

UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS

MASTER EN REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA PAÍSES EN DESARROLLO



Proyecto Fin de Master

“Estudio, planificación e implementación de una red inalámbrica basada en el estándar 802.11 “WIFI” entre estaciones meteorológicas, en el valle de Latacunga Provincia de Cotopaxi, Ecuador”

Autor: David Raimundo Rivas Lalaleo

Directores: D. Juan Antonio Hernández Tamames
Dra. Susana Borrromeo López

2012

Dr. D. Juan Antonio Hernández Tamames y Dra. Dña. Susana Borromeo López, profesores Titulares de Universidad del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Rey Juan Carlos, directores del Proyecto Fin de Master ““Estudio, planificación e implementación de una red inalámbrica basa en el estándar 802.11 “WIFI” entre estaciones meteorológicas, en el valle de Latacunga Provincia de Cotopaxi, Ecuador”, realizada por la D. David Raimundo Rivas Lalaleo

HACEN CONSTAR

Que esta Proyecto Fin de Master reúne los requisitos necesarios para su defensa y aprobación,

Fuenlabrada, Madrid, 16 de julio de 2012

Juan Antonio Hernández Tamames PhD

Susana Borromeo López PhD

ACTA DE EVALUACIÓN

Alumna: David Raimundo Rivas Lalaleo

Titulación: Máster en Redes de Telecomunicaciones para Países en Desarrollo.

Título del Proyecto: Estudio, planificación e implementación de una red inalámbrica basa en el estándar 802.11 "WIFI" entre estaciones meteorológicas, en el valle de Latacunga Provincia de Cotopaxi, Ecuador

Tutor: Juan Antonio Hernández Tamames PhD.

Co-tutor: Susana Borromeo López PhD.

TRIBUNAL

Presidente:

Vocal:

Secretario:

CALIFICACIÓN DETALLADA DEL PROYECTO

	Presidente	Vocal	Secretario
Presentación escrita (MB-B-R-M-MM)			
Presentación oral (MB-B-R-M-MM)			
Complejidad técnica (MB-B-R-M-MM)			
Metodología empleada (MB-B-R-M-MM)			
Resultados obtenidos (MB-B-R-M-MM)			
Esfuerzo realizado (MB-B-R-M-MM)			

CALIFICACIÓN FINAL DEL PROYECTO

(Nota numérica)	SB / NOT / AP / SS / NP Enmarcar la calificación alcanzada
-----------------	---

Fuenlabrada, 16 de Julio de 2012.

El Presidente

El Vocal

El Secretario

Agradecimientos

Un agradecimiento muy especial para los Profesores Juan Antonio, Susana y Javier por su apoyo incondicional para el desarrollo de este proyecto.

A los compañeros del Departamento de Eléctrica y Electrónica, Eddie, José, Wilson, José Luis, por su colaboración y confianza.

A los alumnos de la Carrera de Electrónica e Instrumentación de la ESPE Extensión Latacunga, por su decidida contribución y compañía en la etapa de implementación y de mantenimiento de las estaciones.

A la Escuela Politécnica del Ejército y sus Directivos por el apoyo brindado.

A la Fundación Wiracocha y ELEPCO por permitir el uso de su infraestructura para la instalación de las estaciones.

Dedicatoria

A David, Gloria, Germmy y Tian, por la paciencia y apoyo incondicional.

A toda mi familia, por su cariño y preocupación

Ray

Resumen

El propósito de este trabajo es comparar los diferentes variantes del estándar 802.11 para la interconexión de estaciones meteorológicas ubicadas en entornos rurales del valle de Latacunga, evaluarlas mediante una serie de criterios técnicos para definir su pertinencia.

Con este estudio se busca conocer la mejor alternativa para la implementación de una red de estaciones meteorológicas, las cuales sustentaran los estudios en detalle de los potenciales de energías renovables, tanto radiación solar como potencial eólico presentes en esta región del Ecuador.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I	1
1. Introducción.	1
1.1 Justificación.	1
1.2 Objetivo	2
1.3 Alcance	2
1.4 Descripción del trabajo	2
CAPITULO II	6
2. Estado del Arte	6
2.1 Problemática Actual	6
2.2 Conceptos Básicos.	9
2.2.1 Energía Eólica.	9
2.2.2 Energía Solar	9
2.2.3 Mapa de Potencial Eólico	11
2.2.3 Mapa de Potencial Fotovoltaico	11
2.2.4 Estaciones Meteorológicas.	12
2.2.5 Redes Inalámbricas de Banda Ancha	14
2.2.7 Legislación del Ecuador respecto a Redes de Banda Ancha	21
CAPITULO III	23
3. Estudio de Alternativas.	23
3.1 Dimensionamiento de estaciones meteorológicas	23
3.1.1 Descripción de sensores	24
3.1.2 Descripción de registrador	25
3.1.3 Descripción de sistema de comunicación.	27
3.1.4 Descripción sistema de energía	27
3.1.5 Desarrollo de una estación meteorológica de bajo costo.	28
3.1.5.1 Sensores.	28
3.1.5.2 Adquisición de datos	29
3.1.4 Prototipo tarjeta de adquisición de datos con comunicación USB	29
3.1.5.3 Registrador.	30
3.1.5.4 Sistema de comunicación	30
3.1.5.5 Software de administración de datos	30
3.1.5.6 Sistema de alimentación	30
3.1.6 Descripción de equipos comerciales.	31
3.2 Planificación de red inalámbrica de larga distancia.	31
3.2.1 Emplazamiento	31
3.2.2 Planificación de los Radio Enlaces.	34
3.2.3 Radio Enlace en 2.4 GHz.	39
3.2.4 Radio Enlace en 5 GHz.	42
3.3 Planificación de la red de datos	45
3.4 Selección y descripción de los componentes.	47
3.5 Implementación de la red y puesta en marcha	48
3.5.1 Tablero de Estaciones meteorológicas.	48
3.5.2 Tablero de estación central	50
3.5.3 Torre de sujeción y comunicación.	51
3.5.4 Alineamiento de las antenas	54
3.5.4.1 Alineamiento con el software Wi-Spy.	54

3.5.4.2 Alineamiento con el software de Ubiquiti	56
3.5.5 Configuración de los radios	57
CAPITULO IV	58
4. Resultados.	58
4.1 Experimentación de capacidad de canal.	58
4.1.1 Estándar 802.11 b	59
4.1.2 Estándar 802.11 g	61
4.1.3 Estándar 802.11 n	63
4.2 Velocidad y dirección de viento	65
4.2.1 Collas	65
4.2.2 Illuchi	67
4.2.3 ESPE Sinchaguasin	68
4.2.4 ESPE Belisario Quevedo	70
4.3 Radiación Solar	71
4.3.1 Collas	72
4.3.2 Illuchi	73
4.3.3 ESPE Sinchaguasin	74
4.3.4 ESPE Sinchaguasin	75
CAPITULO V	77
5. Conclusiones y Recomendaciones	77
5.1 Conclusiones.	77
5.2 Recomendaciones.	78
5.3 Proyectos relacionados y generados.	79
Bibliografía.	80
Apéndices	

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I	1
Tabla 1.1.1 Localización de Estaciones meteorológicas.	3
CAPITULO II	6
Tabla 2.1.1. Niveles de contaminación de Centrales Termoeléctricas	8
CAPITULO III	23
Tabla 3.1.1 Sensores	28
Tabla 3.2.1. Caracterización de emplazamiento.	34
Tabla 3.2.2. Comparativa Datos GPS con Radio Mobile.	35
Tabla 3.2.3. Determinación de línea de vista entre emplazamiento.	39
Tabla 3.3.1. Direcciones IP de la Red de estaciones meteorológicas	46
Tabla 3.4.1. Equipos seleccionados para la implementación.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I	1
Figura 1.1.1 Objetivos del milenio	1
Figura 1.1.2 Mapa de la República del Ecuador	3
Figura 1.1.3 Localización geográfica de estaciones meteorológicas	4
CAPITULO II	6
Figura 2.1.1 Servicio Eléctrico en Ecuador por Provincias	6
Figura 2.1.1 Generación en el Ecuador 2006 – 2007	7
Figura. 2.1.3 Mapa Político del Ecuador	8
Figura 2.2.1 Radiación Solar	10
Figura 2.2.2 Zonas de potencial eólico.	11
Figura 2.2.3 Mapa de Energía Solar Mundial	12
Figura 2.2.4. Estación Meteorológica.	13
CAPITULO III	23
Figura 3.1.1. Diagrama de bloques estación Meteorológica	24
Figura 3.1.2. Descripción en bloques de la Estación Meteorológica	28
Figura 3.1.5. Estación meteorológica Davis Vantage Pro 2.	31
Figura 3.2.1. ESPE Extensión Latacunga	32
Figura 3.2.2. ESPE Extensión Latacunga Campus Belisario Quevedo	32
Figura 3.2.3. Centro de Convenciones Sinchaguasin	33
Figura 3.2.4. Central Hidroeléctrica Illuchi 1	33
Figura 3.2.5. Collas	34
Figura 3.2.6. Ubicación de emplazamiento en Radio Mobile.	36
Figura 3.2.7 Perfil ESPE Latacunga – ESPE Belisario Quevedo	36
Figura 3.2.8 Perfil ESPE Latacunga – ESPE Sinchaguasin	36
Figura 3.2.9 Perfil ESPE Latacunga – Illuchi	37
Figura 3.2.10 Perfil ESPE Latacunga – Collas	37
Figura 3.2.11 Perfil ESPE Belisario Quevedo – ESPE Sinchaguasin	37
Figura 3.2.12 Perfil ESPE Belisario Quevedo – Illuchi	37
Figura 3.2.13 Perfil ESPE Belisario Quevedo – Collas	38
Figura 3.2.14 Perfil ESPE Sinchaguasin – Illuchi	38
Figura 3.2.15 Perfil ESPE Sinchaguasin – Collas	38
Figura 3.2.16 Perfil Illuchi – Colas	38
Figura 3.2.17 Configuración de los parámetros del enlace	40
Figura 3.2.18 Topología del enlace	40
Figura 3.2.19 Miembros del enlace y direccionamiento de antenas.	40
Figura 3.2.20 Configuración del Sistema	40
Figura 3.2.21 Estilo de presentación de enlaces	41
Figura 3.2.22 Simulación de Radio Enlaces a frecuencia de 2.4GHz	41
Figura 3.2.23 Enlace ESPE Latacunga - Collas	41
Figura 3.2.24 Enlace Collas - ESPE Belisario Quevedo	42
Figura 3.2.25 Enlace Collas – Illuchi	42
Figura 3.2.26 Enlace Illuchi – ESPE Sinchaguasin	42
Figura 3.2.27 Configuración de los parámetros del enlace	43
Figura 3.2.28 Topología del enlace	43
Figura 3.2.29 Miembros del enlace y direccionamiento de antenas.	43
Figura 3.2.30 Configuración del Sistema	43

Figura 3.2.31 Estilo de presentación de enlaces	44
Figura 3.2.32 Simulación de Radio Enlaces a frecuencia de 5GHz	44
Figura 3.2.33 Enlace ESPE Latacunga - Collas	44
Figura 3.2.34 Enlace Collas - ESPE Belisario Quevedo	45
Figura 3.2.35 Enlace Collas – Illuchi	45
Figura 3.2.36 Enlace ESPE Sinchaguasin – Illuchi	45
Figura 3.3.1. Elementos de red de datos	46
Figura 3.5.1. Diagrama de conexiones en cada emplazamiento	49
Figura 3.5.2. Diagrama de ubicación de equipos	49
Figura 3.5.3. Fotografía de tablero montado	50
Figura 3.5.5. Planos de la torre	51
Figura 3.5.6. Implementación de la torre	52
Figura 3.5.7. ESPE Latacunga	52
Figura 3.5.8. ESPE Belisario Quevedo	53
Figura 3.5.9. ESPE Sinchaguasin	53
Figura 3.5.10. Illuchi	54
Figura 3.5.11. Collas	54
Figura 3.5.12. Espectro de frecuencia en 2.4GHz	55
Figura 3.5.13. Espectro de frecuencia en 5GHz.	55
Figura 3.5.13. Alienador de antenas AirOs	56
Figura 3.5.14 Configuración interfaz Inalámbrica	57
Figura 3.5.15 Configuración interfaz Alámbrica	57
CAPITULO IV	58
Figura 4.1.1 Herramienta “Monitoreo” del AirOs	58
Figura 4.1.2 Herramienta D-ITG	59
Figura 4.1.3 Enlace ESPE Latacunga- Colas 802.11b	59
Figura 4.1.4 Enlace ESPE Belisario Quevedo- Collas 802.11b	60
Figura 4.1.5 Enlace Illuchi- Collas 802.11b	60
Figura 4.1.6 Enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi 802.11b	61
Figura 4.1.7 Enlace ESPE Latacunga- Colas 802.11g	61
Figura 4.1.8 Enlace ESPE Belisario Quevedo- Collas 802.11g	62
Figura 4.1.9 Enlace Illuchi- Collas 802.11g	62
Figura 4.1.10 Enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi 802.11g	63
Figura 4.1.11 Enlace ESPE Latacunga- Colas 802.11g	63
Figura 4.1.12 Enlace ESPE Belisario Quevedo- Collas 802.11n	64
Figura 4.1.13 Enlace Illuchi- Collas 802.11n	64
Figura 4.1.14 Enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi 802.11n	65
Figura 4.2.1 Velocidad del viento en Collas	66
Figura 4.2.2 Velocidad del Viento respecto al Tiempo en Collas	66
Figura 4.2.3 Dirección del Viento Collas	67
Figura 4.2.4 Velocidad del viento en Illuchi	67
Figura 4.2.5 Velocidad del Viento respecto al Tiempo en Illuchi	68
Figura 4.2.6 Dirección del Viento Illuchi	68
Figura 4.2.7 Velocidad del viento en ESPE Sinchaguasin	69
Figura 4.2.8 Velocidad del Viento ESPE Sinchaguasin	69
Figura 4.2.9 Dirección del Viento ESPE Sinchaguasin	70
Figura 4.2.10 Velocidad del viento en ESPE Belisario Quevedo	70
Figura 4.2.11 Velocidad del Viento en ESPE Belisario Quevedo	71
Figura 4.3.1 radiación Solar en Collas	72

Figura 4.3.2 Radiación solar en Collas	73
Figura 4.3.3 radiación Solar en Illuchi	73
Figura 4.3.4 Radiación solar en Illuchi	74
Figura 4.3.5 radiación Solar en ESPE Sinchaguasin	74
Figura 4.3.6 Radiación solar en ESPE Sinchaguasin	75
Figura 4.3.7 Radiación Solar en ESPE Belisario Quevedo	75
Figura 4.3.8 Radiación solar en ESPE Belisario Quevedo	76

CAPITULO I

1. Introducción.

1.1 Justificación.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, plantea en los Objetivos del Milenio, que el desarrollo de la humanidad debe ser equitativo, en la figura 1.1.1 se grafican los Objetivos de Desarrollo del Milenio en 2015; las metas que se dese alcanzar dentro del área de energía comprende la reducción de las emisiones de CO₂, con la finalidad de mitigar el impacto del calentamiento global sobre el planeta, pues una de las mayores fuentes de emisiones corresponde a la generación de energía a partir de combustibles fósiles.



Figura 1.1.1 Objetivos del milenio

Los sistemas de generación eléctrica basada en diesel y bunker son aun utilizados tanto a nivel industrial como a nivel de generación domiciliaria, siendo uno de los elementos que producen mayor cantidad de emisiones de gases invernadero; por tales motivos y tratando de garantizar la sostenibilidad ambiental se requiere buscar alternativas para abastecer de energía eléctrica a las poblaciones a nivel mundial. Por tales razones se sustenta la importancia que ha venido cobrando la promoción de las energías renovables en el ámbito mundial, las convierte en un área de oportunidad para la sustitución de sistemas de generación contaminantes, por sistemas no contaminantes.

Sin embargo, la aplicación de estas tecnologías de estas tecnologías en el Ecuador se enfrenta a diversos obstáculos como son: Falta de estudios sobre potenciales de energía renovables, Legislaciones poco claras o no existentes, Monopolios de empresas generadores asociadas al estado, entre otras.

En el año 2011 el Gobierno del Ecuador, propone la implementación de Centrales Fotovoltaicas, Eólicas, Hidroeléctricas, entre otras; evidenciando de esta manera la importancia de estas fuentes de energía en el contexto nacional, por esta razones se requieren realizar estudios de potenciales energéticos en lugares predeterminados, ya que solo se cuenta con información global sobre una superficie muy amplia, sin conocer el comportamiento de las mismas en zonas más reducidas o específicas. Por esto es necesario levantar redes de monitoreo de estas variables físicas con el fin de conocer la realidad del comportamiento de estas energías y de esta manera tomar las mejores decisiones; La Escuela Politécnica del Ejército, incursiona en el desarrollo del mapa de Potencial Eólico y Fotovoltaico de la zona de Latacunga, teniendo como premisas el desarrollo de nuevas metodologías y técnicas para el cumplimiento de mencionado objetivo.

El presente proyecto pretende implementar una red de comunicaciones para estaciones meteorológicas ubicadas en zonas remotas, obteniendo de esta manera mayor agilidad en el procesamiento de la información generada en las mismas, implementando de esta manera un monitoreo en tiempo real, almacenamiento y procesamiento de datos en la estación central, dejando las visitas física a las estaciones tan solo para el cumplimiento del programas de mantenimiento preventivo y/o correctivo.

1.2 Objetivo

Los objetivos planteados en este trabajo son los siguientes:

- Planificar e implementar una red inalámbrica de estaciones meteorológicas remotas mediante comunicación Wi-Fi.
- Realizar una comparativa entre los estándares 802.11 b/g/n en enlaces de larga distancia.

1.3 Alcance

El presente trabajo evaluara la implementación de redes de sensores remotos, tomando en cuenta otros sistemas de transmisión de datos similares tal es el caso de comunicación por RF y GSM.

La aplicación práctica de estos criterios se lo realizara en la Provincia de Cotopaxi, en el Ecuador con las instalación de 5 estaciones de monitoreo ubicas en puntos estratégicos, la aplicabilidad esta teoría no solo tendrá un impacto local, ya que por las propias características y necesidades similares se podrá recrear en cualquier lugar del mundo.

1.4 Descripción del trabajo

Siguiendo con las líneas de investigación del presenté máster, presenta el siguiente proyecto titulado “Estudio, planificación e implementación de una red inalámbrica basa en el estándar WIFI entre estaciones

meteorológicas, en el valle de Latacunga Provincia de Cotopaxi, Ecuador”.

En la figura 1.1.2, mediante un mapa de la República del Ecuador se describe la zona de desarrollo del proyecto.

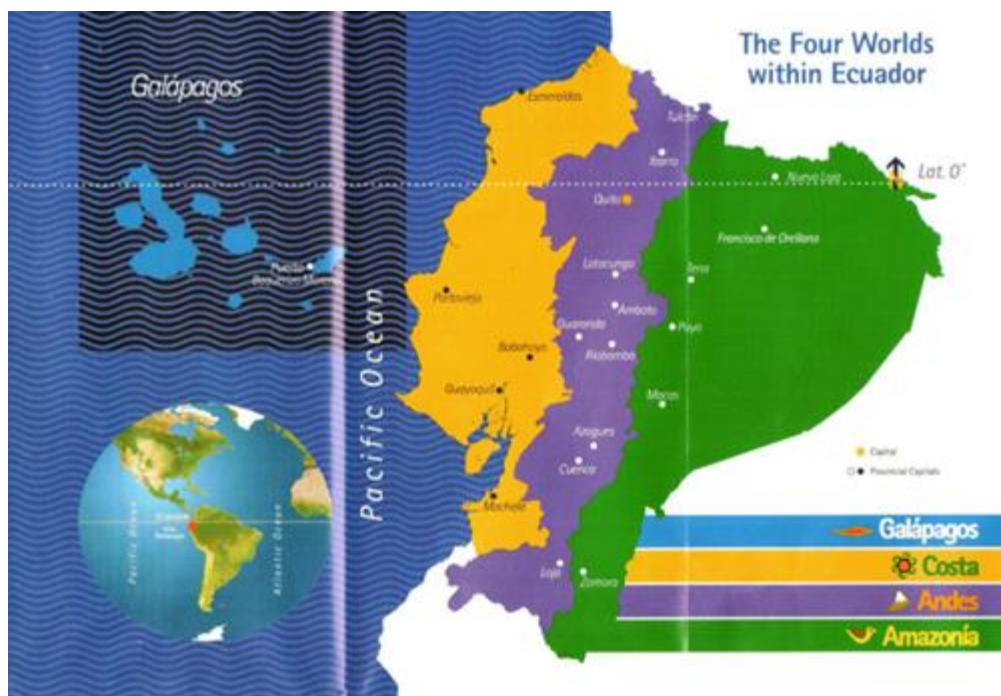


Figura 1.1.2 Mapa de la República del Ecuador

El objetivo general a cumplir es brindar la conectividad entre las estaciones meteorológicas ubicadas en distintas locaciones del valle de Latacunga. Además de realizar un estudio comparativo entre los estándares de comunicación 802.11 b/g/n en un radio aproximado de 25Km.

Las estaciones meteorológicas se instalarán en las siguientes locaciones:

Tabla 1.1.1 Localización de Estaciones meteorológicas.

Item	Localización	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
1	ESPE Latacunga	00°55`57``S	78°36`35``O
2	ESPE Belisario Quevedo	00°59`47``S	78°35`11``O
3	ESPE Sinchaguasin	00°57`08``S	78°42`03,2``O
4	Illuchi	00°55`16``S	78°31`41``O
5	Collas	00°53`56,2``S	78°43`31``O



Figura 1.1.3 Localización geográfica de estaciones meteorológicas

El diseño de la red deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Todas las estaciones se conectaran con la central ubicada en la ESPE Latacunga.
- Las estaciones se monitorearan en tiempo real.
- La red soportara tráfico de internet entre las distintas estaciones.
- Posibilidad de ampliación para la colocación de futuras estaciones.

Además dentro del proyecto se presentara una propuesta de diseño de una estación meteorológica basada en un computador embebido, la cual receptara, mediante comunicación USB los datos provenientes de sensores de velocidad de viento, dirección de viento, temperatura ambiente y humedad, estos datos se procesaran en el sistema embebido, y se transmitirán a la estación central.

Los datos obtenidos de las mediciones de las estaciones se realizaron los siguientes estudios complementarios:

- Mapa de potencial eólico del Valle de Latacunga.
- Alarma de Heladas.
- Comportamiento del cambio climático.
- Potencial de radiación solar
- Niveles de lluvias en los paramos

El alcance del dimensionamiento de la red además permitirá dar servicio de internet a zonas rurales, teniendo además como proyectos de vinculación complementarios:

- Tele educación.
- Tele medicina
- Servicio de Internet a escuelas, colegios, centros de salud, centros comunitarios, entre otros.

La Escuela Politécnica Del Ejército, brindara el financiamiento por un monto de \$25.000 dólares americanos para adquisición de los equipos requeridos para la implementación de este sistema.

CAPITULO II

2. Estado del Arte

2.1 Problemática Actual

La República del Ecuador, posee una superficie de 272.031 Km²., ubicada al sur - oeste del continente Americano, limitada al norte por Colombia, Al sur y al este por Perú y al oeste por el Océano Pacífico; su división política se encuentra conformada por 24 provincias, divididas en 4 regiones, Costa, Sierra, Oriente y Galápagos; con una concentración población del 50%, 45%, 4,6% y 0.4% respectivamente; sumando un total de 12.156.608 habitantes, de los cuales el 60% habitan en zonas urbanas mientras que el restante 40% habitan zonas rurales datos obtenidos del último censo nacional realizado por INEC (Instituto nacional de estadísticas y censos) de noviembre de 2001.

Según la datos del SIISE (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador) el 94% de la población posee el servicio eléctrico, pero como se puede observar en la gráfica 2.1.1, existen provincias donde la electrificación está por debajo del 90%, según proyecciones del INEC para el año 2008 la cobertura del servicio eléctrico estaría en el orden del 90,4 %; 92,79 % para el área urbana y 85,74 % el área rural.

INFORMACION INDICADORES HABITAT

FUENTE: INEC - ENEMDU Diciembre 2009 y serie 2006-2009

ELABORACION: MCDS - SIISE

POBLACION DE REFERENCIA: hogares

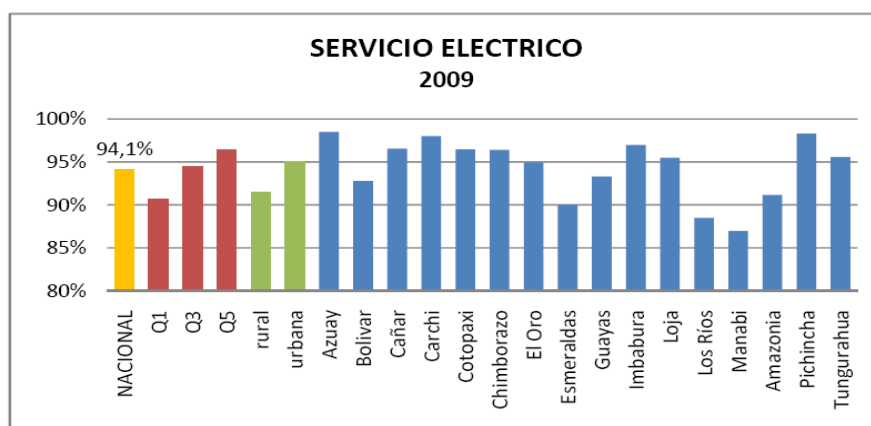


Figura 2.1.1 Servicio Eléctrico en Ecuador por Provincias

La generación de energía eléctrica en el país, se basa en Energías Renovables y No Renovables.

Dentro de las Energías Renovables se puede mencionar la Generación Hidroeléctrica, Generación Eólica y Generación Fotovoltaica, mientras que en las No Renovables se genera mediante Centrales Termoeléctricas e Importación de energía de países vecinos. Mediante datos entregados por el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad), la gráfica 2,1,2 muestra los

porcentajes de generación de cada una de las alternativas descritas.

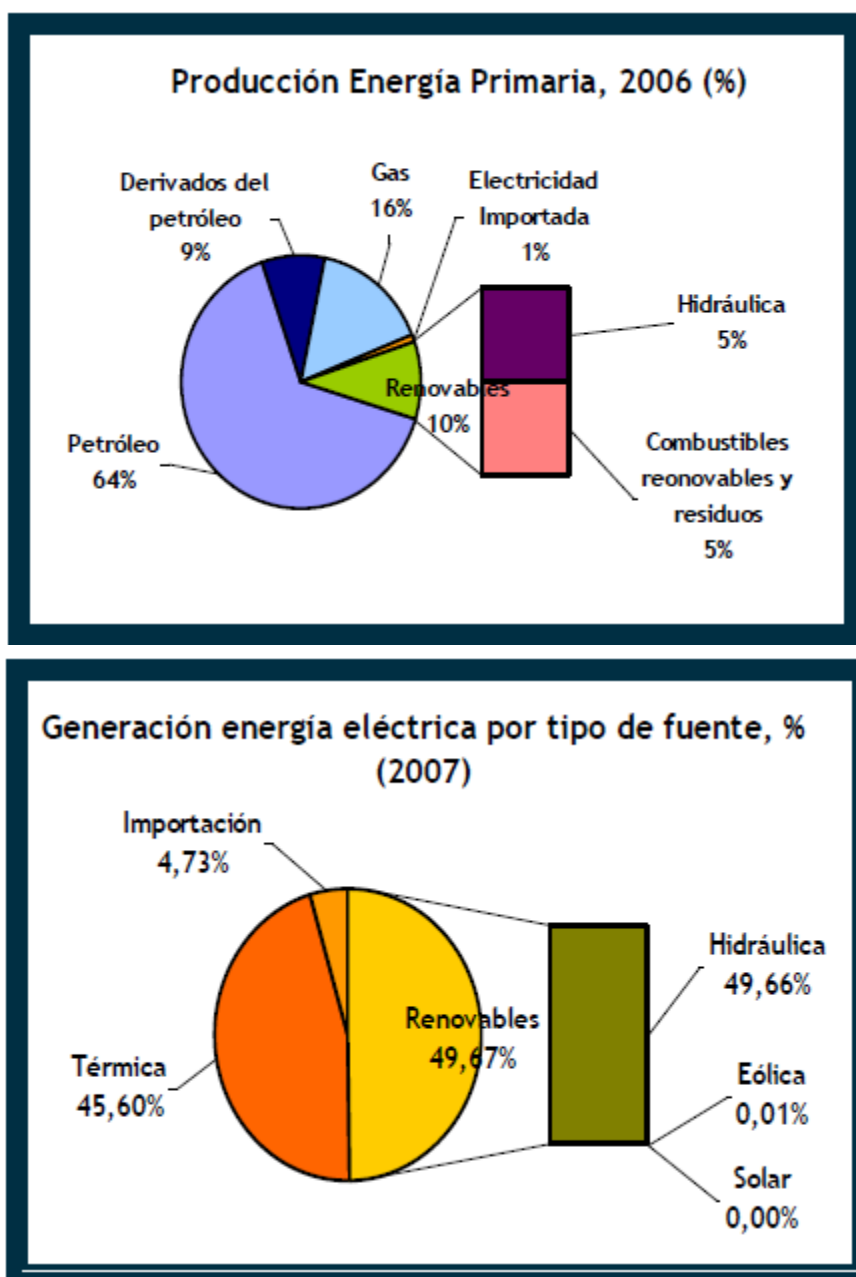


Figura 2.1.1 Generación en el Ecuador 2006 - 2007

Como se analiza en la tabla 2.1.2 el Ecuador depende casi un 50% de la generación Hidroeléctrica, y un 45% de generación Termoeléctrica, siendo los otros sistemas de generación casi despreciables.

En el último año los meses de sequía han aumentado, y tal ha sido el efecto sobre las centrales hidroeléctricas que han bajado su generación en un rango del 60 hasta un 80 % de su capacidad nominal, obligando de esta manera al racionamiento de energía eléctrica a lo largo de todo el territorio nacional, además de la adquisición de mayor número de centrales termoeléctricas, las cuales funcionan a base de combustibles fósiles, los cuales emiten cantidades

de CO₂ tal cual se muestra en la tabla 2.1.1, incrementando de esta manera la contaminación ambiental.

Tabla 2.1.1. Niveles de contaminación de Centrales Termoeléctricas

Combustible	Emisión de CO ₂ kg/kWh
Gas natural	0,44
Diésel	0,71

Por tales razones se requiere de masificar la generación utilizando energías alternativas y se ve en la necesidad de realizar los estudios de factibilidad de instalación de nuevas centrales eólicas, fotovoltaicas, entre otras.

La ESPE como entidad Universitaria referente del Ecuador, se propone realizar el estudio del Potencial Eólico del sector de Latacunga, Provincia de Cotopaxi;, ubicada a 60Km al sur de la ciudad de Quito, como se muestra en la figura 2.1.3, Para cumplir con este propósito se ha visto la necesidad de la instalación de estaciones meteorológicas, el presente proyecto consiste en el desarrollar e implementar una red de estaciones meteorológicas remotas, que permitan la adquisición los datos de velocidad y dirección del viento, humedad, nivel de lluvia, temperatura, radiación solar y radiación UV, permitiendo intercomunicador de las estaciones, y la trasmisión de datos desde las estaciones remotas hacia la estación central ubicada en Latacunga



Figura. 2.1.3 Mapa Político del Ecuador

2.2 Conceptos Básicos.

En este apartado se revisara información básica para la realización del presente proyecto.

2.2.1 Energía Eólica.

La energía eólica recibe su nombre de Aeolus, nombre del dios del viento en la antigua Grecia. Esta energía una forma indirecta de la energía solar, ya que son las diferencias de temperaturas y de presiones en la atmósfera, provocadas por la absorción de la radiación solar, las que ponen al viento en movimiento. Hace miles de años que se utiliza la energía del viento; los persas fueron los pioneros de los molinos de viento, otras civilizaciones como la China usaron las vela para la propulsión de embarcaciones, lo cual fue de uso casi exclusivo hasta hace un siglo y aún sigue utilizándose. Luego de la revolución industrial, los seres humanos han incrementado sus necesidades de consumo de energía, por lo que se avisto en el viento una fuente renovable de energía y de bajo impacto sobre el medio ambiente.

Las características que presentan los flujos de viento, es decir que son intermitentes, posee variación de velocidad y dirección con respecto al tiempo y estación del año, se presenta en zonas con características geográficas específicas.

Por tales razones es necesario realizar estudios detallados sobre la potencial eólica de la zona para determinar la factibilidad de instalación de centrales de generación.

2.2.2 Energía Solar

La energía solar es el calor y la luz que irradia el sol, controla el clima de la Tierra y permite la existencia de seres vivos en nuestro planeta; Este tipo de energía se refiere específicamente a la conversión de la luz solar en electricidad a través de celdas o células fotovoltaicas. Cada día el sol irradia enormes cantidades de energía, irradia más energía en un segundo que lo que toda la humanidad ha utilizado desde el principio de los tiempos.

La energía que constantemente se irradia desde el sol viaja directamente hacia la tierra, como se muestra en la figura 2.2.2.1. Tal como otras estrellas, el sol es una gran masa de gases, en su mayoría hidrógeno y helio. Los átomos de hidrógeno en el núcleo del sol se combinan para formar helio y generan energía a través de un proceso llamado fusión nuclear. Durante la fusión nuclear, la alta presión y temperatura del sol causan que los átomos de hidrógeno se separen, y que sus núcleos se combinen. Cuatro núcleos de hidrógeno se combinan para formar un átomo de helio. El átomo de helio contiene menos masa que los cuatro átomos de hidrógeno que se fusionaron, es por ello que cierta cantidad de masa se pierde durante la fusión nuclear. Esta materia perdida se emite hacia el espacio en forma de energía radiante.

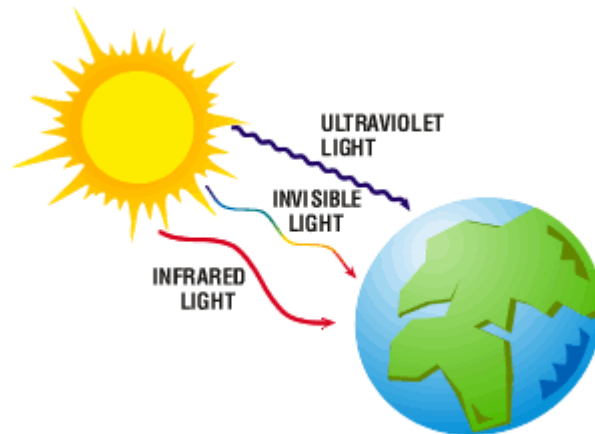


Figura 2.2.1 Radiación Solar

Toma millones de años para que la energía en el núcleo del sol llegue a la superficie solar, y tan solo 8 minutos en recorrer 149 millones de kilómetros hasta la tierra. La energía solar viaja hacia la tierra a una velocidad de 186,000 millas por segundo, la velocidad de la luz. Sólo una muy pequeña cantidad de la energía que se irradia desde el sol hasta el espacio llega a la tierra, dos mil millonésimas partes. Aun así esta cantidad de energía es suficiente, la energía solar que llega a la tierra en un sólo día sería suficiente para abastecer a nuestro planeta por un año y medio, esto si la aprovecháramos eficientemente. Alrededor del 15 % de la energía del sol que llega a la tierra se refleja de regreso al espacio. Un 30% se utiliza para evaporar agua, que al elevarse a la atmósfera produce lluvia. La energía solar también la absorben las plantas y los océanos. El resto de la energía solar es la que tenemos disponible para cubrir nuestras necesidades energéticas (luz, electricidad, calor, etc.). Los seres humanos han aprovechado la energía solar por siglos. Desde el siglo VII a.C., las personas utilizaban lupas magnificadoras para concentrar la luz del sol en rayos tan calientes que podían encender llamas en la madera. Hace más de 100 años, en Francia, un científico utilizó el calor del sol para producir vapor y echar a andar un motor de vapor. A principios del siglo pasado, gran cantidad de científicos e ingenieros comenzaron a investigar diferentes maneras para aprovechar la energía solar. Un desarrollo importante fue un calentador solar para agua inventado por Charles Greeley Abbott, un astrofísico norteamericano, en 1936.

El calentamiento de agua con energía solar tuvo popularidad en las regiones del sureste de Estados Unidos desde los años veinte. Fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial que se empezó a crecer la investigación en el campo de la energía solar. Este crecimiento duró hasta mediados de los años cincuenta, cuando el bajo costo del gas natural lo convirtió en el principal combustible para calentar hogares.

La población y los gobiernos permanecieron indiferentes a las posibilidades de la *energía solar*, hasta la escasez de petróleo de los años setenta. En nuestros días las personas utilizan la energía solar para calentar edificios y agua, y para generar electricidad. Si se utiliza la energía solar, no se genera contaminación de aire o agua, y es una enorme y gratis fuente de energía.

2.2.3 Mapa de Potencial Eólico

El Mapa de Potencial Eólico es una herramienta desarrollada con el fin de explicar de una manera gráfica, el potencial eólico de una zona. El Ecuador por encontrarse atravesado de norte a sur por la cordillera de los Andes y bañada al oeste por el océano Pacífico, presenta condiciones idóneas para la instalación de centrales eólicas, en especial en zonas rurales de los páramos ecuatorianos.

Según la organización mundial del viento (WWEA), las zonas ideales para la instalación de este tipo de centrales son aquellas donde se producen fuertes corrientes de viento, en formaciones geológicas similares a cuellos o cañones, que se encuentren en dirección de mares, lagos, ríos, entre otros. En la figura 2.2.2 se observa las zonas donde se podrán instalar equipos de generación eólica.



Figura 2.2.2 Zonas de potencial eólico.

Según la WWEA se debe realizar mediciones del comportamiento del viento por lo menos un periodo estimado de 1 año, y para resultados mucho más seguros un lapso de 4 años, pues con las variaciones actuales del clima el comportamiento del mismo ha cambiado año a año, además las mediciones se deben realizar a diferentes alturas; con el fin de poder determinar la velocidad y volumen de viento de terminando de esta manera el potencial eólico de la zona.

2.2.3 Mapa de Potencial Fotovoltaico

El Mapa de potencial Fotovoltaico es una representación gráfica de los niveles de energía presente en las distintas regiones del mundo, tomando como referencia su posición geográfica y el promedio de

energía receptada a lo largo de un año, en la figura 2.2.3. se referencia un mapa de energía solar mundial, elaborado por Asociación Internacional de Energía Solar y otros organismos internacionales, han proporcionado una idea general sobre los potenciales energéticos en el planeta.

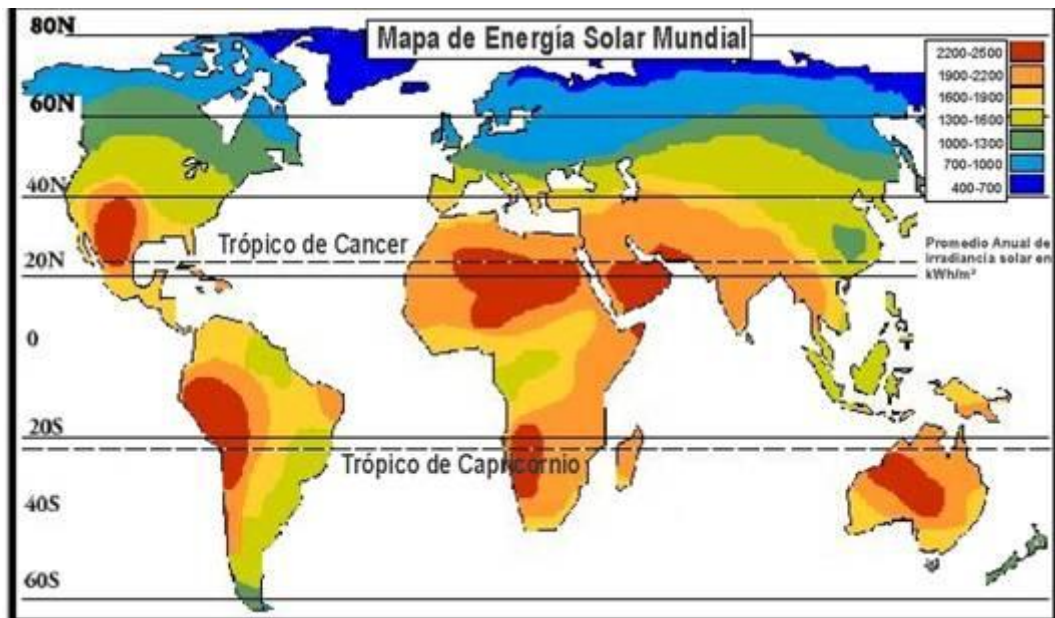


Figura 2.2.3 Mapa de Energía Solar Mundial

Con esta información se han derivado estudios mucho más específicos, sobre potenciales en zonas determinadas, de esta manera se han desarrollado mapas de varias zonas de Europa, América, África entre otras.

En Sudamérica se pueden anotar el proyecto "Atlas de Potencial Solar del Perú" realizado por el Ministerio de Energía de Perú, y se puede tomar como referente en la región.

2.2.4 Estaciones Meteorológicas.

La construcción de un mapa de potenciales energéticos se expresaría como el resulta del registro del estado de las variables físicas a lo largo de un tiempo determinado.

Los instrumentos requeridos para la monitorización de estas variables es un conjunto de sensores, registradores, fuentes de alimentación y equipos de comunicación, al conjunto de estos equipos se los denominara estación meteorológica, en la figura 2.2.4, se representa una estación meteorológica.



Figura 2.2.4. Estación Meteorológica.

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

Los instrumentos comunes y variables que se miden en una estación meteorológica incluyen:

- Termómetro, medida de temperaturas, en diversas horas del día.
- Termómetros de subsuelo (geotermómetros), para medir la temperatura a 5, 10, 20, 50 y 100 cm de profundidad.
- Termómetro de mínima junto al suelo, mide la temperatura mínima a una distancia de 15 cm sobre el suelo.
- Termógrafo, mide la fluctuación de la temperatura.
- Barómetro, medida de presión atmosférica en superficie.
- Pluviómetro, medida de la cantidad de precipitación.
- Psicrómetro o higrómetro, medida de la humedad relativa del aire y la temperatura del punto de rocío.
- Piranómetro, medida de la radiación solar global (directa + difusa).
- Heliógrafo, medida de las horas de luz solar.
- Anemómetro, medida de la velocidad del viento y veleta para registrar su dirección.
- Veleta, que indica la dirección del viento.
- Nefobasímetro, medida de la altura de las nubes, pero sólo en el punto donde éste se encuentre colocado.

A las estaciones meteorológicas se las puede clasificar en:

- Estación pluviométrica: es la estación meteorológica que tiene un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos mediciones realizadas consecutivas.
- Estación pluviográfica: es cuando la estación meteorológica puede realizar de forma continua y mecánica un registro de las precipitaciones, por lo que nos permite conocer la cantidad, intensidad, duración y período en que ha ocurrido la lluvia.
- Estación climatológica principal: es aquella estación meteorológica que esta provista para realizar observaciones del

tiempo atmosférico actual, cantidad, visibilidad, precipitaciones, temperatura del aire, humedad, viento, radiación solar, evaporación y otros fenómenos especiales. Normalmente se realizan unas tres mediciones diarias.

- Estación climatológica ordinaria: esta estación meteorológica tiene que estar provista obligatoriamente de psicrómetro, de un pluviómetro y un pluviógrafo, para así poder medir las precipitaciones y la temperatura de manera instantánea.
- Estación sinóptica principal: este tipo de estación meteorológica realiza observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenida internacionalmente. Los datos se toman horariamente y corresponden a nubosidad, dirección y velocidad de los vientos, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, características de humedad, precipitaciones, temperaturas extremas, capa significativas de las nubes, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos. Esta información se codifica y se intercambia a través de los centros mundiales con el fin de alimentar los modelos globales y locales de pronóstico y para el servicio de la aviación.
- Estación sinóptica suplementaria: al igual que en la estación meteorológica anterior, las observaciones se realizan a horas convenidas internacionalmente y los datos corresponden comúnmente a la visibilidad, fenómenos especiales, tiempo atmosférico, nubosidad, estado del suelo, precipitaciones, temperatura y humedad del aire, viento.
- Estación agrometeorológica: en esta estación meteorológica se realizan mediciones y observaciones meteorológicas y biológicas, incluyendo fenológicas y otro tipo de observaciones que puedan ayudar a la determinación de las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte y la vida de las plantas y los animales, por la otra. Incluye el mismo programa de observaciones de la estación climatológica principal, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (0, 10 y 20 cm sobre el suelo).

En la actualidad una de las mayores fortalezas que se han presentado en el monitoreo de variables ambientales es la posibilidad de implementación de equipos de comunicación; los cuales permitirán la administración de la información en tiempo real a largas distancias.

2.2.5 Redes Inalámbricas de Banda Ancha

La conexión de banda ancha inalámbrica orientada a la transmisión de datos, a través de los puntos de acceso WiFi (Wireless Fidelity) en la oficina, casa, aeropuertos, entre otros, se han masificado gracias a la reducción significativa de costos de esta tecnología, la liberación del uso de estas bandas y la incorporación en los computadores personales de un circuito integrado que aporta las facilidades de radiocomunicación WiFi, basada en los estándares 802.11 a/b/g/n del Instituto de Ingenieros

Eléctricos y Electrónicos (IEEE). También se puede apreciar una masificación en los equipos de consumo que traen incorporados dispositivos inalámbricos Bluetooth, que operan en la banda de frecuencia de 2,4 GHz.

Las velocidades de acceso de los equipos WiFi, WiMax (World Interoperability for Microwave Access) dependen principalmente de la distancia al punto de acceso o estación base, potencia aparente radiada y la modulación empleada, entre otros parámetros. Algunas estaciones bases han incorporado la tecnología MIMO (Multiple-Input Multiple-Output), con el estándar 802.11n, que aumentan el ancho de banda de transmisión hasta 248 Mbps hasta 70 metros, en bandas de 2,4 GHz y 5,8 GHz. Tecnologías como redes en malla permiten cubrir áreas extensas utilizando varias estaciones bases distribuidas, sin contar con un radioenlace punto a punto para alimentarlas, y utilizando encaminamiento dinámico de los paquetes que dan robustez a la red.

Tecnologías inalámbricas pre WiMax de bajo costo permiten tener un alcance hasta 80 kilómetros en enlaces punto a punto y 16 kilómetros en punto multipunto.

Muchas de estas nuevas tecnologías inalámbricas de banda ancha operan en las bandas de frecuencias donde funcionan las aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas (ICM). Dentro de ellas se encuentran los hornos de microondas, con frecuencia central de 2.450 MHz, que trabajan con altas potencias. Es así como los sistemas de radiocomunicaciones que operan en la banda 2.400 a 2.483,5 MHz, no gozan de protección contra interferencias perjudiciales, por lo tanto, la modulación de los equipos debe ser muy robusta para poder funcionar en ambientes inhóspitos sujetos a interferencias causadas por equipos ICM o de otros equipos de radiocomunicaciones

Cabe señalar que en la mayoría de los países de la Región no se requiere autorización para operar los equipos inalámbricos en las bandas de 2.400 a 2.483,5 MHz y 5.725 a 5.875 MHz, entre otras nuevas bandas de frecuencias que se están destinando para el uso libre, con una potencia máxima aparente radiada de 4 W al exterior del inmueble y bajo ciertas reglas de compartición del espectro, incorporadas mediante software al equipo de radiocomunicación.

Esta flexibilidad otorgada por los países al liberar determinadas bandas de frecuencias sin la necesidad de requerir previo a la operación de concesión, permiso o licencia, ha sido uno de los motores del gran desarrollo del acceso de Internet y de otras aplicaciones de banda ancha. De esta manera, se ha eliminado la carga administrativa del Estado para el gran número de solicitudes que se reciben por parte de empresas operadoras, proveedores de servicio de Internet, entidades del área educacional, aparato productivo, comunitario, entre otros.

Una gran cobertura rural con conectividad de banda ancha requerirá, entre otros factores, contar con nuevas bandas de frecuencias de uso libre para poder hacer el transporte de señales, independientemente de los esfuerzos de aumento de cobertura que realizan los concesionarios con sus redes WiFi de larga distancia y WiMax en bandas concesionadas en 2,4 GHz como en 5,8 GHz.

La industria también ha desarrollado equipos de bajo costo en las

bandas de 4,9 GHz, espectro no abierto en el país, para aplicaciones de seguridad de banda ancha con estaciones fijas y móviles.

2.2.6 Estándar 802.11

El estándar 'IEEE 802.11' define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana.

La versión original del estándar IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) 802.11 publicada en 1997 especifica dos velocidades de transmisión teóricas de 1 y 2 megabits por segundo (Mbit/s) que se transmiten por señales infrarrojas (IR). IR sigue siendo parte del estándar, si bien no hay implementaciones disponibles.

El estándar original también define el protocolo CSMA/CA (Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones) como método de acceso. Una parte importante de la velocidad de transmisión teórica se utiliza en las necesidades de esta codificación para mejorar la calidad de la transmisión bajo condiciones ambientales diversas, lo cual se tradujo en dificultades de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas. Estas y otras debilidades fueron corregidas en el estándar 802.11b, que fue el primero de esta familia en alcanzar amplia aceptación entre los consumidores.

- 802.11a

La revisión 802.11a fue ratificada en 1999. El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz y utiliza 52 subportadoras orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s en caso necesario. 802.11a tiene 12 canales sin solapa, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede interoperar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

Dado que la banda de 2,4 GHz tiene gran uso (pues es la misma banda usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, entre otros aparatos), el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias. Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso; Esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

- 802.11b
La revisión 802.11b del estándar original fue ratificada en 1999. 802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbit/s y utiliza el mismo método de acceso definido en el estándar original CSMA/CA. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2,4 GHz. Debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5,9 Mbit/s sobre TCP y 7,1 Mbit/s sobre UDP.
- 802.11c
Es menos usado que los primeros dos, pero por la implementación que este protocolo refleja. El protocolo 'c' es utilizado para la comunicación de dos redes distintas o de diferentes tipos, así como puede ser tanto conectar dos edificios distantes el uno con el otro, así como conectar dos redes de diferente tipo a través de una conexión inalámbrica. El protocolo 'c' es más utilizado diariamente, debido al costo que implica las largas distancias de instalación con fibra óptica, que aunque más fidedigna, resulta más costosa tanto en instrumentos monetarios como en tiempo de instalación.
"El estándar combinado 802.11c no ofrece ningún interés para el público general. Es solamente una versión modificada del estándar 802.1d que permite combinar el 802.1d con dispositivos compatibles 802.11 (en el nivel de enlace de datos capa 2 del modelo OSI)".
- 802.11d
Es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo.
- 802.11e
La especificación IEEE 802.11e ofrece un estándar inalámbrico que permite interoperar entre entornos públicos, de negocios y usuarios residenciales, con la capacidad añadida de resolver las necesidades de cada sector. A diferencia de otras iniciativas de conectividad sin cables, ésta puede considerarse como uno de los primeros estándares inalámbricos que permite trabajar en entornos domésticos y empresariales. La especificación añade, respecto de los estándares 802.11b y 802.11a, características QoS y de soporte multimedia, a la vez que mantiene compatibilidad con ellos. Estas prestaciones resultan fundamentales para las redes domésticas y para que los operadores y proveedores de servicios conformen ofertas avanzadas. El documento que establece las directrices de QoS, aprobado el pasado mes de noviembre, define los primeros indicios sobre cómo será la especificación que aparecerá a finales de 2001. Incluye, asimismo, corrección de errores (FEC) y cubre las interfaces de adaptación de audio y vídeo con la finalidad de mejorar el control e integración en capas de aquellos mecanismos que se encarguen de

gestionar redes de menor rango. El sistema de gestión centralizado integrado en QoS evita la colisión y cuellos de botella, mejorando la capacidad de entrega en tiempo crítico de las cargas. Estas directrices aún no han sido aprobadas. Con el estándar 802.11, la tecnología IEEE 802.11 soporta tráfico en tiempo real en todo tipo de entornos y situaciones. Las aplicaciones en tiempo real son ahora una realidad por las garantías de Calidad de Servicio (QoS) proporcionado por el 802.11e. El objetivo del nuevo estándar 802.11e es introducir nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de Calidad de Servicio.

- 802.11f
Es una recomendación para proveedores de puntos de acceso que permite que los productos sean más compatibles. Utiliza el protocolo IAPP que le permite a un usuario itinerante cambiarse claramente de un punto de acceso a otro mientras está en movimiento sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red. También se conoce a esta propiedad simplemente como itinerancia.
- 802.11g
En junio de 2003, se ratificó un tercer estándar de modulación: 802.11g. Que es la evolución del estándar 802.11b, Este utiliza la banda de 2,4 GHz (al igual que el estándar 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, que en promedio es de 22,0 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión.
Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación que fue dada aprox. el 20 de junio del 2003. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b.
Actualmente se venden equipos con esta especificación, con potencias de hasta medio vatio, que permite hacer comunicaciones de hasta 50 km con antenas parabólicas o equipos de radio apropiados.
- 802.11h
La especificación 802.11h es una modificación sobre el estándar 802.11 para WLAN desarrollado por el grupo de trabajo 11 del comité de estándares LAN/MAN del IEEE (IEEE 802) y que se hizo público en octubre de 2003. 802.11h intenta resolver problemas derivados de la coexistencia de las redes 802.11 con sistemas de Radar o Satélite. El desarrollo del 802.11h sigue unas recomendaciones hechas por la ITU que fueron motivadas principalmente a raíz de los requerimientos que la Oficina Europea de Radiocomunicaciones (ERO) estimó

convenientes para minimizar el impacto de abrir la banda de 5 GHz, utilizada generalmente por sistemas militares, a aplicaciones ISM (ECC/DEC/(04)08).

Con el fin de respetar estos requerimientos, 802.11h proporciona a las redes 802.11a la capacidad de gestionar dinámicamente tanto la frecuencia, como la potencia de transmisión.

Selección Dinámica de Frecuencias y Control de Potencia del Transmisor

DFS (Dynamic Frequency Selection) es una funcionalidad requerida por las WLAN que operan en la banda de 5GHz con el fin de evitar interferencias co-canal con sistemas de radar y para asegurar una utilización uniforme de los canales disponibles.

TPC (Transmitter Power Control) es una funcionalidad requerida por las WLAN que operan en la banda de 5GHz para asegurar que se respetan las limitaciones de potencia transmitida que puede haber para diferentes canales en una determinada región, de manera que se minimiza la interferencia con sistemas de satélite.

- 802.11i
Está dirigido a batir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación. El estándar abarca los protocolos 802.1x, TKIP (Protocolo de Claves Integra – Seguras – Temporales), y AES (Estándar de Cifrado Avanzado). Se implementa en WPA2.
- 802.11j
Es equivalente al 802.11h, en la regulación Japonesa
- 802.11k
Permite a los conmutadores y puntos de acceso inalámbricos calcular y valorar los recursos de radiofrecuencia de los clientes de una red WLAN, mejorando así su gestión. Está diseñado para ser implementado en software, para soportarlo el equipamiento WLAN sólo requiere ser actualizado. Y, como es lógico, para que el estándar sea efectivo, han de ser compatibles tanto los clientes (adaptadores y tarjetas WLAN) como la infraestructura (puntos de acceso y conmutadores WLAN).
- 802.11n
En enero de 2004, el IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 (Tgn) para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11. La velocidad real de transmisión podría llegar a los 600 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión serían aún mayores), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y unas 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con este nuevo estándar gracias a la tecnología MIMO Multiple Input – Multiple Output, que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas (3). Existen

también otras propuestas alternativas que podrán ser consideradas. El estándar ya está redactado, y se viene implantando desde 2008. A principios de 2007 se aprobó el segundo boceto del estándar. Anteriormente ya había dispositivos adelantados al protocolo y que ofrecían de forma no oficial este estándar (con la promesa de actualizaciones para cumplir el estándar cuando el definitivo estuviera implantado). Ha sufrido una serie de retrasos y el último lo lleva hasta noviembre de 2009. Habiéndose aprobado en enero de 2009 el proyecto 7.0 y que va por buen camino para cumplir las fechas señaladas.[2] A diferencia de las otras versiones de Wi-Fi, 802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz (la que emplean 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que usa 802.11a). Gracias a ello, 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de Wi-Fi. Además, es útil que trabaje en la banda de 5 GHz, ya que está menos congestionada y en 802.11n permite alcanzar un mayor rendimiento. El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009 con una velocidad de 600 Mbps en capa física.

- 802.11p
Este estándar opera en el espectro de frecuencias de 5,9 GHz, especialmente indicado para automóviles. Será la base de las comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) en Norteamérica. La tecnología DSRC permitirá el intercambio de datos entre vehículos y entre automóviles e infraestructuras en carretera.
- 802.11r
También se conoce como Fast Basic Service Set Transition, y su principal característica es permitir a la red que establezca los protocolos de seguridad que identifican a un dispositivo en el nuevo punto de acceso antes de que abandone el actual y se pase a él. Esta función, que una vez enunciada parece obvia e indispensable en un sistema de datos inalámbricos, permite que la transición entre nodos demore menos de 50 milisegundos. Un lapso de tiempo de esa magnitud es lo suficientemente corto como para mantener una comunicación vía VoIP sin que haya cortes perceptibles.
- 802.11s
Define la interoperabilidad de fabricantes en cuanto a protocolos Mesh (son aquellas redes en las que se mezclan las dos topologías de las redes inalámbricas, la topología Ad-hoc y la topología infraestructura.). Bien es sabido que no existe un estándar, y que por eso cada fabricante tiene sus propios mecanismos de generación de mallas.
- 802.11v
IEEE 802.11v servirá para permitir la configuración remota de los dispositivos cliente. Esto permitirá una gestión de las estaciones de forma centralizada (similar a una red celular) o distribuida, a través de un mecanismo de capa 2. Esto incluye, por ejemplo, la capacidad de

la red para supervisar, configurar y actualizar las estaciones cliente. Además de la mejora de la gestión, las nuevas capacidades proporcionadas por el 11v se desglosan en cuatro categorías: mecanismos de ahorro de energía con dispositivos de mano VoIP Wi-Fi en mente; posicionamiento, para proporcionar nuevos servicios dependientes de la ubicación; temporización, para soportar aplicaciones que requieren un calibrado muy preciso; y coexistencia, que reúne mecanismos para reducir la interferencia entre diferentes tecnologías en un mismo dispositivo.

- 802.11w
Todavía no concluido. TGw está trabajando en mejorar la capa del control de acceso del medio de IEEE 802.11 para aumentar la seguridad de los protocolos de autenticación y codificación. Las LANs inalámbricas envían la información del sistema en tramas desprotegidas, que los hace vulnerables. Este estándar podrá proteger las redes contra la interrupción causada por los sistemas malévolos que crean peticiones desasociadas que parecen ser enviadas por el equipo válido. Se intenta extender la protección que aporta el estándar 802.11i más allá de los datos hasta las tramas de gestión, responsables de las principales operaciones de una red. Estas extensiones tendrán interacciones con IEEE 802.11r e IEEE 802.11u.
- 802.11y
Este estándar Publicado en noviembre de 2008, y permite operar en la banda de 3650 a 3700 MHz (excepto cuando pueda interferir con una estación terrestre de comunicaciones por satélite) en EEUU, aunque otras bandas en diferentes dominios reguladores también se están estudiando. Las normas FCC para la banda de 3650 MHz permiten que las estaciones registradas operen a una potencia mucho mayor que en las tradicionales bandas ISM (hasta 20 W PIRE). Otros tres conceptos se añaden: Contention Base Protocol (CBP), Extended Channel Switch Announcement (ECSA), y Dependent Station Enablement (DSE). CBP incluye mejoras en los mecanismos de detección de portadora. ECSA proporciona un mecanismo para que los puntos de acceso (APs) notifiquen a las estaciones conectadas a él de su intención de cambiar de canal o ancho de banda. Por último, la DSE se utiliza para la gestión de licencias.

2.2.7 Legislación del Ecuador respecto a Redes de Banda Ancha

Según la Unión internacional de Telecomunicaciones (UIT), el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial. Además es un recurso natural, de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público, sobre el cual el Estado ejerce su soberanía. Se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente y

su unidad es el Hertzio (Hz).

El Estado tiene la potestad de normar el uso del espectro de frecuencias radioeléctricas, administrando, regulando y controlando su utilización en sistemas de telecomunicaciones en todo el territorio ecuatoriano. No obstante, el uso del espectro radioeléctrico debe ser compatible y armonizado alrededor del mundo, para lo cual la mayor parte de países del mundo, fabricantes, operadores e instituciones particulares se agrupan en la UIT y sus dependencias para establecer las mejores condiciones de este recurso.

Dentro de los instrumentos legales y reglamentarios más importantes que rigen las telecomunicaciones y particularmente el espectro radioeléctrico en el país, se tienen los siguientes:

Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada: Esta Ley constituye el marco legal vigente del sector mediante la cual se establece una transformación fundamental en el régimen de las telecomunicaciones ecuatorianas al acoger como principio general la libre competencia en la prestación de estos servicios y sólo como régimen de excepción, la operación de aquellos que serán prestados en régimen de exclusividad regulada.

Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones: Documento usado en el Ecuador con la finalidad de establecer las normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones y la operación, instalación y explotación de los mismos.

Reglamento de Radiocomunicaciones: Es un instrumento jurídico sobre las radiocomunicaciones, que establece los procedimientos y principios que rigen a los servicios y sistemas que hacen uso del espectro radioeléctrico en el país.

Plan Nacional Frecuencias: Establece las normas para la atribución de las bandas, subbandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones, en el Ecuador.

En base a la distribución de frecuencia en el Ecuador según el artículo 5.150 el cual expresa que las bandas de 2.4 y 5.8 GHz están asignadas para aplicaciones ICM, por lo cual no es necesario la solicitud de permisos especiales para la utilización de estas bandas.

CAPITULO III

3. Estudio de Alternativas.

Como se ha descrito en el apartado anterior, en el Ecuador existe un gran problema respecto a la generación eléctrica; pues se depende exclusivamente de la generación hidroeléctrica, termoeléctrica y compra de suministro a los países vecinos. El Gobierno Nacional ha impulsado la investigación sobre energías alternativas, no contaminantes y amigables al planeta; con este impulso de las autoridades nacionales la Escuela Politécnica del Ejército, ha tomado la iniciativa de realizar la investigación sobre el potencial eólico y fotovoltaico en distintas zonas del país; planteándose como objetivo el desarrollo del mapa de potencial de energías renovables de la zona de Latacunga.

Para cumplimiento de este objetivo se deberán realizar las siguientes actividades.

- Implementación de centrales meteorológicas.
- Recopilación de datos de velocidad dirección del viento, temperatura humedad, radiación solar, entre otros.
- Procesamiento de la información recolectada y generación del mapa de potencial eólico

El presente proyecto ya centrará en el cumplimiento de las 2 primeras actividades.

3.1 Dimensionamiento de estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas recomendadas para este tipo de monitoreo deberá constar de los siguientes elementos:

- Sensor de dirección y velocidad de los vientos,
- Sensor de presión atmosférica,
- Sensor de temperatura ambiental,
- Sensor de humedad,
- Precipitaciones,
- Temperaturas internas y extremas,
- Radiación solar
- Radiación UV
- Sistema de almacenamiento o Datalogger
- Sistema de comunicación (RF, WiFi, GPRS)
- Sistema de energía en AC y DC

Al desarrollar la estación meteorológica se basa en el diagrama de bloques 3.1.1, el cual describe la interacción entre los distintos sistemas.

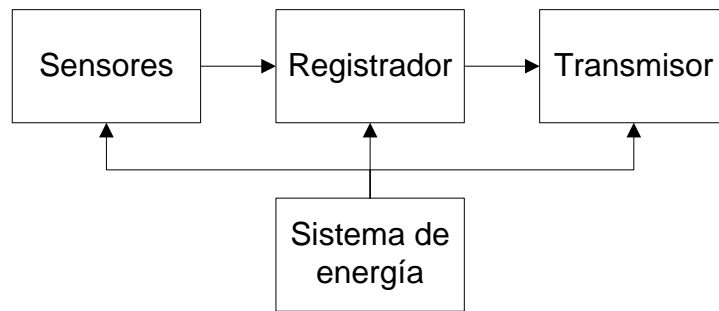


Figura 3.1.1. Diagrama de bloques estación Meteorológica

3.1.1 Descripción de sensores

Los sensores a ser utilizados, deberán cumplir las siguientes características.

- Sensor de dirección de los vientos.
 Rango de medición 0 a 360°
 Potenciómetro de 2 escobillas
 Umbral de inicio < 1,0 m/s
 Relación de decremento 0,3
 Relación de rebose 0,4
 Distancia de demora 0,6 m
 Precisión mejor que $\pm 3^\circ$

- Sensor de velocidad de los vientos.
 Rango de medición 0,5 a 60 m/s
 Umbral de inicio < 0,4 m/s
 Constante de distancia 2 m
 Salida del transductor 1 Hz ~ 0,7 m/s
 Precisión (dentro del rango 0,4 a 60 m/s)

- Sensor de presión atmosférica
 Rango 600 a 1100 hPa
 Precisión ± 0.5 hPa a 0 a +30 °C

- Sensor de temperatura ambiental,
 Rango de medición -80 a +60 °C (-112 a +140 °F)
 Precisión mejor que $\pm 1\%$

- Sensor de humedad,
 Rango de mediciones 0 a 100 %RH
 Precisión mejor que $\pm 0.1\%$

- Pluviómetro
 Rango de medida 0 a indefinido
 Sensibilidad 0.2 mm de lluvia

- Radiación solar
 Sensibilidad 100 $\mu\text{V/W/m}^2$ (nominal) 10 a 35 $\mu\text{V/W/m}^2$
 Rango 0.4 ... 1.1 micron 0.35 ... 1.1 micron

Tiempo de respuesta < 1 sg 18 sg (95 %)

- Radiación UV
Rango de medida 200 [mw/cm²], 2,000 [W/m²]
Sensibilidad 0.001 [mw/cm²], 0.01[W/m²]

3.1.2 Descripción de registrador

Un registrador de datos (datalogger) es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación a la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente. Casi todos están basados en microcontroladores. Por lo general son pequeños, alimentados por pilas o baterías, portátiles, equipados con memoria interna para almacenamiento de datos y comunicación con los sensores. Actualmente una fortaleza de los registradores es la posibilidad de comunicarse con los ordenadores personales y utilizan software específico para el control y monitoreo de las variables a ser registradas, otro modelo posee dispositivo de interfaz local (teclado, pantalla LCD) y puede ser utilizado como un dispositivo independiente.

Los registradores de datos varían entre los de propósito general y los específicos; los primeros usados para aplicaciones genéricas y con la posibilidad de conectar varios periféricos adicionales, es común que los tipos de propósito general sean programables sin embargo muchos siguen como máquinas estáticas con un número limitado de parámetros variables, mientras que el segundo se lo utilizara para mediciones puntuales.

Uno de los principales beneficios del uso de registradores de datos es la capacidad para recopilar automáticamente datos las 24 horas del día. Tras la activación, los registradores de datos normalmente se dejan sin vigilancia para medir y registrar la información durante toda la duración del período de seguimiento. Esto permite una visión global y precisa de las condiciones ambientales objeto de seguimiento, tales como la temperatura del aire y la humedad relativa velocidad y dirección de viento, radiación solar, entre otros.

El costo de los registradores de datos ha ido disminuyendo con los años según la tecnología mejora y se reducen los costos. Registradores de un solo canal de datos pueden costar tan poco como 40 dólares. Registradores precisos y complejos pueden costar cientos o miles de dólares.

El registrador a ser utilizado deberá cumplir las siguientes características.

- Formato de los datos almacenados
La normalización de los protocolos y formatos de datos ha sido un problema, pero ahora la normalización es cada vez mayor en la

industria y el XML está siendo adoptado para el intercambio de datos. El desarrollo de la Web Semántica es probable que acelere esta tendencia. Como recurso para asegurar la lectura de los datos, la mayoría de los fabricantes da la posibilidad de exportar directamente o a través del software el formato ASCII o TXT.-

- Protocolos de Comunicación

Varios protocolos han sido normalizados, incluyendo un protocolo inteligente, el SDI-12, existen algunos instrumentos que permiten conectarlos a una variedad de registradores de datos. El uso de esta norma no ha ganado mucha aceptación fuera de la industria del medio ambiente. Algunas compañías fabricantes de registradores de datos también están apoyando el estándar MODBUS, este se ha utilizado tradicionalmente para control industrial y existen numerosos instrumentos industriales que soportan este estándar de comunicación. Otro protocolo que empieza a ser más ampliamente utilizado se basa en Canbus (ISO 11898). El estándar de comunicaciones 802.xx, se ha vuelto popular en este tipo de equipos, pues permite comunicar los registradores y conformar una red. Algunos registradores de datos utiliza un entorno de programación flexible para adaptarse a los diversos protocolos estándar.

- Registradores de datos y adquisición de datos

Los registradores de datos son típicamente lentos. Un tiempo de muestreo entre datos de un segundo es considerado rápido para un registrador. Aunque para una adquisición es considerado normalmente como insuficiente. Los registradores normalmente son dispositivos independientes por el otro lado las placas de adquisición van asociadas a una computadora para almacenar esos datos. Esa característica de independientes implica que los registradores poseen memoria propia, generalmente suficiente para acumular varios días meses e incluso años de registros sin supervisión. Actualmente la mayoría de los registradores utiliza memoria EEPROM no volátil o tipo FLASH que no requiere de energía para mantener la información como si es necesario en la memoria RAM.

Dado el extendido período en que los registradores acumulan datos normalmente se hace necesario agregarles a cada dato la hora y la fecha por lo que generalmente están dotados de un Reloj en Tiempo real cuya exactitud debe ser tomada en cuenta a la hora de seleccionar un registrador. Los registradores de datos van desde simples registradores de un solo canal por ejemplo solo temperatura hasta complejos sistemas programables con múltiples entradas y registro de valores calculados y alarmas en base a los valores medidos. Por ejemplo horas frío por día, punto de rocío en base a temperatura y humedad. Diferencias de temperatura entre dos sensores etc.

Los registradores más modernos funcionan como servidores de páginas web dinámicas que pueden ser consultados en forma remota. La alimentación generalmente es con baterías y es común el uso de paneles solares para complementar y mantener las baterías,

esto hace que deban tener un consumo reducido en comparación con una computadora y además son generalmente instalados en ambientes hostiles donde una computadora no es capaz de funcionar en forma confiable. La característica de funcionar sin supervivencia hace que los registradores deban ser muy confiables, siendo capaces de funcionar sin detenerse por largos períodos, por lo que la inestabilidad de un sistema operativo no es aceptable para este uso.

- Usos

Estación meteorológica no supervisada. (Temperatura, Humedad, Velocidad y dirección del viento, Luz solar, lluvia caída, humedad del suelo).

Registro hidrológico (Nivel del agua, caudal, conductividad del agua, PH del agua)

Boyas marinas para el registro de meteorológico.

Registradores de transito. (Cantidad, velocidad, peso por eje, altura de los vehículos)

Medición para control de calidad de transporte de alimentos o medicamentos perecederos durante la cadena de frío.

Registradores de investigación de fauna salvaje. (Seguimiento de tortugas marinas, collares para osos etc)

Registradores con acelerómetros para control de altura de caída y vibraciones durante el transporte de encomiendas delicadas.

Análisis del perfil de carga de consumo a la red eléctrica de industrias.

La caja negra de los aviones que registra innumerables variables de vuelo.

El Controlador de motor de los vehículos registra eventos para identificar posibles fallas intermitentes.

Registrador de Datos de la Travesía se utiliza en barcos de mediano o gran porte y es obligatorio en los mayores de 300 toneladas.

3.1.3 Descripción de sistema de comunicación.

Los sistemas de comunicación modernos han permitido obtener una alta tasa de transferencia de datos, despliegue de distintas topología de red, además de ser independientes de la distancia.

En la presente aplicación se requiere la utilización de un sistema el cual pueda transmitir la información adquirida en tiempo real hacia una estación central ubicada en una distancia máxima de 60 Km, tener la capacidad de levantar enlaces punto a punto y multipunto, tasa de transmisión en el orden de Mbps, flexible para la futura incorporación de nuevas estaciones, entre otros.

3.1.4 Descripción sistema de energía

La alimentación eléctrica se la podrá obtener directamente desde la red (110V 60Hz), o un sistema independiente. Para evitar la pérdida de información se requerirá un sistema de respaldo de energía el cual suministrara la energía suficiente al sistema de adquisición y transmisión de datos por un periodo mínimo de 3 días.

Con estas recomendaciones básicas se desarrollan las siguientes alternativas.

3.1.5 Desarrollo de una estación meteorológica de bajo costo.
 Según los requerimientos analizados se ha procedido a diseñar una estación meteorológica que responde a la figura 3.1.2, donde se describen los elementos que conforman el sistema.

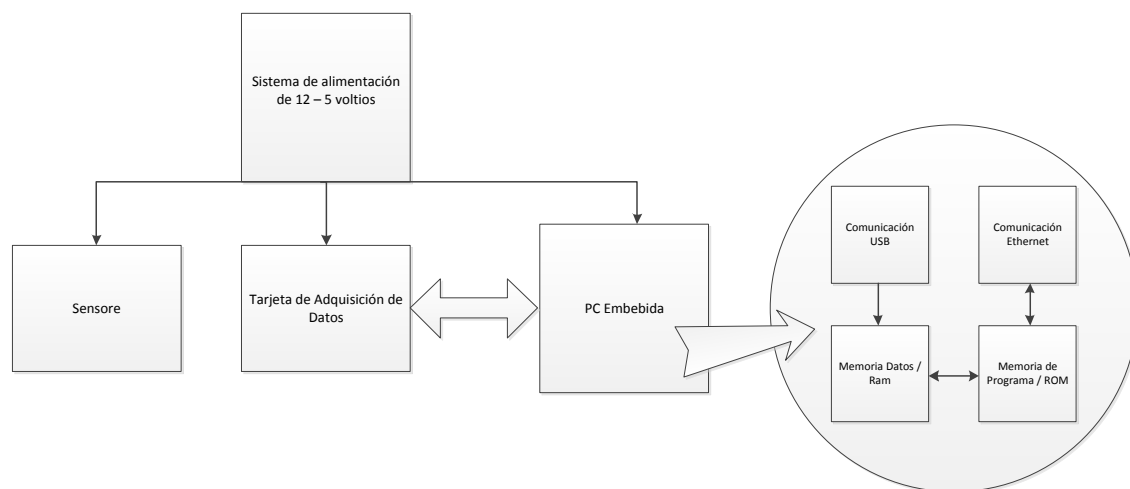


Figura 3.1.2. Descripción en bloques de la Estación Meteorológica

Con esta descripción se dimensiona los elementos del hardware y se diseñan los componentes del software.

3.1.5.1 Sensores.

Los sensores a se usados se describen en la Tabla 3.1.1

Tabla 3.1.1 Sensores

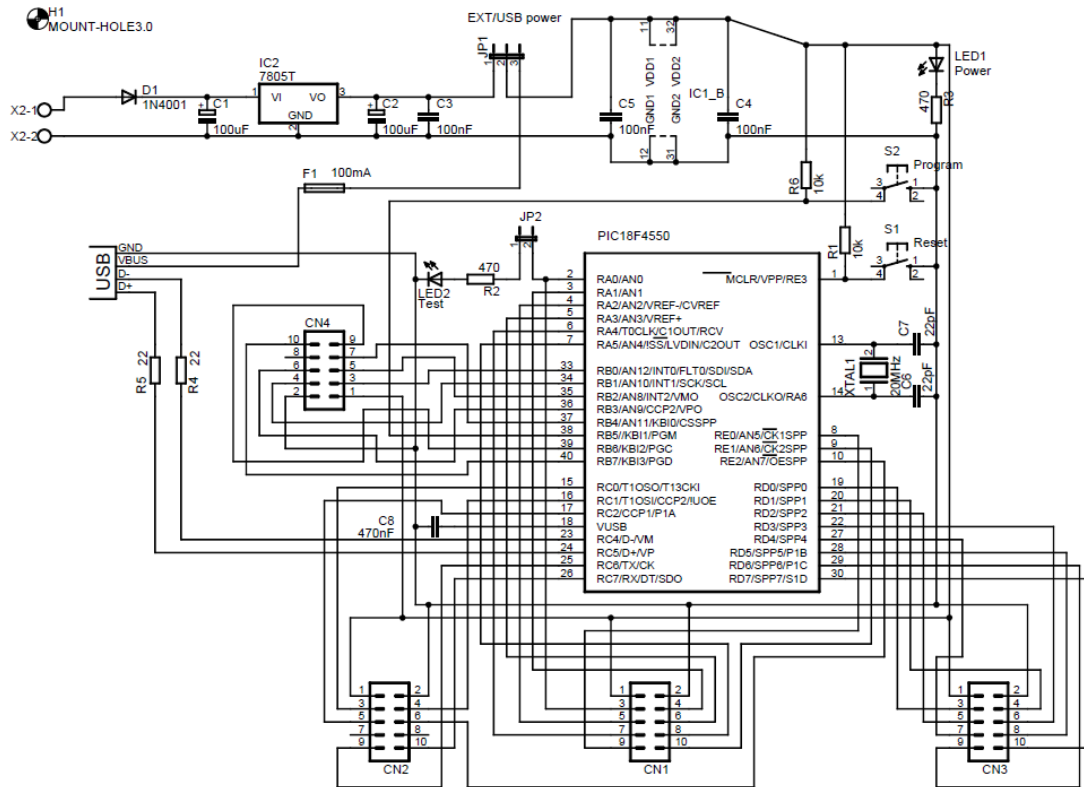
Variable	Modelo	Rango	Salidas	Alimentación
Dirección y velocidad de viento	LSI- LASTEM Wind / direction DNA021 y DNA022	Velocidad: 0 - 60 m/s 0.1 m/s, 1% Dirección: 0 - 360°+/- 1%	Viento: Salida de frecuencia (optoelectrónico) Dirección: resistencia 2000ohm	DNA021: 5VDC DNA022: 12VDC
Radiación Solar	LSI- LASTEM piranómetr o DPA568	Rango: 0...1500W/m 2 <10% Sensibilidad: 300...1100nm	Salida programable: 4-20mA 0-5V	12VDC, 0.7W

3.1.5.2 Adquisición de datos

La adquisición de datos se realizará mediante un microcontrolador, donde se ingresarán los valores de los sensores en rangos de 0 a 5 voltios y se los transformará a valores digitales con 8 bits de resolución, y teniendo una comunicación serie o USB con el registrador.

En la gráfica 3.1.3 se observa el esquema de la tarjeta de

adquisición de datos, basada en un micro controlador PIC18F4550,



3.1.3 Esquema de tarjeta de adquisición de datos con comunicación USB

Mientras que en la imagen 3.1.4 muestra una fotografía del prototipo ensamblado.



3.1.4 Prototipo tarjeta de adquisición de datos con comunicación

USB

La tarjeta realiza un barrido de sus entradas y las trasmite al puerto usb, siguiendo la siguiente trama:

```
@Canal_1&Canal_2&Canal_3&Canal_4&Puero_B&Puerto_C%%
```

Donde se puede identificar el inicio de una trama como un @ , la separación entre canales como un & y el final de una trama con un %% , esto servirá para la interpretación de los datos en el software de procesamiento de la información.

3.1.5.3 Registrador.

El registrador, se lo ha desarrollado dentro de una PC embebida, la cual funciona con una distribución de Linux PUPY; la operación del equipo se la puede resumir en las siguientes etapas:

- Adquisición de los datos por el puerto USB; al conectar la tarjeta se monta y se lo puede leer desde “/dev/sdb1”.
- Mediante un script en Python, se leerá el puerto USB y los datos se grabarán en un archivo *.TXT, conjuntamente con la fecha y hora, esta operación se lo realiza mediante la utilización de la instrucción CAT.
- Transmisión de la información, el archivo *.TXT, generado se lo transmitirá hasta la estación central mediante el comando SSH, el cual se lo usa en conexiones Ethernet.

3.1.5.4 Sistema de comunicación

La comunicación se lo realiza por medio del puerto Ethernet, el cual nos permite conectarnos a una red y poder ser administrado de manera remota.

3.1.5.5 Software de administración de datos, el mencionado programa se lo ha desarrollado en Python, el cual realiza una división del archivo *.TXT, que se extrae de la PC embebida, el script, toma como referencia los símbolos (@,%,&) colocados en la trama y los ordena y divide por columnas, este archivo queda listo para ser procesado en una hoja de cálculo, donde se le adiciona la fórmula de conversión de cada sensor, y se realiza el modelo estadístico en el software SPSS

3.1.5.6 Sistema de alimentación

La alimentación del sistema de 24V DC, los cuales los obtenemos de un banco de baterías, las cuales se recargan con un panel solar, la carga total instalada es de 40W, por lo que se utiliza 2 paneles de 25W cada uno, y baterías recargables 8A-h para garantizar el funcionamiento por 3 días.

Este prototipo se lo probó en laboratorio, con buenos resultados, sin embargo los altos costos de los sensores y el tiempo de desarrollo obligo a utilizar equipos comerciales.

3.1.6 Descripción de equipos comerciales.

Con el desarrollo de esta propuesta se ha analizado los equipos comerciales que brindan los mismos requerimientos que se han solicitado en el diseño, por lo que se ha seleccionado la estación meteorológica DAVIS VANTAGE PRO 2; la misma que esta compuesta por:

- Registrador de datos (Datalogger).
- Sensor de velocidad y dirección de viento.
- Sensor de nivel de lluvia.
- Sensor de radiación solar.
- Sensor de radiación UV.
- Comunicación Ethernet.
- Software de administración de datos.
- Alimentación mediante Baterías o 110V / 220V AC

En la figura 3.1.3 se detalla la estación meteorológica Davis Vantage Pro 2



Figura 3.1.5. Estación meteorológica Davis Vantage Pro 2.
Este equipo cumple con las características requeridas, además de estar homologado por los organismos correspondientes del Ecuador.

3.2 Planificación de red inalámbrica de larga distancia.

La red de estaciones meteorológicas se ubicó siguiendo recomendaciones de Organismos Nacionales como el Ministerio de Energías Renovables, Municipios, Gobiernos Provinciales, entre otros, pero también atendiendo sugerencias emitidas por pobladores de las zonas a ser estudiadas

3.2.1 Emplazamiento

Los emplazamientos que se han seleccionado para realizar las mediciones en este proyecto son los siguientes.

- ESPE Latacunga; ubicado en coordenadas 00° 55` 57``S 78° 36` 35``O, a una altura de 2894,5 metros sobre le nivel del mar, aquí

se instalara la central de recepción de datos y procesamiento.



Figura 3.2.1. ESPE Extensión Latacunga

- ESPE Belisario Quevedo; ubicado en coordenadas $00^{\circ} 59' 47'' S$ $78^{\circ} 35' 11'' O$, a una altura de 2745 metros sobre el nivel del mar corresponde al nuevo campus de la ESPE.



Figura 3.2.2. ESPE Extensión Latacunga Campus Belisario Quevedo

- ESPE Sinchaguasin; ubicado en coordenadas $00^{\circ} 57' 08'' S$ $78^{\circ} 42' 03,2'' O$ a una altura de 3056 metros sobre el nivel del mar, Centro de Convenciones perteneciente a la Extensión.



Figura 3.2.3. Centro de Convenciones Sinchaguasin

- Illuchi; ubicado en coordenadas $00^{\circ} 55' 16'' S$ $78^{\circ} 31' 41'' O$ a una altura de 3388 metros sobre el nivel del mar, correspondiente a los reservorios de agua de la central hidroeléctrica del mismo nombre.



Figura 3.2.4. Central Hidroeléctrica Illuchi 1

- Collas; ubicada en las coordenadas $00^{\circ} 53' 56,2'' S$ $78^{\circ} 43' 31'' O$ a una altura de 3640 metros sobre el nivel del mar, lugar recomendado por los habitantes y sitio idónea para la repetidora principal.



Figura 3.2.5. Collas

3.2.2 Planificación de los Radio Enlaces.

Con la determinación de los emplazamientos, y con la caracterización de cada uno de ellos, la cual se detalla en la Tabla 3.2.1; se a diseñar los radio enlaces para comunicar las estaciones meteorológicas que se van a ubicar en cada emplazamiento; para la planificación de los mismos se utilizara el software Radio Mobile, debido a que es un software libre de licencias, los mapas se los puede descargar sin ningún costo, y adicionalmente pose una alta exactitud de las elevaciones.

Tabla 3.2.1. Caracterización de emplazamiento.

Ítem	Lugar	Características	Infraestructura	Acceso	Fuentes de Energía	Resguardo	Entidad	Tiempo (Minutos)	Tipo de camino
1	ESPE Latacunga	Ubicado en el centro de la Ciudad de Latacunga	Torre de 30mt. Ubicada en el edificio de aulas	Vehículo	110V	Personal militar	ESPE	0	Asfaltado 100%
2	ESPE Belisario Quevedo	Ubicado en la Parroquia Belisario Quevedo	Ninguna	Vehículo	Ninguna	Personal militar	ESPE	20	Asfaltado 70% Tierra 30%
3	ESPE Sinchaguasin	Ubicado en el cantón Pujili	Ninguna	Vehículo	110V	Personal militar	ESPE	30	Asfaltado 100%
4	Illuchi	Ubicado en los tanque de reserva de agua de la hidroeléctrica Illuchi	Ninguna	Vehículo y Caminata	110v	Guardia de ELEPCO	ELEPCO	120	Asfaltado 10% Piedra 30% Tierra 60%

5	Collas	Ubicado en la Parroquia Collas, cantón Pujili.	Ninguna	Vehículo	Ninguna	Administrador Centro Wiracocha	Centro Wiracocha	60	Asfaltado 100%
---	--------	--	---------	----------	---------	--------------------------------	------------------	----	----------------

La planificación se la lleva acabo ubicando los emplazamientos dentro del mapa, cotejando la información de la elevación que entrega el programa con los datos obtenidos con el GPS en campo; en la tabla 3.2.2., se observa una comparativa entre los datos del GPS y los de Radio Mobile

Tabla 3.2.2. Comparativa Datos GPS con Radio Mobile.

Ítem	Lugar	Datos GPS [m]	Datos Radio Mobile [m]	Error [m]	Error Porcentual
1	ESPE Latacunga	2727	2894.5	-167.5	6.14%
2	ESPE Belisario Quevedo	2789	2745.3	43.7	1.57%
3	ESPE Sinchaguasin	3023	3056	-33	1.09%
4	Illuchi	3410	3388.4	21.6	0.63%
5	Collas	3670	3640.8	29.2	0.80%

Como se puede observar el error se encuentra dentro del 2%, solo en el emplazamiento de ESPE Latacunga es mayor, este error se debe principalmente por ser una zona con muchas edificaciones que han que el GPS no tenga una buena recepción de señal y no se pueda enganchar a mas de satélites con le que aumentaría su presión.

En la imagen 3.2.6 podemos mirar el mapa de ubicación de cada emplazamiento ya ingresado en Radio Mobile

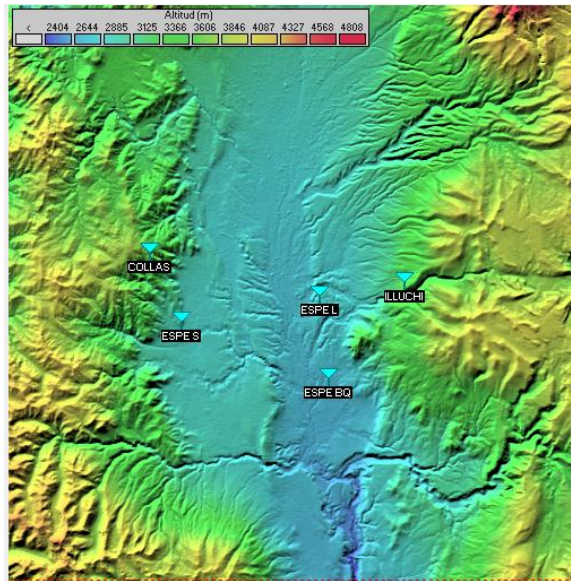


Figura 3.2.6. Ubicación de emplazamiento en Radio Mobile.

Con la ubicación de los puntos se procede configurar los sistemas de comunicación, analizando los perfiles de los radio enlaces, en las siguientes imágenes (figuras 3.2.7-16), se aprecian los perfiles de cada radio enlace.

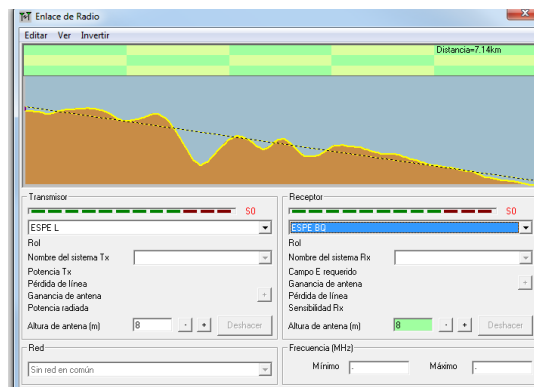


Figura 3.2.7 Perfil ESPE Latacunga – ESPE Belisario Quevedo

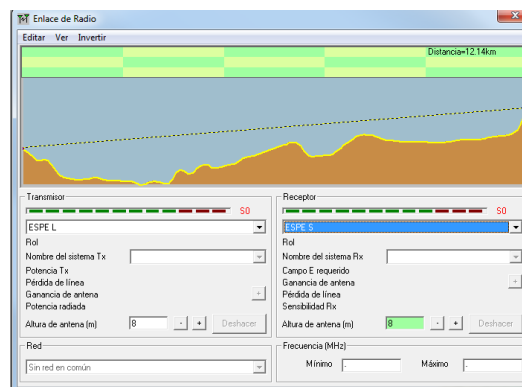


Figura 3.2.8 Perfil ESPE Latacunga – ESPE Sinchaguasin

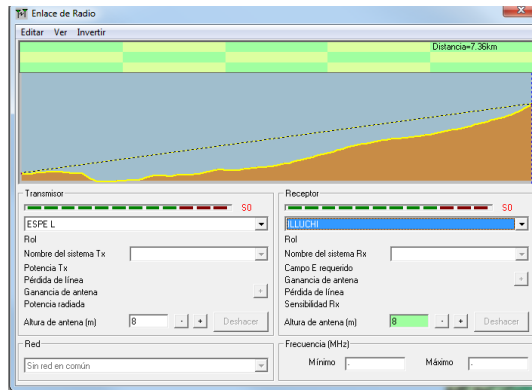


Figura 3.2.9 Perfil ESPE Latacunga – Illuchi

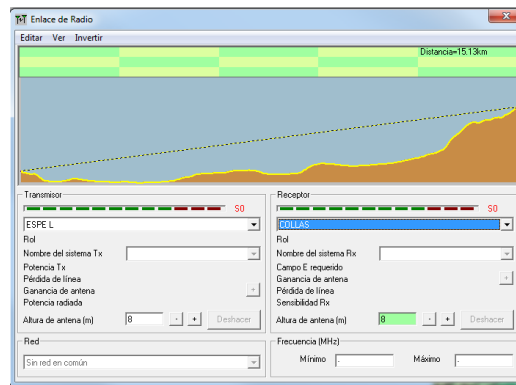


Figura 3.2.10 Perfil ESPE Latacunga – Collas

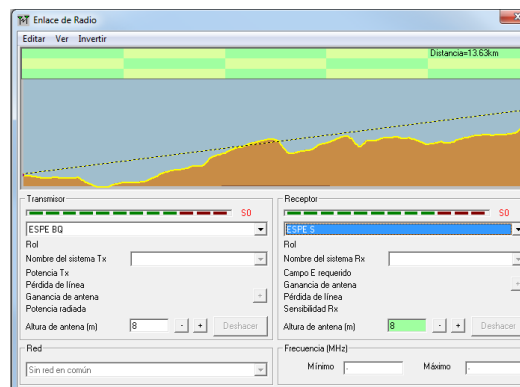


Figura 3.2.11 Perfil ESPE Belisario Quevedo – ESPE Sinchaguasin

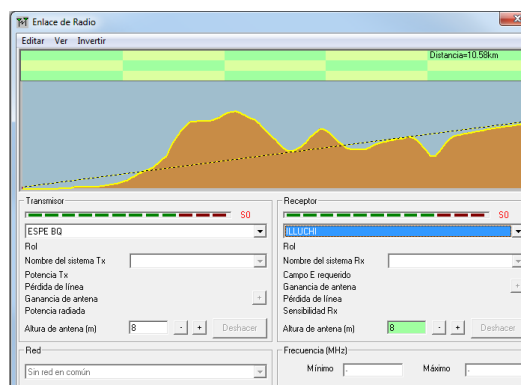


Figura 3.2.12 Perfil ESPE Belisario Quevedo – Illuchi

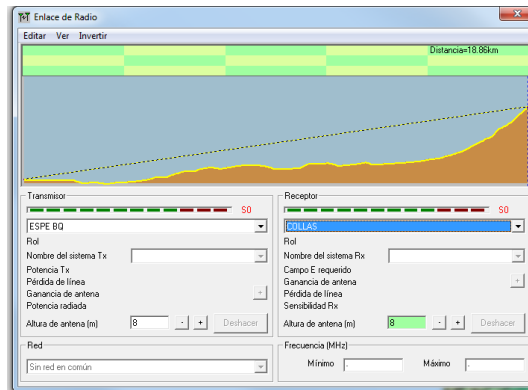


Figura 3.2.13 Perfil ESPE Belisario Quevedo – Collas

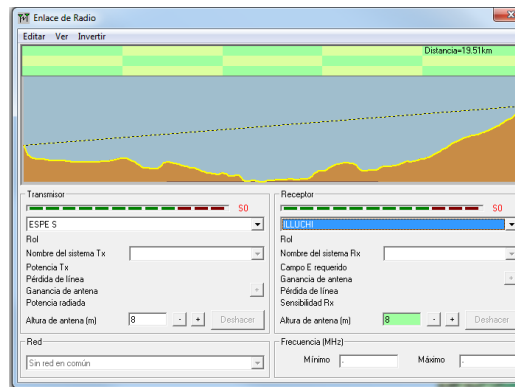


Figura 3.2.14 Perfil ESPE Sinchaguasin – Illuchi

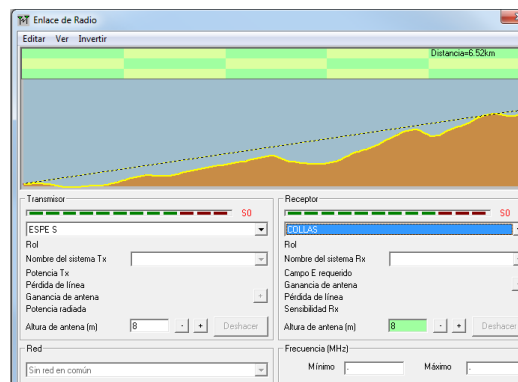


Figura 3.2.15 Perfil ESPE Sinchaguasin – Collas

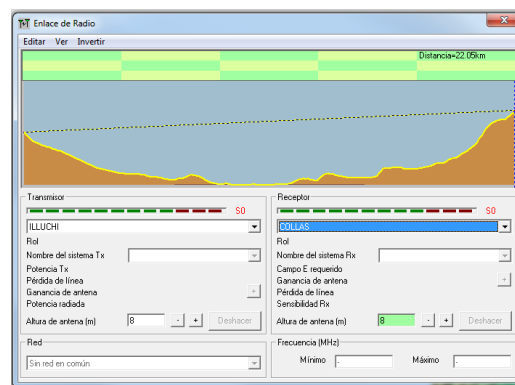


Figura 3.2.16 Perfil Illuchi – Colas

Con la referencia de estos perfiles podemos resumir en la tabla 3.2.3 si

existe línea de vista ente los emplazamientos.

Tabla 3.2.3. Determinación de línea de vista entre emplazamiento.

Ítem	Lugar 1	Lugar 2	Línea de vista
1	ESPE Latacunga	ESPE Belisario Quevedo	NO
2	ESPE Latacunga	ESPE Sinchaguasin	SI
3	ESPE Latacunga	Illuchi	NO
4	ESPE Latacunga	Collas	SI
5	ESPE Belisario Quevedo	ESPE Sinchaguasin	NO
6	ESPE Belisario Quevedo	Illuchi	NO
7	ESPE Belisario Quevedo	Collas	SI
8	ESPE Sinchaguasin	Illuchi	SI
9	ESPE Sinchaguasin	Collas	NO
10	Illuchi	Collas	SI

Con esta información se selecciona los enlaces más viables; siendo los siguientes los que poseen las mejores características.

- ESPE Latacunga - Collas
- ESPE Belisario Quevedo - Collas
- ESPE Sinchaguasin - Illuchi
- Illuchi – Collas

Con los enlaces seleccionados se efectuara la simulación de los enlaces en frecuencias de en frecuencias de 2,4 y 5 GHz.

3.2.3 Radio Enlace en 2.4 GHz.

En las siguientes imágenes (Figura 3.2.17 – 24) se muestran la simulación de la red a una frecuencia de 2.4 GHz.

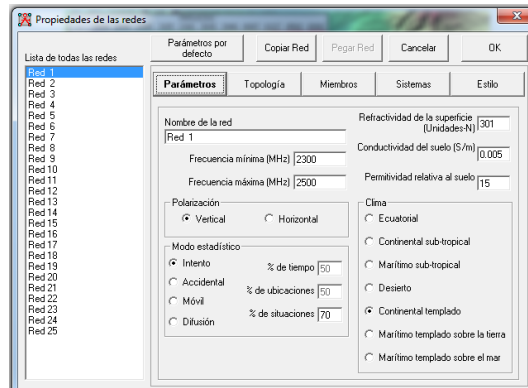


Figura 3.2.17 Configuración de los parámetros del enlace

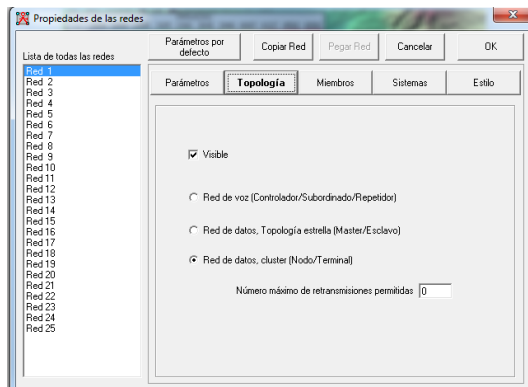


Figura 3.2.18 Topología del enlace

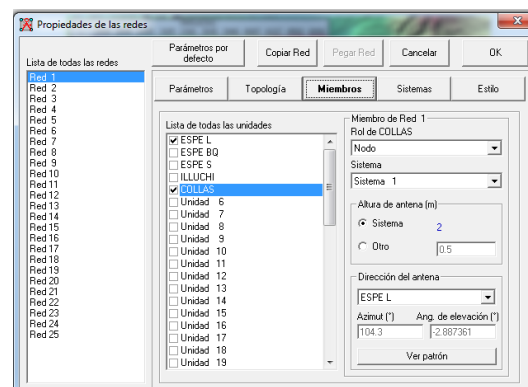


Figura 3.2.19 Miembros del enlace y direccionamiento de antenas.

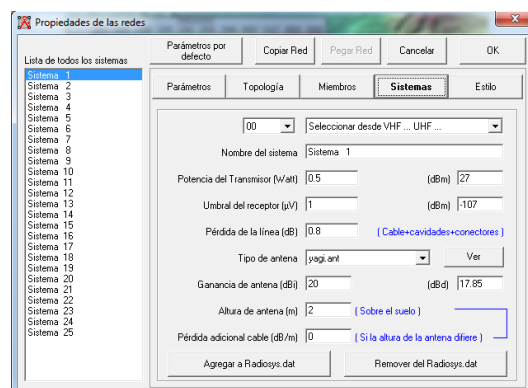


Figura 3.2.20 Configuración del Sistema, selección de antenas y pedidas

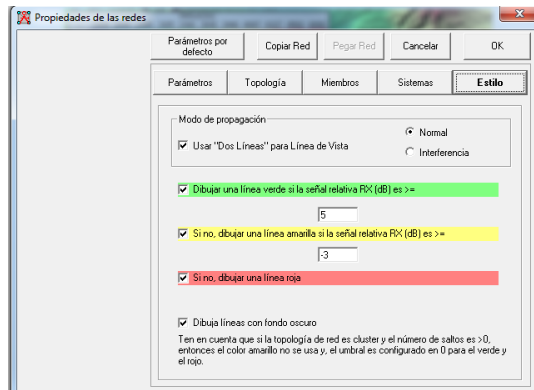


Figura 3.2.21 Estilo de presentación de enlaces

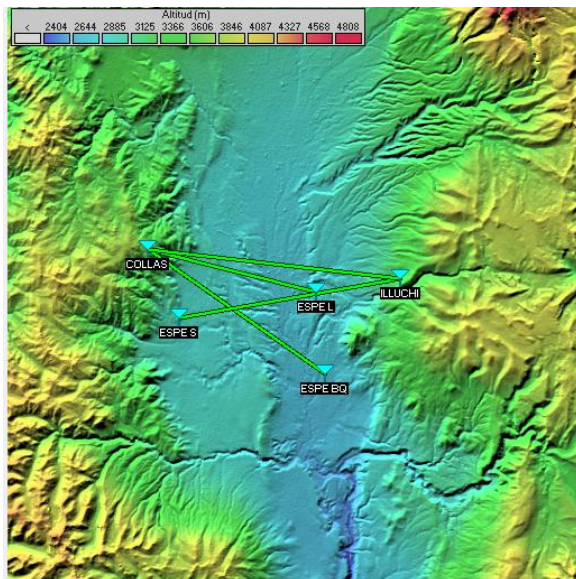


Figura 3.2.22 Simulación de Radio Enlaces a frecuencia de 2.4GHz

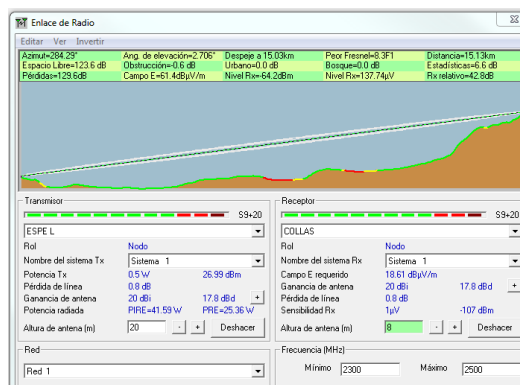


Figura 3.2.23 Enlace ESPE Latacunga - Collas

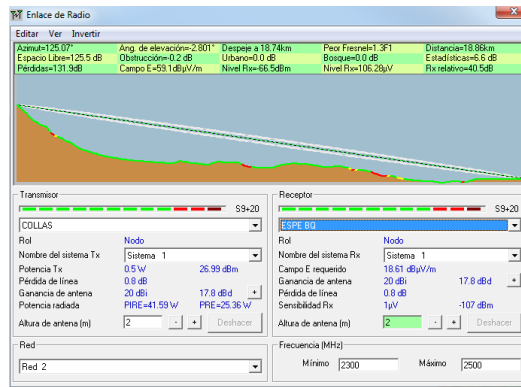


Figura 3.2.24 Enlace Collas - ESPE Belisario Quevedo

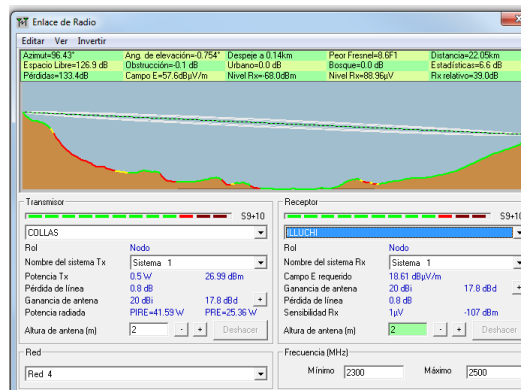


Figura 3.2.25 Enlace Collas - Illuchi

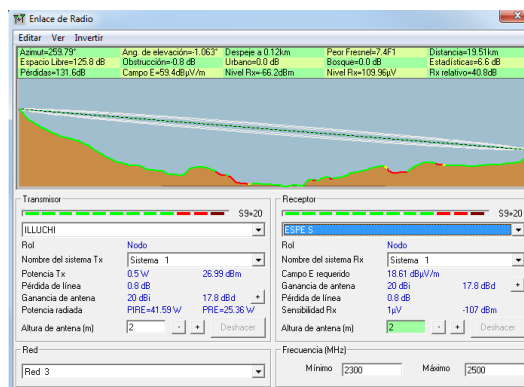


Figura 3.2.26 Enlace Illuchi – ESPE Sinchaguasin

3.2.4 Radio Enlace en 5 GHz.

En las siguientes imágenes (Figura 3.2.27 – 36) se muestran la simulación de la red a una frecuencia de 5 GHz.

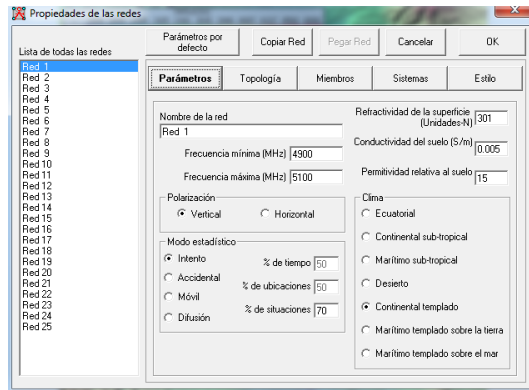


Figura 3.2.27 Configuración de los parámetros del enlace

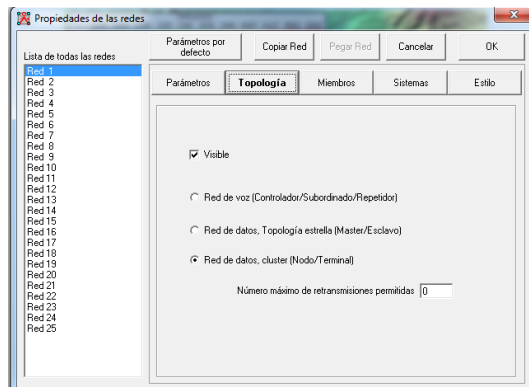


Figura 3.2.28 Topología del enlace

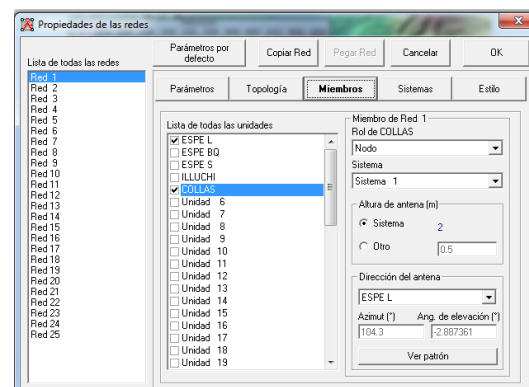


Figura 3.2.29 Miembros del enlace y direccionamiento de antenas.

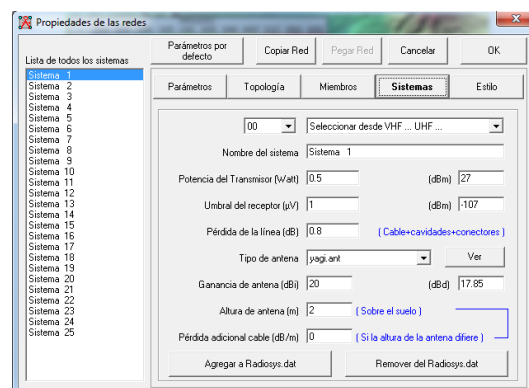


Figura 3.2.30 Configuración del Sistema, selección de antenas y pedidas

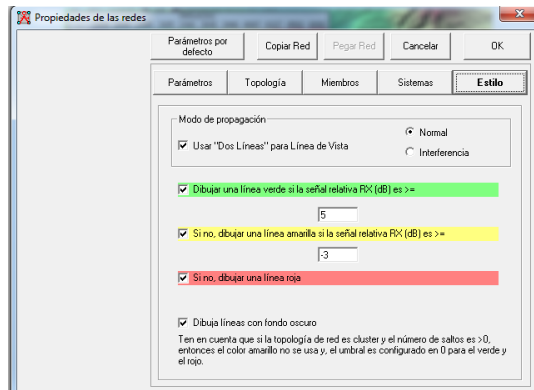


Figura 3.2.31 Estilo de presentación de enlaces

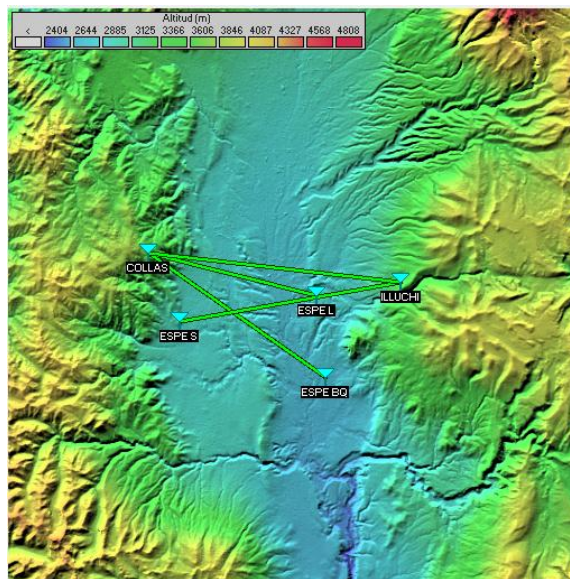


Figura 3.2.32 Simulación de Radio Enlaces a frecuencia de 5GHz

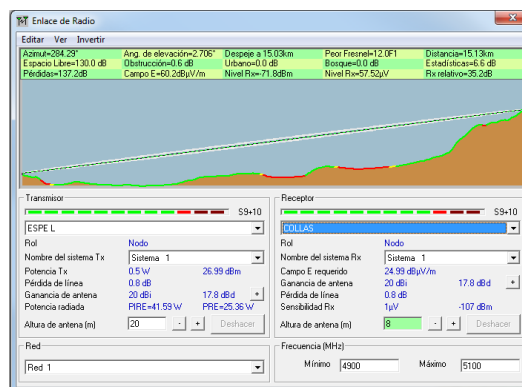


Figura 3.2.33 Enlace ESPE Latacunga - Collas

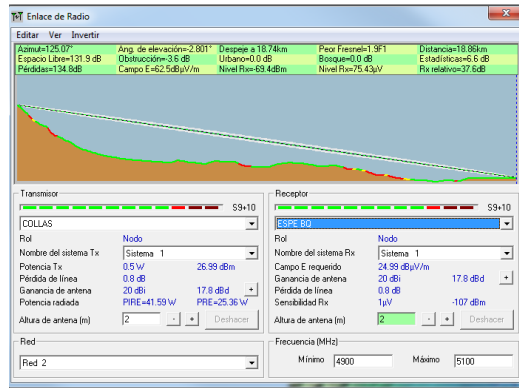


Figura 3.2.34 Enlace Collas - ESPE Belisario Quevedo

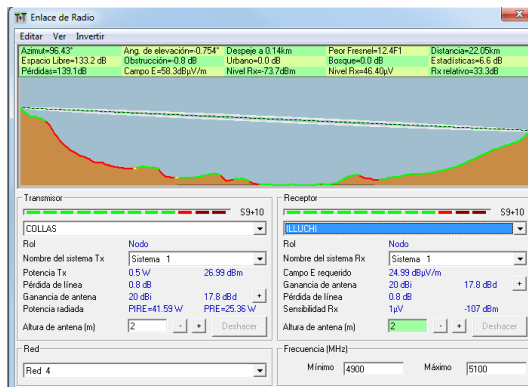


Figura 3.2.35 Enlace Collas - Illuchi

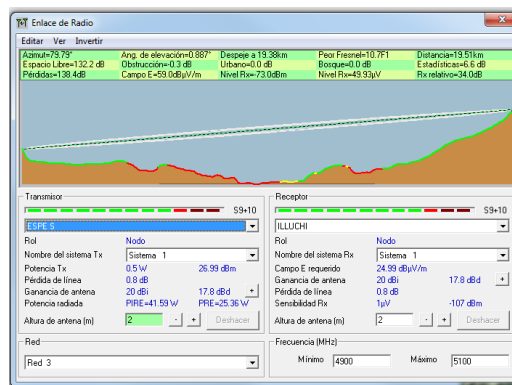


Figura 3.2.36 Enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi

3.3 Planificación de la red de datos

Con los radio enlaces verificados se planifico la red de datos según el diagrama que se detalla en la figura 3.3.1.

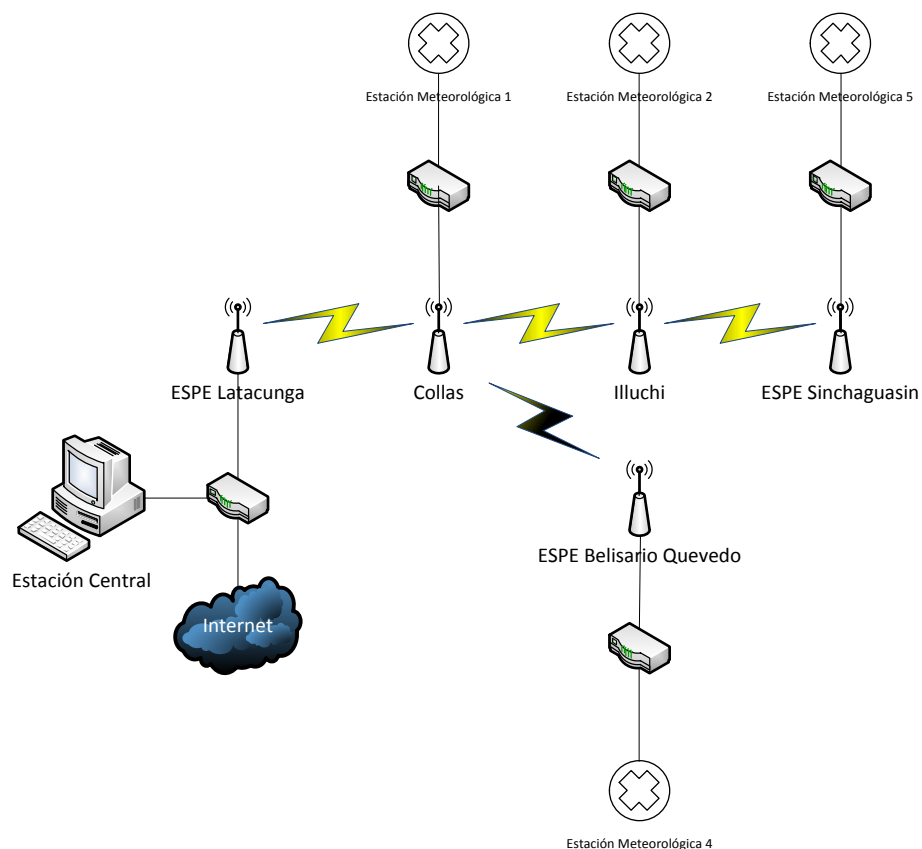


Figura 3.3.1. Elementos de red de datos

En la tabla 3.3.1 se detalla las direcciones IP correspondientes para cada equipo.

Tabla 3.3.1. Direcciones IP de la Red de estaciones meteorológicas

Ítem	Equipo	Dirección IP	Característica
1	Enrutador	192.168.0.1	Enrutador con salida a Internet
2	Computador Central	192.168.0.100	Computador de almacenamiento de datos
3	Estación Meteorológica 1	192.168.0.101	Estación meteorológica
4	Estación Meteorológica 2	192.168.0.102	Estación meteorológica
5	Estación Meteorológica 3	192.168.0.103	Estación meteorológica
6	Estación Meteorológica 4	192.168.0.104	Estación meteorológica
7	Enlace ESPE L - Collas	192.168.0.105	Radios WIFI Responde a la red ESPE 1

8	Enlace Collas - ESPE BQ	192.168.0.106	Radios WIFI Responde a la red ESPE 2
9	Enlace Collas - Illuchi	192.168.0.107	Radios WIFI Responde a la red ESPE 3
10	Enlace ESPE S - Illuchi	192.168.0.108	Radios WIFI Responde a la red ESPE 4

3.4 Selección y descripción de los componentes de la red de estaciones meteorológicas.

Con los diseños de los radio enlaces, la planificación de las direcciones IP de cada uno de los elementos de la red se enlistan los equipos y materiales seleccionados para la implementación de la red de estaciones meteorológicas, como se describe en la tabla 3.4.1.

Tabla 3.4.1. Equipos seleccionados para la implementación.

Ítem	Cantidad	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO
1	5	Estación Meteorológica y Datalogger: Sensor de velocidad de viento, Sensor de dirección de viento, Sensor de temperatura ambiental, Sensor de humedad relativa, Sensor de precipitación, sensor de radiación y radiación UV y Datalogger. Modelo 6162C	DAVIS	6162C
2	5	WeatherLinkIP, Interface de comunicación TCP/IP	DAVIS	6555
3	10	Paneles solares 5 w.	ISOFOTON	I-5
4	10	Baterías 7A/h.	FAMMA	MR7-12
5	10	Regulador 12v	PHOCOS	CML05-2.1
6	5	Mástil para instalación con vientos de sujeción y bloques de anclaje		S/N
7	5	Caja tipo estanco metálica 37x50x17		S/N
8	1	Accesorios para instalación eléctrica: 5 brackers dos polos, riel dim, prensas stop, borneras		
9	4	Router wifi larga distancia 2.4Ghz MIPS 24KC, 400MHz Atheros MIPS 24KC, 400MHz 32MB SDRAM, 8MB	Ubuquiti	M

		Flash 32MB SDRAM, 8 MB de Flash		
10	11	Router wifi larga distancia 5.8Ghz MIPS 24KC, 400MHz Atheros MIPS 24KC, 400MHz 32MB SDRAM, 8MB Flash 32MB SDRAM, 8 MB de Flash	Ubuquiti	M
11	4	Antena de Grilla frecuencia 2.4GHz 24dBi Die Cast, conector N Male	HYPERLINK TECHNOLOGIES	1PF2.4GHZ
12	11	Antena de Grilla frecuencia 5.8GHz 24dBi Die Cast, conector N Male	HYPERLINK TECHNOLOGIES	1PF2.4GHZ
13	2	02 Power station 2,4Ghz Procesador Atheros AR2316 SOC	HYPERLINK TECHNOLOGIES	AR2316 SOC
14	2	Antena OMNIDIRECCIONAL frecuencia 2.4GHz conector N Male		HG2415UPRO-SPK
15	1	Analizador de espectros™ DBx Dual Band Spectrum Analyzer, incluye CD con software	Wi-Spy	DBx Dual Band Spectrum Analyzer
16	1	Video Sender 2.4G Wireless 1W 12CH		FOX-R02
17	15	Switch 8 puertos 10/100Mbps TX Auto-Negotiation.	D-LINK	DES-1008A
18	2	Cable 2' Antenna Cable, SMA Male to N-Male, 195 Series		195
19	1	Rollo cable UTP categoría 5E (305 m)		5E
20	100	Conectores RJ45 y capuchones		

3.5 Implementación de la red y puesta en marcha

Los diagramas eléctricos y mecánicos correspondientes a implementación de la red se detallan a continuación.

3.5.1 Tablero de Estaciones meteorológicas.

En el tablero que se instalo en cada emplazamiento consta de los siguientes elementos.

- Paneles Solares
- Baterías
- Regulador de voltaje

- Inversor de voltaje de 12Vdc a 110Vac
- Datalogger
- PoE
- Radio
- Antena
- Switch
- Estación Meteorológica

En la figura 3.5.1., se detallan mediante diagrama de bloques las interconexiones entre los distintos equipos, en la figura 3.5.2, se detalla la ubicación de los elementos dentro del tablero, y en la figura 3.5.3, se observa una fotografía del tablero montado.

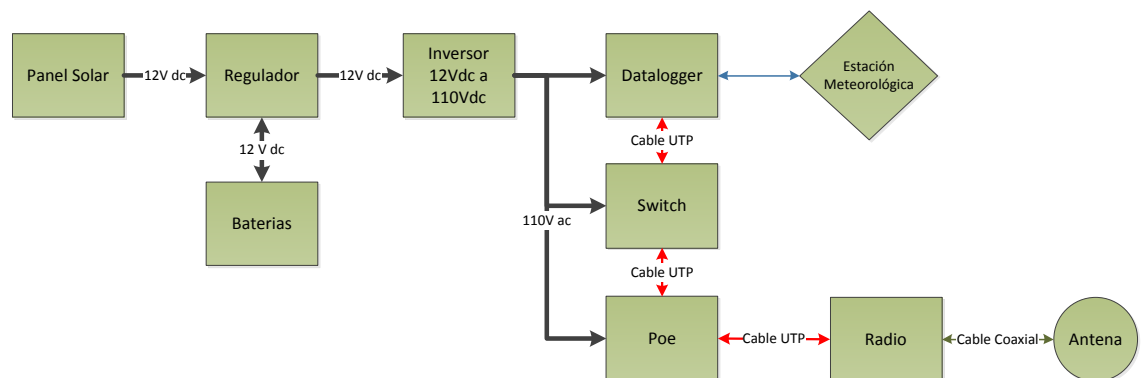


Figura 3.5.1. Diagrama de conexiones en cada emplazamiento

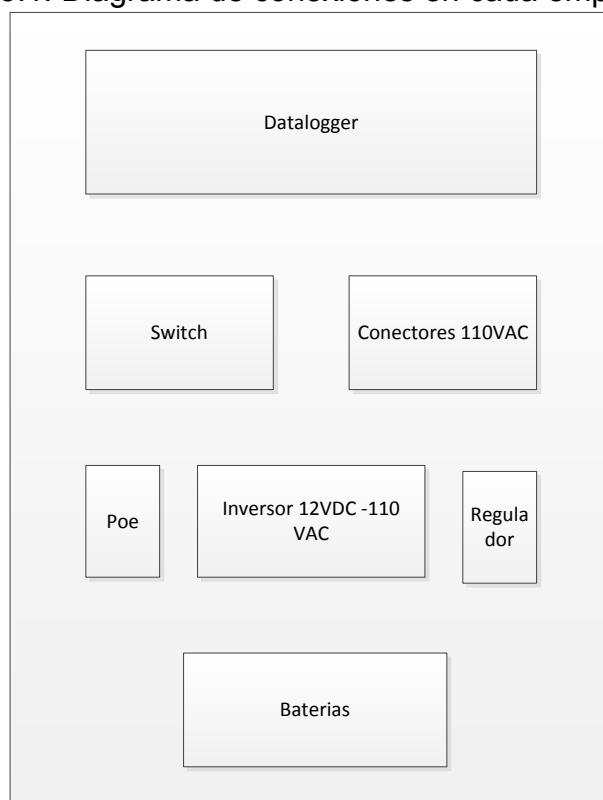


Figura 3.5.2. Diagrama de ubicación de equipos



Figura 3.5.3. Fotografía de tablero montado

3.5.2 Tablero de estación central

En el tablero instalado en la estación central consta de los siguientes elementos

- PoE
- Switch
- Radio
- Antena
- Computador

En la figura 3.5.4., se detallan mediante diagrama de bloques las interconexiones entre los distintos equipos

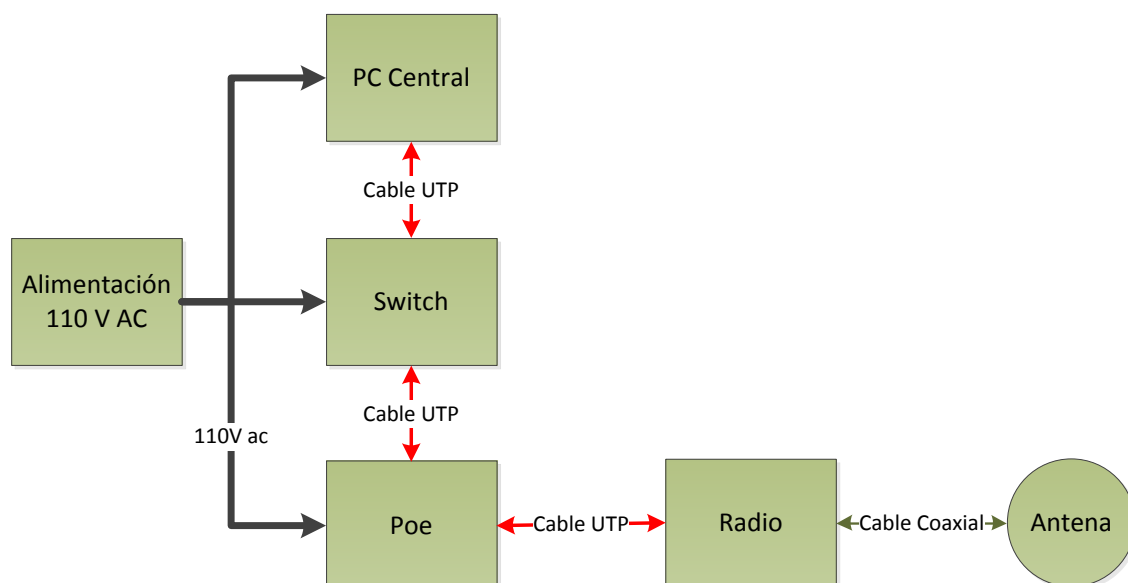


Figura 3.5.4 Diagrama de conexiones estación central.

3.5.3 Torre de sujeción y comunicación.

Para los emplazamientos se instalo una torre de 12 metros, dividida en segmentos de 3 metros; a la altura de 6y 8 metros se instalaran las antenas, a la altura de 10 metros se instala el sensor de velocidad y dirección de viento, el tablero se instalara a 1.60m; para su sujeción se entierra una profundidad de 2m, y se fundirá con concreto, se colocaran tensores con ángulos 120° a 6 metros de la base de la torre, de En la figura 3.5.5, se muestra un esquema de la construcción de la torre, mientras que en la figura 3.5.6 se muestra la instalación de una torre.

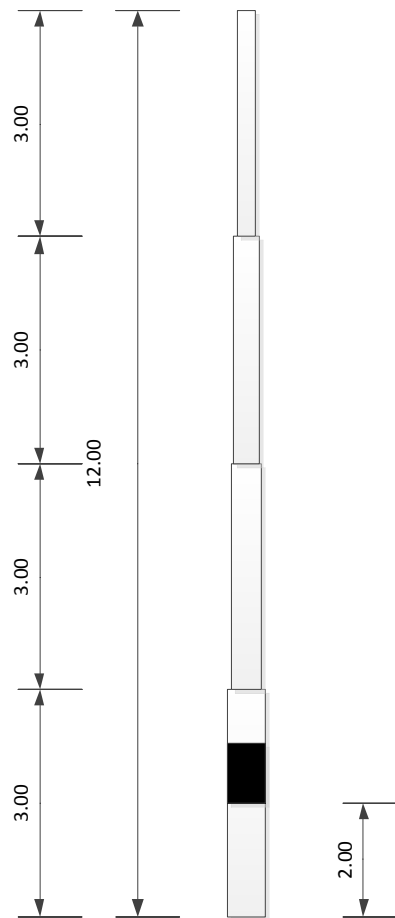


Figura 3.5.5. Planos de la torre



Figura 3.5.6. Implementación de la torre
En las siguientes imágenes se observan cada uno de los emplazamientos instalados y en operación.



Figura 3.5.7. ESPE Latacunga



Figura 3.5.8. ESPE Belisario Quevedo



Figura 3.5.9. ESPE Sinchaguasin



Figura 3.5.10. Illuchi



Figura 3.5.11. Collas

3.5.4 Alineamiento de las antenas

Con los datos obtenidos en la simulación de la elevación y del azimut, se alinearon las antenas, para cumplir este objetivo se utilizo 2 métodos:

- Utilizando el software Wi-Spy
- Utilizando la herramienta de alineamiento de antenas de los radios Ubiquiti

3.5.4.1 Alineamiento con el software Wi-Spy.

Wi-Spy es un analizador de espectro que se conecta mediante USB a un computador, la versión utilizada es Analizador de espectros™ DBx Dual Band (2.4 y 5 GHz) y Video Sender 2.4G Wireless 1W 12CH, con estos equipos se verifico como se encuentra el espectro radio eléctrico, y se pudo determinar en que frecuencia y en que

canal poder transmitir; siguiendo el procedimiento descrito en la publicación denominada “ Enlaces de larga distancia ” [http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/17_Enlaces-Larga-Distancia/17_es_enlaces-larga-distancia_guia_v01.pdf], en la siguiente grafica podemos observar como se encuentra el espectro de frecuencia en las bandas de 2.4 y 5 GHz.

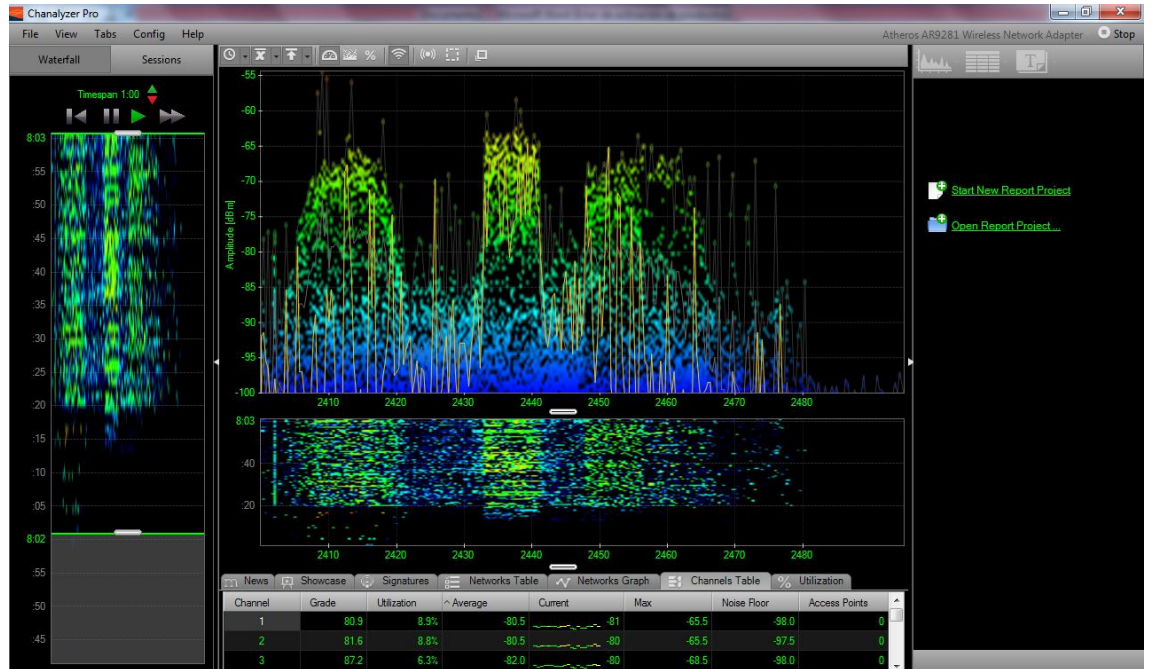


Figura 3.5.12. Espectro de frecuencia en 2.4GHz

Como se aprecia en la grafica el espectro para una frecuencia de 2.4GHz se encuentra saturado, por lo que existe la mayor probabilidad de interferencias.

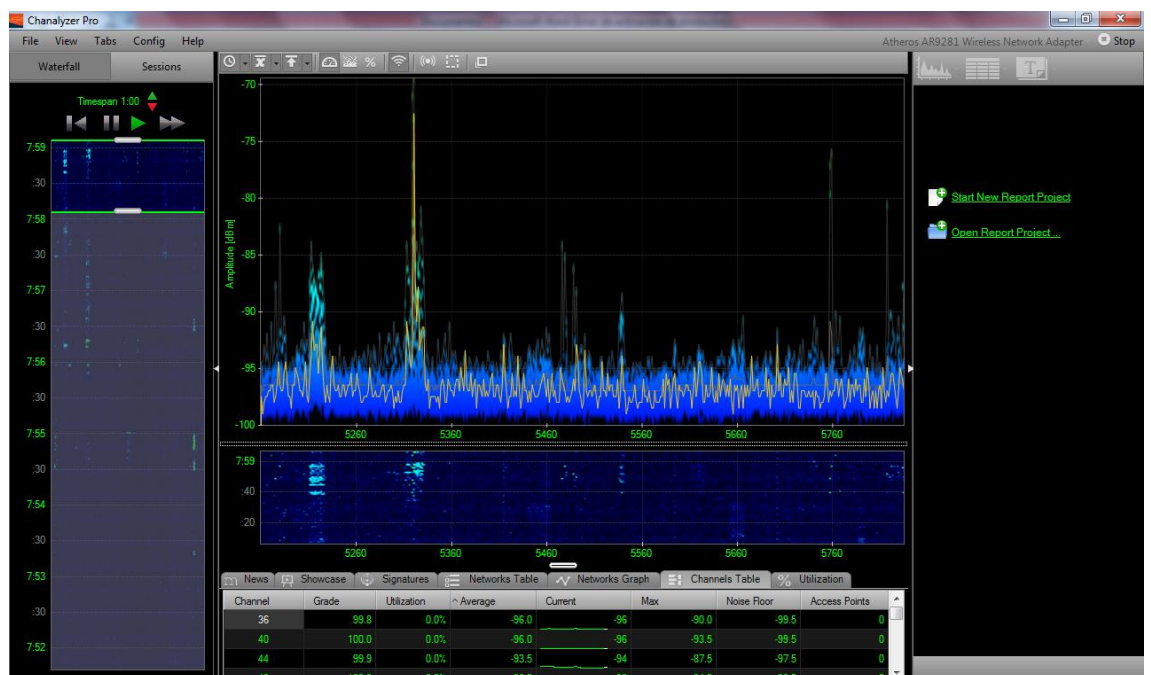


Figura 3.5.13. Espectro de frecuencia en 5GHz.

Como se aprecia en la grafica el espectro para una frecuencia de

5GHz se encuentra libre, garantizando de esta manera una comunicación sin interferencias.

3.5.4.2 Alineamiento con el software de Ubiquiti

La utilidad de alinear antena permite al instalador apuntar y optimizar la antena en la dirección más adecuada para mejorar la calidad de la señal. Al seleccionar la utilidad de alinear antena, ésta se abrirá en una nueva ventana con un indicador de señal. La ventana se actualizará cada segundo mostrando la intensidad de señal del último paquete recibido. La barra "rango RSSI" (RSSI Range) permite reducir o incrementar el rango de medición. Si se reduce el rango, el cambio de color será más sensible a las fluctuaciones de la señal.

La ventana de alinear antena puede ser cerrada presionando el botón Cerrar (Close) en la parte superior de la misma, en la figura 3.5.14 se aprecia ventana del alineador

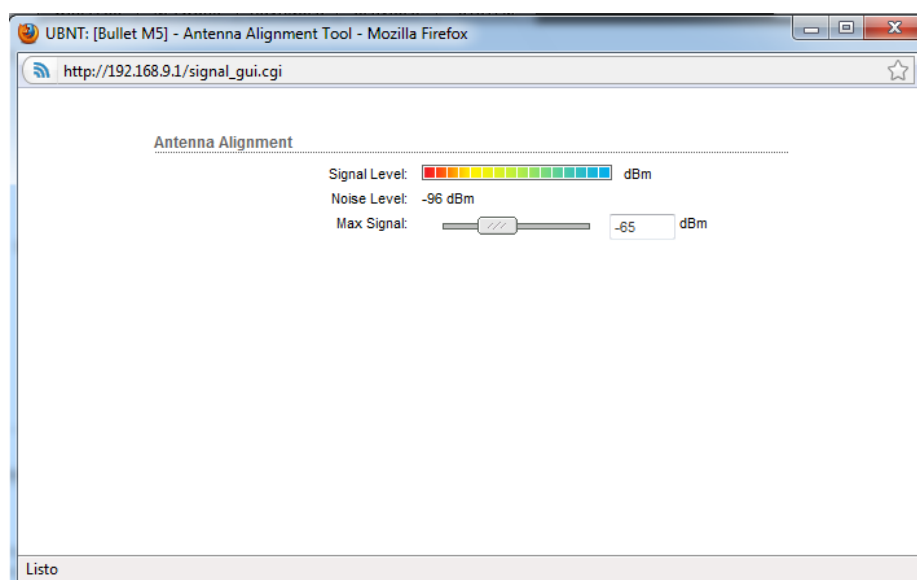


Figura 3.5.13. Alienador de antenas AirOs

3.5.5 Configuración de los radios

La configuración de los equipos de comunicación se lo realizo utilizando el software AirOs propio de la empresa Ubiquiti, mencionado programa se basa en una distribución de Linux, por tal razón los radios se pueden configurar mediante interface web o terminal.

La configuración se la realizo siguiendo los siguientes pasos.

- Ingreso al radio mediante un navegador web utilizando la dirección 192.168.1.20., ingrese el usuario "ubnt" y contraseña "ubnt" ;estos son lo elementos configuración de fabrica de todos los equipos;
- Con el acceso al radio se lo configura como Punto de Acceso o como Estación; al configurar el Punto de Acceso, se crea la nueva red , y se colocaron las seguridades correspondientes, en este caso en tipo WEP; al configurar como como estación se colocara el nombre de la red inalámbrica a la que se quiere

pertenecer y la clave que se la asignado.

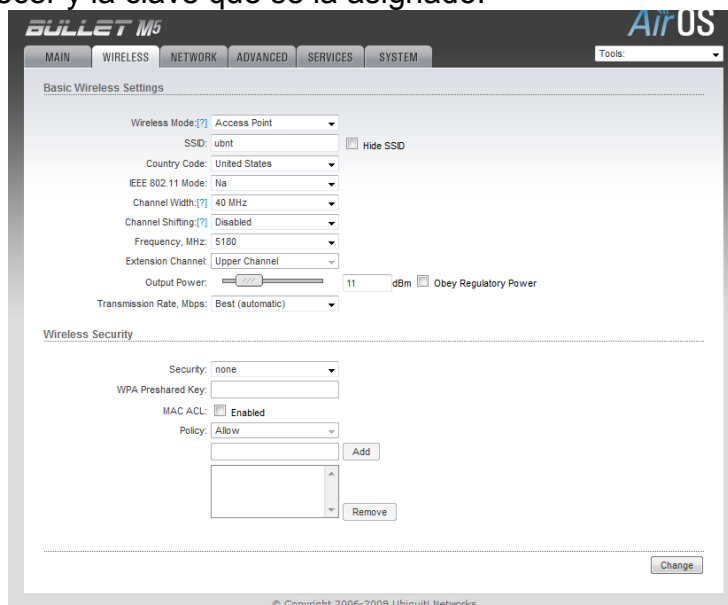


Figura 3.5.14 Configuración interfaz Inalámbrica

- En relación a la interfaz inalámbrica con la alámbrica (WLAN - LAN), la colocamos como puentes, pues no se utilizará subredes, y se les asignará las direcciones IP indicadas en la tabla 3.3.1

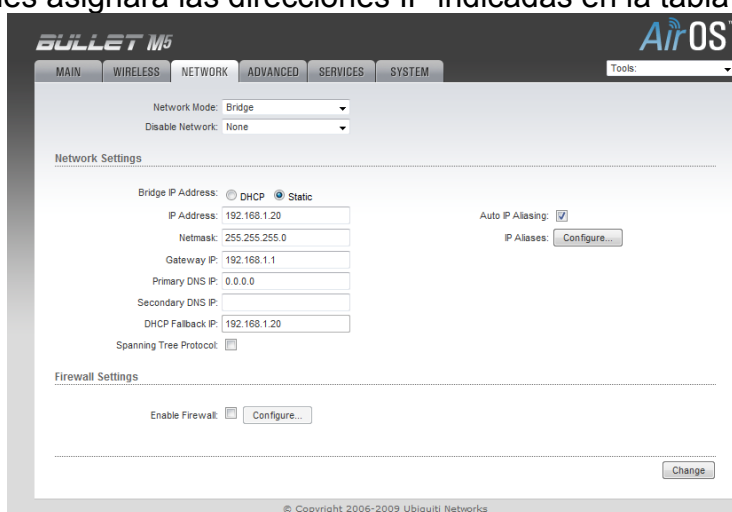


Figura 3.5.15 Configuración interfaz Alámbrica

Estos serían los pasos básicos para la configuración de los radios, en caso de realizar subredes, y requerir enrutamientos, la interfaz web no posee una aplicación donde pueda colocarse las rutas necesarias, por lo que es necesario ingresar al radio mediante la instrucción “SSH” desde un terminal de Linux, y luego editar el archivo “/etc/network/interfaces”, donde se colocarán las rutas necesarias.

CAPITULO IV

4. Resultados.

4.1 Experimentación de capacidad de canal.

Para determinar la capacidad del canal se utilizaron 2 métodos; el primero utilizando las herramientas “Monitoreo” del AirOs, la cual permite mostrar el rendimiento de los enlaces, muestra el tráfico de datos actual de las interfaces LAN, WLAN y PPP en forma gráfica y numérica. La escala y el rendimiento de procesamiento (throughput) (bps, Kbps, Mbps) cambian dinámicamente según el valor medio de rendimiento.

Las estadísticas son actualizadas automáticamente. Las estadísticas del rendimiento pueden ser actualizadas manualmente usando el botón de refrescar (Refresh); en la figura 4.1.1 se aprecia el comportamiento del enlace.

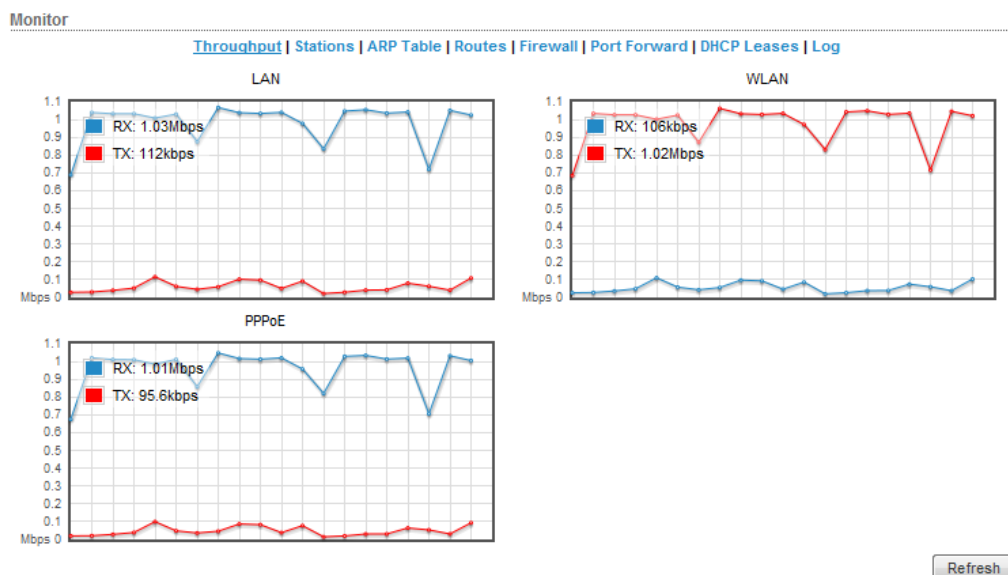


Figura 4.1.1 Herramienta “Monitoreo” del AirOs

Mientras que el segundo método consistió en utilizar un programa de inyección de tráfico como el D-ITG (Distributed Internet Traffic Generator), pero no fue muy efectivo debido a que los terminales debían colocarse a cada extremo de la red, este método es mas efectivo al realizar configuraciones de colas o prioridades dentro del canal, por lo que realizaron pocas mediciones; en la figura 4.1.2 se observa la interface grafica del mencionado software.

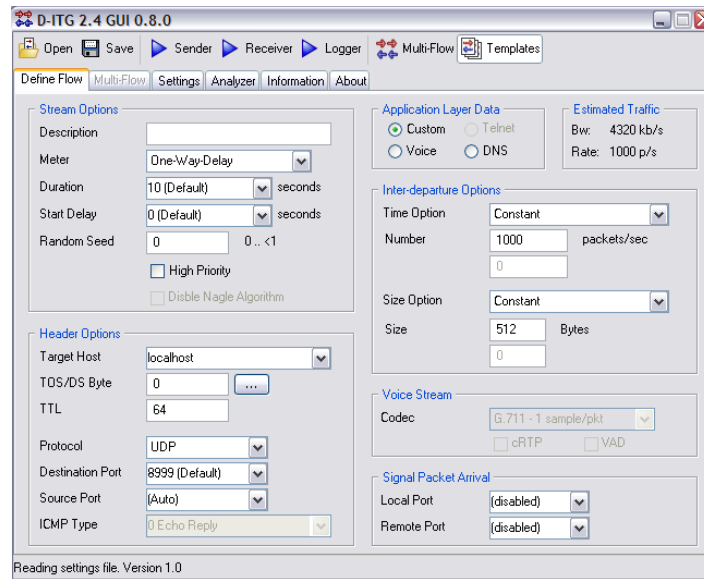


Figura 4.1.2 Herramienta D-ITG

A continuación se analiza los resultados obtenidos en cada uno de los enlaces, analizando el comportamiento con cada uno de los estándares 802.11 b/g/n, donde se analiza mediante procesos estadísticos la frecuencia de aparición de cada resultado.

4.1.1 Estándar 802.11 b

En la figura 4.1.3 se observa el enlace ESPE Latacunga – Collas donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 650Kbps.

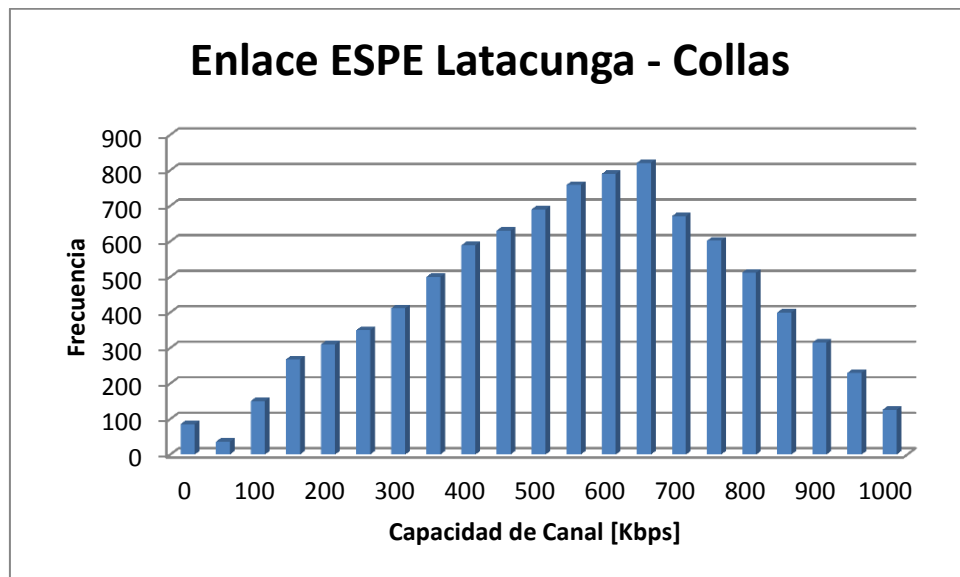


Figura 4.1.3 Enlace ESPE Latacunga- Colas 802.11b

En la figura 4.1.4 se observa el enlace ESPE Belisario Quevedo – Collas donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 600Kbps.

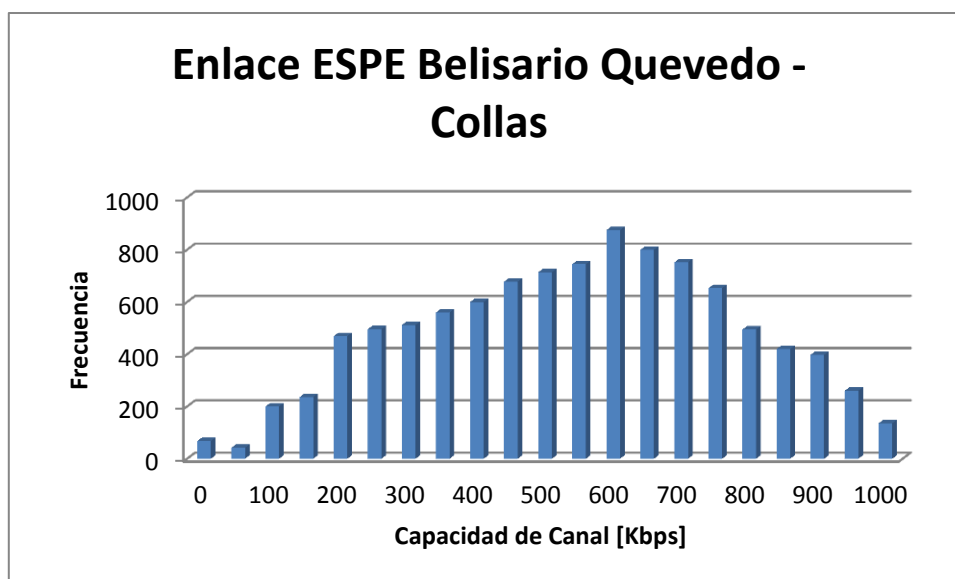


Figura 4.1.4 Enlace ESPE Belisario Quevedo- Collas 802.11b

En la figura 4.1.5 se observa el enlace Illuchi – Collas donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 500Kbps.

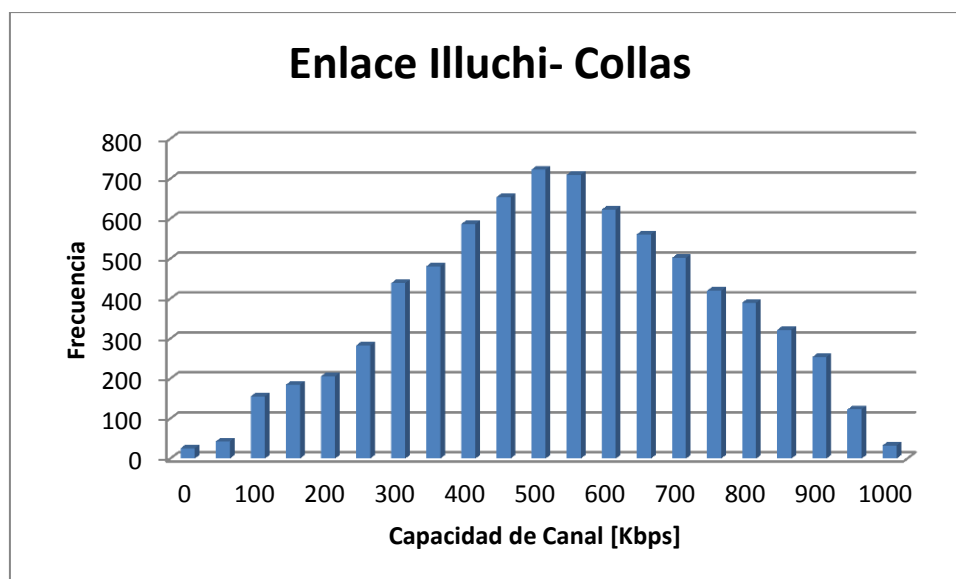


Figura 4.1.5 Enlace Illuchi- Collas 802.11b

En la figura 4.1.6 se observa el enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 500Kbps.

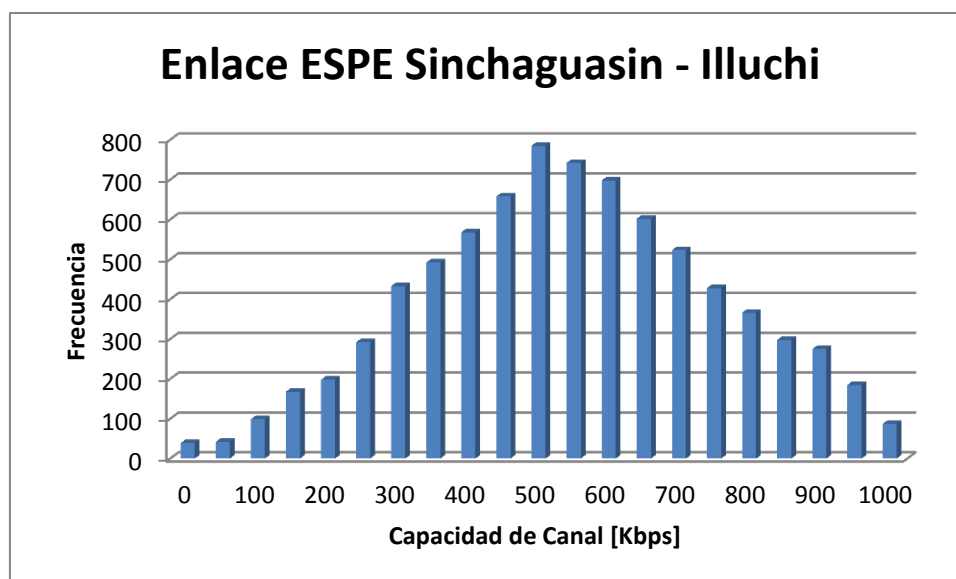


Figura 4.1.6 Enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi 802.11b

4.1.2 Estándar 802.11 g

En la figura 4.1.7 se observa el enlace ESPE Latacunga – Collas donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 2Mbps.

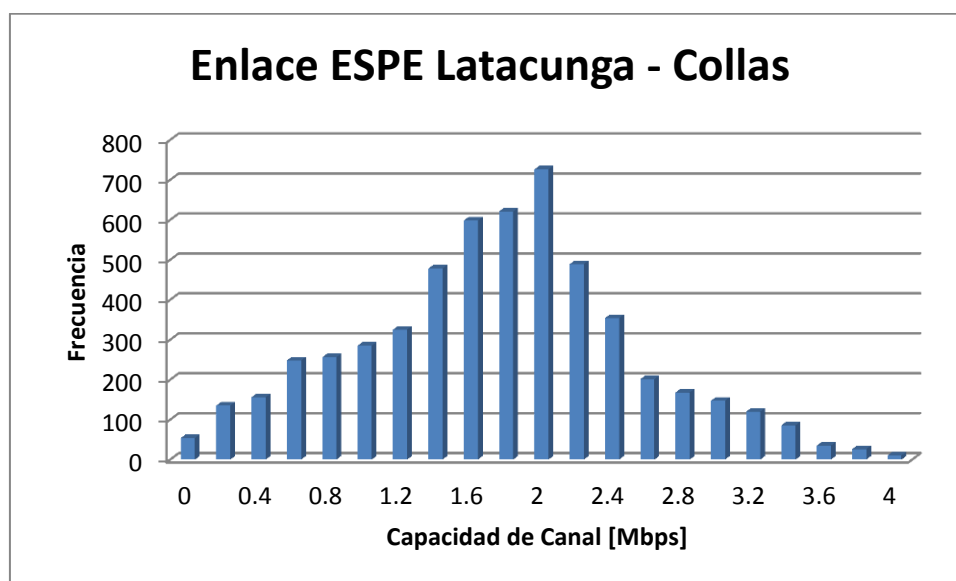


Figura 4.1.7 Enlace ESPE Latacunga- Colas 802.11g

En la figura 4.1.8 se observa el enlace ESPE Belisario Quevedo – Collas donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 2Mbps.

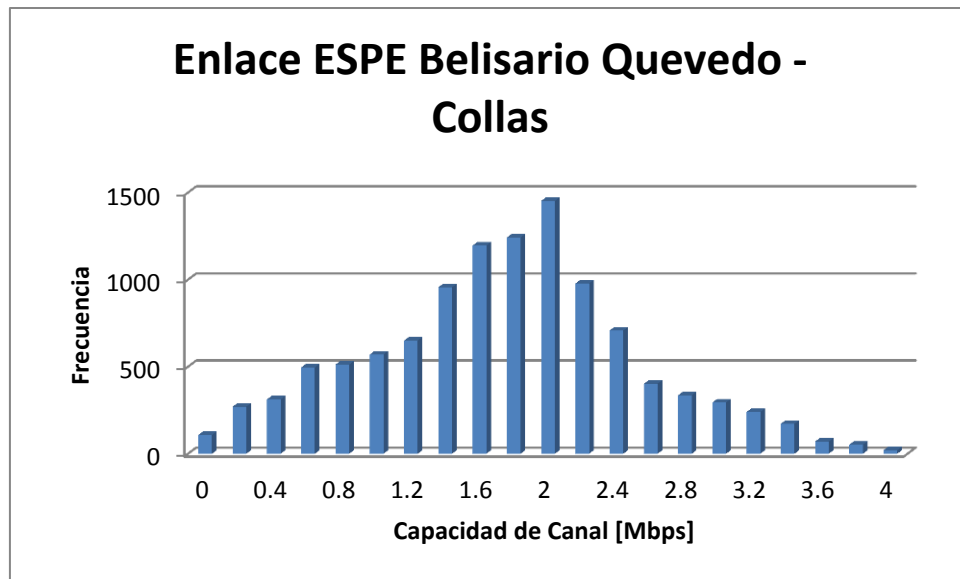


Figura 4.1.8 Enlace ESPE Belisario Quevedo- Collas 802.11g

En la figura 4.1.9 se observa el enlace Illuchi – Collas donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 2Mbps.

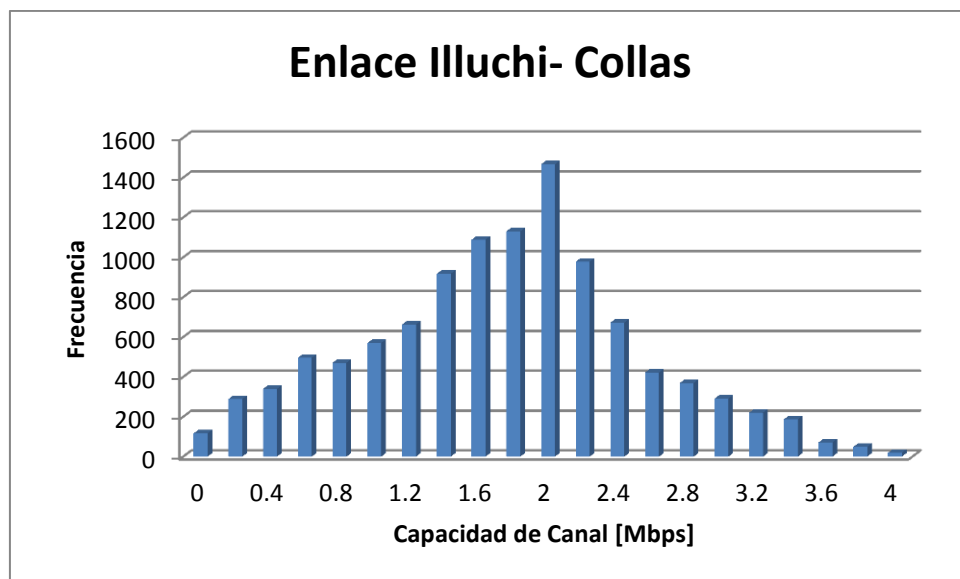


Figura 4.1.9 Enlace Illuchi- Collas 802.11g

En la figura 4.1.10 se observa el enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 2Mbps.

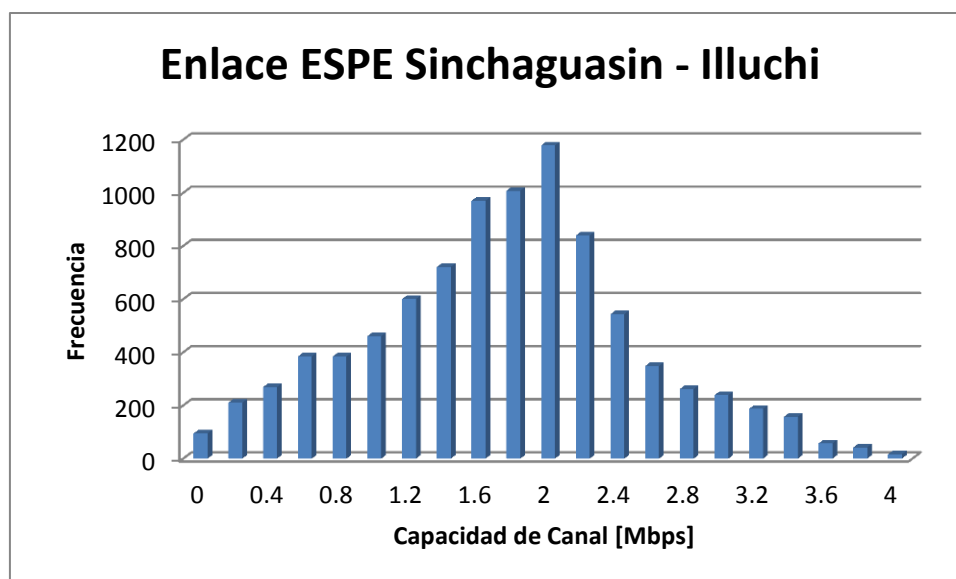


Figura 4.1.10 Enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi 802.11g

4.1.3 Estándar 802.11 n

En la figura 4.1.11 se observa el enlace ESPE Latacunga – Collas donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 12Mbps.

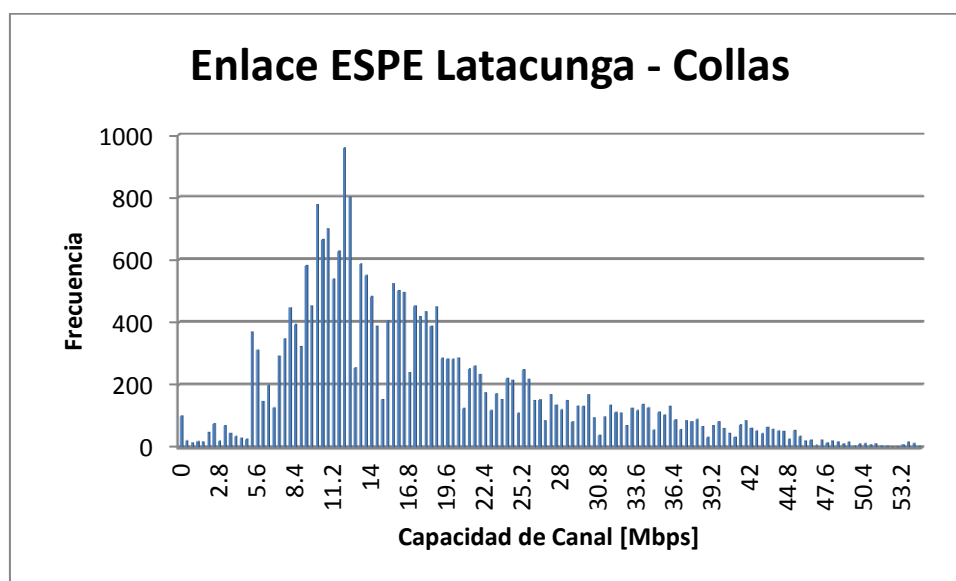


Figura 4.1.11 Enlace ESPE Latacunga- Colas 802.11g

En la figura 4.1.12 se observa el enlace ESPE Belisario Quevedo – Collas donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 11.5Mbps.

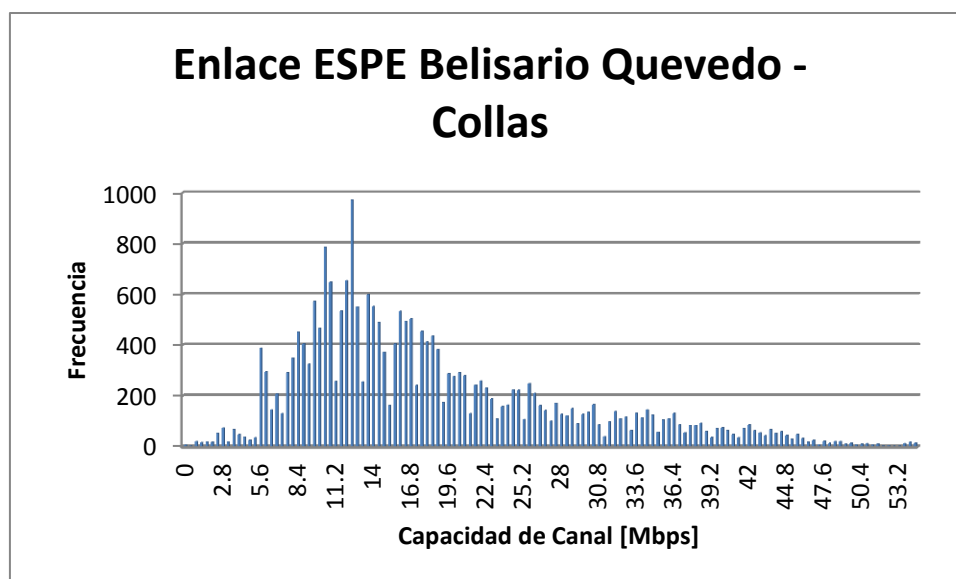


Figura 4.1.12 Enlace ESPE Belisario Quevedo- Collas 802.11n

En la figura 4.1.13 se observa el enlace Illuchi – Collas donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 11Mbps.

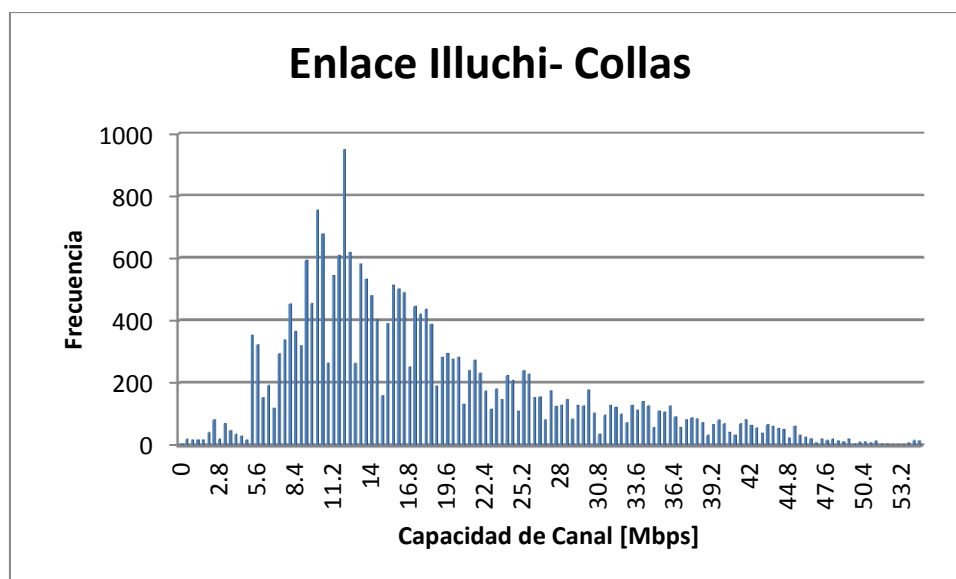


Figura 4.1.13 Enlace Illuchi- Collas 802.11n

En la figura 4.1.14 se observa el enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi donde se observa que la velocidad que con mayor frecuencia se repite se encuentra cerca de los 9Mbps

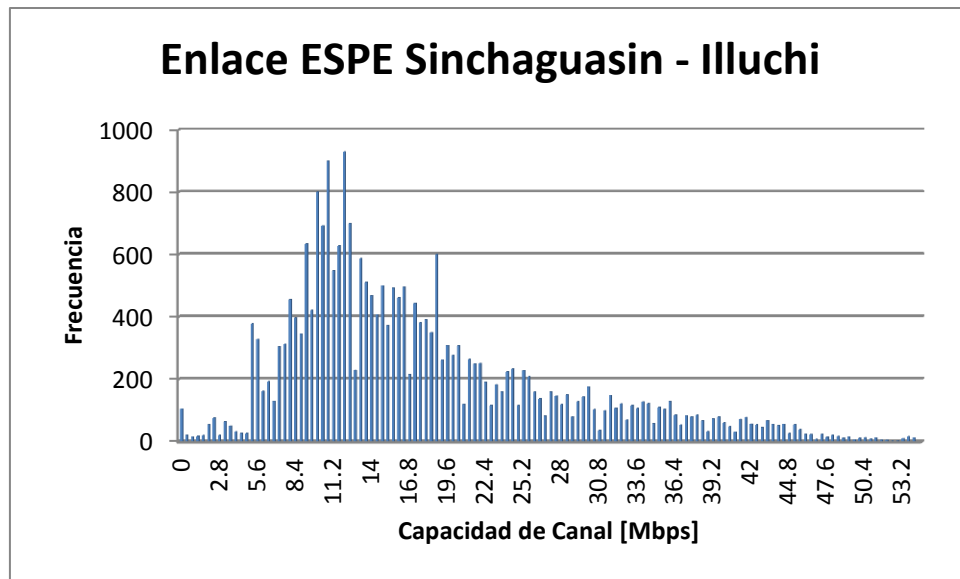


Figura 4.1.14 Enlace ESPE Sinchaguasin - Illuchi 802.11n

Como se puede apreciar existe una marcada mejora con el estándar 802.11n debido especialmente a sus mejoras en la modulación que se adaptan de mejor manera a este tipo de enlaces, además se puede anotar que esta frecuencia se encuentra poco utilizada por lo que no existen interferencias.

El comportamiento de los enlaces se pueden ver afectados por eventos climatológicos, como lluvias, neblina, granizadas y ventiscas, las cuales interfieren con los enlaces y desalinean las antenas.

4.2 Velocidad y dirección de viento

Con la información recopilada en las estaciones meteorológicas ubicadas en cada emplazamiento, se obtuvieron los siguientes resultados de dirección y velocidad del viento.

4.2.1 Collas

En el emplazamiento de Collas se determina que la velocidad promedio se encuentra cerca de los 4 m/s, velocidad relativamente baja para la colocación de un aerogenerador, pero se determina que hay valores picos que llegan hasta 24 m/s, como se muestra en la figura 4.2.1

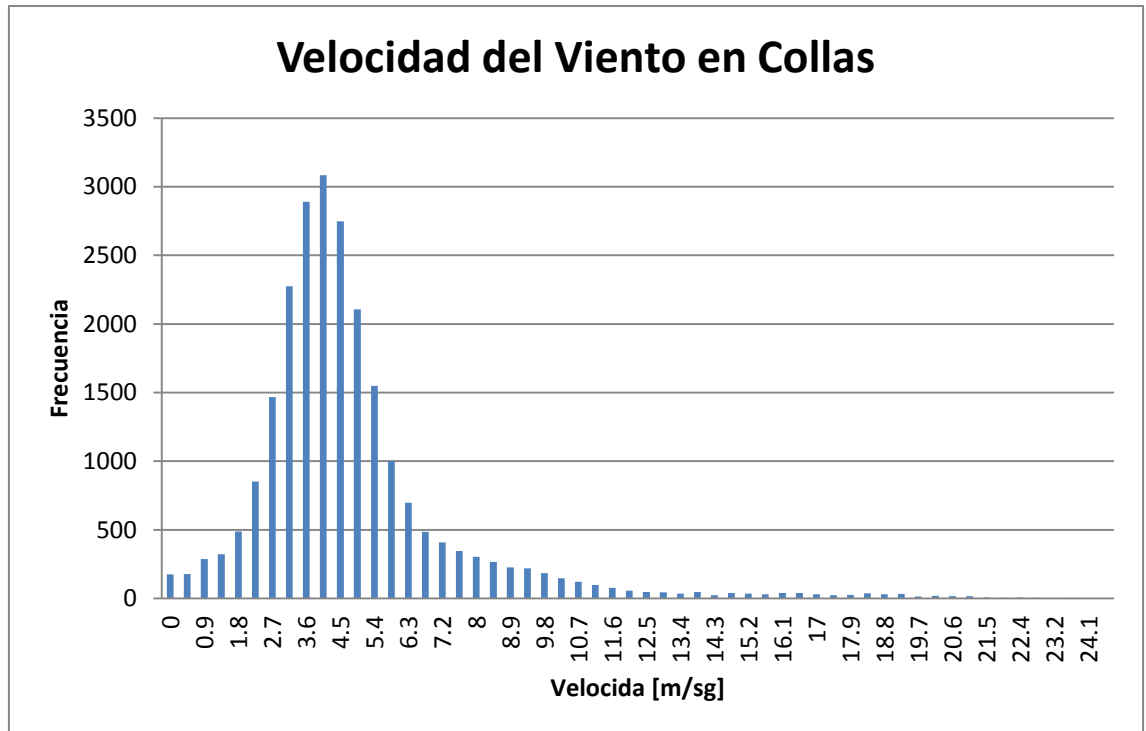


Figura 4.2.1 Velocidad del viento en Collas

En la figura 4.2.2 se mira la grafica de un día típico de viento en Collas dónde se determina las permutaciones existentes y la gran presencia de ráfagas de viento lo que no determina un flujo de aire constante.

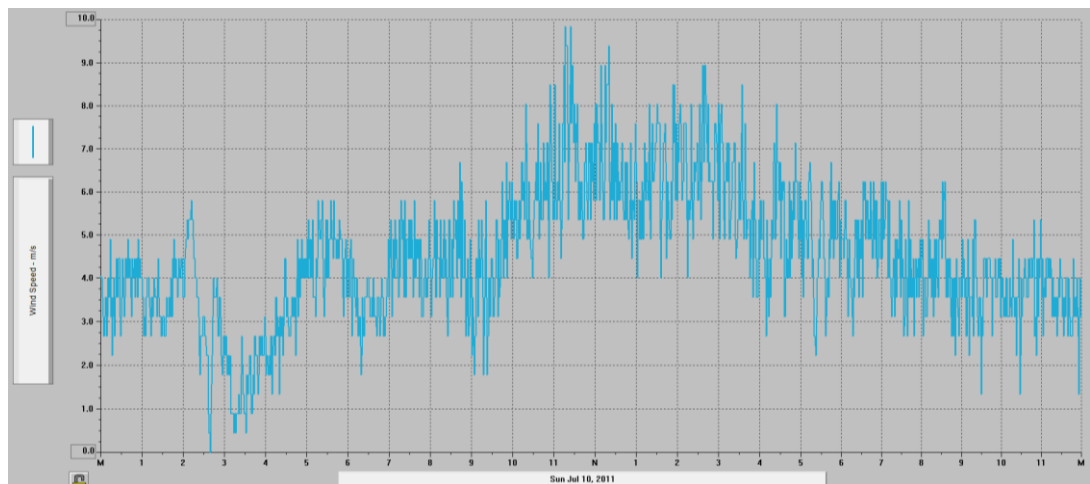


Figura 4.2.2 Velocidad del Viento respecto al Tiempo en Collas

Por otra parte en la figura 4.2.3 se determina que la dirección del viento se encuentra hacia el Sur teniendo poca variación hacia el Sur-Este, esto permite determinar que el flujo de aire proviene de una sola dirección.



Figura 4.2.3 Dirección del Viento Collas

4.2.2 Illuchi

En el emplazamiento de Illuchi se determina que la velocidad promedio se encuentra cerca de los 9 m/s, velocidad adecuada para la colocación de un aerogenerador, pero se determina que hay valores picos que llegan hasta 27 m/s, además valores muy repetidos que sobrepasan los 10m/s, lo que podría ocasionar daños a los equipos, en la figura 4.2.4 se observa el comportamiento del viento en este emplazamiento

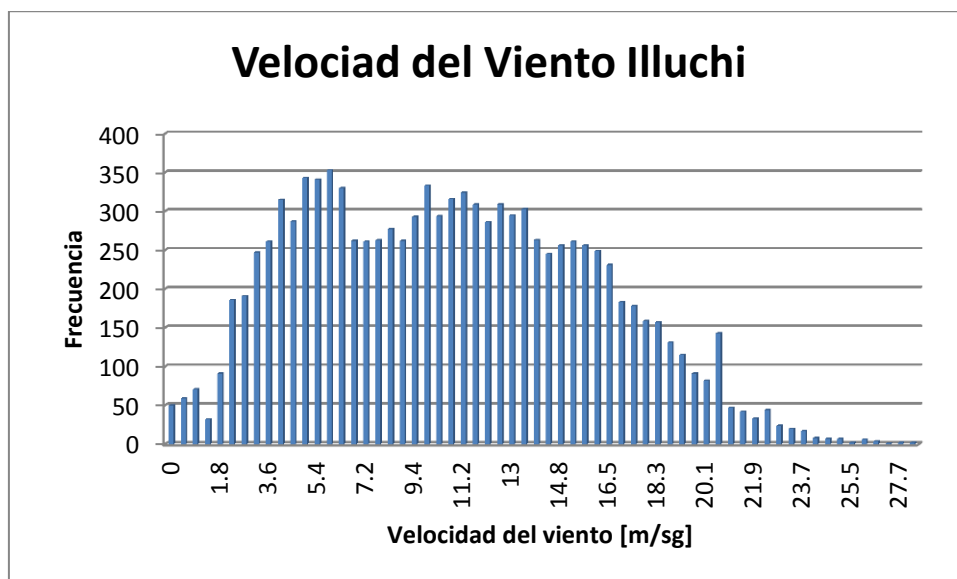


Figura 4.2.4 Velocidad del viento en Illuchi

En la figura 4.2.5 se mira la grafica de un día típico de viento en Illuchi

dónde se determina la presencia de varias ráfagas ocasionando la aparición de picos y valles muy marcados.

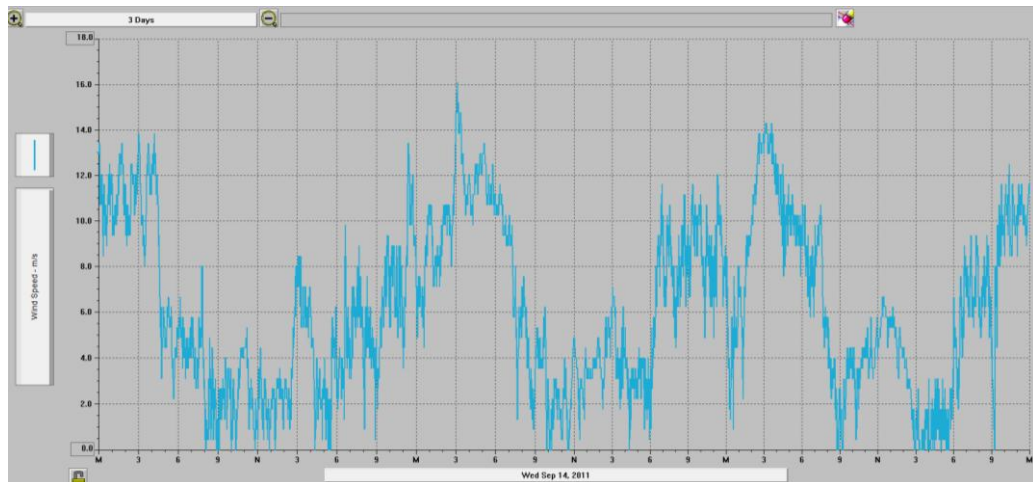


Figura 4.2.5 Velocidad del Viento respecto al Tiempo en Illuchi

Por otra parte en la figura 4.2.6 se determina que la dirección del viento se encuentra entre Sur-Este y Este. Marcando una dirección casi constante



Figura 4.2.6 Dirección del Viento Illuchi

4.2.3 ESPE Sinchaguasin

En el emplazamiento de ESPE Sinchaguasin se determina que la velocidad promedio se encuentra cerca de los 6 m/s, velocidad mínima para la colocación de un aerogenerador, pero se determina que hay valores picos que llegan hasta 29 m/s, como se observa en

la figura 4.2.7 se observa el comportamiento del viento en este emplazamiento

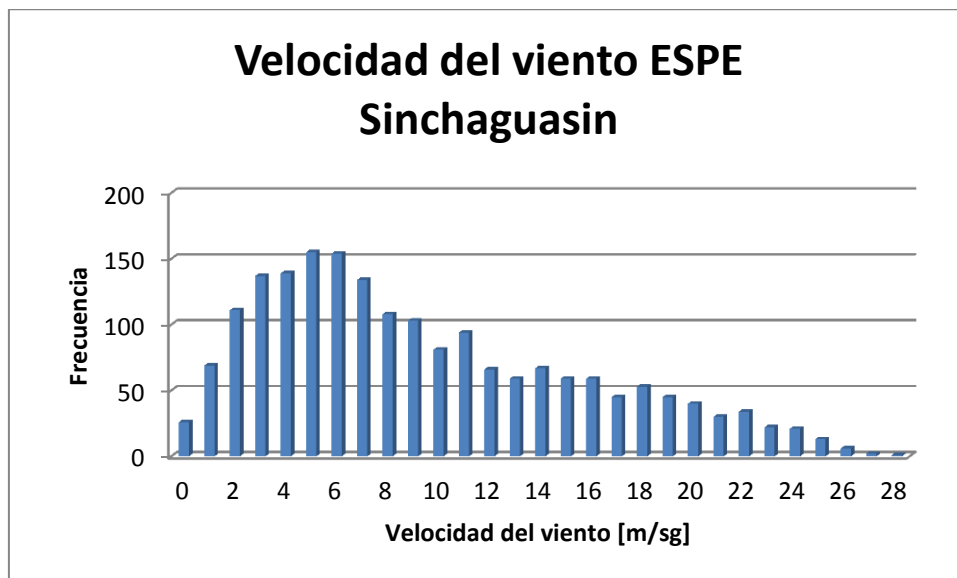


Figura 4.2.7 Velocidad del viento en ESPE Sinchaguasin

En la figura 4.2.8 se mira la grafica de un día típico de viento en ESPE Sinchaguasin dónde se determina la presencia de varias ráfagas ocasionando la aparición de picos y valles muy marcados.

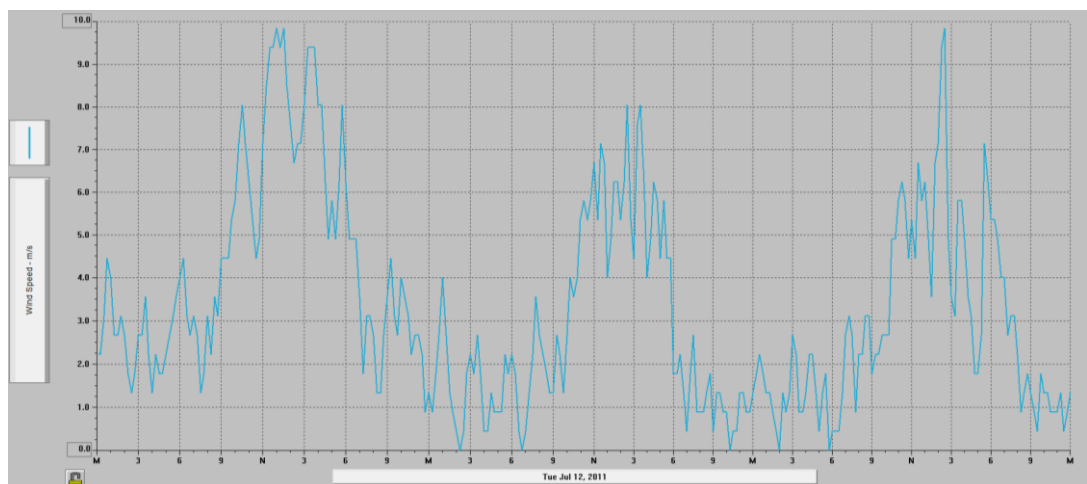


Figura 4.2.8 Velocidad del Viento respecto al Tiempo en ESPE Sinchaguasin

Por otra parte en la figura 4.2.9 se determina que la dirección del viento se encuentra entre Norte-Este y Este, pero existe una turbulencia en dirección Sur-Oeste la cual puede generar inconvenientes, al momento de instalar el aerogenerador

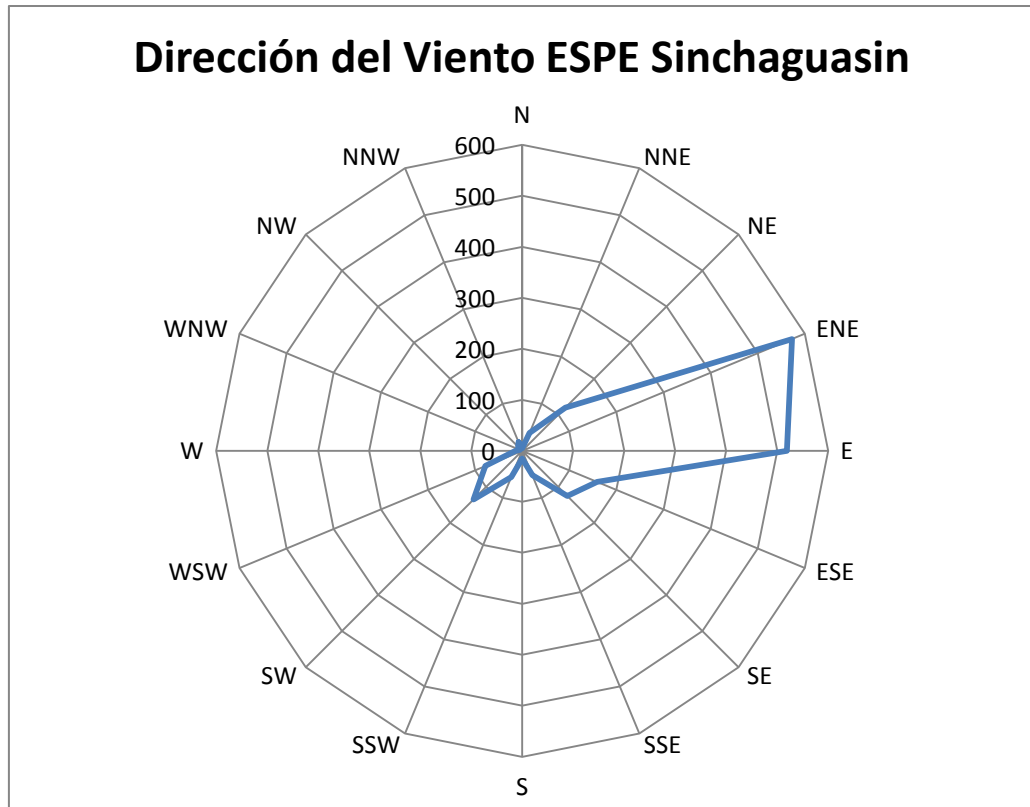


Figura 4.2.9 Dirección del Viento ESPE Sinchaguasin

4.2.4 ESPE Belisario Quevedo

En el emplazamiento de ESPE Belisario Quevedo se determina que la velocidad promedio se encuentra cerca de los 1 m/s, velocidad insuficiente para la colocación de un aerogenerador, pero se determina que hay valores picos que llegan hasta 9.5 m/s, como se observa en la figura 4.2.10 se observa el comportamiento del viento en este emplazamiento

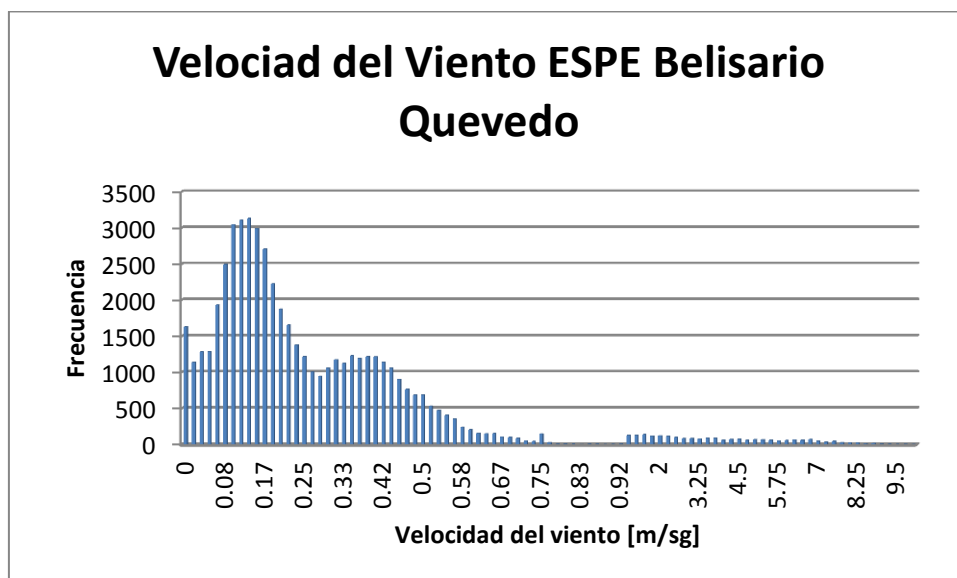


Figura 4.2.10 Velocidad del viento en ESPE Belisario Quevedo

En la figura 4.2.11 se mira la grafica de un día típico de viento en ESPE Belisario Quevedo dónde se determina la presencia de varias turbulencias y la presencia de escasos picos

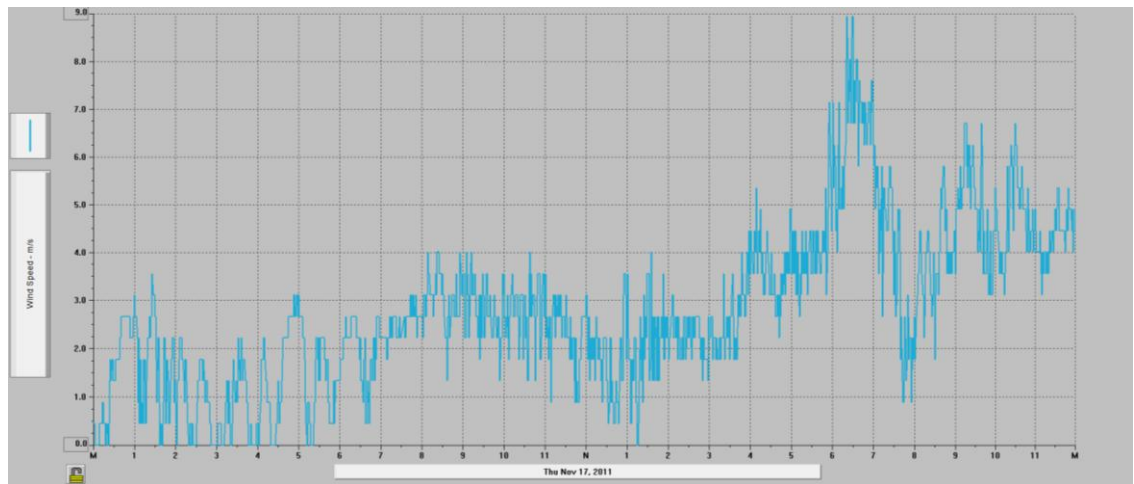


Figura 4.2.11 Velocidad del Viento respecto al Tiempo en ESPE Belisario Quevedo

Por otra parte en la figura 4.2.12 se determina que la dirección del viento se encuentra entre Sur-Este y Este,

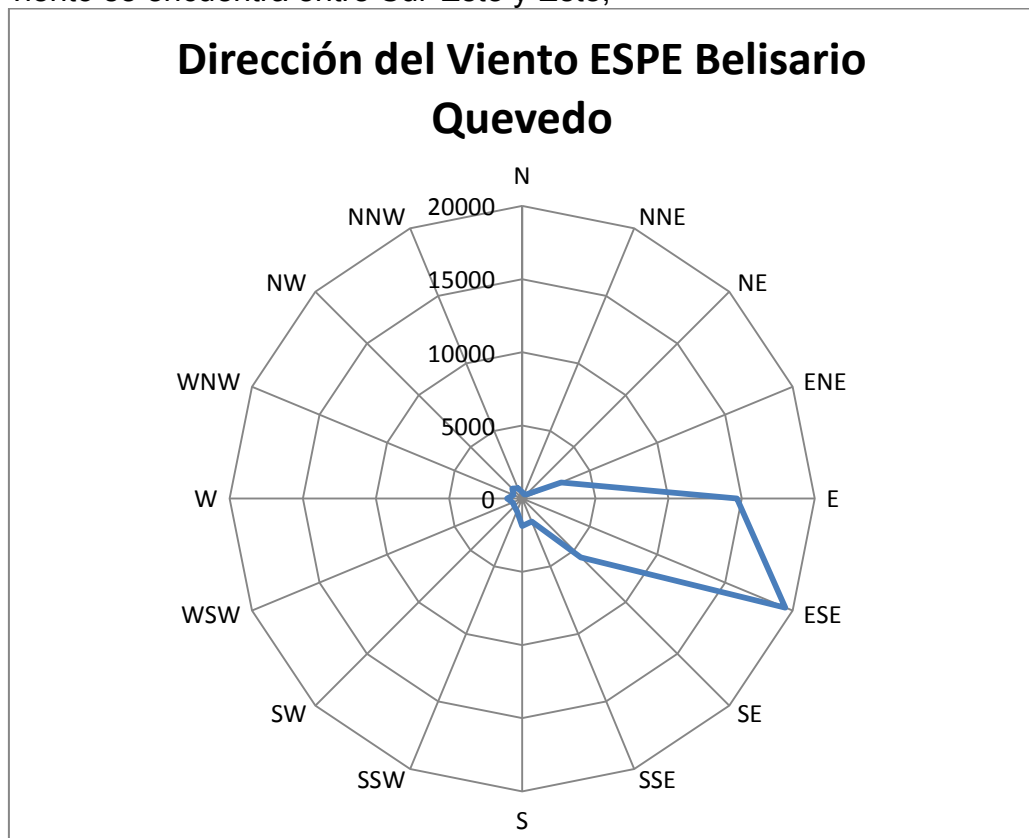


Figura 4.2.12 Dirección del Viento ESPE Belisario Quevedo

4.3 Radiación Solar

Otro de los parámetros que tiene gran relevancia es la radiación solar,

por la necesidad de instalar centrales fotovoltaicas, con el fin de brindar servicio eléctrico a diferentes instalaciones de la ESPE,(Campus Belisario Quevedo y Hostería Sinchaguasin), como a comunidades rurales; con las medidas tomadas, se obtuvieron los siguientes resultados en cada emplazamiento.

4.3.1 Collas

En el emplazamiento de Collas se determina una radiación que se mantiene estable entre los 200 y 400 w/m², entre las 6am a 6 pm, picos de hasta 1248 w/m², en horas del medio día, en la figura 4.3.1 se observa como se encuentra la distribución de frecuencia de la radiación solar.

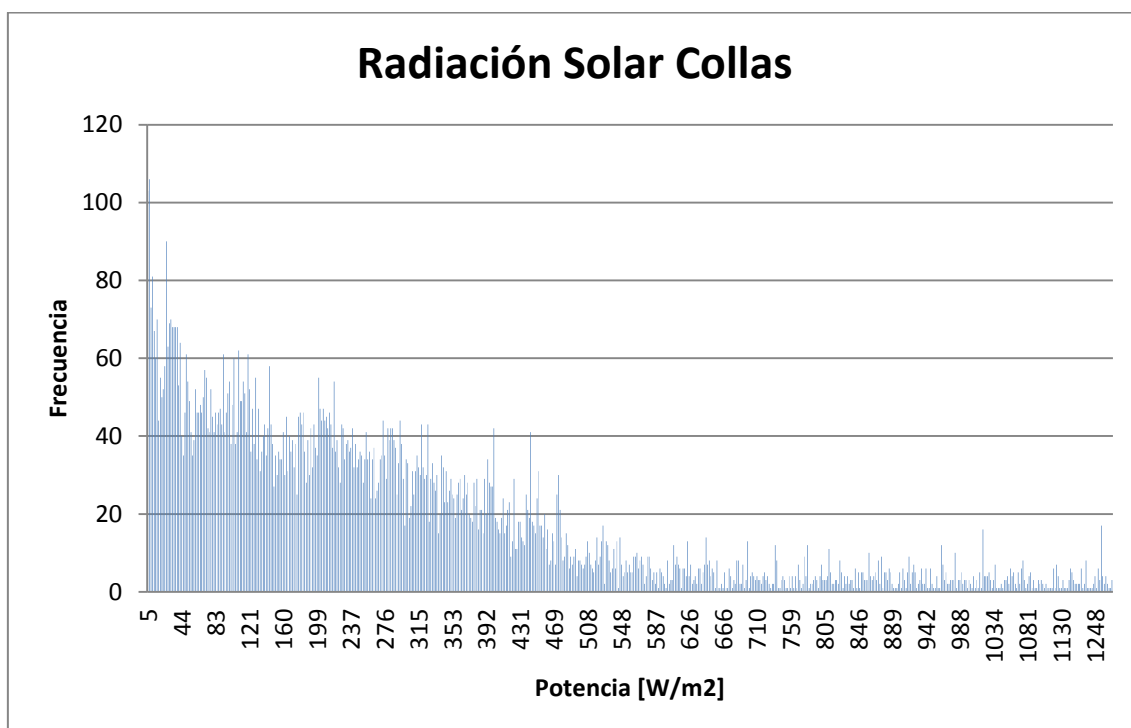


Figura 4.3.1 radiación Solar en Collas

En la figura 4.3.2 se observa un día tipos de radiación solar en Collas determinando que la hora de amanecer y anochecer, además de las horas pico de radiación.

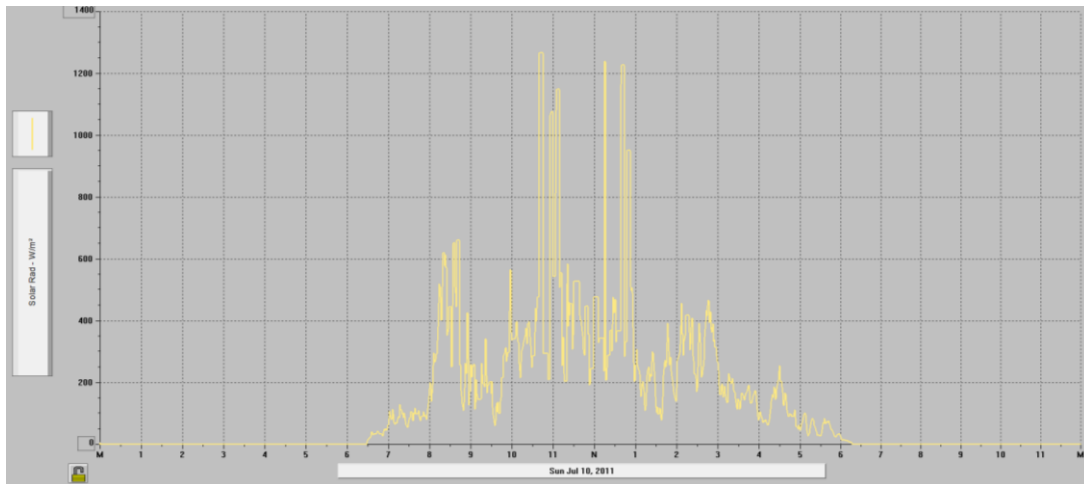


Figura 4.3.2 Radiación solar en Collas

4.3.2 Illuchi

En el emplazamiento de Illuchi se determina una radiación que se mantiene estable entre los 150 y 350 w/m², entre las 6am a 6 pm, picos de hasta 1400 w/m², en horas del medio día, en la figura 4.3.3 se observa como se encuentra la distribución de frecuencia de la radiación solar.

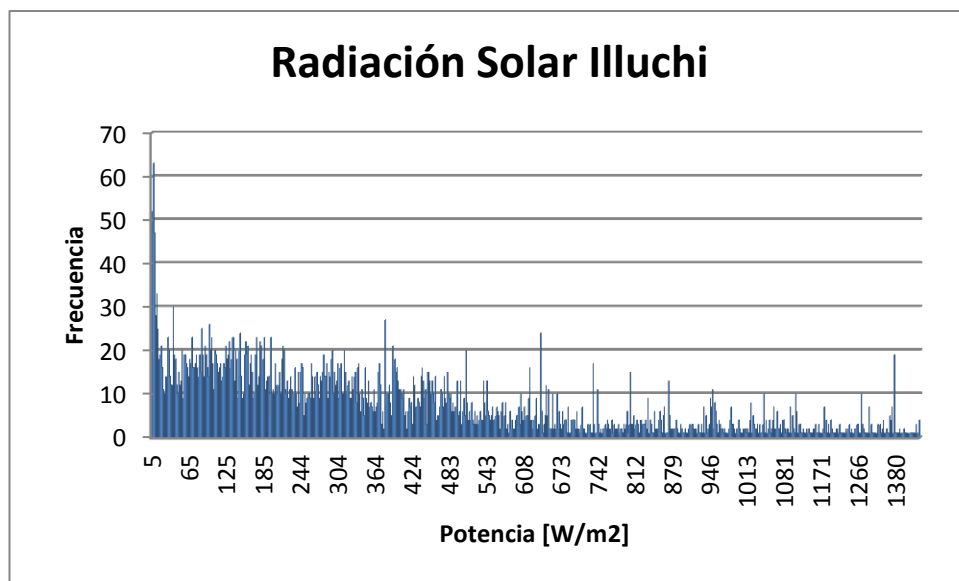


Figura 4.3.3 radiación Solar en Illuchi

En la figura 4.3.4 se observa un día tipos de radiación solar en Illuchi determinando que la hora de amanecer y anochecer, además de las horas pico de radiación.

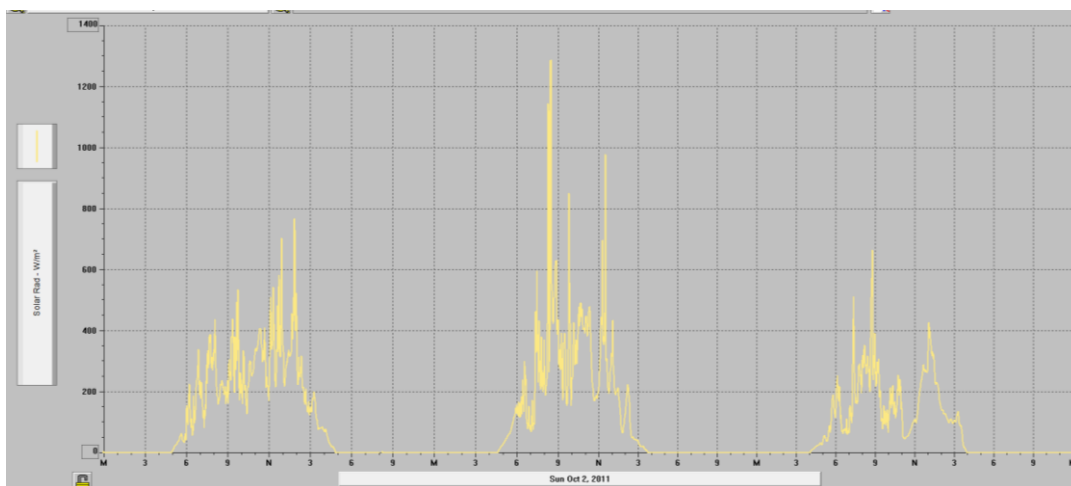


Figura 4.3.4 Radiación solar en Illuchi

4.3.3 ESPE Sinchaguasin

En el emplazamiento de ESPE Sinchaguasin se determina una radiación que se mantiene estable entre los 150 y 500 w/m², entre las 6am a 6 pm, picos de hasta 1400 w/m², en horas del medio día, en la figura 4.3.5 se observa como se encuentra la distribución de frecuencia de la radiación solar.

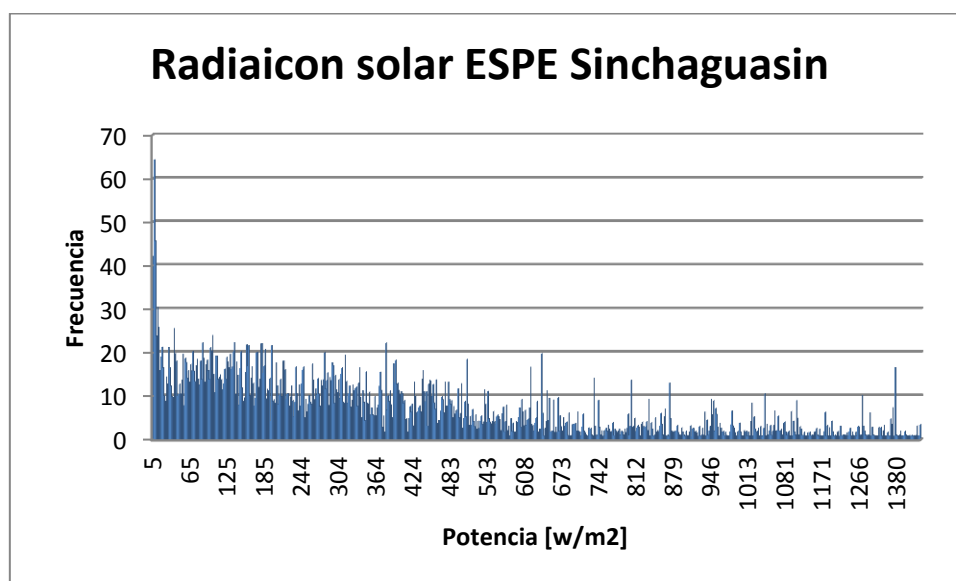


Figura 4.3.5 radiación Solar en ESPE Sinchaguasin

En la figura 4.3.6 se observa un día tipos de radiación solar en Illuchi determinando que la hora de amanecer y anochecer, además de las horas pico de radiación.

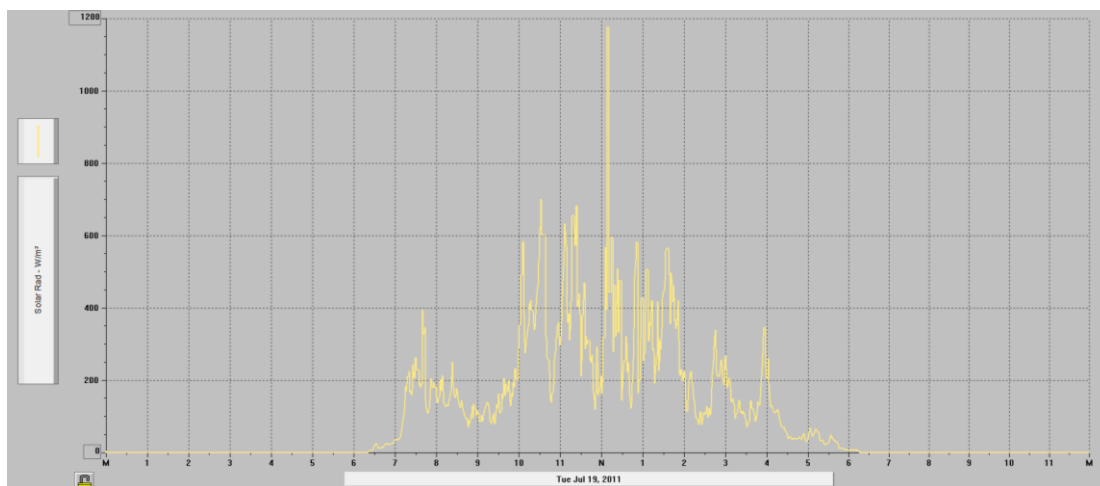


Figura 4.3.6 Radiación solar en ESPE Sinchaguasin

4.3.4 ESPE Sinchaguasin

En el emplazamiento de ESPE Belisario Quevedo se determina una radiación que se mantiene estable entre los 250 y 500 w/m², entre las 6am a 6 pm, picos de hasta 1250 w/m², en horas del medio día, en la figura 4.3.7 se observa como se encuentra la distribución de frecuencia de la radiación solar.

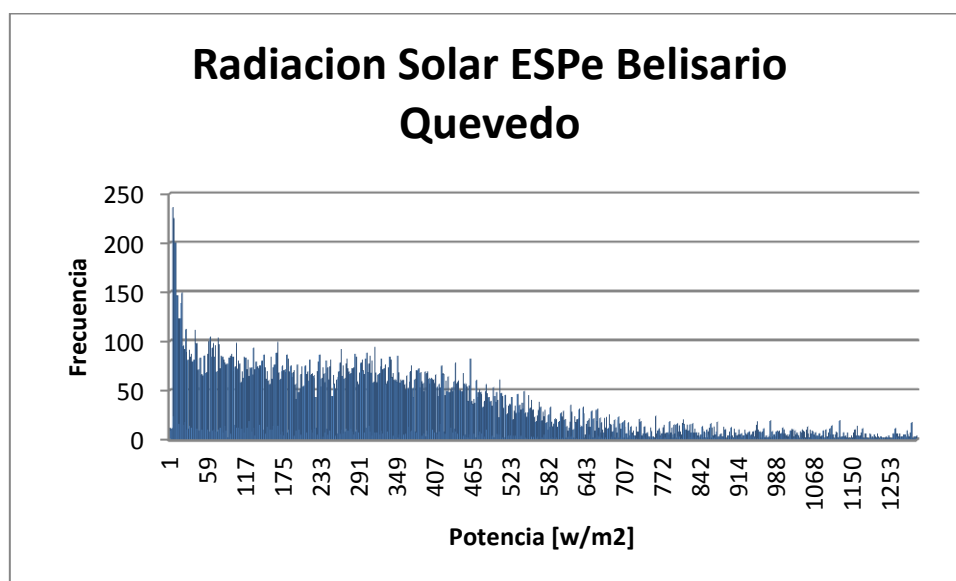


Figura 4.3.7 Radiación Solar en ESPE Belisario Quevedo

En la figura 4.3.8 se observa un día tipos de radiación solar en ESPE Belisario Quevedo determinando que la hora de amanecer y anochecer, además de las horas pico de radiación.

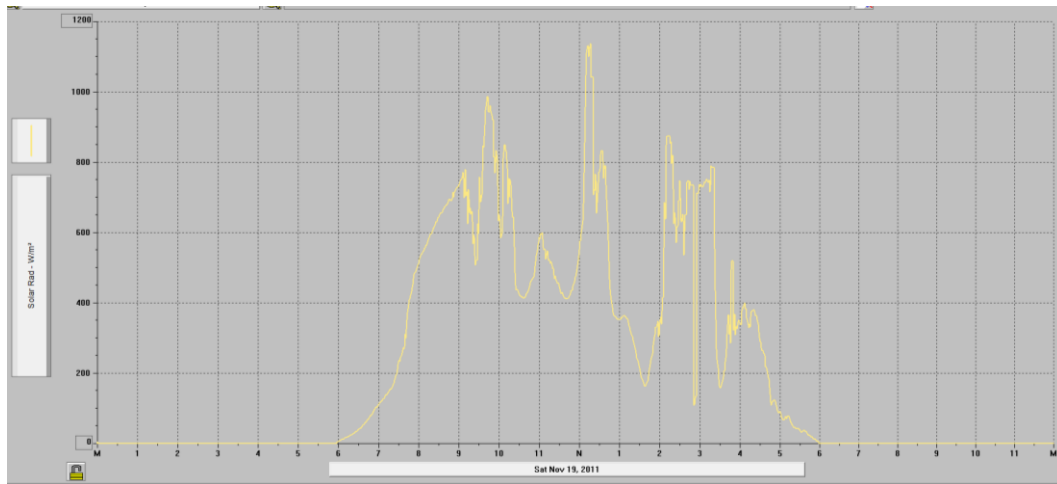


Figura 4.3.8 Radiación solar en ESPE Belisario Quevedo

Con los valores obtenidos de radiación solar es factible la instalación de una central fotovoltaica en especial en ESPE Belisario Quevedo, lugar donde se podrán realizar estudios sobre este tipo de energías; un dato que llama mucho a la atención es la presencia de picos que superan los 1300 w/m², valores que se deben tomar en cuenta para el diseño de nuevos paneles solares para que operen a estas potencias y no se saturen, además de mejorar su eficiencia.

CAPITULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones.

Del presente trabajo se han podido obtener las siguientes conclusiones:

- El espectro de radioeléctrico, en frecuencia de 2.4GHz, se encuentra saturado en la ciudad de Latacunga, por la presencia de varias redes dentro de la zona urbana.
- El espectro de radioeléctrico, en frecuencia de 5GHz, se encuentra despejado en la ciudad de Latacunga.
- Hay pocos enlaces Wi Fi en las zonas rurales, se puede anotar que se encuentra con una buena cobertura de telefonía celular.
- El desarrollo de redes de datos en la provincia de Cotopaxi, es bajo, pues el índice de penetración de internet en zonas rurales es inferior al 15%, esto se debe a la poca inversión de organismos gubernamentales en esta área de las comunicaciones.
- En la actualidad se encuentran el CONATEL por medio del proyecto FODETEL, se encuentra ampliando las redes de telecomunicaciones en zonas rurales, por lo que esta experiencia de enlaces de larga distancia coloca a la ESPE como pionera en este tipo de proyectos en la zona centro del Ecuador.
- La estabilidad de los enlaces es muy notoria, pero el rendimiento del estándar 802.11 n supera a su predecesores, llegando a tener velocidades pico 54Mbps, en condiciones climatológicas optimas.
- Debido a la variación de las condiciones climatológicas teniendo en un solo día, condiciones de cielo despejado y en pocas horas lluvia, neblina o granizo, lo cual origina interferencias en el radio enlace, generando de esta manera reducción en la velocidad del canal.
- La potencia de los radios se lo dejo en el 50% debido a que uno de los enlaces se encuentra cerca del aeropuerto de la ciudad, por lo que se podrían generar interferencias.
- Por los fuertes vientos las antenas tienden a moverse, por lo que hay que alinearlas frecuentemente.
- Las mediciones de variables climatológicas han abierto un amplio campo de áreas de investigación.
- El comportamiento del viento en la mayora de emplazamientos tiende a tener velocidades relativamente bajas, pero con la presencia de picos altos, por lo que se tiene la presencia del fenómeno conocido como ráfaga, lo que no es nada mas que un fuerte viento por unos pocos segundos o minutos; el diseño de aerogeneradores se recomienda flujos de aire constantes, pues la aparición de estas aceleraciones repentinas hacen que los aerogeneradores se desconecten por sobre velocidad, desaprovechando de esta manera la energía proveniente de este fenómeno.

- En general el comportamiento de la dirección del viento en todos los emplazamientos es constante, teniendo una mayor probabilidad de apareamiento en un rango menor a 45° .
- La radiación solar también es una variable a ser considerada, la misma que presenta un promedio de 600 w/m^2 , además de una constante entre el amanecer y el crepúsculo de 12 horas (6 am a 6 pm); a demás se debe considerar que en horas de medio día, pueden existir picos que superen los 1300 w/m^2 , a estos valores los semiconductores que conforman el panel solar salen de su zona normal de operación, ya que están diseñados a trabajar con potencias no mayores a 1000 w/m^2 ; por lo que se debería investigar nuevos materiales que funciones de manera eficiente bajo estas características.
- Debido a estos 2 fenómenos que de han detectado, en conjunto con el INAMHI, se a trabajado en el desarrollo de un nuevo datalogger de propósito general, al cual se puedan conectar varios sensores climatológicos y poder realizar un registro con frecuencias de muestreo cercanas al milisegundos, esto servirá para determinar de mejor manera el comportamiento de la ráfaga de viento, y los picos de radiación solar.
- La radiación Ultra Violeta (UV), al se determina que tienes valores bastante altos, y en cierto modo, peligrosos para el ser humano, ya que se encuentran en promedio en valores superiores a la media recomendada.

5.2 Recomendaciones.

Al concluir el presente trabajo se recomienda:

- La utilización de la banda de 5GHz, para evitar interferencias y garantizar un enlace optimo.
- El mantenimiento de los equipos se lo deber realizar de manera periodo, y debe incluir el alineamiento de antenas, limpieza de gabinetes entre otros.
- Presentar al FODETEL proyectos de redes en zonas rurales de la provincia de Cotopaxi, con la finalidad de obtener financiamiento correspondiente.
- Realizar un estudio mas detallado de la relación de las condiciones climatológicas con respecto a la velocidad del enlace 802.11 b/g/n .
- Rediseñar el sistema de control del aerogenerador, para que trabaje bajo las condiciones de ráfagas de viento, optimizando la energía recibida.
- Rediseñar el sistema de generación eólica para adaptarlo a las condiciones encontradas en el Ecuador.
- Desarrollar investigaciones en el área de materiales semiconductores, con la finalidad de mejorar la operación de los paneles solares expuestos a potencias superiores a 1000 w/m^2 .
- Realizar un estudio en el que se relaciones las enfermedades de la piel con respecto a la radiación UV en el Ecuador.

5.3 Proyectos relacionados y generados.

De a implementación de este proyecto se han desprendido nuevos planes los cuales se describen a continuación:

- Desarrollo de un datalogger de propósito general, proyecto desarrollado en conjunto entre la ESPE y el INAMHI, tesis de grado de ingeniería.
- Desarrollo de un datalogger de propósito general con comunicación Ethernet basado en tecnológica Arduino, desarrollado por la ESPE, tesis de grado de ingeniería.
- Telecentro ubicado en fundación Wiracocha, se dota de internet a la población de Collas, a este centro acceden estudiantes primaria y secundaria, el servicio es gratuito.
- Planificación de redes de banda para las poblaciones de Saquisilí, Juigua, entre otras; en coordinación con el MINTEL (Ministerio de Telecomunicaciones).
- Planificación de una red de estaciones meteorológicas, para las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, en coordinación con la ESPE, Universidad Técnica de Ambato (UTA) y Escuela Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), se planifica la instalación de 50 estaciones con comunicación, wifi, wimax, gprs y RF, con el fin de desarrollar el mapa de potenciales energéticos de la zona centro del Ecuador.
- Coordinación con la Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnológica, para el desarrollo del Mapa de Potenciales Energéticos Renovables del Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA.

- Hesham El-Sayed, Sherali Zeadally, Mohamed Boulmalf, “Experimental Evaluation and Characterization of Long-Distance 802.11g Links”, Experimental Evaluation and Characterization of Long-Distance 802.11g Links, 2008
- Francisco Javier Simó Reigadas, Andrés Martínez-Fernández, Francisco Javier Ramos López, and Joaquín Seoane Pascual, “Modeling and Optimizing IEEE 802.11 DCF for Long-Distance Links”, IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, VOL. 9, NO. 6, JUNE 2010
- Masaaki Tanaka*, Daisuke Umehara+, and Masahiro Morikura, “New Throughput Analysis of Long-Distance IEEE 802.11 Wireless Communication System for Smart Grid”, Communication Networks for Smart Grid (IEEE SmartGridComm), 2011
- <http://www.conelec.gov.ec/>
- <http://www.siise.gov.ec>
- http://www.siise.gov.ec/UltimosIndicadores/ULTIMOS_INDICADORES2006-2009.pdf
- <http://www.conelec.gov.ec/images/documentos/PME0920CAP2.pdf>
- <http://www.inec.gov.ec/web/guest/inicio>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Central_termoel%C3%A9ctrica
- <http://www.dforceblog.com/2008/07/02/que-es-energia-solar/>
- http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/80bib_arch.pdf
- http://www.lexadin.nl/wlg/legis/nofr/oeur/arch/ecu/Ley_Teleco_reforma.pdf
- http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=100:reglamento-de-radiocomunicaciones&catid=48:normas-del-sector&Itemid=103
- http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1352
- http://www.espe.edu.ec/portal/files/sitiocongreso/congreso/c_electronica/Articulo_cabrera_olmedo_leon.pdf
- http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/17_Enlaces-Larga-Distancia/17_es_enlaces-larga-distancia_guia_v01.pdf
- http://wiki.ubnt.com/AirOS_5_Spanish#Utilidad_de_alinear_antena
- <http://www.semken.com/projekte/index.html>
- <http://www.grid.unina.it/software/ITG/index.php>

APÉNDICES



Servicio de internet para la comunidad de Collas instalaciones de la fundación Wiracocha.



Estación Collas – Fundación Wiracocha.



Configuración de estaciones.



Instalación de estación meteorológica



Instalación de estación meteorológica

Fragmento de base de datos

Date	Solar Time	Temp Hi Solar Out	Hi UV Temp Index	Low UV Temp Dose	Out Hi Hum UV	Dew Heat Pt. D-D	Wind Cool Speed D-D	Wind In Dir Temp	Wind In Run Hum	Hi In Speed Dew	Hi In Dir Heat	Wind In Chill EMC	Heat In Air Index Density	THW Index ET	THSW Wind Index Samp	Wind Bar Tx	ISS Rain Recept	Rain Arc. Rate Int.	Solar Rad.
09/07/11	17:14	7.3	7.3	7.3	96	6.7	4.5	SSE	0.27	5.4	SSE	4.2	7.4	4.3	---	1012.2	0.00	0.0	56
	0.08	56	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.6	59	2.9	10.1	10.95	1.2343	0.00	23	1	100.0	1
09/07/11	17:15	7.3	7.3	7.3	96	6.7	4.0	SSE	0.24	4.9	S	4.5	7.4	4.6	---	1012.1	0.00	0.0	60
	0.09	60	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.6	59	2.9	10.1	10.95	1.2342	0.00	24	1	100.0	1
09/07/11	17:16	7.3	7.3	7.3	96	6.7	4.5	SSE	0.27	5.8	SE	4.2	7.4	4.3	---	1012.2	0.00	0.0	63
	0.09	63	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.5	59	2.8	10.0	10.95	1.2346	0.00	23	1	100.0	1
09/07/11	17:17	7.3	7.3	7.3	96	6.7	4.5	SSE	0.27	5.4	SSE	4.2	7.4	4.3	---	1012.1	0.00	0.0	60
	0.09	60	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.5	59	2.8	10.0	10.95	1.2345	0.00	24	1	100.0	1
09/07/11	17:18	7.3	7.3	7.3	96	6.7	3.6	SSE	0.21	4.5	SE	4.8	7.4	4.9	---	1012.2	0.00	0.0	60
	0.09	62	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.5	59	2.8	10.0	10.95	1.2346	0.00	23	1	100.0	1
09/07/11	17:19	7.3	7.3	7.3	96	6.7	4.0	SSE	0.24	4.9	S	4.5	7.4	4.6	---	1012.3	0.00	0.0	65
	0.09	65	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.5	59	2.8	10.0	10.95	1.2347	0.00	24	1	100.0	1
09/07/11	17:20	7.3	7.3	7.3	96	6.7	3.1	SSE	0.19	4.5	SSE	5.2	7.4	5.3	---	1012.2	0.00	0.0	58
	0.08	58	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.4	59	2.7	9.9	10.95	1.2351	0.00	23	1	100.0	1
09/07/11	17:21	7.3	7.3	7.3	96	6.7	4.5	SE	0.27	5.8	SE	4.2	7.4	4.3	---	1012.3	0.00	0.0	51
	0.07	51	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.4	59	2.7	9.9	10.95	1.2352	0.00	23	1	100.0	1
09/07/11	17:22	7.3	7.3	7.3	96	6.7	4.0	SE	0.24	4.5	SSE	4.5	7.4	4.6	---	1012.2	0.00	0.0	44
	0.06	44	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.4	59	2.7	9.9	10.95	1.2351	0.00	24	1	100.0	1
09/07/11	17:23	7.3	7.3	7.3	96	6.7	3.6	SE	0.21	4.5	SE	4.8	7.4	4.9	---	1012.3	0.00	0.0	39
	0.06	39	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.4	59	2.7	9.9	10.95	1.2352	0.00	23	1	100.0	1
09/07/11	17:24	7.3	7.3	7.3	96	6.7	3.1	SSE	0.19	4.0	SE	5.2	7.4	5.3	---	1012.3	0.00	0.0	38
	0.05	39	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.4	59	2.7	9.9	10.95	1.2352	0.00	24	1	100.0	1
09/07/11	17:25	7.3	7.3	7.3	95	6.5	4.0	SSE	0.24	4.9	SE	4.5	7.4	4.6	---	1012.2	0.00	0.0	40
	0.06	40	0.0	0.00	0.0	0.008	0.000		10.4	59	2.7	9.9	10.95	1.2352	0.00	23	1	100.0	1