

Con respecto a la configuración Auto Dialout, en el multimódem receptor esta opción se habilitó, puesto que, detrás de este equipo se encuentra la estación central y es está quien llamará a la estación remota para la transmisión de los datos almacenados en el datalogger.

IP Setup -> General Configuration

General Configuration

Date DD/MM/YYYY

Time HH:MM:SS

IP Configuration

IP Address Mask

Default Gateway Primary DNS

Secondary DNS

Auto Dialout Configuration

Autodialout Enable Disable Raw Dialout (for Telnet) Enable Disable

Autodialout login Enable Disable Autodialout Port

SUBMIT

Figura 3.62 Ventana de Configuraciones Generales de IP del Multimódem en la Estación Central

Configuración del Protocolo HTTP

En la Figura 3.63 se muestra la ventana de administración del "Protocolo http". En donde por defecto se realizó la configuración del puerto 80, de esta manera el usuario se conectará con la Página Web de administración del Software de Multitech para configurar al equipo. Luego se procedió a configurar el nombre de usuario y contraseña para la autenticación.

Figura 3.63 Ventana de Configuración del Protocolo HTTP del Multimódem en la Estación Central

Configuración Remota

La Figura 3.64 muestra la ventana de “Configuración de IP (IP Setup)”, dentro de la cual se seleccionó la opción “Configuración Remota (Remote Configuration)” en la que se debe seleccionar entre añadir una red o un host para la configuración remota. Debido a que el multimódem se encuentra ubicado en la estación central, por defecto la computadora central se encarga de administrarlo. Por lo tanto, se seleccionó la opción “Any”. La configuración de la red LAN se realizó en la “Configuración Network and Services” como se verá mas adelante.

Network/Host	Options
LAN	Static

Figura 3.64 Ventana de Configuración Remota del Multimódem en la Estación Central

3.9.2.2.2 Configuración Network & Services

De igual forma que en el multimódem transmisor, en la Figura 3.65 se puede observar las direcciones IP por defecto para *Any* y *LAN* y las direcciones IP que son registradas automáticamente para la SIM Card denominada *WANInterface*, y la que se ingresó con la opción IP Setup denominada *LANInterface*. Además, se ingresó la dirección IP de la computadora central 192.168.0.2 denominándola *host*.

Name	IP Address	Mask	Options
Any	0.0.0.0	0	Static
LAN	192.168.0.0	24	Static
WANInterface	172.31.220.4	32	Static
LANInterface	192.168.0.1	32	Static
host	192.168.0.2	32	Edit Delete

Figura 3.65 Ventana de Configuración de Red del Multimódem en la Estación Central

Los servicios que dispone el multimódem receptor Multitech son los mismos que se tiene por defecto en el multimódem transmisor. Sin embargo, para el enlace de comunicación entre la estación central y la estación remota no se añadió ningún servicio adicional como fue en el caso del multimódem transmisor.

3.9.2.2.3 Configuración de Packet Filters

Para establecer las funciones de filtrado en la red 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 3.66 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 multimódem no tenga restricciones para entrar ni para salir. Por lo que se creó un filtro para que todos los miembros de “WANInterface” puedan usar cualquier servicio para que la información remota llegue hacia la red LAN central a través del multimódem de recepción.

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.

From (Host/Network)	Service	To (Host/Network)	Action	Options
LAN	Any	Any	ACCEPT	Edit Delete
WANInterface	Any	LAN	ACCEPT	Edit Delete
Any	Any	host	ACCEPT	Edit Delete
host	Any	Any	ACCEPT	Edit Delete

Figura 3.66 Ventana de Configuración de Packet Filters del Multimódem en la Estación Central

Configuración de DNAT

En la Figura 3.67 se muestra la ventana de “configuración DNAT”, 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.

The screenshot shows the 'DNAT Configuration' window with the following configuration:

Allow Access	External Service	LAN IP	Internal Service	Internal Source
Any	Any	WANInterface	Any	NOCHANGE

Below the configuration fields is an **ADD** button. At the bottom, a table lists the configured rules:

Allow Access	External Service	LAN IP	Internal Service	Internal Source	Options
WANInterface	Any	LANInterface	Any	NOCHANGE	Edit Delete
Any	Any	host	Any	NOCHANGE	Edit Delete

Figura 3.67 Ventana de Configuración DNAT del Multimódem en la Estación Central

Las configuraciones realizadas a los equipos de comunicación y almacenador de datos se utilizaron para la ejecución de las pruebas que ayudarán a verificar el funcionamiento y comportamiento del enlace inalámbrico en condiciones reales de trabajo. Estas pruebas se describen en el Capítulo 4.

CAPITULO 4

VALIDACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS

En el presente capítulo se describen las pruebas y resultados del enlace de transmisión de datos, para verificar el funcionamiento de la red diseñada. Se buscó identificar factores que redunden en su mantenimiento y aquellos que podrían reducir el porcentaje de fallas bajo todo tipo de condiciones tanto de funcionamiento, almacenamiento y transporte.

Para poder realizar las pruebas se implementó un enlace uno a uno; esto es, enlazar la estación central con la estación remota de prueba, utilizando la red GSM/GPRS. La instalación de prueba se realizó utilizando las estaciones que se encuentran ubicadas en la ciudad de Quito.

Con estas pruebas se buscó garantizar el envío de la información almacenada hacia la estación central, usando el enlace implementado, y en caso de no ser así, realizar las respectivas correcciones.

4.1 INSTALACIÓN DE LAS ESTACIONES DE PRUEBA

En primer lugar se conectó y configuró la estación remota ubicada en Izobamba, a la que llamaremos "ECU61", con cada uno de sus elementos, entre ellos: el datalogger, los sensores, la batería, el panel solar, etc. La configuración de estos dispositivos de campo se encuentra descrito en el capítulo anterior.

Luego de su instalación, la estación de prueba inicia su proceso de recopilación de datos a diferentes intervalos de tiempo, según como se encuentre programado el datalogger a través de su software GEALOG.

A continuación, se procedió a configurar el enlace de comunicación desde la estación de prueba hacia la estación central. Para ello se realizó lo siguiente:

1. Configuración del software del equipo de comunicaciones MULTITECH, para la transmisión y recepción de datos.
2. Configuración del software de aplicación hidrometeorológica GEALOG perteneciente al datalogger para transmitir los datos almacenados.

En la Figura 4.1 se muestra la instalación de la red de prueba con las respectivas direcciones IP. La configuración del enlace de comunicaciones se encuentra detallada en la Sección 3.9.

Direcciones IP de la Estación Central INAMHI

Computadora:

IP = 192.168.0.2

IP Mask = 255.255.255.0

Gateway = 192.168.0.1

Multimódem Estación Central:

IP = 192.168.0.1

IP Mask = 255.255.255.0

Gateway = 0.0.0.0

IP Pública = 172.31.220.4

Direcciones IP de la Estación Remota de Prueba (ECU61)

Datalogger:

IP = 192.168.0.1

IP Mask = 255.255.255.0

Gateway = 192.168.0.2

Multimódem Estación Remota:

IP = 192.168.0.2

IP Mask = 255.255.255.0

Gateway = 0.0.0.0

IP Pública = 172.31.220.1

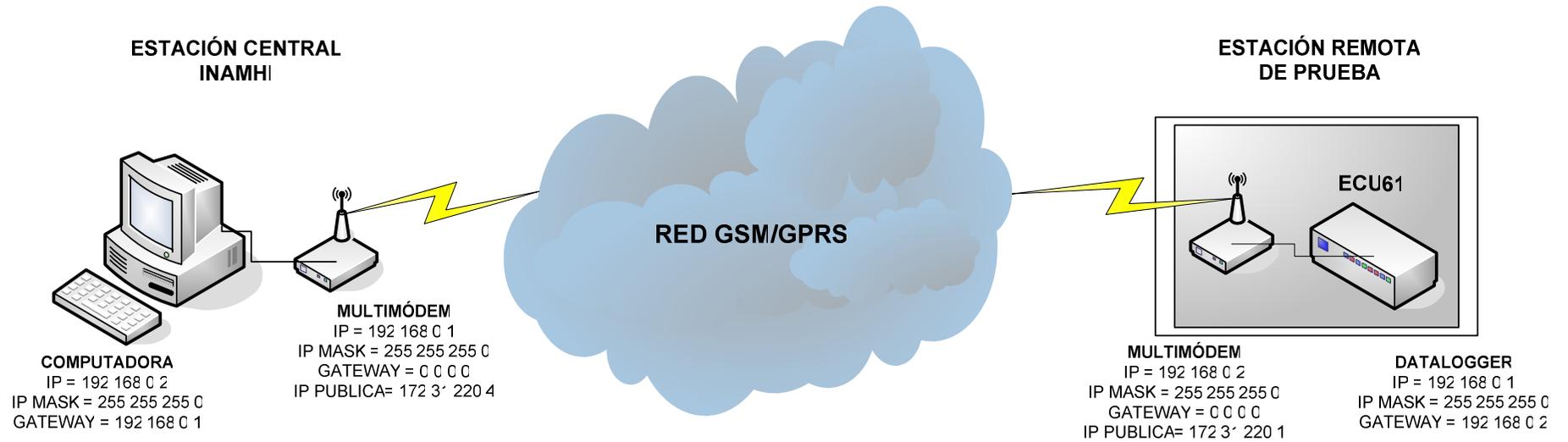


Figura 4.1 Esquema de la instalación de la Red de Prueba

4.2 PRUEBAS DE CONECTIVIDAD [64]

Para inicializar la sesión de comunicación entre las estaciones de prueba se ingresó a la línea de comandos del DOS para probar la conectividad y verificar desde la estación central si se está llegando a través de la red GPRS a la estación remota. Para lo cual se utilizó los siguientes comandos:

- *PING (Packet Internet Gopher).*- Comprueba el estado de la conexión con uno o varios equipos remotos por medio de los paquetes de solicitud de eco y de respuesta de eco. Indica la latencia o tiempo que tardan en comunicarse dos puntos remotos.
- *TRACEROUT.*- Es una herramienta de diagnóstico de redes que permite seguir la pista de paquetes que van desde un host (punto de red) a otro.
- *NETSTAT.*- Es una herramienta de línea de comandos que muestra un listado de las conexiones activas de un host, tanto entrantes como salientes.

4.2.1 COMANDO PING

Como primer paso se realizó un PING desde la computadora hacia el multimódem, ambos ubicados en la estación central. Como se puede observar en la Figura 4.2 el PING realizado a la dirección pública 172.31.220.4, asignada al multimódem fue exitoso. Con lo que se probó que si existe conectividad y también se conoció el tiempo de alcance entre la PC y el equipo.

En la pantalla se observó las estadísticas de la ejecución de este comando, en la que incluye el número de paquetes enviados, recibidos y perdidos; así como el tiempo aproximado de ida y vuelta en milisegundos.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

Estadísticas de ping para 172.31.220.4:
  Paquetes: enviados = 8, recibidos = 8, perdidos = 0
  (<0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1ms, Máximo = 19ms, Media = 3ms
Control-C
^C
C:\Documents and Settings\comisiones>
C:\Documents and Settings\comisiones>ping 172.31.220.4

Haciendo ping a 172.31.220.4 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 172.31.220.4: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 172.31.220.4:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
  (<0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms
C:\Documents and Settings\comisiones>_

```

Figura 4.2 Pantalla del comando PING entre la PC central y el multimódem receptor

A continuación se realizó un PING al multimódem ubicado en la estación remota desde la computadora de la estación central. De esta manera se verificó que el equipo tiene conectividad dentro de la red GPRS.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\comisiones>ping 172.31.220.1 -t

Haciendo ping a 172.31.220.1 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 172.31.220.1: bytes=32 tiempo=2571ms TTL=63
Respuesta desde 172.31.220.1: bytes=32 tiempo=2299ms TTL=63
Respuesta desde 172.31.220.1: bytes=32 tiempo=1519ms TTL=63
Respuesta desde 172.31.220.1: bytes=32 tiempo=1559ms TTL=63
Respuesta desde 172.31.220.1: bytes=32 tiempo=1519ms TTL=63
Respuesta desde 172.31.220.1: bytes=32 tiempo=1479ms TTL=63
Respuesta desde 172.31.220.1: bytes=32 tiempo=2299ms TTL=63
Respuesta desde 172.31.220.1: bytes=32 tiempo=2399ms TTL=63
Respuesta desde 172.31.220.1: bytes=32 tiempo=2359ms TTL=63

Estadísticas de ping para 172.31.220.1:
  Paquetes: enviados = 9, recibidos = 9, perdidos = 0
  (<0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1479ms, Máximo = 2571ms, Media = 2000ms
Control-C
^C
C:\Documents and Settings\comisiones>

```

Figura 4.3 Pantalla del comando PING entre la PC central y el multimódem transmisor

Como se observa en la Figura 4.3 los tiempos aproximados de envío y recepción de paquetes dependen de las condiciones en las que se encuentre la red GPRS de Porta; así como de las condiciones climáticas.

Durante el período de muestreo se observó que en horas de congestión en la red como son: 12am y 6pm, los tiempos de alcance fueron muy altos y en algunos casos se perdió la conexión con la red de Porta. Sin embargo, se logró la conectividad deseada.

4.2.2 COMANDO TRACEROUT

La ejecución de este comando permitió observar el tiempo de alcance entre los equipos y la lista de direcciones IP por donde pasa la información para llegar en primera instancia desde la computadora al multimódem en la estación central, y luego desde el datalogger al multimódem ubicados en la estación remota. (Figura 4.4).

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\comisiones>TRACERT 172.31.220.4
Traza a 172.31.220.4 sobre caminos de 30 saltos como máximo.
 1      1 ms      1 ms      1 ms      172.31.220.4 → ESTACION CENTRAL
Traza completa.

C:\Documents and Settings\comisiones>TRACERT 172.31.220.1
Traza a 172.31.220.1 sobre caminos de 30 saltos como máximo.
 1      1 ms      1 ms      1 ms      192.168.0.1
 2 3707 ms  2399 ms  2379 ms  172.31.220.1 → ESTACION REMOTA
Traza completa.

C:\Documents and Settings\comisiones>

```

Figura 4.4 Pantalla del comando TRACEROUT

4.2.3 COMANDO NETSTAT

Por medio de este comando se observó las características de las conexiones activas como son: el tipo de protocolo en uso "TCP", las direcciones IP y puertos

tanto locales como remotos y el estado de la conexión para el protocolo TCP, con lo que se comprobó que la conexión se estableció. (Figura 4.5).

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\comisiones>netstat
Conexiones activas
  Proto  Dirección local      Dirección remota      Estado
  TCP    comision:1045        172.31.220.1:3333    ESTABLISHED

C:\Documents and Settings\comisiones>netstat
Conexiones activas
  Proto  Dirección local      Dirección remota      Estado
  TCP    comision:1045        172.31.220.1:3333    ESTABLISHED

C:\Documents and Settings\comisiones>netstat
Conexiones activas
  Proto  Dirección local      Dirección remota      Estado
  TCP    comision:1045        172.31.220.1:3333    ESTABLISHED

C:\Documents and Settings\comisiones>netstat
Conexiones activas

```

Figura 4.5 Pantalla del comando NETSTAT

4.3 PRUEBAS DEL SISTEMA Y RESULTADOS

Después de instalar y probar la conectividad entre las estaciones de prueba; en la estación central se ingresó al software de aplicación GEALOG para obtener los datos almacenados de la estación remota de prueba.

4.3.1 OBTENCIÓN DE LOS DATOS ALMACENADOS

En el menú principal del software se seleccionó la opción “Station”, como se indica en la Figura 4.6. De las opciones mostradas se eligió como primera alternativa “Transmit Parametres”, para transmitir los parámetros que se configuró en la estación central hacia la estación remota.



Figura 4.6 Pantalla de submenú Station

Se tiene un resultado positivo cuando en la pantalla del software de aplicación GEALOG aparece el resultado de la transmisión de parámetros, tal como se muestra en la Figura 4.7.

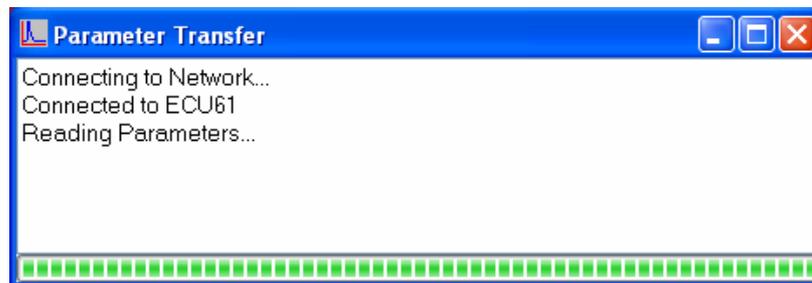


Figura 4.7 Pantalla de transmisión de parámetros

Posteriormente se procedió a recopilar los datos almacenados en la estación remota con la opción "Get Data". El programa ofrece la opción de escoger el periodo de tiempo durante el cual se requiere obtener la información. La Figura 4.8 muestra la pantalla de transferencia de datos en la que se observó que la recepción fue exitosa.

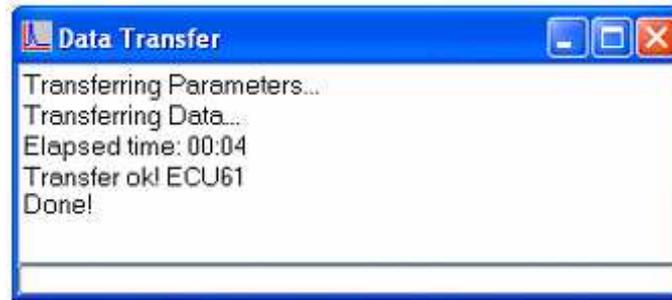


Figura 4.8 Pantalla de transferencia de datos en la estación central

Para visualizar los datos recopilados se seleccionó la opción “Edit”, como se muestra en la Figura 4.9. En esta opción se puede seleccionar el “Timeframe” o tiempo desde el cual se desea observar los datos medidos por los sensores, así como los datos de las variables que se desean visualizar.



Figura 4.9 Pantalla de submenú Edit

Luego se seleccionó la estación remota de prueba llamada ECU61, y a continuación se escogió las variables que serán transmitidas hacia la estación central.

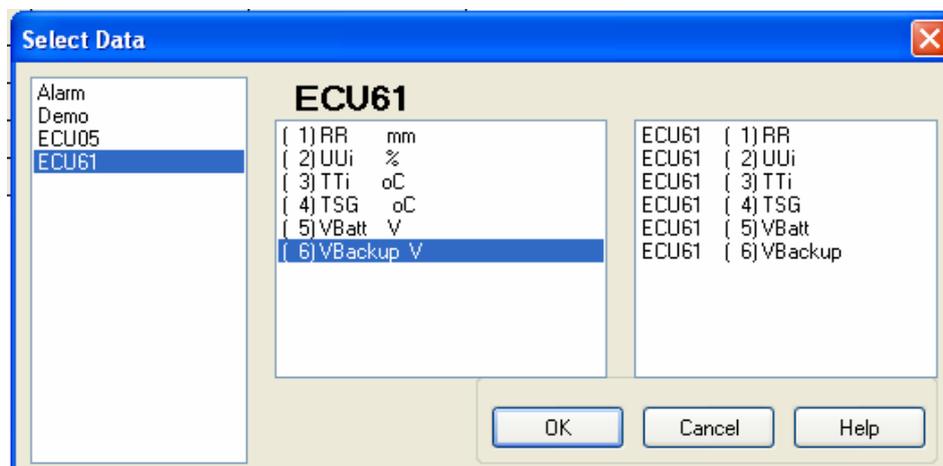


Figura 4.10 Selección de las variables de la estación remota de prueba

4.3.2 RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL PERÍODO DE MUESTREO

A continuación se presentan los datos generados por la estación remota de prueba "ECU61" durante un periodo de tiempo de muestreo de 5 días. Durante este tiempo se realizó la recopilación de información a diferentes horas del día (7am, 10am, 1pm, 4pm y 7pm); de acuerdo al horario establecido por el Departamento de Subprocesos de Estudios e Investigaciones de Predicción Meteorológica, los cuales toman a estos tiempos como puntos de referencias para el análisis de la información hidrometeorológica.

En la Tabla 4.1 se muestra la información que se recopiló según el horario establecido. La información se recogió durante las 24 horas del día generando un mayor volumen de datos, pero esta información se encuentra detallada en el Anexo 10 como referencia de las pruebas realizadas.

PRIMER DÍA						
	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61
	RR	UUi	TTi	TSG	VBatt	VBackup
fecha/hora	mm	%	oC	oC	V	V
13/12/2007 7:00	0	93.9	11.4		14.68	
13/12/2007 10:00	0	76	15.2		14.69	
13/12/2007 13:00	0	58.1	18.9		14.68	
13/12/2007 16:00	0	56.8	18.5		14.69	
13/12/2007 19:00	0	89.4	13.1		14.68	
SEGUNDO DÍA						
	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61
	RR	UUi	TTi	TSG	VBatt	VBackup
fecha/hora	mm	%	oC	oC	V	V
14/12/2007 7:00	0	92.7	11.2		14.67	
14/12/2007 10:00	0	66.1	16.1		14.67	
14/12/2007 13:00	0	70.9	16		14.67	
14/12/2007 16:00	0	68.8	15.8		14.67	
14/12/2007 19:00	0	97.5	12.1		14.67	

TERCER DÍA						
	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61
	RR	UUi	TTi	TSG	VBatt	VBackup
fecha/hora	mm	%	oC	oC	V	V
15/12/2007 7:00	0	100	10.5		14.65	
15/12/2007 10:00	0	84.7	12.5		14.65	
15/12/2007 13:00	0	73.7	15.4		14.66	
15/12/2007 16:00	0	84.2	13.2		14.65	
15/12/2007 19:00	0	94.2	11.4		14.65	
CUARTO DÍA						
	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61
	RR	UUi	TTi	TSG	VBatt	VBackup
fecha/hora	mm	%	oC	oC	V	V
16/12/2007 7:00	0	92.2	10.7		14.64	
16/12/2007 10:00	0	81.6	13.2		14.64	
16/12/2007 13:00	0	83.1	13.5		14.63	
16/12/2007 16:00	0	83.2	13.4		14.64	
16/12/2007 19:00	0	97.3	11		14.63	
QUINTO DÍA						
	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61	ECU61
	RR	UUi	TTi	TSG	VBatt	VBackup
fecha/hora	mm	%	oC	oC	V	V
17/12/2007 7:00	0	100	9.9		14.62	
17/12/2007 10:00	0	80.1	14.6		14.62	
17/12/2007 13:00	0	71.3	13.9		14.62	
17/12/2007 16:00	0	76.2	13.8		14.62	
17/12/2007 19:00	0	93.5	11.3		14.62	

Tabla 4.1 Recopilación de datos de la estación remota de prueba a través de la red GPRS

Donde:

- RR : Precipitación
- UUi : Humedad
- TTi : Temperatura
- TSG : Temperatura de operación de Gealog
- VBatt : Voltaje de Batería
- Vbackup : Voltaje de Batería de Respaldo.

De acuerdo a la tabla anterior se concluye que la transmisión en cada horario de tiempo fue exitosa, puesto que la lectura de datos fue correcta ya que se encuentran dentro de las especificaciones dadas por la OMM.

4.3.3 RESULTADOS GRÁFICOS

Por medio de esta opción se observó la información de manera grafica. La misma que sirvió para verificar el comportamiento de cada uno de los sensores, información que se encuentra almacenada en el datalogger de la estación remota de prueba.

A continuación se observa las diferentes gráficas obtenidas a través del software de aplicación GEALOG de cada una de las variables medidas en el período de tiempo de muestreo de 5 días.

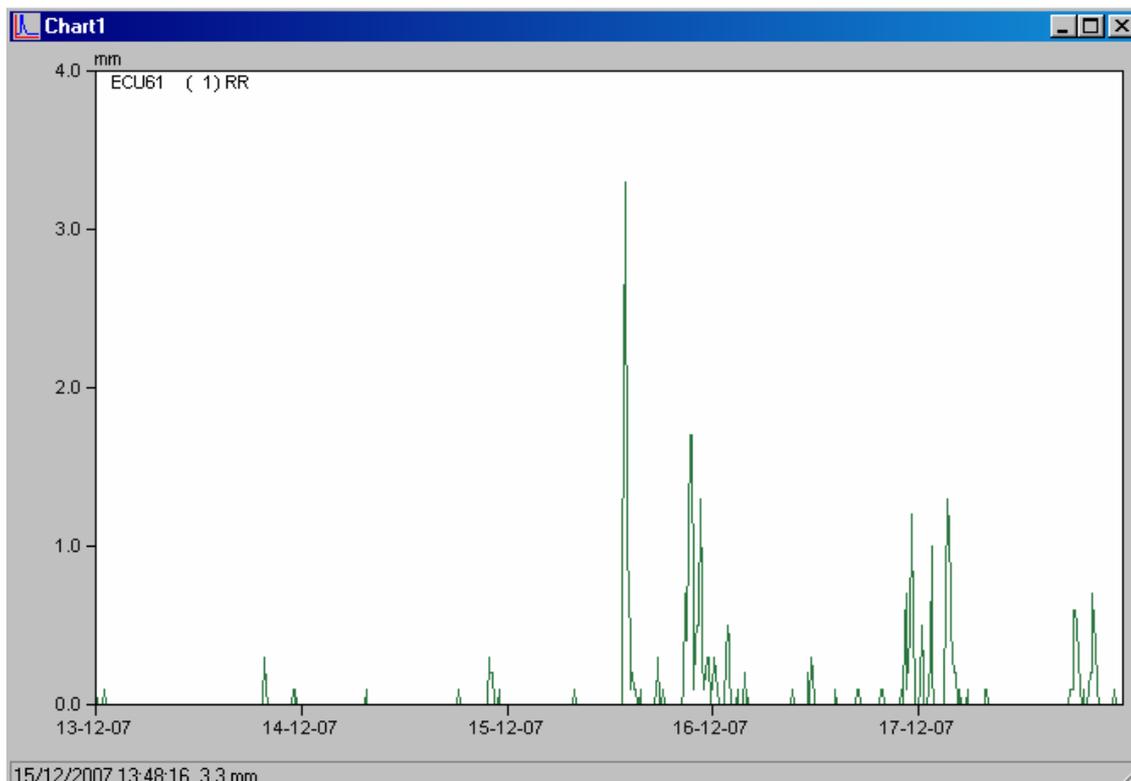


Figura 4.11 Gráfico de la variable de Precipitación

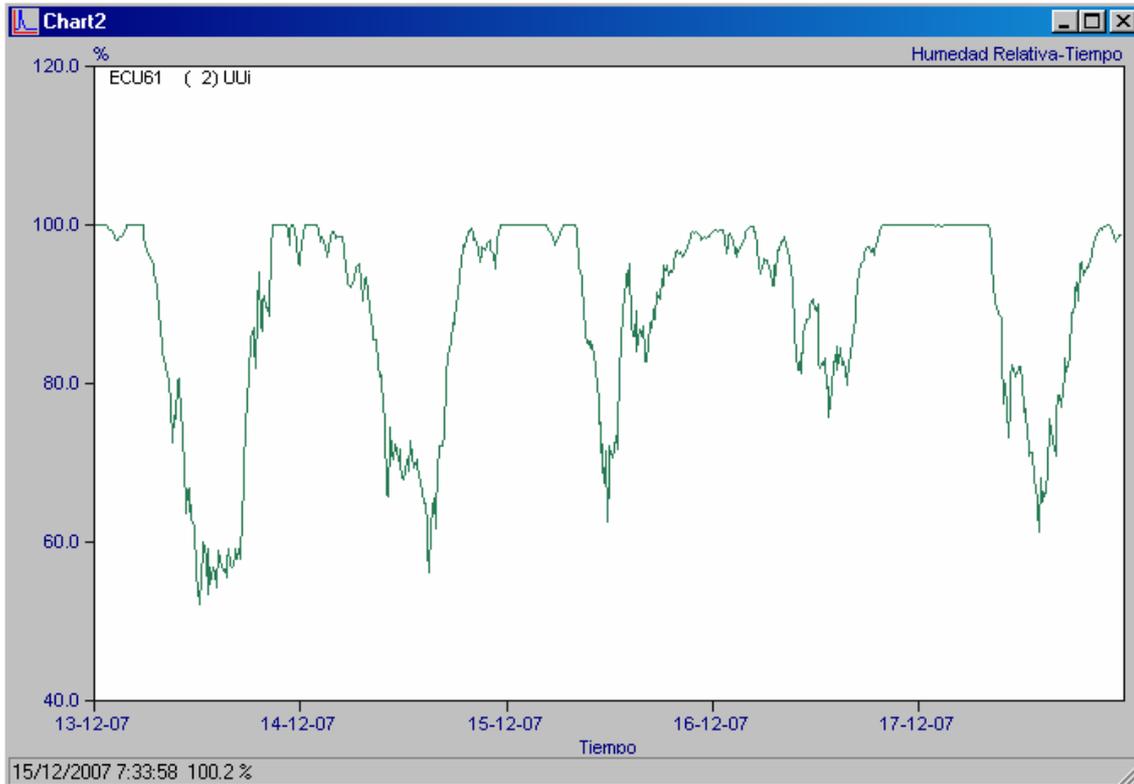


Figura 4.12 Gráfico de la variable de Humedad Relativa

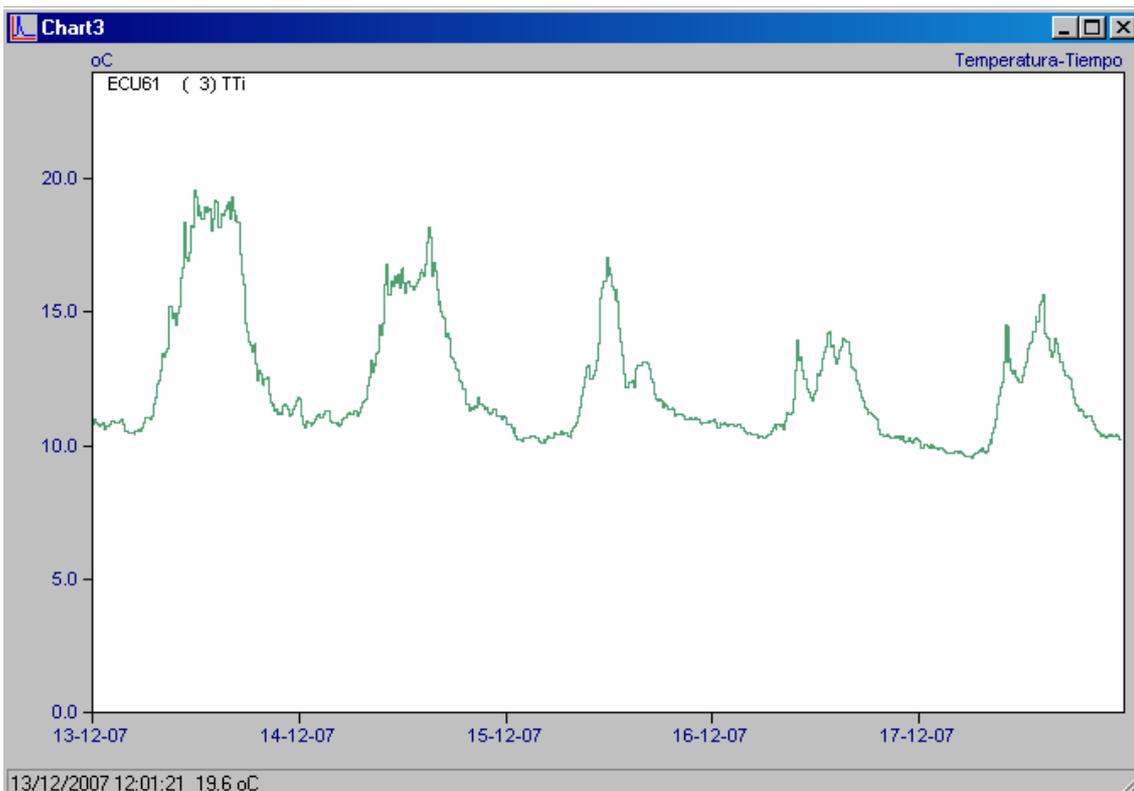


Figura 4.13 Gráfico de la variable de Temperatura

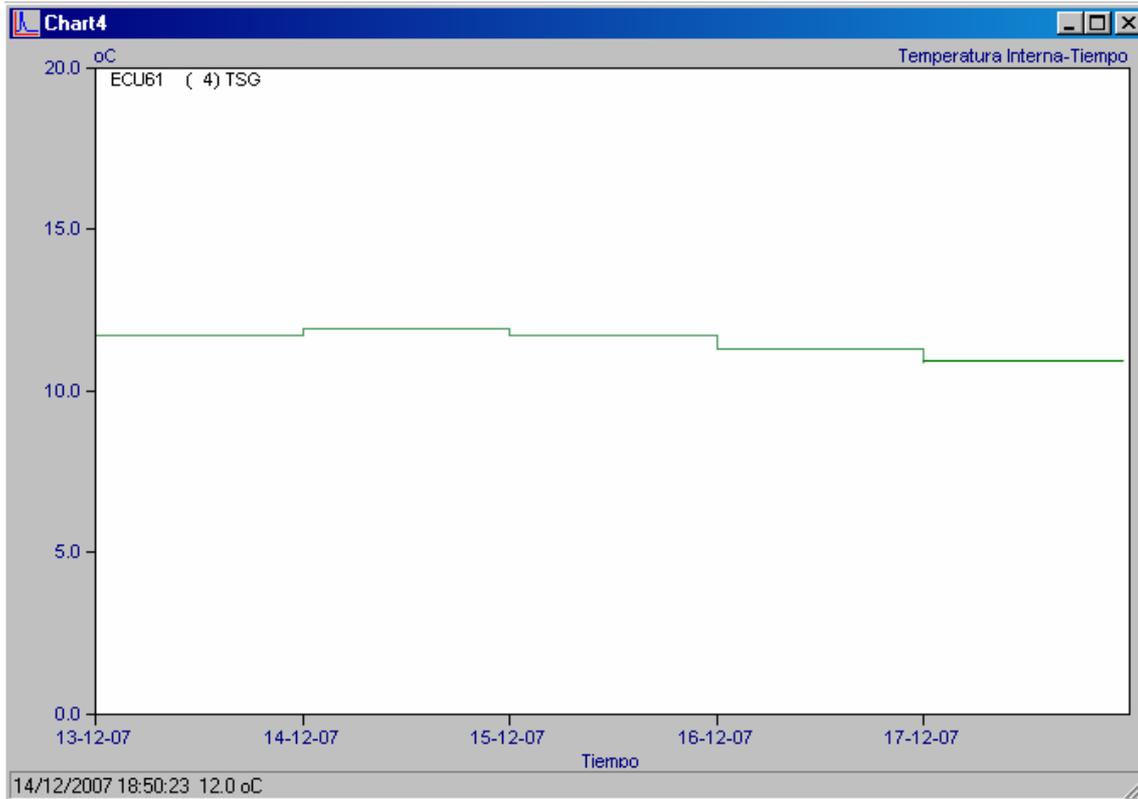


Figura 4.14 Gráfico de la variable de Temperatura Interna del datalogger

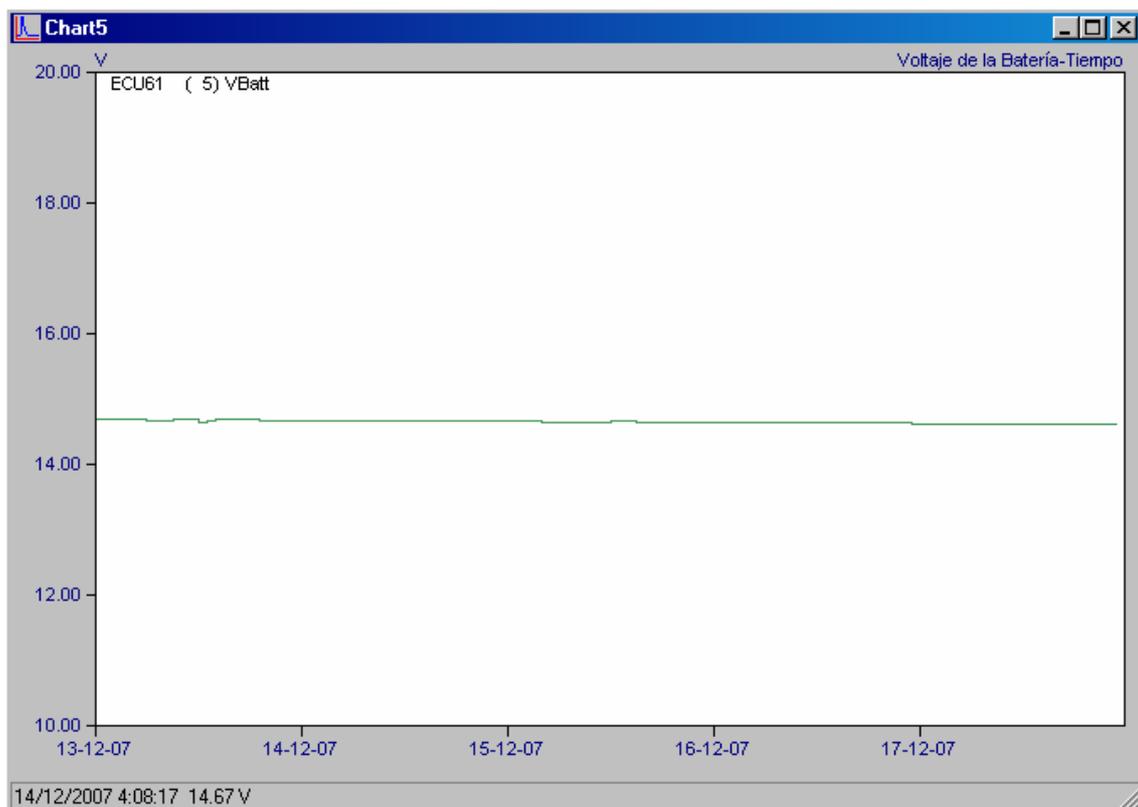


Figura 4.15 Gráfico de la variable de Voltaje de la Batería

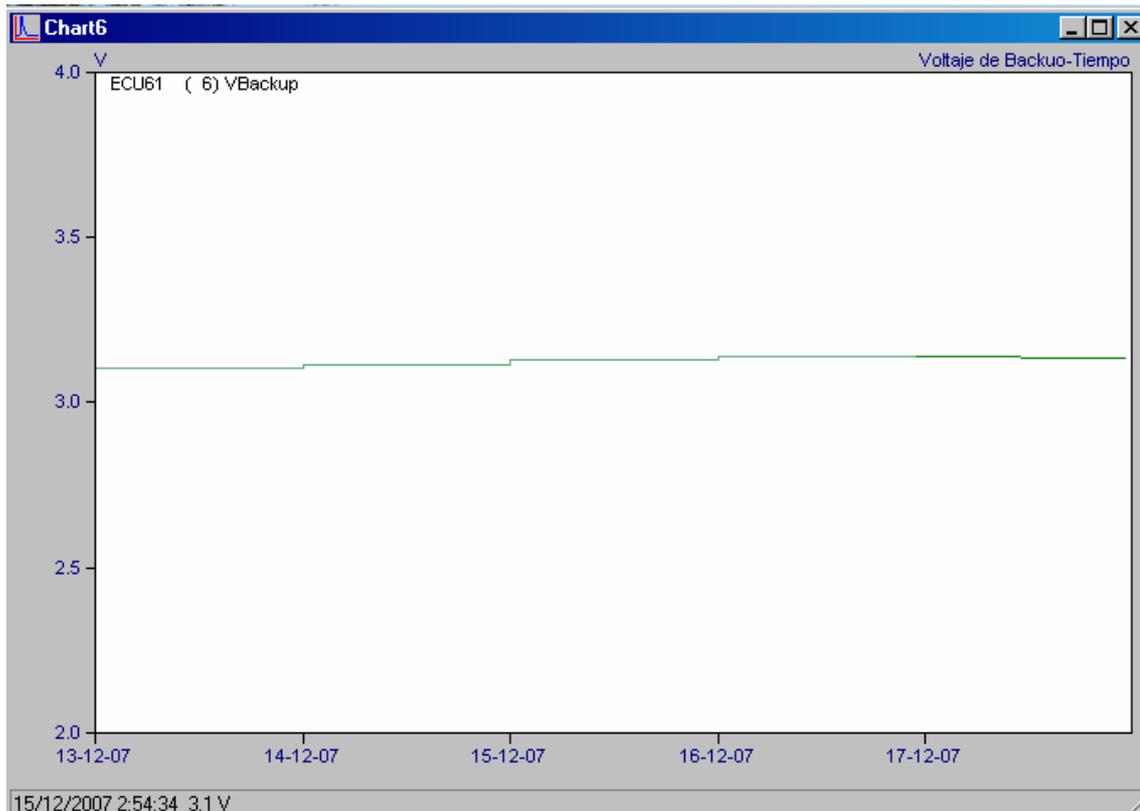


Figura 4.16 Gráfico de la variable de Voltaje de Backup

Mediante las gráficas expuestas el personal del INAMHI podría extraer información meteorológica para su respectivo análisis, demostrándose así que el sistema será de mucha utilidad para la Institución.

4.3.4 RESULTADOS OBTENIDOS A TRAVÉS DE LA PÁGINA WEB DEL DATALOGGER

Otra alternativa con la que se obtuvo la información almacenada fue mediante el acceso a la página Web que se genera con los datos del datalogger. Para llegar a esta información se ingresó en el Web Browser la dirección IP de la SIM Card que se encuentra en el multimódem ubicado en la estación remota como se muestra en la Figura 4.17. En este caso la dirección es: <http://172.31.220.1/>.



Figura 4.17 Pantalla de ingreso a la página Web del Datalogger

En la Figura 4.18 se muestra la pantalla principal de la página Web del datalogger. En esta página se observan los valores medidos de las variables que están almacenadas en el datalogger.

En la parte inferior de la página se tienen hiperlinks acerca del fabricante de LOGOTRONIC, en donde se encuentra información de los diferentes equipos fabricados, manuales de usuario, etc. Mediante esta misma página es posible acceder al datalogger para cambiar su configuración.

Welcome on Datalogger ECU61

Date: 2007-12-14 10:00:00

#	Name	Q	Value	Unit	Date	24 Hour Chart	7 day Chart
1	RR	A	0.0	mm	2007-12-14 10:00:00	Day	Week
2	UUi	D	76	%	2007-12-14 10:00:00	Day	Week
3	TTi	A	15.2	°C	2007-12-14 10:00:00	Day	Week
4	TSG	C	-----	°C	2007-12-14 10:00:00	Day	Week
5	VBatt	A	14.69	V	2007-12-14 10:00:00	Day	Week
6	VBackup	C	-----	V	2007-12-14 10:00:00	Day	Week

[Logotronic Homepage](#)
[Private Space](#)

Copyright 2004/05 Logotronic, Vienna

Figura 4.18 Pantalla principal de la Web del Datalogger

De esta manera se verifico una vez más el funcionamiento del enlace de comunicaciones implementado para la transmisión inalámbrica de los valores almacenados en la estación remota.

4.4 ESTADÍSTICAS DEL ENLACE DE COMUNICACIONES

Mediante el Software de Multitech se observo el comportamiento del enlace de comunicaciones durante la transmisión y recepción de los datos. En la Figura 4.19 se indican las estadísticas del equipo transmisor para la conexión vía red, a través del puerto Ethernet entre el Datalogger y el multimódem en la estación remota de prueba. Para ingresar a la página del multimódem se utilizó la dirección privada: <http://172.31.220.1:90/>.



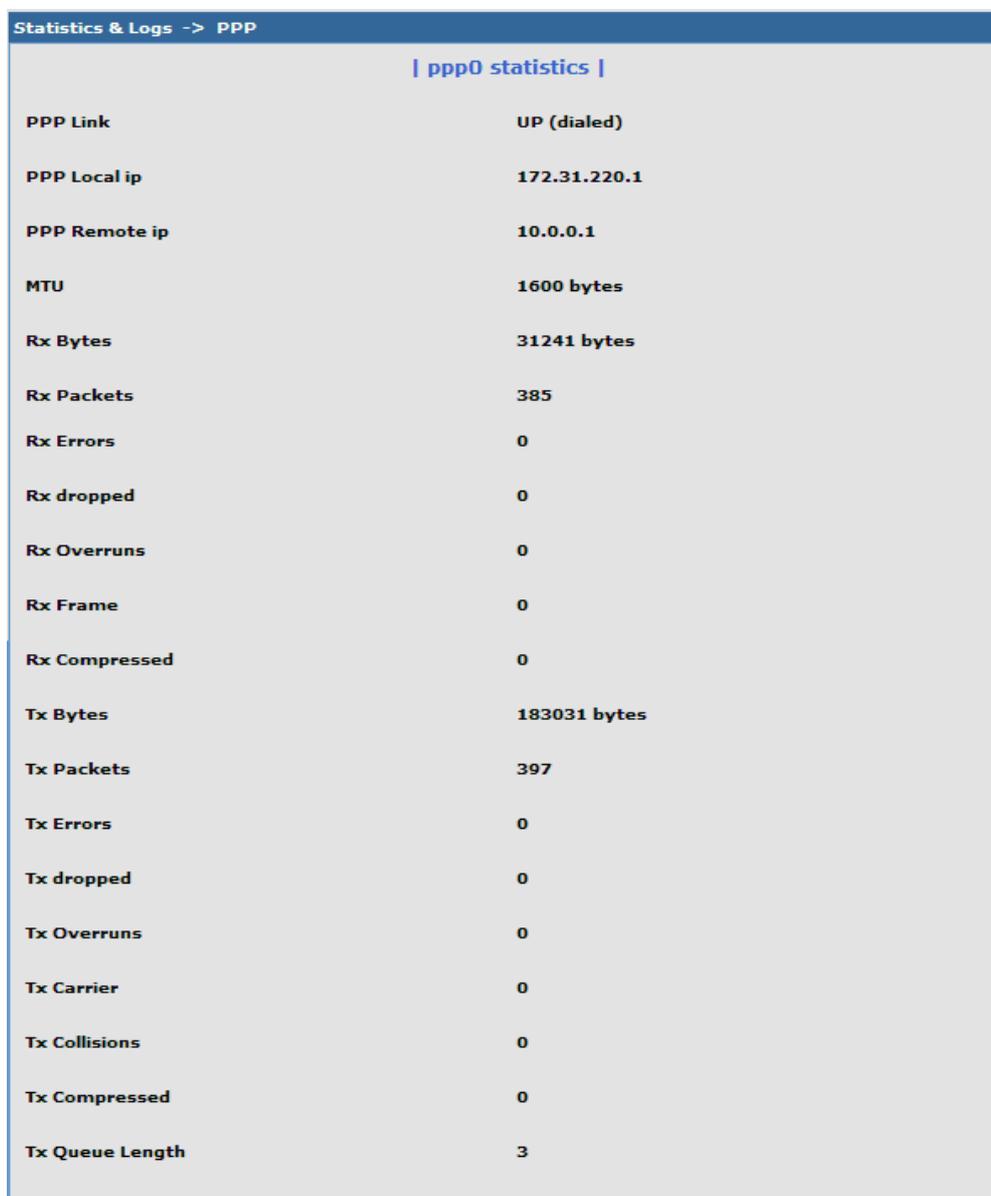
The screenshot displays the 'Statistics & Logs -> Ethernet' interface. At the top, it shows the title 'Statistics & Logs -> Ethernet' and a sub-header '| eth0 statistics |'. Below this, a list of statistics is presented in a two-column format. The left column lists the metric name, and the right column shows the corresponding value.

Metric	Value
MTU	1500 bytes
Rx Bytes	182 bytes
Rx Packets	3
Rx Errors	0
Rx dropped	0
Rx Overruns	0
Rx Frame	0
Rx Compressed	0
Tx Bytes	737 bytes
Tx Packets	48
Tx Errors	1
Tx dropped	0
Tx Overruns	0
Tx Carrier	1
Tx Collisions	0
Tx Compressed	0
Tx Queue Length	1000

Figura 4.19 Pantalla de Estadísticas del Puerto Ethernet

En esta pantalla se analiza la transmisión y recepción de datos a través del puerto de red. Se pudo concluir que ocurrió un error en el momento de la transmisión de la información entre el datalogger y multimódem. Sin embargo, este evento no influyó para la transmisión de los datos almacenados.

En la Figura 4.20 se muestra el comportamiento del multimódem de transmisión en la red GPRS. Como se muestra en la pantalla no existió ningún problema en la conexión del multimódem hacia la red inalámbrica por lo que la totalidad de la información fue enviada con éxito hacia la estación central.

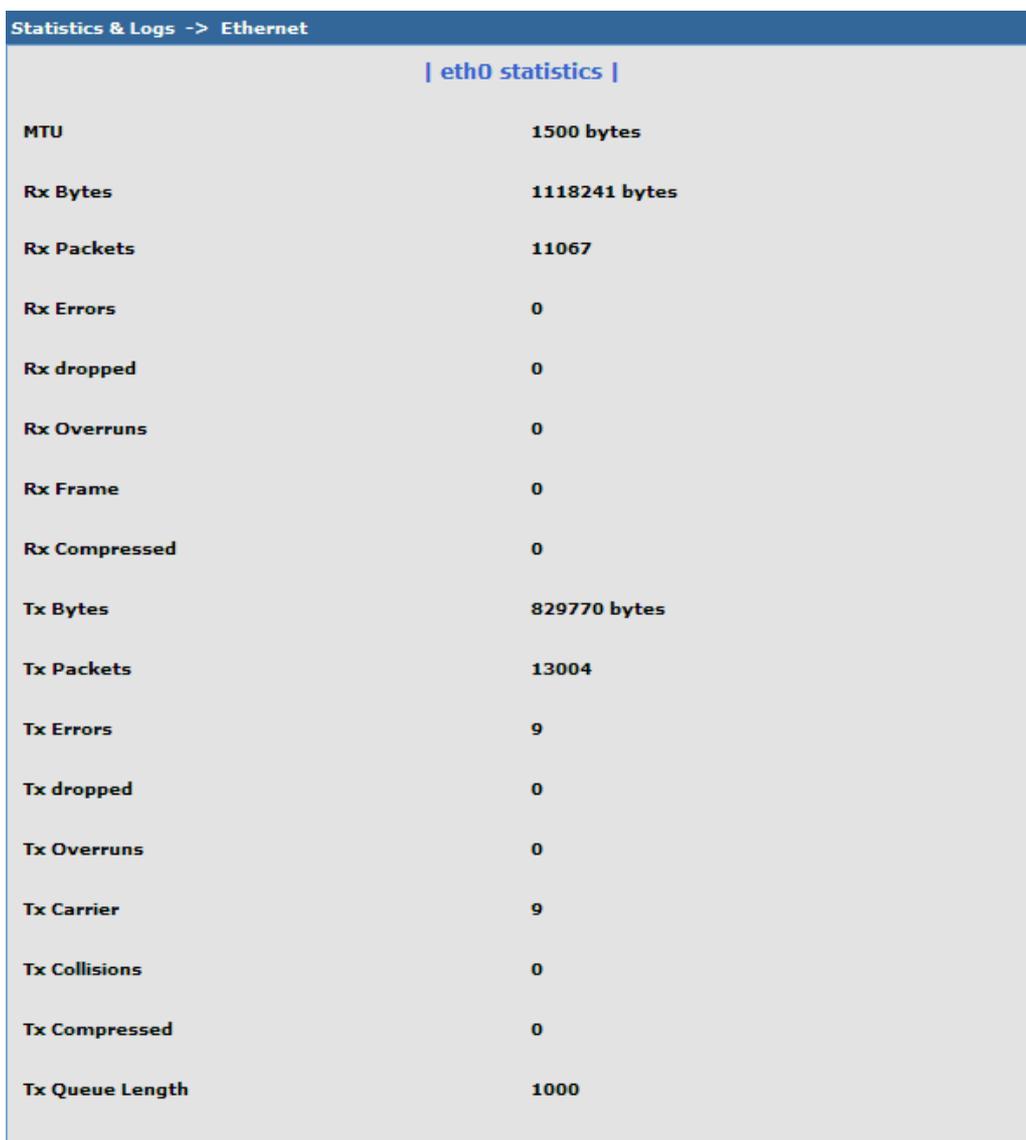


The screenshot displays the 'Statistics & Logs -> PPP' interface. At the top, it shows '| ppp0 statistics |'. The main content is a list of statistics for the PPP link, including link status, IP addresses, MTU, and various transmission and reception metrics.

Statistic	Value
PPP Link	UP (dialed)
PPP Local ip	172.31.220.1
PPP Remote ip	10.0.0.1
MTU	1600 bytes
Rx Bytes	31241 bytes
Rx Packets	385
Rx Errors	0
Rx dropped	0
Rx Overruns	0
Rx Frame	0
Rx Compressed	0
Tx Bytes	183031 bytes
Tx Packets	397
Tx Errors	0
Tx dropped	0
Tx Overruns	0
Tx Carrier	0
Tx Collisions	0
Tx Compressed	0
Tx Queue Length	3

Figura 4.20 Pantalla de Estadísticas del Protocolo PPP

En la Figura 4.21 se indican las estadísticas del equipo receptor para la conexión vía red, a través del puerto Ethernet entre la computadora y el multimódem en la estación central. Se ingresó la dirección privada del multimódem “http://192.168.0.1/” para tener acceso a esta página.



The screenshot displays the 'Statistics & Logs -> Ethernet' interface, specifically the 'eth0 statistics' section. It lists various network metrics for the eth0 interface, including MTU, Rx (receive) and Tx (transmit) statistics, and error counts.

Metric	Value
MTU	1500 bytes
Rx Bytes	1118241 bytes
Rx Packets	11067
Rx Errors	0
Rx dropped	0
Rx Overruns	0
Rx Frame	0
Rx Compressed	0
Tx Bytes	829770 bytes
Tx Packets	13004
Tx Errors	9
Tx dropped	0
Tx Overruns	0
Tx Carrier	9
Tx Collisions	0
Tx Compressed	0
Tx Queue Length	1000

Figura 4.21 Pantalla de Estadísticas del Puerto Ethernet

Como se observa en esta pantalla se produjo errores en el envío de datos durante transmisión de la información entre el multimódem y la computadora en la estación central. Sin embargo, dicho problema no causa pérdidas de información en el enlace implementado.

En la Figura 4.22 se muestra el comportamiento del multimódem de recepción con la red GPRS. Como se indica en la figura no existió ningún problema durante la recepción de los datos en la red inalámbrica, por lo que la totalidad de la información fue recibida con éxito.



The screenshot displays the 'Statistics & Logs -> PPP' interface. At the top, it shows '| ppp0 statistics |'. The data is presented in a list format with two columns: the metric name and its corresponding value.

Metric	Value
PPP Link	UP (dialed)
PPP Local ip	172.31.220.4
PPP Remote ip	10.0.0.1
MTU	1600 bytes
Rx Bytes	858330 bytes
Rx Packets	3231
Rx Errors	0
Rx dropped	0
Rx Overruns	0
Rx Frame	0
Rx Compressed	0
Tx Bytes	218770 bytes
Tx Packets	3474
Tx Errors	0
Tx dropped	0
Tx Overruns	0
Tx Carrier	0
Tx Collisions	0
Tx Compressed	0
Tx Queue Length	3

Figura 4.22 Pantalla de Estadísticas del Protocolo PPP

Observando los resultados que se muestran en las figuras 4.19, 4.20, 4.21 y 4.22, es posible concluir, considerando que los errores no generan pérdidas de la información, que el enlace es confiable.

Luego de realizadas las pruebas descritas anteriormente se puede concluir además, que el enlace de comunicaciones trabajó de manera adecuada, pues permite:

- Recopilar los datos almacenados en el datalogger mediante diferentes vías; es decir, a través del software de aplicación GEALOG y vía Internet con la dirección IP del multimódem de transmisión, hacia la Estación Central.
- Manejar remotamente los parámetros de configuración del datalogger.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS

En el siguiente capítulo se presenta el detalle del costo de equipos de comunicación, instalación y costo mensual de utilización del servicio de la red GPRS.

Cabe señalar que para las diferentes estaciones remotas el equipamiento de adquisición de datos y cada uno de los sensores ya han sido adquiridos por el INAMHI, por lo que los equipos que se consideran en este análisis son únicamente los que permitirán implementar el enlace de comunicaciones.

En el estudio se incluyen varias ofertas de proveedores de equipos de comunicaciones como son: Aldeberán y Basequip. La mejor empresa ofertante fue Aldeberán pues cumple sustancialmente con las especificaciones solicitadas, además de presentar mejores prestaciones mecánicas para exposición a la intemperie, y por tener un costo más económico.

5.1 COSTO DE EQUIPOS Y PARTES

Para el proyecto se consideró una futura implementación de 17 estaciones remotas por lo que se presenta los costos tomando en cuenta la totalidad del enlace.

Los costos detallados a continuación corresponden a las empresas Aldeberán y Basequip, las cuales proveen equipos para la transmisión de datos remotos por medio de la red de PORTA (CONECEL). En el Anexo 11 se muestran las ofertas presentadas por las empresas mencionadas.

En la Tabla 5.1 se puede observar el desglose de precios del equipo de comunicaciones seleccionado, el cual se utilizará tanto en las estaciones remotas como en la estación central.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	ALDEBERAN CIA. LTDA.		BASEQUIP SISTEMAS Y EQUIPOS CIA. LTDA.	
		VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
18	MODEM/ROUTER GSM/GPRS/EDGE	511.20	9 201.60	593.00	10674
1	CONFIGURACIONES Y PRUEBAS	150.00	150.00	30.00	540
SUBTOTAL			9 351.60		11214
12% IVA			1 122.19		1345.68
TOTAL OFERTA			10 473.79		12559.68

Tabla 5.1 Precios del Equipo de Comunicaciones

** El pago de configuración se lo hace una sola vez y al inicio de la suscripción del servicio. Esta activación corresponde a la configuración necesaria que el módem necesite para funcionar bajo los requerimientos del INAMHI.

Como se puede observar la oferta presentada por Aldeberán es de menor costo en comparación con la oferta presentada por Basequip. Además se ajusta al presupuesto del INAMHI. Por lo tanto Aldeberán fue seleccionada para proveer los equipos utilizados para la red de comunicaciones.

5.2 COSTO DEL SERVICIO GPRS

El servicio GPRS será brindado por la operadora elegida que fue PORTA (CONECEL) la misma que ofreció dos tipos de servicios, como se mencionó en el Capítulo 3. En base a esto se presenta a continuación los costos de ambas alternativas de conexión, lo cual permitirá decidir cual es la más conveniente.

5.2.1 COSTOS DE LA RED DE DATOS UTILIZANDO LA CONEXIÓN DE ÚLTIMA MILLA HACIA LA ESTACIÓN CENTRAL

Los costos detallados en la Tabla 5.2 es por la activación del nodo ubicado en el sector de la Carolina – Quito, este pago se lo realizará una sola vez. Adjuntamente se presenta el costo de la SIM CARD y el costo de su activación para datos.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Activación Circuito Portador - Nodos Datos de la Red de Porta	1	200.00	200.00
SIM CARD	2	5.00	10.00
SIM CARD para habilitar servicios GPRS	2	2.23	4.46
Ultima Milla - Origen	1	0.00	0.00
Ultima Milla - Destino	1	0.00	0.00
SUBTOTAL			214.46
IVA (12%)			27.74
TOTAL INSTALACIÓN			240.20

Tabla 5.2 Costos de Instalación de Enlace de Datos – Estación Central

En la Tabla 5.3 se muestra el costo por el servicio de la transmisión de la información utilizando la red GPRS, cuyo valor se cancelará mensualmente. En esta alternativa no tiene importancia la cantidad de información que se envíe puesto que se cancela un valor fijo.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Servicio de Nodos de la Red de Porta	1	125.00	125.00
Ultima Milla - Origen	1	0.00	0.00
Ultima Milla - Destino	1	0.00	0.00
SUBTOTAL			125.00
ICE(15%)			18.75
IVA (12%)			15.00
TOTAL INSTALACIÓN			158.75

Tabla 5.3 Costos de Prestación de Transmisión de Datos

5.2.2 COSTOS DE LA RED DE DATOS UTILIZANDO LA RED GLOBAL DE BTS HACIA LA ESTACIÓN CENTRAL

En la Tabla 5.4 se muestra el costo de la SIM CARD y la activación del servicio GPRS, este valor se cancelará una sola vez.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
SIM CARD	2	5.00	10.00
SIM CARD para habilitar servicios GPRS	2	2.23	4.46
SUBTOTAL			14.46
IVA (12%)			1.74
TOTAL INSTALACIÓN			16.20

Tabla 5.4 Costos de Activación Del Servicio

En la tabla 5.5 se muestra el costo mensual del servicio de transmisión de datos, este valor es una tarifa básica; es decir, esta tarifa se cancelará mensualmente por cada SIM activa aunque ésta no registre tráfico alguno.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tarifa Básica SIM GPRS	1	5.00	5.00
SUBTOTAL			5.00
IVA (12%)			0.60
TOTAL INSTALACIÓN			5.60

Tabla 5.5 Costos de Prestación del Servicio de Transmisión de Datos GPRS

Este valor se verá aumentado de acuerdo a la cantidad de información que se transmita desde cada una de las estaciones remotas hacia la estación central en concordancia con la tabla mostrada en la Tabla 5.6.

DESDE	HASTA	PRECIO C/MBITS	DESDE	HASTA	PRECIO C/MBITS
1Mbits	1020 Mbits	1.20	1020Mbits	Adelante	1.10
SUBTOTAL		1.20	SUBTOTAL		1.10
IVA(12%)		0.14	IVA(12%)		0.13
TOTAL SERVICIO MENSUAL (MBITS)		1.34	TOTAL SERVICIO MENSUAL (MBITS)		1.23

Tabla 5.6 Tabla de Consumo por la Prestación del Servicio de Transmisión de Datos GPRS

La cantidad de Mbits se determinarán mensualmente por cada punto GPRS contratado, cantidad que será medida por CONECEL e incluirá tramas de control y datos. La tarifa por tráfico se basará en la Tabla 5.6.

De acuerdo a lo analizado anteriormente, se escogió la segunda alternativa puesto que su costo va de acuerdo a las necesidades del INAMHI y porque la transmisión de los datos no genera mayor tráfico.

En base a lo expuesto se revisará a continuación el costo del servicio GPRS utilizando la segunda alternativa.

5.3 COSTOS DEL USO MENSUAL DE LA RED GSM/GPRS

El costo mensual del servicio GPRS depende de la utilización de la red es decir por la cantidad de información enviada. La tarifa del uso de la red esta dada por el número de Mbits transmitidos por cada estación remota.

La tarifa mínima es de 1.34 dólares por cada Mbits aún si una estación no transmita ni un solo bit, de acuerdo a lo mostrado anteriormente.

En el Capítulo 3 se realizó un análisis aproximado del tráfico que generaría el enlace. Siguiendo el mismo procedimiento se realizó un análisis del volumen de

datos mensuales como se observa en la Tabla 5.7, para hacer un cálculo aproximado del costo mensual del servicio.

SENSORES	# DE SENSORES	TIEMPO DE MUESTREO	# MENSAJES EN 24h	# MENSAJES TOTALES	# BITS
Precipitación (RR)	1	10 min	144	144	31680
Humedad (UUi)	1	10 min	144	144	31680
Temperatura (Tti)	1	10 min	144	144	31680
Temperatura Interna Gealog SG (TSG)	1	1440 min	1	1	220
Voltaje Bateria (Vbatt)	1	60 min	24	24	5280
Voltaje Bateria de respaldo (Vbackup)	1	1440 min	1	1	220
# BITS TOTALES/ ESTACIÓN POR DIA					100760
# BITS TOTALES/ ESTACIÓN POR MES					302280
GRUPOS DE 1 MBITS					0
COSTO POR C/MBITS					3.0228
COSTO MENSUAL POR ESTACION (US\$) (3.0228 x 1.23)					1.23
					3.72

Tabla 5.7 Costo mensual de la utilización de la red GPRS

En la Tabla 5.8 se muestra el cálculo del costo total por estación del servicio GPRS. Este cálculo se obtuvo sumando la tarifa básica mensual (Tabla 5.6) más el Costo mensual calculado anteriormente.

Tarifa Básica Mensual	5.60
Costo Mensual / cada Estación	3.72
COSTO TOTAL DEL SERVICIO	9.32

Tabla 5.8 Costo Total mensual de la utilización de la red GPRS

De la tabla mostrada anteriormente se puede concluir que el costo del uso mensual del servicio GPRS no es alto con respecto a otros sistemas de comunicación.

Se debe mencionar que los costos de mantenimiento de la red de Transmisión de Datos será absorbido por el personal interno del INAMHI por lo que no se han tomado en cuenta estos valores. El mantenimiento de la red GPRS está incluido en los costos mensuales que se cancelará por el uso de la red.

La red de estaciones hidrometeorológicas a implementarse en un futuro constará de 17 estaciones según el diseño realizado en el presente proyecto por lo que el costo total tentativo del enlace será tal como se describe en la Tabla 5.9.

SENSORES	# DE SENSORES	TIEMPO DE MUESTREO	# MENSAJES EN 24h	# MENSAJES TOTALES	# BITS
Precipitación (RR)	17	10 min	144	2448	538560
Humedad (UUi)	17	10 min	144	2448	538560
Temperatura (Tti)	17	10 min	144	2448	538560
Temperatura Interna Gealog SG (TSG)	17	1440 min	1	17	3740
Voltaje Bateria (Vbatt)	17	60 min	24	408	89760
Voltaje Bateria de respaldo (Vbackup)	17	1440 min	1	17	3740
# BITS TOTALES/ ESTACIÓN POR DIA					1712920
# BITS TOTALES/ ESTACIÓN POR MES					51387600
GRUPOS DE 1 MBITS					51.3876
COSTO POR C/MBITS					1.23
COSTO MENSUAL (US\$) (51.3876 x 1.23)					63.21
TARIFA BÁSICA TOTAL (5.60 x 17)					95.20
COSTO TOTAL DEL ENLACE (US\$)					158.41

Tabla 5.9 Costo mensual del servicio GPRS para la totalidad de estaciones de la red de transmisión de datos

Del análisis anterior se puede concluir que el costo total del servicio GPRS para la red diseñada es comparativamente bajo y se ajusta a las necesidades del INAMHI. Consecuentemente, la red de transmisión de datos diseñada que será implementada a futuro es realmente competitiva y de alta tecnología.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados de las pruebas realizadas y de la experiencia adquirida durante el desarrollo de este trabajo a continuación se extraen las siguientes conclusiones y recomendaciones.

6.1 CONCLUSIONES

- Para dar inicio a este proyecto se realizó un exhaustivo estudio de los equipos e instrumentación del sistema de estaciones manuales y automáticas que dispone actualmente el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Luego se analizó la ubicación de las 17 estaciones remotas. Esto ayudó a determinar las necesidades, en cuanto a comunicaciones, del INAMHI para mejorar el Sistema de Monitoreo Hidrometeorológico de las Provincias del Callejón Interandino del Ecuador. Del resultado global del proyecto se puede concluir que los estudios iniciales mencionados anteriormente fueron muy útiles y necesarios para determinar el mejor tipo de sistema de comunicación.
- Los Sistemas de Comunicaciones Móviles ofrecen una comunicación total al usuario, cuando le permite establecer una llamada desde cualquier lugar y a cualquier hora. Por su parte, Internet permite acceder a una extensa cantidad de información de todo tipo. Ambas tecnologías no sólo representan un avance sustancial desde el punto de vista técnico sino que propician un cambio de hábitos conduciendo a la industria a lo que se viene denominando como “Teleoperación”. Por lo que se concluye que el proyecto presentado es un avance dentro de esta tendencia, pues a través de la utilización de la tecnología GPRS permite al usuario obtener información de forma automática y en cualquier momento que lo requiera.

- En este trabajo se ha comparado los diferentes sistemas de transmisión de datos remotos, analizando sus ventajas y desventajas. De lo que se puede concluir que para el caso concreto de transmitir datos industriales a grandes distancias, la tecnología GSM/GPRS es la que presenta mayores ventajas. Debido a la flexibilidad, escalabilidad y al reducido costo de la misma. El único inconveniente es que actualmente las operadoras que brindan este tipo de servicio no cubren la totalidad del territorio ecuatoriano.
- En GPRS se reduce el tiempo de establecimiento de la conexión y los usuarios pueden permanecer conectados de forma continua sin que eso implique grandes costos, ya que la tarificación en GPRS se efectúa por cantidad de datos intercambiados y no por establecimiento de la llamada ni por tiempo de conexión. Además se asigna ancho de banda dependiendo de la necesidad. Esto significa que si el usuario no envía datos, los canales quedan libres para ser utilizados por otros usuarios, permitiendo de esta manera la compartición de los recursos que a su vez se refleja en ahorro para el usuario. Por lo mismo desde el punto de vista económico, se puede concluir que GPRS es una tecnología adecuada.
- GPRS no utiliza las centrales de conmutación GSM, sino que las estaciones base de radio están directamente conectadas a la red IP a través de los nodos GSN. El SGSN se encargará de toda la gestión de la movilidad y del mantenimiento del enlace lógico entre el terminal móvil y la red, mientras que el GGSN es el que proporciona el acceso a las redes de datos, generalmente redes IP. De esta manera, la utilización de estos nuevos nodos permiten combinar la estructura existente de GSM con GPRS y a su vez separar la transmisión de voz y datos, con lo que se obtiene un mejor tratamiento de la información en la red GSM/GPRS.
- La seguridad del Protocolo "IP" depende de la operadora celular y existen diversos métodos estándar de seguridad de Internet disponibles. De esto se concluye que el administrador de la red debe establecer políticas de

seguridad en el caso de que la información hidrometeorológica se considere sumamente privada.

- GPRS se perfila como una solución inalámbrica que permite reducir notablemente los costos de operación y mantenimiento en comparación a los actuales servicios de redes cableadas. Por lo mismo se puede concluir que obviando el aspecto de cobertura, GPRS puede satisfacer una necesidad de comunicación y provisión de servicios básicos en zonas que hasta el momento carecen de acceso a servicios de otro tipo como el telefónico.
- El sistema diseñado cumple con las expectativas iniciales de que sea un sistema de transmisión de datos en tiempo real. La información se tarda en llegar a la estación central aproximadamente 2 segundos llevando datos que se obtuvieron durante 3 horas. Esta información almacenada conformará una base de datos, que sin duda ayudará al INAMHI en sus funciones, incluso en la prevención de desastres naturales.
- Gracias al buen funcionamiento de las componentes en la estación remota de prueba debido a su diseño portátil, alta sensibilidad y resistencia a la intemperie, así como el sistema de alimentación de energía (baterías y panel solar) se garantiza la adquisición de datos hidrometeorológicos durante las 24 horas al día, 7 días a la semana, durante todo el año.
- El sistema de transmisión de datos presenta facilidad de instalación, mantenimiento y manejo por el usuario, así como también presenta la información en forma clara y concisa. Así se puede conocer las condiciones meteorológicas del lugar remoto como si se estuviera presente en el mismo. Esto permite concluir que se consiguió construir un sistema amigable y confiable para el usuario.

- El diseño propuesto ha sido estructurado de una forma que permite una futura expansión mediante la inclusión de nuevas estaciones remotas en diferentes lugares del país, ampliando de esta manera el área de cobertura de la red Nacional Hidrometeorológica. Consecuentemente, se puede concluir que se ha diseñado una red escalable, característica de suma importancia en los diseños de redes actuales.
- La disponibilidad de la red celular de Porta se la puede definir como el porcentaje de tiempo que la red funciona con la calidad requerida, respecto al tiempo total. Considerando el comportamiento de esta operadora es posible concluir que la red diseñada si es capaz de cumplir con el 99.999% de confiabilidad que se espera de los sistemas de comunicaciones.
- La caída del servicio de la red de Porta, ocasionará que las estaciones remotas no se comuniquen con la estación central. Sin embargo, esto no necesariamente significa pérdida de datos puesto que las unidades remotas siguen midiendo y almacenando la información en su memoria. Por consiguiente se puede concluir que las caídas de la portadora no provocarán pérdidas de la información, tan solo un retraso en el envío de la información desde la estación remota hacia la estación central.
- El costo mensual del servicio GPRS depende de la utilización de la red; mejor dicho de la cantidad de información transmitida, el cálculo que se hizo de la cantidad de datos permitió conocer la cantidad total de información a ser enviada. Del resultado obtenido se puede concluir que el costo es comparativamente bajo y se ajusta al presupuesto del INAMHI.
- La estación hidrometeorológica automática dispone de un almacenador de datos "Datalogger", el mismo que registra y almacena las lecturas de los sensores en su memoria a intervalos de tiempo que son configurados según los requerimientos de cada variable que a su vez se rigen a normas internacionales. Los cálculos realizados demostraron que el datalogger tiene suficiente capacidad de memoria para almacenar datos por un

intervalo de tiempo de 5 a 6 meses. Si se toma en cuenta que la información es enviada cada tres horas, se puede concluir que el sistema no perderá información importante.

6.2 RECOMENDACIONES

- La cobertura de la red GPRS en las zonas de estudio fue analizada a través de un software proporcionado por la operadora elegida. Para la implementación real de este sistema se deberá de todas maneras hacer un análisis en cada estación remota para verificar la existencia del servicio GPRS, con lo que se asegurará su cobertura.
- Una vez implementada la red, es aconsejable realizar un monitoreo detallado del tráfico de la red durante cierto tiempo, para corroborar si en horas pico la red GPRS sigue siendo confiable y eficiente.
- La disponibilidad de una fuente alternativa de energía en una estación hidrometeorológica remota es primordial, sobre todo si esta se encuentra en zonas aisladas o de riesgo. De lo analizado en este trabajo se recomienda utilizar paneles solares como una fuente de energía alterna.
- Se recomienda aumentar otros sensores de medición como son: sensor de medición de la dirección y velocidad del viento, sensor de radiación solar, sensor de presión barométrica, etc, debido a que estos parámetros permitirán conocer de forma más precisa las condiciones climáticas de los lugares donde se encuentran ubicadas las diferentes estaciones remotas. La red GPRS puede soportar el aumento de tráfico que proporcionarían dichos sensores.
- Para la implementación de la red utilizando la tecnología GPRS es importante conocer 3 aspectos, las zonas donde se usará el servicio (cobertura), la cantidad de datos a transmitirse y el ancho de banda que se

requiere para la transmisión de datos. Esto permitirá establecer si es o no conveniente el uso del servicio GPRS tanto para el usuario como para el proveedor de dicho servicio.

- En una red el firewall es fundamental para la seguridad, la cual es importante sobre todo en una red inalámbrica que es muy susceptible a ataques. Esta es la razón por la que en la red diseñada se configuró en el multimódem multitech la opción packet filters. Por otro lado, GPRS utiliza un mecanismo para la autenticación y cifrado de paquetes denominado "TRIPLETA". Dicho mecanismo posibilita transmitir los datos de las estaciones remotas hacia la estación central con mayor seguridad. Se recomienda de todas maneras que se evalúe la seguridad implementada para determinar si es capaz de soportar ataques mal intencionados.

- Para garantizar una eficiencia en la transmisión de la información, es necesario tomar en cuenta los siguientes requisitos para el equipo de comunicaciones:
 - Alta capacidad, gran alcance, escalabilidad.
 - Mecanismos de redundancia, prevención, detección y recuperación rápida de la red frente a posibles fallas, y reducción al mínimo del impacto sobre el servicio.
 - Factibilidad técnica, facilidades de instalación, gestión, administración, configuración, control y monitoreo.
 - Conectividad segura, tanto interna como externa.
 - Seguridad e integridad de los datos, para proteger información confidencial.
 - Equipos basados en estándares nacionales y compatibilidad con redes existentes

- Se recomienda que la red de Estaciones Hidrometeorológicas reciba un mantenimiento preventivo periódico, por lo menos 2 veces al año, ya que el equipo utilizado se encuentra expuesto a la intemperie, por lo que la

acumulación de partículas de polvo puede resultar en datos erróneos y por ende un mal funcionamiento de la red.

- Se recomienda utilizar la conexión de última milla con fibra óptica a través del nodo de Porta ubicado en el sector de La Carolina, el cual proporcionará un canal dedicado con mayor velocidad y ancho de banda para la recepción de la información cuando se integre la totalidad de estaciones remotas que se encuentran ubicadas en el territorio ecuatoriano.
- Se recomienda la capacitación del personal técnico durante la instalación de la nueva tecnología de comunicaciones para de esta forma evitar tener un gasto alto en servicios de soporte técnico por parte del proveedor de los equipos de comunicaciones.
- Se recomienda que la Escuela Politécnica Nacional procure que los proyectos de titulación se encaminen a resolver problemas reales. De esta manera, la Institución podrá hacerse conocer, tanto por empresas públicas como privadas, como fuente confiable para la solución de problemas y provisión de servicios. Por otro lado con este tipo de proyecto los estudiantes adquieren experiencia práctica tal como se la vive en la realidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA INAMHI, “HISTORIA DEL INAMHI”, Consulta: Octubre 2006.
<http://www.inamhi.gov.ec/html/inicio.htm>
- [2] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA INAMHI, “ESTACIÓN METEOROLÓGICA”, Consulta: Diciembre 2006.
<http://www.inamhi.gov.ec/html/inicio.htm>
- [3] JASCHEK, Enrique, “Documento: LA METEOROLOGÍA EN LA PLATA OBSERVATORIO”, Consulta: Febrero 2007.
<https://www.fcaglp.unlp.edu.ar/deptoSyM/index2.html>
- [4] Anónimo, “ESTACIÓN METEOROLÓGICA”, Consulta: Febrero 2007.
http://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_meteorol%C3%B3gica
- [5] JALIL, José M., “Documento: ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA”, 2006, Consulta: Febrero 2007. <http://www.jhjalil.com>
- [6] Anónimo, “AUTOMATIZACIÓN DE LA MEDICIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS”, Consulta: Marzo 2007.
<http://proydoc.colpos.mx/crespo/agm620/automa2.htm>
- [7] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA INAMHI, “COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS”, 2005, Consulta: Octubre 2006.
<http://www.inamhi.gov.ec/>
- [8] CRUZ, Edison, “PROYECTO CENTRO DE COMUNICACIONES HIDROMETEOROLÓGICO INAMHI”, INAMHI, Quito, Ecuador, Agosto, 2006.

- [9] ROSIECK, S.; BATLLES, F. J, "Documento: ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS DESDE ESTACIONES METEOROLÓGICAS REMOTAS" Dpto. de Física Aplicada, Universidad de Almería, 2005, Consulta: Marzo 2007.
<http://www.ame-web.org/JORNADAS/O3trabajo%20Rosiek%20y%20Batlles.pdf>
- [10] Anónimo, "GLOSARIO INSTRUMENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS", Consulta: Abril 2007.
<http://www.utmachala.edu.ec/dptmeteorologico/glosario/instrumentos.htm>
- [11] PROEZUCA – PROTECCIÓN ESPECIALIZADA DE ZULIA C. A., Documento: "QUÉ ES TELEMETRÍA", Consulta: Mayo 2007.
<http://www.elcatelecom.com/proezuca/funciona.htm>
- [12] T + T NETCOM, "Documento: TELEMETRÍA", Consulta: Mayo 2007.
<http://www.ttnetcom.com/telematica-telemetry.htm>
- [13] OPERADORA CLARO, "Documento: SERVICIOS MÓVILES", Consulta: Mayo 2007.
<http://www.claro.com.pe/opencms/opencms/ClaroSite/MenuEmpresas/SolucionesMoviles/Telemetry.html>
- [14] Anónimo, "SISTEMA DE TELEMETRÍA", Consulta: Mayo 2007.
http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo7_b99.00/dsn/telemetry.htm#top
- [15] Anónimo, "TELEMETRÍA", Consulta: Mayo 2007.
<http://es.wikipedia.org/wiki/Telemetry%C3%ADa>
- [16] CAMPOVERDE, María E., "Diseño de la red de transmisión de datos para el proyecto Sistema de pronóstico hidrometeorológico de las laderas del Pichincha y área metropolitana de Quito Sishilad EMAAP-Quito", EPN, Quito, Ecuador, Marzo, 1999.

- [17] GSMWORLD, "TECNOLOGÍA GPRS", Consulta: Junio 2007.
<http://www.gsmworld.com/technology/gprs/index.shtml>
- [18] ESPAÑA, María C., "SERVICIOS AVANZADOS DE TELECOMUNICACIONES", Ediciones Díaz de Santo, Málaga, España, 2003.
- [19] 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.
- [20] BATES, Regis J., "GPRS GENERAL PACKET RADIO SERVICE", Ediciones McGraw-Hill TELECOM, Estados Unidos, 2001
- [21] Anónimo, "SERVICIOS GPRS", Consulta: Junio 2007.
<http://seguridadengprs.galeon.com/tema4.htm>
- [22] FARRÉ, Carles; GORRICO, Mónica; OLIVÉ, Antoni; GORRICO, Juan; QUER, Carmen, "Documento: COMUNICACIONES MÓVILES", Ediciones UPC, 2002, Consulta: Junio 2007.
http://books.google.com/books?id=5jNQHy3mzxQC&pg=RA1PA194&lpg=RA1-PA194&dq=contexto+pdp&source=web&ots=H_hQXamBOI&sig=81xnf-7Quw71mXUihhmBJaIN3gE#PPA235,M1
- [23] SEDANO, Iñigo, "Documento: TUTORIAL DE GPRS", Universidad de Deusto, Consulta: Junio 2007.
<http://www.ctmd.deusto.es/images/Form-Descargas/TutorialGPRS.pdf>
- [24] Anónimo, "RED DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES", Consulta: Junio 2007.
<http://www.fdi.ucm.es/profesor/jseptien/WEB/Docencia/AVRED/Documentos/GPRS.ppt#257,1,GPRS>

- [25] Anónimo, "ANEXO GPRS", Consulta: Junio 2007.
http://gsyc.escet.urjc.es/moodle/file.php/34/Teoria/B2.2_Anexo.pdf
- [26] Anónimo, "EL SISTEMA GPRS", Consulta: Junio 2007.
<http://fermat.eup.udl.es/~cesar/xc1/Treballs/GPRS-pres.ppt#267,1>,
[Diapositiva 1](#)
- [27] Anónimo, "COMUNICACIONES MÓVILES GPRS", Consulta: Julio 2007.
<http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Presentaciones/GPRS-07.pdf>
- [28] GRUPO DE COMUNICACIONES RADIO, "Documento: GENERAL RADIO PACKET SERVICE (GPRS)", Consulta: Julio 2007.
<http://www.gcr.tsc.upc.edu/downloads/acactivities/cmm/GPRS-spanish.pdf>
- [29] GSYC, "Documento: SISTEMA GPRS", Consulta: Julio 2007.
http://gsyc.escet.urjc.es/moodle/file.php/34/Teoria/B2.2_GPRS.pdf
- [30] RAMOS, Carlos, "Documento: TECNOLOGÍA GPRS", Consulta: Julio 2007.
<http://asignaturas.diatel.upm.es/ccmm/Documentacion/TecnologiaGPRS.pdf>
- [31] FEUP; MRSC; SCO, "Documento: GENERAL RADIO PACKET SERVICE (GPRS)", 2001, Consulta: Julio 2007.
http://paginas.fe.up.pt/~mricardo/01_02/sco/gprs.pdf
- [32] INVERSO, Jorge; DEL CAMPO, Fabian, "Documento: GENERAL RADIO PACKET SERVICE EN GSM", Consulta: Julio 2007.
http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/celular/Teorico/Monografias/TESIS_GPRS_FINAL.pdf
- [33] Anónimo, "SISTEMAS MÓVILES GSM", Consulta: Julio 2007.
[http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Tecnologias%20de%20banda%20angosta/Sistemas%20de%20comunicaciones%20m%F3viles%20\(GSM\).pdf](http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Tecnologias%20de%20banda%20angosta/Sistemas%20de%20comunicaciones%20m%F3viles%20(GSM).pdf)

- [34] PUC-RIO, "Documento: REDES DE ACCESO EN BANDA LARGA", Consulta: Julio 2007.
http://www.inf.puc-rio.br/~inf2056/inf2056_files/menu/material/transparencias/silvamello/RABL_2_WWAN.pdf
- [35] VALLEJO, "Documento: COMUNICACIONES MÓVILES", Consulta: Julio 2007.
<http://www.it.uniovi.es/old/material/telecomunicacion/rstr/Temas1-4.pdf>
- [36] SINCHE, Soraya, "Documento: COMUNICACIONES INALÁMBRICAS", EPN, Quito, Ecuador, 2006.
- [37] HALONEN, Timo; ROMERO, Javier; MELERO, Juan, "GSM/GPRS/EDGE PERFORMANCE", Editorial Wiley John and Sons, Segunda Edición, Inglaterra, 2003.
- [38] Anónimo, "GPRS: EL DESPEGUE DE LA INTERNET MÓVIL", Consulta: Julio 2007. <http://www.webmovilgsm.com/gprs.htm>
- [39] BETTSTETTER, Christian; VOGEL, Hans-Jorg; EBERSPACHER, Jorg, "GSM PHASE 2+ GENERAL PACKET RADIO SERVICE GPRS: ARCHITECTURE, PROTOCOLS, AND AIR INTERFACE", IEEE Communications Surveys, Third Quarter 1999, Vol. 2, No. 3, Consulta: Julio 2007. <http://www.comsoc.org/pubs/surveys>
- [40] Anónimo, "PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA RED GPRS", Consulta: Agosto 2007.
<http://www.tafyesa.com/servicios/comunicaciones/caracteristicas-red-GPRS.html>
- [41] Anónimo, "REDES DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS Y CONMUTACIÓN DE PAQUETES", Consulta: Agosto 2007.
<http://www.rad.com/networks/1998/packet/sim.htm>

- [42] Anónimo, “CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS, MENSAJES Y PAQUETES”, Consulta: Agosto 2007. <http://www.saulo.net/pub/redes/a.htm>
- [43] Anónimo, “CONMUTACIÓN”, Consulta: Agosto 2007.
http://es.wikipedia.org/wiki/Conmutaci%C3%B3n_%28redes_de_comunicaci%C3%B3n%29
- [44] Anónimo, “CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS”, Consulta: Agosto 2007.
<http://www.textoscientificos.com/redes/conmutacion/circuitos>
- [45] Anónimo, “TECNOLOGÍA GPRS”, Consulta: Agosto 2007.
<http://www.monografias.com/trabajos13/gpts/gpts.shtml>
- [46] Anónimo, “SERVICIO DE DATOS PARA REDES MÓVILES”, Consulta: Agosto 2007. http://www.tid.es/documentos/productos_servicios/2200_04.pdf
- [47] Anónimo, “GPRS EJEMLO DE RED DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES”, Consulta: Agosto 2007.
<http://www.fdi.ucm/profesor/jseptien/WEB/Docencia/AURED/Documentos/GPRS>
- [48] Anónimo, “GPRS GENERAL PACKET RADIO SERVICE”, Consulta: Agosto 2007. http://www.vocal.com/data_sheets/full/gprs.pdf
- [49] Anónimo, “SISTEMA GPRS”, Consulta: Septiembre 2007
<http://www.uv.es/montanan/redes/trabajos/GPRS.doc>
- [50] LOGOTRONIC, “PRODUCTOS & SERVICIOS”, Consulta: Septiembre 2007.
<http://www.logotronic.at>
- [51] YOUNG, “PRODUCTOS & SERVICIOS”, Consulta: Septiembre 2007.
<http://www.young.com>

- [52] LOGOTRONIC, "MANUAL GEALOG SG", Versión 1.0, Alemania, 2006.
- [53] IDC TECHNOLOGIES PTY LTD, "SPECIALIST ENGINEERING, TRAINING AND CONSULTING SERVICES FOR INDUSTRY", Versión 3.01, 1999.
- [54] LOGOTRONIC, "TECHNICAL NOTE GEALOG RS485-FIELDBUS PROTOCOL", Ediciones CERT, Alemania, 1999.
- [55] CONECEL-PORTA, "COBERTURA NACIONAL GSM/GPRS", Consulta: Septiembre 2007. <http://www.porta.com.ec>
- [56] TELEFÓNICA-MOVISTAR, "COBERTURA NACIONAL GSM/GPRS", Consulta: Septiembre 2007. <http://www.movistar.com.ec>
- [57] CSB, "PRODUCTOS & SERVICIOS", Consulta: Septiembre 2007. http://www.csb-battery.com/english/01_product/02_detail.php?fid=5&pid=12
- [58] SOLAREX, "PRODUCTOS & SERVICIOS", Consulta: Septiembre 2007. <http://www.solarex.com>
- [59] ASC-SPECIFICATIONS, "PRODUCTOS & SERVICIOS", Consulta: Septiembre 2007. http://www.specialtyconcepts.com/SPECIALTY_CONCEPTS_PDF_FILES/ASC_SPEC_SHEET.pdf
- [60] LOGOTRONIC, "USER GUIDE GEALOG FOR WINDOWS", Versión 3.0, Alemania, 2006.
- [61] MULTITECH SYSTEMS, "USER GUIDE Wireless EDGE, GPRS, CDMA Modems with Ethernet Interface", Revisión C, Estados Unidos, 2005.
- [62] HIDALGO, Pablo, "Documento: TELEMÁTICA", EPN, Quito, Ecuador, 2005.

[63] CISCO SYSTEM, "CCNA, Módulo 2", Consulta: Octubre 2007.

<http://www.cisco.com/web/learning/netacad/index.html>

[64] CISCO SYSTEM, "CCNA, Módulo 1", Consulta: Noviembre 2007.

<http://www.cisco.com/web/learning/netacad/index.html>

ANEXOS