



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES
Y REDES**

**“DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA
PARA LA TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS
ESTACIONES METEOROLÓGICAS DEL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y
AMBIENTE”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO ELECTRÓNICO EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: FRANCISCO JAVIER SHAGÑAY IGUASNIA

DIRECTOR: LIC. RAÚL MARCELO LOZADA YÁNEZ

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Francisco Javier Shagñay Iguasnia

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que el proyecto técnico: DISEÑO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PARA LA TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y AMBIENTE de responsabilidad del señor Francisco Javier Shagñay Iguasnia, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Patricio Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	_____	_____
Lic. Raúl Lozada DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	_____
Ing. Alberto Arellano MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____

Yo, Francisco Javier Shagñay Iguasnia soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Francisco Javier Shagñay Iguasnia

DEDICATORIA

A Dios, por haberme acompañado durante todos estos años, en malos momentos brindándome fortaleza y sabiduría para seguir adelante y en momentos de victoria mostrándome que todo esfuerzo siempre trae su recompensa.

A mi familia por haberme apoyado y brindado todas las facilidades para culminar mis estudios universitarios, de manera especial a mi tía Laura que en más de una ocasión ejerció el rol de madre, a mi abuela María siempre presta a brindarme su apoyo y a mi mamá Beatriz, quien sé que estuvo siempre apoyándome y deseándome lo mejor para alcanzar esta meta profesional, de ellas obtuve ejemplos de constancia sacrificio respeto y demás valores que complementa mi formación como persona.

A mis amigos con los cuales se pasó buenos y malos momentos que quedaran en mi memoria por siempre, de manera especial a David, Jessica y Yessenia, quienes me brindaron su apoyo y con los cuales construí amistades sinceras, incondicionales y duraderas.

Francisco

AGRADECIMIENTO

A Dios por proveer todas las necesidades que requerí en el transcurso de la realización de este trabajo de titulación.

A la Escuela Superior Politécnica por su compromiso en la formación de profesionales a través de la planta docente, su infraestructura y demás recursos educativos.

A los docentes que me brindaron sus conocimientos y asesoría para cumplir de la mejor manera este trabajo de titulación.

Al ingeniero Rigoberto Muñoz, el cual en su papel de director del Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente me supo abrir las puertas para el cumplimiento de este proyecto.

Agradecimiento especial a la ingeniera Mayra Pacheco por ser el nexo entre el CEAA y mi persona y a la ingeniera Carmen Mantilla por facilitarme la información que requería.

A todas las personas que de manera directa e indirecta colaboraron con el cumplimiento exitoso de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Sistema Electrónico de Comunicaciones	5
1.2. Comunicaciones Inalámbricas	5
1.3. Ondas Electromagnéticas.....	6
1.4. Espectro electromagnético	7
<i>1.4.1. Espectro radioeléctrico</i>	<i>7</i>
1.5. Modulación de la Señal.	8
1.6. Propagación en el Espacio Libre.....	9
<i>1.6.1. Características del Espacio Libre.</i>	<i>10</i>
<i>1.6.1.1. Perdidas en el Espacio Libre.</i>	<i>10</i>
<i>1.6.1.2. Margen de desvanecimiento.</i>	<i>10</i>
<i>1.6.1.3. Impedancia.</i>	<i>11</i>
<i>1.6.1.4. Densidad de Potencia de la Onda:</i>	<i>11</i>
<i>1.6.2. Zona de Fresnel.</i>	<i>11</i>
<i>1.6.3. Modos de transmisión.....</i>	<i>12</i>
1.7. Propiedades Ópticas de las Ondas de Radio	13
1.8. Redes Inalámbricas.	13
<i>1.8.1. Tipos de Redes Inalámbricas.</i>	<i>14</i>
1.9. Tecnologías de Comunicaciones de largo alcance.	15
<i>1.9.1. Radioenlace</i>	<i>15</i>
<i>1.9.2. WiMAX.</i>	<i>16</i>
<i>1.9.2.1. Características Técnicas de WiMAX.....</i>	<i>16</i>
<i>1.9.2.2. WiMAX Fijo y Móvil.</i>	<i>18</i>
<i>1.9.3. GSM.....</i>	<i>20</i>
<i>1.9.4. GPRS.....</i>	<i>22</i>
<i>1.9.4.1. Características de GPRS.</i>	<i>22</i>
<i>1.9.4.2. Arquitectura GSM GPRS.....</i>	<i>23</i>
<i>1.9.4.3. Transmisión de Paquetes vía GPRS.....</i>	<i>25</i>
<i>1.9.4.4. Redes de GPRS.</i>	<i>26</i>

1.9.4.5.	<i>GPRS en el Ecuador.</i>	27
1.9.5.	<i>LTE.</i>	27
1.10.	Estación Meteorológica	28
1.10.1.	<i>Ubicación de las Estaciones Meteorológicas.</i>	28
1.10.2.	<i>Equipos y Sensores.</i>	29
1.10.3.	<i>Infraestructura de las estaciones meteorológicas.</i>	36
1.11.	Características Geográficas de la Provincia de Chimborazo	38
1.12.	Software de Simulación.	39
1.12.1.	<i>Radio Mobile.</i>	39
1.12.2.	<i>Atoll.</i>	40
1.12.3.	<i>Xirio Online.</i>	41
1.12.4.	<i>ICS Telecom.</i>	42

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	43
2.1.	Situación Actual del CEAA.	43
2.1.1.	<i>Antecedentes del CEAA.</i>	43
2.1.2.	<i>Misión y Visión.</i>	43
2.1.3.	<i>Proyectos y Convenios con Instituciones.</i>	43
2.2.	Análisis de la Situación Actual del CEAA	44
2.3.	Funcionamiento de los Centros Meteorológicos del CEAA.	44
2.3.1.	<i>Funcionamiento y Procesos realizados en el Datalogger.</i>	45
2.3.1.1.	<i>Conexiones Físicas con los Sensores.</i>	45
2.3.1.2.	<i>Configuración de datalogger.</i>	46
2.3.1.3.	<i>Muestreo de información en las Estaciones Meteorológicas</i>	46
2.3.1.4.	<i>Metodología Actual de Recolección de Datos</i>	47
2.4.	Análisis de Tráfico y su caracterización	47
2.4.1.	<i>Archivos Generados</i>	47
2.4.2.	<i>Cálculo del volumen de datos recopilados</i>	49
2.4.3.	<i>Cálculo de Tráfico Generado por Transmitir</i>	49
2.5.	Requerimientos de la Red	50
2.6.	Diagrama General de la Red.	51
2.7.	Distancia entre enlaces y Perfiles de Terreno.	51
2.7.1.	<i>Análisis.</i>	52
2.8.	Condiciones Meteorológicas y Orografía en las Estaciones Meteorológicas	53
2.9.	Influencia de las características orográficas en las transmisiones inalámbricas.	53
2.10.	Metodología de selección de los componentes de la Red.	54

2.11.	Elección de la Tecnología por utilizar para el diseño de la Red.....	54
2.11.1.	<i>Características por Analizar.</i>	54
2.11.2.	<i>Tecnologías analizadas.</i>.....	54
2.11.2.1.	<i>GPRS: Cobertura de operadoras móviles.</i>	55
2.11.2.2.	<i>Simulación red WiMAX</i>.....	56
2.11.2.3.	<i>Simulación Radio Enlace</i>	62
2.11.3.	<i>Características de cada Tecnología</i>	67
2.12.	Recolección remota de datos	68
2.13.	Diseño de Esquema de Red Propuesto.....	68
2.13.1.	<i>Descripción del funcionamiento de la Red</i>	68
2.13.2.	<i>Diagrama de Red Propuesto</i>	69
2.14.	Elección de Hardware requerido en las Estaciones Meteorológicas.	69
2.15.	Implementación de Prototipo de la Red	71

CAPITULO III

3.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	76
3.1.	Análisis de resultados de la implementación de prototipo GPRS.	76
3.2.	Comparación entre la metodología actual de trabajo y la propuesta	82
3.3.	Análisis de la Propuesta Técnica	83
3.3.1.	<i>Diagrama de Red Propuesto</i>	83
3.3.2.	<i>Relación costo beneficio</i>	83
	CONCLUSIONES	844
	RECOMENDACIONES	866

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE ABREVIATURAS

APN:	Nombre del punto de acceso
CEAA:	Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente
E.M.:	Estación Meteorológica
FDD:	Duplexación por división de Frecuencia
FTP:	Protocolo de Transferencia de Archivos
GPRS:	Servicio General de Paquetes vía Radio
GSM:	Sistema Global para las Comunicaciones Móviles.
LMDS:	Sistema de Distribución Local Multipunto.
LTE:	Evolución a Largo Plazo
OFDM:	Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales.
TDD:	Duplexación por división de Tiempo
VPN:	Red Privada Virtual
WiMAX:	Interoperabilidad Mundial para acceso por Microondas
WLAN:	Red Inalámbrica de Área Local
WMAN:	Red Inalámbrica de Área Metropolitana
WPAN:	Red Inalámbrica de Área Personal
WWAN:	Red Inalámbrica de Área Amplia.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: División del Espectro Radioeléctrico.....	8
Tabla 2-1: Modos de Transmisión en Espacio Libre	13
Tabla 3-1: Propiedades Ópticas de las Ondas de Radio	13
Tabla 4-1: Característica de WiMAX Fijo y Móvil	19
Tabla 5-1: Característica de GSM.....	20
Tabla 6-1: Velocidades de LTE.....	28
Tabla 7-1: Ubicación Geográfica de las Estaciones Meteorológicas del CEAA.	29
Tabla 8-1: Características de las Estaciones Meteorológicas del CEAA	31
Tabla 9-1: Características del <i>Datalogger</i> Vaisala Data QML201C	32
Tabla 1-2: Intervalos de Medición de cada Sensor	47
Tabla 2-2: Asignación de nombres a los archivos generados en el <i>datalogger</i>	48
Tabla 3-2: Archivos generados en el datalogger de cada estación meteorológica.....	49
Tabla 4-2: Perfil topográfico y distancias entre E.M. y ESPOCH	52
Tabla 5-2: Escala cuantitativa para las características a evaluar.	54
Tabla 6-2: Factores de análisis en la red inalámbrica.	54
Tabla 7-2: Rango de Potencia entregada por las BTS.....	55
Tabla 8-2: Cobertura GPRS de Conecel.....	55
Tabla 9-2: Cobertura GPRS de Otecel	56
Tabla 10-2: Cobertura GPRS de CNT EP.....	56
Tabla 11-2: Características de la antena AXS-CPE 150-19	57
Tabla 12-2: Características de tipos de Tecnologías.....	67
Tabla 13-2: Relación entre los pesos y calificaciones de cada característica evaluada	68
Tabla 14-2: Características de los modelos de equipos.....	70
Tabla 15-2: Relación entre los pesos y calificaciones de cada característica evaluada	71
Tabla 16-2: Características Modem Sierra FXT 009.....	71
Tabla 17-2: Archivos enviados a través del prototipo implementado.	72
Tabla 1-3: Resultados obtenidos en la transferencia de archivos	80
Tabla 2-3: Tasa de Transferencia determinadas para GPRS	81
Tabla 3-3: Costo de equipos y servicios que intervienen en la red diseñada	83
Tabla 4-3: Gasto correspondiente a la metodología actual de funcionamiento.....	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Diagrama de un sistema de comunicación.	5
Figura 2-1:	Campo Eléctrico y Magnético en una Onda Electromagnética	6
Figura 3-1:	División del Espectro Electromagnético.	7
Figura 4-1:	Clasificación de algunos Sistemas Radioeléctricos.	8
Figura 5-1:	Señal modulada en amplitud (AM).	9
Figura 6-1:	Zona de Fresnel entre dos antenas.	12
Figura 7-1:	Representación de un Radioenlace.	15
Figura 8-1:	Representación de la Modulación OFDM.	17
Figura 9-1:	Representación Sistema Celular.	21
Figura 10-1:	Representación de GPRS.	22
Figura 11-1:	Arquitectura de GPRS.	23
Figura 12-1:	Representación de la transmisión de paquetes mediante GPRS.	26
Figura 13-1:	Distribución geográfica de las E.M.	29
Figura 14-1:	Vaisal HydroMet MAWS100, en su interior su <i>datalogger</i>	30
Figura 15-1:	Composición de <i>Datalogger</i>	31
Figura 16-1:	Composición de <i>Datalogger</i>	33
Figura 17-1:	Piranómetro HUKSEFLUX SR11	34
Figura 18-1:	Anillo de Sombra.	34
Figura 19-1:	A la izquierda modelo Young 050103, a la derecha Young 85000	35
Figura 20-1:	Sensor QMT107	36
Figura 21-1:	Estación Meteorológica en Cañi.	37
Figura 22-1:	Ubicación caja Nema	37
Figura 23-1:	Datalogger y Batería al interior de Caja Nema.	38
Figura 24-1:	Imagen Satelital de la Provincia de Chimborazo.	39
Figura 25-1:	Simulación en Radio Mobile.	40
Figura 26-1:	Interfaz Software Atoll	41
Figura 27-1:	Herramienta Xirio – Online.	41
Figura 28-1:	Interfaz de Software ICS Telecom.	42
Figura 1-2:	Diagrama de conexiones de <i>datalogger</i> en conjunto con los sensores	45
Figura 2-2:	Interfaz software Lizard	46
Figura 3-2:	Archivos Generados en el <i>Datalogger</i>	48
Figura 4-2:	Archivos Generados en el <i>Datalogger</i>	49
Figura 5-2:	Esquema de Red requerido por el CEAA.	51
Figura 6-2:	Escala de Potencia recibida	57

Figura 7-2: Configuraciones del Transmisor.....	58
Figura 8-2: Patrón de radiación de la antena transmisora.	58
Figura 9-2: Simulación estación Chingazo en ICS Telecom.....	59
Figura 10-2: Simulación estación Chingazo exportada a Google Earth	59
Figura 11-2: Simulación estación Igualata en ICS Telecom.....	60
Figura 12-2: Simulación estación Igualata exportada a Google Earth.....	60
Figura 13-2: Simulación estación Chimborazo en ICS Telecom	60
Figura 14-2: Sim. estación Chimborazo exportada a Google Earth	61
Figura 15-2: Simulación estación Cañi en ICS Telecom	61
Figura 16-2: Simulación de Cañi exportada a Google Earth.....	61
Figura 17-2: Ubicaciones del Transmisor en Chingazo y Receptor en FIE	62
Figura 18-2: Perfil de Radioenlace entre Chingazo y FIE	63
Figura 19-2: Ubicaciones del Transmisor en Igualata y Receptor en FIE	63
Figura 20-2: Perfil de Radioenlace entre Igualata y FIE.....	64
Figura 21-2: Ubicaciones del Transmisor en Chimborazo y Receptor en FIE.....	64
Figura 22-2: Ubicaciones del Transmisor en Chimborazo y Receptor en FIE.....	65
Figura 23-2: Ubicaciones del Transmisor en Cañi y Receptor en FIE	65
Figura 24-2: Ubicaciones del Transmisor en Cañi y Receptor en FIE	66
Figura 25-2: Ubicaciones del Transmisor en Moyocancha y Receptor en FIE.....	66
Figura 26-2: Ubicaciones del Transmisor en Moyocancha y	67
Figura 27-2: Esquema de red mediante el uso de GPRS	69
Figura 28-2: Tarjeta SIM colocada en el Módulo SIM900.....	72
Figura 29-2: Conexión de módulo SIM900 con la tarjeta Arduino UNO.....	73
Figura 30-2: Dirección Pública Fija del Servidor.....	74
Figura 31-2: Creación de usuario y asignación de password en el servidor FTP	74
Figura 32-2: Asignación de Permisos para el usuario	75
Figura 1-2: Conversaciones TCP dentro del tráfico capturado.....	76
Figura 2-3: <i>Login</i> desde la ubicación remota en el servidor	77
Figura 3-3: Información de Transferencia del primer archivo.	77
Figura 4-3: Información de Transferencia del cuarto archivo	78
Figura 5-3: Información de Transferencia del tercer archivo.....	79
Figura 6-3: Información de Transferencia del cuarto archivo	80

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1-3: Contraste entre el Tamaño de los Archivos y la Tasa de Transferencia.....	81
Gráfico 2-3: Contraste entre el Tamaño de los Archivos y el Tiempo de Transferencia	81

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1: Equivalencia de la Longitud de Onda Electromagnética.	7
Ecuación 2-1: Pérdida de Potencia de una Onda Electromagnética	10
Ecuación 3-1: Margen de Desvanecimiento en una Onda Electromagnética	10
Ecuación 4-1: Impedancia del Campo Electromagnético	11
Ecuación 5-1: Radio de la Zona de Fresnel.....	12

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Hoja Técnica Datalogger.

ANEXO B: Evidencias.

ANEXO C: Manual de Implementación.

ANEXO D: Programación Modem GPRS.

ANEXO E: Cobertura Operadoras Celulares.

ANEXO F: Ejecución del Envío de los Archivos.

ANEXO G: Análisis en Software Wireshark.

ANEXO H: Costo de Realización del Trabajo de Titulación

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar una red de telecomunicaciones que permita la transmisión de la información generada en cada estación meteorológica administrada por el Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente (CEAA) hacia la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Se realizó un estudio comparativo entre tecnologías de comunicación inalámbrica de largo alcance. Las tecnologías WiMAX, Radio Enlace y servicio general de paquetes vía radio (GPRS) fueron analizados para su posible uso en la propuesta técnica. Para WiMAX se utilizó el software ICS Telecom, para radio enlace la herramienta web Air-Link, para GPRS, en la página web correspondiente a cada operador se determinó que Otecel y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) cuentan con cobertura en cada localidad. Mediante la utilización de una escala de Likert, se determinó que la tecnología más adecuada para el desarrollo del proyecto era GPRS. Se eligió el modem Sierra FXT009 para el envío de archivos. En la comunicación entre el modem y el *datalogger*, se usa el software Maws Lizard y para conseguir la transmisión de archivos se utiliza el software del fabricante Open At Af. Para determinar resultados del funcionamiento de la propuesta fue implementado un prototipo mediante un Arduino y una tarjeta SIM900, haciendo uso de la operadora CNT desde la cual se envió 4 archivos. En el lado del servidor se hizo una captura de tráfico de Internet mediante el uso del software Wireshark. Esta captura fue analizada adicionalmente en el software Colasoft Capsa con el cual se obtuvieron resultados adicionales. El promedio de la tasa de transferencia fue de 8.41 KBytes por segundo. Comparado con la metodología actual de obtención de información, la propuesta de este estudio presenta mayor eficiencia al cumplir con esta tarea. A futuro se recomienda tomar en cuenta aspectos de seguridad en la transmisión.

PALABRAS CLAVE: <COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE LARGO ALCANCE>, <SERVICIO GENERAL DE PAQUETES VÍA RADIO (GPRS)>, <ESTACIÓN METEOROLÓGICA> <DATA LOGGER>, <TRANSMISIÓN DE DATOS>.

SUMMARY

The aim of the research was to design a telecommunications network that would allow the transmission of the information generated at each meteorological station administered by the Center for the research of alternative energies and environment (CEAA) towards the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). A cross-border study was conducted on long-range wireless communication technologies. WiMAX Technologies, Radio link and General Service of packets via radio (GPRS) were analyzed for possible use in the technical proposal. For WiMAX was used the software ICS Telecom, for Radio link the Web tool Air-link, for GPRS, on the website corresponding to each operator was determined that Otecel and the National Telecommunications Corporation (CNT) have coverage in each locality . By using a scale of Likert, it was determined that the most suitable technology for the development of the project was GPRS. The Sierra FXT009 modem was chosen for file sending. In the communication between the modem and the Datalogger, the software Maws Lizard is used to obtain the transmission of files it is used the software of the manufacturer Open AtAf. To determine the results of the operation of the proposal, a prototype was implemented using an Arduino and a SIM900 card, making use of the CNT operator from which 4 files were sent. On the server side was made an Internet traffic capture by using the Wireshark software. This capture was further analyzed in the Colasoft CAPSA software with which additional results were obtained. The average transfer rate was 8.41 Kbytes per second. Compared to the current information-gathering methodology, this study's proposal is more efficient in meeting this task. In the future it is recommended to take into account safety aspects of the transmission.

KEY WORDS: <LONG-RANGE WIRELESS COMMUNICATION>, <GENERAL PACKET SERVICE VIA RADIO (GPRS)>, <METEOROLOGICAL STATION>, <DATALOGGER, DATA TRANSMISSION>.

INTRODUCCIÓN

La meteorología es una ciencia que es relevante en el día a día, no solamente nos indica pronósticos y avisos acerca del tiempo. Además de esto, permite el análisis de diferentes fenómenos que suceden en la atmósfera y los factores a que se asocian, datos empleados en varios campos del quehacer humano. Por su importancia el traslado de esta información debe ser óptima para que se ajuste a los requerimientos de las aplicaciones en las que se las vaya a utilizar.

La cordillera de los Andes que atraviesa al Ecuador influye en las características meteorológicas en cada región del país. En el caso específico de la provincia de Chimborazo, toda su extensión presenta variaciones no solo en temperatura sino también, en otras características como velocidad del viento, radiación solar, etc. Esto convierte a varias localidades de esta provincia en sitios ideales para el desarrollo de la investigación.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, institución educativa comprometida con la investigación, mantiene en funcionamiento el Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente (CEAA), mismo que cuenta con varias instalaciones en la provincia donde se ubican equipos para mediciones de variables meteorológicas. Estos equipos recogen la información misma que es utilizada en proyectos que maneja el CEAA

Las comunicaciones inalámbricas han contribuido al desarrollo de la sociedad en diferentes ámbitos esto gracias a las características que nos brinda. Esta tecnología consta básicamente de un emisor y un receptor interconectados por un canal no tangible, para lo cual utiliza la modulación de ondas electromagnéticas.

Actualmente las redes inalámbricas permiten la transmisión en tiempo real de información entre varios puntos. En el presente proyecto se desarrollará un estudio técnico y se definirá un diseño para la comunicación de las estaciones meteorológicas del CEAA con sus instalaciones en la ESPOCH.

ANTECEDENTES

Las personas desde el inicio de los tiempos han tenido la necesidad de estar comunicadas, sin embargo, en ocasiones para lograr esto, han tenido el inconveniente de esperar varias horas o días para obtener la información. Esto dio paso al nacimiento de las telecomunicaciones, término que etimológicamente significa comunicaciones a larga distancia, siendo uno de los primeros avances

la invención del telégrafo que en su momento facilitó procesos y aportó en gran manera a la sociedad.

Desde ese momento, la tecnología en todas sus áreas ha experimentado un desarrollo vertiginoso, mismo que ha permitido satisfacer las necesidades sociales que los usuarios de estas tecnologías han requerido en cada época, llegando así a las comunicaciones inalámbricas tal y como las conocemos en la actualidad, con sus características y ventajas intrínsecas que las convierten en herramientas importantes para todas las personas, como ejemplo se presentan las comunicaciones satelitales, telefonía móvil o celular, radio enlaces, Wi-Fi, Bluetooth entre otras.

Este desarrollo acelerado ha permitido que estas tecnologías sean accesibles para la mayoría de las personas, sin embargo, al existir las ya conocidas diferencias entre los países desarrollados y los denominados tercermundistas han hecho que el acceso a las tecnologías en estos últimos sea limitado.

La investigación de modo general, es un campo poco desarrollado en el Ecuador (Paz y Miño, 2017), instituciones tales como la ESPOCH han sabido crear programas y grupos que se ocupan de esta actividad, el CEAA maneja proyectos relevantes como “Estudio del Potencial Energético de la Provincia de Chimborazo Apoyado únicamente con Energías Renovables”, “Métodos para el Control de Calidad y Completación de Datos Faltantes en Parámetros Meteorológicos Relacionados a la Energía Renovable” entre otros (Muñoz, 2017, p.3), esto de modo particular requiere de una recolección constante de datos meteorológicos y procesamiento de la misma

Una red inalámbrica aportará en gran manera en la mejora de la transmisión de la información generada en cada estación meteorológica para posteriormente, dar paso a un análisis de la información que se utilizará en los proyectos mencionados. La información al llegar en tiempo real facilitara la toma de decisiones oportunas en el CEAA en cuanto se refiere a los estudios que realiza este departamento.

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Las necesidades que las personas tienen para mantenerse comunicados, o a su vez, el desear automatizar ciertos procesos han hecho que las diferentes tecnologías de comunicaciones inalámbricas se hayan convertido en una solución bastante fiable ante estas necesidades, esto las presenta en la actualidad como herramientas esenciales para el desarrollo de actividades cotidianas.

El hecho de no depender de cables para el funcionamiento del sistema de comunicación dio paso a modos más prácticos de realizar tareas, desde las más complejas, donde se manejan procesos como la transmisión de voz audio en tiempo real hasta más sencillas como el uso de gadgets que manejan Bluetooth, NFC u otros.

La realización de análisis comparativos para elegir las mejores opciones de entre algunas opciones para el uso de alguna tecnología de comunicación, además del uso de ciertos tipos de hardware da paso al diseño de una red de comunicaciones óptima que asegure el traslado de los datos meteorológicos.

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Las actividades realizadas por el Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente de la ESPOCH precisamente requieren una comunicación oportuna con sus centros meteorológicos, lo que permitirá dar paso a un mejor y más rápido modo de trabajo, ya que al emplear tecnologías inalámbricas para la transmisión de los datos generados por las estaciones meteorológicas no se esperaría largos periodos de tiempo para contar con la información que se precisa en el CEAA.

El presente trabajo pretende eliminar la tarea de recolección de datos, que actualmente, se realiza accediendo a cada una de las estaciones meteorológicas, tarea que se ejecuta cada dos semanas, este hecho implica costos económicos y operativos, ya que el personal que realiza esta tarea debe trasladarse desde la ESPOCH hasta cada una de las localidades donde están instaladas las estaciones, haciendo que los datos, al llegar desfasados al CEAA ya no sean oportunos.

El estudio propuesto, en un principio disminuye considerablemente los costos de movilidad hacia estos lugares que se ubican en diferentes puntos de la provincia de Chimborazo, haciendo necesaria la visita a estos lugares únicamente cuando se requiera trabajos de mantenimiento de equipos y sensores.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿EL diseño de una red de comunicación inalámbrica proveerá al Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente de la documentación técnica necesaria para la adquisición automática de los datos generados por las estaciones meteorológicas?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cómo se realiza el proceso actual de recopilación de datos en las estaciones meteorológicas, y qué tipo de información se obtiene de ellas?
- ¿Cuáles son los Sistemas de Comunicación Inalámbrica de largo alcance que podrían ser utilizados por el Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente?
- ¿Qué herramienta de simulación permitirá diseñar la red de comunicación inalámbrica tomando en consideración todos los requerimientos del sistema?
- ¿Cómo implementará el Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente una solución para la recopilación de datos?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de comunicaciones inalámbricas que proveerá al Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente de la documentación técnica necesaria para la adquisición automática de los datos generados por las estaciones meteorológicas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el proceso actual de recopilación de datos en las estaciones meteorológicas, caracterizando esta información.
- Investigar los sistemas de comunicaciones inalámbricas de largo alcance que podrían ser utilizadas por el Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente
- Seleccionar el software de simulación más adecuado para cubrir todos los requerimientos del sistema.
- Desarrollar un manual de Implementación de la Red de Comunicación para su ejecución en el Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Sistema Electrónico de Comunicaciones

Un sistema electrónico de Comunicaciones tiene como objetivo primordial la transferencia de información desde un punto hacia otro, por lo cual se lo puede definir como el proceso de transmisión, recepción y procesamiento de información usando circuitos electrónicos.

En la figura 1-1 se representa un diagrama de bloques esencial de todo sistema de comunicación, el transmisor está encargado de convertir la información en señales que se adapten al medio de transmisión por el que van a viajar, el medio de transmisión puede ser el espacio libre, guía de ondas, cables de cobre, fibra óptica, etc.

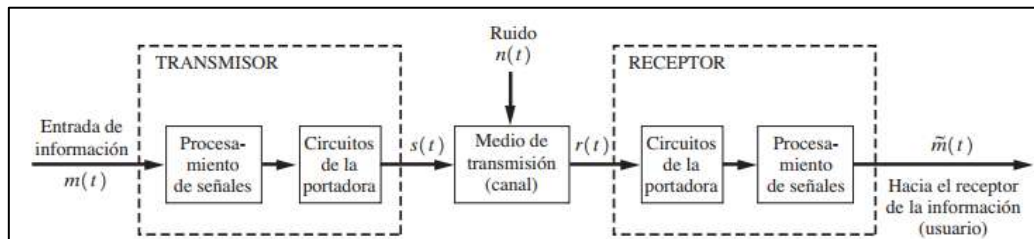


Figura 1-1: Diagrama de un sistema de comunicación.

Fuente: Couch, 2008: p 8

Por otra parte, que el receptor realiza un proceso inverso al transmisor, recuperando la información emitida, este en algunos casos debe realizar procesos de corrección de datos para asegurar que la información sea correcta. En cada uno de los bloques intervienen varios dispositivos y circuitos electrónicos. (Tomasi, 2003, p. 2)

1.2. Comunicaciones Inalámbricas

Partiendo del concepto anterior de un sistema de comunicaciones inalámbricas, se puede definir como el proceso de transmisión, recepción y procesamiento de información teniendo como medio de transmisión o también llamado canal, al espacio libre. La información debe viajar por el espacio libre para lo cual es necesario que la misma sea adecuada a través de los procesos que realizan los transmisores.

A su vez, el sistema de comunicación en el receptor debe ser capaz de obtener la información que fue previamente convertida. El uso del espacio libre como canal de comunicación, introduce fenómenos que degradan la calidad de la comunicación para lo cual el receptor debe ser capaz de recuperar esa información.

En el ámbito de las comunicaciones inalámbricas se manejan varios temas que influyen en los sistemas de comunicación, como son la propagación, el uso de los canales radioeléctricos, las diferentes técnicas de modulación, fenómenos propios de la transmisión en espacio libre, etc.

1.3. Ondas Electromagnéticas.

Una onda electromagnética se define como aquella que se crea producto de la vibración entre un campo eléctrico y uno magnético (Hernández, 2016, p.32). Estas se componen de un campo magnético oscilante que induce un campo eléctrico oscilante y viceversa, el campo eléctrico que compone a la onda es perpendicular al campo magnético.

En la figura 2-1 se representa el campo electromagnético que se compone tanto del campo eléctrico y el campo magnético.

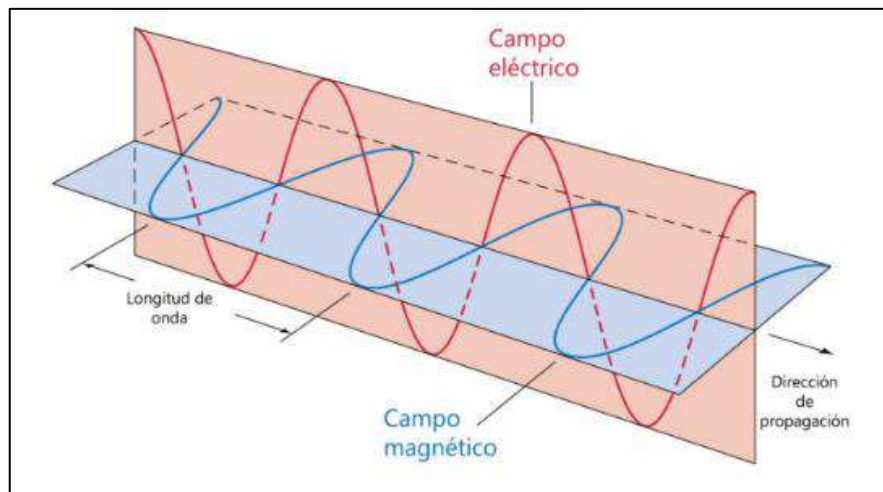


Figura 2-1: Campo Eléctrico y Magnético en una Onda Electromagnética

Fuente: <https://bit.ly/2rAPaoa>

Las ondas electromagnéticas viajan a una velocidad constante de aproximadamente 3×10^8 m/s. Manejan términos como son la longitud de onda (λ) y frecuencia (f). (Hernández, 2016, p.32)

1.4. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético consiste en la distribución energética que producen las ondas electromagnéticas, si se refiere a un objeto, consiste en la radiación electromagnética que esta sustancia emite o absorbe. La longitud de la onda electromagnética (λ), va ligada a la frecuencia (f) de la misma a través de la velocidad de la luz (c), como se muestra en la siguiente fórmula.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Ecuación 1-1: Equivalencia de la Longitud de Onda Electromagnética.

Según el tamaño de la longitud de onda y la frecuencia, el espectro electromagnético se divide en diferentes segmentos o también conocido como bandas, como se muestra en la figura 3-1 (Casanova, 2012, p.23).

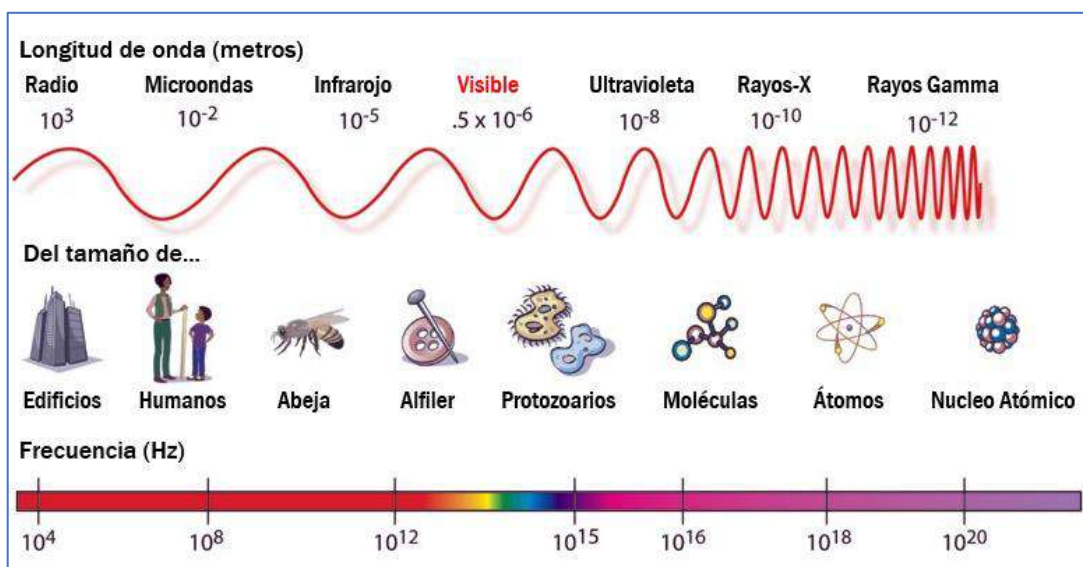


Figura 3-1: División del Espectro Electromagnético.

Fuente: <https://bit.ly/1JPgH9J>

1.4.1. Espectro radioeléctrico

El espectro electromagnético se compone de varias bandas, se puede afirmar que es un intervalo casi infinito de frecuencias, sin embargo, no todas estas frecuencias están disponibles, o simplemente no son adecuadas para el uso de tecnologías de comunicaciones inalámbricas. Al conjunto de frecuencias destinadas para este uso dentro del espectro electromagnético se lo conoce como espectro radioeléctrico. A su vez el espectro radioeléctrico se lo puede dividir según se muestra en la tabla 1-1.

Tabla 1-1: División del Espectro Radioeléctrico.

Bandas de Radio	Frecuencia	Longitud de Onda	Aplicaciones
VLF (Very Low Frecuencias – Frecuencias muy Bajas)	3 – 30 KHz.	100,000 – 10,000 m.	Enlace de radio a gran distancia
LF (Low Frecuencias – Frecuencias Bajas)	30 – 300 KHz.	10,000 – 1,000 m.	Navegación.
MF (Medium Frecuencias – Frecuencias Medias)	300 – 3,000 KHz.	1,000 – 100 m.	Radio AM. Comercial
HF (High Frecuencias – Frecuencias Altas)	3 -30 MHz.	100 – 10 m.	Radio de Onda Corta
VHF (Very High Frecuencias – Frecuencias Muy Altas)	30 -300 MHz.	10 – 1 m.	Televisión VHF, Radio FM.
UHF (Ultra High Frecuencias – Frecuencias Ultra Altas)	300 -3,000 MHz.	1m. – 10 cm.	Televisión UHF, Microondas Terrestres
SHF (Super High Frecuencias – Frecuencias Ultra Altas)	3 -30 GHz.	10 – 1 cm.	Microondas Terrestres y Satelitales
EHF (Extremely High Frecuencias – Frecuencias Extremadamente Altas)	30 -300 GHz.	1 cm. – 1 mm.	Enlaces Cercanos punto a punto experimentales

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Fuente: Ramírez, Luz, 2015, p 11-12.

En la figura 4-1 se muestra varias aplicaciones de sistemas radioeléctricos ubicados en sus bandas de frecuencias respectiva contrastado con el alcance del sistema en kilómetros.

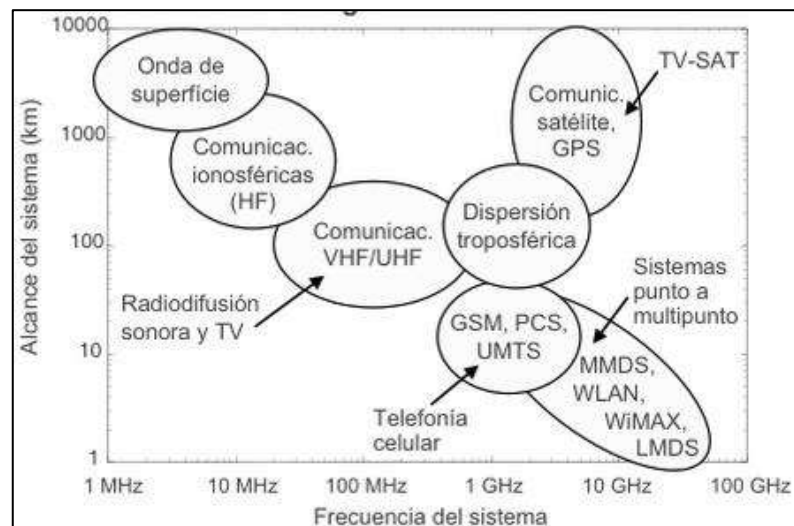


Figura 4-1: Clasificación de algunos Sistemas Radioeléctricos.

Fuente: (Pascual Francisco, 2007, p.3)

1.5. Modulación de la Señal.

Para que la información pueda viajar a través del espacio libre, es necesario que el transmisor

realice el proceso de modulación de la señal. La modulación es la técnica utilizada para poder transportar información sobre una onda portadora. Este proceso permite tener un mejor aprovechamiento del canal de comunicación enviando más información simultánea y protege en cierta medida a la señal de fenómenos como el ruido y la interferencia.(Eveliux, 2007, p.2).

En la figura 5-1 se representa la imagen de una señal modulada en AM donde se puede notar que la señal portador rodea a la señal que es transmitida.

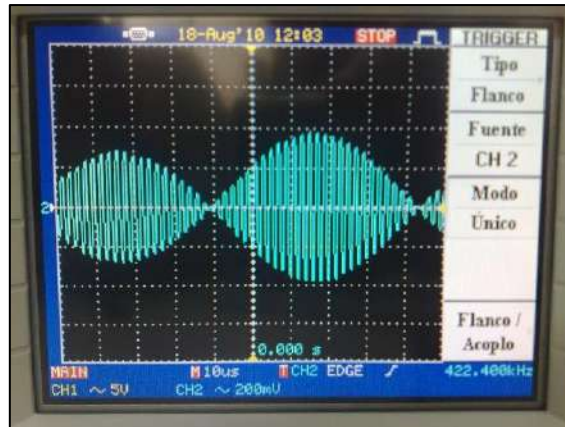


Figura 5-1: Señal modulada en amplitud (AM).

Fuente: <https://bit.ly/2zAfwhd>

Una característica de la onda portadora es que la misma tiene una frecuencia mayor a la de la señal moduladora. La transmisión de señales que tienen frecuencias altas hace que este proceso sea más fácil además que el alcance que puede tener la transmisión es mucho mayor (Eveliux, 2007, p.2).

Existen varios tipos de técnicas de modulación, entre las más conocidas podemos nombrar a la modulación en amplitud (AM), modulación en frecuencia (FM), modulación en fase (PM), modulación por división ortogonal de frecuencia (OFDM), modulación por amplitud de pulsos (PAM), modulación por desplazamiento de fase (PSK), entre otros (Eveliux, 2007, p.2).

1.6. Propagación en el Espacio Libre.

La Propagación Electromagnética se produce gracias a los siguientes eventos:

- Según la hipótesis de la corriente de desplazamiento de Ampere – Maxwell, un campo eléctrico que varía en el tiempo, induce un campo magnético que a su vez varía en el tiempo.

- Según la hipótesis de Faraday, un campo magnético que varía en el tiempo induce un campo eléctrico que de igual manera varía en el tiempo.
- Estos dos campos existen al mismo tiempo, creando así el denominado campo electromagnético que tiene como característica que se propaga a la velocidad de la luz (Coimbra, 2011, p.3).

1.6.1. Características del Espacio Libre.

El espacio libre como canal tiene las siguientes características:

1.6.1.1. Perdidas en el Espacio Libre.

La onda electromagnética al viajar por el espacio libre va perdiendo potencia a razón de la fórmula 2-1:

$$L = 32,4 + 20 \log(d [km]) + 20 \log(f [MHz])$$

Ecuación 2-1: Pérdida de Potencia de una Onda Electromagnética

En esta expresión se considera que la onda viaja por el vacío y en línea recta, no se toma en cuenta los fenómenos de absorción ni de dispersión (Vela Remache, 2015, p.22.).

1.6.1.2. Margen de desvanecimiento.

Este fenómeno es considerado como una pérdida adicional, este consiste en las pérdidas intermitentes en la intensidad de la señal que es provocado por factores extrínsecos relacionados a la meteorología y la orografía del sector. Los factores que se toman en cuenta son: lluvia, nieve, trayectos múltiples de transmisión y la superficie irregular de la Tierra. La ecuación 3-1 presenta la equivalencia matemática de este fenómeno.

$$Fm[db] = 30 \log(d[Km]) + 10 \log(6 * A * B * f[GHz]) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Ecuación 3-1: Margen de Desvanecimiento en una Onda Electromagnética

Donde:

Fm: Margen de Desvanecimiento.

A: Factor de Rugosidad.

- 4: si el terreno es plano o agua.
- 1: terreno promedio.

- 0.25: terreno rugoso.

B: Factor Climático

- 0.5: zonas calientes y húmedas.
- 0.25: zonas intermedias.
- 0.125: áreas montañosas o muy secas.

1-R: 0.00001 (objetivo de confiabilidad del enlace) (Vela Remache, 2015, p.22.).

1.6.1.3. Impedancia.

Es un parámetro análogo a la relación entre el voltaje y la corriente en circuitos que usan constantes concentradas. Se expresa como la relación de las intensidades del campo eléctrico (E) y el campo magnético (H) de la onda electromagnética que se propaga por el espacio libre. Esta es una relación constante en tiempo y espacio, su valor se obtiene de una combinación de valores de cantidades de origen eléctrico y magnético. Se expresa en Ω .

La expresión matemática está representada en la ecuación 4-1

$$Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$$

Ecuación 4-1: Impedancia del Campo Electromagnético

La impedancia tiene un valor de aproximadamente 376.73Ω . (Coimbra, 2011, p.11).

1.6.1.4. Densidad de Potencia de la Onda:

Es un parámetro que se expresa como el producto escalar entre la intensidad de los campos eléctricos y magnéticos de la onda electromagnética. Las unidades de los campos se expresan en V/m y A/m respectivamente por los que la densidad de potencia se expresa en W/m^2 . En términos físicos la densidad de potencia puede ser interpretada como la cantidad de potencia que fluye por cada m^2 (Coimbra, 2011, p.2).

1.6.2. Zona de Fresnel.

Se les denomina así a los elipsoides concéntricos formado alrededor del rayo directo que se usa en un enlace, estos están definidos a partir de las posiciones que tengan las antenas tanto transmisora como las receptoras. Cuando se realizan los cálculos para un enlace inalámbrico se

toma en cuenta la primera zona de Fresnel.

El elipsoide de la primera zona de Fresnel es representado en la figura 6-1, donde además se muestra la antena transmisora como la receptora.

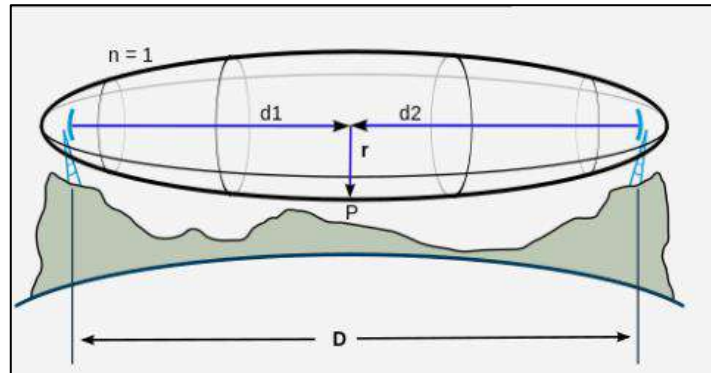


Figura 6-1: Zona de Fresnel entre dos antenas.

Fuente: <https://bit.ly/2IsqSHb>

El desfase de las ondas dentro de este volumen no supera los 180° en la primera zona de Fresnel, la segunda zona de Fresnel puede llegar hasta un desfase de 360°, el elipsoide que corresponde a este valor contiene al elipsoide correspondiente a la primera zona de Fresnel. Respecto a las obstrucciones dentro de la primera zona de Fresnel, la máxima permisible se ubica en el 40% del elipsoide en total, sin embargo, lo recomendable es que no supere el 20%.

Para determinar el radio de la zona de Fresnel en cualquier punto entre el Tx. y el Rx. se aplica la fórmula 5-1:

$$r_n = 547.723 \sqrt{\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}}$$

Ecuación 5-1: Radio de la Zona de Fresnel

r_n : radio de la enésima zona de fresnel

d_1 : distancia entre el transmisor hacia el objeto en Km.

d_2 : distancia entre el punto al receptor en Km.

f : frecuencia en MHz.

d : distancia en el transmisor y receptor (Alvarado, 2008, p.1.2.).

1.6.3. Modos de transmisión.

Dentro de las Telecomunicaciones, las transmisiones se pueden dar de tres diferentes modos los

cuales están descritos en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Modos de Transmisión en Espacio Libre

Modo de Transmisión	Funcionamiento	Ejemplo
Simplex	Transmisión en una sola dirección	Emisoras de Radiodifusión
Half dúplex	Transmisión en ambos sentidos en manera alterna	Walkie Talkie
Full Dúplex	Transmisión en ambos sentidos en manera simultánea	Tecnologías de Comunicación Móvil

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Fuente: <https://bit.ly/2jHZffg>

1.7. Propiedades Ópticas de las Ondas de Radio

El espectro electromagnético se divide en varias bandas, entre ellas existen tanto las ondas que son visibles para los seres humanos como las que no lo son, todas las ondas electromagnéticas visibles y no, cuentan con propiedades ópticas que se muestran en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Propiedades Ópticas de las Ondas de Radio

Propiedad	Descripción	Consecuencia
Reflexión	Las ondas se reflejan en metales, superficie del agua, suelo con el mismo ángulo con el que impacta la superficie. La reflexión invierte la polaridad de la onda	Cambio de dirección de la onda. En ambientes con varios objetos de metal se puede llegar a producir un efecto multicamino
Refracción	Cambio de dirección de la onda, producto de su paso de un medio hacia otro medio que tienen diferentes densidades.	Cambio de velocidad de la onda.
Difracción	Se produce al chocar una onda con un obstáculo, la onda producida rellena una zona de sombra o penetra por pequeños agujeros	La onda difractada se esparce en todas las direcciones. Este fenómeno es mayor si el obstáculo tiene un borde afilado (dimensión pequeña) y la onda es mucho más grande
Interferencia	La interferencia se produce cuando otra onda con la misma frecuencia viaja en el mismo canal, también se producen interferencia por canales adyacentes, la modulación puede mitigar este fenómeno	Las ondas pueden llegar a amplificarse o a su vez anularse.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018.

Fuente: <https://bit.ly/2G0v1N9>

1.8. Redes Inalámbricas.

Las redes inalámbricas están compuestas de dispositivos electrónicos intercomunicados a través

de ondas electromagnéticas, sin tener la necesidad de comunicarse a través de un medio físico (Castro, 2016, p.12), por lo cual es utilizado en ambientes donde no es posible ubicar una red cableada.

1.8.1. Tipos de Redes Inalámbricas.

Según Montero (2017), las redes inalámbricas según su extensión pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- **WPAN:** (Wireless Personal Área Network),

Red inalámbrica de área personal, entre las características más importantes tenemos que su cobertura no excede los 100 metros por lo cual se limita al funcionamiento de gadgets de uso personal, se basa en el estándar IEEE 802.15.4, entre las tecnologías conocidas para este se encuentran el Infrarrojo Bluetooth Zigbee y RFID.

- **WLAN:** (Wireless Local Área Network)

Red inalámbrica de área local, trabaja bajo la norma IEEE 802.11, en este caso el área a cubrir es de hasta 20 Km, son redes de ámbito doméstico y empresarial, como ejemplo podemos tomar la tecnología Wi-Fi.

- **WMAN:** (Wireless Local Metropolitan Network)

Red inalámbrica de área metropolitana, en esta clasificación se utiliza el estándar IEEE 802.16 cubre grandes distancias, se los utiliza generalmente para interconectar varios puntos dentro de una ciudad, entre las tecnologías que se pueden mencionar están las redes Wi-Max, LMDS, Wireless MAN

- **WWAN:** (Wireless Local Wide Network)

Red inalámbrica de área amplia, se lo utiliza generalmente para la transferencia de datos y acceso a internet, puede dar una cobertura regional y nacional, las tecnologías que podemos nombrar son la UMTS, GPRS, HSDPA, EDGE, GSM, LTE (Montero, 2017, p.28).

1.9. Tecnologías de Comunicaciones de largo alcance.

Para este apartado se consideraron las tecnologías de redes WMAN y WWAN ya que las mismas pueden cubrir varios kilómetros de extensión.

1.9.1. Radioenlace

El radioenlace es cualquier sistema de comunicación que funciona entre puntos fijos que se ubican en la superficie terrestre, generalmente estos enlaces trabajan entre los 800 MHz. hasta los 42 GHz (Molina, 2010, p.1-3). Dependiendo de las distancias o de otros factores ambientales, estos radioenlaces solo necesitaran equipos terminales (emisor - receptor) y al no ser posible una comunicación directa, es necesario el uso de repetidores intermedios.

En la figura 7-1. se representa gráficamente un radioenlace.

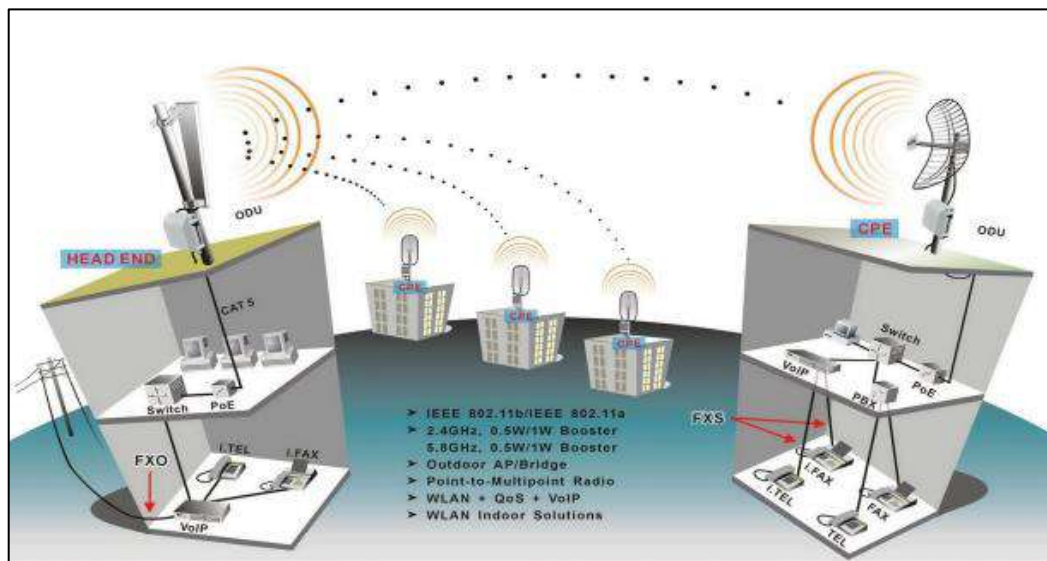


Figura 7-1: Representación de un Radioenlace.

Fuente: <https://bit.ly/2I9ytqX>

En este tipo de enlace la comunicación es de tipo dúplex, se utilizan dos portadoras moduladas, una para la transmisión y la otra para recepción de las señales, a estas dos frecuencias se les denomina radio canal. Los radioenlaces se los realiza entre puntos que tengan línea de vista. Es por este motivo que es necesario que el diseño de estas redes contemple un estudio topográfico previo, además de tomar en cuenta factores como condiciones atmosféricas (Molina, 2010, p.1-3.).

El diseño de cualquier enlace radioeléctrico debe seguir los siguientes pasos:

- Elección del sitio de instalación.
- Estudio del terreno y cálculo de la altura del mástil donde se ubicará la antena.
- Calculo de pérdidas del radioenlace.
- Prueba posterior a la instalación del radioenlace.

Generalmente las antenas utilizadas son casi siempre reflectoras parabólicas que cuentan con radomos de protección., cada uno de los radioenlaces pueden transportar entre 2 y 16 canales E-1/T-1. En cuanto a las interferencias entre los radioenlaces se debe previamente realizar un estudio para que los lóbulos de transmisión sean adecuados procurando ser lo más directivo posible. Finalmente, para utilizar algunas bandas de frecuencia que son óptimas para esta tecnología se necesita obtener una licencia (Ramos Pascual, 2007, p.14).

1.9.2. WiMAX.

WiMAX proviene de sus siglas *World Wide Interoperability for Microwave Access* (Interoperabilidad Mundial para acceso por microondas), esta tecnología trabaja bajo la familia de estándares IEEE 802.16, que tuvo su nacimiento a finales de los años 90, sin embargo el termino WiMAX, fue empezado a usarse desde el año 2001 a raíz de la creación del foro WiMAX que entre sus objetivos está el promover el estándar y asegurar la compatibilidad e interoperabilidad entre los productos de diferentes fabricantes.

WiMAX puede alcanzar velocidades inalámbricas de hasta 70Mbps en distancias de hasta 50 a 60 Km. Esto le permite ser una opción para proveer servicios de telecomunicaciones hacia lugares de difícil acceso como son zonas rurales, o también dentro de empresas para una comunicación interna (Carmona, 2008, p. 2).

1.9.2.1. Características Técnicas de WiMAX

- Capa Física basada en OFDM.

WiMAX en su capa física maneja una modulación OFDM lo cual lo hace robusto en su transmisión. La modulación OFDM (Multiplexación por división de frecuencia ortogonal) consiste en el envío de la información, inicialmente con una técnica QAM o en PSK, para posteriormente ser transportada en un conjunto de portadoras de diferentes frecuencias.

Una de las características representativas con las que cuenta OFDM respecto a otro tipo de modulaciones, es que esta es muy robusta frente al problema del multitrayecto, desvanecimiento

y las interferencias, que son fenómenos que se generan en los canales de comunicación (Manobanda, 2012, p.2.).

En la modulación OFDM, el espectro que está asociado a cada dato es una pequeña porción del ancho de banda total (Manobanda, 2012, p.2.). El ancho de banda debe estar subdividido en N sub-canales. Además de esto, en este tipo de modulación se debe tomar en cuenta el número de subportadoras, el esquema de modulación y el intervalo de guarda a utilizar, tal como se muestra en la figura 8-1.

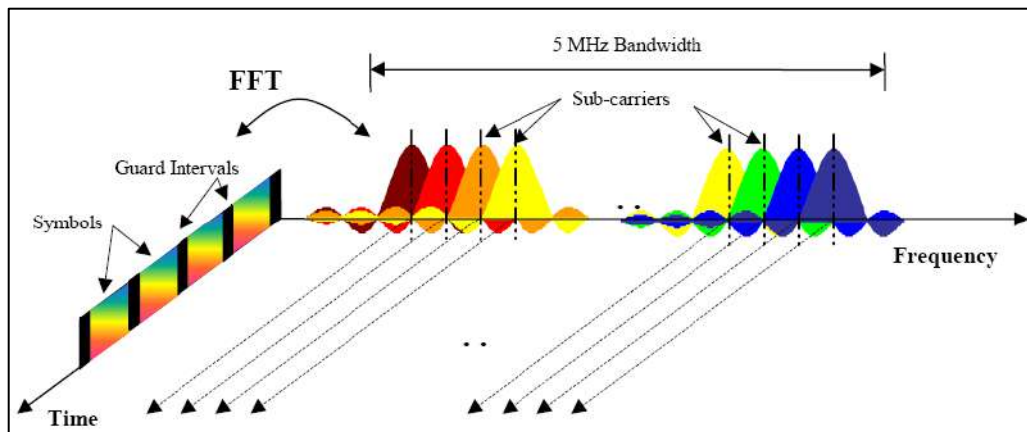


Figura 8-1: Representación de la Modulación OFDM

Fuente: <https://bit.ly/2Kan4rw>

Acerca de la ortogonalidad de OFDM, este es utilizado para adaptar las portadoras dentro de una señal permitiendo así, que las bandas laterales en cada portadora se solapen entre sí, lo que evita la interferencia de portadora adyacente (Jiménez, Parrado, Quiza, Suárez, 2001).

- Grandes Picos de Tasa de Datos.

La tasa de transferencia es alta como ejemplo podemos obtener que a 20 MHz. el sistema puede alcanzar hasta 74Mbps. Incluso WiMAX cuenta con un ancho de banda escalable lo que le permite aumentar su transferencia en canales disponibles. En el caso de utilizar un espectro de 10 MHz. y a su vez un esquema a razón de tres a uno en *downlink* como en *uplink* respectivamente, se alcanza una tasa de transferencia de 25 Mbps en el enlace descendente y 6.7 Mbps en enlace ascendente. (Hernández; Ulises, Marante, 2011).

- Retransmisiones en la capa de enlace.

Para transmisiones donde se requiere mayor fiabilidad, WiMAX soporta el protocolo ARQ

(*Automatic Repeat-reQuest*) que en español corresponde a protocolos de solicitud de repetición automática. Este protocolo tiene como finalidad realizar el control de errores en la transmisión de datos mediante la confirmación de parte del receptor al emisor de la llegada de la información, para esta finalidad hace uso de mensajes de acuse de recibo ACK (Herrera, 2013).

- Multiplexación en Tiempo y Frecuencia.

En las versiones IEEE 802.16d e IEEE 802.16e se puede soportar el uso tanto de la multiplexación en tiempo (TDD) y la multiplexación en frecuencia (FDD), además se permite un uso de *Half Duplex* que es beneficioso por el bajo coste para su implementación. Mayoritariamente es utilizado TDD lo que tiene como ventajas el poder elegir las velocidades entre la bajada y la subida de datos, diseñar un transductor menos complejo, etc. (Carmona, 2008, p. 8.).

- Calidad de Servicio y Seguridad en WiMAX.

La capa MAC de la que se compone WiMAX está orientada a la conexión, admite varias aplicaciones donde se incluye servicios multimedia. Soporta tasas de bits constantes y variables y flujos de tráfico en modo *streaming*. WiMAX, respecto a la seguridad utiliza encriptación AES, que maneja un protocolo robusto de seguridad y de gestión de claves.

Además, hace uso del protocolo EAP (*Extensible Authentication Protocol*) que permite manejar una variedad de credenciales y usuarios lo cual incluye esquemas de usuarios/*passwords*, certificados digitales y tarjetas inteligentes (Bacuilima, 2010, p.68).

1.9.2.2. *WiMAX Fijo y Móvil.*

WiMAX se divide en dos clasificaciones importantes que corresponde a las familias de estándares que se detalla en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Característica de WiMAX Fijo y Móvil

Característica	WiMAX Fijo		WiMAX Móvil
	802.16	802.16d	802.16e
Espectro	10 – 66 GHz.	< 11 GHz.	< 6 GHz.
Funcionamiento	Necesita Línea de Vista	Línea de Vista no necesaria	Línea de Vista no necesaria
Tasa de Bits	32 -124 Mbps	75 Mbps.	15 Mbps
Canal	28 MHz.	20 MHz.	5 MHz.
Modulación	<ul style="list-style-type: none"> • QPSK • 16 QAM • 64 QAM 	<ul style="list-style-type: none"> • OFDM (256 Sub-portadoras) • QPSK • 16 QAM • 64 QAM 	<ul style="list-style-type: none"> • OFDM (256 Sub-portadoras) • QPSK • 16 QAM • 64 QAM
Ancho de Banda	<ul style="list-style-type: none"> • 20 MHz. • 25 MHz. • 28 MHz. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 MHz. • 25 MHz. • 20 MHz. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 MHz. • 25 MHz. • 20 MHz.
Radio de Celda	2 – 5 Km.	5 – 10 Km.	2 – 5 Km.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018.

Fuente: <https://bit.ly/2ws6Jwf>

Cabe resaltar que las dos versiones de WiMAX no son compatibles entre sí, sin embargo, estas se definieron para resolver las distintas demandas de aplicaciones, tanto en fija como en móvil.

La elección de cualquier estándar para WiMAX depende de las necesidades a cubrir, como ejemplo podemos citar si un conjunto de usuarios residenciales desean tener acceso inalámbrico a través de una antena, se puede elegir WiMAX fijo presentando ventajas como bandas que no necesitan licencias, disponibilidad comercial, etc. (Bacuilima, 2010, p.68).

- Tecnologías de comunicación inalámbrica.

Durante los últimos años se han desarrollado varios estándares de tecnología de comunicación móvil, estas han sido agrupadas en generaciones que van desde la primera generación hasta el último grupo que es la quinta generación. En este grupo actualmente se siguen desarrollando estándares y se prevé que para 2020 empiezan ya a funcionar en modo prueba tecnologías pertenecientes a la Quinta Generación (5G).

Sin embargo, para efectos de este trabajo, se tomará en cuenta tecnologías actualmente en uso dentro del país, es decir los protocolos: GSM, GPRS, UMTS, HSPA +, LTE. (Arcotel, 2018)

1.9.3. GSM

GSM es una tecnología de comunicación móvil perteneciente al grupo de 2º Generación, significó el cambio de los sistemas analógicos hacia los sistemas digitales, ya que era necesario solucionar inconvenientes como interferencias, brindar servicios complementarios, etc. Es así que, con GSM, se consiguieron mejoras en transmisión, en la gestión de recursos de radio, movilidad, comunicación y en la operación administración y mantenimiento (Ribadeneira, 2017, p.12).

En la tabla 5-1 se detalla las características lógicas de GSM.

Tabla 5-1: Característica de GSM.

Característica	GSM
Frecuencia de Transmisión Móvil – Base (<i>Uplink</i>)	890 MHz. – 915 MHz.
Frecuencia de Transmisión Base – Móvil (<i>Downlink</i>)	935 MHz. – 960 MHz.
Tipo de Acceso Múltiple	TDMA/FDMA
Método de Duplexación.	FDD
Modulación	GMSK
N.º. de Canales de Tráfico por Radiocanal.	8
N.º Total de Canales de Tráfico	992 – 1392.

Realizado por: Francisco Shagnay, 2018.

Fuente: Ribadeneira, 2017, p. 3.

La tecnología GSM introdujo conceptos y técnicas que han sido la base para futuras tecnologías, entre las que podemos mencionar.

Mobil Station System (MS).: o conocidos popularmente como teléfonos celulares o módulos que trabajan con esta tecnología, entre sus características se encuentran que cuentan con un IMEI (*International Mobile Equipment Identity*) único en cada dispositivo.

Suscriber Identity Module (MS).: Tarjeta inteligente que poseen todos los MS, cada uno identifica al abonado ante la red IMSI (*International Mobile Station Identity*), provee de código PIN y PUK y es posible utilizarlo en diferentes equipos.

En cuanto a la organización que maneja el sistema GSM, este cuenta con estaciones bases (*Base Station*) B.S. el cual forma una célula hexagonal.

Una celda corresponde al área de cobertura del servicio GSM de una radio base, en la práctica se lo representa de manera hexagonal. El área de esta depende de varios factores, el principal, la

potencia del transmisor, banda de frecuencia, altura posición de la antena y de manera secundaria factores externos como geografía del sector, sensibilidad de los receptores y condiciones climáticas.

Cuando un dispositivo GSM está en movimiento y necesita el uso de la red busca la señal con mayor potencia, si la calidad de la conexión se empieza a deteriorar y a la vez encuentra otra radio base en mejores condiciones de potencia realiza un proceso de transmisión conocido como *handover*.

Las células del sistema celular y sus estaciones bases se representan en la Figura 9-1.

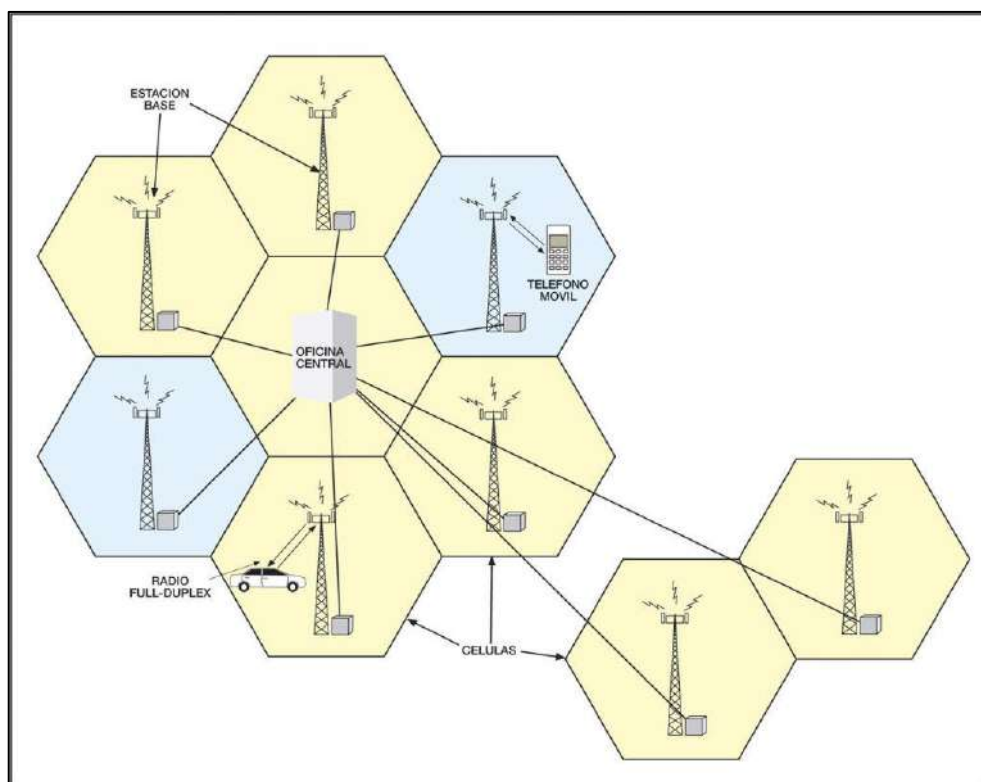


Figura 9-1: Representación Sistema Celular.

Fuente: <https://bit.ly/2rMEjHA>

Todo este sistema está controlado por el B.S.C. (*Base Station Controller*) que se encarga de la gestión de varias estaciones bases (Ribadeneira, 2017, p.49).

La máxima velocidad de GSM para el envío de información es de 9.6 Kbps. y con un tiempo de establecimiento que se ubica entre 15 a 30 segundos, razones por la cual es considerada una tecnología útil para voz mas no tan eficaz en cuanto se refiere a datos. Sin embargo, es importante su análisis porque introdujo varios conceptos que son base para tecnologías de comunicación

móvil más avanzados (Ribadeneira, 2017, p.49).

1.9.4. GPRS.

GPRS (Servicio General de paquetes vía radio) significo una evolución a la tecnología GSM que introdujo nuevas prestaciones. Como característica más importante sobresale el uso de direcciones IP. En la figura 10-1 se representa la composición de GPRS (Paredes, Pérez, 2008, p.57).



Figura 10-1: Representación de GPRS.

Fuente: <https://bit.ly/2rMEjHA>

GPRS utiliza conmutación por paquetes, característica que permite que, al momento de realizar la tarificación del servicio de Internet, se cobre por el volumen de datos enviados mas no por el tiempo de uso como sucede en la conmutación por circuitos.

La conmutación por paquetes contempla el envío de la información de manera fragmentada y un compartimiento de canal con otros usuarios. La velocidad que puede alcanzar GPRS es de 144 Kbps (Caluña, Jordán, 2017, p.29).

1.9.4.1. Características de GPRS.

Always ON: Al ser el tiempo de establecimiento de la conexión bien pequeño, este resulta imperceptible por lo que se puede asumir que existe una conexión constante.

Facturación: El uso de conmutación por paquetes permite que la facturación corresponda al tamaño de información enviada, mas no el tiempo de uso de canal por lo que se presenta un costo nulo de establecimiento de la transmisión.

Velocidad de Transmisión: en GSM se manejaba tan solo un canal dedicado o time slot a una velocidad de 9.6 Kbps. Con GPRS se tiene varios canales asignados con los que se asegura una velocidad mínima de transmisión de 21.4 Kbps hasta alcanzar una máxima de 144 Kbps.

Eficiencia: En GPRS se logra el uso eficiente de los canales de comunicación ya que estos son compartidos dinámicamente de modo que cada usuario mantiene asignado un canal cuando transmite datos.

Transmisión Asimétrica: Este está adaptado al tipo de tráfico de navegación HTML o WML. Como ejemplo podemos nombrar un terminal GPRS 4+1, esto nos da a entender que se dispone de 4 slots disponible para el enlace de bajada o *downlink* y 1 slot para el enlace de *uplink*.

Uso simultaneo de servicios de voz y datos: este según el terminal utilizado se puede asignar calidades de servicio QoS diferenciadas a los distintos usuarios móviles (Paredes Patín, Pérez Acosta 2008, p.61).

1.9.4.2. Arquitectura GSM GPRS.

En la figura 11-1 se detallan los elementos que componen la arquitectura de GPRS que como se puede apreciar en un inicio mantiene ciertos elementos de GSM.

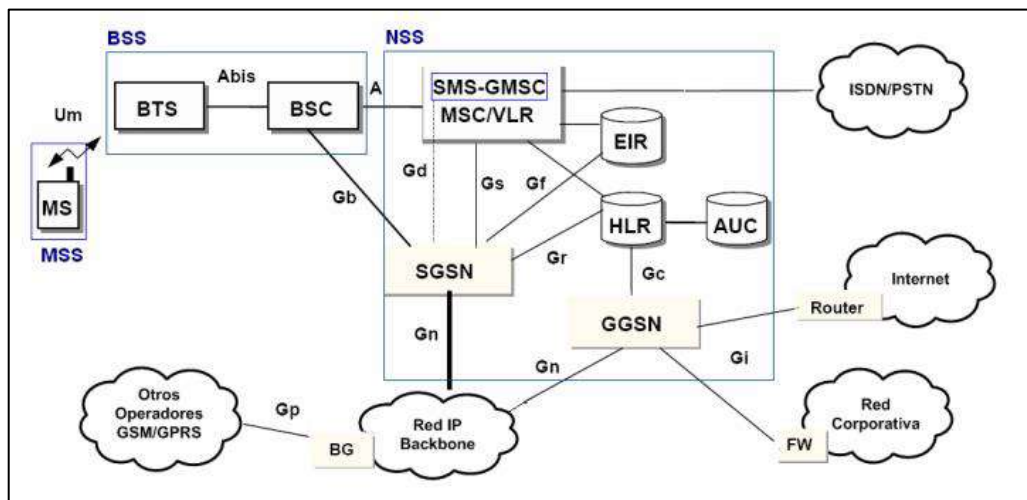


Figura 11-1: Arquitectura de GPRS.

Fuente: Caluña, Jordán, 2017, p.35

Como se puede observar la arquitectura de GPRS esta agrupada en subsistemas que son los siguientes

MSS (Subsistema de Estación Móvil): constituye la interfaz que permite la comunicación entre el usuario y la red. Este a su vez está constituido por el equipo móvil y la tarjeta SIM que va dentro del equipo y que sirve para su identificación dentro de la red. Al igual que GSM comparte características como las identificaciones IMSI, IMEI, códigos PIN y PUK.

BSS (Subsistema de Estación Base): está constituida de los mismos elementos que constituyen este subsistema en GSM. Es decir, cuenta con un BTS y un BSC que son las estaciones base (torres celulares) y el controlador de la Estación Base respectivamente.

El BTS detecta el acceso al sistema de nuevos usuarios y contiene el equipo transmisor y receptor de la célula que esta forma a su alrededor. El BSC se encarga de la gestión de la interfaz de radio, es decir funciona como controladores de los BTS y controla funciones propias de GPRS como son el *handover*, control de potencia y saltos de frecuencia.

La diferencia con GPRS está en que en estos sistemas se utiliza software específico que se ocupan del funcionamiento de la transmisión de paquetes, esto es necesario para marcar una separación entre el funcionamiento de la voz y audio de la transmisión de paquetes. La unidad de control de codificación CCU y la Unidad de Control de Paquetes PCU están encargados del funcionamiento de la transmisión de paquetes GPRS.

NSS (Subsistema de Conmutación y Red): este se encarga en un modo general, de realizar la conmutación y el control de la movilidad en conjunto con la localización de cada equipo, es decir de cada usuario. A continuación, se describe cada elemento que compone el NSS.

MSC (Central Intercambiadora de Servicios Móviles): constituye el elemento central del NSS, se encarga de la conmutación dentro de la red GSM-GPRS y la conexión hacia otras redes.

GMSC (Puerta de Enlace de MSC): como sus siglas lo denomina, es el Gateway para la interconexión de dos redes. Este hace de mediador entre redes de telefonía fija y móvil.

HLR (Registro de Localización de Llamada): base de datos de información administrativa acerca del cliente del servicio y la localización del terminal. El HLR determina si el terminal puede utilizar la red, es decir si es abonado de tal operadora. La localización es importante al momento de recibir una llamada ya que determina a que torre celular debe llegar la señal de radio.

VLR (Registro de Localización del Visitante): Base de datos que almacena la información de todos los terminales que desean acceder a la red y sus servicios. Comparte funcionalidades con el HLR, el VLR controla, permite y limita cierto tipo de conexiones como ejemplo podemos tomar una restricción de llamadas internacionales.

AuC (central de Autenticación): Como su descripción lo indica, proporciona la autenticación de usuarios dentro de la red además de realizar encriptación.

EIR (Registro de Identificación del Equipo): está destinado a la seguridad, pero en este caso, se ubica a nivel de dispositivos. Aquí se encuentra registrado en IMEI de cada equipo.

SMS-IW MSC (SMS-*InterWorking* MSC) y MSC SMS-GMSC (SMS Gateway): Dedicados a la mensajería SMS, trabaja en conjunto con SMS.

SMSC (Centro del servicio de Mensajería): se ocupa del funcionamiento del servicio de SMS, este se compone de hasta máximo 140 caracteres.

SCP, SSP (Punto de Control de Servicio y Punto de Selección de Servicio respectivamente): contiene las funciones de red inteligente, estas funciones son integradas al MSC/VLR.

GPRS requiere de cambios en el software en los siguientes sistemas: HLR, VLR, SMS-GMSC y SMS-IW MSC, estos dos últimos requieren el cambio en la interfaz SGSN.

SGSN (Nodo de Soporte de Servicio GPRS): se encarga de la conexión entre el MS y la red GPRS mediante la entrega de paquetes, se comunica con la MSC manteniendo así una consistencia de datos de ambas redes.

GGSN (Nodo de Soporte de Entrada GPRS): es la interfaz que comunica la red troncal GPRS con las redes de paquetes de datos externos. Incorpora funciones de seguridad como cortafuegos, encapsulado y servicios NAT.

OMSS (Subsistema de Mantenimiento y Operación): realiza el control y la monitorización de la red GSM-GPRS mediante la conexión a diferentes NSS y MSC (Paredes, Pérez, 2008, pp.44-51).

1.9.4.3. Transmisión de Paquetes vía GPRS.

En la figura 12-1. se muestra un diagrama del funcionamiento de la transmisión de paquetes GPRS.

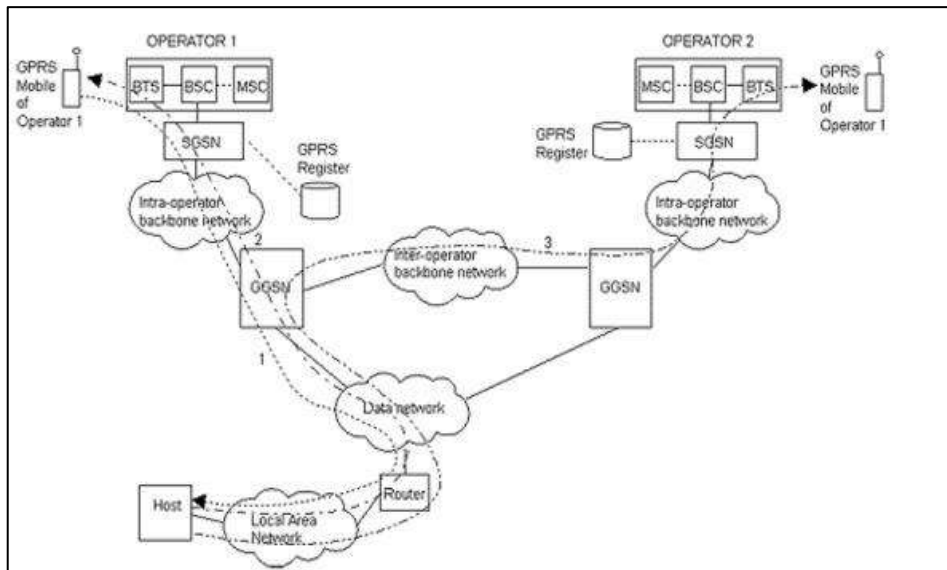


Figura 12-1: Representación de la transmisión de paquetes mediante GPRS.

Fuente: Caluña, Jordán, 2017, p.35

Para el envío de paquetes GPRS es necesario la utilización de un *modem* que preste estas características, este está conectado a la BTS y controlada mediante el BSC. En un principio tanto la voz como los datos viajan de la misma manera hasta el BSC, pero a su salida se separa, la voz se dirige al MSC gracias a la tecnología GSM mientras que los datos se dirigen al SGSN mediante el PCU sobre un enlace *Frame Relay*. Además, el SGSN se convierte en un nodo de soporte donde se envía y recibe datos de las M.S. y los rastrea en su área de cobertura.

Luego los paquetes se dirigen hacia el GGSN el cual se puede comunicar con redes externas. En una transmisión, los paquetes viajan a través de diferentes redes externas como pueden ser internet, X.25 o una red privada, una vez que cruza esta red llega a otra GGSN y regresa hasta el MS con un proceso inverso al descrito previamente.

1.9.4.4. Redes de GPRS.

Las redes de GPRS se clasifican en redes internas y externas.

Redes Internas: En GPRS existen dos redes internas que son las redes de señalización SS7 y la red de *Backbone*, la primera permite un *interworking* cooperativo entre las entidades de los subsistemas de conmutación. En cambio, la red de *Backbone* se ubica en la unión entre los GNS's utilizando un protocolo IP.

Redes Externas: las redes GPRS pueden ser consideradas como una subred IP, por lo tanto,

necesita de una APN (Nombre del Punto de Acceso) (Paredes, Pérez, 2008, pp.44-51).

El APN describe el punto lógico de salida del dominio GPRS que maneja la operadora. Esto posibilita el encaminamiento de los paquetes desde la estación móvil hacia la red inalámbrica

1.9.4.5. GPRS en el Ecuador.

Aunque GPRS es una tecnología que ya hace varios años salió al mercado, fue un gran avance en la comunicación a través de datos consiguiendo en su momento aminorar los costos por el uso del canal ya que el mismo era compartido. Actualmente se han desarrollado varios protocolos hasta llegar a LTE lo que ha permitido conectividad hacia la red a velocidades más altas (Pinos, 2018, p.12).

2G aún no desaparece de Ecuador y no por una cuestión de un desarrollo tecnológico lento, sino más bien porque varias soluciones de telemetría trabajan en 2G y 3G, esto es en las comunicaciones, industria, etc.

GPRS, tecnología perteneciente a la 2º Generación, está presente en amplias zonas del país ya que cubre las necesidades más básicas de comunicación de voz y datos.

1.9.5. LTE.

Comercialmente se ha promocionado a esta tecnología como de 4º generación, sin embargo, se podría decir que, podría estar en una escala de una Generación 3.9, ya que carece de algunas características como su velocidad. Para cumplir con los requerimientos de 4G se desarrolló la tecnología *LTE Advanced*.

La Tabla 6-1 muestra las diferencias de velocidades de transmisión de las tecnologías de cuarta generación, tanto en LTE y en *LTE Advanced*.

Tabla 6-1: Velocidades de LTE

Modalidad	LTE	LTE Advanced
Downlink	300 Mbps.	1 Gbps.
Uplink	75 Mbps	500 Mbps.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018.

Fuente: <https://bit.ly/2GtKPgu>

LTE, corresponde al acrónimo *Long Time Evolution* (Evolución a Largo Plazo). La arquitectura de LTE es una evolución de UMTS, que a su vez está desarrollado a partir de los principios de GSM (García, Llácer, 2014, p. 150-153).

1.10. Estación Meteorológica

Se define a una estación meteorológica como el lugar donde se realizan observaciones del comportamiento de la atmosfera y sus efectos en el medio ambiente. Aquí se ubican instrumentación adecuada para la recolección de información los cuales serán analizados posteriormente (Meteogalicia, 2013, p.2).

1.10.1. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas.

El Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente mantiene en funcionamiento varios centros de investigación en la provincia, en seis de estos se encuentran equipos dedicados a la meteorología.

La distribución geográfica de los centros meteorológicos se detalla en la figura 16-1.



Figura 13-1: Distribución geográfica de las E.M.

Realizado por: Francisco Shagnay, 2018.

La tabla 7-1 complementa la información de las ubicaciones geográficas añadiendo las coordenadas geográficas, el cantón y comunidad en donde localizan, el sector y la altura sobre el nivel del mar.

Tabla 7-1: Ubicación Geográfica de las Estaciones Meteorológicas del CEEA.

Estación Meteorológica	Cantón	Comunidad	Sector	Coordenadas	Altura
Chingazo	Guano	San José de Chocón	Chingazo Alto	1°36'40.88" S 78°34'11.46" O	2940 msnm
Chimborazo	Riobamba	Loma de Rasutambo	Zona de Pinanquil	1°32'0.43" S 78°52'40.27" O	4302 msnm.
Cañi	Colta	Rumignokiana	Vía a Cañi	1°43'53.29" S 78°52'45.41" O	4328 msnm
Igualata	Guano	San José de Igualata	Igualata	1°32'44.73" S 78°36'3.65" O	3599 msnm
Moyocancha	Alausí	Aña Moyocancha	Finca de la ESPOCH	2°10'0.7" S 78°42'41.94" O	3822 msnm

Realizado por: Francisco Shagnay, 2018.

Fuente: (Pacheco, 2018).

1.10.2. Equipos y Sensores.

Los centros meteorológicos pertenecientes al CEEA cuentan con el equipo Vaisal HydroMet

MAWS100 que es un producto optimizado para el monitoreo hidrometeorológico, es ideal para el uso de pocos sensores. Es ideal para el funcionamiento en locaciones remotas y donde se necesita alta fiabilidad con bajo consumo de energía.

La figura 14-1 contiene la imagen del equipo Vaisal HydroMet MAWS100.



Figura 14-1: Vaisal HydroMet MAWS100, en su interior su *datalogger*

Fuente: <https://bit.ly/2rPaLt5>

Entre las características importantes con las que cuenta este equipo están: facilidad para implementar una variedad de sensores, tiene una protección adecuada utilizando cable cubiertos de poliuretano, cuenta con el software YourView, desarrollado por el mismo fabricante con el cual se puede ver los datos en tiempo real (VAISALA, 2014).

Características: las características de la estación meteorológica Vaisala HydroMet MAWS100 se detallan en la tabla 8-1.

Tabla 8-1: Características de las Estaciones Meteorológicas del CEEA

Estación Meteorológica	Característica
Modelo	Vaisal HydroMet MAWS100
Recolección de Datos	Vaisal Data QML201C
Materiales	<ul style="list-style-type: none">• Acero Inoxidable.• Plástico
Carcasa	400 mm altura 100 mm ancho 200 mm profundidad
Alimentación	<ul style="list-style-type: none">• 90 – 264 V.A.C., 45 – 60 Hz.• 8 – 30 V.D.C. (8 V. Ideal)
Comunicación Inalámbrica	GSM, GPRS
Comunicación de Red Terrestre	RS232, RS485 bus, Línea Fija, PSTN, LAN

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Fuente: <https://bit.ly/2lLafmT>

- Datalogger.

Conocido también como registrador de datos, recopila datos en tiempo real a través de sensores conectados a éste, su consumo de energía es pequeño (Final Test, 2010, p.63). También son conocidos como registradores de datos y se dividen en los de propósito general, los cuales son utilizados en varias aplicaciones como la meteorología que hemos nombrado, y los de propósitos específicos para aplicaciones particulares.

El *datalogger* con el que cuenta las estaciones meteorológicas del CEEA es el de la empresa Vaisala, modelo Data QML201C. En la figura 15-1, se muestra el *datalogger* en mención



Figura 15-1: Composición de *Datalogger*

Fuente: <https://bit.ly/2Q8D0xT>

Las características del equipo se resumen en la tabla 9-1. Como fue descrito previamente, tiene como finalidad el almacenar la información y generar informes de las mediciones que se realizan en las diferentes estaciones.

Tabla 9-1: Características del *Datalogger* Vaisala Data QML201C

Datalogger	Vaisala Data QML201C
Procesador	33 MHz. 32 bit Motorola
Memoria	4 Mb RAM
Memoria almacenamiento	3.3 Mb memoria interna Expandible a 2GB con memoria flas
Entradas de Sensores	10 entradas analógicas
Consumo de Energía	<10 mA/12V
Comunicación Ethernet Standard	IEEE 802.3
Velocidad	10 Mbps (10 Base-T)
Parámetros	Full/Half dúplex

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Fuente: <https://bit.ly/2LxTv4b>

El equipo administra todos los sensores y les provee energía para su funcionamiento, su método de comunicación puede ser muy variable, de modo local se puede comunicar mediante sus puertos seriales RS232 y RS485, red LAN, remotamente, de manera inalámbrica, utilizando protocolos GSM, GPRS, CDMA, UHF, apoyado de hardware de terceros. (VAISALA, 2014)

El equipo está compuesto en su interior por cuatro módulos,

- **CPU BOARD:** encargado de todas las gestiones como son la recolección de datos, formulación de archivos, etc.
- **Compact Flash Card:** Aquí se puede colocar una memoria compacta flash para que se almacena la información generada por el *datalogger*.
- **DSU232:** Este es el módulo encargado de transportar la información desde el CPU hacia el exterior, a través de un puerto serial, este es la salida para la comunicación del *Datalogger*.
- **Modulo Adicional:** Este es un espacio disponible para conexiones de comunicación que se podría implementar en paralelo con la primera opción.

En la figura 16-1 se muestra el *datalogger* con sus conexiones físicas y su composición interna

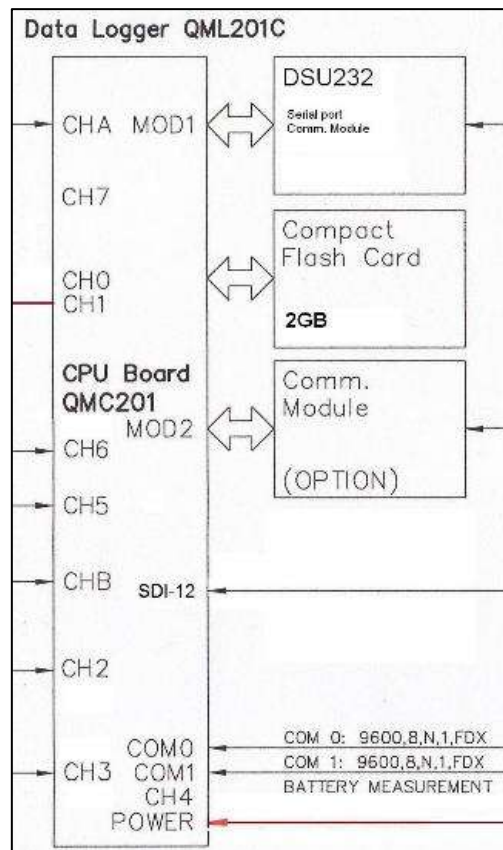


Figura 16-1: Composición de *Datalogger*

Fuente: <https://bit.ly/2LxTv4b>

- Piranómetro.

El piranómetro es uno de los principales sensores dentro de una estación meteorológica, Caluña y Jordán (2017) definen este sensor como “Piranómetro: es un sensor de radiación que mide la radiación que proviene del sol. La radiación solar puede ser difusa o directa. La unidad de medida es W/m^2 .”.

El sensor logra conseguir esta información aplicando el principio de detección termoelectrica que señala que en una superficie horizontal negra la radiación puede ser absorbida y medida. (Placencia Sánchez, 2016, p.19).

El CEEA cuenta con el modelo HUKSEFLUX SR11, en la figura 17-1 se la puede apreciar, el mismo está disponible en el mercado, es compatible con la mayoría de los dataloggers, este cuenta con un certificado de calibración, filtro solar y cable de 5 m (NRG Systems, 2014, p.3).



Figura 17-1: Piranómetro HUKSEFLUX SR11

Fuente: <https://bit.ly/2GK2IJ>

- Anillo de Sombra.

Un anillo de sombra consiste en un módulo que tiene por objetivo eliminar la radiación directa incidente sobre un piranómetro, lo cual permite medir solamente la radiación difusa (Darrera, 2008).



Figura 18-1: Anillo de Sombra.

Fuente: <https://bit.ly/2LmwnG9>

- Sensor de Presión Barométrica.

Un sensor de presión barométrica o también conocido como presión atmosférica, cumple la función de medir el peso del aire o presión que ejerce la atmosfera sobre la superficie, la unidad de medición son los pascales (APCD - Página Web de Servicios Meteorológicos, 2018, p.3).

El sensor Sutron, Accubar 5600-0120-3 puede tomar medidas de valores ubicados entre los 500 a 1100 mB. Las condiciones de temperatura de trabajo se ubican entre los -40°C a 60°C.

- Anemómetro.

El anemómetro es un dispositivo que se dedica a la medición de la velocidad del viento (infoAgro, 2006, p.1). Dependiendo de los requerimientos y el porcentaje de fiabilidad que se desea obtener de las muestras, podemos elegir un anemómetro básico que funcione con aspas o un anemómetro ultrasónico. El principio de funcionamiento de este anemómetro es que la velocidad de propagación del sonido depende de la velocidad del viento.

Como se lo indico anteriormente, existen 2 tipos de anemómetros que pertenecen al CEAA, el primero conocido también como monitor de viento corresponde al modelo Young 05103 y el anemómetro ultrasónico es el modelo Young 85000. Los dos anemómetros se muestran en la figura 19-1.

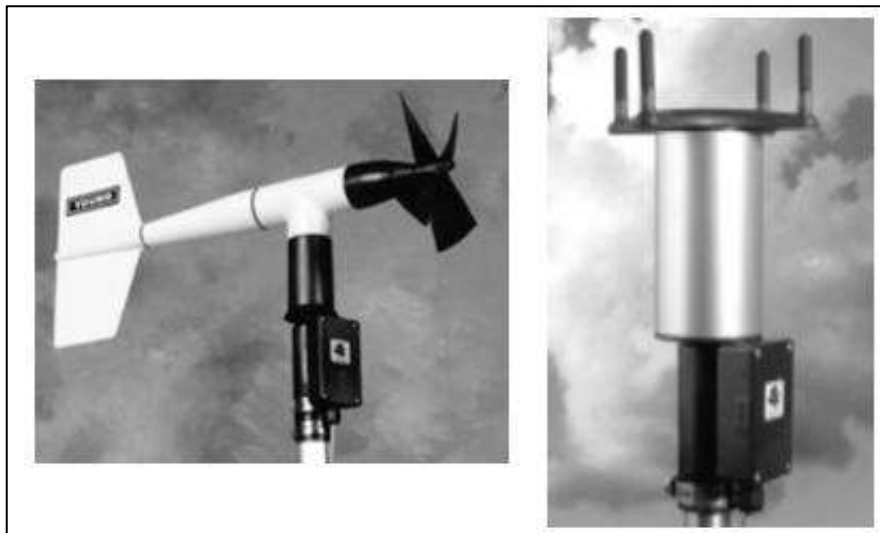


Figura 19-1: A la izquierda modelo Young 050103, a la derecha Young 85000

Fuente: <https://bit.ly/2AlSniI>

- Sensores de Temperatura y Humedad

Los demás sensores que utilizados son: temperatura tanto ambiental como el de suelo, sensor de humedad.

Para la temperatura del suelo los centros meteorológicos cuentan con el sensor QMT107, este cuenta con siete niveles de mediciones, estas se distribuyen en todo el cuerpo del sensor ubicándose a +5cm., 0cm. (corresponde al nivel del suelo), - 5cm., -10 cm., -20 cm., -50cm. - 100cm. (Vaisala Oyj, 2012, p.3). En la figura 20-1. se halla el sensor de temperatura de suelo.

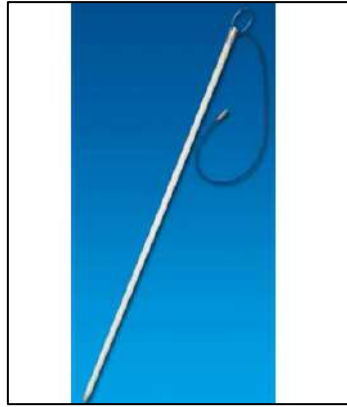


Figura 20-1: Sensor QMT107

Fuente: <https://bit.ly/2Lpbqu6>

Para la recolección de las variables de temperatura ambiental y humedad se hace uso de varias sondas, las mismas, están provistas de protección frente a rayos UV, aceptan un amplio rango de temperatura. Estos sensores son relativamente fáciles de configurar (Vaisala Oyj, 2012, p. 2).

Los rangos de medición de este sensor respecto a la humedad relativa van desde el 0% al 100%, en cambio el rango que es capaz de registrar respecto a la temperatura va desde: -80°C a 60°C (Vaisala, 2013, p. 2).

1.10.3. Infraestructura de las estaciones meteorológicas.

Las estaciones meteorológicas en infraestructura están compuestas de la siguiente manera: un área de 200 metros cuadrados rodeado por un cerramiento rectangular construido de tubería galvanizada y 2 metros de altura rodeado por una malla para cerramiento tipo rombo. En la figura 21-1 se muestra el cerramiento de la estación meteorológica en la estación de Cañi



Figura 21-1: Estación Meteorológica en Cañi

Realizado por: Francisco Shagñay

Respecto a la distribución interna, las estaciones meteorológicas se componen de la siguiente manera. Una torre triangular de aluminio de 10 metros en la cual se ubica la caja Nema, dentro de esta caja se ubica el *datalogger* y la batería. Las figuras 22-1 y 23-1 muestran estos dispositivos en las estaciones meteorológicas.



Figura 22-1: Ubicación caja Nema

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018



Figura 23-1: Datalogger y Batería al interior de Caja Nema

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Más arriba en la misma torre se ubica el panel solar y en la parte superior se instala el anemómetro. Alrededor de la torre se hallan instalados el resto de los sensores teniendo varias consideraciones teniendo como ejemplo, la instalación del piranómetro se la realiza en posiciones donde nunca va a llegar ninguna sombra de algún objeto o vegetación.

El pluviómetro alejado de objetos y empotrado con un ángulo de apertura de 45° para captar la mayor cantidad de lluvia posible. El barómetro se ubica dentro de la caja Nema. Los sensores de temperatura y humedad son colocados con protección metálica para no ser afectados por la radiación.

1.11. Características Geográficas de la Provincia de Chimborazo

La provincia de Chimborazo se encuentra en la parte central de la provincia de Chimborazo, atravesada por la cordillera de los Andes, lo cual influye en el clima en diferentes zonas de la provincia. El accidente geográfico más representativo es el nevado Chimborazo, alrededor del mismo existe zonas donde la velocidad del viento hace factible la ejecución de proyectos de energías alternativas.

En la figura 24-1 se detalla a través de una imagen satelital la orografía presente en la provincia de Chimborazo.

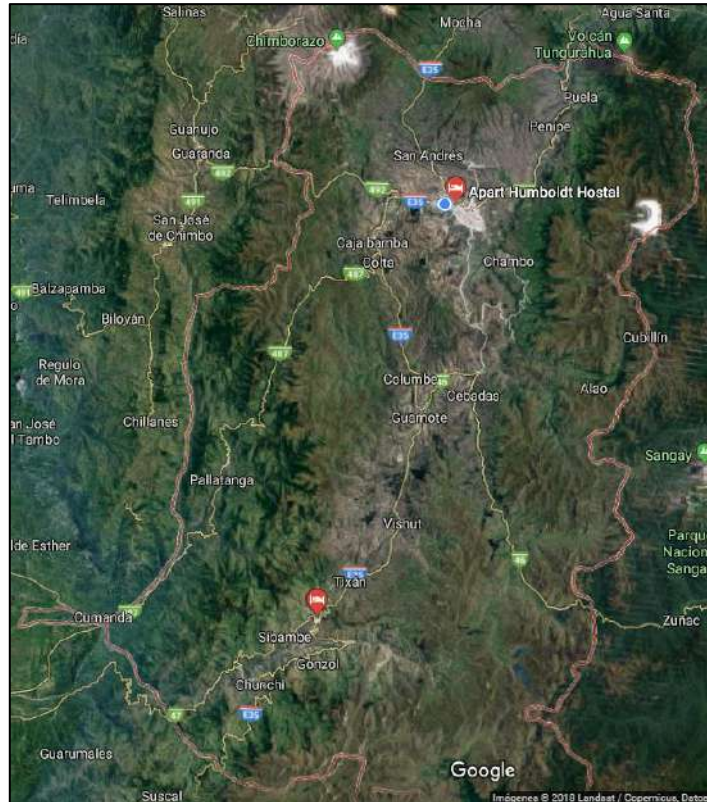


Figura 24-1: Imagen Satelital de la Provincia de Chimborazo.

Fuente: <https://bit.ly/2kl4B0a>

1.12. Software de Simulación.

Un simulador es un software que nos permite ejecutar proyectos dentro de un entorno digital que nos provee el programa, este simula la existencia de todos los factores que influirán en la ejecución del proyecto, con lo cual podemos llegar a la conclusión si el mismo puede ser viable o no (Vilema, 2016, p.12).

Cabe resaltar que existen varios simuladores desde los más sencillos, hasta los más complejos utilizados en áreas de diferentes ingenierías. En el campo de las telecomunicaciones existen diferentes opciones dependiendo de la finalidad que se tenga para cada uno. En lo que concierne a simuladores de transmisiones en espacio libre podemos nombrar a: ICS Telecom, Radio Mobile, AirLink, Atoll, etc.

1.12.1. Radio Mobile.

Software de simulación de comunicaciones inalámbricas de propósito general, utiliza el rango de frecuencias que empieza en 20 MHz hasta los 20GHz (Martínez, 2012, p.75). Los resultados de simulación los obtiene basados en la cartografía que dispone además de modelos matemáticos

propios del programa. Puede obtener simulaciones de transmisiones punto a punto o a su vez resultados de coberturas.

En la figura 25-1. se muestra el resultado de un cálculo de radio enlace en Radio Mobile.

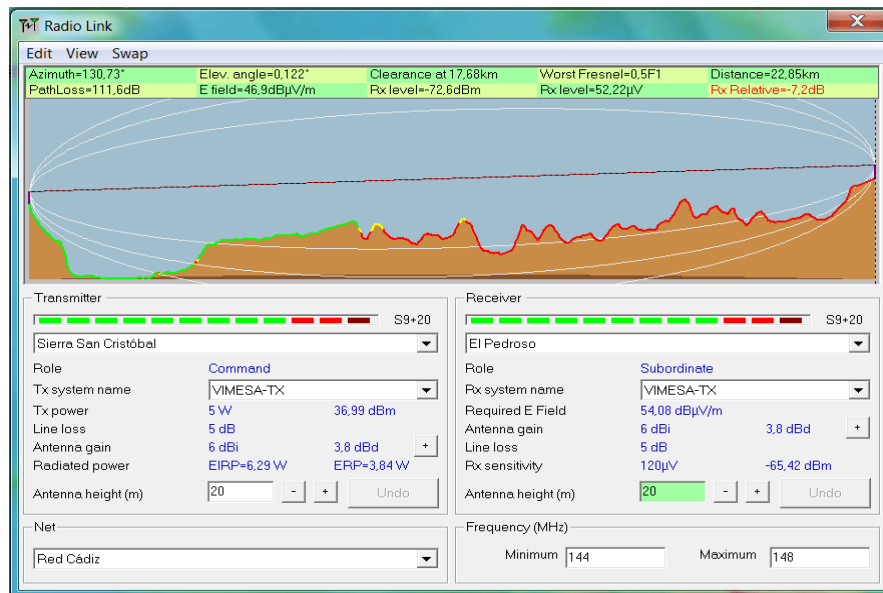


Figura 25-1: Simulación en Radio Mobile.

Fuente: <https://bit.ly/2OkkAZ2>

La cartografía se la obtiene gracias a un proyecto denominado *Shuttle Terrain Radar Mapping Mision*. Este software además de otros de la lista, cuentan con la opción de representar su simulación en un mapa de imágenes satelitales en la aplicación de Google Earth (Martínez, 2012, p.75).

1.12.2. Atoll.

Atoll es un software que para su funcionamiento necesita de su respectiva licencia. Es especializado en simular redes móviles como GSM GPRS WiMAX. Ofrece varias opciones para un diseño más detallado y así obtener mejores resultados (Calle, Guamán, 2016, p.98).

Trabaja con una arquitectura de base de datos para así gestionar y mantener íntegra la información. Esto a su vez permite la integración con otros sistemas de telecomunicaciones. La figura 26-1 muestra la interfaz de trabajo del software.

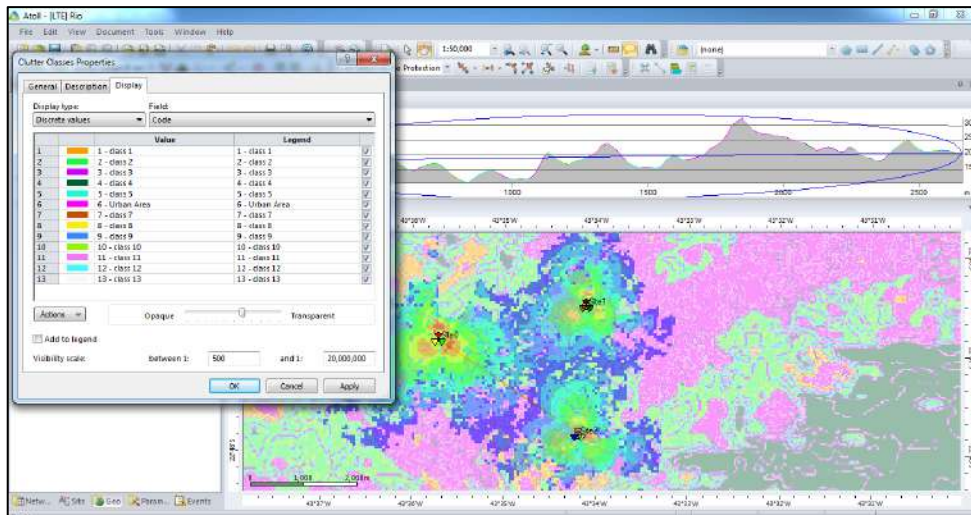


Figura 26-1: Interfaz Software Atoll

Fuente: Atoll, 2017

1.12.3. Xirio Online.

Es una herramienta en línea muy útil y completa que cubre varias funcionalidades desde cálculos de coberturas y simulaciones de comunicaciones punto a punto. Para este propósito cuenta con el soporte de un mapa orográfico de parte de Google. En la figura 27-1 se observa algunas funcionalidades con las que cuenta esta herramienta.



Figura 27-1: Herramienta Xirio – Online

Fuente: Xirio on line, 2018

El servicio ofrece dos tipos de opciones en cuanto a la calidad de resultados se refiere: uso libre con una calidad de imagen aceptable para propósitos educativos y un uso diario limitado de simulaciones.

Podemos encontrar posibilidades de simular comunicaciones móviles públicas, radiodifusión,

radioenlaces, acceso a banda ancha. Adicional a esto posee modelos de propagación tales como Okumura-Hata, etc. que son intuitivos.

1.12.4. ICS Telecom.

Pertenciente a ATDI, entre sus características podemos nombrar que este software maneja espectros desde los 8 KHz llegando a los 450 GHz lo que le permite simular varios tipos de tecnologías entre los que podemos destacar: AM, FM WiMAX, Telefonía Móvil, Wi-Fi, etc. Así mismo podemos aplicar varios modelos de propagación.

En la figura 28-1. se muestra la interfaz del software ICS Telecom cargado el mapa geográfico del país.

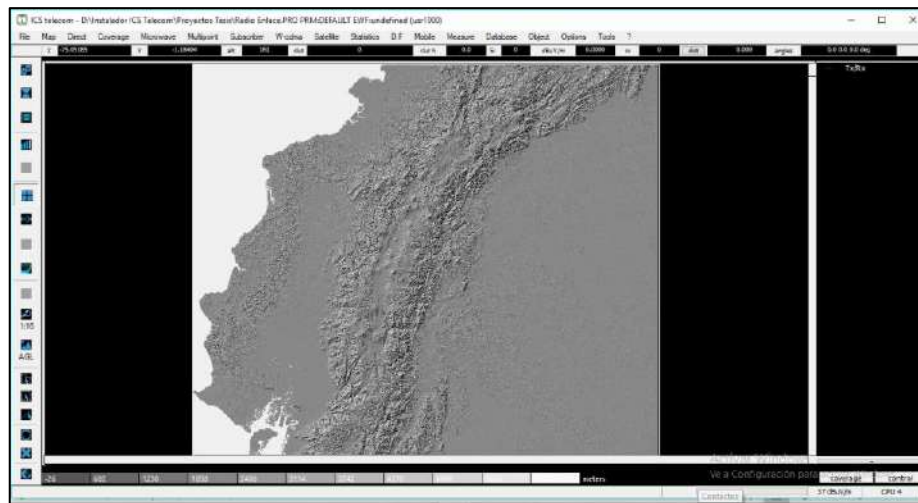


Figura 28-1: Interfaz de Software ICS Telecom.

Realizado por: Shagnay Francisco, 2018.

Otro aspecto importante de este software es que incluso podemos configurar el patrón de radiación de la antena transmisora, la configuración de frecuencias y la configuración de atenuaciones.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Situación Actual del Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente.

2.1.1. *Antecedentes del CEAA.*

El Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente (CEAA) nace en el año 2014 conformado por lo que anteriormente eran el GEAA-ESPOCH y el GEAA-FIE, actualmente mantiene sus oficinas en las instalaciones de la Facultad de Informática y Electrónica.

El CEAA cuenta con equipo de profesionales en varias áreas tales como Física, Química, Matemática, Biología, Forestal, Electrónica, Telecomunicaciones, entre otros; lo que le permite el desarrollo de varios proyectos en diferentes áreas a favor de contribuir con su trabajo a la comunidad (CEAA, 2017, p.1).

2.1.2. *Misión y Visión.*

El CEAA tiene como objetivo “Desarrollar antecedentes científicos, tecnológicos e innovadores y los relacionados con el conocimiento ancestral, para la aplicación de Energías Alternativas y Protección Ambiental” (CEAA, 2017b, p.1).

Todo el trabajo que realiza el CEAA está dirigido a cumplir la visión de

“Ser un centro líder en Investigación de Energías Alternativas y Ambiente de la ESPOCH, la provincia y el país, aportando con trabajos de calidad técnico-científica de acuerdo a la misión y visión de nuestra institución, al mismo tiempo cumpliendo con los objetivos del Plan del Buen Vivir y de acuerdo a las estrategias de Matriz Productiva del país, respetando nuestra casa grande y los saberes de los pueblos” (CEAA, 2017c, p.1)

2.1.3. *Proyectos y Convenios con Instituciones.*

El CEAA mantiene alianzas y convenios a favor de sus proyectos con diferentes instituciones educativas, públicas y privadas tanto nacionales como internacionales todos estos a favor del

desarrollo de varios temas de investigación.

Como ejemplo podemos citar el proyecto "Métodos para el control de calidad y completación de datos faltantes en parámetros meteorológicos relacionados con la energía renovable" el cual se lo realiza en convenio con las instituciones públicas INER y Senecyt; "Posicionamiento GPS en tiempo real vía NTRIP" que se lo ejecuta en convenio con la ESPE y la UTN.

El proyecto "Estudio del Potencial Energético de la Provincia de Chimborazo apoyado únicamente con energías renovables" se lo desarrolla en convenio con la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. En este último, este proyecto de titulación pretende aportar en el proceso de recolección de datos.

2.2. Análisis de la Situación Actual del CEAA

Mediante un sondeo realizado en el CEAA se determinó su metodología de trabajo actual. El grupo se ocupa de varias actividades entre las cuales está la administración de las estaciones meteorológicas que se realiza en 5 localidades ya mencionadas. La recolección de datos se la realiza viajando hacia cada una de estas localidades que están dispersas en la provincia.

Esto genera varios inconvenientes que se ve reflejado en el tiempo que se invierte para la recolección de datos. La estación más cercana a Riobamba se ubica en los alrededores de la comunidad de San José de Chocón en el cantón Guano, la siguiente estación se encuentra en una ubicación más remota, en el mismo cantón denominado Igualata. Las más alejados son las ubicadas cercana al Chimborazo, Cañi en Colta y la de Moyocancha en el cantón Alausí.

Posterior a esto se realiza el procesamiento de toda la información que consiste en varios archivos, generalmente se programa cada viaje en un periodo de cada 2 semanas a cada 4 semanas. Esto provoca que la información que llega a la estación se encuentre desfasada. Finalmente, a largo plazo constituye un gasto significativo ya que se debe cubrir valores adicionales correspondientes a combustible y viáticos al personal.

2.3. Funcionamiento de los Centros Meteorológicos del CEAA.

El CEAA maneja varios equipos para la recolección de información de las variables meteorológicas, la descripción de estos equipos se la realizó en apartados anteriores de este informe. Dependiendo de cada localidad donde se hallan estos equipos, varían los modelos de estos sensores, como ejemplo podemos nombrar el área cercana al nevado Chimborazo, donde la

información que está relacionada al viento es la más relevante, motivo por el cual se utiliza un anemómetro ultrasónico.

2.3.1. Funcionamiento y Procesos realizados en el Datalogger.

Previamente, en el capítulo I, se definieron las funciones del *datalogger* y su relevancia dentro de la estación meteorológica. En este apartado se describe el trabajo que realiza dentro de las estaciones meteorológicas del CEEA, así como también las conexiones físicas entre el equipo y los sensores.

2.3.1.1. Conexiones Físicas con los Sensores.

Cada uno de los sensores ubicados en las estaciones meteorológicas indicadas están conectados directamente hacia el *datalogger*, el cual los gestiona. En la figura 1-2 se detalla el diagrama de conexiones

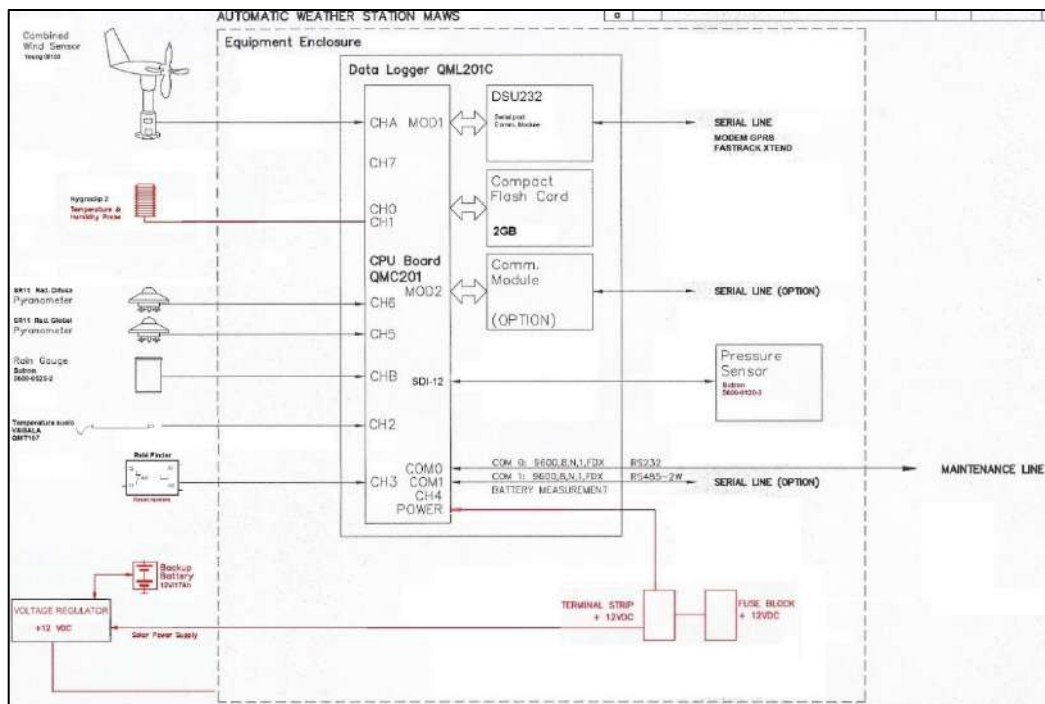


Figura 1-2: Diagrama de conexiones de *datalogger* en conjunto con los sensores

Fuente: <https://bit.ly/2AlSnI1>

Como se puede observar en el diagrama, el *datalogger* posee entradas analógicas destinadas a todos los sensores, estos están conectados a su CPU para la realización del procesamiento y almacenamiento de datos.

2.3.1.2. Configuración de datalogger

Para configurar este equipo, el kit que comercializa la empresa incluye el software Maws Lizard, el cual permite la configuración del *datalogger*, y por ende el sistema en total. Aquí se define el modo de funcionamiento de cada sensor y se controlan los tiempos en que se testea las medidas de cada variable.

Todo este proceso ha sido configurado y se lo mantiene en funcionamiento por miembros del CEAA, además de esto, realizan el mantenimiento físico en cada localización. En la figura 2-2 se muestra la interfaz del software Maws Lizard.

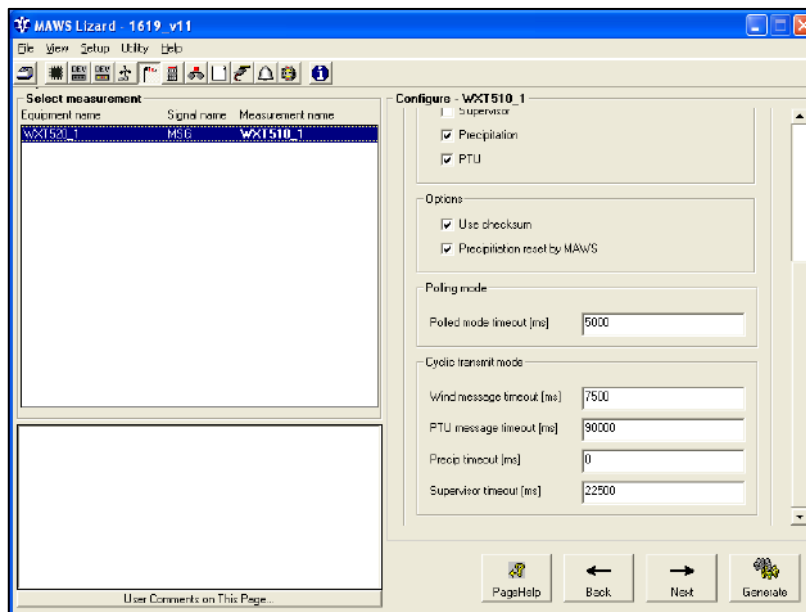


Figura 2-2: Interfaz software Lizard

Fuente: <https://bit.ly/2sCsmP0>

El equipo puede proporcionar cálculos estadísticos, registro de datos en una tarjeta flash compacta, funciones que son utilizadas actualmente por el CEAA para un posterior procesamiento.

2.3.1.3. Muestreo de información en las Estaciones Meteorológicas

La información que se muestrea a través de los sensores y los reportes que se crean desde el *datalogger* se detallan en la tabla 1-2

Tabla 1-2: Intervalos de Medición de cada Sensor

Sensor	Rango de Medición	Intervalo de Medición
Velocidad y Dirección de Viento	0 m/s ... 60 m/s 0° ... 360°	2 s.
Temperatura de Suelo	-40°C ... + 60°C	60 s.
Temperatura y Humedad del Aire	-100°C ... + 200°C	20 s.
Radiación Solar Global	0 W/m ² ... 1600 W/m ²	60 s.
Radiación Global Difusa	0 W/m ² ... 2000 W/m ²	60 s.
Precipitación	0.1 mm.	60 s.
Presión Barométrica	500 ... 1100 hPa	2 s.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Fuente: (Pacheco, 2018).

La configuración diseñada hace que el equipo genera diariamente un reporte donde se agrupa y se realiza cálculos con la información, como son picos máximos y mínimos, media, promedio. El equipo está programado para generar este archivo a las 00:00 horas el cual es almacenado en la memoria flash.

2.3.1.4. Metodología Actual de Recolección de Datos

Actualmente el proceso de la recolección de datos de parte del personal del CEEA consiste en realizar viajes hacia cada punto de la provincia donde se ubican estos centros meteorológicos una vez cada 2 semanas, extraer la información almacenada en las tarjetas flash para luego continuar con la descarga hacia un ordenador. Esta información posteriormente es procesada, sin embargo, se produce una acumulación de esta tarea.

2.4. Análisis de Tráfico y su caracterización

2.4.1. Archivos Generados

El equipo genera cuatro archivos diariamente, los cuales almacenan reportes, estos reportes se crean en base a las medidas de las variables almacenadas en el *datalogger*. Existen reportes que se generan cada 30 seg, 1 min, 10 min y 60 min. Otro detalle mínimo que se muestra es el nombre que el *datalogger* asigna al archivo que sigue cierto patrón. La tabla 2-2. ilustra el formato con el que se nombra cada archivo.

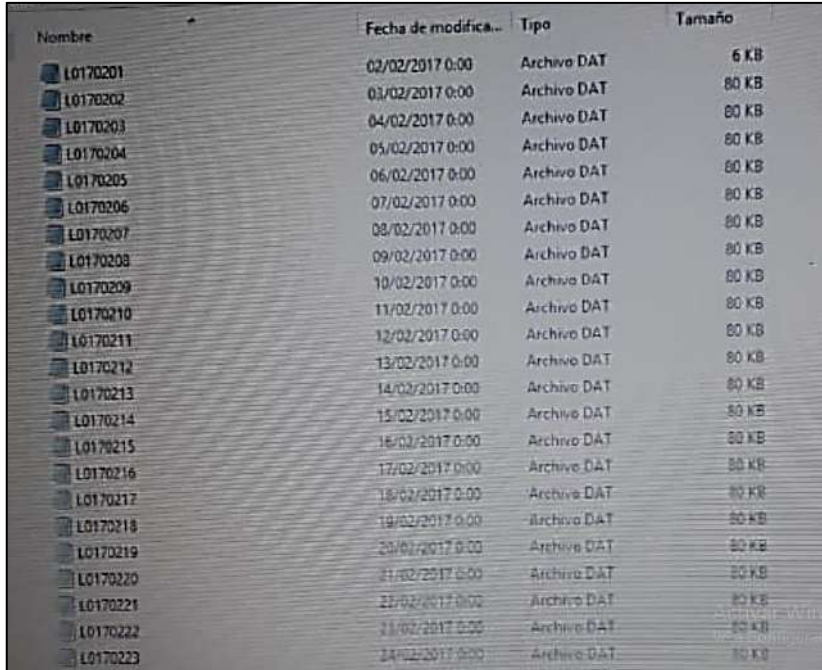
Tabla 2-2: Asignación de nombres a los archivos generados en el *datalogger*

Formato	Ejemplo	Interpretación
L0 Año, Mes, Día	L0180610	Reporte generado cada 30 seg. el 10 de julio de 2018
L1 Año, Mes, Día	L1180610	Reporte generado cada 60 seg. el 10 de julio de 2018
L2 Año, Mes, Día	L2180610	Reporte generado cada 10 min. el 10 de julio de 2018
L3 Año, Mes, Día	L3180610	Reporte generado cada hora el 10 de julio de 2018

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Fuente: Mantilla, 2018

En las figuras 3-2 y 4-2, se muestra capturas de pantalla de algunos de los datos recogidos en las estaciones meteorológicas (Mantilla, 2018).



Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
L0170201	02/02/2017 0:00	Archivo DAT	6 KB
L0170202	03/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170203	04/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170204	05/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170205	06/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170206	07/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170207	08/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170208	09/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170209	10/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170210	11/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170211	12/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170212	13/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170213	14/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170214	15/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170215	16/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170216	17/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170217	18/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170218	19/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170219	20/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170220	21/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170221	22/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170222	23/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB
L0170223	24/02/2017 0:00	Archivo DAT	80 KB

Figura 3-2: Archivos Generados en el *Datalogger*

Fuente: (Mantilla, 2018)

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
L3171116	17/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171117	18/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171118	19/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171119	20/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171120	21/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171121	22/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171122	23/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171123	24/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171124	25/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171125	25/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171126	27/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171127	28/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171128	29/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171129	30/11/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171130	01/12/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171201	02/12/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171202	03/12/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB
L3171203	04/12/2017 0:00	Archivo DAT	15 KB

Figura 4-2: Archivos Generados en el *Datalogger*.

Fuente: (Mantilla, 2018)

Actualmente, como ha sido descrito, esta es la manera de recolección de datos y generación de archivos que son analizados por el CEEA, esta configuración puede ser cambiada en el software de configuración y administración del *datalogger*, lo que significaría que, aprovechando la disponibilidad de la red a diseñar, se podría generar más informes dentro del equipo.

2.4.2. Cálculo del volumen de datos recopilados

Diariamente se genera en el *datalogger* archivos que contienen análisis de todas las variables que se miden. En la tabla 3-2 se muestra detalles adicionales que caracterizan a estos archivos.

Tabla 3-2: Archivos generados en el datalogger de cada estación meteorológica

Archivo	Frecuencia de Muestreo	Cantidad de Muestras Diarias	Tamaño
L0	30 segundos	2880	80 Kbytes
L1	60 segundos	1440	55 Kbytes.
L2	10 minutos	144	25 Kbytes.
L3	60 minutos	24	15 Kbytes.

Realizado por: Francisco Shagñay

Fuente: Mantilla, 2018

2.4.3. Cálculo de Tráfico Generado por Transmitir

El tráfico de cada estación sería:

$$T = L0 + L1 + L2 + L3$$
$$T = 80Kb + 55Kb + 25Kb + 15Kb$$
$$T = 175Kb$$

Al existir 5 estaciones el tráfico total sería:

$$T = 175Kb * 5 = 875Kb$$

Mensualmente se genera en cada estación:

$$T = 175Kb * 31 = 5.425 Mb.$$

El tráfico mensual de todas las estaciones es:

$$T = 5.425 Mb * 5 = 27.125Mb.$$

2.5. Requerimientos de la Red

Como esta previamente descrito, el objetivo que persigue este trabajo de titulación es el diseño de una red inalámbrica que elimine la necesidad de la movilización hacia los diferentes lugares donde se encuentra las estaciones meteorológicas para la extracción de la información que esta almacenada en el equipo. Esta red debe cumplir los siguientes puntos

- La red va a transportar la información generada por el *datalogger* desde los diferentes puntos de la provincia.
- Se debe tomar en cuenta los diferentes factores físicos y ambientales que intervengan en el diseño y en una posterior ejecución de la red
- El diseño deberá manejar equipos que tengan un consumo de energía que pueda ser provisto por paneles solares que existen en cada estación.
- La información transportada deberá llegar a las instalaciones de la ESPOCH para su posterior análisis.
- El diseño de la solución propuesta deberá ser eficiente, sustentable, además de esto, que pueda ser de larga duración.
- El proyecto debe contemplar la posibilidad de un cambio de ubicaciones de las estaciones, además de ser escalable.

2.6. Diagrama General de la Red

Cada estación meteorológica contará con un dispositivo transmisor que se lo determinará posteriormente, estos a la vez enviarán la información de manera inalámbrica. La información posteriormente llegará hacia las instalaciones del CEAA en la ESPOCH para que sean analizados.

Dependiendo de la tecnología por elegir puede variar ligeramente la topología de la red.

En la figura 5-2. se muestra el diagrama de red a diseñar para la transmisión de la información de las estaciones meteorológicas hacia el CEAA.

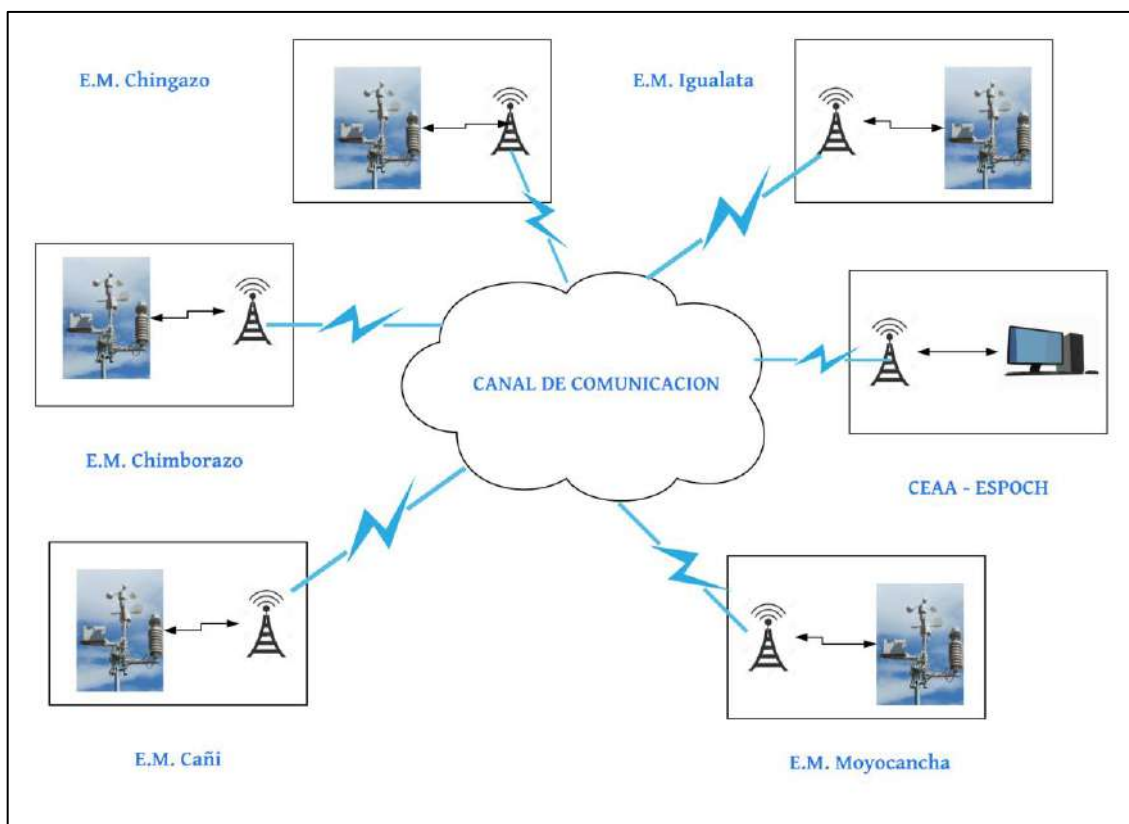



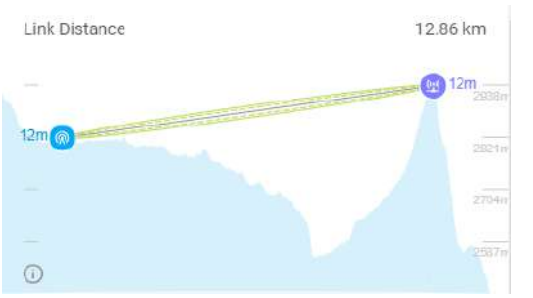
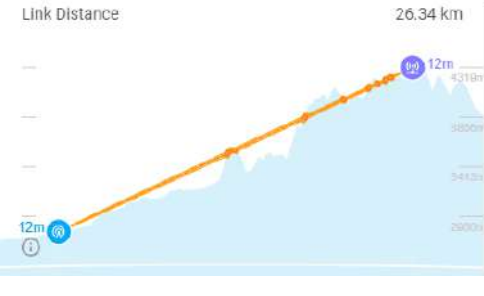


Figura 5-2: Esquema de Red requerido por el CEAA.

Realizador por: Francisco Shagñay, 2018

2.7. Distancia entre enlaces y Perfiles de Terreno.

Las diferentes estaciones meteorológicas del CEAA se encuentran ubicadas en zonas altas en los páramos como ya previamente fue indicado, gracias a la herramienta *airlink* se muestra en las siguientes figuras, los perfiles de terreno y distancia entre las estaciones meteorológicas y la ESPOCH. En la tabla 4-2 se muestran los resultados de la simulación.

Tabla 4-2: Perfil topográfico y distancias entre E.M. y ESPOCH

<p>Igualata – FIE</p>  <p>Link Distance 14.92 km</p> <p>Línea directa de vista Distancia relativamente corta</p>	<p>Chingazo – FIE</p>  <p>Link Distance 12.86 km</p> <p>Línea directa de vista Distancia relativamente corta</p>
<p>Chimborazo – FIE</p>  <p>Link Distance 26.34 km</p> <p>Presencia de obstrucciones Distancia lejana</p>	<p>Cañi – FIE</p>  <p>Link Distance 24.15 km</p> <p>Presencia de obstrucciones Distancia lejana</p>
<p>Moyoncocha – FIE</p>  <p>Link Distance 57 km</p> <p>Presencia de obstrucciones Distancia lejana</p>	

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

2.7.1. Análisis

En las imágenes que nos muestra esta herramienta online, podemos comprobar la existencia de accidentes geográficos que existen y complican la línea de vista directa, además de la primera zona de Fresnel.

2.8. Condiciones Meteorológicas y Orografía en las Estaciones Meteorológicas

Las estaciones meteorológicas que son manejadas por el CEEA son parte del programa de potencial de viento de la provincia, es decir, en todos estos centros meteorológicos las medidas de la velocidad de viento son altas

Los páramos mantienen un clima frío, húmedo y nuboso lo cual influye en las otras variables meteorológicas que son medidas. La temperatura media anual no sufre mayor cambio en los páramos, sin embargo, en el día puede haber cambios de hasta 20° C. entre el día y la noche. Sumado a esto, existen heladas en horas previas al amanecer.

Las precipitaciones vienen acompañadas de la influencia del viento dentro de estos sectores, lo que a su vez está relacionado con la orografía de cada sector permitiendo o limitando la circulación en la zona. (Hofstede, Calles, López, Polanco, Torres, Ulloa, Vásquez, Cerra, 2014, p. 27, 29.)

2.9. Influencia de las características orográficas y meteorológicas en las transmisiones inalámbricas.

La orografía alrededor de las estaciones meteorológicas, altura sobre el nivel del mar, favorece la formación de vapor de agua, niebla, nubes, lluvia, granizo en cantidades diferentes a las que se presentan en lugares ubicados a menor altura.

El vapor de agua y sus moléculas interactúa con la onda milimétrica, creando así pérdidas, la niebla por su parte crea la atenuación por las gotas de agua suspendidas, dependiendo del grosor, estas pueden aumentar o disminuir. En las nubes sucede un caso muy diferente al momento de estimar una pérdida, no todas son iguales y no contienen la misma cantidad de agua. (Valdivia Pérez, 2011, p. 20-25.)

La lluvia produce pérdidas en forma de absorción, la gota de lluvia actúa sobre la onda, simulando ser un dieléctrico, esta absorbe la energía que contiene la onda. Cuando las condiciones climáticas son muy extremas puede existir presencia de granizo en el cual la atenuación no es exacta ya que cada bola de granizo varía en su forma, composición, etc. (Valdivia Pérez, 2011, p. 26-32)

En el páramo estas condiciones meteorológicas son constantes y en momentos se presentan casi todos en el mismo momento y con un nivel elevado.

2.10. Metodología de selección de los componentes de la Red.

Para la sección de selección de los componentes de la red, en primera instancia se hace uso de la escala de Likert que consiste en asignar valores numéricos a variable cualitativas que nacen de los requerimientos de cada caso. En la tabla 5-2 se detalla la escala de calificación acompañado de su interpretación-(Montero, 2017, p. 41)

Tabla 5-2: Escala cuantitativa para las características a evaluar.

3	2	1
Máximo Nivel	Nivel Medio	Nivel Mínimo

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Fuente: Montero, 2017

Posterior a este proceso se realizar una comparación entre las opciones consideradas para su análisis evaluando cuantitativamente las características subjetivas.

2.11. Elección de la Tecnología por utilizar para el diseño de la Red

2.11.1. Características por Analizar.

Para la realización de este proyecto se tomará en cuenta los siguientes factores que se describen en la tabla 6-2. Los mismos han nacen por la necesidad de cumplir con los requerimientos que son indispensables en el grupo de investigación.

Tabla 6-2: Factores de análisis en la red inalámbrica.

Factores	Descripción
Banda de Frecuencia Libre	Considera el pago por el uso de espectro radioeléctrico o el uso de una porción de frecuencia libre
Costo de Equipos e Infraestructura	Análisis de Precios de Equipos que compone la red
Desempeño en Condiciones Meteorológicas Adversas	Análisis de las características en condiciones ambientales que se presentan en estas localidades
Consumo de Energía	Factor importante para el trabajo de la red.
Escalabilidad	Se contempla posibles cambios de localización, asignación o retiro de la administración de las estaciones.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

2.11.2. Tecnologías analizadas.

Como fue detallado con anterioridad, las distancias entre los enlaces requeridos superan en varios

kilómetros las capacidades de comunicación de opciones de tecnologías pertenecientes a redes WPAN, WLAN por lo que se tomó opciones de mayor capacidad de cobertura, es decir opciones pertenecientes a WMAN y WWAN. En este caso se analizó WiMAX, Radio Enlace y GPRS, para GPRS se determinó previamente si existe cobertura en cada ubicación.

2.11.2.1. GPRS: Cobertura de operadoras móviles.

En el país la ARCOTEL determina los niveles de recepción en potencia que manejan las operadoras para medir y armar su mapa de cobertura, estos se detallan en la tabla 7-2.

Tabla 7-2: Rango de Potencia entregada por las BTS

Rango de potencia	Descripción
Potencia \geq -85 dBm-	Señal Alta
-85dBm \geq Potencia \geq -95 dBm	Seña Media
-95dBm \geq Potencia \geq -105 dBm	Señal Baja

Realizado por: Shagñay, Francisco, 2018

Fuente: <https://bit.ly/2uCFID2>

El mapa de cobertura de las operadoras se detalla en el anexo E. En los siguientes ítems se realiza la interpretación de este análisis.

Cobertura Conecel (Claro)

En la tabla 8-2 se muestra la información de cobertura de la operadora Conecel (Claro).

Tabla 8-2: Cobertura GPRS de Conecel.

Centros Meteorológicos	Cobertura GPRS	Nivel de Potencia
Chingazo	Si	-95dBm \geq Potencia \geq -105 dBm
Chimborazo	No	
Cañi	No	
Igualata	No	-
Moyocancha	No	-

Realizado por: Francisco Shagñay 2018

Fuente: <https://bit.ly/2uCFID2>

Cobertura Otecel (Movistar)

En la tabla 9-2 se muestra la información de cobertura de la operadora Otecel (Movistar).

Tabla 9-2: Cobertura GPRS de Otecel

Centros Meteorológicos	Cobertura GPRS	Nivel de Potencia
Chingazo	Si	Potencia \geq -85 dBm.
Chimborazo	Si	-95dBm \geq Potencia \geq -105 dBm
Cañi	Si	-95dBm \geq Potencia \geq -105 dBm
Igualata	Si	Potencia \geq -85 dBm.
Moyocancha	Si	Potencia \geq -85 dBm.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Fuente: <https://bit.ly/2IaogL7>

Cobertura CNT EP

En la tabla 10-2 se muestra la información de cobertura de la operadora CNT EP.

Tabla 10-2: Cobertura GPRS de CNT EP

Centros Meteorológicos	Cobertura GPRS	Nivel de Potencia
Chingazo	Sí	La operadora no informa sobre el rango de potencia, solo se limita a la información de cobertura.
Chimborazo	Si	
Cañi	Si	
Igualata	Si	
Moyocancha	Si	

Realizado por: Francisco Shagñay.2018

Fuente: <https://bit.ly/2uCFID2>

Aunque la empresa no informa sobre el nivel de potencia que brinda, al ser arrendatario de la empresa Otecel, por lo que utiliza las mismas bases en tecnologías 2G y 3G, comparte las mismas características en potencia (El Comercio, 2017). La información previa de las tablas hace factible el uso de GPRS para este proyecto mediante la operadora CNT E.P. u Otecel (Movistar).

2.11.2.2. Simulación red WiMAX

Para WiMAX se utilizó el software ICS Telecom ya que provee de varias herramientas especializadas para este tipo de tecnología.

Calle y Guamán (2012) recomiendan las siguientes consideraciones generales a tomar en cuenta:

- La señal que se consideró para WiMAX es la que utiliza canales de 10 MHz de su ancho de banda presentando una duplexación por división de tiempo.
- La potencia de trabajo es de 39.4 dBm
- La ganancia de transmisión ha sido configurada en 18dBi

- Las pérdidas de transmisión están configuradas en 2 dB
- La frecuencia del sistema está configurada para trabajar 2500 MHz
- Idealmente, se configuro la altura de las antenas transmisoras en 30 metros
- La antena que se utilizó fue la Huawei SL12436A, de donde se obtuvo el patrón de radiación.
- En la recepción se utilizó la antena AXS-CPE 150-19
- Se utilizó la recomendación ITU 525 DEYGOUT en lo que se refiere a las pérdidas de difracción en obstáculos.

En la figura 6-2 se muestra la escala de potencia en la recepción de acuerdo con los colores en los mapas.

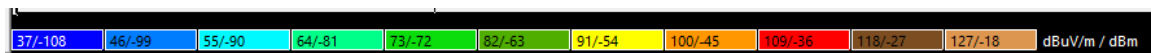


Figura 6-2: Escala de Potencia recibida

Fuente: ICS Telecom.

En la tabla 11-2. se detalla algunas características de la antena AXS-CPE 150-19.

Tabla 11-2: Características de la antena AXS-CPE 150-19

Banda de Trabajo	2500 MHz – 4900 MHz.
Sensibilidad	- 75 dBm.mínimo (Color verde en escala de potencia del simulador)
Ganancia	19 dBi

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019

Fuente: <https://bit.ly/2T2loaj>

En la figura 7-2 se muestra los parámetros del transmisor configurados y repetidos para cada estación.

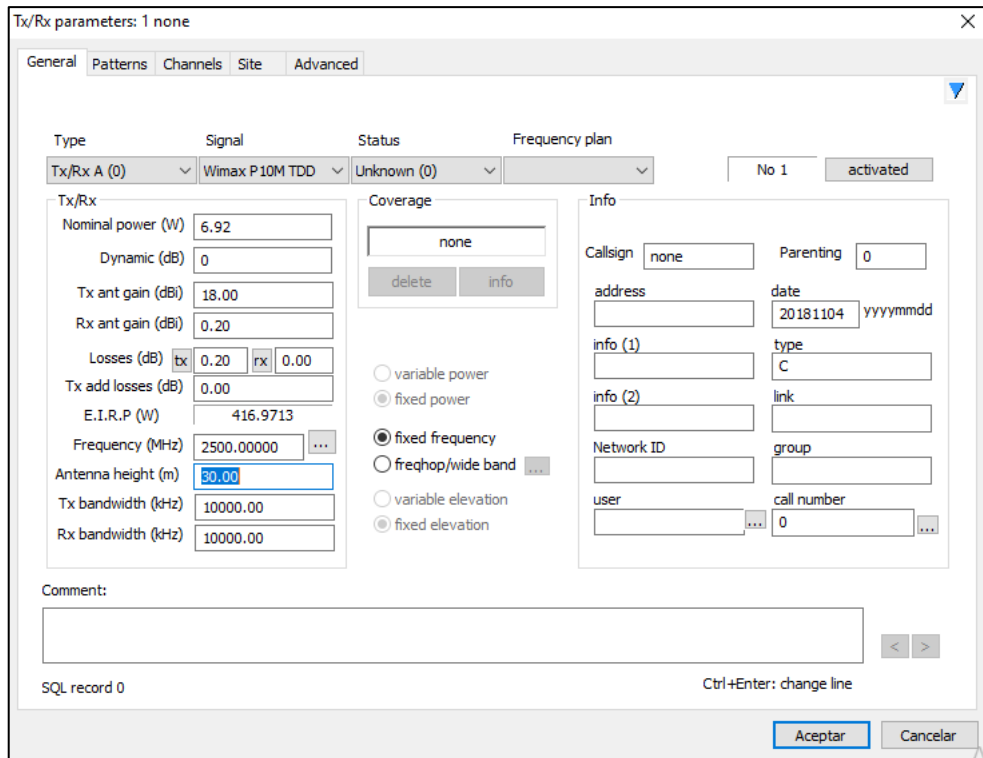


Figura 7-2: Configuraciones del Transmisor.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018.

En la figura 8-2.se muestra el patrón de radiación utilizado por la antena.

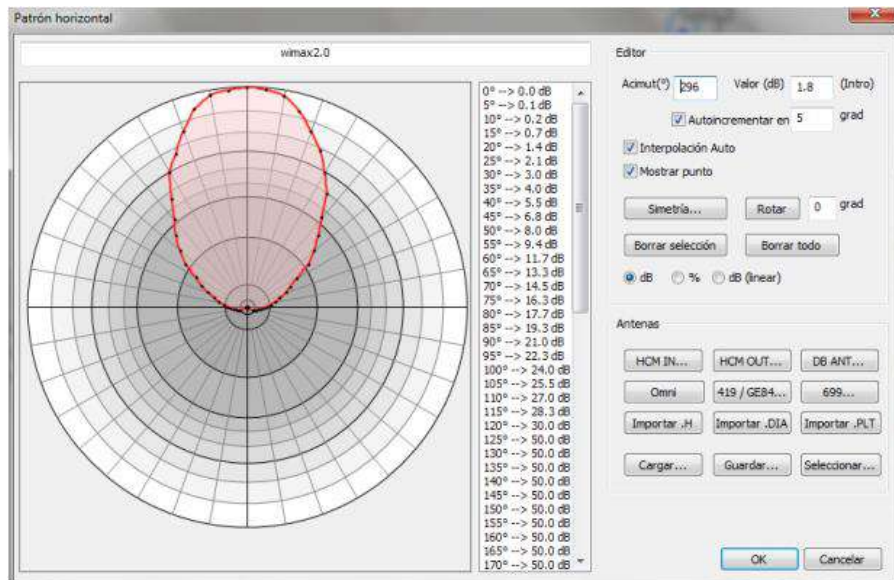


Figura 8-2: Patrón de radiación de la antena transmisora.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018.

Simulación Chingazo – FIE.

Al ser una ubicación cercana, los resultados mostrados indican que recibimos la señal con una potencia de alrededor de -63dbm, esto nos indica que es factible el trabajo correcto en esta zona.

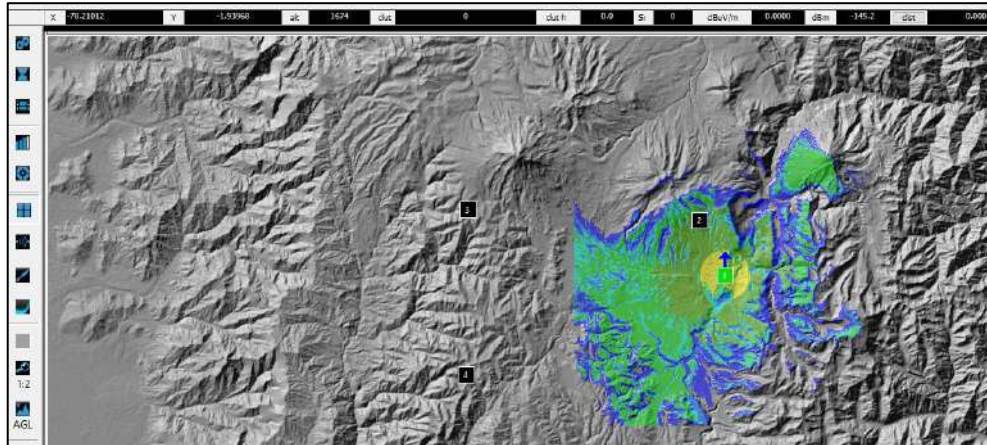


Figura 9-2: Simulación estación Chingazo en ICS Telecom.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018



Figura 10-2: Simulación estación Chingazo exportada a Google Earth

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Simulación Igualata -FIE

En esta localidad se presenta una situación similar a la de Chingazo con una potencia similar, que se encuentra en un rango aceptable de trabajo.

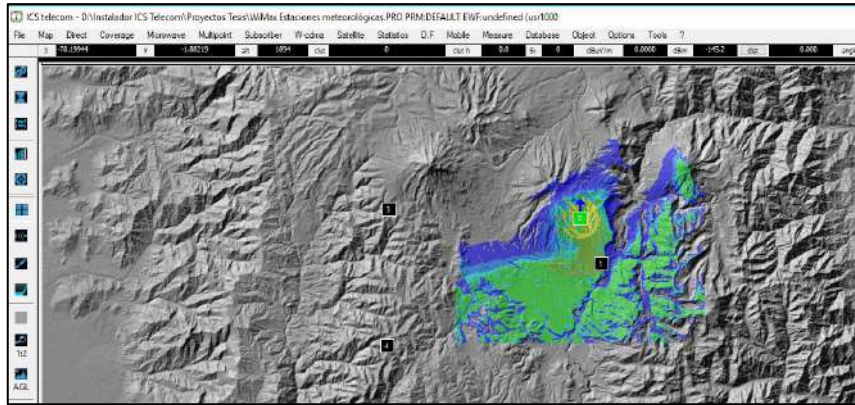


Figura 11-2: Simulación estación Igualata en ICS Telecom

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

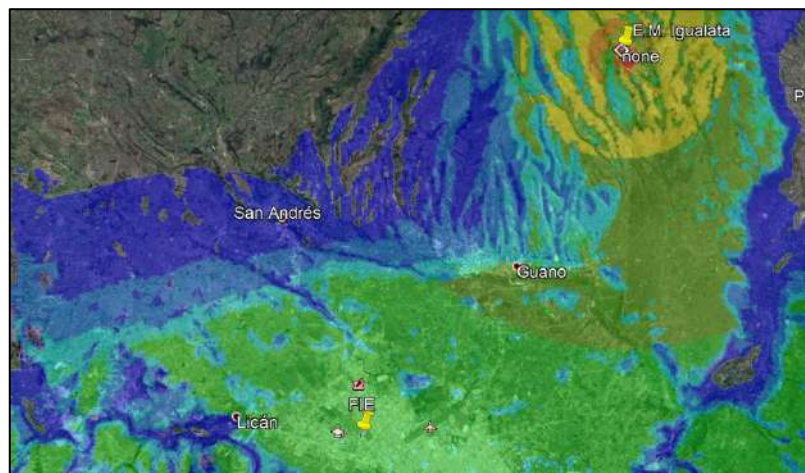


Figura 12-2: Simulación estación Igualata exportada a Google Earth

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Simulación Chimborazo – FIE

Como se puede apreciar el nivel de recepción en potencia se ubica en una medida menor a -100 dBm, que se encuentra muy por debajo de una potencia aceptable para el receptor

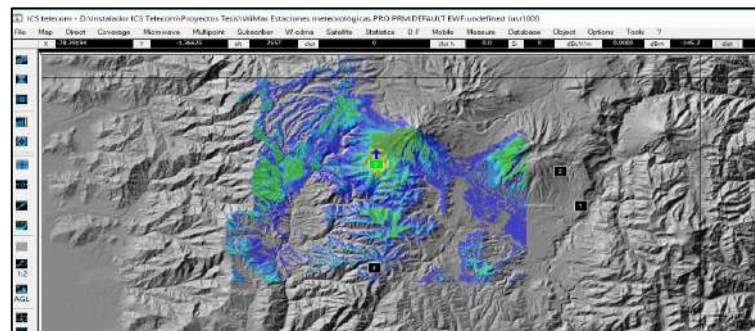


Figura 13-2: Simulación estación Chimborazo en ICS Telecom

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

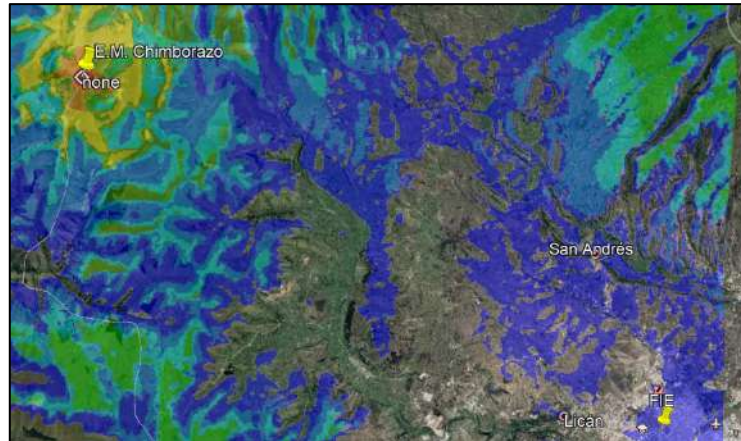


Figura 14-2: Sim. estación Chimborazo exportada a Google Earth
 Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Simulación Cañi – FIE

Al presentarse varios accidentes geográficos de por medio la simulación muestra unos resultados de transmisión nulos.

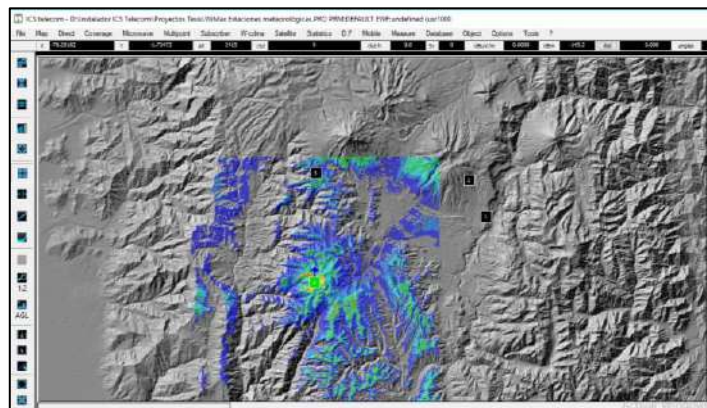


Figura 15-2: Simulación estación Cañi en ICS Telecom
 Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

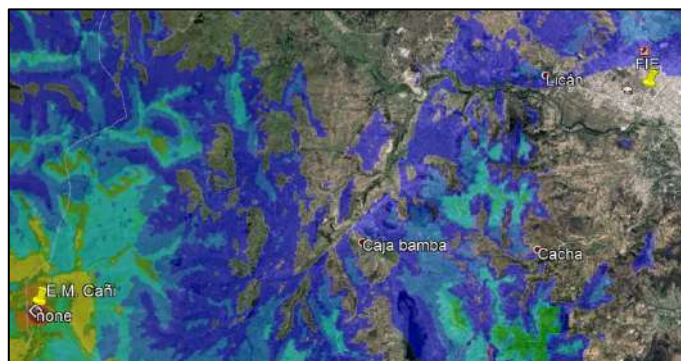


Figura 16-2: Simulación de Cañi exportada a Google Earth
 Realizado por: Francisco Shagñay, 2018.

Situación Moyocancha – FIE

En la cobertura entre Moyocancha y la FIE, existe una gran distancia de alrededor de 60 Km., lo cual dificulta una conexión punto a punto en cualquier tecnología, más aún si a este criterio le sumamos que en condiciones ideales WiMAX es aconsejable hasta en un máximo de 20 Km.

2.11.2.3. Simulación Radio Enlace

En la realización de los Radioenlaces se ha optado por el uso del software en línea Air-Link. Esta es una herramienta desarrollada para la simulación de proyectos con el uso de equipos Ubikiti. Para la realización de la simulación de los enlaces punto a punto el mismo software determina los parámetros de potencia y tipo de modulación dependiendo de las antenas a utilizar

Simulación Chingazo – FIE

Al ser la localidad más cercana a la ESPOCH, la simulación determina que no existe problemas de transmisión.

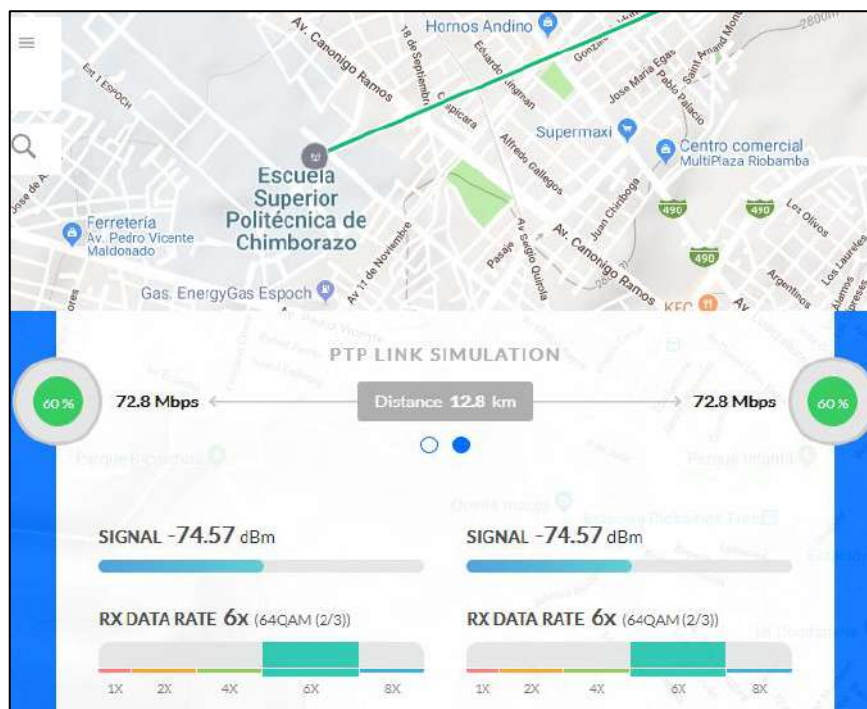


Figura 17-2: Ubicaciones del Transmisor en Chingazo y Receptor en FIE

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018



Figura 18-2: Perfil de Radioenlace entre Chingazo y FIE

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Simulación Igualata – FIE

Cercano a la localidad de Chingazo, este no presenta mayor complicación de ejecución, presenta similares características a la anterior simulación

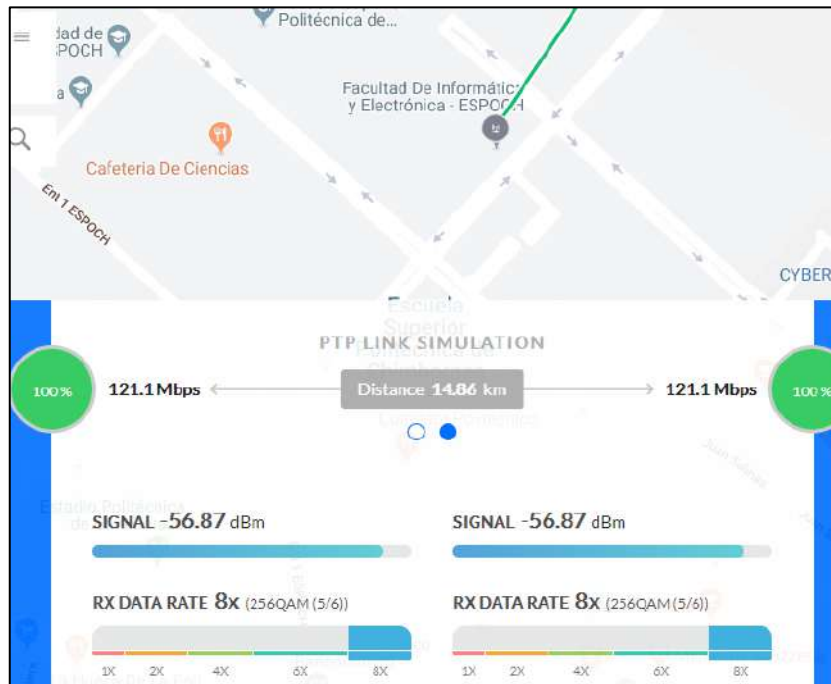


Figura 19-2: Ubicaciones del Transmisor en Igualata y Receptor en FIE

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018



Figura 20-2: Perfil de Radioenlace entre Igualata y FIE
 Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Simulación Chimborazo – FIE

Los accidentes geográficos entre el receptor y emisor imposibilitan una comunicación directa.

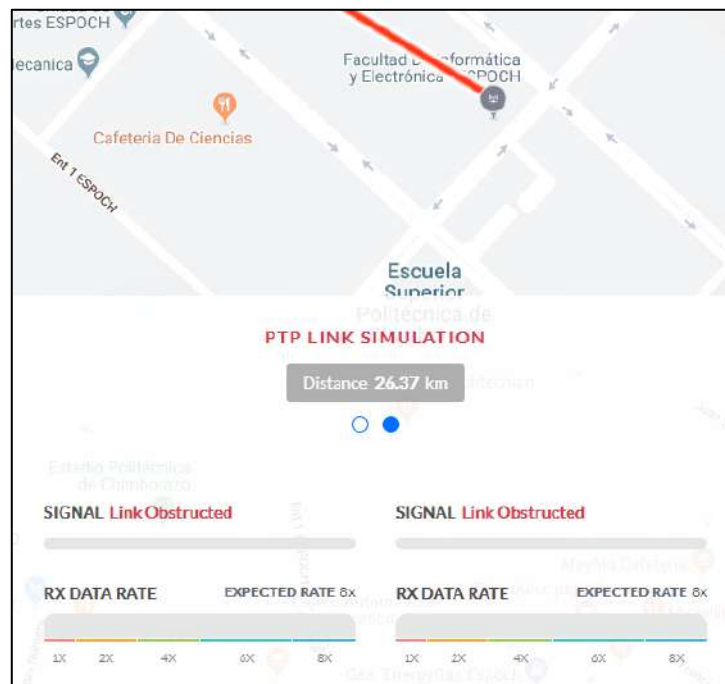


Figura 21-2: Ubicaciones del Transmisor en Chimborazo y Receptor en FIE
 Realizado por: Francisco Shagñay, 2018



Figura 22-2: Ubicaciones del Transmisor en Chimborazo y Receptor en FIE

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Simulación Cañi – FIE

Presenta una situación similar a la de la estación situada cerca al Chimborazo porque los accidentes geográficos complican una comunicación directa.

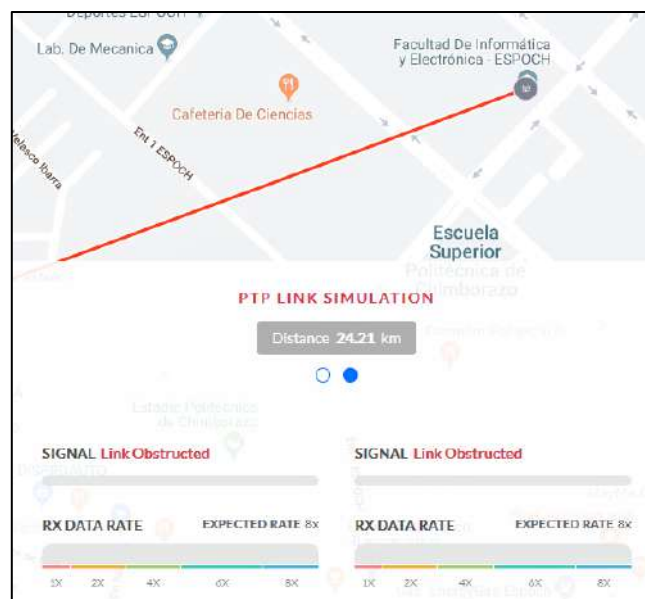


Figura 23-2: Ubicaciones del Transmisor en Cañi y Receptor en FIE

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018



Figura 24-2: Ubicaciones del Transmisor en Cañi y Receptor en FIE

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Simulación Moyocancha – FIE

Al igual que Cañi y Chimborazo se presenta complicaciones por los accidentes geográficos presente, a esto hay que añadir las distancias muy grandes existentes entre el emisor y receptor.

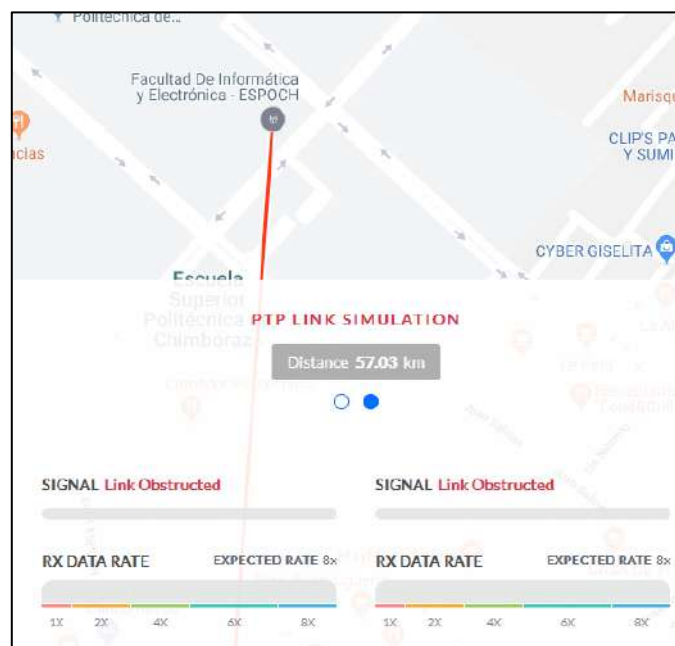


Figura 25-2: Ubicaciones del Transmisor en Moyocancha y Receptor en FIE

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018



Figura 26-2: Ubicaciones del Transmisor en Moyocancha y Receptor en FIE

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

2.11.3. Características de cada Tecnología

En la tabla 12-2 se detalla cada una de las tecnologías y las características que presentan en cada variable a analizar.

Tabla 12-2: Características de tipos de Tecnologías

Características	WiMAX	GPRS	Radioenlace
Banda de Frecuencia Libre	Ambas opciones disponibles	No	Ambas opciones disponibles
Costo de Equipos	Mediano Costo	Mediano Costo	Alto Costo
Desempeño en C.M. extremas	Media	Aceptable	Aceptable
Consumo de Energía	Baja	Baja	Media
Complejidad de Ejecución	Alta (Tecnicas Competitivas, 2018)	Media (España, 2014)	Media (Astudillo, 2012)

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Finalmente, en la tabla 13-2, utilizando la escala Likert se procede a asignar los puntajes a cada opción y realizar la elección final.

Tabla 13-2: Relación entre los pesos y calificaciones de cada característica evaluada

Tecnología	WiMAX	GPRS	Radio Enlace
B. de F. Libre	3	2	3
C. de Equipos e infraestructura	2	2	1
D. en C. M: extremas	2	2	1
Consumo de Energía	2	3	2
Complejidad de Ejecución	1	2	2
Calificación Final	10	11	9

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Interpretación: La opción más adecuada en lo que se refiere a la tecnología es la GPRS según los resultados obtenidos en la tabla 16-2, aquí esta tecnología obtiene la calificación de 11

2.12. Recolección remota de datos

Para la recolección de datos se tomó en cuenta las siguientes opciones, mediante una configuración M2M, realizar una conexión directa desde el equipo transmisor de GPRS en las estaciones meteorológicas hacia la ESPOCH, sin embargo, esta opción resultó más costosa ya que se necesitaba de una dirección IP fija hacia dónde dirigirnos para la extracción de los datos. La segunda opción fue enviar toda la información recolectada hacia un servidor FTP de una empresa privada.

De manera contraria a la anterior opción, con este servicio se logra reducir ciertos costos y solo se precisa, en el caso del almacenamiento, un pago anual.

2.13. Diseño de Esquema de Red Propuesto

2.13.1. Descripción del funcionamiento de la Red

Las estaciones meteorológicas cuentan con varios sensores para la medición de diferentes parámetros, todos estos a la vez son controlados por un *datalogger* modelo QML 201C el cual se encarga de recoger la información de manera digital y analógica, este equipo se encarga de generar informes con la información que cuenta, este equipo a la vez envía toda la información al modem GPRS y almacena una copia en su memoria flash.

Posterior a esto, se establece la comunicación entre el modem GPRS que se encuentra en las estaciones meteorológicas hacia un servidor FTP donde se almacenarán los archivos para luego

ser descargados por un administrador del CEAA.

2.13.2. Diagrama de Red Propuesto

En la figura 27-2. se detalla el diagrama de red propuesto

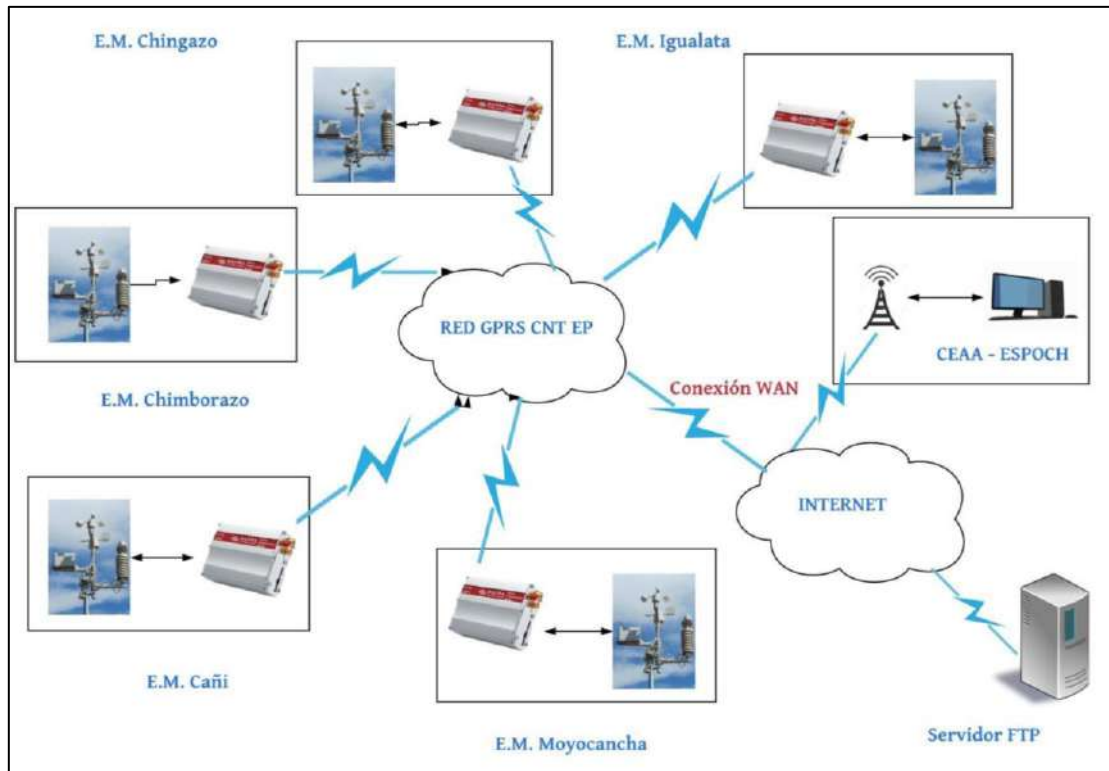


Figura 27-2: Esquema de red mediante el uso de GPRS

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

2.14. Elección de Hardware requerido en las Estaciones Meteorológicas.

Previamente se indicó que las estaciones meteorológicas cuentan con un *datalogger* que trabaja en conjunto con varios sensores, toda esta información debe ser enviada a través de un módem que utilice la red GPRS para la transmisión de la información.

Como se mostró en la figura 8-2 los *datalogger*, cuentan con un puerto que puede ser conectado con el módem GPRS que se propone ubicar. Sumado a esto también se toma en cuenta los requerimientos de la red. Las características con las que debe contar este módem serían:

- Precio.
- Autonomía.

- Protección interna y externa del equipo (Case)
- Disponibilidad en el mercado.
- Interfaz de Comunicación Serial.

Respecto a los modelos existentes en el mercado se ha tomado en cuenta las siguientes opciones.

- Modem Multitech GSM/GPRS.
- Modem Sierra Wireless FXT 009.
- Módulo SIM 900 (acompañado de un Arduino UNO).

En la Tabla 14-2 se detalla las características nombradas anteriormente en referencia a las opciones de equipos señalados.

Tabla 14-2: Características de los modelos de equipos

Características	Multitech GSM/GPRS	Modem Sierra Wireless FXT 009	Módulos SIM 900 y Arduino UNO
Precio*	\$511.20	\$268.16	\$43
Autonomía	Sí	Sí	No
Protección del Equipo	Sí	Sí	No
Disponibilidad en el Mercado	Parcial	Parcial	Sí
Interfaz Serial de Comunicación	Si	Si	Adaptable

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

* Los Precios indicados fueron obtenidos de la página web www.mercadolibre.com.ec

En la tabla 15-2 se realiza la asignación de calificaciones basado en la escala de Likert

Tabla 15-2: Relación entre los pesos y calificaciones de cada característica evaluada

Equipos	Multitech GSM GPRS	Modem Sierra Wireless FXT 009	Módulos SIM 900 y Arduino UNO
Precio Mó dico	1	2	3
Autonomía	3	3	1
Protección del Equipo	3	3	1
Disponibilidad en el Mercado	2	2	3
Interfaz Serial de Comunicación.	3	3	1
Calificación Final	12	13	9

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Interpretación: La opción más adecuada en lo que se refiere al equipo es el Modem Sierra Wireless FXT 009 según los resultados obtenidos en la tabla 12-2, aquí este modem obtiene la calificación de 13. En la Tabla 16-2. se detalla en manera resumida las características más relevantes.

Tabla 16-2: Características Modem Sierra FXT 009

Características	Sierra FXT 009
Tecnologías	GSM GPRS UMTS HSPA
GPRS	850 MHz. 900 MHz. 1800 MHz. 1900 MHz.
Rangos de Voltaje	4.75V. - 32V.
Dimensiones y Peso	Longitud: 89mm. Ancho: 60mm. Profundidad: 30mm. Peso: 100g.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Fuente: Sierra Wireless, 2014

2.15. Implementación de Prototipo de la Red

La implementación del prototipo de red fue ejecutada con el propósito de obtener resultados que posteriormente serán analizados. En la implementación del prototipo y la ejecución de este se utilizaron los siguientes elementos:

- Módulo Sim900
- Arduino UNO
- Tarjeta SIM

En la figura 28-2 se muestra la colocación de la tarjeta SIM en el módulo SIM900.



Figura 28-2: Tarjeta SIM colocada en el Módulo SIM900

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Este prototipo fue implementado con el propósito de enviar los archivos que necesita el CEEA y conocer si es factible el uso de esta tecnología. Estos archivos se detallan en la tabla 17-2.

Tabla 17-2: Archivos enviados a través del prototipo implementado.

Archivo	Tamaño
L0180610.csv	80 Kbytes.
L1180610.csv	55 Kbytes.
L2180610.csv	25 KBytes.
L3180610.csv	15 KBytes.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019

Estos archivos fueron generados por el *datalogger* entre los días 10 de junio de 2018 y 12 de junio de 2018. Las pruebas fueron realizadas en la estación meteorológica de Chingazo el 7 de

diciembre de 2018 alrededor de las 17 horas.

Para la recepción de los archivos y análisis de tiempo de llegada se implementó un servidor FTP en una máquina ubicada remotamente en la ciudad de Riobamba. El ISP CNT.EP. proporcionó la apertura del puerto 21 lo que permitió la recepción de los archivos mediante Internet. Para la administración del servidor se utilizó el software FileZilla Server Interface donde fue creado un usuario denominado “ceaa” al cual se accedía mediante el password “pancho1993”.

El módulo SIM900 permite ser configurado mediante comandos AT lo cual es posible mediante un adaptador USB a Puerto Serial que va conectado al computador, que puede ser implementado en el módulo indicado, esto requiere el uso de alimentación eléctrica para el funcionamiento del módulo.

Sin embargo, en esta localización no se contaba con energía eléctrica para alimentar el prototipo por lo que se acudió al uso del Arduino UNO que permite mediante la energía entregada por el desde el puerto USB de la computadora, la alimentación eléctrica tanto a la tarjeta como al módulo SIM900. En la figura 29-2. se aprecia la conexión.

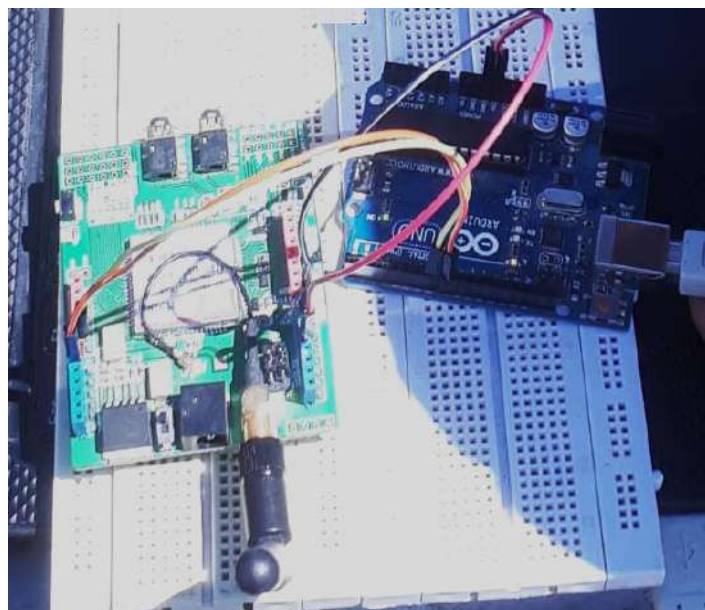


Figura 29-2: Conexión de módulo SIM900 con la tarjeta Arduino UNO

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

La computadora donde se alojó el servidor FTP tenía como dirección pública 201.218.5.50, es a esta dirección donde se conectó el prototipo de GPRS. La página web que nos indica la dirección pública se encuentra en la figura 30-2.



Figura 30-2: Dirección Pública Fija del Servidor

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

En la figura 31-2 se muestra la configuración de los usuarios y posterior a esto en la figura 32-2 se ubica el uso y permisos de la carpeta señalada para el mismo.

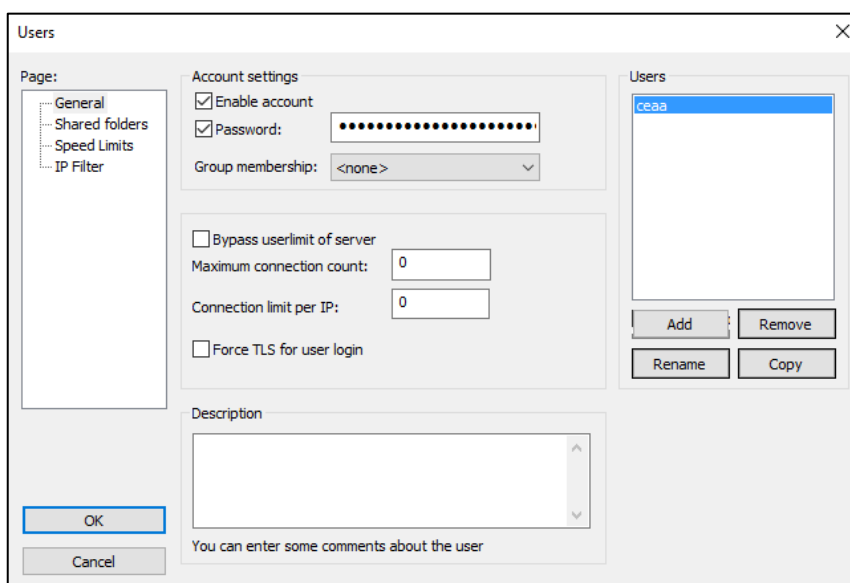


Figura 31-2: Creación de usuario y asignación de password en el servidor FTP

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

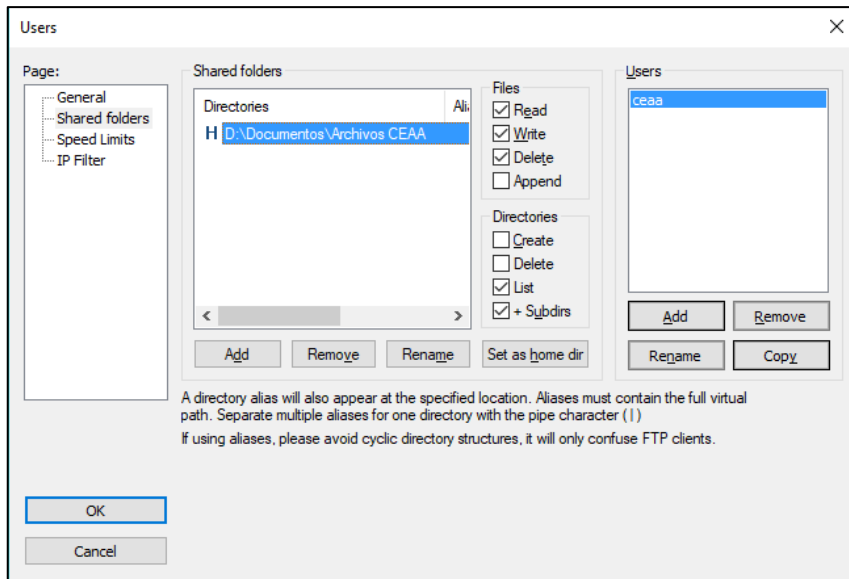


Figura 32-2: Asignación de Permisos para el usuario

Realizado por: Francisco Shagñay, 2018

Una vez coordinado el correcto funcionamiento de los sistemas tanto en la ubicación de Chingazo como en la ciudad de Riobamba se procede al envío de los archivos. Inicialmente se configura el Arduino UNO para que el mismo permita la comunicación mediante este, hacia el módulo SIM900. Luego de esto se puede abrir la opción de monitor serie lo cual permite observar la ejecución correcta de las instrucciones que se envían a la tarjeta Arduino UNO. En este momento se coordina la ejecución del software Wireshark que captura el tráfico de la red donde se ubica el servidor para su posterior análisis.

CAPITULO III

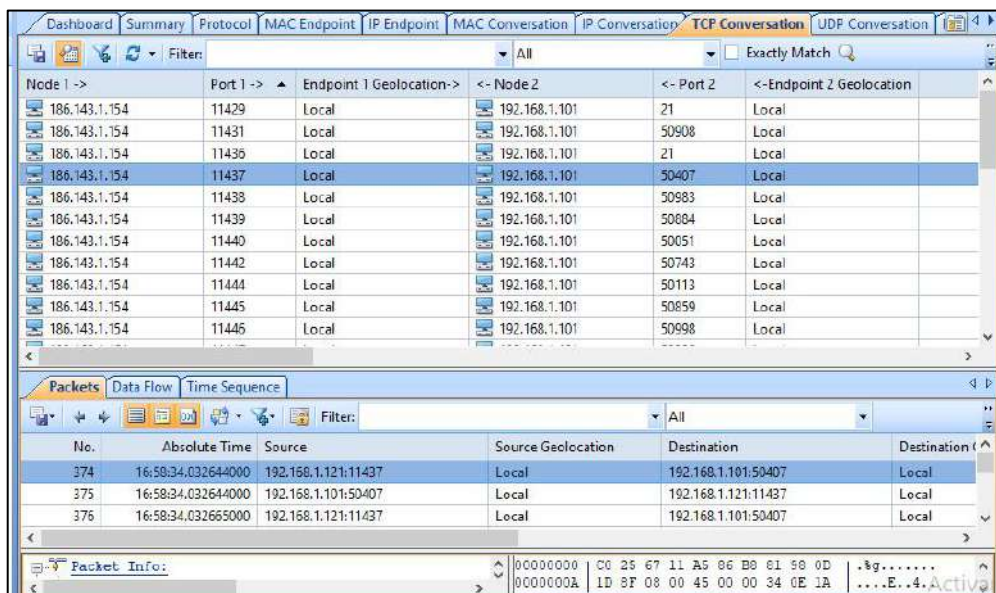
3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se examinan los resultados obtenidos de la situación actual del Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente respecto a su metodología de trabajo en el área de recolección de información meteorológica. Además, se incluye un análisis de la tecnología GPRS que fue implementada mediante un prototipo y del cual se obtuvo varios resultados.

3.1. Análisis de resultados de la implementación de prototipo GPRS.

Se realizó el envío de 4 archivos que se generan diariamente en las estaciones meteorológicas, estos se diferencian en el tamaño como ya fue indicado. Para la captura del tráfico se utilizó el software Wireshark y para el análisis se utilizó el software Colasoft Capsa.

Dentro de este último software es necesario filtrar los paquetes, para encontrar aquella que pertenece al envío realizado. En la figura 1-3 se puede observar un listado de conversaciones que pertenecen al tráfico capturado.



Node 1 ->	Port 1 ->	Endpoint 1 Geolocation->	<- Node 2	<- Port 2	<-Endpoint 2 Geolocation
186.143.1.154	11429	Local	192.168.1.101	21	Local
186.143.1.154	11431	Local	192.168.1.101	50908	Local
186.143.1.154	11436	Local	192.168.1.101	21	Local
186.143.1.154	11437	Local	192.168.1.101	50407	Local
186.143.1.154	11438	Local	192.168.1.101	50983	Local
186.143.1.154	11439	Local	192.168.1.101	50884	Local
186.143.1.154	11440	Local	192.168.1.101	50051	Local
186.143.1.154	11442	Local	192.168.1.101	50743	Local
186.143.1.154	11444	Local	192.168.1.101	50113	Local
186.143.1.154	11445	Local	192.168.1.101	50859	Local
186.143.1.154	11445	Local	192.168.1.101	50998	Local

No.	Absolute Time	Source	Source Geolocation	Destination	Destination Geolocation
374	16:58:34.032644000	192.168.1.121:11437	Local	192.168.1.101:50407	Local
375	16:58:34.032644000	192.168.1.101:50407	Local	192.168.1.121:11437	Local
376	16:58:34.032665000	192.168.1.121:11437	Local	192.168.1.101:50407	Local

Figura 1-2: Conversaciones TCP dentro del tráfico capturado.

Realizado por: Francisco Shagnay, 2019

Al inicio de la transmisión se genera un *login* del dispositivo GPRS hacia el servidor creado, para efectos de pruebas se utilizaron los siguientes datos. La dirección IP que en ese momento utilizó

el dispositivo SIM900 fue la 186.143.1.154. La dirección IP que utilizó el servidor hacia la cual fue dirigido los archivos fue 201.218.5.50, el equipo donde se alojó el servidor utilizó la dirección IP 192.168.1.101 dentro de la red LAN. En la figura 2-3 se detalla este procedimiento.

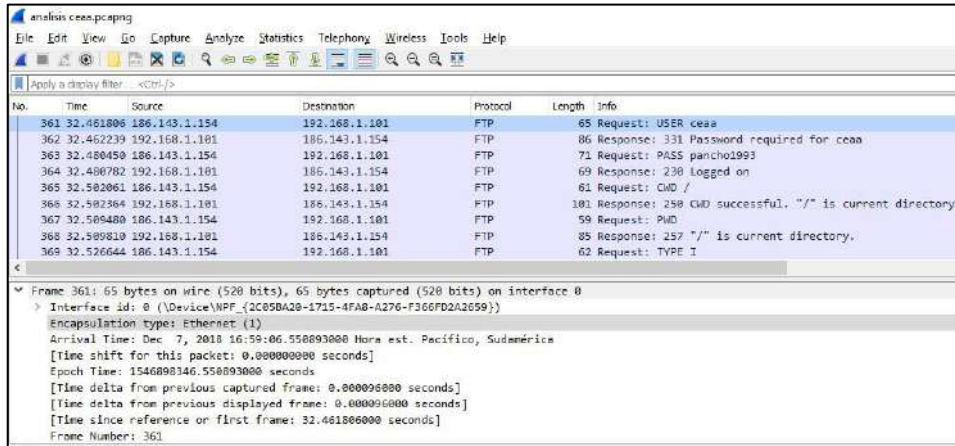


Figura 2-3: Login desde la ubicación remota en el servidor

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019

El primer archivo enviado, L0180610.csv, presenta las siguientes características: El inicio del proceso de transferencia es a las 16:58:56.03. El proceso termina a las 16:59:06.84, lo que da como resultado una duración de 9.36 segundos. El tiempo transferencia de los paquetes desde la estación meteorológica hasta el servidor es de 8.72 segundos. Esto determina que la tasa de transferencia fue de 9.12 KBytes/s. Estos resultados son apreciados en la figura 3-3.

Summary Item	Current Value
Transaction Time Summary:	
Start Time:	16:58:56.032644000
End Time:	16:59:06.842774000
TCP Flow Duration:	00:00:09.360130000
Three-way Handshake Time:	00:00:00.000021000
Connection Close Time:	00:00:00.000018000
Server Data Transfer Time:	00:00:00.000010500
Server Response Time:	00:00:00.000000000
Client Data Transfer Time:	00:00:08.720093500
Client Idle Time:	00:00:00.000000000
Data Flow Summary:	
Sum of Packets:	92
Packets at Client Side:	60
Packets at Server Side:	32
Sum of Bytes:	85.41 KB
Bytes at Client Side:	83.70 KB
Bytes at Server Side:	1.71 KB
TCP Summary:	
TCP Connections:	1
Successful TCP Connections:	1
Packets per Second at Client Side:	60
Packets per Second at Server Side:	32
Bytes per Second at Client Side:	9.582 KBps

Figura 3-3: Información de Transferencia del primer archivo.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019

El segundo archivo enviado, L1180610.csv, presenta las siguientes características: El inicio del proceso de transferencia es a las 16:59:23.85. El proceso termina a las 16:59:30.21, lo que da como resultado una duración de 6.36 segundos. El tiempo transferencia de los paquetes desde la estación meteorológica hasta el servidor es de 6.09 segundos. Esto determina que la tasa de transferencia fue de 9.58 KBytes/s. Estos resultados son apreciados en la figura 4-3.

Summary Item	Current Value
Transaction Time Summary:	
	Second
Start Time:	16:59:23.856116000
End Time:	16:59:30.216230000
TCP Flow Duration:	00:00:06.360114000
Three-way Handshake Time:	00:00:00.000022000
Connection Close Time:	00:00:00.000017000
Server Data Transfer Time:	00:00:00.000011000
Server Response Time:	00:00:00.000000000
Client Data Transfer Time:	00:00:06.090065000
Client Idle Time:	00:00:00.000000000
Data Flow Summary:	
	Count
Sum of Packets:	66
Packets at Client Side:	43
Packets at Server Side:	23
Sum of Bytes:	59.62 KB
Bytes at Client Side:	58.39 KB
Bytes at Server Side:	1.22 KB
TCP Summary:	
	Count/Second
TCP Connections:	1
Successful TCP Connections:	1
Packets per Second at Client Side:	43
Packets per Second at Server Side:	23
Bytes per Second at Client Side:	9.583 Kbps

Figura 4-3: Información de Transferencia del cuarto archivo

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019

El tercer archivo enviado, L2180610.csv, presenta las siguientes características: El inicio del proceso de transferencia es a las 16:59:45.06. El proceso termina a las 16:59:48.55, lo que da como resultado una duración de 3.49 segundos. El tiempo transferencia de los paquetes desde la estación meteorológica hasta el servidor es de 3.35 segundos. Esto determina que la tasa de transferencia fue de 7.91 KBytes/s. Estos resultados son apreciados en la figura 5-3.

TCP Flow Analysis - 192.168.1.121 - 192.168.1.121	
Transaction List Transaction Summary Packets Data Flow	
Summary Item	Current Value
Transaction Time Summary:	
	Second
Start Time:	16:59:45.064500000
End Time:	16:59:48.554562000
TCP Flow Duration:	00:00:03.490062000
Three-way Handshake Time:	00:00:00.000025000
Connection Close Time:	00:00:00.000011000
Server Data Transfer Time:	00:00:00.000012500
Server Response Time:	00:00:00.000000000
Client Data Transfer Time:	00:00:03.350026500
Client Idle Time:	00:00:00.000000000
Data Flow Summary:	
	Count
Sum of Packets:	33
Packets at Client Side:	21
Packets at Server Side:	12
Sum of Bytes:	27.15 KB
Bytes at Client Side:	26.51 KB
Bytes at Server Side:	660.00 B
TCP Summary:	
	Count/Second
TCP Connections:	1
Successful TCP Connections:	1
Packets per Second at Client Side:	21
Packets per Second at Server Side:	12
Bytes per Second at Client Side:	7.910 KBps

Figura 5-3: Información de Transferencia del tercer archivo.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019.

El cuarto archivo enviado, L3180610.csv, presenta las siguientes características: El inicio del proceso de transferencia es a las 17:00:06.26. El proceso termina a las 17:00:08.61, lo que da como resultado una duración de 2.35 segundos. El tiempo transferencia de los paquetes desde la estación meteorológica hasta el servidor es de 2.19 segundos. Esto determina que la tasa de transferencia fue de 7.03 KBytes/s. Estos resultados son apreciados en la figura 6-3.

TCP Flow Analysis - 192.168.1.121 - 19

Transaction List **Transaction Summary** Packets Data Flow

Summary Item	Current Value
Transaction Time Summary:	
	Second
Start Time:	17:00:06.264556000
End Time:	17:00:08.614623000
TCP Flow Duration:	00:00:02.350067000
Three-way Handshake Time:	00:00:00.000019000
Connection Close Time:	00:00:00.000011000
Server Data Transfer Time:	00:00:00.000009500
Server Response Time:	00:00:00.000000000
Client Data Transfer Time:	00:00:02.190035500
Client Idle Time:	00:00:00.000000000
Data Flow Summary:	
	Count
Sum of Packets:	23
Packets at Client Side:	14
Packets at Server Side:	9
Sum of Bytes:	15.88 KB
Bytes at Client Side:	15.40 KB
Bytes at Server Side:	498.00 B
TCP Summary:	
	Count/Second
TCP Connections:	1
Successful TCP Connections:	1
Packets per Second at Client Side:	14
Packets per Second at Server Side:	9
Bytes per Second at Client Side:	7.038 KBps

Figura 6-3: Información de Transferencia del cuarto archivo

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019.

En la tabla 1-3 se recopila los resultados obtenidos en las transferencias de los archivos.

Tabla 1-3: Resultados obtenidos en la transferencia de archivos

Archivo	Tamaño	Tasa de Transferencia	Tiempo de Transferencia
L0180610.csv	80 KBytes.	9.12 KBytes/s.	9.36 s.
L1180610.csv	55 KBytes.	9.58 KBytes/s.	6.36 s.
L2180610.csv	25 KBytes.	7.91 KBytes/s.	3.49 s.
L3180610.csv	15 KBytes.	7.03 KBytes/s.	2.35 s.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019

En el gráfico 1-3 se realiza un contraste entre los tamaños de los archivos y las tasas de transferencia con la que se realizó los envíos.

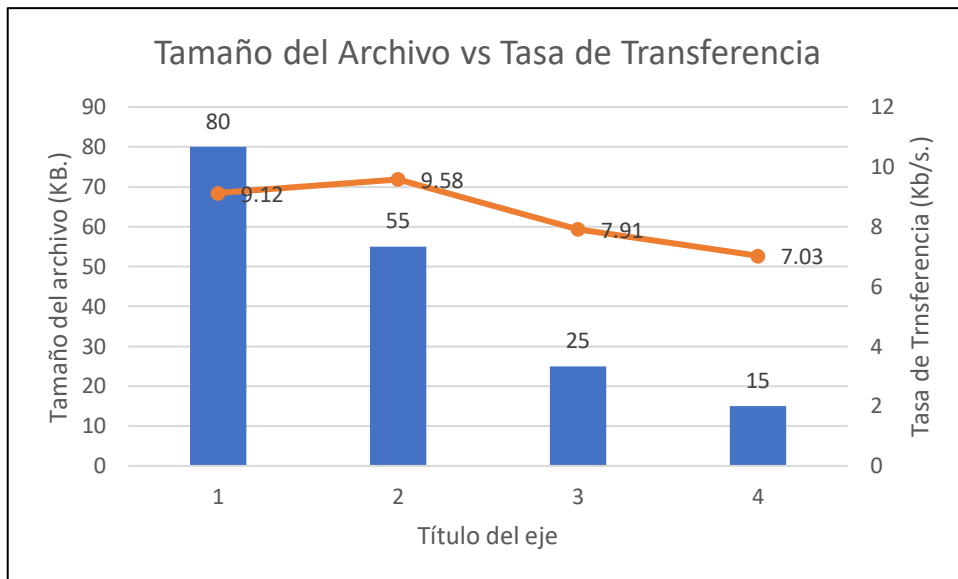


Gráfico 1-3: Contraste entre el Tamaño de los Archivos y la Tasa de Transferencia de cada uno.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019

En el gráfico 2-3 se realiza un contraste entre los tamaños de los archivos y las tasas de transferencia con la que se realizó los envío.

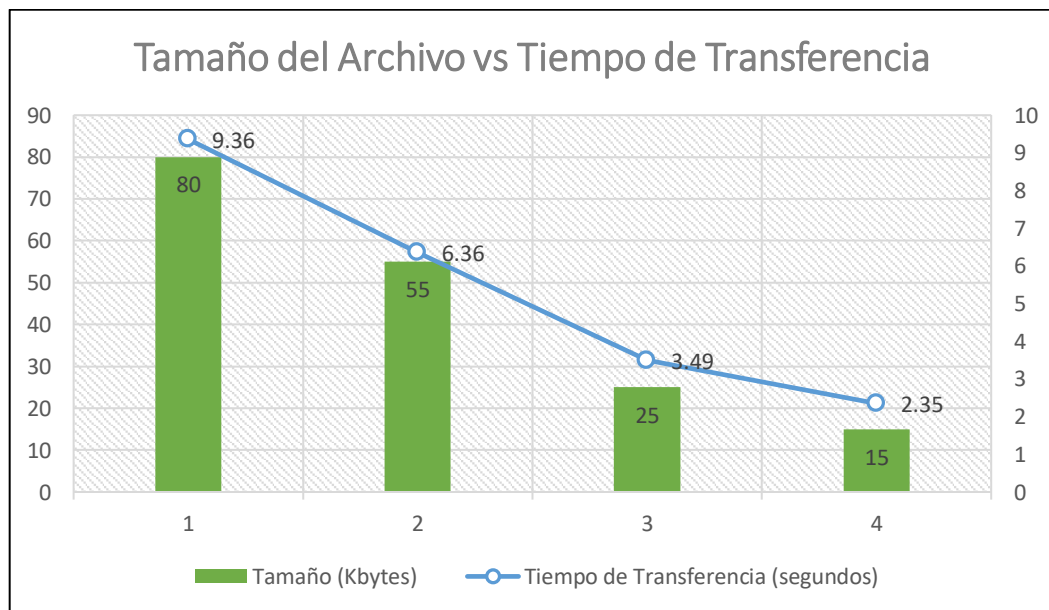


Gráfico 2-3: Contraste entre el Tamaño de los Archivos y el Tiempo de Transferencia utilizado.

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019

Estos resultados presentan similitud en trabajos previos realizados acerca de esta tecnología y sus características de trabajo. Según Bettancourt, Grote y Soto (2016) en su reporte denominado

Análisis de Tasa Efectiva de Servicio y Retardo de GPRS y EDGE, determinan mediante cálculos experimentales los resultados que se muestran en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Tasa de Transferencia determinadas para GPRS

Esquema de codificación ¹	Tasa de Transferencia
CS-1	8.8 Kbyte/s.
CS-2	12.8 Kbyte/s.
CS-3	15.2 Kbyte/s.
CS-4	20.8 Kbyte/s.

Realizado por: Francisco Shagñay

Fuente: Bettancourt, Grote, Soto, 2016

3.2. Comparación entre la metodología actual de trabajo y la propuesta

Con los resultados previos obtenemos que diariamente el procedimiento de transmisión de archivos desde la estación base hacia el servidor toma un tiempo de alrededor 21.56 segundos. Esto equivale a 301.46 segundos, es decir alrededor de 5 minutos cada 2 semana destinados a la obtención de la información.

Actualmente el mismo proceso toma un tiempo de alrededor de 2 horas que consiste en la movilización desde la ciudad de Riobamba hacia la estación meteorológica en Chingazo, recolección manual de datos y el viaje de retorno.

Sumado a todo esto se considera el tiempo de procesamiento de información, la misma generada en 1 día ocupa alrededor de 30 minutos lo que correspondería a un promedio de 7 horas invertidas en este procedimiento cada 2 semanas.

La metodología actual ocupa alrededor de 9 horas para obtener los resultados requeridos por el CEAA, cada 2 semanas. Con la metodología propuesta se ocupa un tiempo de alrededor de 7 horas. La diferencia radica en que el tiempo destinado actualmente es para un análisis acumulado, en cambio que el tiempo indicado en la metodología propuesta estaría destinado para un análisis distribuido durante las 2 semanas.

Se debe además tomar en cuenta que esta comparación solo considera la estación meteorológica señalada, un análisis completo contemplaría el tiempo de todas las estaciones meteorológicas

¹ **Esquema de Codificación:** CS1, esquema de codificación robusto ideal para soportar interferencias

administradas por el grupo, es decir alrededor del mismo tiempo para cada una de las 5 localidades con la metodología propuesta ya que con la actual se debe considerar que el tiempo destinado a la movilización es mucho mayor para cada estación.

3.3. Análisis de la Propuesta Técnica

3.3.1. Costo de Implementación de la Propuesta Técnica.

El costo correspondiente por implementar esta propuesta técnica está detallado en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Costo de equipos y servicios que intervienen en la red diseñada

Equipo / Servicio	Descripción	Costo Unitario	Total de unidades.	Costo Total
Modem GPRS	Sierra FXT009	\$268.16	5	\$1340.80
Servicio de Datos de telefonía móvil. (Pago mensual)	CNT 10MB	\$2.80	5	\$14.00
Antena GPRS		\$10.00	5	\$50.00
Materiales para instalación	Tornillos	\$0.50	5	\$2.50
Hosting Ecuador (Pago anual)	Paquete Xpress	\$16.80		\$16.80
Total				\$1424,10

Realizado por: Francisco Shagñay.2019

3.3.2. Relación costo beneficio.

Al realizar una comparación con la metodología actual de trabajo respecto a los recursos que se utilizan obtenemos la siguiente información que se detallan en la tabla 4-3

Tabla 4-3: Gasto correspondiente a la metodología actual de funcionamiento.

Rubro	Recolección en todas las estaciones meteorológicas	Valor Mensual	Valor Anual
Combustible para movilización	\$ 25.00	\$50.00	\$ 600.00
Viáticos al personal (2 técnicos) y chofer	\$ 50.00	\$100.00	\$1200.00
Total	\$75.00	\$150.00	\$1800.00

Realizado por: Francisco Shagñay, 2019

Al comparar esta información con el valor de la inversión para implementar la red se concluye que la última equivale aproximadamente a los gastos de 10 meses de la metodología actual.

CONCLUSIONES

El estudio presentado permitió el diseño teórico de un sistema de comunicaciones inalámbricas para el CEAA mediante la red GPRS de CNT EP y el uso de un servidor FTP para el almacenamiento y recolección automática de la información generada en las estaciones meteorológicas de la provincia de Chimborazo de manera remota minimizando los costos operativos que se requerían para realizar esta tarea de la manera habitual.

Mediante el estudio técnico se obtuvo una solución que optimizará la metodología de obtención de información de las estaciones meteorológicas administradas por el CEAA eliminando el proceso de recolección manual en cada localidad remota lo que contribuye, a mediano plazo, en el ahorro de recursos económicos invertidos en la movilización y viáticos al personal, además de agilizar el procesamiento de esta información para su uso en los proyectos desarrollados por el grupo de investigación.

Luego del análisis de las tecnologías inalámbricas de largo alcance disponible en el medio, se determinó que la que mejor se ajusta a los objetivos de esta investigación es la tecnología GPRS ya que mediante la comparación realizada por el método de Matriz de Selección destacó por sobre WiMAX y Radio enlace en desempeño en condiciones meteorológicas extremas, consumo de energía y complejidad de ejecución, características que fueron consideradas como críticas por los investigadores debido a las localizaciones de las estaciones meteorológicas.

En el proceso de simulación de cada tecnología inalámbrica se usaron tres alternativas, en el caso de WiMAX se diseñó la red en ICS Telecom para su simulación porque el software presta herramientas para predecir coberturas de varios tipos de tecnologías donde se incluye la indicada, además de ser una herramienta con suficiente documentación lo que facilitó su utilización, para Radio enlace se usó la herramienta Air-Link por su sencillez de ejecución y configuración además de ser un software libre diseñado por la empresa Ubiquiti lo cual estuvo resulta favorable por otras opciones como Radio Mobile. Finalmente, en GPRS se verificó la disponibilidad de servicio en cada estación meteorológica de acuerdo a la información en los sitios web de cada operadora.

Al determinar a GPRS como la mejor opción se procedió a implementar un prototipo que permita validar el diseño de la red, es así que mediante un módulo SIM900, una tarjeta Arduino UNO se envió los archivos que diariamente se generan en las estaciones meteorológicas hacia un servidor FTP obteniendo resultados favorables y optimizando la actividad de recolección de información. Para la puesta en marcha de este estudio técnico por parte del CEAA se ha redactado un manual

de implementación y buenas prácticas para la administración de la solución propuesta en el estudio, dicho manual un soporte para la persona que sea designada para la ejecución de este proyecto.

RECOMENDACIONES

Para la implementación de este proyecto se recomienda se escoja las opciones de proveedores de servicios y fabricantes de equipos indicados en este trabajo, sin embargo, de no ser posible se sugiere realizar una revisión a los requerimientos de la red determinados en este trabajo y escoger la mejor alternativa.

Es necesaria una correcta administración del servidor FTP respecto a la seguridad, el uso de contraseñas seguras y una administración de usuarios que permita un manejo responsable de la información.

El mantenimiento preventivo recomendado es de una vez por cada 6 meses donde se debe comprobar el estado del modem, el trabajo de las fuentes de energía y revisiones del resto de equipos por parte del CEAA.

Al realizar el mantenimiento preventivo, no se debe olvidar realizar la recolección de la información guardada en las memorias flash de los dataloggers que, para el esquema de red planteado, son el back-up ante posibles errores en el funcionamiento del sistema.

Es necesaria la sustitución de la antena del modem que se incluye en el paquete por una que tenga como característica una mayor ganancia lo que contribuirá en momentos donde la señal se vea muy afectada, por las características meteorológicas de estas zonas, lo que podría interferir e incluso cortar la comunicación entre las bases y las estaciones meteorológicas.

Se recomienda que en posteriores estudios relacionados con la transmisión de la información del CEAA se aborde de manera más amplia aspectos relacionados con la seguridad informática.

Se sugiere la sustitución de los *dataloggers* en las estaciones meteorológicas por equipos que cuenten con mejores prestaciones ya que esto contribuirá a una mejor metodología de trabajo en el envío de información.

Se recomienda seguir los pasos descritos en el manual redactado para una correcta implementación y funcionamiento de la red.

Dado que la capacidad de almacenamiento del servidor FTP es grande si lo comparamos con el espacio requerido para la información de las estaciones meteorológicas, se puede considerar como

opción el uso compartido con otras facultades y grupos de investigación de la ESPOCH que tienen bajo su manejo y administración otras estaciones meteorológicas.

Dado a la capacidad del servidor, se puede realizar configuraciones dentro de los *datalogger* para generar informes adicionales que serían transmitidos hacia el servidor con mayor frecuencia, esto además que contribuirá con la investigación y monitoreo remoto.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, José, *Zonas de Fresnel* [en línea]. Quetzaltenango, 2008. [Consulta: 7 de mayo 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/55774691/zonas-de-fresnel>

APCD - PÁGINA WEB DE SERVICIOS METEOROLÓGICOS, APCD - Variables - Presión barométrica. [en línea]. 2018. [Consulta: 24 May 2018]. Disponible en: http://apcd-spv.org/index.php?lang=es&secc=variables&type=pressio_barometrica

ARCOTEL, *Líneas Activas por Tecnología* [en línea]. Quito, 2018. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma/>

BACUILIMA, Santiago, *Estudio y Diseño de una Red WiMAX para la Ciudad de Cuenca* [en línea]. Universidad de Cuenca, 2010. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2555/1/tm4320.pdf>

BETTANCOURT, Rolando, GROTE, Alex & SOTO, Marcelo,. *Análisis de Tasa Efectiva de Servicio y Retardo de GPRS y EDGE*. Valparaíso, 2016.

CALLE, Fredy & GUAMÁN, Fabián, *Estudio Técnico para el Mejoramiento de la Calidad de Servicio Ofrecido a los Usuarios de la Red WiMAX de Etapa EP en la Zona Urbana de la Ciudad de Cuenca* [en línea], 2016. Universidad de Cuenca. Disponible en: <dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24184/1/tesis.pdf>

CALUÑA, Alex & JORDÁN, Alex, *Diseño en Implementación de un Sistema de Monitoreo Climatológico Vía GPRS y Automatización de la Calibración del Anillo del Piranómetro en la Estación Meteorológica - ESPOCH* [en línea], 2017. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 23 May 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6880/1/108T0199.pdf>

CARMONA, Antonio, *Planificación mediante Atoll de Red WiMAX móvil para los centros de la Universidad de Sevilla* [en línea], 2008. Universidad de Sevilla. [Accessed 14 de julio 2018]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11677/fichero/Volumen+1%252F3.-WiMAX.pdf>

CASANOVA, Verónica, *¿Qué es el Espectro Electromagnético? Astrofísica y Física* [en línea],

2012. [Consulta: 3 de mayo 2018]. Disponible en:
<http://www.astrofisyca.com/2012/06/que-es-el-espectro-electromagnetico.html>

CEAA,. CEAA. [en línea], 2017. [Consulta: 18 de junio 2018]. Disponible en:
http://190.15.135.179/ceaa_espoch/

COIMBRA, Edison, Propagacion de onda en el espacio libre. *Slideshare* [en línea], 2011. [Consulta: 4 de mayo 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/edisoncoimbra/63-propagacion-en-el-espacio-libre>

DARRERA, Anillo de Sombra. [en línea]. [Consulta: 24 de mayo 2018]. Disponible en:
<https://www.darrera.com/detalle-producto.php?d=0&id=589>

ELECTRONICS, MCI, Antena cuatribanda GSM/GPRS SMA | MCI Electronics. [en línea]. [Consulta: 29 de enero 2019]. Disponible en:
<https://www.mcielectronics.cl/shop/product/antena-cuatribanda-gsm-gprs-sma-9750>

ESPAÑA, Jorge, Revista Electroindustria - Nociones básicas sobre GPRS. [en línea]. [Consulta: 12 de febrero 2019]. Disponible en:
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=603&edi=5>

EVELIUX, Modulación. [en línea] 2007. Disponible en:
<http://www.eveliux.com/mx/Modulacion.html>

FINAL TEST, ¿Que es un Datalogger? [en línea]. 2010. [Consulta: 24 de mayo 2018]. Disponible en: <https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-4.htm>

GARCÍA, Juan, MOLINA, José María & LLÁCER, Leandro, *Sistemas de Comunicaciones Móviles* [en línea], 2014. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. [Consulta: 17 de mayo de 2018]. ISBN 9788416325030. Disponible en:
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=4794898&query=lte>

HERNÁNDEZ; ULISES & MARANTE, Francisco, *Breve acercamiento a los Sistemas Inalámbricos Avanzados, Tecnologías 4G* [en línea], 2011. [Consulta: 9 de mayo 2018]. Disponible en:
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/reader.action?docID=3202559&query=wimax>

HERNÁNDEZ, Jorge, ¿Qué es una onda electromagnética? *Ondas Electromagnéticas* [en línea], 2016. [Consulta: 2 de mayo 2018] . Disponible en: <https://curiosoando.com/que-es-una-onda-electromagnetica>

HERRERA, Eduardo, ARQ-Protocolos | Control de Errores. [en línea], 2013. [Consulta: 14 de julio 2018]. Disponible en: <https://arqprotocolos.wordpress.com/>

HOFSTEDE, Robert, CALLES, Juan, LÓPEZ, Víctor, POLANCO, Rocío, TORRES, Fidel, ULLOA, Janett, VÁSQUEZ, Adriana & CERRA, Marcos, *Los Páramos Andinos ¿Qué Sabemos? Estado de Conocimiento Sobre el Impacto del Cambio Climático en el Ecosistema Páramo*. UICN [en línea], 2014. P. 27, 29. [Consulta: 21 de junio 2018]. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-025.pdf>

INFOAGRO, *Anemómetros. Qué es un anemómetro y cómo mide la velocidad del viento*. [en línea]. 2006. [Consulta: 24 de mayo 2018]. Disponible en: http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_anemometro_velocidad_viento.asp?k=80

JIMÉNEZ, Leonardo, PARRADO, Joaquin, QUIZA, Carlos & SUÁREZ, Carlos, *Modulación multiportadora OFDM* [en línea], 2001. [Consulta: 9 mayo de 2018]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/view/2699/3891>

MANOBANDA, Pedro, *MODULACION OFDM* [en línea], 2012. Ambato. [Consulta:9 de mayo 2018]. Disponible en: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11244/fichero/Volumen+1%252F5_MODULACION_OFDM.pdf

MANTILLA, Carmen, Archivos CEAA, 2018, Riobamba. 2018.

MARTÍNEZ, Toni, *Simulación estación base Wimax con Radio Mobile - Telequismo*. [en línea]. 2012. [Consulta:1 de noviembre 2018]. Disponible en: <http://www.telequismo.com/2012/04/simulacion-estacion-base-wimax-con.html/>

METEOGALICIA, *Estaciones Meteorológicas: Generalidades*. [en línea], 2013. Disponible en: http://www.meteogalicia.gal/web/informacion/glosario/est1.action?request_locale=es

MOLINA, Carlos, *Radio Enlaces Terrestres | Microondas* [en línea], 2010. [Accessed 7 May 2018]. Disponible en:

http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas_.pdf

MONTERO, Jessica, *Diseño de un Prototipo de una Red de Sensores Inalámbricos Para el monitoreo de la Calidad de Agua para Uso Recreativo en el Dique Fátima* [en línea], 2017. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8009>

MUÑOZ, José, *Evolución y Perspectiva del CEEA - ESPOCH*, 2017. Riobamba.

NRG SYSTEMS, *Piranómetro Hukseflux SR11*. [en línea]. 2014. [Consulta:23 de mayo 2018]. Disponible en: <https://es.nrgsystems.com/products/met-sensors/pyranometers/detail/hukseflux-sr11-pyranometer>

PACHECO, Mayra, *Centros Meteorológicos*, 2018. Riobamba.

PAREDES, Ana María and PÉREZ, Marjory, *Diseño de la Red de Transmisión de Datos para el Centro de Comunicaciones Hidrometeorológicas del Inahmi para las Provincias del Callejón Interandino del Ecuador utilizando la Plataforma Celular GPRS*, 2016.

PAZ Y MIÑO, César, *Desafíos para la Ciencia Ecuatoriana*. [en línea], 2017. p. 4. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/columnistas/1/desafios-para-la-ciencia-ecuatoriana>

PLACENCIA, Carolina, *Estudio exploratorio para determinar el índice UV utilizando medidas espectrales de la luz del día* [en línea], 2016. Universidad San Francisco de Quito. [Consulta: 23 de mayo 2018]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5705/1/126449.pdf>

RAMOS, Francisco, *Radiocomunicaciones* [en línea], 2007. ISBN 9788426714497. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/espochsp/reader.action?docID=3175449&query=radioenlace>

RIBADENEIRA, Jefferson. *Sistemas GSM*, 2017. Riobamba.

TECNICAS COMPETITIVAS, *Despliegue Red de Banda Ancha WIMAX - Técnicas Competitivas*. [en línea]. 2018. [Consulta:12 de febrero 2019]. Disponible en:

<https://www.tecnicascompetitivas.com/?p=209>

TOMASI, Wayne, Sistema de Comunicaciones Electrónicas. In: *Sistema Electrónico de Comunicaciones*. Mexico D.F.: Pearson Educacion, 2003. p. 2. ISBN 970-26-0316-1.

VAISALA, *Sonda de humedad y temperatura HMP155* [en línea], 2013. [Consulta:30 de julio 2018]. Disponible en: <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/HMP155-Datasheet-B210752ES-E-LoRes.pdf>

VAISALA, *Sistema Vaisala HydroMet MAWS100* [en línea], 2014. [Consulta:17 de mayo 2018]. Disponible en: https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/MAWS100_datasheet_B210843ES-B_LowRes.pdf

VAISALA OYJ, *Vaisala Sensors for Vaisala MAWS101/201 Automatic Weather Stations* [en línea], 2012. Helsinki. [Accessed 24 May 2018]. Disponible en: http://www.livedata.se/images/Vaisala/MAWS/MAWS_sensors.pdf

VALDIVIA, Ricardo, *Estudio de los Fenómenos que afectan a la Capacidad de los Sistemas HAPs y Terrestres* [en línea], 2011. Universidad Autónoma de Madrid. [Consulta: 25 junio 2018]. Disponible en: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20110318RicardoValdivia.pdf>

VELA REMACHE, Pablo Andrés, *Estudio y Diseño de un Radio Enlace para Transmisión de Datos e Internet en Frecuencia Libre para la Cooperativa Indígena ALFA Y OMEGA*. [en línea], 2015. Escuela Politécnica Nacional. [Consulta:5 mayo 2018]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10776/1/CD-6315.pdf>

