



ABSTRACT

This work describes a wireless solution to access the internet in order to use WI-FI, in several places in the town-called Chordeleg as it's urban as rural areas from a practical point of view to acquire the art, theoretical background, and then the technical solutions toward the satellite transmission design.

Chapter I describes WI-FI technology and its different standards which exist in the market furthermore all about safety on a wireless environment that fosters WI-FI

Chapter II points out an analysis about internal network constitions into the Municipality of Chordeleg so that we could offer options by enhancing it over the time.

Chapter III shows an analysis about external network into the I. Municipality of Chordeleg taking into account what kinds of equipments are going to be used (radios, software, antennas), it's topology and how these ones are going to interact between them for offering an options service.

Chapter IV presents a simulated focus and a program called "Radio Mobile" which will allow us to guarantee the calculation done in a manual way.

Finally, **chapters V and VI** describe briefly conclusions and recommendations about network design; also it shows the annexes including different calculations that were achieved in this work.



INDICE GENERAL

ABSTRACT	1
INTRODUCCIÓN.	10
Antecedentes.....	10
Estado del Arte.....	11
Realidad mundial.	11
Situación en el Ecuador.....	12
Descripción del problema y/o necesidad.	12
Problemas a ser resueltos.....	12
Necesidades a ser satisfechas.....	13
Justificación del proyecto de tesis.....	13
Beneficios para el Usuario.	14
Beneficios para el estudiante.....	14
Objetivos de la tesis de grado.	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
Objetivos Principales.....	14
Objetivos Secundarios.....	15
Alcance del Proyecto.....	15
Método de Trabajo.....	15
CAPITULO I.....	16
REDES WI-FI.....	16
Introducción de redes WI-FI.....	16
Historia.....	17
1.1 Transmisión inalámbrica.....	18
1.2 Radio Transmisión.....	19
1.3 Transmisión por Microondas.....	19
1.4 Ondas Infrarrojas.....	20
1.5 Transmisión por Ondas de Luz.....	20
1.6 Nuevas Tecnologías.....	21
1.7 Estándares existentes.....	23
Seguridad.....	27
Problemas concretos de Seguridad en WI-FI.....	28
Medidas de Seguridad en WI-FI.....	32
1.8 Encriptación WEP.....	34
1.9 Encriptación WPA.....	35
1.10 Encriptación WPA2.....	36
1.11 Dispositivos.....	37
1.12 Ventajas y Desventajas de las Redes WLAN.....	37
CAPITULO II.....	40
ANÁLISIS Y DESARROLLO DE LA RED INTERNA DE LA I. MUNICIPALIDAD.....	40
.....	40
2.1 Antecedentes.....	40



2.2	Objetivos.....	40
2.3	Análisis de la red interna actual.....	41
2.3.1.	Análisis del medio de transmisión a ser usado.....	42
2.3.2.	Elementos de la infraestructura de la red.....	44
2.4.	Diseño de la red.....	44
2.4.1.	Permitir la generación de archivos LOG. (Registro de eventos).....	45
2.4.2.	Control de acceso a la red interna.....	45
2.4.3.	Implementación de VLANs.....	46
2.4.4.	Priorización del tráfico.....	47
2.4.5.	Control de acceso a la Internet (servidor RADIUS).....	48
2.4.6.	Restricción de páginas no deseadas (pornografía).....	48
2.5	Sistema Operativo a utilizar en la I. Municipalidad.....	48
2.6	Información técnica general.....	50
2.7	Especificaciones técnicas:.....	51
2.7.1	Acerca de los servidores Proxy (Squid).....	51
2.7.2	Servidor Radius.....	52
2.7.3	Tarjetas de red.....	53
2.8	Cálculo del ancho de banda necesario.....	54
2.9	Ancho de banda.....	58
2.9.1	EL ANCHO DE BANDA TEÓRICO.....	58
2.9.2	EI ANCHO DE BANDA REAL Ó TASA EFECTIVA.....	59
2.9.3	Dimensionamiento de la red.....	59
2.9.4	Método Lineal de aproximación de mínimos cuadrados.....	59
2.9.5	Utilización del método lineal de estimación de mínimos cuadrados aplicando al proyecto.....	60
2.9.6	Coeficiente de correlación lineal muestral de Pearson (r).....	63
2.9.7.	Dimensionamiento de la red. tráfico VoIP.....	64
2.10	Topología de la red Interna de la I. Municipalidad.....	70
2.11	Administración de la red.....	71
CAPITULO III.....		71
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA RED EXTERNA DE LA I. MUNICIPALIDAD.....		71
3.1	Antecedentes.....	71
3.2	Objetivos.....	72
3.3	Análisis de la red Externa.....	73
3.4	Análisis de mercado.....	76
3.5	Información técnica general.....	80
3.5.1	TELETRONIC.....	81
3.6	SOLUCIÓN:.....	82
3.6.1	Enrutador inalámbrico.....	84
3.6.2	Antenas.....	84
3.6.3	Cables y Conectores.....	85
3.6.4	Repetidores.....	86
3.6.5	Torres.....	87
3.6.6	Consideraciones de seguridad al armar una torre.....	89



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED DE BANDA ANCHA
INALÁMBRICA EN EL CANTÓN CHORDELEG USANDO TECNOLOGÍA DE ACCESO WI-FI EN
DISTINTOS PUNTOS DEL CANTÓN Y DENTRO DE LA I. MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG**

3.6.7	Instalación de antenas	90
3.7	Sistema Integral de Protección Eléctrica	91
3.7.1	Capturar la descarga atmosférica.....	91
3.7.2	Derivar el rayo hacia tierra en forma segura	92
3.7.3	Disipar la energía a tierra.....	92
3.8	Recomendaciones para el Sistema Integral de Protección	92
3.9	Ancho de banda necesario.	94
3.10	Topología de la red externa de la I. Municipalidad.....	95
3.11	Determinación de los parámetros de los equipos.	100
3.11.1	Cálculo de pérdida por trayectoria en el espacio libre.....	101
3.11.2	Cálculo de margen de desvanecimiento	101
3.11.3	CALCULO ZONA DE FRESNEL	106
3.12	Administración de la red.	111
3.13	Unidades de Respaldo de Energía.....	111
3.14	Análisis Económico.....	112
3.15	Viabilidad técnica del proyecto.	114
3.16	Viabilidad financiera del proyecto.	114
CAPITULO IV		115
SIMULACIÓN		115
4.1	Objetivos.....	115
4.2	Simulación.....	115
CAPITULO V.....		130
CONCLUSIONES.....		130
RECOMENDACIONES:		131
BIBLIOGRAFIA		132
CAPITULO VI		133
ANEXOS.....		133
ANEXO A.....		133
ANEXO B.....		135



UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA
Maestría en Telemática

“ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED DE
BANDA ANCHA INALÁMBRICA EN EL CANTÓN CHORDELEG USANDO
TECNOLOGÍA DE ACCESO WI-FI EN DISTINTOS PUNTOS DEL CANTÓN Y
DENTRO DE LA I. MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG”

***Proyecto de Tesis previa a la obtención
Del Título de Magíster en Telemática.***

Director: Ing. Elec. Walter Orozco

Autor:

Ing. Informático, Vázquez Peralta Santiago Martín



Cuenca – Ecuador

Certifico que esta tesis de grado ha sido realizada bajo mi dirección satisfactoriamente.

Ing. Eléctrico Walter Orozco.



Los conceptos incluidos en esta tesis de grado son de absoluta responsabilidad del autor.

Ing. Informático Santiago Vázquez



AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Cuenca, especialmente a los profesores, a mi director de tesis y a todos los que apoyaron la culminación de esta tesis



DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo a mi familia por estar siempre apoyándome en cumplir mis objetivos, especialmente a mi esposa Susana, mis hijas Ma. Elena y Ma. Verónica.

Y a Dios por, bendecirme en todos los proyectos que hago.



“ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED DE BANDA ANCHA INALÁMBRICA EN EL CANTÓN CHORDELEG USANDO TECNOLOGÍA DE ACCESO WI-FI EN DISTINTOS PUNTOS DEL CANTÓN Y DENTRO DE LA I. MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG”

INTRODUCCIÓN.

El desarrollo tecnológico en el área de las telecomunicaciones ha permitido en los últimos años un incremento importante en la cantidad y calidad de los servicios de las telecomunicaciones que se ofrecen a nivel mundial. En estos tiempos en los cuales la tecnología tiene una función trascendental y más aún las telecomunicaciones que a través de sus diferentes servicios permitió a la sociedad de los países desarrollados tener nuevas perspectivas en cuanto a calidad de vida, negocios, estudios, viajes.

El intercambio de Información a grandes velocidades; y, que con el tiempo los precios de transmisión, han disminuido, permitió la inserción de las tecnologías para el despliegue de redes con acceso a la Internet de banda ancha hasta los rincones más apartados de la sociedad, con tecnologías inalámbricas que son menos costosas, y de fácil implementación.

Antecedentes.

La Ilustre Municipalidad de Chordeleg ha venido impulsando el desarrollo sostenido de su gente, desde su creación como Cantón. Las inversiones de grandes cantidades de dinero en todos los aspectos sociales, culturales, deportivos, turísticos y tecnológicos, que la sociedad ha requerido, se lo a hecho tan solo con un objetivo, de impulsar el progreso de su gente y la inclusión de las nuevas tecnologías no es la excepción.

El Cantón Chordeleg se encuentra a una distancia de cuarenta y cinco minutos de la ciudad de Cuenca, empezando a contar en los últimos años con un gran número de personas que salen a educarse en las distintas Universidades de la ciudad de Cuenca y del Cantón Gualaceo; considerando además, que el Cantón



Chordeleg es uno de los lugares turísticos más populares de la zona recibiendo la visita de viajeros nacionales y del extranjero.

Por lo tanto la Ilustre Municipalidad de Chordeleg se plantea brindar el servicio de la Internet de forma gratuita en diferentes lugares dentro del Cantón Chordeleg, como son el Colegio Nacional Chordeleg, Parque Central, Biblioteca Municipal (Centro Obrero), Escuela Federico González Suárez, Liga Cantonal, Bomberos, Escuela Sor María de Santo Tomas Alvarado, Centro de Salud, Casa del Artesano (Casa González) y las zonas rurales del Cantón (incluyendo Parroquias) siendo en la Municipalidad donde se encuentre centralizado la administración de todo el sistema con una Red LAN (Local Area Network) interna.

Para lo cual se analizará:

- Cableado estructurado (LAN interna de la Ilustre Municipalidad).
- Costos.
- Equipos.
- Seguridad.
- Respaldos de la información de red LAN de la Ilustre Municipalidad de Chordeleg.
- Espectro.
- Radiación de las antenas.
- Configuración básica de los equipos.

Estado del Arte

Realidad mundial.

En Países desarrollados el uso de la Internet en todo momento y en todo lugar ya es una realidad que está al alcance de toda su población a precios muy accesibles con gran ancho de banda utilizando diferentes tipos de tecnología. Una de las más populares tecnologías que está provocando un volcamiento de muchas empresas nuevas, es el uso de las redes inalámbricas (wireless) por diferentes bondades de esta tecnología, las cuales se destacan, a continuación:



- 1.- Fácil Implementación.
- 2.- Bajo costo.
- 3.- Confiable.
- 4.- Segura.

En este tipo de redes inalámbricas podemos encontrar una gran gama de tecnologías que ayudan a la interconexión de los diferentes procesos, en empresas, departamentos Interinstitucionales, Instituciones Educativas, hogares, que vienen en auxilio de las tradicionales redes cableadas, que todavía son utilizadas, pero por su elevado costo y difícil implementación se han visto disminuidas en su uso e implementación.

Situación en el Ecuador.

En el Ecuador la situación es totalmente contraria al de los países desarrollados, no se cuenta con un acceso al servicio de la Internet en muchos lugares del País, y esto se nota especialmente en las zonas rurales, debido a muchas circunstancias las cuales no describiremos por no ser parte del tema propuesto.

El servicio de acceso a la Internet en muchas instancias es ya un derecho que todos los ciudadanos deben tener o exigir, y esta necesidad no es oculta para las autoridades que están a la cabeza de la Ilustre Municipalidad de Chordeleg y su gente. Por lo que es necesario implementar este servicio en lugares claves del Cantón en forma gratuita, es por eso que la propuesta se basa en consideraciones técnicas que garanticen confiabilidad, seguridad, y continuidad en el servicio que la Ilustre Municipalidad quiere brindar a la ciudadanía y turistas del cantón Chordeleg.

Descripción del problema y/o necesidad.

Problemas a ser resueltos.

En el Cantón no está difundido el acceso inalámbrico a la Internet de banda ancha, ya que los costos superan las posibilidades económicas de los hogares; y, quienes hacen uso de ésta tecnología casi en su totalidad utilizan acceso Dial Up por los costos que representa, pero con la desventaja de que al ser utilizado por



la mayoría de personas de la zona se vuelve tedioso el ingreso a este servicio por las velocidades que esta ofrece, y que decae en forma grave en horas pico.

Otro de los problemas que se considera es que no todos pueden acceder a una red wireless con acceso WI-FI, debido principalmente por los costos que presenta tener un accesorio que se pueda conectar a este tipo de redes, como por ejemplo: computadoras portátiles,

PDA's, iphone, PALMs.

Un factor importante a ser considerado es el turismo en el Cantón Chordeleg; pues, sería interesante brindar al turista este servicio sin costo alguno, que se sientan cómodos con la alegría de su gente, buenos servicios, y que la parte tecnológica no sea la excepción.

Necesidades a ser satisfechas.

Con un acceso de banda ancha a la Internet de manera inalámbrica en los diferentes lugares del Cantón y en los interiores de la Municipalidad, se pretende que todos los usuarios tengan acceso a este servicio, para que de esta manera no quedar rezagados de los países desarrollados. Este servicio está dirigido también a la comunidad educativa del Cantón, además de tener la posibilidad de que con el buen uso de la Internet las actuales y nuevas generaciones de ciudadanos miren alternativas de negocios que se pueden hacer con el uso de esta tecnología.

Justificación del proyecto de tesis.

Este proyecto de tesis se lo plantea, como una necesidad del Cantón para el acceso de banda ancha a la Internet de forma inalámbrica, para publicitar sus productos e incursionar en el mundo de la información

Toca tópicos que están siendo explotados con gran velocidad como son:

- Redes inalámbricas, interconexión con enlaces de radio en frecuencias permitidas, dando una gran oportunidad de trabajo en estas áreas.
- Servirá como ejemplo para Cantones vecinos y porque no decirlo para el Ecuador en sus diferentes poblaciones.



Beneficios para el Usuario.

Con el presente proyecto sobre el acceso inalámbrico a la Internet en varios puntos de Chordeleg se abre un camino de oportunidades, para los usuarios de dicho servicio, promoviendo el acceso a la información nacional e internacional, relaciones humanas y públicas, intercambio de información, nuevas alternativas de trabajo, perspectivas de como promocionar el lugar, las bondades que ofrece, sus productos, ya que Chordeleg, es un sitio turístico por excelencia, conocido inclusive internacionalmente.

Beneficios para el estudiante.

- Uno de los beneficios que se obtendrá al desarrollar este proyecto es adquirir experiencia en la configuración de algunos equipos y costos, de estas nuevas tecnologías, permitiendo tener un beneficio personal al poner en práctica una gran parte de los conocimientos adquiridos en la Maestría de Telemática.
- Desarrollar destrezas y habilidades adquiridas a lo largo de la Maestría.
- Culminar el programa de Maestría con éxito, y la satisfacción de emprender nuevos proyectos que vayan en beneficio de la sociedad en general.

Objetivos de la tesis de grado.

Objetivo general.

Estudio técnico y diseño para el despliegue de una red de banda ancha inalámbrica en el Cantón Chordeleg usando tecnología de acceso WI-FI en distintos puntos del Cantón y dentro de la I. Municipalidad de Chordeleg.

Objetivos específicos.

Objetivos Principales.

- Crear un documento que permita identificar de forma clara las características de como implementar este proyecto.
- Realizar el diseño de una red de acceso inalámbrica fijo a la Internet con



tecnología WI-FI.

Objetivos Secundarios.

- Generar la necesidad de implementar una red inalámbrica en varios puntos claves de Chordeleg que permita la inserción de la sociedad en la información.
- Adquirir conocimientos, experiencia y destrezas dentro de este campo de actualidad.

Alcance del Proyecto.

Al culminar el presente proyecto de tesis se contará con un documento de soporte que contenga el estudio técnico y diseño de las características sobresalientes de la implementación de este tipo de proyecto y de la tecnología WI-FI.

Para motivos de implementación del proyecto se requerirá el apoyo de las autoridades del Cantón quienes están al frente de la administración y en lo referente al aspecto económico una fuerte cantidad de dinero. Este proyecto de tesis quedara únicamente plasmado en un documento que describirá el diseño de la red con acceso a la Internet y con ciertas descripciones de configuración en algunos equipos que se puedan obtener.

Método de Trabajo.

El presente proyecto de tesis seguirá las siguientes metodologías:

1. Recopilación de la información.- En este punto se pretende buscar información de la tecnología WI-FI. en diferentes fuentes bibliográficas. (libros. revistas, Internet).
2. Preselección de la información.- Estudio de la tecnología descrita anteriormente y de sus componentes (equipos hardware y software).
3. Herramientas que se acoplen a la necesidad a ser resuelta.
4. Formulación del diseño de la red.- Evaluación de la infraestructura a ser



requerida.

- Posible cantidad de usuarios.
- Diseño de la solución.
- Elección de los equipos a ser utilizados.
- Conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

REDES WI-FI

Introducción de redes WI-FI

En nuestra época, se ha generado adictos a la información, gente que necesita estar conectado todo el tiempo, para estos usuarios móviles los cables de fibra, UTP, coaxiales, ya son del pasado, pues se han vuelto inservibles. Con el transcurso de los años se han ido generando herramientas que nos permiten la interacción con el medio de la información como: las computadoras portátiles, teléfonos celulares. Sin estar conectados a una infraestructura de comunicación terrestre, para estos usuarios de la información se crearon los enlaces inalámbricos conocidos en la actualidad como WI-FI.

Cuando hablamos de WI-FI nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbrica, que hoy en día consiste en un sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza señales de radiofrecuencia en lugar de cables; WI-FI, también llamada WLAN (redes de área local inalámbrica) o estándar IEEE 802.11 cuyo símbolo se muestra en la Figura 1, es:



Figura. 1: Logotipo de la Tecnología WI-FI

WI-FI es una marca de la WI-FI Alliance (anteriormente la WECA: Wireless



Ethernet Compatibility Alliance), la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11.

Historia.

Nokia y Symbol Technologies crearon en 1999 una asociación conocida como WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica). Esta asociación pasó a denominarse WI-FI Alliance en 2003. El objetivo de la misma fue crear una marca que permitiese fomentar más fácilmente la tecnología inalámbrica y asegurar la compatibilidad de equipos. De esta forma en abril de 2000 WECA certifica la interoperabilidad de equipos según la norma IEEE 802.11b bajo la marca WI-FI. El término no tiene un significado en sí, esto quiere decir que el usuario tiene la garantía de que todos los equipos que tengan el sello WI-FI pueden trabajar juntos sin problemas, independientemente del fabricante de cada uno de ellos. Se puede obtener un listado completo de equipos que tienen la certificación WI-FI en Alliance – Certified Products.

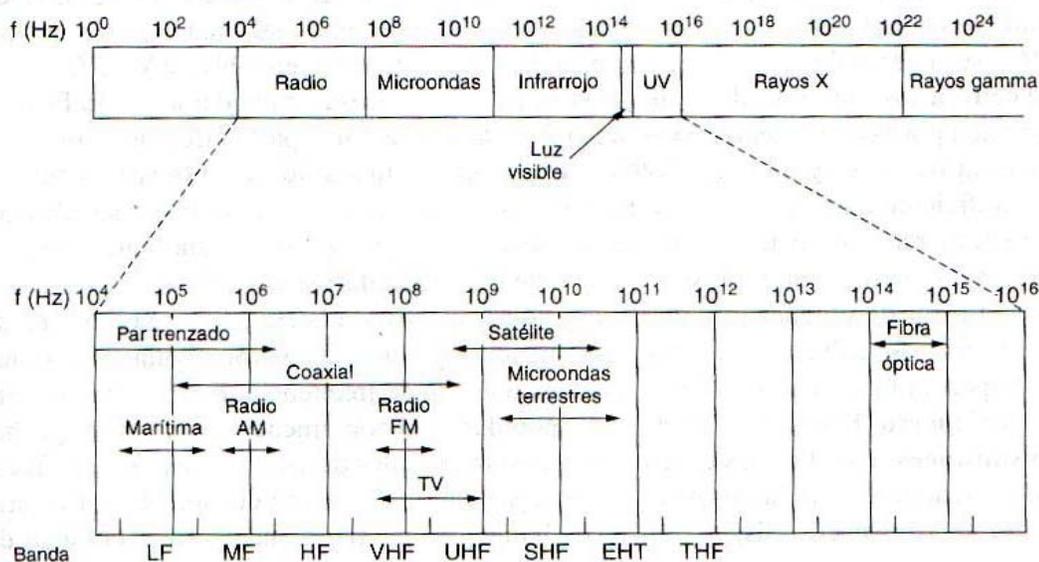
En el año 2002 la asociación WECA estaba formada ya por casi 150 miembros en su totalidad. La norma IEEE 802.11 fue diseñada para sustituir el equivalente a las capas físicas y MAC de la norma 802.3 (Ethernet), esto quiere decir que en lo único que se diferencia una red WI-FI de una red Ethernet es en cómo se transmiten las tramas o paquetes de datos; el resto es idéntico. Por lo tanto, una red local inalámbrica 802.11 completamente compatible con todos los servicios de las redes locales (LAN) de cable 802.3 (Ethernet). El término WI-FI no proviene de Wireless Fidelity. La WECA contrató a una empresa de publicidad para que le diera un nombre a su estándar, de tal manera que fuera fácil de identificar y recordar, Phil Belanger, miembro fundador de WI-FI Alliance que apoyó el nombre WI-FI escribió: "WI-FI y el "Style logo" del Ying Yang fueron inventados por la agencia Interbrand. Nosotros (WI-FI Alliance) contratamos Interbrand para que nos hiciera un logotipo y un nombre que fuera corto, tuviera mercado y fuera fácil de recordar. Necesitábamos algo que fuera algo más llamativo que "IEEE 802.11b de Secuencia Directa". Interbrand creó nombres como "Prozac", "Compaq",



"OneWorld", "Imation", por mencionar algunas, incluso inventaron un nombre para la compañía: VIVATO. ”

1.1 Transmisión inalámbrica.

Espectro electromagnético, cuando los electrones se mueven crean ondas electromagnéticas que se pueden propagar en el espacio libre, aun en el vacío. La cantidad de oscilaciones por segundo de una onda electromagnética es su frecuencia, f , y se mide en Hz. La distancia entre dos máximos o mínimos consecutivos se llama longitud de onda y se designa con la letra griega λ . Al conectarse una antena apropiada a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas se pueden difundir de manera eficiente y captarse por un receptor a cierta distancia. Toda la comunicación inalámbrica se basa en este principio en el vacío todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad, sin importar su frecuencia, esta velocidad, usualmente llamada velocidad de la luz, c , es aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s. La figura 2 nos muestra el espectro electromagnético. Las porciones de radio, microondas, infrarrojo y luz visible del espectro pueden servir para transmitir información modulando la amplitud, la frecuencia o la fase de las ondas.



El espectro electromagnético y sus usos para comunicaciones.

Figura. 2: El espectro electromagnético

1.2 Radio Transmisión

Las señales de radiofrecuencia son fáciles de generar, pueden viajar distancias largas y penetrar edificios sin problemas, de modo que se utilizan mucho en las comunicaciones, tanto de interiores como de exteriores, el transmisor y el receptor no tienen que alinearse.

Las propiedades de las señales de radiofrecuencia dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la potencia se reduce drásticamente con la distancia a la fuente. A frecuencias altas, las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos, también son absorbidas por la lluvia. Todas las señales de radiofrecuencia están sujetas a interferencia por los motores y equipos eléctricos.

Debido a la capacidad de viajar distancias largas y la interferencia entre usuarios, los gobiernos legislan el uso de radiotransmisores.

1.3 Transmisión por Microondas

La transmisión por microondas necesita de estaciones que envían los datos a



través del aire en forma de señales codificadas. La transmisión de datos vía señales de radio por microondas se necesita tener visión del receptor como del transmisor, lo que se conoce como línea de visión; la señal de radio viaja en línea recta de una estación repetidora a la siguiente hasta llegar a su destino.

1.4 Ondas Infrarrojas

Las ondas infrarrojas se usan mucho para la comunicación de corto alcance, por ejemplo los controles remotos de los equipos utilizan comunicación infrarroja, estos controles son direccionales, tienen el inconveniente de no atravesar los objetos sólidos.

El hecho de que las ondas infrarrojas no atraviesen los sólidos es una ventaja, por lo que un sistema infrarrojo no interferirá un sistema similar en un lado adyacente; además, la seguridad de estos sistemas contra espionaje es mejor que la de los sistemas de radio.

Este sistema no necesita de licencia del gobierno para operar en contraste con los sistemas de radio.

Esta propiedad ha hecho del infrarrojo un candidato interesante para las LAN inalámbricas en interiores.

1.5 Transmisión por Ondas de Luz

Este tipo de transmisión se ha usado durante años. Una aplicación es conectar las LAN de dos edificios por medio de láseres montados en la parte alta de los edificios, esta señalización óptica es unidireccional por lo que cada edificio necesita su propio láser y su propio foto detector. Este esquema ofrece un ancho de banda muy alto y un costo muy bajo, fácil de instalar y no requiere de licencia por ser un haz muy estrecho tiene ventajas pero también presenta desventajas.

La desventaja es que los rayos láser no pueden penetrar las gotas de lluvia ni la niebla densa, funcionan bien en días soleados, observar Figura. 3.

En días calurosos

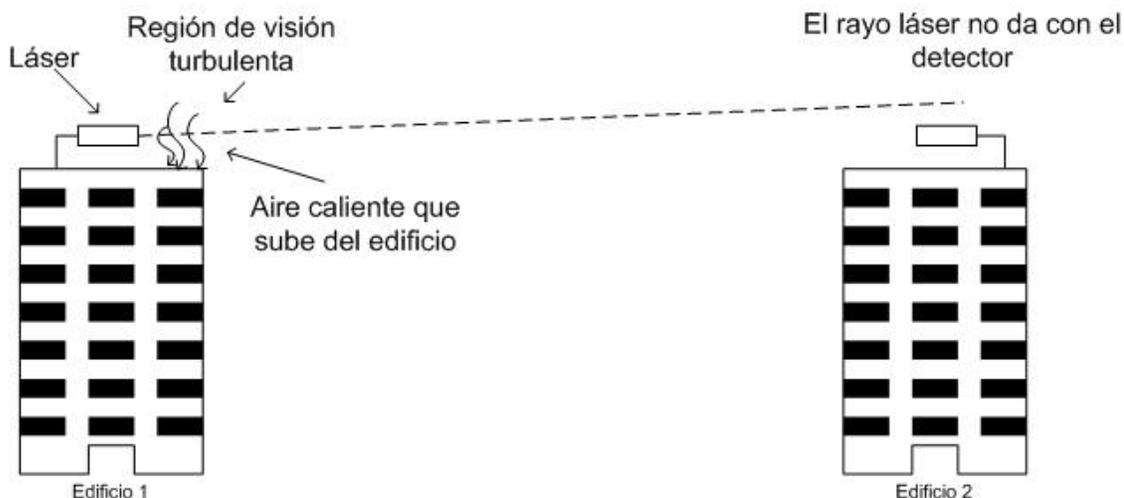


Figura. 3 Transmisión por ondas de Luz

1.6 Nuevas Tecnologías

Bluetooth

Es sin lugar a dudas, otra de esas tecnologías que va a dar mucho de sí en los próximos meses. A grandes rasgos, es una especificación para la industria informática y de las telecomunicaciones que describe un método de conectividad móvil universal con el cual se pueden interconectar dispositivos como teléfonos móviles, Asistentes Personales Digitales (PDA), ordenadores y muchos otros dispositivos, ya sea en el hogar, en la oficina; o, incluso, en el automóvil, utilizando una conexión inalámbrica de corto alcance. Es un estándar que describe la manera en la que una enorme variedad de dispositivos pueden conectarse entre sí, de una forma sencilla y sincronizada, con cualquier otro equipo que soporte dicha tecnología utilizando las señales de radiofrecuencia como medio de transporte de la información. Técnicamente, la implementación de esta novedosa tecnología no entraña ninguna complicación técnica especialmente problemática ni sofisticada, tampoco supone que los nuevos dispositivos



equipados con esta tecnología deban sufrir profundas revisiones o modificaciones, todo lo contrario.

En sí, cada dispositivo deberá estar equipado con un pequeño chip que transmite y recibe información a una velocidad de 1 Mbps en la banda de frecuencias de 2,4 GHz que está disponible en todo el mundo, con ciertas particularidades según los diferentes países de aplicación, ya que es empleada con enorme profusión en numerosos dispositivos.

La tecnología HomeRF

Con una finalidad muy similar, la tecnología HomeRF, basada en el protocolo de acceso compartido (Shared wireless Access Protocol - SWAP), encamina sus pasos hacia la conectividad sin cables dentro del hogar. Los principales valedores de estos sistemas, se agrupan en torno al Consorcio que lleva su mismo nombre HomeRF, teniendo a Proxim (una filial de Intel) como el miembro que más empeño esta realizando en la implantación de dicho estándar. Además de la sombra de Intel, Compaq es otra de las firmas relevantes que apoya el desarrollo de producto HomeRF. El soporte a esta tecnología se materializa en que actualmente ambas significativas firmas poseen cada una de ellas un producto bajo esta novedosa configuración. Al igual que WECA o Bluetooth SIG (Bluetooth Special Interest Group), el HomeRF Working Group (HRFWG) es un grupo compañías encargadas de proporcionar y establecer un cierto orden en este océano tecnológico, obligando que los productos fabricados por las empresas integrantes de este grupo tengan una buena interoperabilidad. Por si toda esta competitividad no fuera suficiente, el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI) es otra de las reconocidas organizaciones de estandarización, de haber desarrollado el estándar GSM para la telefonía celular digital. También son responsables de haber llevado a cabo durante los años 1991 y 1996 el proyecto HyperLAN, en el cual su objetivo primordial este conseguir una tasa de transferencia mayor que la ofrecida por la especificación IEEE 802.11. Según los estudios realizados, HyperLAN incluía cuatro estándares diferentes, de los cuales el denominado Tipo 1, es el que verdaderamente se



ajusta a las necesidades futuras de las WLAN, estimándose una velocidad de transmisión de 23,5 Mbps, notablemente superior a los 1 ó 2 Mbps de la normativa IEEE 802.11b. Actualmente, el ETSI dispone de la especificación LANHiper2 que mejora notablemente las características de sus antecesoras, ofreciendo una mayor velocidad de transmisión en la capa física de 54 Mbps para lo cual emplea el método de modulación OFDM (Multiplexación por división de frecuencia ortogonal) y ofrece soporte QoS. Bajo esta especificación se ha formado un grupo de reconocidas firmas el HiperLAN2 Global Forum (H2GF), con la intención de sacar al mercado productos basados en ese competitivo estándar.

1.7 Estándares existentes.

Existen diversos tipos de WI-FI, basado cada uno de ellos en un estándar IEEE 802.11 Este estándar define y gobierna las redes de área local inalámbricas (WLAN) El estándar 802.11 define varios métodos y tecnologías de transmisión para implantaciones de WLAN inalámbricas. Este estándar no sólo engloba la tecnología de radiofrecuencia sino también la de infrarrojos, que operan en el espectro de los 2,4 Ghz (Giga Hercios) y fue definida en 1.997. El estándar original especificaba la operación a 1 y 2 Mbps usando tecnologías diferentes:

- Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) modulación por salto de frecuencia.
- Direct Secuence Spread Spectrum (DSSS) Espectro de extensión de secuencia directa.
- Infrarrojos (IR)
- OFDM Multiplexación por división de frecuencia ortogonal.

El estándar original aseguraba la interoperabilidad entre equipos de comunicación dentro de cada una de estas tecnologías inalámbricas, pero no entre las tres tecnologías. Desde entonces, muchos estándares han sido definidos dentro de la especificación IEEE 802.11 que permiten diferentes velocidades de operación. El estándar IEEE 802.11b permite operar hasta 11Mbps y el 802.11a, que opera a una frecuencia mucho mayor (5 GHz), permite hasta 54Mbps. Todos estos



enfoques distintos tienen la misma capa MAC implantada.

La mayoría de los productos WLAN de 11 Mbps utilizan tecnología de RF y se sustentan en DSSS para la comunicación.

DSSS funciona transmitiendo simultáneamente por varias frecuencias diferentes. De esta forma, se incrementa la probabilidad de que los datos transmitidos lleguen a su destino. Además, los patrones de bits redundantes, llamados “chips”, se incluyen en la señal. En cualquier momento, se reciben partes de la señal simultáneamente en las distintas frecuencias en el receptor. Para poder recibir y decodificar la señal completa de modo satisfactorio la estación receptora debe conocer el patrón de decodificación correcto, realizar el seguimiento y la decodificación de los datos durante la transmisión es extremadamente difícil.

El salto de frecuencia (FHSS), la segunda técnica importante de transmisión de espectro de extensión, es de hecho una señal de banda estrecha que cambia la frecuencia de un modo rápido y continuo.

Todos los productos electrónicos del mercado deben cumplir con unas normativas rigurosas sobre radiación electromagnética. Los organismos de estandarización nacionales, europeos e internacionales establecen las normativas con detalle para asegurar que las tecnologías inalámbricas no tengan consecuencias negativas sobre los diversos sistemas que utilizan tecnología de radiofrecuencia (RF). Los productos WLAN cumplen con estos estándares de seguridad y con las normativas de compatibilidad electromagnética (EMC).

Los productos WLAN utilizan un intervalo de frecuencia de 2,4 - 2,483 GHz que se reserva para aplicaciones y productos de RF.

Este intervalo operativo de frecuencia garantiza que no se produzcan conflictos con otros dispositivos de RF muy difundidos. Por ejemplo, no se producen interferencias de RF con sistemas de telefonía inalámbrica como los populares teléfonos DECT europeos, tampoco hay problemas con las aplicaciones de control remoto que utilizan la tecnología de frecuencia de 433 MHz



Los productos de red inalámbrica son seguros no sólo respecto a otros productos electrónicos y de red, sino, lo que es más importante, respecto a las personas. Los productos de redes inalámbricas, estandarizados como IEEE 802.11, se han diseñado para usarse en oficinas y otros lugares de trabajo, por lo tanto, emiten un grado reducido de energía, lo cual es inofensivo. De hecho, los niveles de energía son significativamente más bajos que las emisiones de los teléfonos GSM comunes, que funcionan a unos 2 W en el caso de teléfonos de clase 2 GSM (intervalo de frecuencia de 880-960 MHz).

Entre los estándares más conocidos de este grupo, están los IEEE 802.11a, b y g. Sin embargo hay muchos otros que también influyen en el diseño y operación de las redes WLAN que se implementan hoy en día, los cuales describo a continuación.

- 802.11a: WI-FI de 54Mbps en una frecuencia de 5GHz.
- 802.11b: WI-FI de 11Mbps en una frecuencia de 2.4GHz
- 802.11d: Roaming a través de diferentes países
- 802.11e: Especificaciones de QoS para tráfico multimedia en redes wireless
- 802.11g: WI-FI de 54Mbps en una frecuencia de 2.4GHz
- 802.11h: Dinamic Frequency Selection (DFS) y Transmit Power Control (TPC)
- 802.11i: Seguridad avanzada para redes wireless (802.1x, EAP, MIC, TKIP, AES)
- 802.11j: Extensión de la capa física y MAC 802.11a para permitir su operación en la banda de 4.9 y 5 GHz en Japón
- 802.11k: Radio Resource Measurement (RRM)
- 802.11n: Intensi-Fi para conexiones wireless de alta velocidad
- 802.11p: Wireless Access and Vehicular Environment (WAVE)
- 802.11r: Fast BSS Transition (Fast Roaming)
- 802.11s: Redes wireless en malla (mesh)
- 802.11t: Wireless Performance Prediction



- 802.11u: Wireless Internetworking with External Networks (WIEN)
- 802.11v: Wireless Network Management

Algunos de ellos han sido o están siendo más utilizadas en distintos entornos. Así, en lo que se refiere a pequeñas redes LAN encontramos:

- WI-FI: IEEE 802.11a, b, g
- Ancho de Banda: de 11 a 54 Mbps
 - Alcance: Medio
 - Aplicación: redes hogareñas a corporativas.

En lo que se refiere a áreas metropolitanas (MAN) existen:

- WI-FI: IEEE 802.11
- Wi-Max: IEEE 802.16
- MBWA: IEEE 802.20
 - Ancho de Banda: entre 10 y 100 Mbps
 - Alcance: Medio - Largo
 - Aplicación: acceso de última milla.

Algunas de las características a tener en cuenta:

- IEEE 802.11a
 - Fecha: 1999
 - Frecuencia: 5.15 a 5.35 y 5.47 a 4.725 GHz
 - Ancho de Banda: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
- IEEE 802.11b
 - Fecha: 1999
 - Frecuencia: 2.402 a 2.483 GHz
 - Ancho de Banda: 1, 2, 5.5, 11 Mbps
- IEEE 802.11g
 - Fecha: 2003
 - Frecuencia: 2.402 a 2.483 GHz



- Ancho de Banda: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps

Estos estándares han crecido, mirar tabla 1, para convertirse en uno de los más destacados de la actualidad, lo que refleja la importancia que han adquirido las conexiones wireless.

Cuadro comparativo de los estándares más utilizados.

	802.11 ^a	802.11b	802.11g	802.11b+
Fecha de definición	01/09/99	01/09/99	Noviembre 2003 (Borrador)	No estándar
Velocidad anunciada	54Mbps	11Mbps	54 Mbps	22 Mbps
Velocidad media obtenida	27 Mbps	4-5 Mbps	25 Mbps	6 Mbps
Frecuencia	5GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Modulación	OFDM	DSSS/CCK	DSSS/PBCC	PBCC
Canales	12	11	11	11

Tabla 1: Cuadro comparativo de estándares WI-FI

Seguridad.

Con el acceso a la Internet de forma inalámbrica utilizando tecnología WI-FI, en la cual se envían datos utilizando un medio de transmisión no guiado, la seguridad tiene un factor muy importante que no puede ser pasar por alto. Como cualquier señal de radio, el WI-FI se transporta mediante señales radioeléctricas y puede ser captado e interferido por otras señales procedentes del exterior de recinto donde se esté utilizando, en general no tenemos conciencia de lo poco privados que son los datos que circulan por nuestras redes. Las ventajas de una red inalámbrica no tienen precio, pero la seguridad es un tema clave, si el cable ya es poco seguro, menos seguro es que nuestros datos estén siendo transmitidos en el aire. Existen tres factores fundamentales que se deben tener en cuenta al diferenciar una red WI-FI de una cableada,



- Autenticación.
- Control de Acceso.
- Confidencialidad.

Autenticación y control de acceso:

Los métodos que se emplean son los siguientes:

1. Seguridad por restricción de direccionamiento MAC: Permite restringir a un listado de direcciones, las que se pueden conectar y las que no.
2. Contraseñas no estáticas:
Periódicas: OTP (One Time Password):
Contraseñas de un solo uso, también conocidas como token flexibles.

La arquitectura 802.1x está compuesta por tres partes:

- **Solicitante:** Generalmente se trata del cliente WI-FI
- **Autenticar:** Suele ser el AP, que actúa como mero traspaso de datos y como bloqueo hasta que se autoriza su acceso.
- **Servidor de autenticación:** Suele ser un Servidor RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) o Kerberos, que intercambiará el nombre y credencial de cada usuario. El almacenamiento de las mismas puede ser local o remoto en otro servidor de LDAP, de base de datos o directorio activo.

Otra de las grandes ventajas de emplear 802.1x es que el servidor de autenticación, permite también generar claves de cifrado OTP muy robustas, tema en particular que ya lo posiciona como imprescindible en una red WI-FI que se precie de segura.

Problemas concretos de Seguridad en WI-FI

- **Puntos ocultos:** Este es un problema específico de las redes inalámbricas, pues suele ser muy común que los propios empleados de las Empresas por cuestiones de comodidad instalen sus propios puntos de



acceso, este tipo de instalaciones, si no se controlan, dejan enormes huecos de seguridad en la red, el peor de estos casos es la situación en la cual un intruso lo deja oculto y luego ingresa a la red desde cualquier ubicación cercana a la misma. La gran ventaja que queda de este problema es que es muy fácil su identificación siempre y cuando se propongan medidas de auditorías periódicas específicas para las infraestructuras WI-FI de la empresa, dentro del plan o política de seguridad.

- **Falsificación de AP:** Es muy simple colocar una AP que difunda sus SSID, para permitir a cualquiera que se conecte, si sobre el mismo se emplean técnicas de “Phishing”, se puede inducir a creer que se está conectando a una red en concreto. Existen varios productos ya diseñados para falsificar AP en la terminología WI-FI se los suelen llamar “Rogue AP” o Fake AP”, el más común es un conocido script en Perl denominado justamente “FakeAP”, que envía Beacons con diferentes ESSID y diferentes direcciones MAC con o sin empleo de WEP. Se puede descargar de:
<http://www.blackalchemy.to/project/fakeap/>
- **Deficiencias en WEP** (Características lineales de CRC32): Esta característica fue demostrada en teoría por Nikita Borisov, Ian Goldberg y David Wagner, permitiendo verificar la integridad de un mensaje, por lo tanto, el receptor aceptará el mensaje si su ICV es válido (Recuerdo que es un simple CRC32). Esto presenta dos problemas:
 1. El CRC es independiente de la clave empleada.
 2. Los CRC son lineales. En virtud de esta linealidad, se puede generar un ICV válido. Un atacante debe interceptar un mensaje (conocido o no) y modificarlo en forma conocida para generar un mensaje m' , operando sobre el mismo obtendrá un paquete que será aceptado por el receptor.
- **ICV independiente de la llave:** Esta característica fue demostrada en



teoría por David Wagner. Nuevamente se trata el ICV, el cual se calcula previamente a comenzar el proceso criptográfico, por lo tanto no depende de la clave ni del IV (Vector de Inicialización), esta debilidad da lugar a que conocido el texto plano de un solo paquete encriptado con WEP, sea posible inyectar paquetes en la red.

- **Tamaño de IV demasiado corto:** El IV tiene 24 bits de longitud ($2^{24} = 16.777.216$) y viaja como texto plano. Un punto de acceso que opere con grandes volúmenes de tráfico comenzará a repetir este IV (vector de inicialización) a partir de aproximadamente 5 horas. Esta repetición hace que matemáticamente se pueda operar para poder obtener el texto plano de mensajes con IV repetido (sin gran nivel de dificultad). El estándar especifica que el cambio de IV es opcional, siendo un valor que empieza con cero y se va incrementando en uno.

- **Deficiencias en el método de autenticación:**

Si un atacante captura el segundo y tercer mensaje de administración en una autenticación mutua. El segundo posee el desafío en texto plano y el tercero contiene el mensaje criptografiado con la clave compartida, con estos datos, posee todos los elementos para autenticarse con éxito sin conocer el secreto compartido (Con esto sólo logra autenticarse, luego queda el acceso a la red).

Debilidades en el algoritmo key Scheduling de RC4: Scott Fluhrer, Itsik Mantin y Adi Shamir publicaron en Agosto del 2001 la demostración teórica de la vulnerabilidad más devastadora de las existentes hasta ahora en la encriptación WEP. Adam Stubblefield, un trabajador de AT&T Labs, fue la primera persona que implementó este ataque con éxito.

- Demostraron que usando sólo la primera palabra de un keystream, podían obtener información de la clave secreta compartida. Se buscan IVs (vector de inicialización) que causen que no haya información de la llave en el keystream. Los autores llamaron a esta condición “*resolved condition*” o condición resuelta.



- El número de paquetes que se necesitan recolectar antes de descubrir un byte de la llave varía en función de que valor se encuentre el contador de IV's de las tarjetas que se estén monitorizando. Hay 9.000 IV's débiles en los 16 millones de IV's posibles.

La mayoría de las llaves pueden ser adivinadas después de encontrar aproximadamente 2000 paquetes resueltos.

Algunas llaves requieren que capturemos incluso más de 4000 paquetes resueltos. Se puede adivinar la llave después de recolectar de 5 a 10 millones de paquetes encriptados. Poco después del trabajo realizado por estos tres autores y la vulnerabilidad práctica de Stubblefield fueran publicados, aparecieron dos herramientas en la Internet que implementan totalmente el ataque: Wepcrack, Aircrack-ng. Esto fue la sentencia definitiva para WEP.

- **Debilidad en WPA:** Un estudio realizado por Robert Moskowitz, director de ICSA Labs, indica que el sistema utilizado por WPA para el intercambio de la información utilizada para la generación de las claves de cifrado es muy débil. Según este estudio, WPA en determinadas circunstancias es incluso más inseguro que WEP. Cuando las claves preestablecidas utilizadas en WPA utilizan palabras presentes en el diccionario y la longitud es inferior a los 20 caracteres, el atacante sólo necesitará interceptar el tráfico inicial de intercambio de claves. Sobre este tráfico, realizando un ataque de diccionario, el atacante puede obtener la clave preestablecida, que es la información necesaria para obtener acceso a la red; es decir, a diferencia de WEP en que es necesario capturar un volumen significativo de tráfico para poder identificar las claves, en WPA únicamente captura el tráfico de intercambio de claves para poder realizar este ataque de diccionario, no es un problema nuevo; pues, fue apuntado durante la verificación inicial del protocolo, siendo solo una muestra que una implementación inadecuada puede afectar negativamente cualquier sistema de cifrado. Como he indicado, el problema solo es explotable bajo una serie de circunstancias muy concretas. Este problema puntual no es, en absoluto, una indicación de la debilidad de WPA sino únicamente es un recordatorio de la necesidad



de utilizar claves convenientemente largas y que incluyan caracteres especiales.

Medidas de Seguridad en WI-FI

Existen varias formas de seguridad a tomar en cuenta en una red WI-FI, Se recomienda las mejores prácticas para asegurar las redes inalámbricas. Antes de la aplicación de tecnologías de seguridad de red inalámbrica para reducir las amenazas a la seguridad de las redes inalámbricas, considere estas mejores prácticas:

- Estudio de los distintos elementos de seguridad de los dispositivos inalámbricos a fin de determinar si alguna de estas cumplen los requisitos de seguridad que se hayan definido.
- Determinar de manera periódica si los proveedores inalámbricos han publicado actualizaciones de firmware. Aplicar todas las actualizaciones de firmware a sus dispositivos inalámbricos.
- Si es posible, el lugar de la red inalámbrica en una zona desmilitarizada inalámbrica (WDMZ) un router o firewall debe aislar la red de empresas privadas de la WDMZ.
 - DHCP no debe utilizarse en la WDMZ.
 - Uso extendido, de la máscara de Subred para limitar el número de los ejércitos.
- Si es posible, comprar un AP (Acces Point), que le permite minimizar el tamaño de la zona de los inalámbricos a través de la modificación de la potencia. El AP debe ser colocado en el centro de un edificio, y no deben ser colocados cerca de las ventanas.
- Si sus requisitos de seguridad dictan un alto nivel de seguridad inalámbrica, asegúrese de que su red inalámbrica sea compatible con los siguientes dispositivos:
 - Autenticación 802.1X utilizando protocolo de Autenticación Extensible (EAP) de autenticación.



- Protocolo de Integridad de Clave Temporal (TKIP)
- Si es factible, se debe utilizar Pisac para garantizar la comunicación entre el AP y el servidor RADIUS.
- Para WAP, las mejores prácticas son las siguientes:
 - Cambiar la contraseña administrativa por defecto que se utiliza para la gestión del AP a una compleja o contraseña fuerte.
 - Cambiar el SSID por defecto del AP.
- El SSID no debe contener los siguientes elementos:
 - El nombre de la empresa.
 - La dirección de la empresa.
 - Cualquier otra información de identificación
- Para proteger la red de los mecanismos de estudio de sitio, desactivar SSID emisiones.
- Se recomienda que no utilice DHCP para los clientes inalámbricos.
- Se recomienda no utilizar cifrado de clave compartida, ya que lleva al compromiso de las claves WEP.
- Se debe considerar la posibilidad de permitir el filtrado MAC.
- Se recomienda utilizar al menos WEP en la aplicación.
- Emplear las mismas herramientas que los intrusos: realizar la misma actividad, pero para el “lado bueno”, es decir realizar controles periódicos con “Netstumbler”, escuchar tráfico e intentar obtener información trivial con “Kismet” o “AirSnort”, medir potencias irradiadas con cualquier tarjeta desde los perímetros de la red.
- Mejorar la seguridad física.
- Cancelar puertos que no se emplean.
- Limitar el número de direcciones MAC que pueden acceder. Esta actividad se realiza por medio de ACLs (Access List Control) en los AP, en las cuales se especifica (a mano) las direcciones MAC de las tarjetas a las que se les permitirá el acceso, negando el mismo a cualquiera que no figure en ellas. Cabe aclarar que es tremendamente fácil falsificar una dirección MAC (Ej: en los S.O. Linux es simplemente el comando “ifconfig”).



- Satisfacer la demanda: Si se están empleando AP no autorizados por parte de los empleados, es porque les resulta útil, por lo tanto, se pueden adoptar las medidas para que se implanten, pero de forma segura y controlada, de otra forma, seguirán apareciendo, pero de forma clandestina.
- Controlar el área de transmisión: muchos puntos de acceso inalámbrico permiten ajustar el poder de la señal, probando el poder de la señal para que usted únicamente pueda conectarse a estos sitios. Luego, asegurarse de cambiar la contraseña predeterminada en todos los puntos de acceso. Utilice una contraseña fuerte para proteger todos los puntos de acceso.
- Implemente la autenticación de usuario: Mejore los puntos de acceso para usar las implementaciones de las normas WPA y 802.11i.
- Proteja la WLAN con la tecnología “VPN Ipsec” o tecnología “VPN clientless”: esta es la forma más segura de prestar servicios de autenticación de usuario e integridad y confidencialidad de la información en una WLAN. La tecnología adicional VPN no depende del punto de acceso o de la tarjeta LAN inalámbrica; por consiguiente, no se incurren en costos adicionales de hardware, ya que las normas de seguridad inalámbrica continúan evolucionando.
- Active el mayor nivel de seguridad que soporta su hardware: incluso si tiene un equipo de un modelo anterior que soporta únicamente WEP, asegúrese de activarlo. En lo posible, utilice por lo menos una WEP con un mínimo de encriptación de 128 bits.
- Instale firewalls personales y protección antivirus en todos los dispositivos móviles: la Alianza WI-FI recomienda utilizar la política de seguridad de redes corporativas para imponer su uso continuo.

1.8 Encriptación WEP.

Formalmente, WEP es un algoritmo de cifrado criptográfico diseñado para proveer seguridad a los usuarios de redes inalámbricas 802.11 y fue desarrollado por un grupo de voluntarios de la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).



La intención es ofrecer seguridad en la red mientras la información fluye de un lado a otro en forma de ondas de radio. La WEP fue usada para proteger la privacidad de una comunicación inalámbrica (confidencialidad), prevenir el acceso no autorizado a la red (control de acceso) y prevenir la alteración maliciosa de los datos durante la transmisión (integridad).

La técnica criptográfica utilizada en WEP es el cifrado de flujo (streamcipher) RC4 combinando una clave WEP de 40 bits con un vector aleatorio de 24bits, conocido como vector de inicialización (IV). Quien envía realiza una operación XOR entre los datos del flujo cifrado con los datos reales para producir el texto cifrado (ciphertext). El paquete combinado con el vector de inicialización combinado con el texto cifrado, es entonces enviado al receptor.

El receptor descifra el paquete utilizando la clave WEP y el vector de inicialización adosado.

Es de notar que tanto quien envía como quien recibe debe conocer la clave, por lo cual nos encontramos en presencia de lo que se denomina una técnica criptográfica simétrica.

Lamentablemente la WEP no fue sometida a una buena cantidad de revisión antes de ser puesto en producción y esto significó que fallas de seguridad muy serias estuvieran presentes en el protocolo. Aunque la aplicación de WEP puede mantenernos a salvo de husmeadores ocasionales, los hackers experimentados pueden romper las claves de WEP en alrededor de 15 minutos en una red con bastante tráfico. En general WEP es considerado un protocolo no seguro.

1.9 Encriptación WPA

WI-FI Protected Access WPA fue desarrollado por la WI-FI Alliance para abordar algunas de las debilidades del protocolo WEP.

WPA puede utilizar mecanismos de autenticación de la identidad y algoritmos de cifrado como el protocolo WEP. Esto permite cierto grado de apoyo a WPA que se añadirán con sólo una simple actualización del firmware.



Los dos métodos de cifrado que puede ser usado con WPA son:

- Protocolo de Integridad de Clave Temporal (*TKIP*): Si bien WEP TKIP también utiliza el algoritmo de cifrado, el uso de TKIP se mejora por WPA. WPA y TKIP cuando se utilizan, TKIP genera una única clave de cifrado para cada marco. Con WPA, los vectores de inicialización (IV) hacen que sea más difícil de para un intruso pueda romper el cifrado.
- Sistema de encriptación avanzado (*AES*): El Sistema de cifrado avanzado es más seguro que el algoritmo de cifrado TKIP. La caída del algoritmo de cifrado AES es que usted tiene que actualizar su hardware para apoyar el algoritmo.

1.10 Encriptación WPA2

WPA2 (*Wi-Fi Protected Access 2 - Acceso Protegido Wi-Fi 2*) es un sistema para proteger las redes inalámbricas (Wi-Fi); creado para corregir las vulnerabilidades detectadas en WPA.

WPA2 está basada en el nuevo estándar 802.11i. WPA, por ser una versión previa, que se podría considerar de "migración", no incluye todas las características del IEEE 802.11i, mientras que WPA2 se puede inferir que es la versión certificada del estándar 802.11i.

El estándar 802.11i fue ratificado en Junio de 2004.

La alianza Wi-Fi llama a la versión de clave pre-compartida WPA-Personal y WPA2-Personal y a la versión con autenticación 802.1x/EAP como WPA-Enterprise y WPA2-Enterprise.

Los fabricantes comenzaron a producir la nueva generación de puntos de accesos apoyados en el protocolo WPA2 que utiliza el algoritmo de cifrado AES (Advanced Encryption Standard). Con este algoritmo será posible cumplir con los requerimientos de seguridad del gobierno de USA - FIPS140-2. "WPA2 está idealmente pensado para empresas tanto del sector privado como público. Los productos que son certificados para WPA2 le dan a los gerentes de TI la seguridad que la tecnología cumple con estándares de interoperatividad" declaró Frank Hazlik Managing Director de la Wi-Fi Alliance. Si bien parte de las



organizaciones estaban aguardando esta nueva generación de productos basados en AES es importante resaltar que los productos certificados para WPA siguen siendo seguros de acuerdo a lo establecido en el estándar 802.11i

1.11 Dispositivos.

En la actualidad, en un mundo globalizado, la tecnología ha sido el factor fundamental para estar comunicado con la ayuda de los diferentes dispositivos interconectados entre si, los desarrolladores de tecnología y los usuarios han visto un gran aporte de los dispositivos WI-FI, existen dispositivos que poseen tecnología WI-FI, tales como: cámaras, laptops, impresora, routers, palms, celulares.

1.12 Ventajas y Desventajas de las Redes WLAN.

Movilidad: las redes inalámbricas proporcionan a los usuarios de una WLAN acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar dentro de la organización o el entorno público (zona limitada) en el que están desplegadas.

Simplicidad y rapidez: La instalación de una WLAN es rápida y fácil, elimina la necesidad de tirar cables a través de paredes y techos lo que permite flexibilidad en la instalación.

La tecnología inalámbrica permite a la red llegar a puntos de difícil acceso para una LAN cableada.

Costo de propiedad reducido: mientras que la inversión inicial requerida para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo en hardware de una LAN, la inversión de toda la instalación y el costo durante el ciclo de vida puede ser significativamente inferior. Los beneficios a largo plazo son superiores en ambientes dinámicos que requieren acciones y movimientos frecuentes.

Escalabilidad: los sistemas de WLAN pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas. Las configuraciones son muy sencillas de cambiar y además resulta muy fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red.

Más allá de costos de equipo, se debe tener en cuenta la instalación y el gasto de



mantenimiento, incluyendo los costos de la calidad pobre del producto. Las redes WLAN son sencillas de instalar, usar, y manejar y por tanto vale la pena la inversión inicial en el equipo.

Hay 2 características que las WLAN presentan, por una lado la flexibilidad, ya que permite llegar donde el cable no puede y escalabilidad, puesto que un cambio en la topología de red sería sencillo, siendo igual para redes grandes y pequeñas.

Las redes inalámbricas permiten topologías sencillas y también complejas. La flexibilidad y la movilidad dotan a las WLAN de extensibilidad, la capa MAC 802.11 es responsable de la asociación con el punto de acceso. Cuando un cliente entra en el rango de uno o más puntos de acceso, eligen uno para trabajar con él, una vez es aceptado por el punto de acceso que ha escogido, el cliente sintoniza el canal de clientes en el cual está el punto de acceso. Periódicamente mira todos los canales del 802.11 para ver si existe un punto de acceso distinto que le dé un mejor rendimiento, si eso es así, se re-asocia con el nuevo punto de acceso, sintonizando su canal de radio. Este proceso de re-asociación es denominado “roaming” y permite a los administradores de red configurar WLANs con un alcance o cobertura muy amplia creando una serie de células 802.11b superpuestas a través de un edificio. Para tener éxito, el administrador utilizará idealmente reutilización de canales, teniendo cuidado en establecer cada punto de acceso en un canal 802.11 DSSS de modo que no se superponga con un canal usado por un punto de acceso vecino. Como se ha comentado ya, mientras hay 14 canales parcialmente superpuestos especificados en 802.11 DSSS, hay sólo tres canales que no se superponen, y éstos son el mejor uso para cobertura multi celda. Si dos APs están uno en el área de cobertura del otro y se les asigna el mismo canal o canales parcialmente superpuestos, pueden causar interferencias el uno al otro, por lo que el ancho de banda total disponible disminuiría en el área de la superposición.

Las WLAN ofrecen la posibilidad de compartir información en tiempo real, sin la necesidad de buscar conexión física, permitiendo portabilidad y movilidad.

La 802.11b define como una estación se asocia con APs, pero no define como APs encuentran usuarios cuando hacen roaming, ya sea en la capa 2 entre dos APs en la misma subred, o en la capa 3 cuando un usuario cruza un router que



une dos subredes.

La solución para 2 APs de la misma subred es mediante protocolos inter-AP propios de los vendedores. Si el protocolo no es eficiente, hay una posibilidad de que se pierdan paquetes mientras el usuario hace el cambio de un punto de acceso a otro.

Uno de los aspectos importantes es la seguridad, el 802.11 proporciona para las dos capas MAC (Capa OSI 2) control del acceso y mecanismos de encriptación, que se conocen como WEP (Privacidad Equivalente a las redes de cable), con el objetivo de proporcionar a las LANs inalámbricas la seguridad equivalente a sus complementarias cableadas.

Para el control del acceso, el ESSID (también conocido como un Área de servicio ID de WLAN) es programado en cada punto del acceso y el cliente debe conocerlo para poder asociarse a un punto de acceso. Además existen tablas de direcciones MAC llamadas ACLs (Listas de control de acceso) en los puntos de acceso, que restringen el acceso a esos clientes cuyas direcciones MAC estén en la lista.

Para la encriptación de datos, el estándar proporciona una encriptación opcional con un algoritmo de clave compartida y de 40 bits, el algoritmo RC4 PRNG de seguridad de datos de RSA. Todos los datos mandados y recibidos mientras la estación final y el punto de acceso están asociados pueden ser encriptados usando esta clave, además, cuándo se usa encriptado, el punto de acceso enviará un paquete de prueba encriptado a cualquier cliente que intenta asociarse con él. El cliente debe usar su clave para encriptar la respuesta correcta para autenticarse y obtener acceso a la red.

Sin embargo, la IEEE descubrió en Octubre del 2000 que el método de protección WEP presentaba algunos agujeros en cuanto a seguridad se refiere. Se espera que el 802.11e incluya una solución a estos problemas.

Las prestaciones de las WLAN aun se encuentran por debajo de las redes cableadas.

Una de las grandes desventajas de la tecnología inalámbrica es la baja velocidad de transmisión, con el 802.11b se puede llegar como máximo a una velocidad de 11 Mbps.



Además, la distancia y la potencia están limitadas, conforme la distancia aumenta, la velocidad de transmisión disminuye.

Por último, los componentes que se utilizan son caros, pero como ya se ha explicado antes es un coste que a largo plazo es compensado por el bajo coste de mantenimiento y facilidad de instalación y administración entre otras cosas.

CAPITULO II

ANÁLISIS Y DESARROLLO DE LA RED INTERNA DE LA I. MUNICIPALIDAD.

2.1 Antecedentes.

La I. Municipalidad del Cantón Chordeleg, se encuentra ubicado, en la calle 23 de enero 4-21 y Juan Bautista Cobos frente al parque central, el edificio municipal es una infraestructura que forma parte del patrimonio del Cantón, consta de 3 plantas. En la primera planta se encuentra el Museo Municipal, y el departamento de Turismo; En la segunda planta se encuentran los departamentos de: Alcaldía, sala de sesiones; Departamento Financiero, oficina de Tesorería, oficina de Avalúos y Catastros, en la tercera planta se encuentran la oficinas de Comisaria, oficina de Bodega, el Departamento de de Obras Públicas, y el Departamento Jurídico.

La red fue creada en el año 2005 encontrándose en la actualidad con grandes deficiencias como por ejemplo cables que no conectan a ningún dispositivo, no existe ningún servidor de red, no tiene seguridad alguna al conectarse a la red, y lo peor de todo la base de datos de la parte de tesorería esta compartida.

2.2 Objetivos.

El presente análisis, tiene por finalidad, dotar a la I. Municipalidad, una red de datos que este acorde a las necesidades de hoy en día, empezando con un análisis del acceso a la red.



2.3 Análisis de la red interna actual.

En la actualidad la I. Municipalidad, tiene una red de datos la cual fue creada en el año 2005, en la que se puede observar la decadencia del tendido del cable, según muestra la Figura. 4. los servidores son CPUs, no tienen las características adecuadas para funcionar como servidores.



Figura. 4: Fotografía del estado de la red de la Municipalidad

No consta de un espacio adecuado para la ubicación de equipos, estos se encuentran en el piso sin protección, con una inadecuada instalación eléctrica, existen cables que se terminan en mitad de las canaletas y no llegan a ningún punto de conexión. Todos los Usuarios tienen conexión a la Internet cuyo proveedor es la empresa Telconet, que entrega 384 Kbps por un valor de 390 dólares mensuales, según consta en las diferentes facturas emitidas por parte del ISP.

En algunos lugares del edificio existen cables de datos UTP cat-5 que se encuentra descubiertos, sin la protección del caso.

Equipos que existen en la red.- la red está constituida de cableado UTP cat-5 con conectores RJ-45, cada cable se conecta directamente a su computador, switch de 24 puertos marca D-Link DES 1024 D, dos router inalámbrico marca D-

link Dir 300, que secciona la red en dos redes distintas la primera red con la dirección IP 192.168.2.0/24, para el uso interno de los empleados (acceso a la Internet, compartición de Impresoras, datos). La otra red es para distribuir el servicio de la Internet al parque central, con la dirección IP 192.168.10.0/24, servidor Linux propio del ISP, y 21 computadoras.

Seguridades de la red actual.- La red de datos de la I. Municipalidad no tiene cambiada la clave y el usuario que viene por defecto en el Router D-link, no permite el acceso a la red diferenciando direcciones MAC o direcciones IP, está habilitado DHCP, ósea que cualquier usuario puede conectarse a la red, teniendo acceso a un cable o a un punto de conexión, están restringidas ciertas direcciones URL.

Estructura de la red actual.

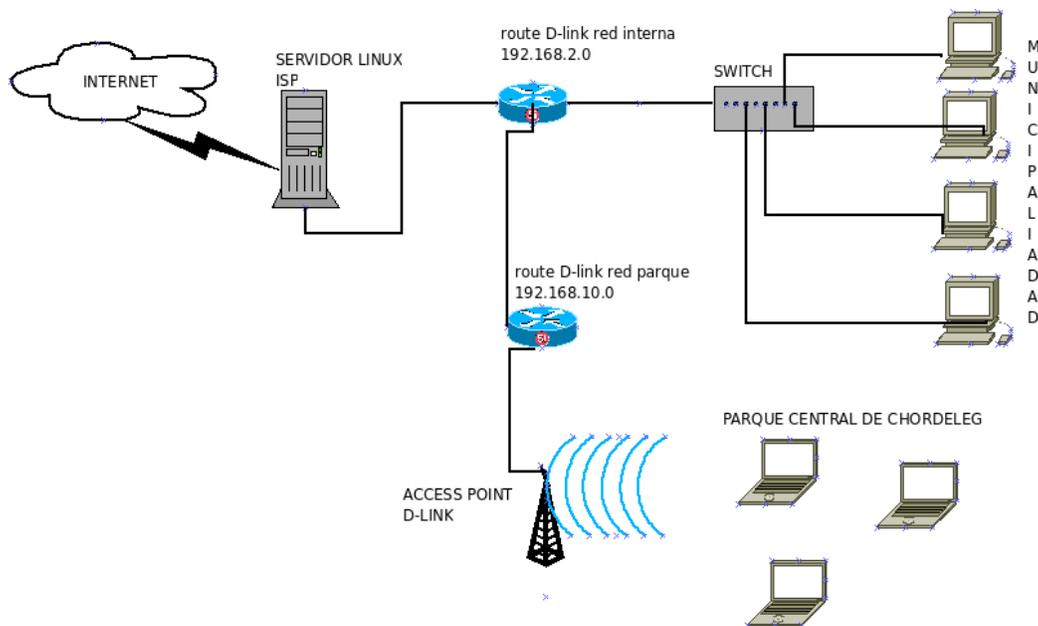


Figura. 5: Estructura de la red interna del Municipio de Chordeleg en la actualidad

2.3.1. Análisis del medio de transmisión a ser usado.



En la I. Municipalidad de Chordeleg existe ya una red que tiene como medio de transmisión cable UTP-CAT 5, pero que en la actualidad se encuentra en un pésimo estado (ver Figura. 4), por tal motivo se ve la necesidad de implementar nuevas alternativas de acceso, para ello se presenta otra alternativa de solución, que es un medio de transmisión no guiado, utilizando tecnología WI-FI. Para la solución propuesta, se presenta un cuadro comparativo entre las alternativas existentes.

Cuadro comparativo de las dos alternativas (20 PCs.)				
	CABLE	COSTO DOLARES	WI-FI	COSTO DOLARES
Tiempo de implementación (una persona)	20 días laborables	200	Dos días laborables	100
Costo de la implementación	(cable, canaletas, RJ-45)	589	(tarjetas WI-FI)	600
Equipos	Un Switch de 24 puertos, un router	120	Un Router inalámbrico	60
Estética del edificio	Considerable	-	No considerable	-
Crecimiento de la red	Lento		Rápido	
Distancias (metros)	Distancia más larga, 45 m. desde el switch hasta la PC. más lejana	-	Distancia más larga, 22 m. desde el router inalámbrico hasta la PC. más lejana	-
Velocidad de transmisión	100Mbps	-	Estándar 802.11/g 54 Mbps	-
Estabilidad del enlace	Mayor estabilidad	-	Menor estabilidad	-



Seguridad del enlace	Mayor seguridad	-	Menor seguridad	-
----------------------	-----------------	---	-----------------	---

Tabla 2: Cuadro Comparativo de costos entre los medios de transmisión

Como se puede apreciar en la tabla 2, es por demás los beneficios que obtenemos utilizando una tecnología WI-FI, en cuanto a la seguridad de acceso inalámbrico se tomara una serie de implementaciones que permitan tener mayor control del acceso a la información que posee la Institución, es por ello que se presenta esta solución como la más óptima a ser implementada dentro de la I. Municipalidad del Cantón Chordeleg.

2.3.2. Elementos de la infraestructura de la red.

Los elementos que se consideran en una red de datos utilizando tecnología WI-FI son:

- Un router WI-FI o un punto de acceso (necesarios únicamente en el modo infraestructura).
- Una o más **tarjetas WI-FI** (por lo general se conectan a un puerto USB, PCI o PCMCIA); también existen adaptadores Ethernet / WI-FI, que son utilizados especialmente para las consolas de videojuegos que solo disponen de un puerto Ethernet.

Estos dispositivos corresponden a una norma; actualmente, la más común es la 802.11g pero las tarjetas o routers 802.11b son compatibles con hardware más reciente. La norma 802.11b permite una velocidad teórica máxima de 11 Mbps y la 802.11g de 54 Mbps. También existe la norma 802.11g+, que funciona a una velocidad de 108 Mbps.

Si utilizamos diferentes normas, entonces la velocidad máxima será la más baja, o sea la de la norma 802.11b. También existe la norma 802.11a que no es compatible con las otras dos, pero que se supone maneja mejor las zonas densas en conexiones inalámbricas WI-FI.

2.4. Diseño de la red.



Es indispensable para la sustentabilidad del proyecto que la capacidad de la Internet sea centralizado en un solo sitio, lo que permitirá manejar economías de escala en la contratación de acceso, así como permitir que las continuas mejoras en precio y velocidad de la Internet puedan ser aprovechadas por el proyecto, además la posibilidad de crecimiento es una posibilidad cierta en el mediano plazo, por lo que resulta recomendable el uso de plataformas flexibles acordes a este requerimiento.

Requerimientos funcionales.-

1. Permitir la generación de archivos LOG. (registro de eventos).
2. Control de acceso a la red interna.
 - Claves WPA2.
 - Restricción de acceso al medio con direcciones IP.
 - Restricción de acceso al medio con Direcciones MAC.
3. Implementación de VLANs.
4. Priorización del tráfico.
5. Control de acceso a la Internet (servidor RADIUS)
6. Restricción de paginas no deseadas (pornografía).
7. Tarjetas inalámbricas.

2.4.1. Permitir la generación de archivos LOG. (Registro de eventos).

En una red de datos es indispensable, que exista una constancia de los diferentes eventos que sucede en una red, por tal razón se ve necesario elementos que permitan registrar lo que pasa.

Un dispositivo que es indispensable dentro de la red interna de la I. Municipalidad es un Router inalámbrico que soporte tecnología WI-FI y que también genere archivos LOG.

2.4.2. Control de acceso a la red interna.



- **Claves WPA2.-** La seguridad de la red es uno de los factores más importantes a tener en cuenta, la encriptación WPA2, es uno de los mejores algoritmos que existe en el mercado, de esta manera los dispositivos a ser utilizados en este proyecto tienen que soportar WPA2 en el punto de acceso.
- **Restricción de acceso al medio con direcciones IP.** Otros de los puntos a considerar es el acceso al medio en el cual tendremos la disponibilidad de la red para compartir archivos, recursos y servicios.

En la red, todos los elementos que se quieran conectar a la red tendrán una dirección IP estática, creada por el administrador de la red, logrando de esta manera que cuando una persona con fines mal intencionados quiera conectarse a la red interna de la Municipalidad se le haga más complicado el acceso.

- **Restricción de acceso al medio con Direcciones MAC.** La restricción de direcciones MAC es otra alternativa, a eventos maliciosos generados por personas mal intencionadas; y, es un aporte a la seguridad interna de la red.

2.4.3. Implementación de VLANs.

La implementación de VLANs dentro de la red, es una solución que tiene un gran aporte, a la infraestructura de una red, y en este escenario no puede ser la excepción, debido a que existen ciertos usuarios que se van a conectar con el servidor integrado del sistema de cobro de planillas, catastros, y de servicios en general.

Creación de VLAN:

VLAN 1.- Departamento Administración General.
Departamento de Administración Financiera.
Departamento Jurídico



- VLAN 2.- Departamento de Justicia Policía y Vigilancia.
Departamento de Acción Social Municipal.
- VLAN 3.- Departamento de Educación y Cultura.
- VLAN 4.- Departamento de Agua Potable
Departamento de Obras Públicas
- VLAN 5.- Departamento de Unidad de Gestión Ambiental.
- VLAN 6.- Departamento de Salud.

2.4.4. Priorización del tráfico.

La priorización del tráfico es otro punto a ser considerado como muy importante. Existen dos métodos la asignación estática y la asignación dinámica

La asignación estática es una técnica eficiente cuando no suceden muchos cambios en la topología de la red y sobre todo, cuando no existen muchos movimientos de entrada, salida, alta y baja de usuarios en la red; para el caso de una red pública o donde la identidad de los usuarios cambia constantemente. Si la idea principal de la asignación estática es que ya se conoce la identidad de los usuarios y se les asigna una dirección IP, la asignación estática cumple la función de regulación para las actividades que realice dicho usuario.

Este caso se vuelve complicado de manejar en redes públicas cuando muchos usuarios que hacen uso temporal de la red, ingresan, si lo que interesa es conservar un buen desempeño de todas las funciones de la red. El segundo punto es crear un “nivel de privilegios” donde se puedan agrupar a todos estos usuarios que no son habituales. Hasta este punto no existiría problema alguno y la asignación de ancho de banda estática cumpliría su función perfectamente, si en un momento dado, uno o varios usuarios pidieran tener más privilegios sobre el ancho de banda y se les concedieran, el administrador de la red tendría que entrar a la opción de configuración y hacer el procedimiento necesario para asignar a dicho usuario el ancho de banda solicitado, generalmente la identificación del usuario seguiría siendo por IP.



La asignación dinámica ahorraría este trabajo al administrador pues el principio de responder a un evento de conexión, hace que el mismo sistema realice una reasignación del ancho de banda, las clases pueden almacenar información sobre distintas asignaciones de ancho de banda para los distintos usuarios. Para el presente trabajo, la asignación dinámica del ancho de banda se enfocará en la interacción de uno o varios sistemas para reducir al mínimo la intervención del administrador de la red, y la asignación estática será el proceso que realiza manualmente el administrador para cambiar las preferencias de un usuario por medio de una configuración. Cabe aclarar que la configuración dinámica siempre debe partir de una configuración inicial al ejecutar el sistema por primera vez, en este proyecto se utilizara la asignación de ancho de banda dinámica, con excepciones de las instituciones educativas, y Municipio

2.4.5. Control de acceso a la Internet (servidor RADIUS).

RADIUS significa "Remote Authentication Dial Users Services", que es un procedimiento de sistema y ofrece acceso centralizado, la autorización, así como administración de contabilidad para las personas o equipos para agregar y utilizar un servicio de red. A menudo hay necesidad de "autenticación" cuando una persona trata de entrar a una red. RADIUS permite funcionamiento centralizado de datos como la certificación, nombres de usuario y contraseñas, también, el servidor RADIUS se pueden acumular estos datos certificados a nivel local pero también puede almacenar datos de autenticación, al aire libre en una base de datos SQL externas, o incluso un archivo de UNIX.

2.4.6. Restricción de páginas no deseadas (pornografía).

Los usuarios tendrán una restricción de páginas negras, para evitar el uso indiscriminado del ancho de banda y se concentren en hacer su trabajo de forma eficiente y rápida, para ello se generara una lista de páginas negras en servidor Proxy, así como también en los routers inalámbricos que tienen que soportar filtración de URL.

2.5 Sistema Operativo a utilizar en la I. Municipalidad.



En la actualidad todas las PCs, que están dentro de la I. Municipalidad del Cantón Chordeleg trabaja sobre Windows XP y Windows Vista, de tal forma que la Municipalidad gastaría mucho tiempo y dinero en antivirus, licencias de Windows y paquetes de Office. Si hiciéramos cuenta en dinero, como ejemplo de 23 PCs, tendríamos que pagar un total de de \$ 9.430,00 dólares en licencias (antivirus, paquete de Office, licencia de Windows,).

Para ello se presenta la siguiente solución.

Implementar en algunos departamentos la utilización de software libre (UBUNTU 9.04), obedeciendo al decreto presidencias 1014, en el cual se describe lo siguiente:

Artículo 1.- Establecer como política pública para las Entidades de la Administración Pública Central la utilización de Software Libre en sus sistemas y equipamientos informáticos.

Artículo 2.- Se entiende por Software Libre, a los programas de computación que se pueden utilizar y distribuir sin restricción alguna, que permitan su acceso a los códigos fuentes y que sus aplicaciones puedan ser mejoradas.

Estos programas de computación tienen las siguientes libertades:

- a) Utilización del programa con cualquier propósito de uso común
- b) Distribución de copias sin restricción alguna.
- c) Estudio y modificación del programa (Requisito: código fuente disponible)
- d) Publicación del programa mejorado (Requisito: código fuente disponible).

Artículo 3.- Las entidades de la Administración Pública Central previa a la instalación del software libre en sus equipos, deberán verificar la existencia de capacidad técnica que brinde el soporte necesario para el uso de este tipo de software.

Artículo 4.- Se faculta la utilización de software propietario (no libre) únicamente cuando no exista una solución de Software Libre que supla las necesidades requeridas, o cuando esté en riesgo la seguridad nacional, o cuando el proyecto informático se encuentre en un punto de no retorno.

La implementación no se puede realizar en todas las máquinas debido a que la



AME (Asociación de Municipalidades del Ecuador) instaló sistemas que trabajan bajo plataforma Windows, pero se puede cambiar de las 23 PCs, que trabajan con Windows a 10 PCs, para que trabajen con Ubuntu 9.04 haciendo un ahorro de \$ 4.100,00 dólares. Por tal motivo se sugiere lo descrito.

2.6 Información técnica general.

Equipos:

Los equipos que se van a utilizar para cubrir los requerimientos funcionales de la red son:

1. **Route Inalámbrico D-LINK Router RangeBooster N650**, (ver Figura. 6.)

Un router es un dispositivo de interconexión de redes informáticas que permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos.

Cuando un usuario accede a una URL, el cliente web (navegador) consulta al servidor de dominios, el cual le indica la dirección IP del equipo deseado.

La estación de trabajo envía la solicitud al router más cercano, es decir, a la pasarela predeterminada de la red en la que se encuentra; este router, determinará así el siguiente equipo al que se le enviarán los datos para poder escoger la mejor ruta posible; para hacerlo, el router cuenta con tablas de enrutamiento actualizadas, que son verdaderos mapas de los itinerarios que pueden seguirse para llegar a la dirección de destino. Existen algoritmos dedicados a esta tarea.

Existen dos tipos de algoritmos de enrutamiento principales:

- Los routers del tipo **vector de distancias** generan una tabla de enrutamiento que calcula el "costo" (en términos de número de saltos) de cada ruta y después envían esta tabla a los routers cercanos. Para cada solicitud de conexión el router elige la ruta menos costosa.
- Los routers del tipo **estado de enlace** escuchan continuamente la red para poder identificar los diferentes elementos que la rodean. Con esta información, cada router calcula la ruta más corta (en tiempo) a los routers cercanos y envía esta





información en forma de paquetes de actualización; finalmente, cada router confecciona su tabla de enrutamiento calculando las rutas más cortas hacia otros routers (mediante el algoritmo de *Dijkstra*).

Figura. 6: Router inalámbrico con tecnología MIMO

2.7 Especificaciones técnicas:

Extiende la cobertura de la red Inalámbrica: Equipado con la tecnología Wireless N, este router de alto rendimiento proporciona total cobertura en todos los departamentos, al mismo tiempo que elimina los puntos muertos donde la señal antes no tenía acceso. El Router RangeBooster N650 está diseñado para su funcionamiento en grandes casas y pensado para usuarios que desean una red de alto rendimiento. Incorpore un adaptador Wireless N para su laptop o desktop y mantiene la conexión desde cualquier punto de las oficina.

El Router RangeBooster N650 soporta las últimas características de seguridad inalámbrica para evitar el acceso no autorizado, ya sea desde la red inalámbrica o desde la Internet. El soporte para los estándares WPA y WEP garantiza que podrá usar la mejor encriptación posible, independientemente de los dispositivos de red que tengan los PCs que se conecten a la red. Además, el router *Router RangeBooster N650* incorpora un potente sistema de seguridad doble Firewall (SPI y NAT), para evitar posibles ataques provenientes desde la Internet.

Al ofrecer el mejor rendimiento inalámbrico, completa seguridad para la red y la mayor cobertura para todas las oficinas, este modelo de router (*Router RangeBooster N650*) es el elemento central ideal. Para compartir el acceso a la red para todos los usuarios disponibles, en la I. Municipalidad.

2.7.1 Acerca de los servidores Proxy (Squid).

Squid es un Servidor Intermediario (Proxy) de alto desempeño que se ha venido desarrollando desde hace varios años siendo hoy en día muy popular y



ampliamente utilizado entre los sistemas operativos como GNU/Linux y derivados de Unix. Es muy confiable, robusto, versátil y se distribuye bajo los términos de la Licencia Pública General GNU (GNU/GPL). Siendo sustento lógico libre, está disponible el código fuente para quien así lo requiera.

Entre otras cosas, Squid puede funcionar como Servidor Intermediario (Proxy) y caché de contenido de Red para los protocolos HTTP, FTP, GOPHER y WAIS, Proxy de SSL, caché transparente, WWCP, aceleración HTTP, caché de consultas DNS y otras muchas más como filtración de contenido y control de acceso por IP y por usuario.

Squid consiste de un programa principal como servidor, para búsqueda en servidores DNS, opcional para reescribir solicitudes, realizar autenticación, y algunas herramientas para administración y herramientas para clientes. Al iniciar Squid da origen a un número configurable de procesos de búsqueda en servidores DNS, cada uno de los cuales realiza una búsqueda única en estos servidores, reduciendo la cantidad de tiempo de espera para las búsquedas, esto se puede implementar en una computadora de escritorio normal con características de bajas prestaciones.

2.7.2 Servidor Radius.

Existen algunos mensajes definidos por los RFC 2865 y 2866:

Access-Request

Enviado por un cliente RADIUS para solicitar autenticación y autorización para conectarse a la red. Debe contener el usuario y contraseña (ya sea de usuario o CHAP); además del puerto NAS, si es necesario.

Access-Accept

Enviado por un servidor RADIUS en respuesta a un mensaje de Access-Request. Informa que la conexión está autenticada y autorizada y le envía la información de configuración para comenzar a usar el servicio.



Access-Reject

Enviado por un servidor RADIUS en respuesta a un mensaje de Access-Request. Este mensaje informa al cliente RADIUS que el intento de conexión ha sido rechazado. Un servidor RADIUS envía este mensaje ya sea porque las credenciales no son auténticas o por que el intento de conexión no está autorizado.

Access-Challenge

Envío de un servidor RADIUS en respuesta a un mensaje de Access-Request. Este mensaje es un desafío para el cliente RADIUS. Si este tipo de paquete es soportado el servidor pide al cliente que vuelva a enviar un paquete Access-Request para hacer la autenticación, en caso de que no sea soportado, se toma como un Access-Reject.

Accounting-Request

Enviado por un cliente RADIUS para especificar información de cuenta para una conexión que fue aceptada.

Accounting-Response

Enviado por un servidor RADIUS en respuesta a un mensaje de Accounting-Request, el mensaje reconoce el procesamiento y recepción exitosa de un mensaje de Accounting-Response.

Para la implementación del servidor RADIUS, utilizamos las siguientes herramientas de hardware y software:

- Un servidor HP ML110 con Linux que servirá como servidor RADIUS (en nuestro caso, Ubuntu).
- Laptops con tarjetas inalámbricas usadas como clientes.
- FreeRADIUS como servidor.
- MySQL para el almacenamiento de datos de usuarios.

2.7.3 Tarjetas de red.

El DWA-510 es un adaptador inalámbrico PCI que ofrece un rendimiento de hasta 54 Mbps y utiliza las últimas tecnologías de codificación. Fácil de utilizar, el DWA-510 tiene la norma 802.11g, y se conecta automáticamente a la red a través de un punto de acceso o de un router inalámbrico. Las posibilidades de red inalámbrica del DWA-510 son la respuesta ideal y asequible para las necesidades que tiene la red de la I. Municipalidad. Ver Figura. 7



**Figura. 7: Tarjeta
PCI para clientes
2.8 Cálculo del
ancho de
banda
necesario.**

Antecedentes.

Los empleados municipales del Cantón Chordeleg, usan actualmente el servicio de la Internet únicamente para el acceso a correos (E-mails), consultas a ciertas páginas como por ejemplo; IESS, Servicio de Rentas Internas, Banco Central del Ecuador y Compras Públicas, algunos departamentos usan mas este servicio que otros, por lo tanto se describen a continuación:

- **Departamento de Administración General.**
 1. Alcalde Dr. Flavio Barros, utiliza el servicio de la Internet para: revisar su correo, consultas, información política - administrativa, boletines de prensa.
 2. Secretaria del I. Concejo, Sra. Mariuxi Toledo, utiliza el servicio de la Internet para: revisar su correo, consultas y boletines informativos prensa, envío de documentos vía e-mails, invitaciones para eventos, reuniones, etc.
 3. Auxiliar de Secretaria, Sra. Zaida Vásquez, utiliza el servicio de la Internet, para correo electrónico, consultas, información, envío y



recepción de documentos.

4. Relacionadora Pública, Lcda. Fernanda Chicaiza, utiliza el servicio de la Internet para: revisar su correo, consultas, envío y recepción de boletines de prensa, envío de información.

- **Departamento Financiero.**

1. Director Financiero Ec. Ernesto Ulloa, utiliza el servicio de la Internet para: revisar su correo, consultas sobre nuevas leyes y reglamentos tanto en el Registro Oficial, u otros mecanismos, información tributaria, llena datos sobre información de pliegos y requerimientos de la Institución al Portal de Compras Públicas.
2. Contadora Sra. Susana Torres, utiliza el servicio de la Internet para: revisar su correo, consultas al Registro Oficial, nuevas leyes y reglamentos, información tributaria, revisión de estados de cuenta, saldos, cortes de cuenta, transferencias, de las cuentas de la Municipalidad, envío de la información financiera mensual de la Municipalidad al Ministerio de Finanzas por medio del Sistema Integrado de Información Financiera (SIGEF),
3. Auxiliar de Contabilidad Ing. Peláez Marlene, utiliza el servicio de la Internet para: revisar su correo, consultas, actualizaciones de ingreso y salida de personal de la Entidad a la página del IESS, aportes, Fondos de reserva, Anexos transaccionales mensuales en la página del SRI.
4. Tesorera, Sra. Miriam Peláez, utiliza para envió de datos para transferencias por medio del Sistema de Pagos Interbancarios, al Banco Central del Ecuador, revisión de datos de pagos y transferencias, saldos, de las cuentas de la I. Municipalidad.
5. Arq. Bertha Brito, Jefe de Avalúos y Catastros, utiliza para información sobre la Actualización de Catastros, índice de precios, nuevas leyes y reglamentos sobre el tema.
6. Srta. Nashly Valencia, Guardalmacén Municipal, utiliza el servicio de la



Internet, para información, banco de datos de proveedores, de bienes y servicios, correo electrónico, y subir información al portal de Compras Públicas.

- **Departamento de Justicia, Policía y Vigilancia.**

1. Sr. Carlos Macao, Comisario Municipal, utiliza la Internet, para su correo electrónico, trámites, boletines informativos, leyes y reglamentos.

2. Srta. Doris Sigcha, Inspector de Comisaria, utiliza para correo electrónico, envió y recepción de documentación.

- **Departamento de Educación y Cultura.**

1. Sra. Yolanda Cárdenas, Coordinadora de Turismo, utiliza para correo, envió y recepción de documentos, gestión de turismo con diversos entes del País, actualización de datos para la página web, coordinación de eventos relacionados con el turismo del Cantón.

2. Sra. Malena Ochoa, Bibliotecaria Municipal, utiliza para revisar el correo.

- **Departamento de Acción Social Municipal.**

1. Lcda. Renata Brito, utiliza el servicio de la Internet para correo electrónico.

2. Dra. Carmen Tello Secretaria Ejecutiva del Consejo de la Niñez y Adolescencia, revisa correo electrónico, y envió y recepción de documentos sobre la niñez y adolescencia.

- **Departamento Jurídico.**

- 1.- Dr. Franklin Torres, utiliza el servicio de la Internet para correo electrónico, revisión de ordenanzas, leyes vigentes y derogadas, reglamentos de Instituciones del Gobierno Seccional.

- **Departamento de Agua Potable.**

En la actualidad no existe un funcionario de planta que este hecho cargo a



tiempo completo de este Departamento.

- **Departamento de Obras Públicas.**

1. Arq. Diego Saquicela, Planificador Urbano, utiliza el servicio de la Internet para: revisar su correo, consultas y boletines informativos del INEC sobre análisis de precios, materiales de construcción mano de obra, para revisar el presupuesto de obras.
2. Arq. Alfredo Ron, Director de Obras Públicas, utiliza el servicio de la Internet para: revisar su correo, consultas y boletines informativos del INEC sobre análisis de precios, materiales de construcción, mano de obra, para revisar el presupuesto de obras, sube información al portal de compras públicas y actualiza información en dicho portal.
3. Secretaria de Obras Públicas, Sra. Paola Torres, utiliza el servicio de la Internet para revisar su correo, envío y recepción de información a Contratistas o proveedores de servicios.
4. Ing. Pablo Torres, Inspector de obras, utiliza el servicio de la Internet para: revisar su correo, Consultas y boletines informativos del INEC sobre análisis de precios, materiales de construcción mano de obra, para revisar el presupuesto de obras.

2. **Departamento de Unidad de Gestión Ambiental.**

1. Ing. Jhon León, Jefe del Departamento, utiliza la Internet, para revisar correo, envío y recepción de información con CG Paute, y la Unidad de Gestión Ambiental.
2. Ing. Oswaldo Torres, Técnico de la Unidad de Gestión Ambiental, utiliza para revisar correo, envío y recepción de información, sobre planificación y otros temas.

- **Departamento de Salud.**

Sin acceso a la Internet.



2.9 Ancho de banda.

En conexiones a la Internet el ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bytes por segundo (Bps), kilobits por segundo (Kbps), o megabits por segundo (Mbps). En las redes de ordenadores, el ancho de banda a menudo se utiliza como sinónimo para la tasa de transferencia de datos “la cantidad de datos que se puedan llevar de un punto a otro en un período dado (generalmente un segundo)”. Esta clase de ancho de banda se expresa generalmente en bits (de datos) por segundo (bps). En ocasiones, se expresa como bytes por segundo (Bps).

En general, una conexión con ancho de banda alto es aquella que puede llevar la suficiente información como para sostener la sucesión de imágenes en una presentación de vídeo.

Debe recordarse que una comunicación consiste generalmente en una sucesión de conexiones, cada una con su propio ancho de banda si una de estas conexiones es mucho más lenta que el resto actuará como cuello de botella.

Existen dos términos importantes:

- **Ancho de banda teórico (el adquirido o contratado)**
- **Ancho de banda real o tasa efectiva**

2.9.1 EL ANCHO DE BANDA TEÓRICO.

Es el ancho de banda de transmisión de datos, es decir, el flujo total de bits que puede enviar por segundo. En este valor se toma en cuenta toda la información que envía en cada sesión que realiza: bits de control, encabezados de transmisión y datos de usuario. Todos estos bits necesitan ser enviados en cada sesión para proveer la comunicación; los datos de usuario son una parte del flujo de datos pero no son su totalidad por lo que se debe tener siempre en cuenta.



2.9.2 EI ANCHO DE BANDA REAL Ó TASA EFECTIVA.

Es el ancho de banda de la transmisión de datos, muestra un valor aproximado del ancho de banda utilizado para transferir un archivo o datos entre un punto y otro, siempre es menos que el ancho de banda teórico.

2.9.3 Dimensionamiento de la red.

Nos conformaremos con lograr una buena aproximación, pues luego al contratar, hay que hacer un redondeo forzoso.

En la I. Municipalidad se tomaran muestras del tráfico que se genera todos los días, por cada PC. Para lo cual se utilizara los reportes de los LOG generados en un servidor proxy.

Para el cálculo de ancho de banda se asumirá el Método Lineal de aproximación de mínimos cuadrados El tráfico que se calculara, es, http, e-mail, etc. Este método no realiza el cálculo del tráfico que generara el servicio de VoIP, ya que con este servicio no cuenta la I. Municipalidad para este tráfico se realizara de otra forma. Luego de tener los dos cálculos se sumaran y ese valor será el ancho de banda que se debe contratar para brindar un servicio aceptable.

2.9.4 Método Lineal de aproximación de mínimos cuadrados.

El método de mínimos cuadrados es un conjunto de pasos utilizado para aproximar un conjunto de puntos a un modelo, el cual puede ser lineal, cuadrado, exponencial, etc.

Se basa en el principio de reducir la varianza al mínimo, adecuándolo a uno de los modelos anteriormente citados, además brinda información importante sobre la tendencia que tendrá alguna variable en cuestión.

En otras palabras, el método de mínimos cuadrados es una técnica de optimización matemática que, dada una serie de mediciones, intenta encontrar una función que se aproxime lo mejor posible a los datos.

Intenta minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas entre los puntos generados por la función y los correspondientes en los datos.

Un requisito implícito para que funcione el método de mínimos cuadrados es que



los errores de cada medida estén distribuidos de forma aleatoria, también es importante que los datos recogidos estén bien escogidos, para que permitan visibilidad en las variables que han de ser resueltas.

2.9.5 Utilización del método lineal de estimación de mínimos cuadrados aplicando al proyecto.

Se describirá cada paso para realizar el cálculo utilizando este método:

1. Primero se tomó una muestra de 30 días laborables sacando el tráfico generado por cada dirección IP, considerando únicamente las horas de mayor tráfico. En dos columnas, una el numero de PCs y la otra el ancho de banda consumida por ellas.
2. Luego de la obtención de las muestras se saco una media de cada 3 días de los picos de consumo mas altos, esto hará que el cálculo sea más robusto en su respuesta.
3. Se procede a ingresar los datos en una hoja de cálculo (Excel), ver tabla 3.

Nro. Computadoras	Ancho de banda suma de todo el trafico (Kbps)
4	69
5	57
6	71
7	86
8	142
9	146
10	143
11	148
12	135
13	189

Tabla. 3 muestra para el cálculo de ancho de banda utilizando mínimos cuadrados.

Se hace una aclaración, no necesariamente por tener mas computadoras



que estén generando tráfico existe más consumo de ancho de banda esto se observa claramente en la muestra de la tabla 3, con 4 computadoras existe un consumo de ancho de banda de 69 Kbps, analizando lo que los usuarios realizaron ese momento se aprecia de que la mayoría de usuarios estaban consultando páginas de contenían fotos y video, pero cuando se incremento a 5 computadoras la mayoría de los usuarios solamente accedieron a páginas de poco consumo de ancho de banda, consumiendo únicamente 57 Kbps. Recordando que los datos obtenidos es de los historiales (logs).

4. En el método lineal de estimación de mínimos cuadrados existe las formulas siguientes:

$$\sum Y = n \cdot a + b \sum X$$

$$\sum X \cdot Y = a \sum X + b \sum X^2$$

5. Entonces la columna de Nro. De computadoras corresponde a la variable X y la columna de ancho de banda corresponde a la variable de Y.
6. Considerando lo anterior realizamos la siguiente tabla:

X	Y	XY	X ²
4	121	484	16
5	81	405	25
6	71	426	36
7	86	602	49
8	160	1280	64
9	164	1476	81
10	154	1540	100
11	178	1958	121
12	151	1812	144
13	210	2730	169
85	1376	12713	805

Sumatoria

Tabla 4. Producto de la muestra X, Y

7. Sustituyendo en las formulas tenemos:



$$\sum Y = n \cdot a + b \sum X$$

$$1376 = 10 \cdot a + b \cdot 89$$

$$\sum X \cdot Y = a \sum X + b \sum X^2$$

$$12713 = 89 \cdot a + b \cdot 809$$

8. Ahora tenemos que multiplicar cada elemento de la ecuación por $-X$ y por n respectivamente. Considerando que n es el número de la muestra, y para la demostración es de 10

$$1376(-89) = 10 \cdot a \cdot (-89) + b \cdot 89 \cdot (-89).$$

$$12713(10) = 89 \cdot a \cdot (10) + b \cdot 809 \cdot (10).$$

9. Posteriormente se realiza el cálculo, obteniendo:

$$-116960 = a \times (-850) + b \times (-7226)$$

$$127130 = 850 \cdot a + b \cdot 8090.$$

10. Ahora sumamos las ecuaciones para obtener:

$$10170 = -0 + b \cdot 825.$$

11. Despejamos la variable b y tenemos:

$$b = \frac{10170}{825}$$

$$b = 12.32$$

12. Encontrado el valor de b podemos hallar la variable a . despejando en cualquier ecuación

$$\sum Y = n \cdot a + b \sum X = 32.79$$

$$a = 32.79$$

13. Tenemos entonces que los coeficientes de regresión son: $a = 32.79$ y $b = 12.32$. Significa entonces que por cada incremento en una unidad en X el valor de Y se aumenta en 12.32



14. De la ecuación $\hat{Y} = a + b * X$

Ingresando los valores encontrados tenemos la ecuación de regresión estimada:

$$\hat{Y} = 32.79 + 12.32 * X$$

Entonces podemos estimar para un número de PCs en la variable X y para nuestro cálculo tenemos que ingresar el número de PCs que cuenta la Municipalidad.

$$\hat{Y} = 32.79 + 12.32 * 22 \text{ Se necesita de un ancho de banda de } \mathbf{304 \text{ Kbps.}}$$

La figura 8 muestra como se distribuye el consumo del ancho de banda para 10 PCs; También nos muestra la estimación lineal del ancho de banda.

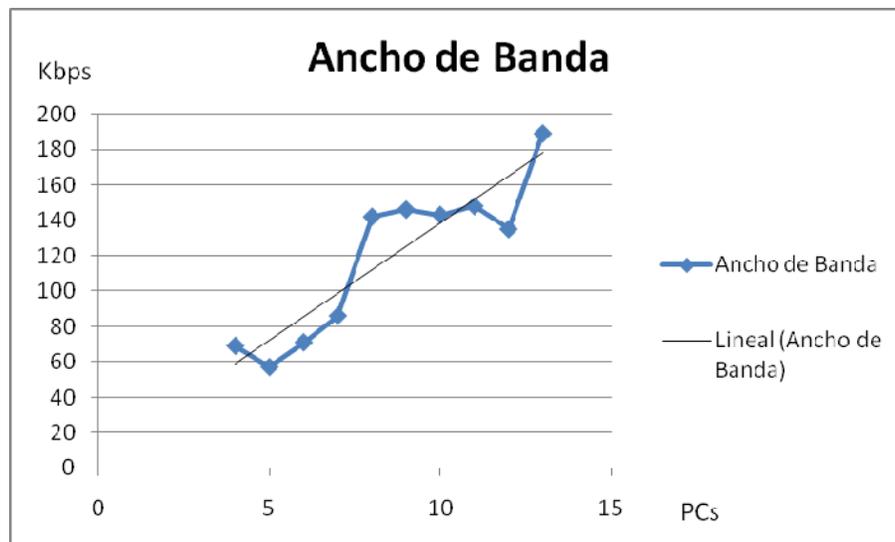


Figura 8. Tendencia del uso del ancho de banda

Para validar la relación que se tiene de las variables conocidas con las estimadas se procede analizar los cálculos en Excel.

Entonces tenemos:

2.9.6 Coeficiente de correlación lineal muestral de Pearson (r).



El coeficiente de correlación de Pearson (r) es un índice que mide la magnitud de la relación lineal entre 2 variables cuantitativas, así como el sentido, positivo o negativo, de dicha relación. Indica en qué grado 2 variables X e Y fluctúan simultáneamente, es decir cuánto aumenta X al aumentar Y (correlación positiva), o cuánto aumenta X al disminuir Y (correlación negativa). A diferencia de la regresión lineal, el coeficiente de correlación no presupone dependencia de una variable respecto a la otra; X , Y se sitúan a un mismo nivel

El valor del índice de correlación varía en el intervalo $[-1, +1]$:

- * Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica una independencia total entre las dos variables, es decir, que la variación de una de ellas puede influir en el valor que pueda tomar la otra. Pudiendo haber relaciones no lineales entre las dos variables, estas pueden calcularse con la razón de correlación.

- * Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en idéntica proporción.

- * Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.

- * Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en idéntica proporción.

- * Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.

Se ha calculado usando el programa Excel 2007 el cual nos da un valor de $r = 0.9$ indicándonos que existe una correlación positiva.

2.9.7. Dimensionamiento de la red. tráfico VoIP.

Cabe anotar que el dimensionamiento de tráfico de VoIP no entra en el análisis del proyecto ya que en el alcance, se presento únicamente para dar acceso a la Internet a instituciones como, la Municipalidad, parroquias (Instituciones educativas), y algunas oficinas públicas dentro del cantón. Por tal razón no se profundiza.



El objetivo de este análisis es estimar el ancho de banda que requerirá el servicio de VoIP, este cálculo se lo realizara únicamente para las oficinas de la I. Municipalidad del Cantón Chordeleg, ofreciendo una buena calidad de servicio

En primera instancia se debe tener en cuenta los costos que implican la instalación, operación, mantenimiento y gestión de la red; que todos estos gastos sean menores al que es ofrecido por un servicio telefónico convencional.

Indicadores a tener en cuenta en el diseño de una red VoIP.

- **Indicadores Cualitativos.**

Son parámetros relacionados con la calidad de la comunicación de voz.

Calidad de la Voz. Es el principal indicador de todo el sistema. Si podemos sostener una comunicación con una adecuada calidad de voz entonces es una prueba de que la red se ha diseñado de manera correcta. “Hay dos formas de probar la calidad de la voz: subjetiva y objetivamente. Los humanos realizan pruebas de calidad de voz subjetivas, mientras que las computadoras realizan pruebas de voz objetivas”.

- **Indicadores Cuantitativos.**

Nos indican en cantidades específicas los resultados alcanzados en la comunicación de voz.

- **Ancho de Banda.** Dependiendo del codec que se use y el número de muestras de voz que se quiera por paquete, la cantidad de ancho de banda por llamada puede incrementarse drásticamente.
- **Retraso/Latencia.** La recomendación G.114 de la ITU-T sugiere que no haya más de de 150 milisegundos (ms) de retraso de extremo a extremo para mantener una “buena” calidad de voz.
- **jitter.** Es la variación del tiempo de llegada de un paquete. El jitter entre el punto inicial y final de la comunicación debiera ser inferior a 100 ms. Si el



valor es menor a 100 ms el jitter puede ser compensado de manera apropiada, en caso contrario debiera ser minimizado.

Modelos de tráfico.

- **Erlang (B).** En este modelo, las llamadas bloqueadas son reencaminadas y nunca retornan a la troncal original. El llamante realiza un solo intento de establecer la llamada. Si se bloquea la llamada se reencamina inmediatamente. Este modelo implica un número infinito de terminales y un número finito y mucho menor de órganos capaces de cursar tráfico. El modelo “Erlang B” es usado para calcular una de las siguientes tres variables cuando son conocidas dos de ellas:
 - 1) El número de llamadas en hora pico.
 - 2) El porcentaje de llamadas que no serán atendidas.
 - 3) El número de líneas.

Para el modelo de tráfico Erlang B tenemos la fórmula de la probabilidad que es:

$$P = \frac{\frac{a^n}{n!}}{\sum_{x=0}^n \frac{a^x}{x!}}$$

En donde;

P: Probabilidad de bloqueo.

a: Volumen de tráfico en Erlangs

n: Número de troncales.

x: Número de canales ocupados.

Dimensionamiento de la Red VoIP.

El cálculo del ancho de banda es muy crítico.

En este ancho de banda influyen fundamentalmente tres factores:

- El volumen de tráfico cursado (llamadas que debe soportar la red).
- El codec empleado para la generación de los paquetes de voz.
- El formato de dichos paquetes (cabecera e información útil).



En las redes telefónicas, los valores de la probabilidad de bloqueo se encuentran en torno al 0.5% o 1%.

- **Cálculo del Ancho de Banda de la Red.** Para el cálculo del ancho de banda necesario para poder cursar el flujo de llamadas de la empresa, primero debemos calcular el número de líneas telefónicas necesarias para la Municipalidad, y luego, teniendo el número de canales de voz, obtenemos el ancho de banda total con la ayuda del ancho de banda utilizado por el codec de voz.
- **Cálculo del número de líneas telefónicas.** Este cálculo se realiza con el fin de obtener el número de circuitos telefónicos necesarios para atender a los 22 abonados en la hora de mayor tráfico. Sabemos por estadísticas de tráfico en estas oficinas, que cada línea realiza en promedio dos llamadas de 3 minutos cada una durante la hora pico. En las redes telefónicas, los valores de la probabilidad de bloqueo se encuentran en torno al 0.5% ó 1%. Para este caso, trabajaremos con la probabilidad de bloqueo de 0.5%.

Procedemos a calcular la carga de tráfico por cada línea:

$$2 \text{ llamadas/hora} * 3 \text{ minutos/llamada} / 60 \text{ minutos} = 0.1 \text{ Erlang} = 100 \text{ mErl}$$

El tráfico ofrecido de estas 22 líneas es entonces:

$22 * 0.1 = 2.2 \text{ Erlang}$, utilizando la calculadora tal como se muestra la figura 9 tenemos que:

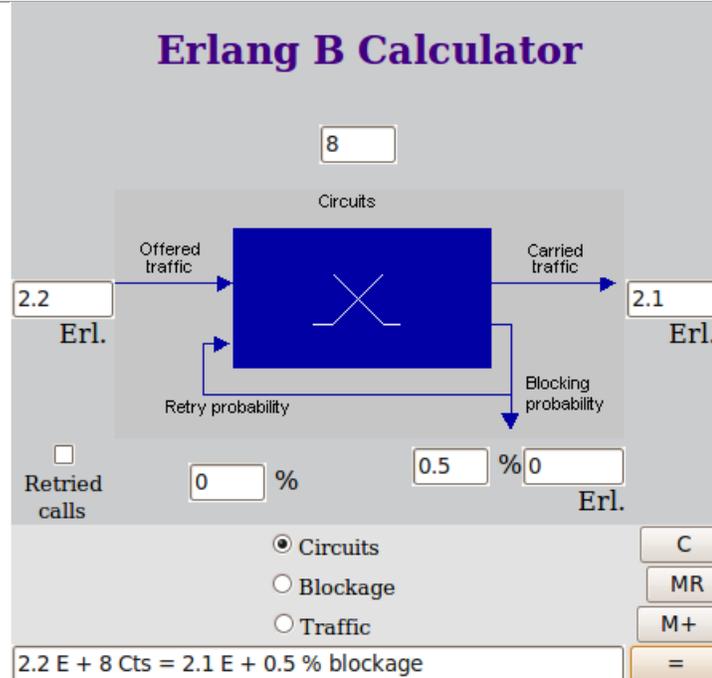


Figura 9. Calculadora de circuitos de Voz

Con este valor y el número de abonados totales, obtenemos el número de circuitos telefónicos necesarios que es 8, para satisfacer la demanda en la hora de mayor tráfico

- **Ancho de Banda requerido.** Con el número de circuitos obtenido, ahora procedemos a calcular el ancho de banda de la red en kbps. Este cálculo depende únicamente del codec de voz que utilicemos. La elección se limita a dos codecs, G.723.1 y G.726., y nos decidimos por G.726 tiene una buena calidad de voz, y un consumo de ancho de banda aceptable; Cabe resaltar que los equipos que se elegirán deberán contar con la opción de Voice Activity Detection para aminorar el ancho de banda. VAD son las siglas en inglés del algoritmo de Detección de actividad de voz (Voice Activity Detection), que nos permite;

Normalmente las comunicaciones telefónicas, en general, todas las conversaciones humanas son “half-duplex”. Un interlocutor habla mientras el otro



escucha. No sería necesario mandar los “silencios” de los interlocutores por la línea puesto que no aportan ninguna información. Estos algoritmos son capaces de detectar los silencios o la no actividad de la voz. Permittiéndonos ventajas como:

Si somos capaces de detectar los silencios podemos no enviar esa información reduciendo el ancho de banda necesario para una conversación telefónica.

A pequeña escala puede parecer poco pero imaginémonos que tenemos un servicio de 100000 llamadas simultáneas. Con este sistema podemos reducir el tráfico RTP (tráfico de datos en tiempo real) a menos de la mitad lo que supone un importante ahorro en líneas y sistema.

MAC: 18 bytes, IP : 20 bytes, UDP : 8 bytes, RTP : 12 bytes, Total cabeceras: 58 bytes

Voz [G.726(32k)] : 80 bytes

Tamaño de trama = Cabeceras + Voz = 138 bytes

Rate = Códec neto/ Códec Payload = 32000 bits/ (80*8 bits) = 50 pps

Ancho de banda = Tamaño de trama * rate = 138 * 8 * 50 = **55.2 kbps**

Encontrado el ancho de banda multiplicamos por cada circuito, y tenemos que.

Ancho de banda total = 8 canales x 55.2 kbps/canal = 441.6 Kbps

Con Voice Activity Detection se reduce hasta en un 35%

Ancho de banda (VAD) = 441.6 - 35% = 287 kbps

De este modo hemos calculado el ancho de banda requerido para hacer llamadas desde la I. Municipalidad del cantón Chordeleg, y el ancho de banda que se requiere para recibir llamadas es de 107 Kbps, y se presenta en la tabla 5.

TRÁFICO	USUARIOS	ANCHO DE BANDA
VoIP	22	287 Kbps
Http, e-mail, etc	22	304 Kbps

TOTAL DE ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA EL MUNICIPIO	591 Kbps.
---	------------------

Tabla 5. Ancho de banda total requerido para este proyecto

Todo este ancho de banda estará distribuida en dorma conjunta para toda la red interna de la I. Municipalidad con esto evitaremos que se desperdicie cuando un empleado que este fuera de su trabajo por razones como una reunión, diligencias, etc., entonces ese ancho de banda será usado por otro empleado que si lo requiera.

2.10 Topología de la red Interna de la I. Municipalidad.

Debe tener una estructura en estrella, donde la cantidad y tipo de subsistemas dependerán del diseño, así como de los requerimientos del usuario. Esta estructura de estrella provee de una gran flexibilidad requerida para adaptarse a una gran variedad de aplicaciones y usuarios. Debe tomar la forma mostrada en la Figura. 10

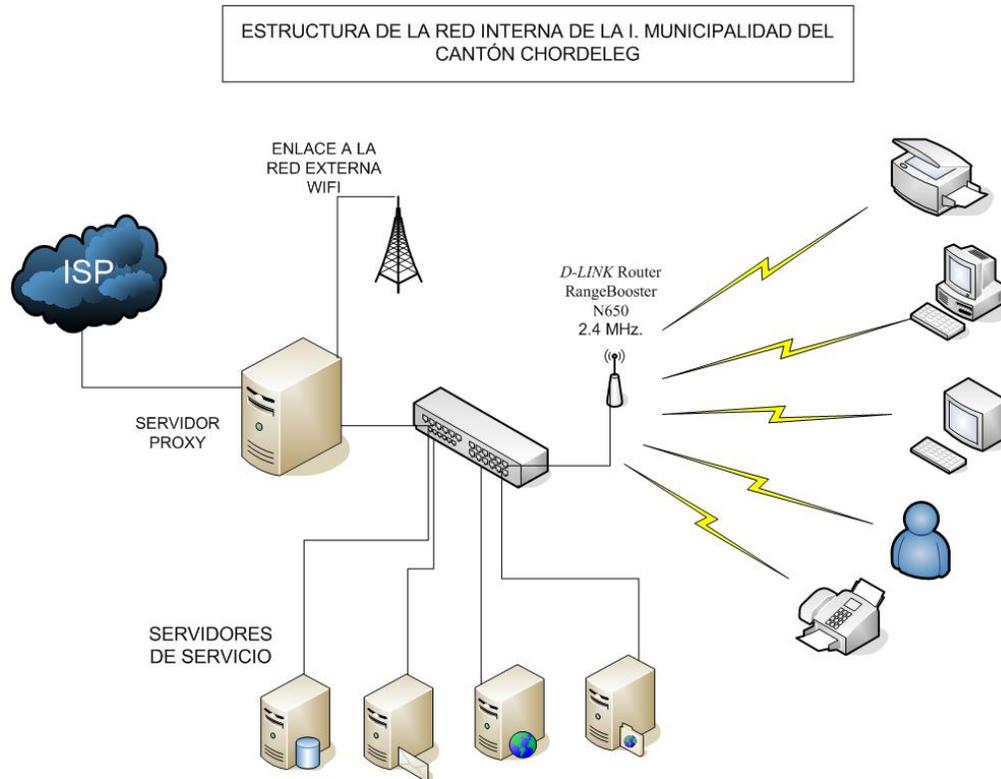


Figura. 10: Estructura de Red Interna de la I. Municipalidad de



Chordeleg

2.11 Administración de la red.

La administración de redes consiste en un gran grupo de opciones que hay que controlar para que la red funcione en forma autónoma y eficiente.

La cual enumero a continuación:

1. Gestión de usuarios
2. Gestión del hardware
3. Gestión del software
4. Distribución de ficheros
5. Monitorización de la actividad de red y Seguridad
6. Planificación de procesos
7. Protección contra virus y seguridad

CAPITULO III

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA RED EXTERNA DE LA I. MUNICIPALIDAD.

3.1 Antecedentes.

Las zonas rurales aisladas de países en vías de desarrollo son el contexto vital de más de la mitad de la población mundial, pese a lo cual es generalizada su casi total carencia de infraestructuras de comunicación y acceso a la información. La pretensión de dotar a estas zonas de conectividad a redes de datos, ha sido en los últimos años una preocupación del mayor orden de los agentes internacionales multilaterales de desarrollo, ya que en algunos casos se puede considerar un servicio básico, y en todos es un sustrato de gran importancia para el desarrollo y la promoción humana. No obstante, todos los esfuerzos por generalizar el acceso a redes de comunicación en zonas aisladas de países en desarrollo suelen topar desde los primeros pasos con la ausencia de soluciones tecnológicas realmente apropiadas, realistas y sostenibles, debido en gran parte a



las siguientes características específicas de estos contextos:

1. No sólo se carece de infraestructuras de telecomunicación; también suele ser prácticamente inexistente o de mala calidad la infraestructura de electrificación y, en muchos casos las vías de acceso. La necesidad de dotar a los sistemas de telecomunicación de alimentación eléctrica autónoma para garantizar su funcionamiento continuo y su durabilidad los encarece y dificulta su mantenimiento, y la ausencia de vías de acceso también encarece y dificulta tanto el despliegue de redes como su mantenimiento.
2. El personal técnico cualificado necesario para el mantenimiento y operación de estas tecnologías suele encontrarse en las ciudades, y resulta costoso y difícil contar con él en estas zonas.
3. La población es pobre y dispersa, por lo que no puede soportar los costos de infraestructuras al instalar, mantener y operar, tampoco los estados de los países en vías de desarrollo están en condiciones de poder subvencionar la instalación de redes de comunicaciones rurales en pro de la cobertura total, tanto por su falta de recursos como por la enorme proporción que las poblaciones rurales no contributivas que representan el total.

3.2 Objetivos.

Los objetivos del Gobierno Local al dotar de servicio de la Internet a varios lugares del Cantón Chordeleg, se basa en que los ciudadanos tienen el derecho del acceso a la información, por lo tanto la Municipalidad desplegará una red que interconecte a varias Instituciones públicas que prestan sus servicios dentro del Cantón y sus Parroquias, tal es el caso, que la Municipalidad pretende llegar a estas Instituciones descritas en el Anexo A. por tal motivo la red tiene que cubrir los siguientes objetivos:



- Ser robusta y sencilla de usar, ya que los usuarios van a ser poco cualificados y no van a contar con el apoyo continuado de asesores preparados.
- Requerir poco o ningún mantenimiento de técnicos especializados, ya que éstos van a estar distanciado, resultando difícil atraerlos para la solución de los problemas. Con más razón debe ser mínima la necesidad de administración de las redes, ya que esta genera costos fijos considerables.

3.3 Análisis de la red Externa.

Para realizar el análisis de la red externa hay que considerar el acceso a la red a través de la capa MAC.

MAC

Así mismo, a parte de las restricciones que impone el balance de enlace, es de considerar las restricciones explícitas de distancia ya que los resultados lo demuestran; y, además, porque la capa MAC tiene multitud de tiempos constantes definidos que tienen diferente efecto en función de la distancia que haya entre estaciones. Estos tiempos se pueden apreciar en la Figura. 11, de lo cual se pueden extraer tres tipos de limitaciones: el temporizador de espera de los ACKs, la definición de tiempos relacionados con el Slottime, y el cálculo del vector que se encarga de controlar el tiempo que se debe esperar cuando el canal está reservado para la detección de portadora virtual (NAV).

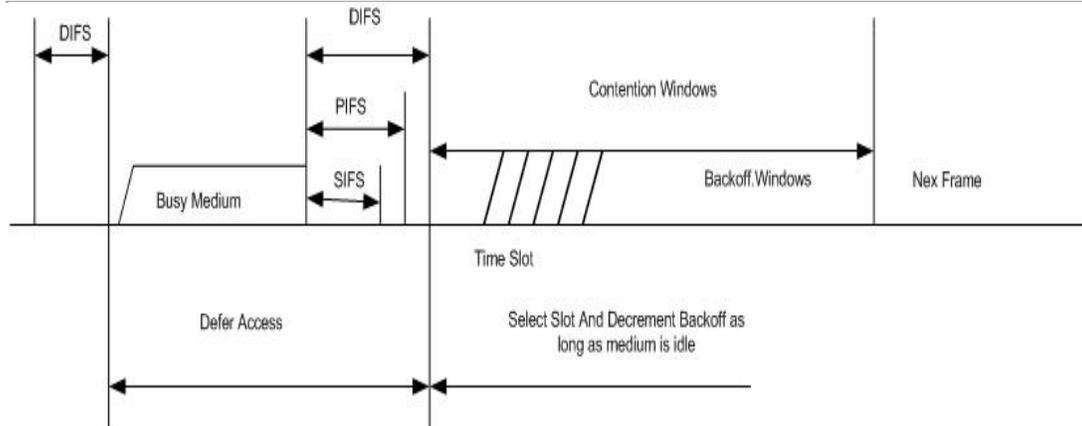


Figura. 11: Definición de tiempos.

ACKtimeout: Este parámetro se define en el texto del estándar como el tiempo en que la estación transmisora espera la llegada del ACK una vez que ha terminado la transmisión de un paquete.

Así pues, para que una comunicación WI-FI funcione a una determinada distancia se tiene que cumplir que el ACKtimeout sea mayor que el tiempo de propagación de ida y vuelta más el SIFS, un tiempo fijo que define la separación entre la recepción del paquete de la transmisión de su ACK en el receptor. No obstante, el estándar no da un valor claro a este parámetro, y los equipos WI-FI del mercado varían mucho en su implementación del ACKtimeout; algunos sistemas tienen un valor por defecto de aproximadamente DIFS+SIFS pero que se puede modificar, y otros tienen valores no modificables pero más grandes. DIFS es el tiempo que cada estación espera una vez que detecta que el canal ha quedado libre. Cuando una estación intenta enviar un paquete a otra que está demasiado distante como para recibir de ella el ACK antes de que transcurra el ACKtimeout, se interpretará que la transmisión falló y se retransmitirá; como lo mismo le sucede a cada retransmisión, cada paquete se retransmitirá el máximo número de retransmisiones antes de descartarse y dejar paso al siguiente. La capa WI-FI de la estación transmisora “creerá” que no logró mandar el paquete, pero de hecho lo probable es que hayan llegado correctamente varias copias de éste, de las que la primera se pasará a la capa superior en el receptor. El resultado es que el enlace



funciona, pero con un rendimiento ínfimo debido a que todo se retransmite varias veces, por defecto 7.

Slottime. Los valores de Slottime, SIFS y DIFS imponen restricciones al funcionamiento del

MAC de WI-FI a partir de ciertas distancias. El estándar prevé que las estaciones que transmiten son oídas por las otras dentro del mismo slot en que se ha producido la transmisión, lo cual impone un límite de unos 3 Km. Más allá de esa distancia, las prestaciones de los enlaces empeoran con la distancia, aunque aún resultan utilizables si el número de nodos activos es suficientemente bajo.

La vulnerabilidad con nodos ocultos. En IEEE 802.11 se emplea el mecanismo RTS/CTS para evitar colisiones entre nodos ocultos; no obstante, ese mecanismo funciona si el cómputo del NAV se corresponde con el tiempo que verdaderamente el canal va a permanecer ocupado; puesto que el NAV no se calcula teniendo en cuenta el tiempo de propagación, a medida que la distancia aumenta su efectividad empeora; en enlaces PtMP con distancias del orden de kilómetros, el RTS/CTS es prácticamente inservible, y no hay un mecanismo alternativo.

Como consecuencia de lo anterior, y dependiendo del tipo de enlace que define la arquitectura de red 802.11, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- **PtP.** Cuando la distancia es mayor de 3 Km, se incrementa proporcionalmente con la distancia, en saltos de 3 Km, el número de slots en que una estación puede empezar a transmitir y colisionar con un paquete cuya transmisión se inició en un slot determinado; esto tiene relativamente poco impacto cuando la carga ofrecida es baja, pero es importante cuando el enlace está próximo a la saturación, ya que en ese caso casi siempre hay un paquete listo para ser transmitido tan pronto como se considere libre el canal, y para ventanas de contención pequeñas la probabilidad de colisión será significativa. También será necesario cuidar el ajuste del ACKTimeout fijándolo a un valor ligeramente superior a dos veces el tiempo de propagación.



- **PtMP.** Además de darse las mismas anomalías de comportamiento del MAC entre la estación transmisora y receptora de un paquete que se han comentado para PtP, las otras estaciones que observan pasivamente el canal esperando que se desocupe tomarán decisiones equivocadas al considerar el canal libre cuando no lo está. Por ejemplo, si la distancia hace que los ACK se reciban más tarde que DIFS, la estación transmisora todavía podrá esperar por el ACK si el
- ACKTimeout es lo suficientemente grande, pero las otras estaciones cercanas a ésta que esperan a que el canal se libere optarán a ocupar el canal de inmediato, pudiendo colisionar con cierta probabilidad con el ACK que está en camino, por lo que hay que fijar el ACKtimeout para el enlace más largo que conforme ese PtMP.

En definitiva, WI-FI puede servir, aunque con cierta pérdida de prestaciones, para enlaces PtP de larga distancia si los equipos terminales permiten configurar el ACKtimeout y el Slottime; en cambio, para PtMP, aún modificando esos parámetros, el funcionamiento es notablemente peor a menos que la carga ofrecida y el número de nodos sean muy bajos.

3.4 Análisis de mercado.

Un análisis de mercado es un estudio de:

- Un problema en particular o una oportunidad de mercado.
- Las necesidades de un mercado objetivo que requiere de solucionar un problema o una oportunidad.
- Ideas para el mercadeo de un producto en particular o un servicio que satisfaga las necesidades de un mercado objetivo.

Porque realizar un análisis de mercado.

- Porque minimiza el riesgo de su negocio.
- Porque se puede entender los problemas y soluciones.
- Porque se puede identificar las oportunidades de ventas.



- Porque se planifica su mercadotecnia y/o mensaje de venta.

El proceso para realizar un análisis de mercado se puede dividir en tres partes:

Parte 1.- Entendiendo las Condiciones del Mercado

- **Cuál es el mercado que se va alcanzar.**

En el Cantón Chordeleg existen entidades públicas las cuales van a ser las beneficiadas con el acceso de banda ancha a la Internet, estas entidades son: Bomberos, Centro de Salud, Casa González (INNFA), Colegio Nacional Chordeleg, Escuela Federico González Suárez, Escuela Sor María de Santo Tomás Alvarado, Liga Cantonal de Chordeleg; y el Centro Cantonal (Parque Central), también serían beneficiadas las parroquias de Chordeleg como son: La Unión (Escuela Aurelio Bayas), Puzhío (Escuela y Colegio: Unidad Educativa Rafael Romero y Cordero), Delegsol (Escuela Joaquín Martínez), Principal (Escuela y Colegio, Unidad Educativa Mixta de Principal). Teniendo una cantidad aproximada de usuarios de este servicio de unos 2343 usuarios.

- **Cuál es su principal problema en relación al mercado.**

El problema de las entidades públicas que requieren de este servicio, es el alto costo que representa por ser Instituciones que cuentan con bajos recursos económicos y espacios físicos reducidos, en muchos de los casos ni siquiera tienen los equipos que les permitan acceder a la Internet, tales como redes telefónicas (Dial-up), y computadoras.

- **Cúales de las necesidades pueden ser cubiertas por este servicio.**

La necesidad que puede ser cubierta por este tipo de servicio, es el acceso a una información más detallada, pues por medio de la Internet podrá el sector educativo realizar sus tareas, investigar, conocer gente. Las Instituciones Públicas en el área contable podrán hacer uso del portal de compras públicas, realizar transacciones, enviar y recibir información y la población en general que tenga acceso a la Internet podrá descubrir nuevas alternativas de negocios.



- **Quienes son los competidores en este mercado.**

En el mercado de las Telecomunicaciones existen un gran número de empresas que brinda este servicio de proveedores de Internet (ISP) dentro del Cantón; pero, no todas llegan a lugares distantes como son las parroquias del cantón Chordeleg, y no son tan eficientes como se quisiera, cada uno de ellos con precios distintos.

- **Ellos son exitosos en este mercado.**

La empresa que más mercado ha abarcado dentro del cantón Chordeleg es la empresa Telconet teniendo clientes como la Unidad Educativa Santa María de la Esperanza, Municipio de Chordeleg, Colegio Chordeleg, cyber-cafés como son: El Monito y Chordenet.

Existen empresas móviles que también empiezan a brindar servicio de acceso a la Internet utilizando modem que tiene un puerto USB, y que se conecta a través de la infraestructura móvil que poseen.

Otra forma de acceso a la Internet es vía Dial-Up pero no cumple con expectativas que el mundo de hoy requiere.

- **La competencia provee un servicio similar.**

Todas las empresas brindan un servicio de acceso a la Internet algunas mejores que otras, pero la diferencia radica que todas las empresas ISP, tienen un objetivo lucrativo, mientras que el servicio de acceso de banda ancha a la Internet que se quiere brindar por parte de la I. Municipalidad es totalmente gratuito, es ahí en donde radica la gran diferencia en la cual se puede tener una ventaja ante la competencia.

Parte 2.- Identificar las Oportunidades de Mercado

- **Existe capacidad para crecer en el mercado.**

Una vez implementado en el mercado este servicio que quiere brindar la I. Municipalidad es muy tentador que este servicio brinde mayor cobertura a



otras entidades tales como las juntas parroquiales, conociendo que estas entidades desde este año empiezan a tener recursos propios y que tienen que ser manejados por ellos mismos, previa asesoría de la I. Municipalidad, considerando que tienen que estar trabajando en forma mancomunada.

Otra perspectiva, es de brindar internet en las comunidades, considerando que está cerca de los puntos de conexión y únicamente con un Access point se puede cubrir toda el área física, existiendo un gran potencial de crecimiento.

Hay que considerar también que este tipo de proyectos se puede vender a otros Cantones pequeños que tenga la visión de brindar apoyo a su gente disminuyendo la brecha digital.

Existe la posibilidad de crecer también en los servicios de internet como son: correo, VoIP, Video conferencias.

- **Cuál es su ventaja competitiva en este mercado.**

La ventaja más obvia que se tiene ante las demás es que este servicio de acceso a la internet va a ser gratuito cumpliendo con las diferentes necesidades requeridas por los usuarios.

Otra de las ventajas es que si se puede redireccionar el consumo de ancho de banda para otros lugares siendo posible optimizar este preciado recurso, por ejemplo: si en las Instituciones Educativas hacen uso de la Internet únicamente por las mañanas que son su horario de labores, desde la matriz se puede redireccionar el ancho de banda para otro lugar que se requiera.

Parte 3.- Desarrollar Estrategias Dirigidas a un Mercado

- Para que este tipo de servicio sea de alguna manera fructífero primero se tiene que buscar la manera de financiar los diferentes equipos que se van a utilizar; con Organismos Gubernamentales como la CAF (Corporación Andina de Fomento), que en la actualidad está brindando créditos no reembolsables a los Municipios en el área tecnológica. Otra entidad es la



SENATEL (Secretaria Nacional de Telecomunicaciones), todo esto con el objetivo de disminuir el gasto en inversión de este tipo.

- Llegar a un acuerdo con empresas ISP, para que el costo sea el mínimo, ya que si hay empresas que brindan descuentos cuando el consumo del ancho de banda es significativos.
- Otra estrategia que nos ayude a incursionar con este servicio, es el hecho de que la Municipalidad podrá redireccionar el consumo de ancho de banda para las zonas o Instituciones que más lo requieran.
- También se puede optar con otra estrategia de mercado y es que en horas no laborables se puede alquilar los laboratorios educativos a los estudiantes o grupo de personas o entidades que requieran de cursos, a precios simbólicos.

Con todo este análisis de mercado se ha llegado a una conclusión muy obvia la competencia está disminuyendo los precios; pero, son pocas las empresas que brindan un servicio óptimo dentro y fuera del Cantón. En la actualidad solo la empresa Telconet ha brindado sus servicios en la población, el mismo que en las zonas rurales no es rentable, por el mercado pequeño que existe sobretodo en las parroquias, por el costo de inversión que representa y los recursos limitados que estas tienen.

Entonces la manera de disminuir la brecha digital en el cantón Chordeleg es apoyando a las Instituciones para que estas tengan el acceso de banda ancha a la Internet de forma gratuita y que fuera de horas de trabajo se alquile las computadoras o laboratorios a precios irrisorios, utilizando el servicio que la Municipalidad brindará.

3.5 Información técnica general.

A continuación se describen los equipos a ser utilizados en el presente estudio que son indispensables para el buen funcionamiento, de la red externa de la I. Municipalidad. De acuerdo a la constatación de la situación geográfica de cada uno de los puntos que serían los terminales de la red, se define técnica y económicamente la opción más apropiada para la implementación del proyecto, se



establece bandas libres, en vista que se trata de una mezcla de distribución urbana y rural en la que los puntos a ser servidos se encuentran a distancias considerables. Los equipos de telecomunicaciones utilizados en esta propuesta son de última tecnología, con lo cual se garantiza una alta disponibilidad de los servicios que puede soportar la red. (Conectividad a la Internet, VoIP, FTP entre otros).

La banda de frecuencia elegida para la operación de estos equipos es la banda no licenciada de 5.8 Ghz con OFDM.

La tecnología utilizada sigue la recomendación y estándar IEEE 802.11a misma que garantiza una baja densidad espectral de potencia y minimiza la posibilidad de interferencia, otras de las ventajas de WI-FI es que permite sistemas punto-punto y punto-multipunto.

Incluye un servidor redundante con procesador Intel QuatCore, con sistema operativo basado en una plataforma Linux, en el cual se alojaran los utilitarios que permitan controlar los servicios de la red (servidor web, correo, dhcp, nat, Proxy cache, además podrá soportar protocolos SIP y H323 utilizados en VoIP si así fuese el caso).

Este servidor va a controlar la red interna y la red externa con 3 tarjetas Ethernet que saldrán una para cada red y la tercera será el punto de conexión con nuestro ISP.

En el mercado existen varias clases de marcas que proporcionan enlaces suficientemente íntegros y fiables, se utilizara la marca Teletronic por sus grandes prestaciones para este tipo de proyectos sin desmerecer a otras marcas, se decide trabajar con esta marca por tener la posibilidad de contar con uno de estos equipos, permitiendo pequeñas pruebas de configuración.

3.5.1 TELETRONIC

TELETRONIC

Equipos de radio Backbone y clientes.

Marca: TELETRONIC

SERIE: EZPLATFORM

Costo aproximado 550 dólares

Link de especificaciones técnicas del fabricante

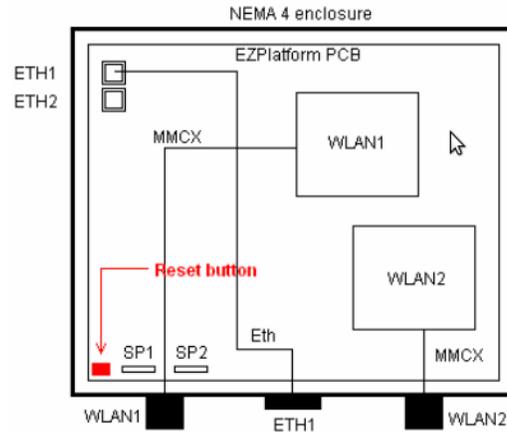


Figura. 12: Mainboard EZPLATFORM

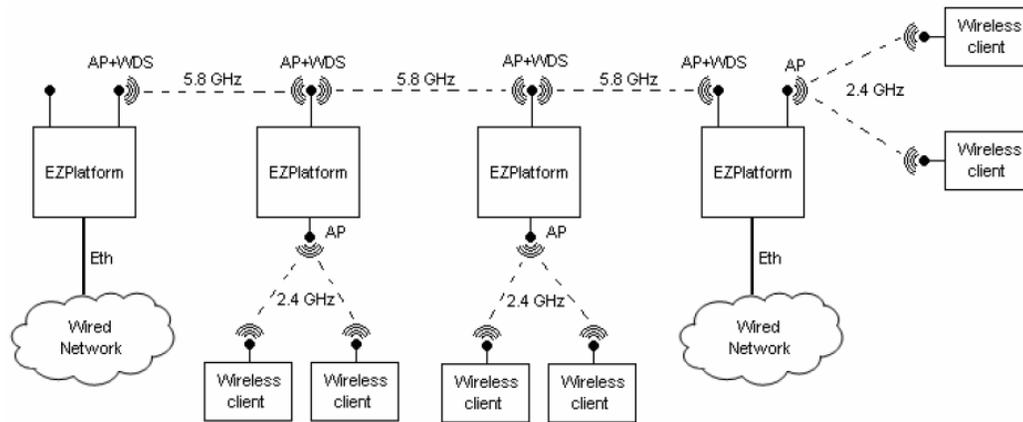


Figura. 13: Ejemplo de conexiones EZPlatform

3.6 SOLUCIÓN:

La solución que se adopta, es de trabajar con la tecnología que ofrece la marca **TELETRONIC**, que brinda un gran performance al despliegue de redes de este tipo, que presta buenas prestaciones, y su costo es inferior, además esta marca es sencilla de implementar, descartando otras.

Switch.- Este dispositivo se adquirirá en las instituciones, dependiendo de la máquinas o PCs que quieran conectarse entre si y tener acceso a la Internet, si no se optase un acceso a la Internet inalámbricamente.

Usuarios.- los Usuarios se pueden conectar al enrutador inalámbrico EZPLATFORM o un Switch con cables UTP- CAT 5, esto va a depender de la Institución, hay que considerar el número de máquinas, como ejemplo de lo que se dice tenemos:

En una Institución Educativa va ser necesaria la adquisición de uno o dos Switch para conectarse con cable cat-5 UTP, porque es más barato que conectarse inalámbricamente debido al costo de tarjetas inalámbricas, se puede también optar por una conexión inalámbrica, así los alumnos podrán conectarse al router y tener acceso a la Internet. En cambio en una Institución Bomberil a la cual se le quiere dotar de acceso a la Internet es necesario adquirir un Switch pequeño de 6 puertos, o en su defecto conectarse inalámbricamente, considerando las normas de seguridad antes descritas.

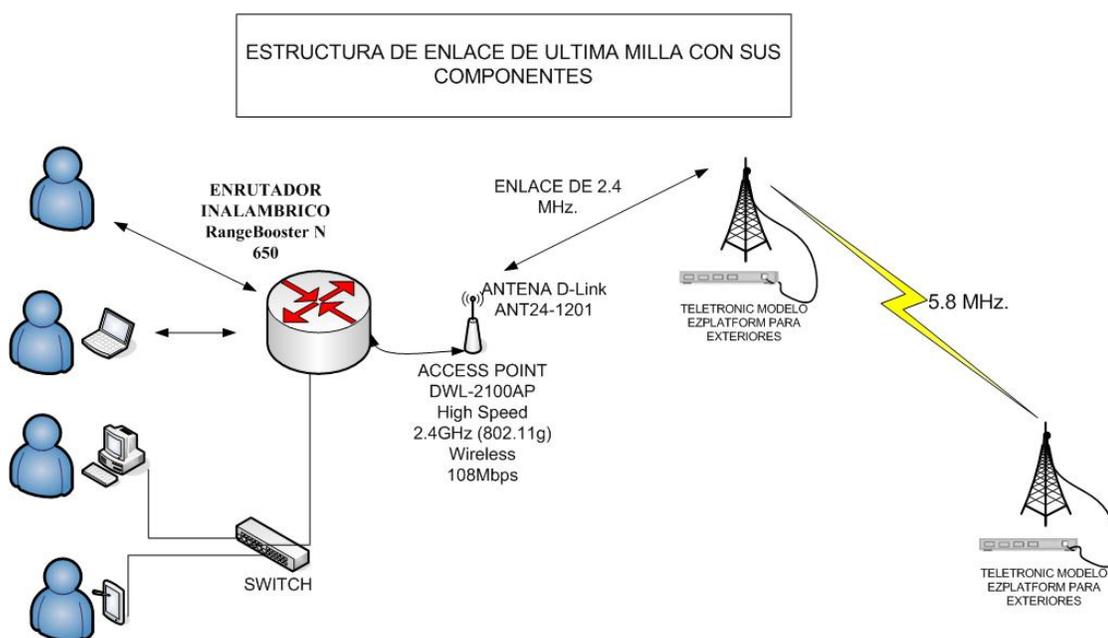




Figura. 14: Estructura de acceso de los usuarios (red externa)

3.6.1 Enrutador inalámbrico.

El elemento principal de los usuarios es el enrutador inalámbrico RangeBooster N 650, dado que es el encargado de conectarse con la red troncal, a través de un acces point marca D-link modelo DWL-2100 AP, con una antena direccional, marca D-link ANT24-1201, y por ese medio a la red troncal, que a su vez se conecta con un servidor que lo permitirá navegar por la Internet. Además sirve para crear, mediante sus interfaces cableadas, e inalámbricas las redes LAN de cada estación final.

En las Instituciones también podrían utilizarse los enrutadores construidos a partir de un servidor proxy, por las prestaciones que presentan.

Cabe anotar que el enlace de los usuarios con el router RangeBooster es tan solo una opción de las cuales puede funcionar bien la red de los diferentes Instituciones Públicas.

3.6.2 Antenas.

Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir señales de radiofrecuencia hacia el espacio libre, una antena transmisora transforma voltajes en señales de radiofrecuencias, y una receptora realiza la función inversa. En el caso que las antenas estén conectadas por medio de cable coaxial, esta función de transformación se realiza en el propio emisor o receptor. Dada la diversidad de situaciones en las que se necesitan las antenas, se utilizan multitud de modelos en función de estos requerimientos.

En la banda de 5.8 GHz algunos de los modelos a utilizarse son:

Antena de 17 dBi 5.8 ghz direccional

Link características técnicas:

<http://www.masacomunicaciones.com.ar/index.php?page=categoria&nivel1=2>

Antena D-Link ANT24-1201 Clientes

Link características técnicas:



http://www.dlinkla.com/home/productos/familia.jsp?id_fam=7



Figura. 15: Antena exterior D-Link ANT24-1201

Antena Omnidireccional Hyperlink 12dBi

Link características técnicas:

<http://www.rematazo.com/remate/12505-ANTENA-HYPERLINK-MNIDIRECCION.html>

3.6.3 Cables y Conectores.

El enrutador tiene un conector RP-TNC macho (conector TNC con polaridad inversa), por lo cual el pigtail a continuación ha de tener un conector TNC hembra y en su otro extremo un conector N macho que se conecta al protector de línea, este protector de línea tiene conectores N hembra en ambos extremos. En el otro conector N hembra del protector de línea se conecta un cable coaxial con conectores N macho en ambos extremos, que se conecta a la antena, que ha de tener una porción de cable con un conector N hembra.

Pigtails.- Pigtails son cables coaxiales con conectores adecuados para las tarjetas de red inalámbricas, estos se tratan, típicamente, de conectores UFL y MMCX, mostrados en la Figura. 16. En el otro extremo los Pigtails tienen conectores N hembra o macho. Dado que los conectores UFL y MMCX son

sumamente pequeños, los Pigtails están fabricados con cables coaxiales muy delgados de mucha atenuación motivo por el cual deben ser lo más cortos posible (típicamente de 30 cm).

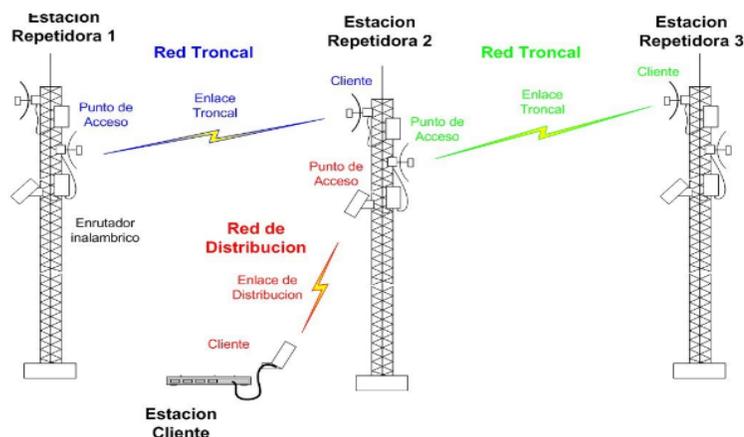


Figura. 16: Pigtail

3.6.4 Repetidores.

Son equipos que interconectan las estaciones clientes, están ubicados en los cerros o en posiciones elevadas para así poder repetir la señal hacia estaciones finales u otros repetidores con los que han de tener línea de vista. Un repetidor está enlazado con un grupo de estaciones a la vez que se interconecta con otros repetidores formando la red troncal. Estos enlaces pueden ser de varios kilómetros llegando a haberse establecido algunos de más de 40 kilómetros.

Es por ello que se tiene que realizar una cuidadosa elección de los equipos y el uso adecuado de los mismos, ya que estos enlaces no son sencillos; es decir, una estación en medio de la red troncal que tiene la capacidad de repetir la señal hacia ambos lados y que a la vez da servicio a una red de distribución.



AUTOR: ING. V/



Figura. 17: Estación Repetidora

La alineación y sujeción de las antenas.- la alineación de las antenas es fundamental a la hora de construir un enlace WI-FI de larga distancia. Un buen apuntamiento y una buena sujeción de las antenas proporcionan un enlace óptimo, perdurable en el tiempo y estable ante el efecto de las condiciones climatológicas y el propio peso de las antenas.

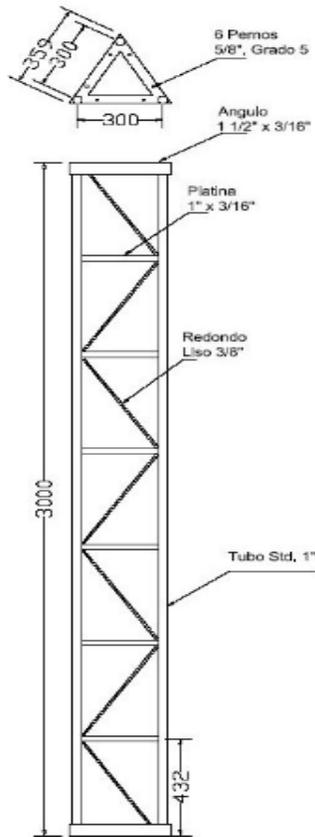
La alineación de las antenas se lleva a cabo después de haber instalado las antenas, cables, protectores de línea y los enrutadores, para ello se recomienda utilizar dispositivos de alineamiento, o las herramienta propias del router.

3.6.5 Torres

A continuación se presentaran algunos tipos de tramos de torre y accesorios para el montaje de torres. Todos los tramos respetan la medida estándar de 3 m. y están preparadas para soportar condiciones ambientales extremas.

Ver Figura. 18.

Características:

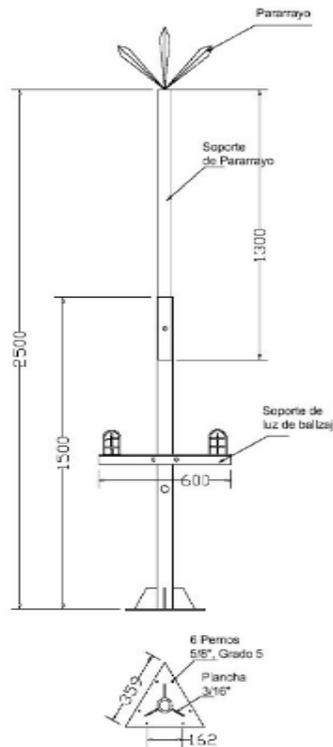


- Altura: 3 metros
- Sección: triangular
- Distancia entre centros: 300mm.
- Número de pasos por tramo: 7 pasos
- Unión entre tramos: mediante 6 pernos galvanizados de 5/8"x2.5", grado 5 (ASTM A325)
- Material base: acero ASTM A36
- Acabado: galvanizado en caliente ASTM A 123,
- 550 gr/m2
- Cada tramo de torre de 30 m está constituido por los siguientes elementos:
- Tubo redondo estándar de $\phi 1"$ (33.7mm de diámetro exterior y 2.9mm de espesor).

- Cartelas horizontales: platinas de 1"x3/16"
- Cartelas diagonales: redondo liso de $\phi 3/8"$
- Base (sup e inf): ángulo 1.5"x3/16"

Figura. 18: Torres a utilizar

Pararrayos.-



Compuesto por:

-Tubo inferior de acero ISO 65 de $\phi 1.5''$ (serie liviano, de 48.3mm. de diámetro exterior y 2.65mm de espesor). 1.5 metros de longitud.

- Ángulo de 2"x3/16"x600mm para soporte de luces de balizaje (incluye abrazadera U-bolt para tubo de $\phi 1.5''$).

- Plancha base triangular de 359mm. de lado, soldado a tubo inferior (reforzado con 4 cartelas fabricados a partir de plancha de 3/16"). Con 6 agujeros para perno de 5/8" (para unión de mástil de pararrayos a tramo final de torre de 30 metros).

- Tubo superior de acero ISO 65 de $\phi 1.25''$ (serie liviano, de 42.4mm de diámetro exterior y 2.6mm de espesor). 1.3 m de longitud.

- Perno de embone de 0.5" galvanizado, para unión de tubo inferior y superior.

- Acabado general: galvanizado en caliente ASTM A 123, 550gr/m2.

(serie liviano, de 42.4mm de diámetro exterior y 2.6mm de espesor). 1.3 m de longitud.

para

Figura.19: Pararrayos

3.6.6 Consideraciones de seguridad al armar una torre.

La instalación de torres es una actividad arriesgada que debe ser realizada siempre por trabajadores especializados.

En este apartado se detallan las normas mínimas de seguridad necesarias para realizar la instalación de una torre ventada, entre ellas se destacan las siguientes:

- La torre no podrá ser instalada si hay fuerte viento, lluvia o tormenta



eléctrica cercana.

- Los operarios no se subirán a la torre bajo ningún concepto, sin cinturón de seguridad o correas de seguridad.
- Los templadores serán instalados cada dos tramos en la torre tipo A debidamente ajustados antes de instalar los tramos siguientes.
- La instalación requiere de una pluma de al menos 2.5 metros de longitud, con una polea en la punta capaz de soportar hasta 300 Kg. y un adecuado sistema de sujeción.
- Los torreros deben de estar apoyados por un grupo de operarios o ayudantes en tierra, los cuales deben ir siempre con un casco de protección.
- Todos los operarios que participen en la instalación de la torre han de estar debidamente asegurados contra accidentes de trabajo.

Altura de la Torre	Desviación máxima respecto a la vertical en la cima de la torre
18m, 30m, 45m	2 centímetros
54m, 60m, 66m	2,5 centímetros
72m, 90m	4 centímetros

Tabla. 6: Alineación de las torres

Distribuciones de equipos en la torre

Las antenas deben ser instaladas en el último tramo o en los últimos tramos de la torre, seguidamente vendrán los equipos de enrutamiento que van dentro de una caja metálica. Estos estarán instalados a una distancia entre 1.0 m y 1.5 m, de modo tal que cuando se realizase un mantenimiento no se tenga problemas para desplazarse a través de la torre.

3.6.7 Instalación de antenas

Las antenas han de instalarse de tal forma que no sufran ningún daño, para ello se deben sellar todas las posibles perforaciones que contengan los dipolos de las



mismas, evitando posibles filtraciones de agua debida a la lluvia.

Los cables de los dipolos deben estar libres, es decir, sueltos, y por ningún motivo deben ser doblados con ángulos mayores a 90 grados; de ser así, generaría que el cable del dipolo se quiebre o produzca una mala señal por un mal contacto.

3.7 Sistema Integral de Protección Eléctrica

No hay ninguna tecnología que por sí sola pueda eliminar el riesgo de los rayos y sus transitorios.

Es necesario un sistema integral, que se encargue de:

- Capturar la descarga atmosférica.
- Derivar el rayo hacia tierra en forma segura.
- Disipar la energía a tierra.
- Proteger los equipos contra los efectos transitorios (sobre voltajes y sobre corrientes).

A continuación se describirá cada una de estas acciones.

3.7.1 Capturar la descarga atmosférica

Como se ha mencionado, el rayo es el principal y más peligroso de los fenómenos eléctricos transitorios que causa daños impredecibles en instalaciones eléctricas por la magnitud de las cargas que acumula. En general, el punto más vulnerable en una descarga directa del rayo se encuentra en la parte superior de una estructura. La torre metálica o las antenas que sobresalen de la estructura son las más susceptibles de recibir la descarga, la forma de capturar la descarga atmosférica es utilizando un pararrayos, los hay de diversos tipos:

- Pararrayos ionizantes pasivos (ejemplo: puntas simple Franklin).
- Pararrayos ionizantes semiactivos (ejemplo: pararrayos de cebado).
- Pararrayos des ionizantes pasivos (ejemplo: pararrayos con sistema de transferencia de carga).
- Pararrayos des ionizantes activos.



Hasta el momento, y pese a su simplicidad, las prestaciones de los pararrayos ionizantes pasivos no han sido superadas por los otros modelos, técnicamente más sofisticados, por lo que siguen siendo los más usados.

3.7.2 Derivar el rayo hacia tierra en forma segura

Una vez que el rayo es capturado, es necesario trasladar la corriente de descarga sin peligro hacia tierra, la solución es emplear cables de cobre desnudo de 50 mm², que bajan aislados de la estructura de la torre mediante separadores laterales.

3.7.3 Disipar la energía a tierra

Cuando la carga del rayo se transfiere repentinamente a tierra o a una estructura puesta a tierra, se neutraliza. La tierra es, así, el medio que disipa la energía eléctrica sin cambiar su potencial. La capacidad de la tierra de aceptar la energía depende de la resistencia del suelo en la localización particular donde la descarga del relámpago entra en la misma.

Proteger los equipos contra los transitorios de las líneas de comunicaciones

Cuando se produce una descarga eléctrica ocasionada por un rayo, se crean campos electromagnéticos que inducen corrientes en las superficies conductoras próximas. En el caso de los sistemas radiantes que se han diseñado, las corrientes se pueden generar en el cable coaxial y de esta forma dañar los equipos electrónicos. La solución es emplear protectores de línea, que van ubicados entre el cable coaxial y los equipos electrónicos del sistema de radio. Cuando el protector de línea detecta un cambio de voltaje importante, deriva la corriente a tierra, mediante uno de sus terminales que se encuentra conectado al sistema de puesta a tierra.

3.8 Recomendaciones para el Sistema Integral de Protección

En base a la normativa antes mencionada, se redactan las siguientes recomendaciones de protección eléctrica para satisfacer los requisitos antes

descritos:

- Sistema de prevención de descargas atmosféricas por medio de pararrayos tetra puntal tipo Franklin: se ha escogido por ser la solución que mejor se adapta a las necesidades de estos lugares.

El área a cubrir no es muy grande, este tipo de pararrayos es más económico en comparación con los pararrayos de cebado y los no ionizantes.

- Dos sistemas de puesta a tierra PAT: Sistema PAT del pararrayos y sistema PAT de comunicaciones unidos mediante un cable de cobre de baja resistencia (de 50 mm² por ejemplo). En el caso de los cerros, donde es sumamente difícil conseguir dos puestas a tierra de baja resistencia, se sugiere fabricar un único pozo a tierra que rodee a toda la instalación.

Otras recomendaciones a tener en cuenta a la hora de realizar la instalación son:

Aislar la punta pararrayos Franklin de la estructura mediante una base aislante entre la estructura de la torre y el pararrayos.

Aislar el cable de bajada del pararrayos de la estructura de la torre mediante separadores laterales y aisladores de carrete como se muestra en Figura. 20



Figura 20. Ejemplo de aislamiento de cable

- A esta barra deben estar conectadas las tomas de tierra del inversor, el chasis de la CPU y el terminal del protector de línea; además, esta barra debe estar conectada al sistema de puesta a tierra de comunicaciones.
- Los cables que van conectados a la barra máster deben ser aislados para evitar falso contacto con las estructuras que se encuentran alrededor.
- La separación entre los sistemas de puesta a tierra debe ser de por lo menos, a 6 metros (cuanto más separados, mejor).



El procedimiento de diseño de un pozo horizontal consiste en:

Decidir la resistencia deseada del pozo. Por lo general, para sistemas de comunicación se recomiendan resistencias de puesta a tierra por debajo de 10Ω .

Medir la resistividad del terreno mediante el uso de un telurómetro y la fórmula de Wenner.

Determinar las dimensiones requeridas del pozo en base a la fórmula de C.L. Hallmark.

3.9 Ancho de banda necesario.

El ancho de banda necesario es de 3091 Kbps, para todo el proyecto para el acceso a la Internet de forma gratuita a todas las instituciones descritas en la tabla 7.

Cabe anotar que para el cálculo del ancho de banda para las Instituciones se utilizó el mismo procedimiento del método lineal para la estimación de mínimos cuadrados. Considerando perfiles institucionales; debido a que una institución como la municipalidad no va a tener un mismo tráfico que una Institución Educativa.

Perfil 1: Instituciones que se parezcan a la I. Municipalidad. E instituciones pequeñas como por ejemplo Bomberos.

Perfil 2: Instituciones Educativas.

INSTITUCIONES	ANCHO DE BANDA EN Kbps
Liga Cantonal	57
Bomberos	69
Colegio nacional Chordeleg	614
Parque central de Chordeleg	180
Escuela Sor María	206



Escuela Federico Gonzales Suárez	235
Centro Obrero (Biblioteca)	94
Casa Gonzales (FODI)	69
Centro de Salud	94
Parroquia la Unión	206
Parroquia Puzhio	235
Parroquia Delegsol	206
Parroquia Principal	235
I. Municipio de Chordeleg	591
TOTAL REQUERIDO EN Kbps para todo el proyecto	3091 Kbps

Tabla. 7: Anchos de banda necesarios para los enlaces

Linux ayuda al control de ancho de banda mediante técnicas de encolamiento tales como CBQ, que presenta la capacidad de otorgar el ancho de banda requerido por cada clase en un intervalo de tiempo especificado, si hubiera demanda del mismo. Esto se logra mediante un mecanismo similar al utilizado por los “delay_pools” de Squid para limitación de ancho de banda de proxy HTTP, aplicando esperas entre las transferencias de paquetes. En segunda instancia, CBQ permite que las clases tomen prestado ancho de banda no utilizado por otras clases.

3.10 Topología de la red externa de la I. Municipalidad.



DISEÑO DE LA RED WI-FI EN EL CANTÓN CHORDELEG
ENLAZANDO SUS PARROQUIAS Y ENTIDADES PUBLICAS

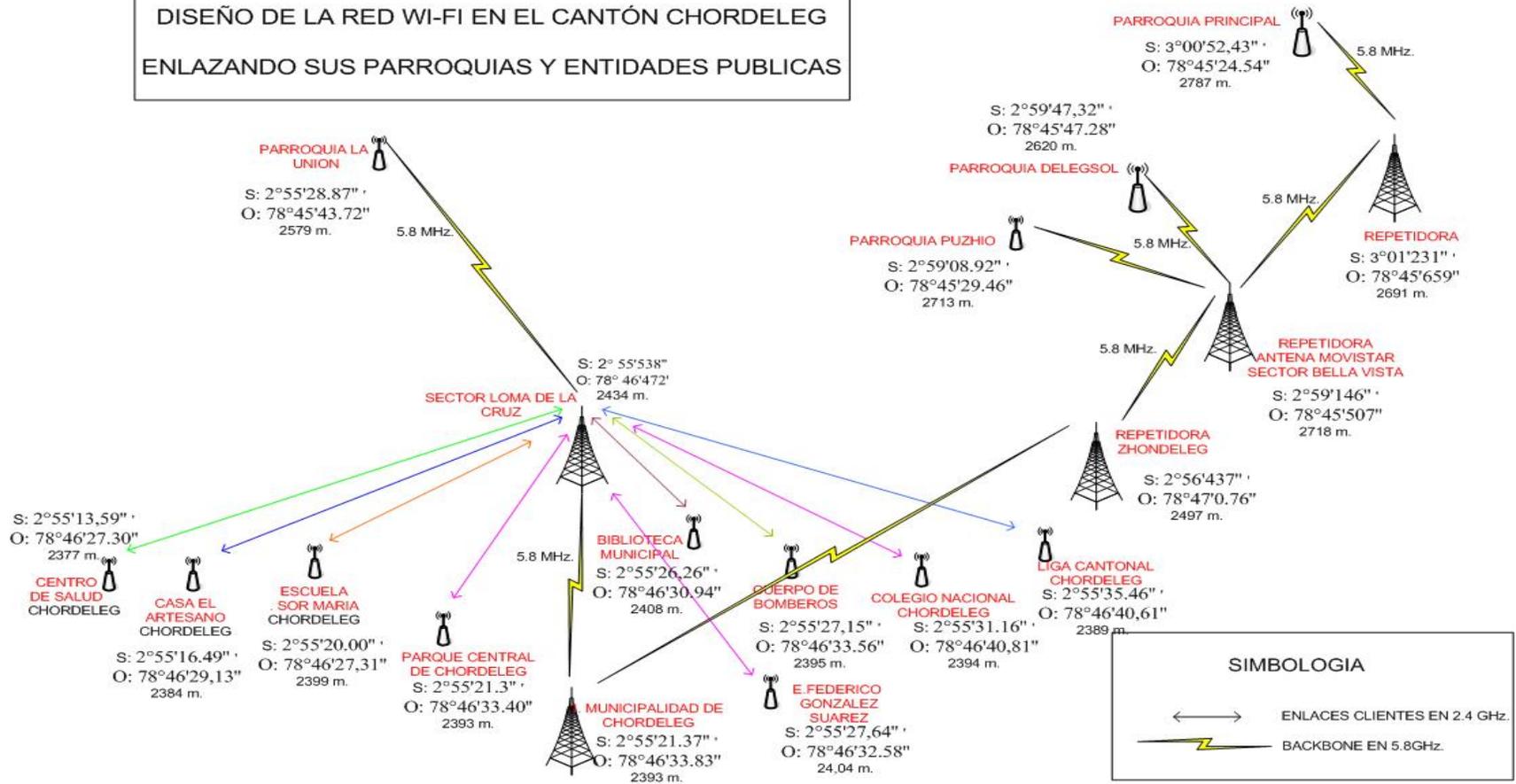


Figura. 21: Diseño de la red WI-FI

DISEÑO DE LA RED WI-FI EN EL CANTÓN CHORDELEG ENLAZANDO SUS PARROQUIAS Y ENTIDADES PUBLICAS DISTANCIAS

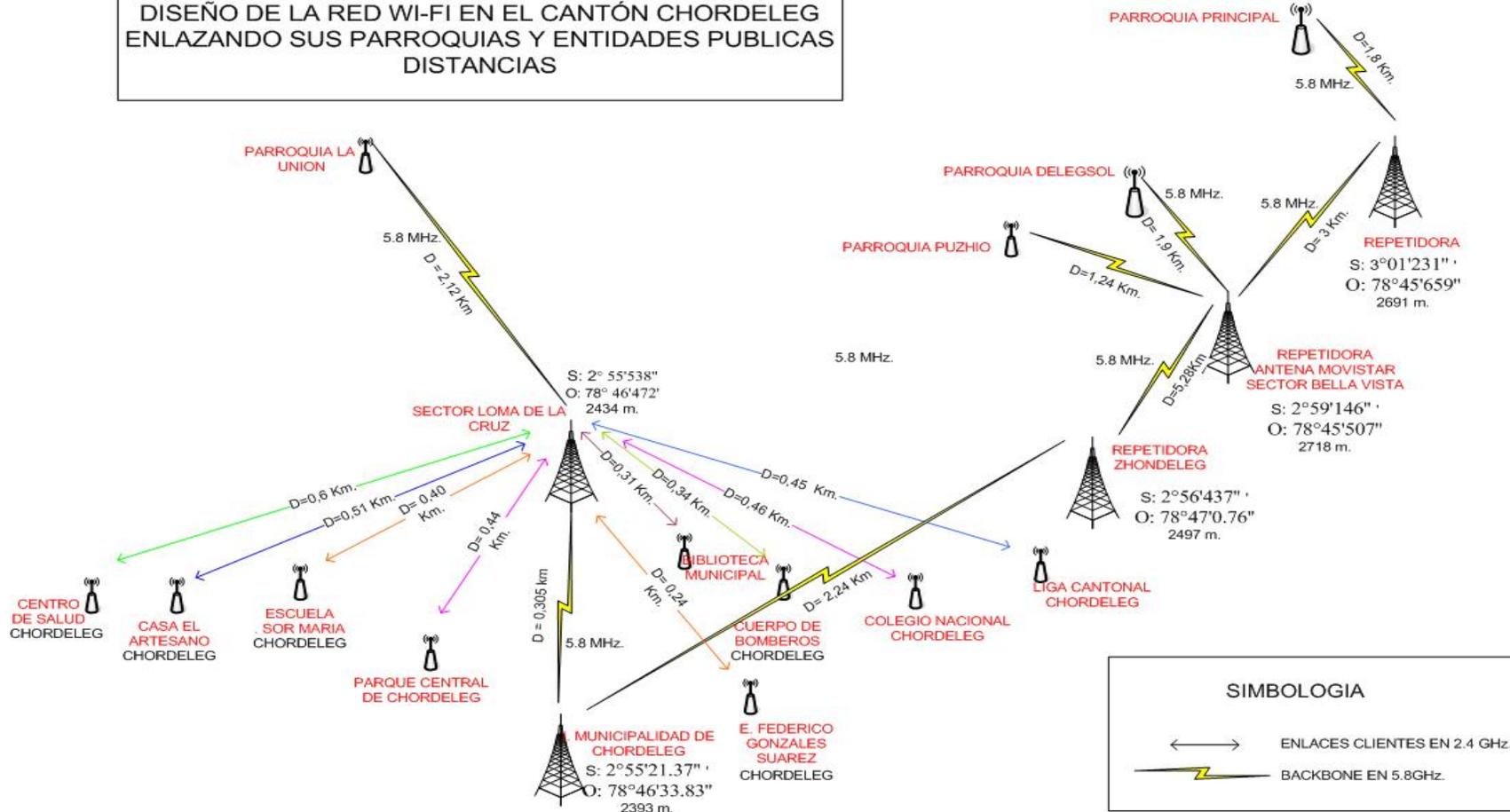


Figura. 22: Diseño de la red WI-FI con distancias

DISEÑO DE LA RED WI-FI EN EL CANTÓN CHORDELEG
 ENLAZANDO SUS PARROQUIAS Y ENTIDADES PUBLICAS
 (DISEÑO IP)

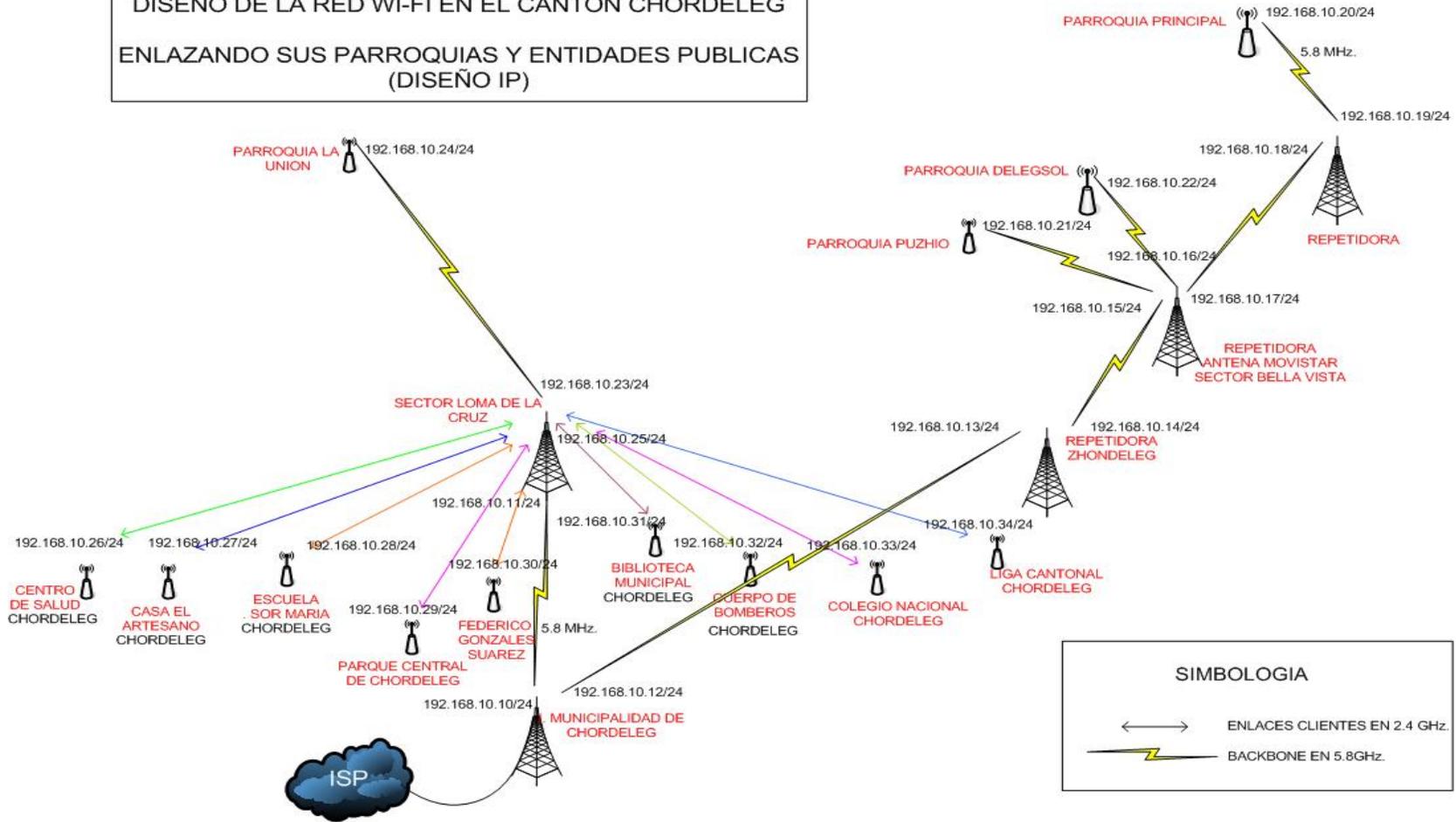


Figura. 23: Diseño de la red WI-FI direcciones IP.

DISEÑO DE LA RED WI-FI EN EL CANTÓN CHORDELEG ENLAZANDO SUS PARROQUIAS Y ENTIDADES PUBLICAS (ANTENAS)

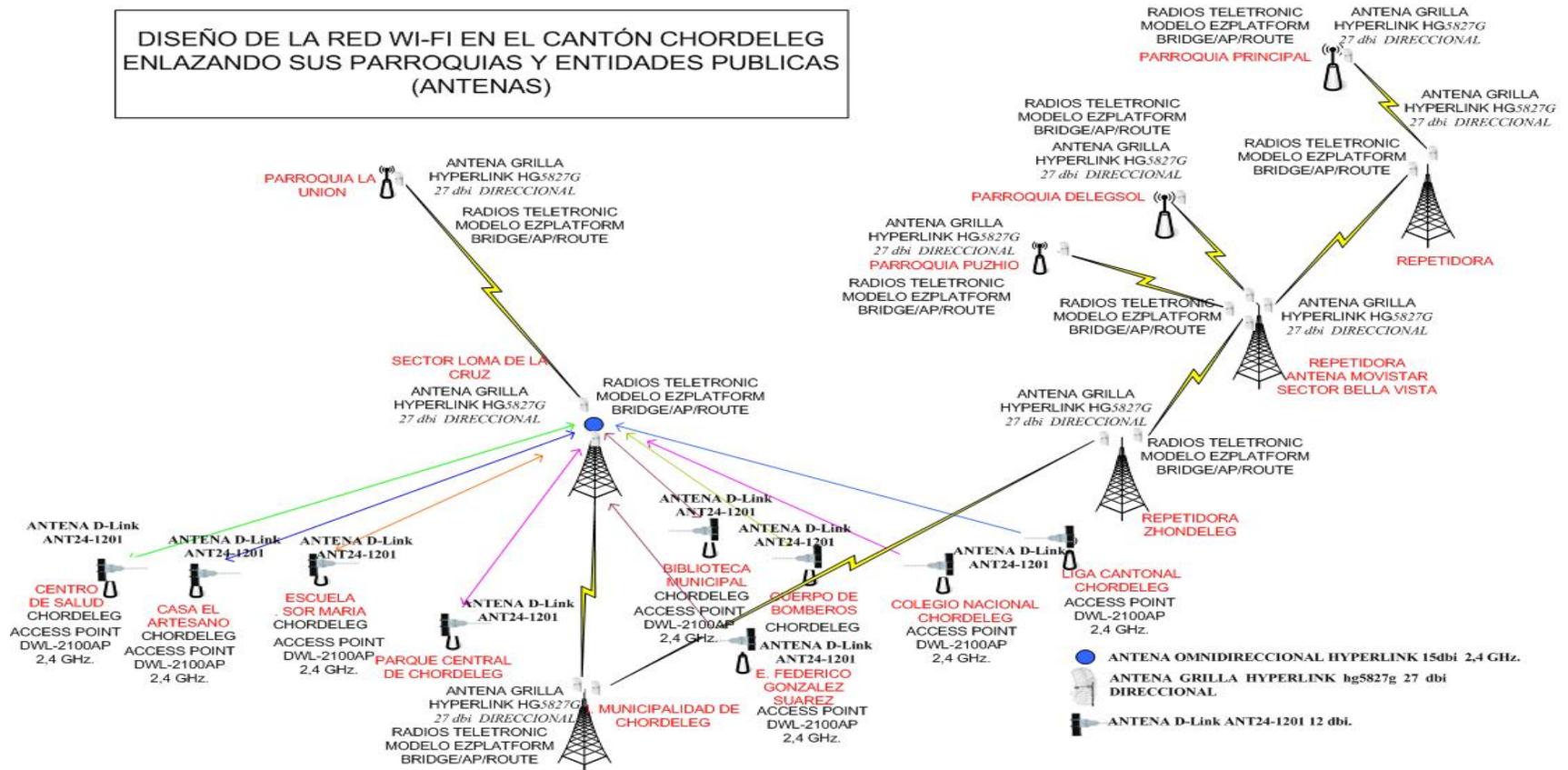


Figura. 24: Diseño de red WI-FI antenas



3.11 Determinación de los parámetros de los equipos.

La potencia requerida en transmisión tiene que ver con la potencia que se necesitan el lado de recepción, considerando las pérdidas totales en la propagación. La ecuación que relaciona estas dos potencias es:

:

$$P_{RX} = P_{TX} - \alpha_{TX} + G_{TX} - \alpha_{EO} - A_{LL} + G_{RX} - \alpha_{RX}$$

P_{RX} ■ Potencia de recepción.

P_{TX} ■ Potencia de transmisión.

α_{TX} ■ Perdidas de acoplamiento.

G_{TX} ■ Ganancia de transmisión.

α_{EO} ■ Perdidas en el espacio libre.

A_{LL} ■ Atenuación por lluvia. Este valor se calcula en frecuencia que pasen de los 7 GHz

G_{RX} ■ Ganancia de recepción.

α_{RX} ■ Perdidas de acoplamiento.

La guía de onda es el medio físico que acopla el equipo de radio a la antena (Pigtails); las pérdidas (α_{TX} y α_{RX}) producidas por éstas dependen del tipo y longitud, y es calculado de acuerdo a figuras provistas por el fabricante, según el siguiente enlace

http://www.wificanarias.com/web/index.php/catalogo.html?page=shop.product_details&category_id=8&flypage=flypage.tpl&product_id=69;

Por lo tanto serán datos conocidos para el diseño. Para este caso específico del diseño, se usará una frecuencia de 5.8 GHz, con un pigtails con conector MMCX según especificaciones del fabricante “EZplatform”, existiendo una pérdida del pigtails de 0.5 dB. Con una longitud de 30 cm.

Algo importante para razonar es que en muchos casos las antenas ya vienen integradas en sus respectivas estaciones, para estos casos no se toman en cuenta la pérdida producida por la guía de onda.



Al considerar valores de ganancia de antenas, se debe tener en cuenta que las antenas son omnidireccionales, y también direccionales. Esta última concentran la energía en determinadas direcciones y la frecuencia con la que se trabaja es de 5,8 GHz. Mientras que en la omnidireccional se trabaja en una frecuencia de 2,4 GHz.

Bajo estas condiciones las antenas direccionales tienen una ganancia de 17 dBi, la antena D-link con una ganancia de 12 dBi, y las omnidireccionales de 12 dBi. Por lo tanto son los valores que se tomarán en cuenta para el diseño.

Debido a que las pérdidas por espacio libre (α_{E0}) están relacionadas con la frecuencia y la distancia, el cálculo se lo realizará para las condiciones más críticas de distancia, es decir para el enlace correspondiente entre la antena colocada en el sector de Zhondeleg que apunta a la antena de Bella Vista, teniendo una distancia entre sí de 5,28 Km. Por lo tanto se deduce de la siguiente fórmula:

3.11.1 Cálculo de pérdida por trayectoria en el espacio libre

$$P_{RX} = P_{TX} - \alpha_{TX} + G_{TX} - \alpha_{E0} - A_{LI} + G_{RX} - \alpha_{RX}$$

$$\alpha_{E0} = 92,4 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$$

Remplazando tenemos que:

$$\alpha_{E0} = 92,4 + 20 \log(5,8 \text{ Frecuencia}) + 20 \log(5,28 \text{ Km.}) = 122,11 \text{ db}$$

3.11.2 Cálculo de margen de desvanecimiento

El margen de desvanecimiento permite relacionar con la confiabilidad del enlace, para obtener este dato se utiliza la fórmula de Bamett-Vigant:

$$FM = 30 \log d + 10 \log(6 + 43f) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Donde:



FM= Margen de desvanecimiento. [dB]

1-R=0.00001*d/400 Objetivo de confiabilidad

d=Longitud de del trayecto [Km]

A=Factor de rugosidad:

4, si es terreno plano o agua

1, para un terreno promedio.

0.25, para un terreno rugoso.

B= Factor climático:

0.5 zonas calientes y húmedas.

0.25, zonas intermedias.

0.125, para áreas montañosas o muy secas.

f=frecuencia [HZ].

El margen de desvanecimiento es un factor de amortiguamiento en la ecuación de ganancia considerando condiciones no ideales y que son difíciles de predecir, así como la propagación por múltiples trayectorias, sensibilidad a superficies rocosas, cambios climáticos, como son la temperatura y la humedad.

Para el cálculo se asumirá que A=0.25 y B=0.25 y se considerará un objetivo de confiabilidad del 99.999%=(1-R).

Entonces sustituyendo tenemos que:

$$FM = 30 \log(5.28) + 10 \log(6 * (0.25)(0.25)(5.8)) - 10 \log\left(\frac{0.00001 * 5.28}{400}\right) - 70$$

Y obtenemos que el margen de desvanecimiento es FM= 23.04 dB.

El objetivo de calidad se define como la confiabilidad del sistema y es el porcentaje de tiempo que un enlace no se interrumpe por consecuencia del desvanecimiento.

Para que el sistema diseñado cumpla el objetivo de calidad, se requiere que cumpla con la siguiente condición:

$$M_f \geq FM$$



La tarjeta inalámbrica que vamos a utilizar presenta niveles de sensibilidad entre -94 dBm y -74 dBm. Por lo tanto se tomará un valor para el umbral de recepción de -86 dBm.

Tenemos la formula:

$$M_U = \text{umbral de recepción} = -86 \text{ dBm}$$

$$P_{RX} = M_U + FM$$

Donde: reemplazando tenemos:

$$P_{RX} = -86 + 23.84 = -62.16 \text{ dBm}$$

La potencia de recepción es:

$$P_{RX} = -62.16 \text{ dBm}$$

Con los valores obtenidos anteriormente tenemos:

$$P_{RX} = P_{TX} - \alpha_{TX} + G_{TX} - \alpha_{EO} - A_{LL} + G_{RX} - \alpha_{RX}$$

$$P_{TX} = P_{RX} + \alpha_{RX} - G_{TX} + \alpha_{EO} - G_{RX} + \alpha_{TX}$$

Reemplazando valores tenemos que:

$$\alpha_{TX} - \alpha_{RX} = 0.5$$

$$P_{TX} = -62.16 + 0.5 - 27 + 122.11 - 27 + 0.5 =$$

$$P_{TX} = 6.94 \text{ dBm}$$

Un presupuesto de enlace es la suma de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hasta el receptor.

Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + Ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB] + Ganancia



de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm]

Un aspecto que puede sorprender es que en la ecuación se suman unidades dBm, dB, dBi como si fueran de la misma dimensión. ¿Cómo es posible simplemente sumar y restar dBm, dB y dBi?. La respuesta yace en que los decibelios (dB) es una medida de "cociente" entre dos cantidades y es, al igual que el porcentaje (%) una magnitud adimensional. Por tanto, diferentes "tipos" de magnitudes en decibelios pueden ser sumadas y restadas manteniendo resultados adimensionales.

Esto se entiende mejor recurriendo a una analogía con las alturas en metros; para calcular la altura de un edificio de 30 m que está en una calle a 1600 m sobre el nivel del mar, sumamos tranquilamente metros y metros sobre el nivel del mar. La altura total del edificio será de de 1630 m sobre el nivel del mar.

Tabla de resumen:

R. Zhondeleg- Bella vista		
perdidas de acoplamiento	0.5	dB
Perdidas espacio libre	122.12	dB
potencia de transmisión	6.969	dBm
potencia de recepción	-62.15	dBm

Tabla 8: Resumen del cálculo enlace Zhondeleg-Bella Vista

Hasta el momento los cálculos cumplen con las condiciones de este tipo de enlaces para rectificar lo calculado se procede a realizar el cálculo en el programa Radio Mobile, para lo cual ingresaremos los datos obtenidos.

Simulador



UNIVERSIDAD DE CUENCA
ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED DE BANDA ANCHA
INALÁMBRICA EN EL CANTÓN CHORDELEG USANDO TECNOLOGÍA DE ACCESO WI-FI EN
DISTINTOS PUNTOS DEL CANTÓN Y DENTRO DE LA I. MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG



Figura. 25: Simulador, enlace Zhondeleg-Bella Vista

Como podemos ver en la Figura 25 el cálculo realizado manualmente, la potencia de recepción es de -62.15 dBm y el simulador nos da -67.6 dBm encontrándose dentro de los parámetros normales (recuadro de color rojo), también podemos ver la distancia que es de 5.81 Km. Según el simulador que también está dentro de los parámetros normales según manual de Radio Mobile, se encuentra el campo del peor Fresnel que es de 4.1 F1 entonces de esto se deduce que existe una buena visión de las antenas según el manual de Radio Mobile no tiene ningún problema para operar ya que el valor mínimo para la Zona de Fresnel es de 0.6 F1. (Recuadro de color verde).

Observamos el campo de Azimut, y el ángulo de elevación que nos indica el ángulo de una dirección contado en la dirección de las agujas del reloj a partir del norte geográfico este valor es útil para la alineación de las antenas utilizando brújulas (Recuadro de color azul). Encontramos adicionalmente las pérdidas en el espacio libre, el calculado es de 122 dB y el simulador nos da 127 dB. (Recuadro de color amarillo)



En el simulador de Radio Mobile. Si el enlace se pinta de color azul es porque existe un buen enlace. Y este enlace en particular cumple con todas las expectativas.

El recuadro de color negro nos indica potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP, por su sigla en inglés), La PIRE es una medida de la potencia que se está enfocando en una determinada región de espacio, determinada por las características de la antena transmisora, La Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva está regulada por la autoridad nacional, la misma especifica la potencia máxima legalmente permitida para ser enviada al espacio abierto en un área/país específico. El límite legal en Europa es normalmente 100 mW, y una medida de la señal recibida en el receptor (Rx Relative).

Cabe indicar que según la tabla que nos da el fabricante tenemos una sensibilidad que soporta mas ancho de banda de lo esperado para todo el sistema, otorgándonos de esta manera un enlace confiable.

Se consideró el único enlace que tiene antenas que tenga una ganancia de 27 dBi ya que con esta ganancia no se excede el máximo permitido de potencia de 100 mW, se utilizo la siguiente formula:

$$\text{mW} = 10^{(\text{dBm}/10)}$$

El cálculo del resto de enlaces se presenta en el capítulo IV.

3.11.3 CALCULO ZONA DE FRESNEL

Zonas de Fresnel

Consideremos el trayecto radioeléctrico en espacio libre TR . El campo en R es E_o . Puede demostrarse que E_o es la resultante de contribuciones de campo producidas por anillos de radios R_{n-1} , R_n dispuestos en planos ortogonales al eje TR , como el indicado en la Fig. 26, situados a distancias d_1 y d_2 de T y R , respectivamente. Cada anillo define y delimita una zona de Fresnel.

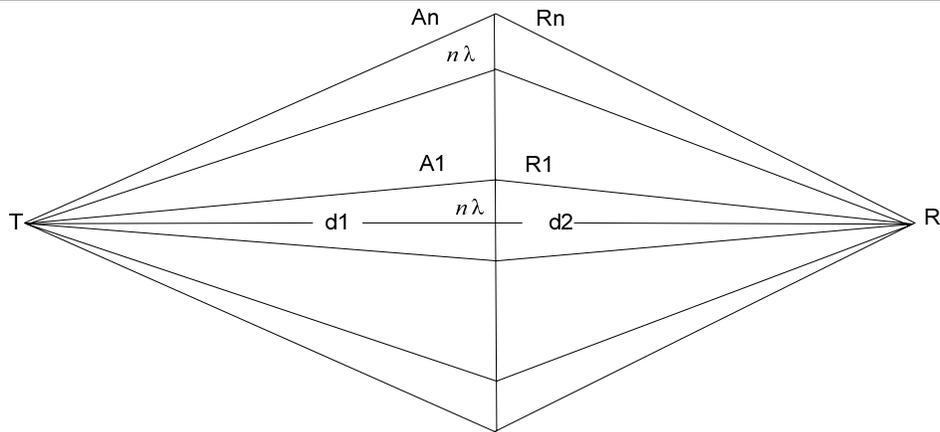


Figura. 26: Gráfica de trayecto radio eléctrico

Los radios de los anillos cumplen la condición:

$$T A_n R - TR = n \lambda / 2$$

De donde se deduce:

$$R_n = \sqrt{\frac{n \lambda d_1 d_2}{d}}$$

En unidades prácticas resulta:

$$R_n = 548 \sqrt{\frac{n d_1 d_2}{f d}}$$

Donde:



R_n : Radio de la n-sima zona de Fresnel (m).

f : Frecuencia (MHz).

d_1 : Distancia del transmisor al plano considerado (km).

d_2 : Distancia del plano considerado al receptor (km).

EJEMPLO DEL CALCULO (ZONA DE FRESNEL).

Para el ejemplo de cálculo de la zona de Fresnel, se ha escogido el enlace entre la Torre que se colocara en la I. Municipalidad y la torre que se colocara en el sector Loma de la Cruz.

Enlace Antena Municipio – Sector loma de la Cruz

En donde tenemos:

d_1 ■ Distancia considerada desde el transmisor hacia el objeto en metros (270 m.).

d_2 ■ Distancia considera desde el objeto hacia el receptor. (35 m.).

R_n ■ ?.

$f = 5.800$ MHz.

$$R_n = 548 \sqrt{\frac{270+35}{4800+800}} = 1,27\text{m}$$

Aplicando la formula tenemos, un radio en la Zona de Fresnel correspondiente en 1,27 m.

EJEMPLO DE COMO SE CALCULA LA ALTURA DEL RAYO

Considerando que tenemos las siguientes medidas en metros:



Altura del punto, I. Municipio de Chordeleg, con respecto al nivel del mar = $h_1 = 2415$.

Altura de la antena en el punto I. Municipio de Chordeleg = $h_2 = 6$ metros

Altura del punto, Sector Loma de la Cruz, con respecto al nivel del mar = $h_a = 2487$.

Altura de la antena en el punto Sector Loma de la Cruz = $h_b = 6$ m.

Formula:

$$h_r = \text{altura del rayo} = [(h_2 + h_b) - (h_1 + h_a)] \cdot \frac{d_1}{d_{total}} + (h_1 + h_a) =$$

Entonces sustituyendo tenemos:

$$\text{Altura del rayo} = 2477 \text{ m}$$

CALCULA LOS LÍMITES SUPERIOR E INFERIOR DE LA ZONA DE FRESNEL.

Se tiene de las siguientes formulas.

Limite Superior: $h_{ls} = h_r + R_n$.

Limite Inferior: $h_{li} = h_r - R_n$.

Sustituyendo valores tenemos una limite superior de = 2446.

Y un limite inferior de = 2435,85

Para mayor detalle del cálculo de los otros enlaces consultar ANEXO B.



CALCULO DEL ENLACE ENTRE LA I. MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG Y EL SECT. LOMA DE LA CRUZ

I. MUNICIPIO		SECT. LOMA DE LA CRUZ		D1 Km	D2 Km	Frecuenc	D Total	Z. Fresnel (m)	Alt. Rayo (m)	Lim. Super (m)	Lim. Infer(m)
Altura	Alt. Antena	Altura	Alt. Antena								
2415	6	2487	6	0	0.305	5800	0.305	0.00	2421.00	2421.00	2421.00
2415	6	2487	6	0.27	0.035	5800	0.305	1.27	2484.74	2486.00	2483.47
2415	6	2487	6	0.1	0.205	5800	0.305	1.87	2444.61	2446.47	2442.74
2415	6	2487	6	0.05	0.255	5800	0.305	1.47	2432.80	2434.27	2431.33
2415	6	2487	6	0.07	0.235	5800	0.305	1.67	2437.52	2439.20	2435.85
2415	6	2487	6	0.226	0.079	5800	0.305	1.74	2474.35	2476.09	2472.61
2415	6	2487	6	0.1525	0.1525	5800	0.305	1.99	2457.00	2458.99	2455.01
2415	6	2487	6	0.24	0.065	5800	0.305	1.63	2477.66	2479.28	2476.03
2415	6	2487	6	0.015	0.29	5800	0.305	0.86	2424.54	2425.40	2423.68
2415	6	2487	6	0.135	0.17	5800	0.305	1.97	2452.87	2454.84	2450.90

Tabla. 9: cálculo de la zona de Fresnel



3.12 Administración de la red.

La administración de los equipos se la puede realizar mediante: CLI, GUI, SNMP. La misma que se ejecuta mediante Web Browser, Todos equipos, es decir, los radios del Backbone y cliente, tienen funcionalidades de firewall, además, una vez implementada la red de la I. Municipalidad, esta constará con herramientas necesarias para, monitorear, probar, consultar, analizar, evaluar y controlar la red y demás elementos

Las herramientas de gestión con las que contará la red, permitirá:

1. Monitorear disponibilidad del enlace Forma gráfica y estadística
2. Medición de los tráficos de datos transmitidos de forma gráfica y estadística

El servidor contará con herramientas que permita verificar la autenticación de los miembros de la red.

El sistema soportará los niveles de seguridad siguientes:

- Interfaz de usuario
- Interfaz RF
- Capacidad de datos
- Servidor RADIUS.
- Servidor DNS.

SERVIDOR LINUX Equipo Servidor redundante, Mainboard con soporte Core 2 Quad, procesador Core 2 Quad 2.4 Ghz, 4 Gb Ram DDR2, Disco duro 250GB, 2 ventiladores, 2 puertos de red Gigabit, sonido, video, teclado, mouse, monitor LCD 17".

- Proxy Cache
- Control de ancho de banda vía IP o MAC
- Web
- Correo

3.13 Unidades de Respaldo de Energía.

Todos los equipos de radio clientes y estaciones deberán estar respaldados por



UPS con una duración de respaldo energético de 1 horas, porque este es el periodo de restauración del sistema energético en la zona.

3.14 Análisis Económico.

Para el análisis económico se dividirá en dos parte la primera se analizara los equipos que se van ha utilizar en la red interna de la I. Municipalidad y la segunda parte, se analizará los equipos que se consideraran en los enlaces de la red externa.

La información necesaria para elaborar las tablas con la estimación de costos fue obtenida casi en su totalidad de Internet, debido a la facilidad que este medio proporciona para acceder a los productos que, cumpliendo con las características requeridas, satisfagan las necesidades del proyecto.

ANALISIS ECONÓMICO DE LA RED INTERNA DE LA I. MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN CHORDELEG			
EQUIPOS	CANTIDAD	P/U	SUB TOTAL
Targetas inalambricas PCI	20	22	440
Route inalambrico con tecnología MIMORangeBooster N650	1	125	125
Servidor Hp ProLiant ML 110	1	1080	1080
Switch	1	54	54
Instalación y configuración	1	200	200
Extras	*	*	50
TOTAL (Precios no incluyen IVA)			1949

Tabla 10. Análisis del costo Interno de la I. Municipalidad.

La implementación de la solución tecnológica y profesional en la red interna costaría aproximadamente unos 1949 dólares.



ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA RED EXTERNA DE LA I. MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN CHORDELEG			
EQUIPOS	CANTIDAD	P/U	SUB TOTAL
Enrutador inalámbrico RangeBooster N650	3	125	375
Acces point D-link DWL-2100 AP	9	80	720
Enrutador inalámbrico D-link DIR 300	6	90	540
Pigtails	9	13	117
Conectores Rj-45 blindado	24	1.5	36
Radios TELETRONIC modelo EZPLATFORM	12	550	6600
SUB TOTAL			8388
ANTENAS			
Antenas yagi D-link ANT24-1201	9	76	684
Antena Grilla HyperLink HG5827G 27 dbi direccional 5,8 GHZ	16	100	1600
Antena Omnidireccional HyperLink 12 dbi 2,4 GHZ	1	80	80
Pigtails con conectores	12	25	300
Antenas intenas que se colocan en las radios (PCI)	16	150	2400
SUB TOTAL			5064
TORRES			
Cada 3 metros tiene un costo de 150	20 tramos de 3 m.	150	3000
Mastil 13	156 m.	3	468
300 metros cable FTP	1	250	250
Puesta a tierra (no se considera dentro del cantón)	9	700	6300
Para rayos (no se considra dentro del cantón)	9	400	3600
UPS(no se considera dentro del cantón)	9	50	450
SUB TOTAL			14068
SERVICIOS PROFESIONALES			
Configuración e instalación	1	15000	15000
COSTO PARCIAL DE LA		42520	



INVERSION	
-----------	--

NOTA: LOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Los costos para la implementación de la red externa estarían llegando a un valor de 42.520 dólares.

El costo total de los equipos ascendería a un valor de 44.469. Incluido los servicios profesionales.

Al ser un costo elevado de inversión para obtener dicho beneficios, el proyecto no se lo realizara en forma práctica, como se manifestó en la presentación del tema de tesis realizado en fechas anteriores.

3.15 Viabilidad técnica del proyecto.

El proyecto que se presenta es técnicamente viable porque cumple con:

- El cantón Chordeleg cuenta con empresas que pueden llegar con el internet hasta la municipalidad, para que esta la administre y distribuya a los diferentes lugares que se requiera.
- Existe la tecnología para brindar acceso a las parroquias de Chordeleg.
- Las torres están ubicadas estratégicamente cerca de las líneas eléctricas públicas con el objeto de disminuir el costo de implementación (paneles solares).
- Se puede acceder a los puntos de conexión a través de vehículos. Están a menos 50 metros de las vías principales.
- Todos los equipos se pueden adquirir en el Ecuador.
- Existe la capacidad profesional para su implementación.

3.16 Viabilidad financiera del proyecto.

- La Municipalidad del Cantón Chordeleg, tiene los recursos económicos para que el proyecto sea realizable, también se puede financiar este tipo de proyectos con organismos gubernamentales que apoyan a este tipo de iniciativas.



- Existe la voluntad de las comunidades de brindar todo el apoyo necesario para que el proyecto sea una realidad.
- Este proyecto tiene la finalidad de presentar una propuesta de acceso a la Internet de forma gratuita para la población del Cantón Chordeleg, si este no fuere el caso, la recuperación de la inversión inicial que llega a un monto de 42.520 dólares se lo haría en un periodo de 5 años cobrando el consumo de ancho de banda hasta en un 40 % menos que los ISP comunes.

CAPITULO IV

SIMULACIÓN

4.1 Objetivos.

El presente proyecto, se simulará con el programa Radio Mobile, debido a su gran prestigio, versatilidad y uso, que se le da, para este tipo de proyectos:

4.2 Simulación.

Se procede a calcular todos los enlaces y a continuación mostramos los datos calculados y simulados.

- **Simulación del sector Loma de la Cruz con la Parroquia la Unión.**

Loma de la Cruz - Parroquia La Unión		
pérdidas de acoplamiento	0.5	dB
Perdidas espacio libre	114.20	dB
potencia de transmisión	11.117	dBm
potencia de recepción	-70.08	dBm

Tabla 11. Cálculo de los enlaces Loma de la Cruz con la Parroquia la Unión.

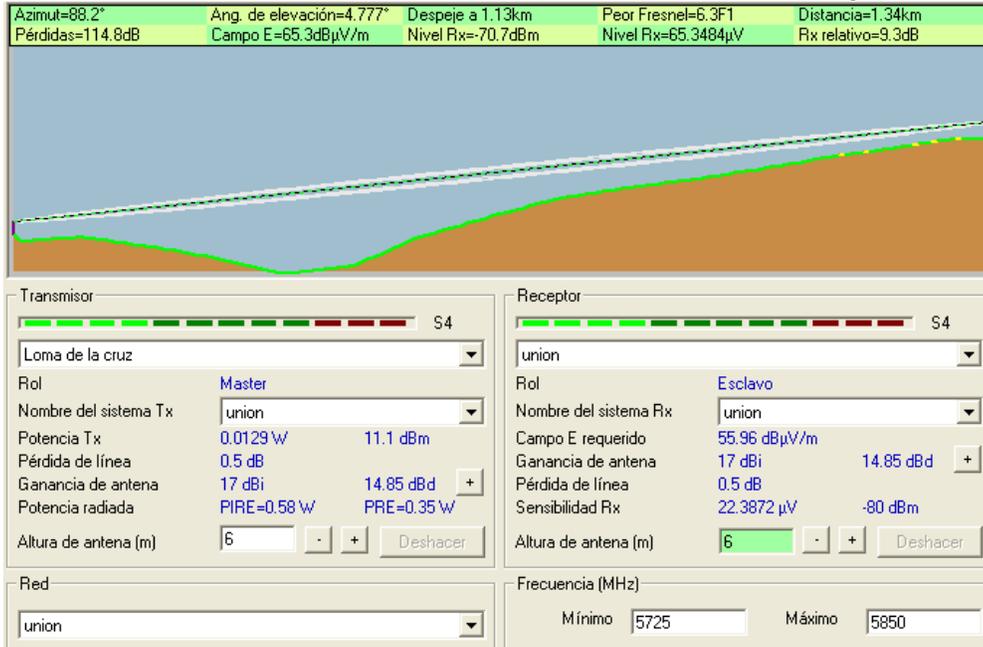


Figura 27. Cálculo del simulador, enlaces Loma de la Cruz con la Parroquia la Unión.

Como se puede apreciar el cálculo realizado para el enlace del sector Loma de la Cruz con la Parroquia la Unión presenta los siguientes cálculos:

- Altura de las antenas 15 metros.
- Azimut 88.2 grados con un ángulo de elevación de 4.7 grados.
- Potencia de Tx es de 11.1 dBm
- Perdidas en el espacio libre calculado 114.20 dB y simulado presenta un valor de 114.8 dB.
- Nivel de Rx el calculado es de -70.08 dBm y el simulador presenta un valor de -70.7 dBm.
- La sensibilidad de la antena permite tener un ancho de banda sobre los 6 Mbps excediendo sobremanera el enlace calculado para todo el proyecto.
 - **Simulación del enlace del Municipio con la repetidora de Zhondeleg.**

Municipio - R Zhondeleg		
pérdidas de acoplamiento	0.5	dB
Perdidas espacio libre	114.67	dB

potencia de transmisión	12.074	dBm
potencia de recepción	-69.60	dBm

Tabla 12. Cálculo de los enlaces Municipio con la repetidora de Zhondeleg.

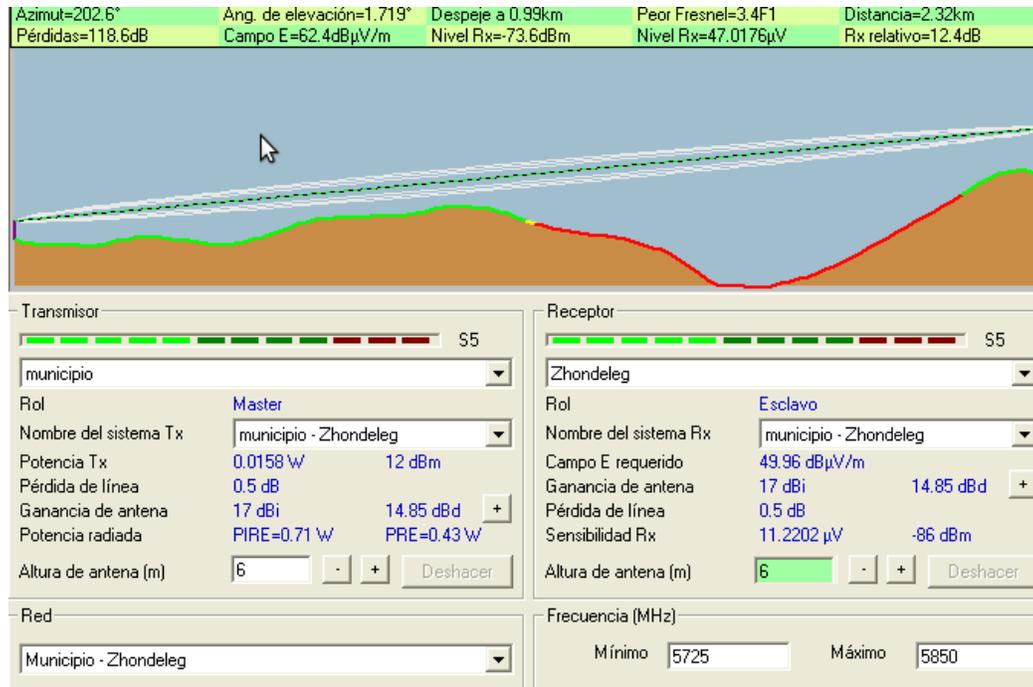


Figura 28. Cálculo del simulador, Municipio con la Repetidora de Zhondeleg.

El enlace Municipio con la repetidora ubicada en Zhondeleg es confiable por los datos que se ven, dándonos según el fabricante un ancho de banda sobre los 6 Mbps, considerando que nuestro enlace según el cálculo realizado en capítulos anteriores es de 3 Mbps, nos da la certeza de que podrá garantizar el tráfico deseado.

➤ **Simulación del enlace Bella Vista con la Parroquia Puzhío.**

Bella vista - P. Puzhío		
perdidas de acoplamiento	0.5	dB
Perdidas espacio libre	110.59	dB
potencia de transmisión	3.909	dBm
potencia de recepción	-73.68	dBm

Tabla 13. Cálculo de los enlaces Bella Vista con la P. Puzhio



UNIVERSIDAD DE CUENCA
ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED DE BANDA ANCHA
INALÁMBRICA EN EL CANTÓN CHORDELEG USANDO TECNOLOGÍA DE ACCESO WI-FI EN
DISTINTOS PUNTOS DEL CANTÓN Y DENTRO DE LA I. MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG

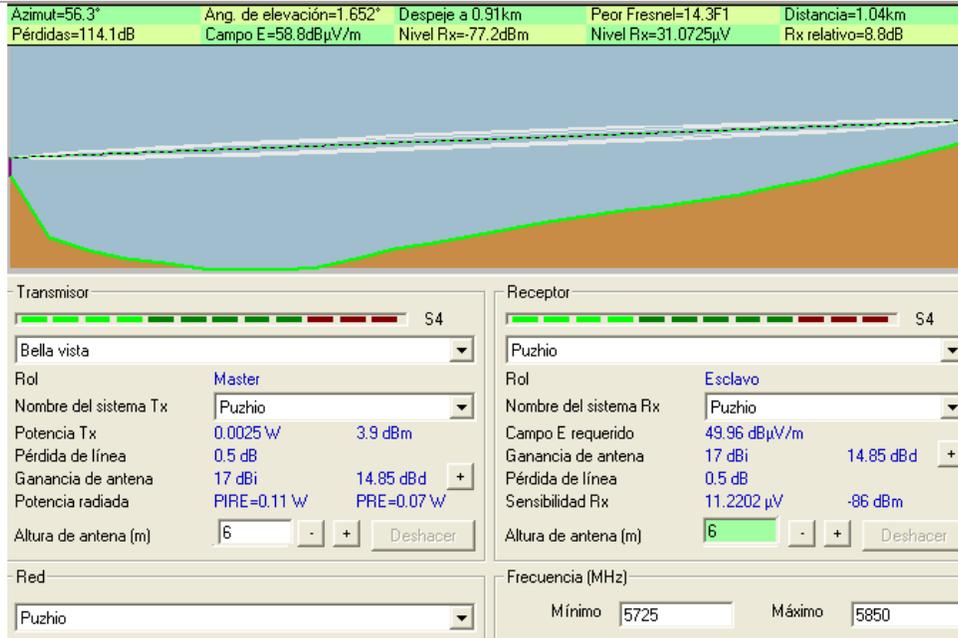


Figura 29. Cálculo del simulador, enlaces de Bella Vista con la P. Puzhio

Según los cálculos realizados para el enlace del sector Bella Vista con la Parroquia de Puzhio el enlace es fiable.

- Simulación del enlace del Sector Bella Vista con la Parroquia Delegsol.

Bella vista - P. Delegsol		
perdidas de acoplamiento	0.5	dB
Perdidas espacio libre	113.24	dB
potencia de transmisión	9.214	dBm
potencia de recepción	-71.03	dBm

Tabla 14. Cálculo del enlace Bella Vista con la P. Delegsol.

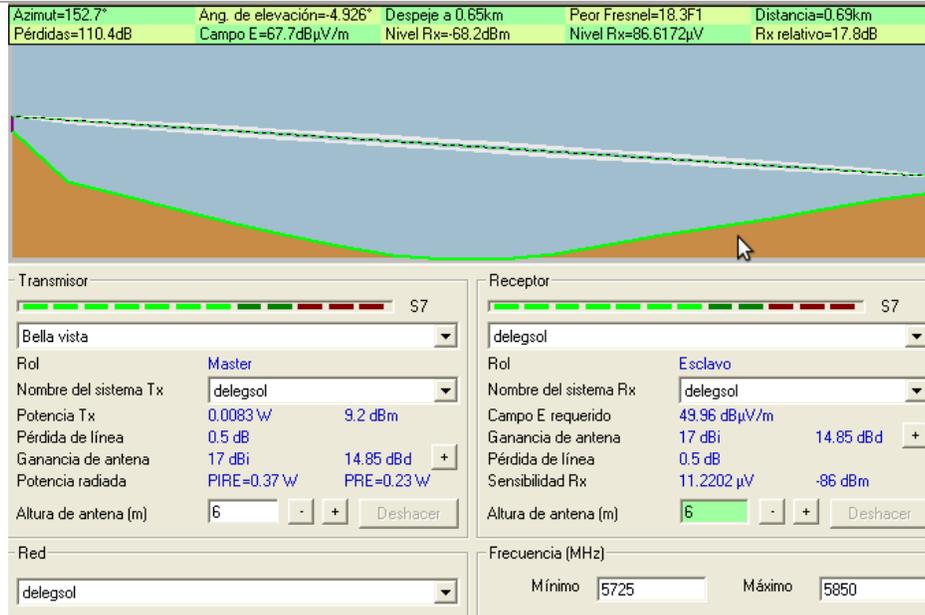


Figura 30. Cálculo del Simulador, enlaces Bella Vista con la P. Delegsol

Según los cálculos realizados entre el sector de Bella Vista y la Parroquia Delegsol son confiables.

➤ **Simulación de los enlaces Bella Vista con la repetidora para principal**

Bella vista - R. Principal		
perdidas de acoplamiento	0.5	dB
Perdidas espacio libre	117.21	dB
potencia de transmisión	17.149	dBm
potencia de recepción	-67.06	dBm

Tabla 15. Cálculo del enlace Bella Vista con la R. Principal.

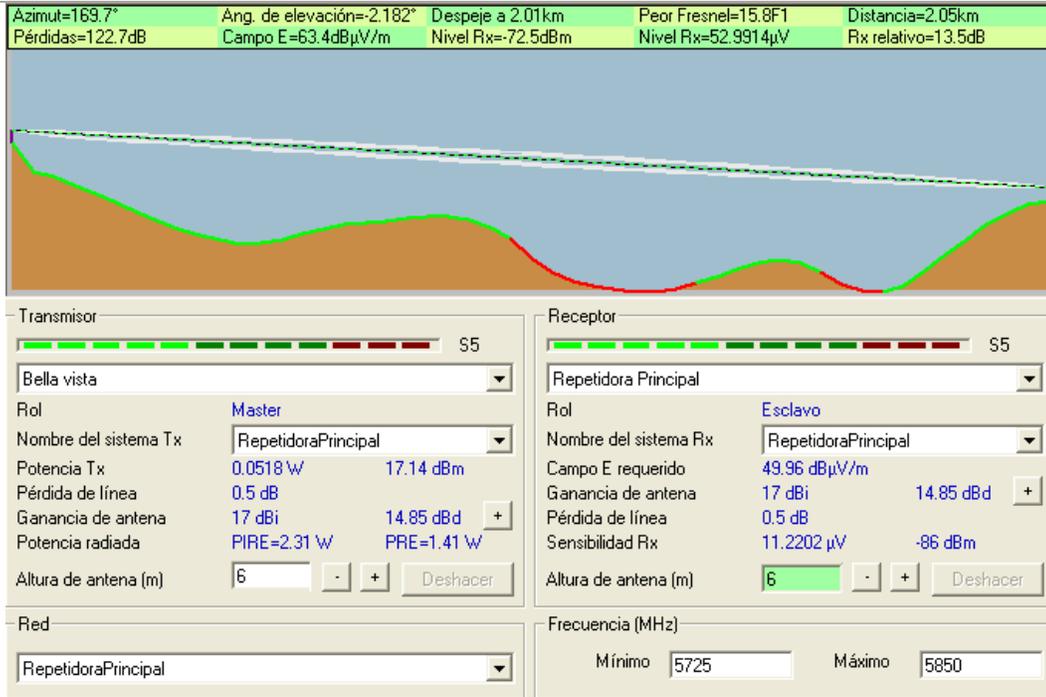


Figura 31. Cálculo del Simulador, enlaces Bella Vista con la R. a Principal

Según los cálculos realizados entre el sector de Bella Vista y la repetidora para la parroquia Principal son confiables.

- Simulación entre los enlaces de la Repetidora para Principal con la Parroquia Principal.

R. principal - P. Principal		
perdidas de acoplamiento	0.5	dB
Perdidas espacio libre	112.77	dB
potencia de transmisión	8.275	dBm
potencia de recepción	-71.50	dBm

Tabla 16. Cálculo de la R. a Principal con la parroquia Principal

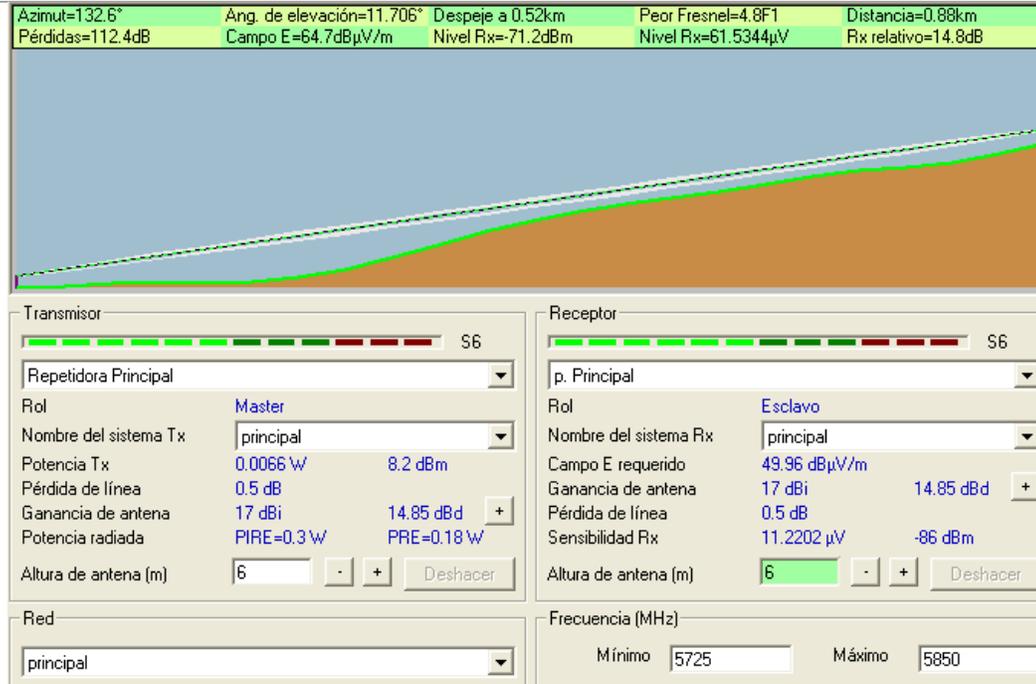


Figura 32. Cálculo del simulador, enlaces R. a Principal con la Parroquia Principal

El cálculo de los enlaces de la Repetidora con la Parroquia Principal también es viable.

Una vez calculado los enlaces fuera del centro cantonal nos dedicaremos al análisis de los enlaces dentro del Cantón Chordeleg.

Recordando que se utilizarán Access point con antenas direccionales que apunten a la antena colocada en el sector Loma de la Cruz. Para estos cálculos hay que entender que estos dispositivos tienen una potencia de transmisión de 17 dBm, con una sensibilidad de -80 dBm que dan aproximadamente un ancho de banda de 10 MB según el fabricante.

Con esta variable conocida tenemos que:

- Enlace Municipio – sector Loma de la Cruz.

$$P_{RX} = P_{TX} - \alpha_{TX} + G_{TX} - \alpha_{EG} + G_{RX} - \alpha_{RX}$$

$$P_{RX} = 17 - 0.5 + 12 - 89.69 + 12 - 0.5$$

$P_{Rx} = -46.69$

En nuestra simulación la gráfica nos muestra así:

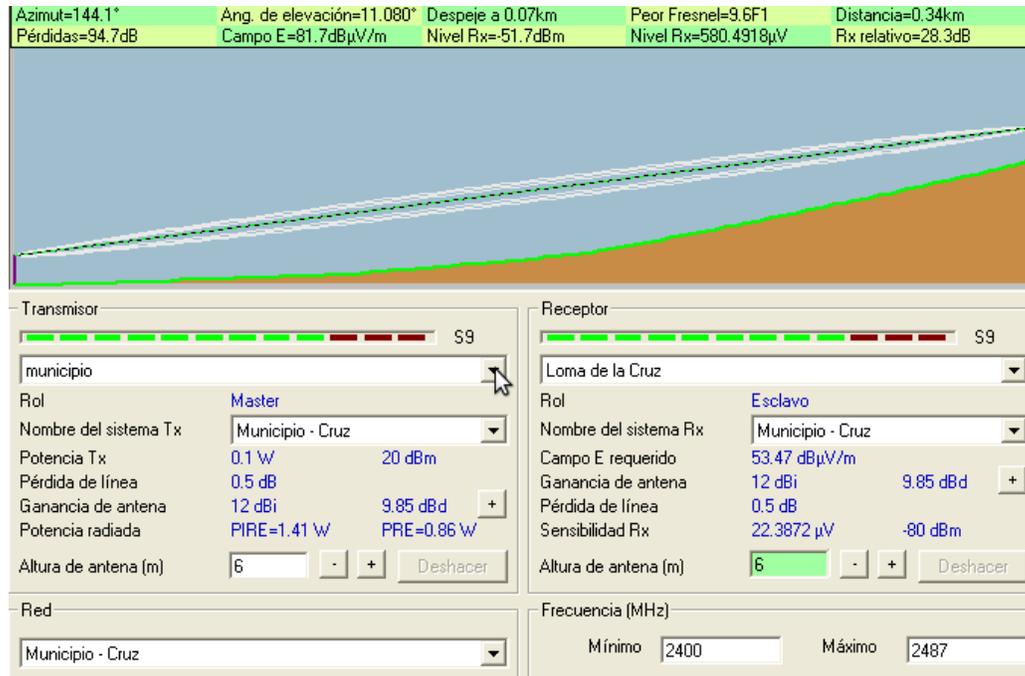


Figura 33. Cálculo del simulador, enlaces Municipio con el sector Loma de la Cruz

Como podemos observar en la gráfica tenemos un nivel de recepción de -51.7 dBm que se aproxima bastante a nuestro cálculo realizado. Pero el simulador nos da la oportunidad de jugar con estos valores disminuyendo los datos ingresados y podemos disminuir la potencia de trasmisión a su mínimo para todavía tener un buen enlace ejemplo:

Con un nivel de potencia de 5 dBm todavía tenemos un enlace aceptable tal como podemos apreciar en las figuras 30.



Figura 34. Simulación con datos inferiores al calculado

$$P_{RX} = 5 - 0.5 + 12 - 89.69 + 12 - 0.5$$

$$P_{RX} = -61.69 \text{ dBm}$$

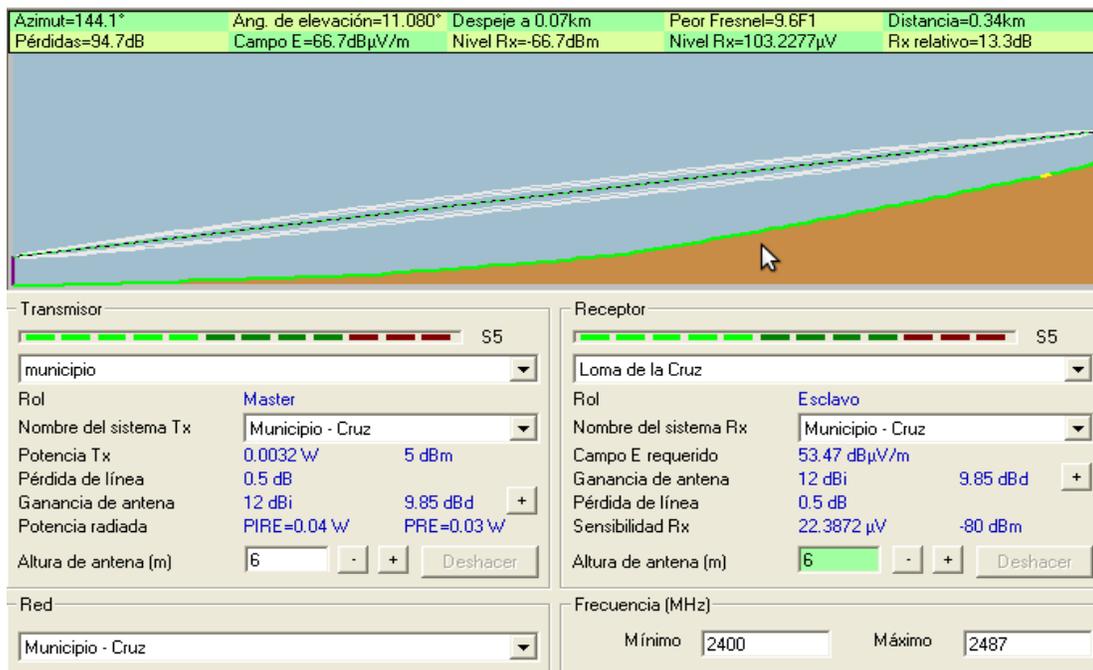


Figura 35. Simulador corte vertical de los enlaces Municipio con el sector Loma de la Cruz

Entonces la potencia de transmisión puede variar entre 5 dBm hasta unos 17 dBm obteniendo enlaces confiables, los 17 dBm de potencia de transmisión representa unos 50 mW.

- Para el resto de enlaces como se toma el mismo sistema de enlace, podemos apreciar en la gráfica que todos cumplen con los parámetros requeridos para este proyecto,

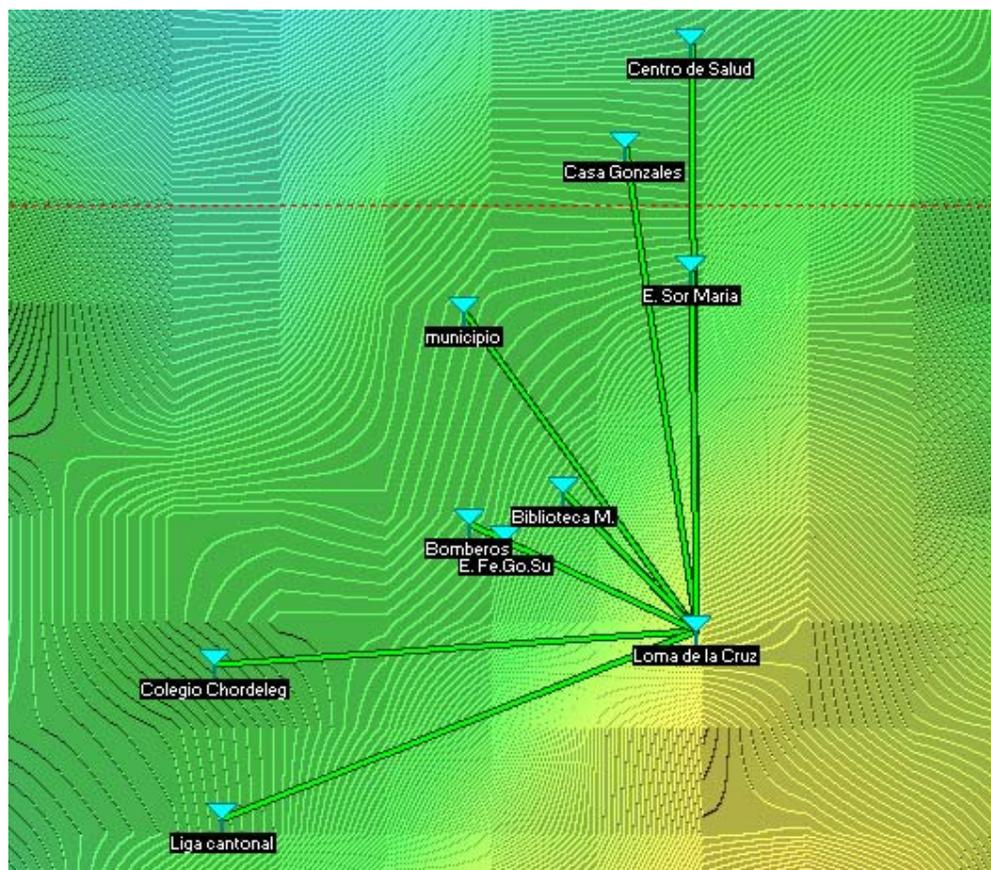


Figura 36. Enlaces de toda la red dentro del Centro Cantonal

Se debe de contemplar que la antena ubicada en el sector Loma de la Cruz es una omnidireccional.

A continuación se presenta el cálculo realizado en forma conjunta para todo el centro cantonal.



SECTOR	INSTITUCIONES	P. Acoplamiento	P. Espacio Libre	PRX	PTX	Distancia
Loma de la Cruz	Bomberos	0.5	87.61	-47.61	17 dBm	0.24
Loma de la Cruz	Casa Gonzales	0.5	94.16	-54.16	17 dBm	0.51
Loma de la Cruz	Centro de Salud	0.5	95.57	-55.57	17 dBm	0.6
Loma de la Cruz	E. Sor María S.T.A.	0.5	92.05	-52.05	17 dBm	0.4
Loma de la Cruz	E. Federico G. S.	0.5	87.61	-47.61	17 dBm	0.24
Loma de la Cruz	C. Chordeleg	0.5	93.26	-53.26	17 dBm	0.46
Loma de la Cruz	Biblioteca	0.5	89.83	-49.83	17 dBm	0.31
Loma de la Cruz	Liga Cantonal	0.5	93.07	-53.07	17 dBm	0.45

Tabla 17. Cálculos de toda la red dentro del centro cantonal

Resultados de la simulación

- **Enlace Loma de la cruz con la Institución Bomberil.**

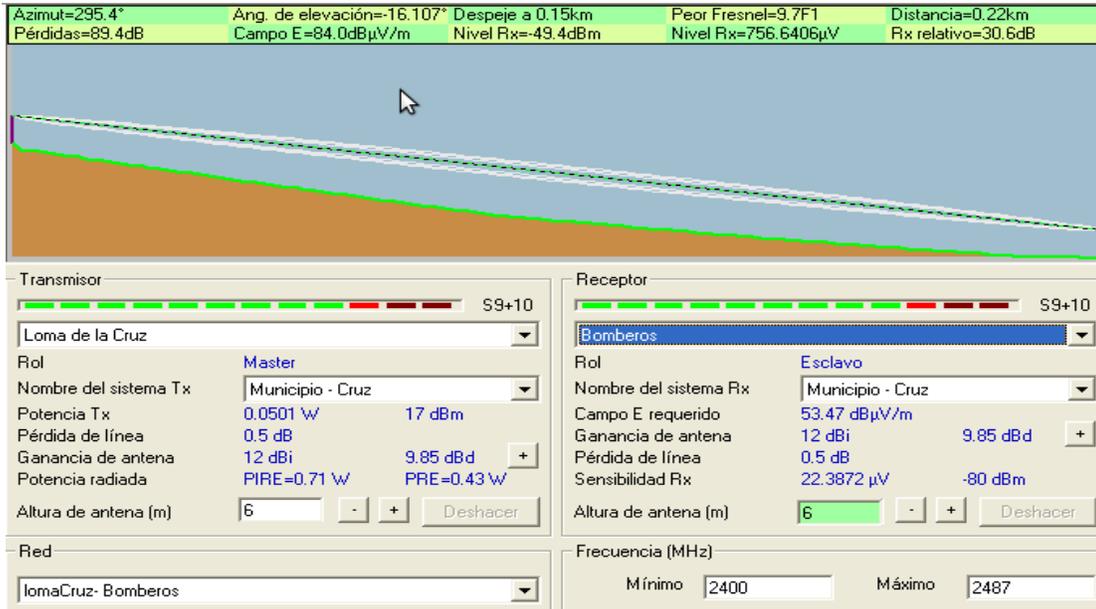


Figura 37. Simulación de los enlaces Loma de la Cruz con la I. Bomberil

➤ **Enlace Loma de la Cruz - Casa Gonzales.**

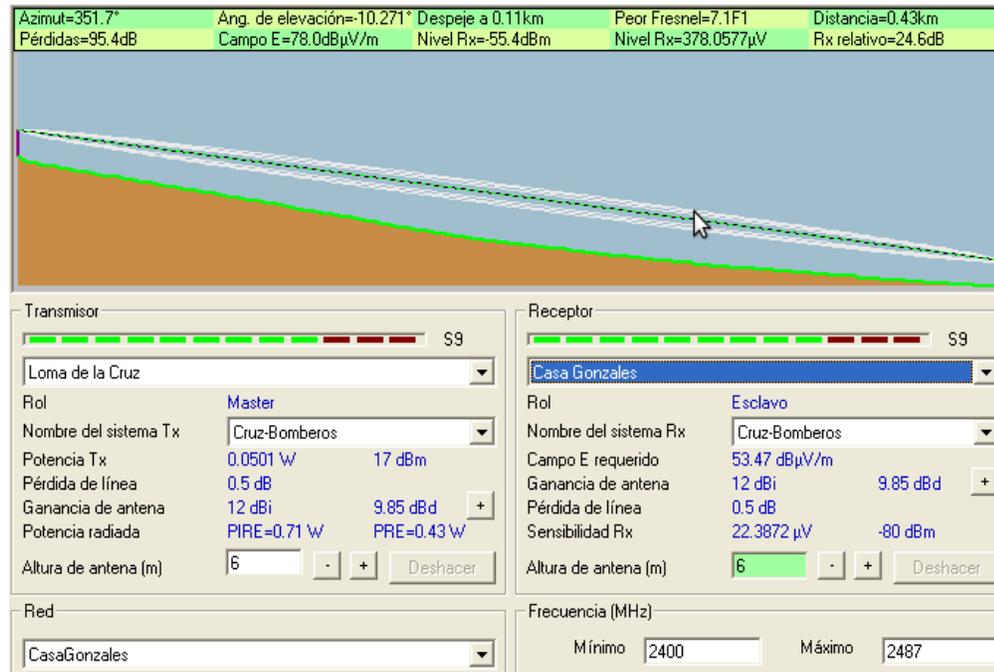


Figura 38. Simulación de los enlaces Loma de la Cruz con la I. Casa Gonzales

➤ **Enlace Loma de la Cruz - Centro de Salud.**

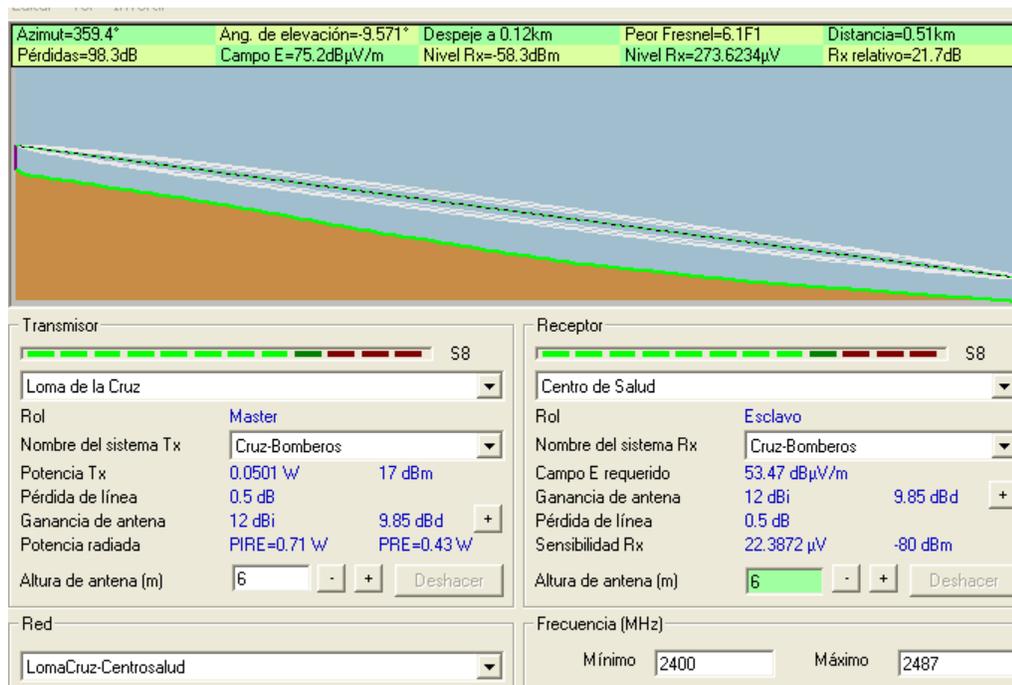


Figura 39. Simulación de los enlaces Loma de la Cruz con la I. Centro de Salud

- **Enlace Loma de la Cruz – Escuela Sor María de Santo Tomás Alvarado.**

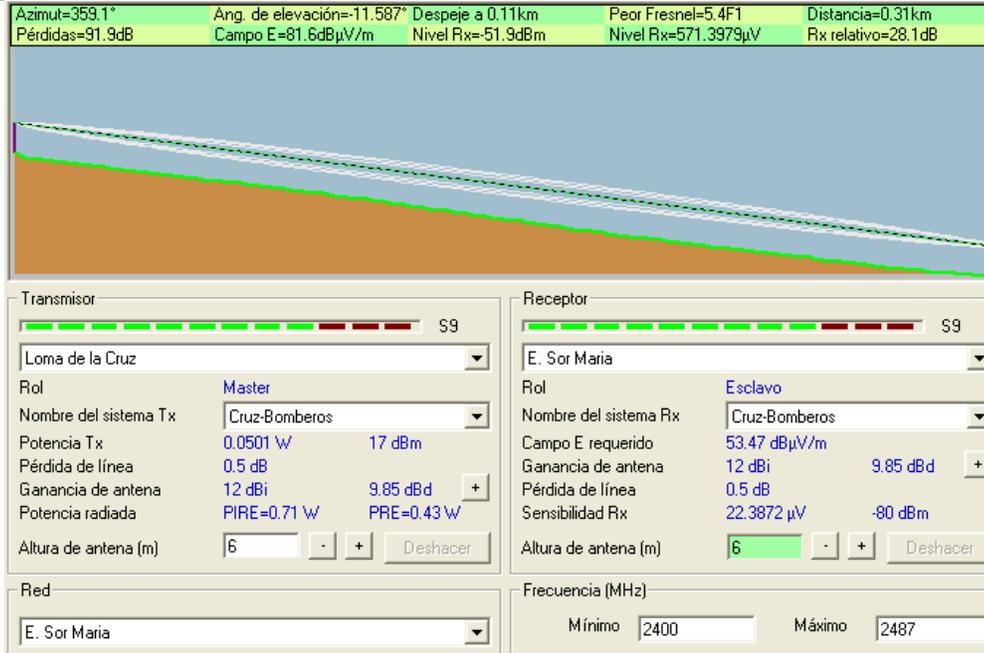


Figura 40. Simulación de los enlaces Loma de la Cruz con la I. E. Sor María de Santo Tomás Alvarado

➤ **Enlace Loma de al Cruz - Colegio Chordeleg.**

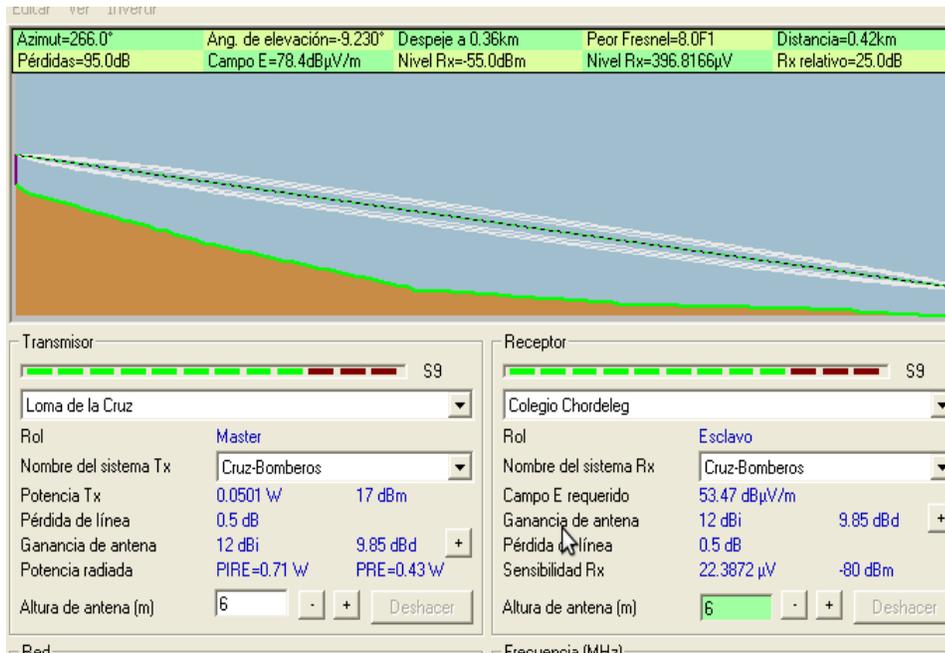


Figura 41. Simulación de los enlaces Loma de la Cruz con la Inst. Colegio N.

Chordeleg

➤ Enlace Loma de la Cruz – Biblioteca Municipal.

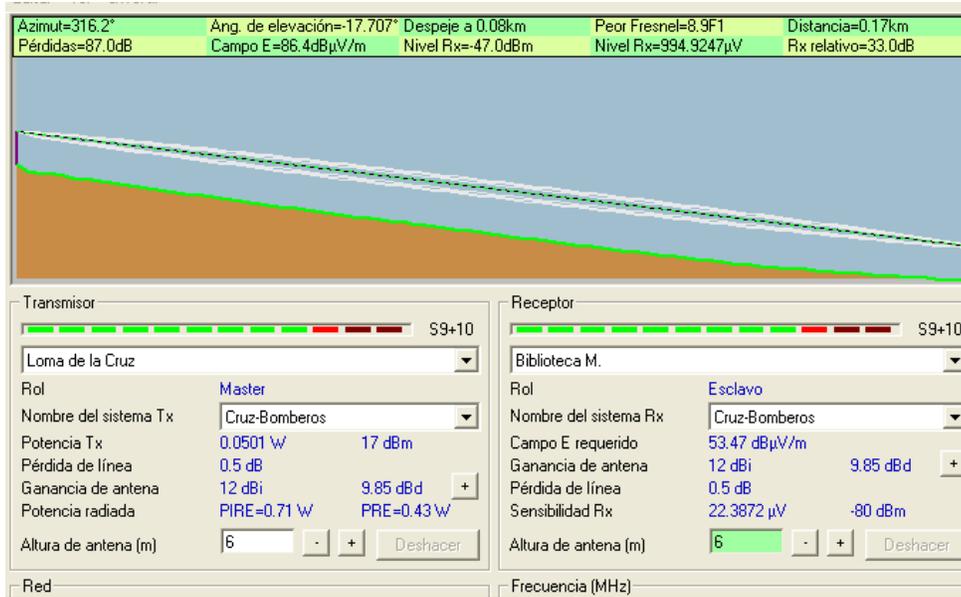


Figura 42. Simulación de los enlaces Loma de la Cruz con la Biblioteca Municipal

➤ Enlace Loma de la Cruz – Liga Cantonal.

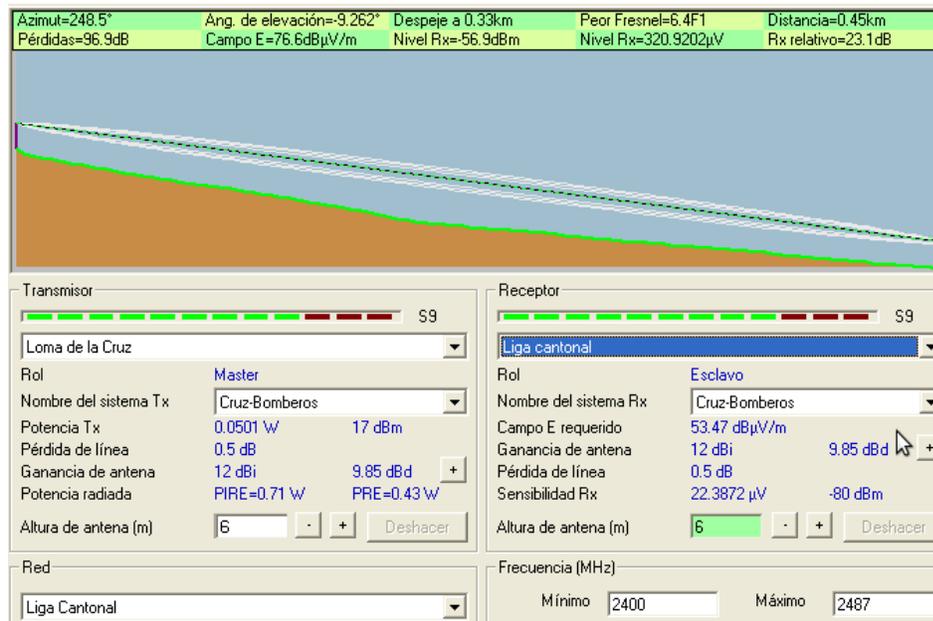


Figura 43. Simulación de los enlaces Loma de la Cruz con la I. de Liga Cantonal de Chordeleg



CAPITULO V

CONCLUSIONES

- ✓ La tecnología WI-FI va creciendo a pasos agigantados, enlazando dispositivos inalámbricos y redes, por tal motivo es una alternativa para unir pueblos que tienen la necesidad de acceder a la información.
- ✓ La toma de decisiones se puede dar de una manera más rápida ya que no es necesario ir al servidor de una red, si no acceder a él en cualquier momento, sacar la información necesaria y de acuerdo a ello tomar la decisión respectiva.
- ✓ Evidentemente se está haciendo un gran esfuerzo, tanto en los organismos de estandarización como en los fabricantes (que en definitiva son los mismos actores) para ofrecer productos que se puedan configurar tan seguros como una red cableada. Sobre esta tarea no puede haber dudas, pues el factor determinante es la confianza que generen estas redes al público en general (como sucede con el comercio electrónico), si la gente no confía, entonces estos productos no se venden, como el interés de los fabricantes es la venta, su principal preocupación es generar esta confianza por medio del esfuerzo en garantizar la seguridad de las mismas.
- ✓ Los sistemas Wi-Fi utilizan bandas de frecuencias de uso común, en las cuales no es necesario solicitar una licencia de uso. A cambio, tienen estrictas regulaciones sobre la potencia máxima que pueden emitir.
- ✓ Estas regulaciones afectan por igual a los puntos de acceso/routers y a los terminales de usuario, y se establecen en términos de PIRE., pero no son relevantes en cuanto a los efectos sobre la salud. Por ejemplo, en EE.UU. se permite 1 W de PIRE.
- ✓ Los equipos deben cumplir la normativa y llevar el marcado CE correspondiente, además de la certificación Wi-Fi. Fue establecida por la Comunidad Europea y es el testimonio por parte del fabricante de que su



producto cumple con los mínimos requisitos legales y técnicos en materia de seguridad de los Estados miembros de la Unión Europea. Se debe tener presente que la marca CE no implica la calidad del producto

- ✓ Podemos concluir que las tecnologías inalámbricas se avizoran como opciones sumamente viables para reducir en algo la brecha digital existente en la mayor parte de los países del mundo, sobre todo en los países en vías de desarrollo en los que ésta división es aún más marcada.

RECOMENDACIONES:

- ✓ Los gobiernos locales pueden aprovechar el despliegue de conectividad rural y en zonas menos favorecidas para cumplir con sus obligaciones a nivel de Educación y Salud, pilares esenciales para el desarrollo, que tanta falta hace en países como el nuestro.
- ✓ Luego de que la red esta implementada, se puede habilitar el acceso a otros sectores que están cerca de las antenas repetidoras, y con una configuración sencilla y un access point se puede brindar acceso a la Internet a estos lugares.
- ✓ Recomendamos en los lugares como colegios o escuelas se instalen servidores proxis cache, para que de esta manera reducir las peticiones de páginas al servidor principal, ahorrándonos tiempo y dinero.
- ✓ Recomendaciones técnicas profundas no se las puede hacer debido a que para eso esta el proyecto como tal.



BIBLIOGRAFIA

- [1] IEEE_802.11
http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
<http://librosnetworking.blogspot.com/2007/03/wireless-algo-sobre-los-estndares.html>
- [2] IEEE 802.11 working group
<http://www.ieee802.org/11/>
<http://standards.ieee.org/getieee802/802.11.html>
- [3] <http://www.teletronics.com/tt5800.html>
- [4] <http://courses.ece.ubc.ca/571p/priv/R-REC-P.837-4-200304-!!!PDF-E.pdf>
- [5]
<http://documental.conartel.gov.ec/Resoluciones/Conartel/T%C3%A9cnico/ITU/P%20series/R-REC-P.837-3-200102-S!!PDF-S.pdf>
- [6] La práctica de Antenas. Guilbert, CH. Editorial Marcombo. 1984.
- [7] Propagación y campo recibido.
www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Antenas%20y%20Propagacion/1513.pdf
- [8] Providing Outdoor to Indoor cellular signal coverage. Grote, Walter. IEEE ANDESCON, 2006.
- [9] Antenas. Mesen, Daniel. Venezuela
<http://www.monografias.com/trabajos6/ante/ante.shtml#para>
- [10] Tipos de Propagación
<http://www.tinet.org/~jfcP/Propagacion/Prop4.htm>
- [11] Antenas y líneas de transmisión VI. Touriz, Jorge
<http://espanol.geocities.com/elradioaficionado/antenas/antenas05.htm>
- [12] W. Stalling, "Wireless Communications and Networks", 2nd Edition, Prentice Hall, 2005.



- [13] W. Stalling, "Local and Metropolitan Area Network", 5ta Edition, Prentice Hall, 1997.
- [14] M. Gast, "802.11 Wireless Network", O'Reilly, 2002.
- [15]<http://www.teleco.upct.es/Docencia/Asignaturas/102119022/Curso05/Practicas/p4b%20wlan.pdf>
- [16]<http://www.teleco.upct.es/Docencia/Asignaturas/102119022/Curso05/Practicas/p4b%20wlan.pdf>
- [17] W. Stalling "Gíreles Communications and Networks", 2nd Edition, Prentice Hall, 2005
- [18] W. Stalling, "Local and Metropolitan Area Networks", %ta Edition, Prentice Hall, 1997.
- [19] L. Geier, "Wireless LANs", 2nd Edition, SAMS Publishing, 2002.

CAPITULO VI

ANEXOS

ANEXO A

UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS PUNTOS A CONECTAR Y USUARIOS

<u>Nombre de la Institución</u>	<u>Latitud</u>	<u>Longitud</u>	<u>Elevación (m)</u>	<u># PCs</u>	<u># Alumnos</u>	<u># Profesores</u>
Municipio de	2°55'21.5	78°46'33.	2415	25	-	-



UNIVERSIDAD DE CUENCA
**ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED DE BANDA ANCHA
 INALÁMBRICA EN EL CANTÓN CHORDELEG USANDO TECNOLOGÍA DE ACCESO WI-FI EN
 DISTINTOS PUNTOS DEL CANTÓN Y DENTRO DE LA I. MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG**

Chordeleg	1" S	70" O				
Bomberos	2°55'27.1 5" S	78°46'35. 56" O	2395	3	-	-
Colegio nacional Chordeleg	2°55'31.1 6" S	78°46'40. 81 O	2394	40	700	39
Parque central de Chordeleg	2°55'20.5 1" S	78°46'33. 05"O	2394	12	-	-
Escuela Sor María de Santo Tomas Alvarado	2°55'20.0 0" S	78°46'27. 31" O	2399	12	350	11
Escuela Federico Gonzales Suárez	2°55'27.6 4" S	78°46'32. 58" O	2404	14	530	17
Centro Obrero (Biblioteca)	2°55'26.2 6" S	78°46'30. 94" O	2408	5	-	-
Casa Gonzales (FODI)	2°55'16.4 9" S	78°46'29. 13" O	2384	3	-	-
Centro de Salud	2°55'13.5 9" S	78°46'27. 30" O	2377	5	-	-
Parroquia la Unión	2°55'28.8 7" S	78°45'43. 72" O	2579	12	135	7
Parroquia Puzhio	2°59'08.9 2" S	78°45'29. 46 O	2713	15	120	12
Parroquia Delegsol	2°59'47.3 2' S	78°45'47. 28 O	2620	12	120	12
Parroquia Principal	3°00'52.4 3" S	78°45'24. 54"O	2787	15	250	10
Liga Cantonal	2°55'35.4 6" S	78°46'40. 61" O	2389	2	-	-
Rep. Zhondeleg	2°56'30.8 9" S	78°47'02. 58" S	2438	-	-	-
Rep. Bella Vista	2°59'27.5 8" S	78°45'57. 48" S	2657	-	-	-
Rep. Principal	3°00'33.0 6" S	78°45'45. 63" S	2798	-	-	-



ANEXO B



CALCULO DEL ENLACE ENTRE SECTOR LOMA DE LA CRUZ Y LA PARROQUIA LA UNION

SECT. LOMA DE LA CRUZ PARROQUIA LA UNION

Altura	Altu. Antena	Altura	Altu. Antena	D1 Km	D2 Km	Frecuenc	D Total	Z. Fresnel (m)	Altu. Rayo (m)	Lim. Super (m)	Lim. Infer(m)
2487	6	2579	6	0	2.12	5800	2.12	0.00	2493.00	2493.00	2493.00
2487	6	2579	6	2.12	0	5800	2.12	0.00	2585.00	2585.00	2585.00
2487	6	2579	6	0.045	2.075	5800	2.12	1.51	2494.95	2496.46	2493.44
2487	6	2579	6	0.1	2.02	5800	2.12	2.22	2497.34	2499.56	2495.12
2487	6	2579	6	1.06	1.06	5800	2.12	5.24	2539.00	2544.24	2533.76
2487	6	2579	6	0.15	1.97	5800	2.12	2.69	2499.51	2502.20	2496.82
2487	6	2579	6	1.82	0.3	5800	2.12	3.65	2571.98	2575.63	2568.33
2487	6	2579	6	1.5	0.65	5800	2.12	4.88	2558.09	2562.97	2553.21
2487	6	2579	6	2	0.12	5800	2.12	2.42	2579.79	2582.21	2577.37
2487	6	2579	6	1.3	0.82	5800	2.12	5.10	2549.42	2554.52	2544.31



CALCULO DEL ENLACE ENTRE LA I. MUNICIPALIDAD DE CHORDELEG Y EL SECT. ZHONDELEG

SECT.
I. MUNICIPIO ZHONDELEG

Altura	Altu. Antena	Altura	Altu. Antena	D1 Km	D2 Km	Frecuenc	D Total	Z. Fresnel (m)	Altu. Rayo (m)	Lim. Super (m)	Lim. Infer(m)
2415	6	2468	6	0	2.24	5800	2.24	0.00	2421.00	2421.00	2421.00
2415	6	2468	6	1	1.24	5800	2.24	5.35	2444.66	2450.01	2439.31
2415	6	2468	6	0.8	1.44	5800	2.24	5.16	2439.93	2445.09	2434.77
2415	6	2468	6	1.12	1.12	5800	2.24	5.38	2447.50	2452.88	2442.12
2415	6	2468	6	1.5	0.74	5800	2.24	5.07	2456.49	2461.56	2451.43
2415	6	2468	6	2	0.24	5800	2.24	3.33	2468.32	2471.65	2464.99
2415	6	2468	6	2.1	0.14	5800	2.24	2.61	2470.69	2473.29	2468.08
2415	6	2468	6	2.18	0.06	5800	2.24	1.74	2472.58	2474.32	2470.84
2415	6	2468	6	0.3	1.94	5800	2.24	3.67	2428.10	2431.77	2424.43
2415	6	2468	6	1.84	0.4	5800	2.24	4.12	2464.54	2468.66	2460.41

CALCULO DEL ENLACE ENTRE EL SECT. ZHONDELEG Y EL SECTOR BELLA VISTA

AUTOR: ING. VÁZQUEZ PERALTA SANTIAGO MARTÍN



SECT. ZHONDELEG SECT. BELLA VISTA

Altura	Altu. Antena	Altura	Altu. Antena	D1 Km	D2 Km	Frecuenc	D Total	Z. Fresnel (m)	Altu. Rayo (m)	Lim. Super (m)	Lim. Infer(m)
2468	6	2687	6	0	5.28	5800	5.28	0.00	2474.00	2474.00	2474.00
2468	6	2687	6	0.4	4.88	5800	5.28	4.38	2490.59	2494.97	2486.22
2468	6	2687	6	0.8	4.48	5800	5.28	5.93	2507.18	2513.11	2501.25
2468	6	2687	6	1.2	4.08	5800	5.28	6.93	2523.77	2530.70	2516.84
2468	6	2687	6	1.8	3.48	5800	5.28	7.84	2548.66	2556.50	2540.82
2468	6	2687	6	2.5	2.78	5800	5.28	8.26	2577.69	2585.95	2569.44
2468	6	2687	6	1.29	1.29	5800	5.28	4.04	2527.51	2531.55	2523.47
2468	6	2687	6	5	0.28	5800	5.28	3.71	2681.39	2685.09	2677.68
2468	6	2687	6	4.5	0.78	5800	5.28	5.87	2660.65	2666.51	2654.78
2468	6	2687	6	4	1.28	5800	5.28	7.09	2639.91	2646.99	2632.82



CALCULO DEL ENLACE ENTRE EL SECTOR BELLA VISTA Y EL REPETIDOR PARA P. PRINCIPAL

SECT. BELLA VISTA REPETIDOR
VISTA P. PRINCIPAL

Altura	Altu. Antena	Altura	Altu. Antena	D1 Km	D2 Km	Frecuenc	D Total	Z. Fresnel (m)	Altu. Rayo (m)	Lim. Super (m)	Lim. Infer(m)
2687	6	2798	6	0	3	5800	3	0.00	2693.00	2693.00	2693.00
2687	6	2798	6	1.5	1.5	5800	3	6.23	2748.50	2754.73	2742.27
2687	6	2798	6	1	2	5800	3	5.88	2730.00	2735.88	2724.12
2687	6	2798	6	1.1	1.9	5800	3	6.01	2733.70	2739.71	2727.69
2687	6	2798	6	1.4	1.6	5800	3	6.22	2744.80	2751.02	2738.58
2687	6	2798	6	1.8	1.2	5800	3	6.11	2759.60	2765.71	2753.49
2687	6	2798	6	2.15	0.85	5800	3	5.62	2772.55	2778.17	2766.93
2687	6	2798	6	2.4	0.6	5800	3	4.99	2781.80	2786.79	2776.81
2687	6	2798	6	2.5	0.5	5800	3	4.64	2785.50	2790.14	2780.86
2687	6	2798	6	0.175	2.825	5800	3	2.92	2699.48	2702.40	2696.55



CALCULO DEL ENLACE ENTRE EL REPETIDOR PARA P. PRINCIPAL COLEGIO DE PRINCIPAL RED EDUCATIVA

REPETIDOR		RED EDUCATIVA									
Altura	Altu. Antena	Altura	Altu. Antena	D1 Km	D2 Km	Frecuenc	D Total	Z. Fresnel (m)	Altu. Rayo (m)	Lim. Super (m)	Lim. Infer(m)
2798	6	2630	6	0	1.8	5800	1.8	0.00	2804.00	2804.00	2804.00
2798	6	2630	6	1	0.8	5800	1.8	4.80	2710.67	2715.46	2705.87
2798	6	2630	6	0.25	1.55	5800	1.8	3.34	2780.67	2784.01	2777.33
2798	6	2630	6	0.35	1.45	5800	1.8	3.82	2771.33	2775.15	2767.51
2798	6	2630	6	0.45	1.35	5800	1.8	4.18	2762.00	2766.18	2757.82
2798	6	2630	6	0.55	1.25	5800	1.8	4.45	2752.67	2757.11	2748.22
2798	6	2630	6	1.2	0.6	5800	1.8	4.55	2692.00	2696.55	2687.45
2798	6	2630	6	1.4	0.4	5800	1.8	4.01	2673.33	2677.35	2669.32
2798	6	2630	6	0.9	0.9	5800	1.8	4.83	2720.00	2724.83	2715.17
2798	6	2630	6	0.375	1.425	5800	1.8	3.92	2769.00	2772.92	2765.08



CALCULO DEL ENLACE ENTRE EL SECTOR BELLA VISTA Y LA PARROQUIA PUZHIO

SEC. BELLA VISTA PARROQUIA PUZHIO

Altura	Altu. Antena	Altura	Altu. Antena	D1 Km	D2 Km	Frecuenc	D Total	Z. Fresnel (m)	Altu. Rayo (m)	Lim. Super (m)	Lim. Infer(m)
2687	6	2685	6	0	1.24	5800	1.24	0.00	2693.00	2693.00	2693.00
2687	6	2685	6	0.1	1.14	5800	1.24	2.18	2692.84	2695.02	2690.66
2687	6	2685	6	0.3	0.94	5800	1.24	3.43	2692.52	2695.95	2689.08
2687	6	2685	6	0.4	0.84	5800	1.24	3.75	2692.35	2696.10	2688.61
2687	6	2685	6	0.64	0.6	5800	1.24	4.00	2691.97	2695.97	2687.96
2687	6	2685	6	0.49	0.75	5800	1.24	3.92	2692.21	2696.13	2688.29
2687	6	2685	6	1	0.24	5800	1.24	3.17	2691.39	2694.55	2688.22
2687	6	2685	6	0.62	0.62	5800	1.24	4.01	2692.00	2696.01	2687.99
2687	6	2685	6	0.14	1.1	5800	1.24	2.54	2692.77	2695.31	2690.24
2687	6	2685	6	0.2	1.04	5800	1.24	2.95	2692.68	2695.62	2689.73



CALCULO DEL ENLACE ENTRE EL SECTOR BELLA VISTA Y LA PARROQUIA DELEGSOL

SEC. BELLA VISTA PARROQUIA DELEGSOL

Altura	Altu. Antena	Altura	Altu. Antena	D1 Km	D2 Km	Frecuenc	D Total	Z. Fresnel (m)	Altu. Rayo (m)	Lim. Super (m)	Lim. Infer(m)
2687	6	2619	6	0	1.9	5800	1.9	0.00	2693.00	2693.00	2693.00
2687	6	2619	6	0.3	1.6	5800	1.9	3.62	2682.26	2685.88	2678.65
2687	6	2619	6	0.4	1.5	5800	1.9	4.04	2678.68	2682.73	2674.64
2687	6	2619	6	0.6	1.3	5800	1.9	4.61	2671.53	2676.14	2666.92
2687	6	2619	6	0.7	1.2	5800	1.9	4.78	2667.95	2672.73	2663.16
2687	6	2619	6	0.8	1.1	5800	1.9	4.90	2664.37	2669.27	2659.47
2687	6	2619	6	0.95	0.95	5800	1.9	4.96	2659.00	2663.96	2654.04
2687	6	2619	6	1	0.9	5800	1.9	4.95	2657.21	2662.16	2652.26
2687	6	2619	6	1.85	0.05	5800	1.9	1.59	2626.79	2628.38	2625.20
2687	6	2619	6	0.078	1.822	5800	1.9	1.97	2690.21	2692.18	2688.24



CALCULO DEL ENLACE DEL SECTOR LOMA DE LA CRUZ Y LOS DIFERENTES PUNTOS DEL CANTON CHORDELEG CENTRO

SECT. LOMA
DE LA CRUZ

Altura	Altu. Antena	Altura	Altu. Antena	D1 Km	D2 Km	Frecuenc	D Total	Z. Fresnel (m)	Altu. Rayo (m)	Lim. Super (m)	Lim. Infer(m)	
2692	6	2406	6	0.12	0.12	5800	0.24	1.76	2555.00	2556.76	2553.24	Escuela Federico Gonzales Suarez
2692	6	2400	6	0.2	0.2	5800	0.4	2.28	2552.00	2554.28	2549.72	Escuela Sor Maria
2692	6	2385	6	0.255	0.255	5800	0.51	2.57	2544.50	2547.07	2541.93	Casa Gonzales
2692	6	2376	6	0.3	0.3	5800	0.6	2.79	2540.00	2542.79	2537.21	Centro de salud
2692	6	2395	6	0.17	0.17	5800	0.34	2.10	2549.50	2551.60	2547.40	Bomberos
2692	6	2409	6	0.155	0.155	5800	0.31	2.00	2556.50	2558.50	2554.50	Biblioteca Municipal
2692	6	2394	6	0.23	0.23	5800	0.46	2.44	2549.00	2551.44	2546.56	Colegio chordeleg
2692	6	2391	6	0.225	0.225	5800	0.45	2.41	2547.50	2549.91	2545.09	Liga Cantonal
2692	6	2394	6	0.22	0.22	5800	0.44	2.39	2549.00	2551.39	2546.61	Parque central