

**“Los conceptos expuestos en esta investigación son de la exclusiva
responsabilidad de su(s) autor(es) ”.**

En la actualidad las escuelas públicas que conforman la Dirección Regional 01 - Barahona del Ministerio de Educación de la República Dominicana (MINERD), tienen como limitante, el acceso a internet, afectando el desarrollo académico de más de 60 mil estudiantes. En vista de esta problemática, se diseñó una red de datos inalámbrica punto a multipuntos, que permitirá la conectividad a Internet en la mayoría de los Centros educativos que conforman dicha Regional.

A fin de lograr el presente diseño, se realizaron diversos estudios con el objetivo de analizar la situación actual de acceso a Internet en todos los planteles escolares, evaluar el suministro eléctrico, conocer las características climáticas y topográficas de las provincias Barahona y Pedernales, entre otros. Concluidos los análisis anteriores, se seleccionaron los equipos de Cambium Network PTP 650 y ePMP1000, los cuales funcionan en los enlaces punto a punto, y punto a multipunto respectivamente. Al concluir todo el diseño, resultó una red de comunicaciones con capacidad de brindar conectividad a Internet al 93.68% de los planteles educativos públicos de toda la zona Suroeste del país.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	2
LISTA DE GRÁFICOS	6
LISTA DE TABLAS	7
DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTOS	10
INTRODUCCIÓN	13
METODOLOGÍA.....	18
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	23
1.1. Antecedentes de la Investigación	24
1.2. Fundamentación Teórica.	27
1.3. Radio Comunicaciones por Microondas	33
1.4. Radioenlace	35
CAPÍTULO II. DISEÑO DE LA RED DE DATOS	41
2.1. Introducción	42
2.2. Topología de la Red.	44
2.3. Definición del Tipo de Comunicaciones en la Red	48
2.4. Consideraciones Generales	49
2.5. Planificación de la Capacidad de la Red.	50

2.6.	Margen de Desvanecimiento	57
2.7.	Cálculos - Red Modelo Enlaces Punto a Punto	58
2.8.	Diagrama de Reutilización de Frecuencias	80
2.9.	Rendimiento de los Ejemplos.....	80
2.10.	Selección de la Tecnología Inalámbrica	80
2.11.	Diagramas de Instalación de Equipos.....	94
2.12.	Ejemplo de los enlaces principales de la Red PMP en Barahona y Pedernales.	97
2.13.	Herramientas de simulación	101
CAPÍTULO III. SIMULACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO		103
3.1.	Introducción	104
3.2.	Simulaciones de la Red Modelo Punto a Punto.....	105
3.3.	Simulaciones de la Red Modelo Punto Multipuntos.	111
3.4.	Resumen General de Simulaciones.	123
CONCLUSIONES.....		124
RECOMENDACIONES.....		125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		127
ANEXOS		130
ANTEPROYECTO		145

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Acceso a Internet - Escuelas Barahona.....	15
Gráfico 2 - Acceso a Internet - Escuelas Pedernales.....	15
Gráfico 3 - Etapas del Diseño de la Red de Datos.....	22
Gráfico 4 - Centros Educativos de la Dirección Regional 01 Barahona.....	44
Gráfico 5 - Estaciones base y repetidores de la Red.....	45
Gráfico 6 - Esquema de Conexión - Red Híbrida.....	47
Gráfico 7 - Sistema Digital de Comunicaciones por Radio Digital.....	48
Gráfico 8 - Diagrama de Constelación: Modulación 256-QAM.....	53
Gráfico 9 - Representación del Espectro de Salida.....	55
Gráfico 10 - Diagrama Espectral Propuesto.....	56
Gráfico 11 - Perfil Topográfico del enlace La Cueva - Leonor Feltz.....	60
Gráfico 12 - Esquema de la Primera Zona de Fresnel. Autor: Jcmclurg.....	61
Gráfico 13 – Atenuación Producida por Gases.....	64
Gráfico 14 - Perfil Topográfico del Enlace: La Cueva- Ctra. Pedernales Duverge.....	69
Gráfico 15 - Perfil Topográfico, Enlace: Ctra. Pedernales Duverge- Barrio Las Mercedes.....	75
Gráfico 16 - Diagrama de Reutilización de Frecuencia.....	80
Gráfico 17 - Ciclo TDD.....	83
Gráfico 18 - Red No Sincronizada.....	90
Gráfico 19 - Red Sincronizada.....	91
Gráfico 20 - Esquema utilizando atenuadores. Fuente: Cambium Networks.....	92
Gráfico 21 - Diagrama de Conexión de Equipos en Estructuras Escolares.....	94
Gráfico 22 - Diagrama de Conexión de Equipos en Torres de Comunicaciones.....	95
Gráfico 23 - Modelo General de la Red.....	96
Gráfico 24 - Diagrama de Latencia No. 1: Red Modelo.....	99
Gráfico 25 - Diagrama de Latencia No. 2 - Red Modelo.....	100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Servicio eléctrico en los Centros educativo de la Regional 01-Barahona.....	50
Tabla 2 - Niveles de potencia de transmisión.....	52
Tabla 3 – Informaciones – Enlace entre las estaciones La Cueva – Leonor Feltz.	58
Tabla 4 - Cuadro de Coeficientes para estimar la atenuación específica debida a la lluvia.	65
Tabla 5 – Presupuesto – Ejemplo #1.....	67
Tabla 6 - Informaciones – Enlace entre las estaciones La Cueva – Ctra. Pedernales.	68
Tabla 7 - Presupuesto – Ejemplo #2	73
Tabla 8 - Informaciones – Enlace entre las estaciones Ctra. Pedernales-Barrio LM.....	74
Tabla 9 - Presupuesto - Ejemplo # 3.....	79
Tabla 10 – Características del Enlace Punto a Multipunto Leonor Feltz #1.....	97
Tabla 11 – Capacidad del Enlace Punto a Multipunto Las Mercedes #1.....	98
Tabla 12 - Latencias: Red Modelo.....	99
Tabla 13 - Latencias: Red Modelo.....	100
Tabla 14 - Acceso a Internet de la Red.	123

DEDICATORIA

A mis Padres: Por todo su amor, apoyo, comprensión y la buena formación que me enseñaron desde el hogar.

Juan Guillermo Plácido Jiménez

DEDICATORIA

A Dios: Por permitirme desarrollar este trabajo de grado.

A mi hermana: Libny Talma Para que este trabajo de grado te estimule a concluir tu carrera y ser una excelente ingeniera Civil.

A mi primo: Jabcil Mena Espero que te sirva de inspiración para que logres ser un gran profesional de las telecomunicaciones.

A mis familiares y amigos: Con el deseo de que este proyecto le sea útil y motive a cumplir sus metas.

A los estudiantes de la Regional 01-Barahona: Con el anhelo de que este proyecto sea puesto en marcha y se reduzca, cada vez más, la brecha digital existente en este sector educativo.

Eudy S. Talma Mena

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por guiar siempre cada uno de mis pasos.

A mis padres: Jeanne Arlenn Jiménez de Plácido y Juan Pablo Plácido Santana, gracias por su apoyo incondicional, por todo el esfuerzo que han dedicado con su vida para que pudiera lograr esta gran meta.

En toda mi formación universitaria conté con el apoyo de muchas personas especiales por lo que agradezco eternamente a toda mi familia, amigos, amigas, compañeros de clase y profesores.

Juan Guillermo Plácido Jiménez

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Porque nunca ha dejado de estar conmigo y de no ser por su voluntad no hubiera alcanzado este nuevo título académico.

A mi Abuela: Mirta Grecia Telleria por motivarme a seguir adelante y enseñarme a dar lo mejor de mí en todas las labores que realice.

A mis Padres: Virginia Mena y Miranbeux Talma por siempre estar presente y apoyarme en cada decisión que tomo. De igual forma les agradezco por los principios que me han enseñado a lo largo de mi vida.

A mi Tío: Juan F. Mena porque siempre confiando en mí y me insta a avanzar como persona y profesional.

A mis Familiares: Que nunca han dejado de confiar y esperar lo mejor de mí tanto en lo académico como en lo personal. Nunca podre agradecerle el amor y cariño que ustedes me dan.

A mi Compañero: Juan Placido por ser un amigo dedicado a lograr la excelencia en cada uno de los proyectos que hemos realizado. Gracias por brindarme tu amistad y ser un magnifico compañero de trabajo de grado.

A mi Amigo y Educador: Ing. Ramón Montero por motivarme e instruirme a ser un profesional de visión y entrega.

A mi Compañero de Estudios: Los cuales han estado conmigo a lo largo de todo este trayecto mostrándome su amistad y motivándome a cumplir mis objetivos.

A mi Asesor: Por orientarme y enseñarme a mirar los radioenlaces por microondas desde otro ángulo más estructurado y realista. Le agradezco por dedicar parte de su tiempo a instruirme para así lograr la conclusión de esta etapa y la apertura de nuevas oportunidades.

A mis Educadores: Por su entrega y enseñarme a ser un profesional de la telecomunicaciones.

Al ministerio de Educación (MINERD) y a la Lic. Cecilia Pérez: Gracias por brindarme su mano amiga y proporcionar datos que hicieron posible este plan piloto de cobertura a internet en las escuelas de la Republica Dominicana.

Eudy S. Talma Mena

INTRODUCCIÓN

Cada día el mundo procura estar más conectado, razón por la cual se ha diversificado el uso de las herramientas tecnológicas, hoy día, se comparte todo lo que sucede en el entorno social al instante. Esto se ha logrado debido a varios factores, algunos como el desarrollo de nuevas aplicaciones en dispositivos móviles, así como el acceso a redes de mayor velocidad y capacidad de transmisión de datos.

La red de Comunicaciones Dominicana está compuesta por las instalaciones y servicios que ofrecen múltiples compañías privadas. Cada usuario puede contratar el servicio que desee, los de telefonía residencial, telefonía móvil, Internet fijo o inalámbrico, entre otros.

Actualmente, el Ministerio de Educación de la República Dominicana utiliza los servicios de estas empresas de manera individual, es decir, cada escuela subcontrata el servicio de comunicación que demanda.

En las provincias de la Región Suroeste del país se encuentra la Dirección Regional 01 Barahona, en donde funcionan los Distritos Educativos de Pedernales, Enriquillo, Barahona y Cabral. Los mismo cuentan con una matrícula total de 60,068 estudiantes según el Boletín Estadístico 2011-2012 del MINERD, representando el 2.28% de la población estudiantil nacional.

Esta investigación ha permitido conocer la situación actual de conectividad a Internet de todos los Centros de Educación públicos ubicados en dos de las Provincias menos desarrolladas de la Región Sur del País.

De acuerdo a las informaciones facilitadas a través de entrevistas realizadas a los funcionarios de MINERD, en la región de Barahona existen 201 Centros de Educación Pública, con una matrícula total de 58,070 estudiantes. Estos Centros Educativos están ubicados en 164 plantas físicas, en algunas edificaciones funciona más de una escuela, en la tanda matutina, vespertina o nocturna.

En la provincia de Pedernales existen 24 Centros Educativos con una población de estudiantes de 6,671, los cuales reciben docencia en 21 edificaciones. Al sumar la totalidad de planteles en ambas provincias, se tiene un total de 219 Centros educativos, ubicados en 185 edificaciones, con una matrícula total de 64,741 estudiantes, lo cual deja en evidencia, el incremento del número de jóvenes en las aulas.

Planteamiento del Problema.

De todos los Centros que conforman la Regional 01 de Barahona, en la Provincia de Barahona, el 81% no posee Internet, un 7% tiene acceso completo y un 12% cuenta con el servicio de manera parcial o deficiente.

Por otro lado, en la Provincia de Pedernales, el 67% de las Escuelas Públicas no posee Internet, un 5% tiene acceso completo y un 28% cuenta con el servicio de manera parcial o deficiente, lo que provoca que de su matrícula actual, más de 50 mil estudiantes no poseen acceso al servicio de Internet.

Ambas condiciones de acceso a Internet se describen en las siguientes gráficas:

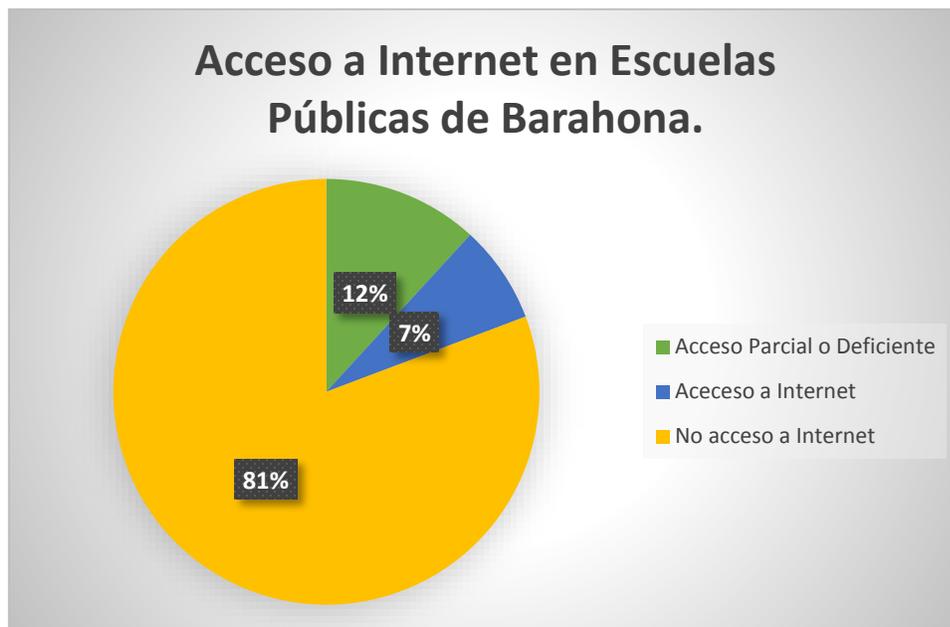


Gráfico 1 - Acceso a Internet - Escuelas Barahona.

Fuente: Mapa Educativo MINERD

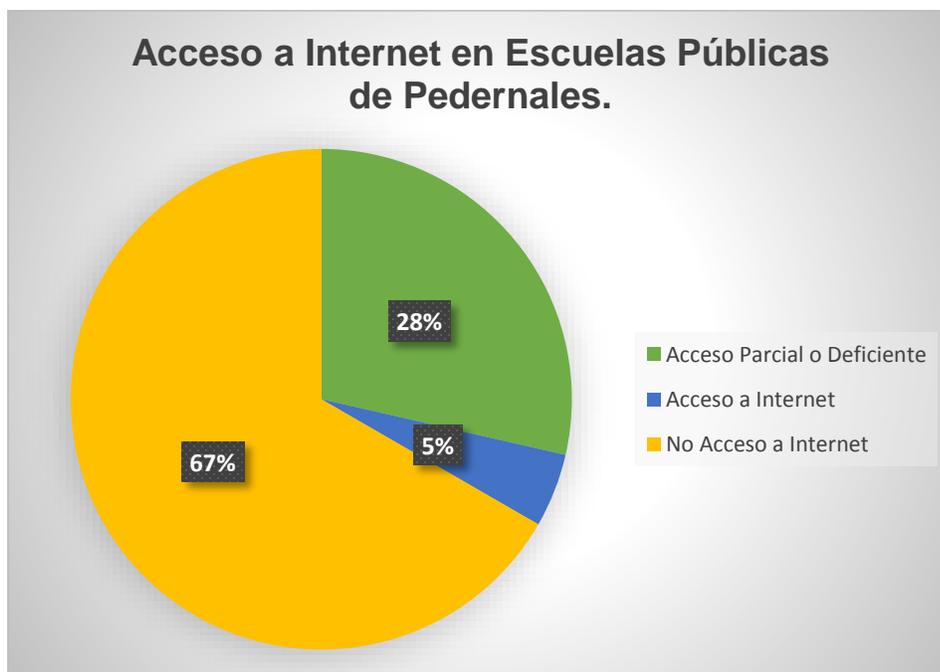


Gráfico 2 - Acceso a Internet - Escuelas Pedernales.

Fuente: Mapa Educativo MINERD

El no acceso al servicio de Internet limita a los estudiantes y profesores de todas las informaciones didácticas de actualidad, y los recursos como enciclopedias digitales, libros, revistas educativas, cursos y certificaciones gratuitas internacionales en altas casas de estudios. Esta situación afecta bastante su desarrollo académico, manteniendo el espacio que marca la brecha digital en nuestro país y la desigualdad social frente a los Centros de Educación privados.

Objetivos.

Objetivo General

Diseñar una red de datos punto a multipuntos que permita el acceso a Internet de todas las Escuelas Públicas de la Dirección Regional 01 Barahona, del Ministerio de Educación de la República Dominicana.

Objetivos Específicos

- Identificar los Centros educativos del sector público que puedan conectarse al diseño de la red de datos.
- Realizar los perfiles topográficos de cada enlace de la red.
- Determinar el ancho de banda, y las tasas de velocidad de conexión y transferencia de la data requerida por la red.
- Identificar los equipos necesarios para el diseño de la red.
- Simular cada enlace de microondas mediante programas de computación, que cumplan con los requerimientos del diseño de operación de la red.

- Determinar los niveles adecuados de potencia en los puntos de transmisión y recepción, así como los niveles aceptados de atenuaciones de la red de Datos.

Justificación

El desarrollo de la Educación Pública en la República Dominicana es un aspecto de suma importancia para toda la sociedad dominicana, ya que permite el crecimiento académico, personal y social del individuo, garantizando la estabilidad y el bienestar, tanto para él, como para toda su familia. Durante los últimos años se han logrado avances en el Sistema Educativo, ejemplos de esto son las acciones del cumplimiento de entrega de la partida del presupuesto nacional, correspondiente a este sector.

Otros avances se registran en el incremento de la capacidad de infraestructuras escolares así como la reparación de Centros Educativos en condiciones deficientes, se ha capacitado al profesorado y mejorado los programas académicos, sin embargo, un gran número de estudiantes de la Región Sur del país, no tiene alcance al uso de las tecnologías educativas, las cuales juegan un papel fundamental para complementar su preparación académica.

Para concretar el apoyo de la tecnología al Sistema Educativo Nacional, se propuso el diseño de una red de comunicaciones que permitirá brindar acceso a Internet a la mayoría de las escuelas del Sector Público que conforman la Dirección Regional 01 de Barahona, la cual no cuenta con este servicio.

En el caso de no asumir esta propuesta, más de 50 mil estudiantes seguirán sin el acceso a las herramientas tecnológicas de información y comunicación en las Escuelas Públicas, provocando la desigualdad de condiciones en el desarrollo del Sector Educativo Público y Privado, produciendo diferencias notables en el proceso de aprendizaje, e incrementando las barreras a los jóvenes que desean superarse y triunfar en la vida.

METODOLOGÍA

Tipo de Investigación

El estudio del diseño de la Red Punto a Multipunto de la Dirección Regional 01 Barahona del Ministerio de Educación Dominicano, se llevó a cabo mediante una investigación descriptiva conforme a los objetivos del proyecto, permitiendo obtener una apreciación de la conectividad a Internet en las Escuelas Públicas ubicadas en las zonas comprendidas entre Barahona y Pedernales, como también, el análisis de la capacidad que debería tener una nueva red de comunicaciones para la transmisión de datos, a fin de presentar un diseño apropiado para dar solución a la problemática planteada.

Tomando en cuenta el tipo de Investigación Proyectiva que busca proponer soluciones a una situación determinada a partir de un proceso previo de indagación; además de implicar la exploración, descripción y propósito de alternativas de cambio, sin la necesidad de ejecutar la Propuesta, el presente trabajo de investigación se considera de tipo proyectivo, proponiendo un diseño de una red de datos con conexiones Punto a Multipunto mediante el formato de comunicaciones por microondas como apoyo al desarrollo de la Educación Pública Dominicana.

Diseño de la Investigación

Este estudio se ha clasificado como un diseño de fuentes mixtas ya que fue necesario recurrir a diferentes recursos documentales tales como reglamentos nacionales e internacionales, libros, manuales, hojas de datos de dispositivos electrónicos, software, revistas digitales, mapas topográficos, simuladores digitales, entrevistas directas y observaciones.

Entrevistas

Para esta investigación se utilizó la Entrevista Directa con los funcionarios que laboran en el Departamento de Planificación de Proyectos del MINERD como técnica para obtener una información detallada, precisa y actual de la situación de los Centros Educativos que conforman la Regional 01 de Barahona. La misma se realizó en forma de diálogo cara a cara entre los investigadores y los entrevistados acerca del tema previamente convenido.

Revisión Documental

Otra técnica para el levantamiento de la información, fue la revisión de libros, hoja de datos, normas vigentes internacionales y nacionales de los organismos reguladores en comunicaciones de los que la Nación Dominicana mantiene acuerdos. Se utilizaron planos topográficos digitales para poder conocer aspectos del terreno y las coordenadas de posicionamiento global (GPS) de todos los planteles educativos.

Etapas de la Investigación

El estudio contiene de manera funcional las etapas descritas a continuación, que fueron necesarias para lograr la resolución de la situación planteada.

Etapa I: Descripción de la Situación Actual.

La revisión del organigrama laboral del MINERD permitió dirigir las entrevistas directas a los funcionarios específicos que tienen a cargo la Dirección Regional objeto de estudio, los cuales brindaron la mayor cantidad de información importante para iniciar la siguiente etapa.

El Ministerio de Educación cuenta con un mapa digital que contiene todas las informaciones de cada Centro Educativo, esta herramienta informática permitió la comprobación de los datos productos del levantamiento.

Etapa II: Análisis de los Requerimientos de la Red.

Con las informaciones obtenidas en el MINERD, se procedió a estimar el alcance y la capacidad de la red, así como los requerimientos en cada centro.

Etapa III: Cálculos del Diseño.

Se desarrolló consultando el material didáctico relacionado con el tema de investigación, utilizando programas informáticos que consideran el cumplimiento de todas las regulaciones vigentes para las tecnologías que operan en las bandas de frecuencias seleccionadas.

Etapa IV: Simulación del Diseño.

Se utilizó el programa de simulación digital LinkPlanner que cuenta con la galería de dispositivos necesarios para la red.

Etapa V: Determinación de los Beneficios del Nuevo Modelo.

Tomando en consideración la información al realizar las fases de la simulación del diseño, se evaluó el impacto de las capacidades existentes y futuras, proyectando el nuevo modelo de la red como una solución real efectiva.

Etapas del Diseño de la Red de Datos

El diseño de la Red Punto a Multipunto se realizó en base a la metodología que presenta a continuación, la cual está dividida en 4 etapas tal como se observa en el Esquema del Gráfico 3.

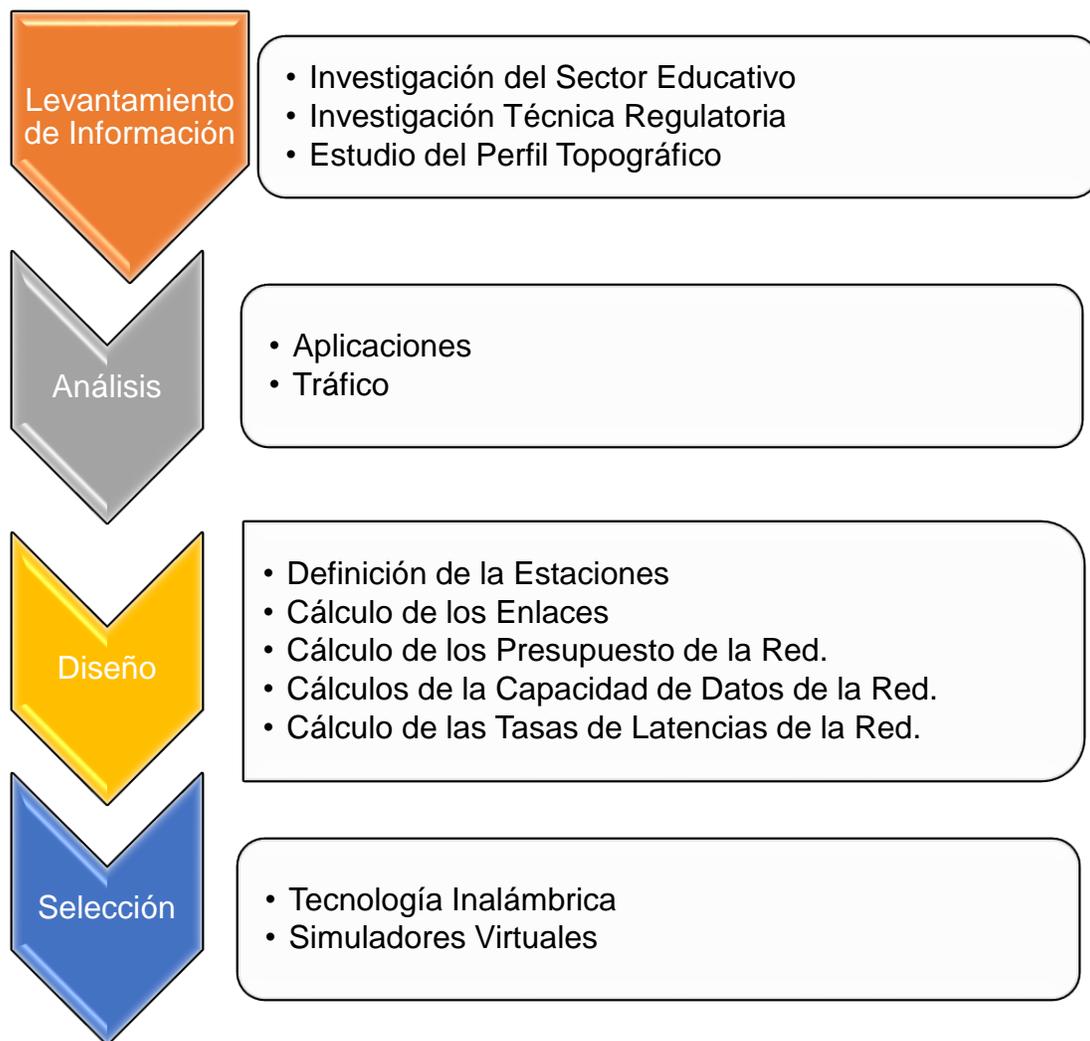


Gráfico 3 - Etapas del Diseño de la Red de Datos.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la Investigación

Los sistemas de transmisión de datos constituyen el apoyo de los sistemas de cómputo para el transporte de la información que manejan. Sin estos sistemas no hubiese sido posible la creación de las redes avanzadas de cómputo de procesamientos distribuidos, en las que compartir información y transferir datos entre computadoras con gran difusión geográfica, sumamente rápido y en grandes volúmenes, es vital para el funcionamiento eficiente de todo el engranaje económico, político y social del mundo, (Herrera, 2003).

Hoy día contamos con un sinnúmero de dispositivos electrónicos con estándares de comunicación que permiten acceder a cualquier red de datos, alámbrica e inalámbrica, para colocar un ejemplo, se tienen los computadores portátiles denominados Laptops y/o los teléfonos inteligentes (Smartphones). Estas herramientas han mejorado sus aplicaciones y actualmente sus usuarios han cambiado el uso para lo que originalmente fueron diseñados, por lo cual, cada vez se está generando más información con el propósito de ser compartida a toda la población.

En el espacio educativo, las informaciones didácticas actualizadas mejoran el aprendizaje de los y las estudiantes. En el caso de las Escuelas Públicas que cuentan dispositivos conectados con acceso a Internet desde lugares distantes, permiten potenciar la globalización desarrollando el conocimiento científico.

En estudios anteriores sobre el diseño de una red de datos, los ingenieros Cabrera & Zabala, en su Maestría en telecomunicaciones con el tema “Diseño de una Red de Datos, para la Distribución de Subsidios del Gobierno Central”, concluyeron que a medida que avanza y crece la pobreza en el mundo, aumenta la necesidad del hombre de crear nuevas tecnologías para disminuir la misma.

Este diseño es una de esas soluciones que pretender llegar a las zonas más necesitadas de la República Dominicana, donde el desarrollo humano se ve limitado en algunos casos por el acceso a la información y al conocimiento que permite una conexión a Internet.

Además en el libro de Redes de Transmisión de Datos y Proceso Distribuido su autor, Uyles Black ha expresado que “La sociedad de información está basada en los datos, la materia prima que contiene información. En los últimos 20 años, las telecomunicaciones han pasado de ser un instrumento que facilitaba las comunicaciones entre individuos a convertirse en la base sobre la que se realizan un gran número de actividades que van desde el comercio internacional a la atención sanitaria y a la Educación. ”

Las redes de datos en todos los sectores de la sociedad aportan beneficios, en la parte educativa, mejora los procesos de enseñanza y aprendizaje que acompañan al desarrollo integral del ser humano.

Las necesidades, ideas, valores y creencias de un grupo social en una época y un lugar determinado generan tecnologías. Estas son, entonces, construcciones sociales, producto de condiciones sociales, es decir, resultantes de procesos políticos, económicos, culturales e ideológicos y de decisiones institucionales. Su existencia transforma a la sociedad que las generó, pues en su diseño hay decisiones ontológicas con consecuencias políticas, afirma (Azinian, 2009).

Por todo cuanto nos aportan las tecnologías aplicadas a la Educación, se pretende construir un diseño que sirva de herramienta para el beneficio de los estudiantes de la Regional 01 Barahona que no posee acceso al conocimiento del actual desarrollo educativo.

1.2. Fundamentación Teórica.

1.2.1.Red de Datos.

Una red es la interconexión de dos o más dispositivos que pueden intercambiar información entre sí. Las redes de datos se basan en el intercambio (conmutación) de paquetes de información digital.

1.2.2.Comunicación de paquetes.

En el origen, extremo emisor, la información se divide en “Paquetes” a los cuales se les indica la dirección del destinatario. Cada paquete contiene, además de datos, un encabezado con información de control (prioridad y direcciones de origen y destino) (Wikitel, 2015).

Los Paquetes se transmiten a través de la red y posteriormente, son re-ensamblados en el destino obteniendo así el mensaje original. En cada nodo de la red, un paquete puede ser almacenado brevemente y encaminado dependiendo de la información de la cabecera.

De esta forma, pueden existir múltiples vías o “caminos” de un punto a otro, siendo gestionado por la red el camino óptimo. Las redes basadas en la conmutación de paquetes evitan que mensajes de gran longitud signifiquen grandes intervalos de espera ya que limitan el tamaño de los mensajes transmitidos.

La red puede transmitir diversos tipos de mensajes pero con una longitud máxima.

Para poder compartir datos en la red se necesita establecer un protocolo de comunicación que permita que en ambos extremos se puedan entender sus usuarios, entre los protocolos de comunicaciones existe el modelo de interconexión de sistemas abiertos (en inglés, Open System Interconnection), protocolo de Internet (en inglés, Internet Protocol), entre otros.

1.2.3. Modelo OSI.

El modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI), se creó en el año 1980 por la Organización Internacional de Normalización (ISO, del inglés, International Organization for Standardization). Esta normativa está compuesta de siete capas que definen las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicaciones.

Se trata de una normativa estandarizada útil debido a la existencia de muchas tecnologías, fabricantes y compañías dentro del mundo de las comunicaciones y al estar en continua expansión se tuvo que crear un método para que todos pudieran entenderse de algún modo, incluso cuando las tecnologías no coincidan. De este modo, no importa la localización geográfica o el lenguaje utilizado.

Todos los usuarios de una red deberán cumplir ciertas normas para poder comunicarse entre sí. Esto es sobre todo importante cuando hablamos de la red de redes, es decir, Internet, (Wikipedia, 2015).

Este modelo está dividido en siete (7) capas o niveles:

Nivel Físico.

Es la primera capa del Modelo OSI, la que se encarga de la topología de red y de las conexiones globales de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico como a la forma en la que se transmite la información.

Nivel de Enlace de Datos.

Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, del acceso al medio, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.

Nivel de Red

Se encarga de identificar el enrutamiento existente entre una o más redes.

Nivel de Transporte

Capa encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la de destino, independizándolo del tipo de red física que esté utilizando.

Nivel de Sesión

Esta capa es la que se encarga de mantener y controlar el enlace establecido entre dos computadores que están transmitiendo datos de cualquier índole.

Nivel de Presentación

Su objetivo es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres, los datos lleguen de manera reconocible.

Nivel de Aplicación

Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (Post Office Protocol y SMTP), gestores de bases de datos y servidor de ficheros (FTP), por UDP pueden viajar (DNS y Routing Information Protocol).

1.2.4. Topologías de Red.

La topología de la red, se refiere a la disposición física en la que se interconectarán los dispositivos de la red. Existen distintos tipos como la topología tipo: bus, anillo, estrella e híbrida.

- **Topología tipo Bus:** En este tipo de interconexión la red se conforma mediante un solo medio donde todas pueden acceder a él para obtener la información.
- **Topología tipo Estrella:** Todos los elementos de la red estarán conectados a un nodo central.
- **Topología en Anillo:** En este tipo de topología se conectan de manera circular o en forma de anillo donde cada usuario depende del anterior.
- **Topología tipo Árbol:** Esta topología es una mezcla de estrella y bus, ya que todos los usuarios se comunican con un nodo pero este nodo establece conexión con otros nodos principales.

- **Topología tipo Híbridas:** Es el tipo de comunicación que se establece utilizando una combinación de varias topologías.

1.2.5. Dispositivos de la Red

En la red existen un conjunto de dispositivos que son los que finalmente realizan el proceso concreto de comunicar el mensaje, algunos de ellos serán descritos a continuación:

- **Servidor**

Un servidor es una aplicación en ejecución (software) capaz de atender las peticiones de un cliente y devolverle una respuesta en concordancia. Los servidores se pueden ejecutar en cualquier tipo de computadora, incluso en computadoras dedicadas a las cuales se les conoce individualmente como "el servidor". En la mayoría de los casos una misma computadora puede proveer múltiples servicios y tener varios servidores en funcionamiento, (Wikipedia, 2015).

- **Concentrador (en inglés, Hub)**

Es el dispositivo que permite centralizar el cableado de una red de computadoras, para luego poder ampliarla.

Trabaja en la capa física (capa 1) del modelo OSI o la capa de acceso al medio en el modelo TCP/IP. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndola por sus diferentes puertos (repetidor).

- **Puntos de Acceso Inalámbrico**

Un punto de acceso inalámbrico (en inglés: Wireless Access Point, conocido por las siglas WAP o AP), en una red de computadoras, es un dispositivo de red que interconecta equipos de comunicación alámbrica para formar una red inalámbrica que interconecta dispositivos móviles o con tarjetas de red inalámbricas.

- **Router**

También conocido como enrutador de paquetes, es un dispositivo que proporciona conectividad a nivel de red o nivel tres en el modelo OSI. Su función principal consiste en enviar o encaminar paquetes de datos de una red a otra, es decir, interconectar subredes, entendiendo por subred un conjunto de máquinas IP que se pueden comunicar sin la intervención de un encaminador (mediante puentes de red), y que por tanto tienen prefijos de red distintos.

- **Switch**

Conmutador (switch) es el dispositivo digital lógico de interconexión de equipos que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red y eliminando la conexión una vez finalizada ésta.

- **Tarjeta de Red**

La tarjeta de red, también conocida como placa de red, adaptador de red o adaptador LAN, es el periférico que actúa de interfaz de conexión entre aparatos o dispositivos, y también posibilita compartir recursos (discos duros, impresoras, etcétera) entre dos o más computadoras, es decir, en una red de computadoras.

1.3. Radio Comunicaciones por Microondas

La radiocomunicación por microondas se refiere a la transmisión de datos o voz a través de radiofrecuencias con longitudes de onda en la región de frecuencias de microondas.

Se describe como Microondas a aquellas ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde los 500 MHz hasta los 300 GHz o aún más.

Gran parte de los sistemas de comunicación establecidos desde mediados de las década de 1980 es de naturaleza digital y como es lógico transportan información en forma digital. Existen una variedad de sistemas de microondas funcionando a distancias que varían de 15 a 4000 millas, los sistemas de microondas de servicio interestatal o alimentador se consideran en general de corto alcance, porque se usan para llevar información a distancias relativamente cortas, por ejemplo, hacer una radiocomunicación entre ciudades que se encuentran en un mismo país, (Wikipedia, 2012).

Los sistemas de microondas de largo alcance son los que se usan para llevar información a distancias relativamente más largas, por ejemplo, en aplicaciones de rutas interestatal y de red primaria.

1.3.1.1. Ventajas de las radiocomunicaciones por Microondas

Los radios de microondas emiten señales usando como canal la atmósfera terrestre, entre transmisores y receptores, para una mejor emisión y recepción, estos se encuentran en la cima de torres a distancias de 15 a 30 millas. Así los sistemas de radio de microondas tienen la ventaja obvia de contar con capacidad de llevar miles de canales individuales de información entre dos puntos, dejando a un lado la necesidad de instalaciones físicas, tales como los cables coaxiales o fibras ópticas. De esta forma se evita la necesidad de adquirir derechos de vías a través de propiedades privadas, además las ondas de radio se adaptan mejor para atravesar grandes extensiones de agua, montañas altas o terrenos muy boscosos que constituyen formidables obstáculos para los sistemas de cable, (Wikipedia, 2012).

Entre las ventajas de radio de microondas están las siguientes:

- Los sistemas de radio no necesitan adquisiciones de derecho de vía entre estaciones.
- Cada estación requiere la compra o alquiler de solo una pequeña extensión de terreno.

- Por sus grandes frecuencias de operación, los sistemas de radio de microondas pueden llevar grandes cantidades de información.
- Las frecuencias altas equivalen longitudes cortas de onda, que requieren antenas relativamente pequeñas.
- Las señales de radio se propagan con más facilidad en torno a obstáculos físicos, como por ejemplo, a través del agua o las montañas altas.
- Para la amplificación se requieren menos repetidores.
- Las distancias entre los Centros de conmutación son menores.
- Se reducen al mínimo las instalaciones subterráneas.
- Se introducen tiempos mínimos de retardos.
- Entre los canales de voz existe un mínimo de diafonía.
- Son factores importantes la mayor confiabilidad y menores tiempos de mantenimiento.

1.4. Radioenlace

Un radioenlace terrestre o microondas terrestre provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de vista (Line-of-Sight, LOS) usando equipos de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en frecuencia modulada) o digital. Las microondas son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias se encuentran dentro del espectro de las súper altas frecuencias, SHF.

1.4.1.1. Rango de Frecuencias

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 12 GHz, 18 y 23 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades entre 1 y 25 kilómetros de distancia una de la otra. El equipo de microondas que opera entre 2 y 6 GHz puede transmitir a distancias entre 30 y 50 kilómetros.

1.4.1.2. Estructura General de un Radioenlace por Microondas

Equipos de un Radioenlace está constituido por equipos terminales y repetidores intermedios. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama salto.

Los repetidores pueden ser:

- Activos
- Pasivos

1.4.1.3. Antenas para Enlaces de Radio por Microondas

La antena utilizada generalmente en los enlaces de radio por microondas es del tipo parabólico. La antena es fijada rígidamente, y transmite un haz estrecho que debe estar perfectamente enfocado hacia la antena receptora.

Estas antenas de microondas se deben ubicar a una altura considerable sobre el nivel del suelo, con el fin de conseguir mayores separaciones posibles entre ellas y poder superar posibles obstáculos.

Sin obstáculos intermedios la distancia máxima entre antenas es de aproximadamente 150 km, con antenas repetidoras, claro está que esta distancia se puede extender, si se aprovecha la característica de curvatura de la tierra, por medio de la cual las microondas se desvían o refractan en la atmósfera terrestre.

1.4.1.4. Aplicaciones

El uso principal de este tipo de transmisión se da en las telecomunicaciones de largas distancias, se presenta como alternativa a las líneas coaxiales, UTP o fibras ópticas.

Este sistema necesita menor número de repetidores o amplificadores que el cable coaxial pero necesita que las antenas estén alineadas.

Los principales usos de las microondas terrestres son para la transmisión de televisión y voz.

Los enlaces de microondas se suelen utilizar para enlazar edificios diferentes, donde la instalación de cable conllevaría problemas o sería más costosa. Sin embargo, dado que los equipos de microondas terrestres suelen utilizar frecuencias con licencia, las organizaciones o gobiernos que conceden las licencias imponen limitaciones económicas y financieras adicionales.

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- Telefonía básica (canales telefónicos).
- Datos, incluyendo WiMAX.
- Telégrafo/Télex/Facsímile.
- Canales de Televisión.
- Video.
- Telefonía celular (entre troncales).
- Transmisión de televisión y voz.

Las microondas terrestres siguen conformando un medio de comunicación muy efectivo para redes metropolitanas para interconectar bancos, mercados, tiendas departamentales y radio bases celulares.

Asimismo, se pueden utilizar radioenlaces para extender la cobertura de Internet, como sucede lugares donde no llegaba WiMAX.

1.4.1.5. Ventajas de los Enlaces Microondas

- Económicos.
- Instalación más rápida y sencilla.
- Conservación generalmente más económica y de actuación rápida.
- Puede superarse las irregularidades del terreno.
- La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- Puede aumentarse la separación entre repetidores, incrementando la altura de las torres.

1.4.1.6. Desventajas de los Enlaces Microondas

- Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces (necesita visibilidad directa)
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer.
- Las condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz, lo que implica utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar requerida, supone un importante problema en diseño.

1.4.1.7. Capacidad

Aunque la capacidad máxima dependen de mucho factores entre ellos la frecuencia, las velocidades de datos habituales para un único rango de frecuencia oscilan entre 1 y 10 Mbps. En la actualidad se pueden conseguir capacidades hasta de 300 Mbps.

1.4.1.8. Costos

Los costos del equipo dependen de la potencia, frecuencia y ancho de banda que requiere el sistema. Por ende los equipos se pueden adquirir en "leasing" (arriendo) con los proveedores, debe destacarse que los dispositivos para cortas distancia son relativamente más económicos.

1.4.1.9. Licencias

Las licencias o permisos para operar enlaces de microondas pueden resultar difícil de adquirir ya que las autoridades deben asegurarse que ambos enlaces no causen interferencia a los enlaces ya existentes.

CAPÍTULO II. DISEÑO DE LA RED DE DATOS

2.1. Introducción

El diseño de una red de comunicaciones es un proceso llevado a cabo por etapas, con el objetivo principal de garantizar la transmisión y recepción de la información de una manera apropiada entre sus usuarios.

Luego de observar la problemática planteada en esta investigación, el proceso de diseño inició con la ubicación de los Centros educativos, luego se determinó los espacios idóneos en las zonas disponibles para el establecimiento de infraestructuras administradoras de la red.

Colocados todos los nodos de cada enlace, se planificó la capacidad de la demanda de datos que podía atender la red con el consumo de 52 dispositivos informáticos distribuidos en cada plantel educativo.

Teniendo el parámetro del caudal de información que debíamos manejar, se seleccionaron las bandas de frecuencia de operación, el ancho mínimo de banda de Nyquist en enlaces digitales así como las técnicas de modulación y los niveles de potencia adecuados para conectar con óptimos niveles de señal cada punto de la red.

El siguiente paso fue calcular todos los enlaces microondas. Culminada esta etapa, se procedió nuevamente a reevaluar el diseño y proponer varios modelos alternativos en vías de seleccionar el diagrama de mayor cobertura, cada enlace calculado fue simulado mediante software digitales para comprobar cada resultado.

Por último, se abordó la selección de la tecnología que garantizará la correcta transmisión de los datos estimados en el cálculo de la capacidad de la demanda de información.

Dado el tamaño final de la red, se escogieron los puntos principales de transmisión que conectan la provincia de Barahona y Pedernales, con los resultados de los cálculos combinados con los obtenidos de las simulaciones se presentó un modelo de la red y se ejemplificó el funcionamiento de cada enlace en los puntos seleccionados.

2.2. Topología de la Red.

Con las informaciones obtenidas en el Ministerio de Educación se elaboró una tabla de todas las posiciones GPS de las infraestructuras escolares que posee la Regional 01 de Barahona. Este listado se encuentra anexo en tabla Centros Educativos Regional 01 – Barahona, donde se muestran la Latitud y Longitud en unidades de grados, minutos y segundos.

En el Gráfico No. 4, se presentan las posiciones GPS de las escuelas con puntos azules en la base de datos del software Google Earth.

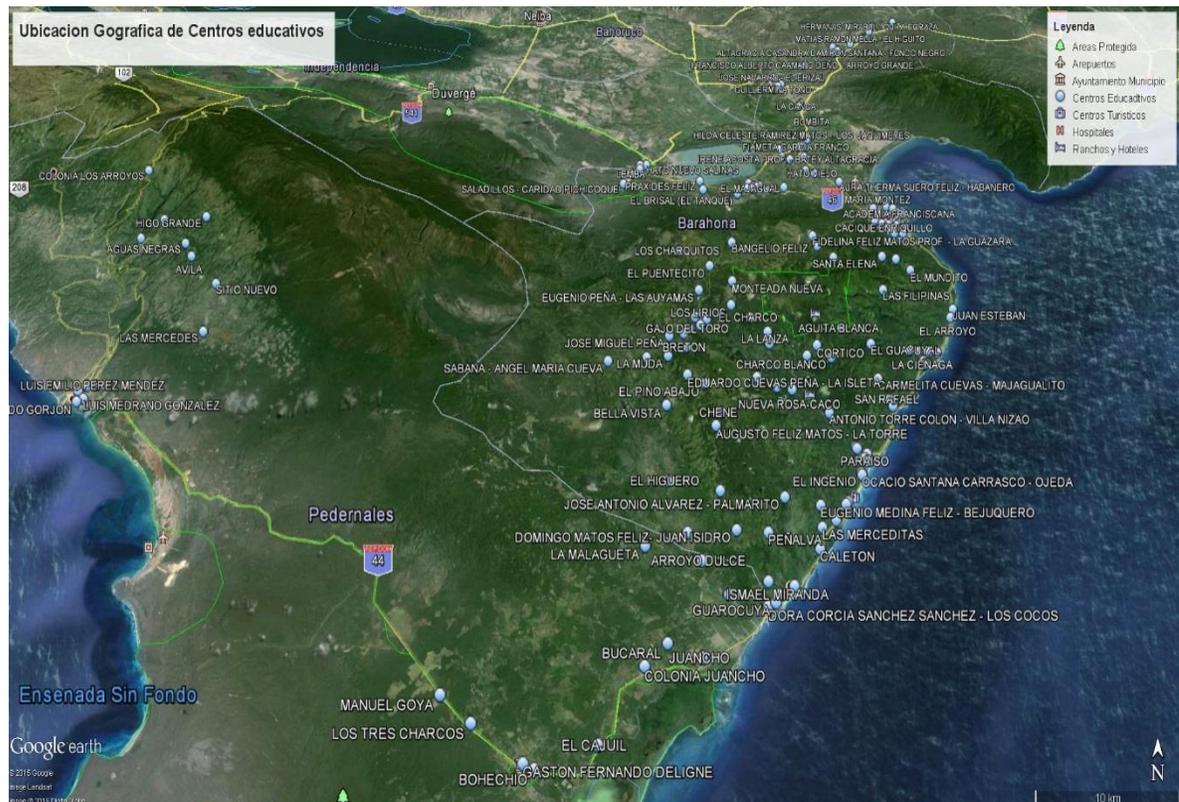


Gráfico 4 - Centros Educativos de la Dirección Regional 01 Barahona.

Fuente: Google Earth

2.2.1. Estaciones Punto a Punto (PTP) y Punto a Multipunto (PMP)

Luego de localizar en el mapa digital todos los Centros donde funcionan las Escuelas de la Regional, se evaluaron diferentes aspectos del terreno tales como las máximas distancias permitidas para las transmisiones próximas a los aeropuertos y la no utilización de zonas declaradas como parques nacionales, con el propósito de colocar en los lugares adecuados las estaciones de radio que conforman la red de los enlaces PTP y PMP, dando como resultado los sitios mostrados en la Gráfico No. 5.

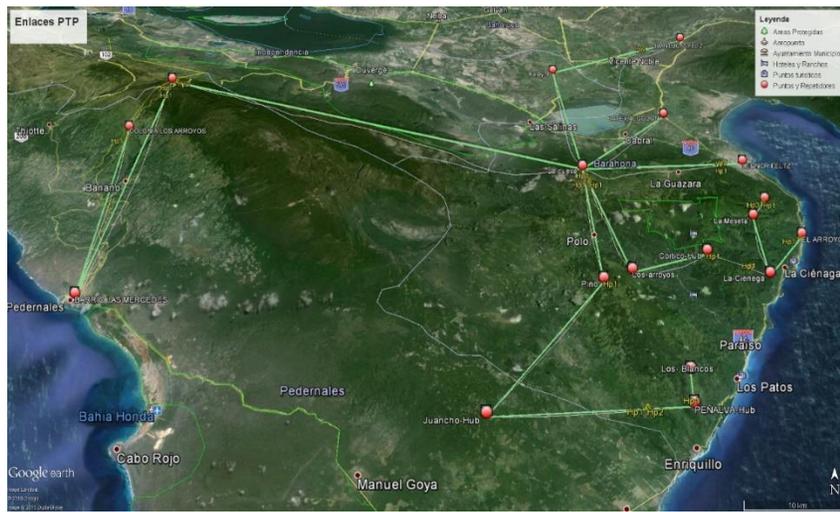


Gráfico 5 - Estaciones base y repetidores de la Red.

Fuente: Google Earth

La mayoría de estos puntos funcionarían desde los mismos Centros Educativos, con la finalidad de utilizar las instalaciones y terrenos existentes. En el caso de los dos troncales principales de la red, se seleccionaron los puntos de mayor altitud como son La Cueva y Ctra. Pedernales-Duverge, terrenos con todas las características necesarias para poder conectar los equipos de comunicaciones dentro del diseño.

2.2.2. Criterios para la Selección de la Estación Principal

- Ágil acceso para la resolución de fallas que se puedan generar.
- Ubicación en la misma comunidad para garantizar el mejor acceso a todos los servicios necesarios propios de esta infraestructura.
- Contar con los servicios de electricidad, agua potable, servicios de internet de alta velocidad, etc.

2.2.3. Topología Híbrida Estrella-Árbol

Este es el esquema final de conexión en la red, dando como resultado la topología Híbrida: Estrella-Árbol, en donde cada escuela es conectada en forma estrella con el enlace punto-multipunto y luego es llevado hacia los enlaces punto-punto.

El punto central de todos los enlaces punto a punto es la estación denominada como La Cueva, en dicho punto se transmite a los demás nodos de la red y estable comunicación por medio de una línea física con la estación principal.

La estación principal de este diseño estará ubicada en Barahona en el plantel educativo Leonor Feltz, establecimiento en el cual estará ubicado el servidor de la red. El mencionado trazo de conexión es mostrado en el Gráfico 6.

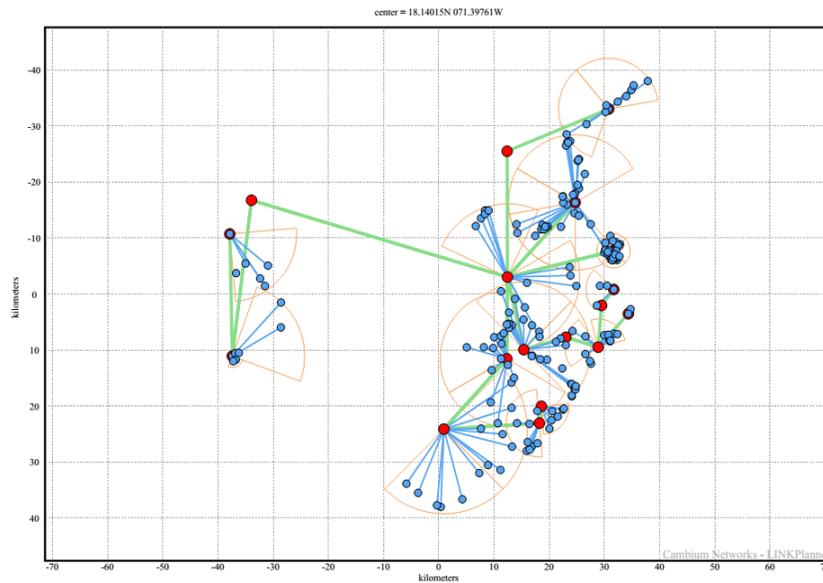


Gráfico 6 - Esquema de Conexión - Red Híbrida.

Fuente: Cambium Networks

Este tipo de topología presenta algunas ventajas y desventajas como son:

Ventajas

- Reconfiguración ágil.
- Centralización de la red.
- Inserción simple de nuevos nodos.
- Facilidad de prevención ante daños y/o conflictos.

Desventajas

- En caso de fallar los enlaces principales, toda la red dejaría de funcionar.
- Costosa.

2.3. Definición del Tipo de Comunicaciones en la Red

La fuente de información es en formato digital, utiliza modulación digital, se transmitirá mediante radios inalámbricos utilizando la atmosfera terrestre como canal para propagar las ondas electromagnéticas que portan la información, los paquetes recibidos serán entregados al usuario final en formato digital.

En el siguiente Gráfico No. 7, se muestra el diagrama de comunicación de la red entre dos estaciones, se muestra la entrada de datos digitales hasta la interface de radio, utilizando modulaciones digitales, la información llega a través del espacio libre y se recibe por el extremo receptor digital donde se entrega a los dispositivos finales de la red.



Gráfico 7 - Sistema Digital de Comunicaciones por Radio Digital.

Fuente: (Tomasí, 2003)

2.4. Consideraciones Generales

Los terrenos donde están ubicadas las Estaciones de Transmisión y Recepción denominados como: La Cueva, Los arroyos, Cortico, Pino, Juancho, Batey 9, Peñalva, Los blanco, La Ciénega, La Meseta y Ctra. Pedernales-Duverge no son propiedad del MINERD, por lo que para su utilización deberían ser adquiridos.

2.4.1. Acceso Vial

Analizando los Mapas Topográficos de la Región Suroeste se contempló que todas las infraestructuras de la red contaran con acceso vial y estuvieran localizadas a las distancias recomendadas de donde ya se encuentran operando equipos de telecomunicaciones privados. En algunas vías por tratarse de zonas muy distantes se encuentren en mal estado y deban ser nuevamente pavimentadas.

2.4.2. Suministro de Energía Eléctrica

En la zona de Barahona se detectó que de 164 planteles, sólo 116 poseen energía eléctrica, y en la zona de Pedernales de 21 planteles y 10 poseen energía.

Los planteles que poseen energía, cuentan con potenciales de 220 y 120 voltios de corriente alterna. Una cantidad mínima de Centros utiliza energía alternativa y/o generadores auxiliares.

En la Tabla No. 1, se muestra de forma más detallada la situación del acceso al servicio eléctrico.

<i>Provincia</i>	<i>Centros con Energía Eléctrica</i>	<i>Centros sin Energía Eléctrica</i>
<i>Barahona</i>	116	48
<i>Pedernales</i>	10	11

Tabla 1 – Servicio eléctrico en los Centros educativo de la Regional 01-Barahona.

2.5. Planificación de la Capacidad de la Red.

La capacidad de datos que realmente necesitan los estudiantes dependerá de cuantos se puedan conectar y de cómo utilicen el consumo de información. En este aspecto se decidió limitar el diseño a un modelo tipo laboratorio de informática que permita conectar 51 dispositivos en cada centro escolar, para poder elaborar un modelo de consumo de data. Cada aplicación en el Internet consume un caudal distinto.

El correo electrónico por ejemplo consume de 1 a 100 kbps, es un tipo de información intermitente, el correo puede estar compuesto por archivos anexos como fotografías, documentos digitales, virus, spam que incrementan el uso del ancho de banda.

La navegación Web: de 50 a más de 100 kbps, cada usuario inicia la búsqueda de documentos mediante la navegación.

Audio en tiempo real (streaming): 96 a 160 kbps, en este tipo de información influye la velocidad de transmisión de los datos preferentemente para escuchar la información correcta, por lo que no tolera los retardos como con los casos anteriormente mencionados.

Voz Sobre IP (VOIP): consume de 24 a más de 100 kbps, al igual que audio en streaming los paquetes de información deben establecerse al instante, la latencia en este servicio resulta incómoda para el usuario.

Video en tiempo real (streaming): desde 64 a más de 200 kbps.

Aplicaciones para compartir archivos (peer to peer) – Infinitos.

Para poder calcular la cantidad de datos que tendrá que entregar la red, multiplicaremos el consumo promedio de una persona por el total de usuarios que de la red. Por ejemplo, 51 usuarios que consumen 200 Kbps observando un video de calidad estándar en streaming deberían tener la capacidad mínima de 10.2 Mbps.

Por esta razón 10.2 Mbps será la capacidad que solicitara cada centro en la red.

Este parámetro pudiera variar en vías de una implementación debido a que dependiendo de las aplicaciones que se desee utilizar en cada centro, tendría que replantearse el diseño completo de la red para adaptarse a nuevas demandas.

2.5.1. Selección de la Frecuencia

La frecuencia de operación seleccionada fue 5.8 Gigahertz (GHz), utilizada normalmente en las comunicaciones de radio según el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias vigente en nuestro país.

Las bandas desde 5,150 – 5,350 y 5,470-5,850 Megahertz (MHz), son bandas de frecuencia no licenciada y pueden operar con tecnología que maneje el espectro disperso o que utilice una modulación que permita el funcionamiento de los equipos de acuerdo a los parámetros regulados por el Indotel mediante la resolución 168-07.

2.5.2. Niveles de Potencia de Transmisión

En la resolución 168-07 del Indotel se establecieron los siguientes niveles de potencias:

Banda de Frecuencias(MHz)	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
2400 a 2483.5	4W
5150 a 5250	200 mW
5250 a 5350	200 mW (uso interno) – 1W (uso exterior)
5470 a 5725	1W
5725 a 5850	8W

Tabla 2 - Niveles de potencia de transmisión.

Fuente: INDOTEL

En este diseño se eligió operar en las bandas de 5,725 hasta los 5,850 MHz, lo que equivale a 125 MHz del espectro, para ser manejado de manera racional y responsable.

2.5.3. Técnicas de Modulación de la Red

2.5.3.1. Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

En este tipo de modulación digital, la información está contenida tanto en la amplitud como en la fase de la señal portadora transmitida.

Para el diseño de la red de datos se seleccionó la técnica 256-QAM, este tipo de modulación es una forma de codificación M-aria en la que $M = 256$.

2.5.3.2. Medición de Información

La modulación de 256-QAM requiere 8 niveles de datos, ilustrados en el siguiente diagrama de constelación.

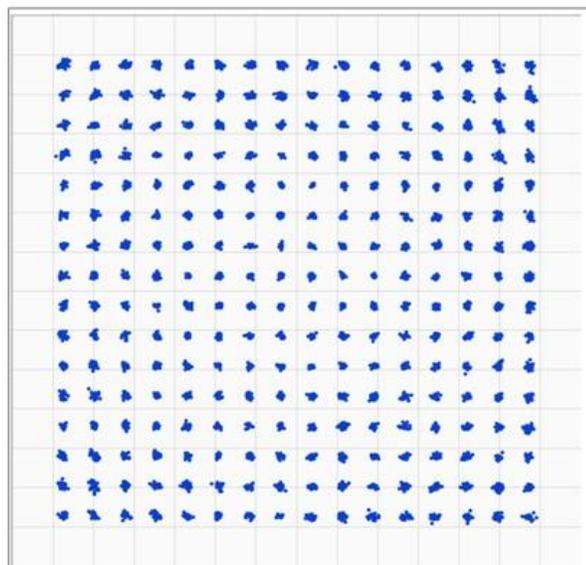


Gráfico 8 - Diagrama de Constelación: Modulación 256-QAM.

Fuente: National Instruments

2.5.3.3. Rapidez de Entrada de Datos

La rapidez de bits en los canales I, I', I'', I''', Q, Q', Q'' y Q''' es igual a la octava parte de la entrada de bits el formato de modulación 256 QAM.

$$f_{bI} = f_{bI'} = f_{bI''} = f_{bI'''} = f_Q = f_{Q'} = f_{Q''} = f_{Q'''} = \frac{f_b}{8} =$$

Ejemplarizando con una velocidad de entrada de bits de 10.2 Mbps se tiene que:

$$f_{bI} = f_{bI'} = f_{bI''} = f_{bI'''} = f_Q = f_{Q'} = f_{Q''} = f_{Q'''} = \frac{10.2 \text{ Mbps}}{8} = 1.28 \text{ Mbps}$$

La máxima rapidez de cambio y la máxima frecuencia fundamental que se presentan a cualquiera de los moduladores balanceados es:

$$f_a = \frac{f_{bI}}{2} \circ \frac{f_{bI'}}{2} \circ \frac{f_{bI''}}{2} \circ \frac{f_{bI'''}}{2} \circ \frac{f_Q}{2} \circ \frac{f_{Q'}}{2} \circ \frac{f_{Q''}}{2} \circ \frac{f_{Q'''}}{2}$$

$$f_a = \frac{1.28 \text{ Mbps}}{2} = 0.64 \text{ MHz}$$

La onda de salida del modulador balanceado es:

$$(\text{sen } 2\pi f_a t)(\text{sen } 2\pi f_c t)$$

$$\frac{1}{2} \cos 2\pi(f_c - f_a)t - \frac{1}{2} \cos 2\pi(f_c + f_a)t$$

$$\frac{1}{2} \cos 2\pi[(5800 - 0.64)\text{MHz}]t - \frac{1}{2} \cos 2\pi[(5.8 + 0.64)\text{MHz}]t$$

$$\frac{1}{2} \cos 2\pi[(5799.36)MHz]t - \frac{1}{2} \cos 2\pi[(5800.64)MHz]t$$

2.5.3.4. Ancho Mínimo de Banda de Nyquist

$$f_N = (5800.64 - 5799.36) MHz = 1.28 MHz$$

El ancho mínimo de banda para la modulación 256-QAM también se puede calcular en forma sencilla sustituyendo valores en la siguiente ecuación:

$$B = \frac{10.2 Mbps}{8} = 1.28 MHz$$

La rapidez de símbolos (R_s) es igual al ancho de banda, entonces

$$R_s = 1.28 \text{ Mega baudio}$$

El espectro de salida es el siguiente:

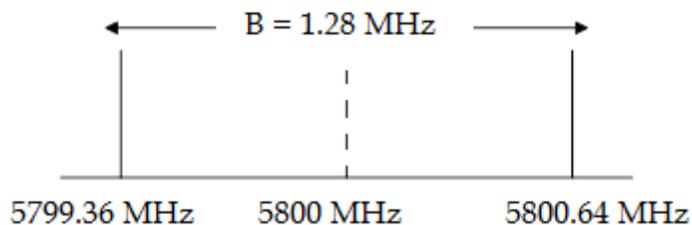


Gráfico 9 - Representación del Espectro de Salida.

Fuente: Elaboración Propia

El Gráfico No. 9, muestra la cantidad mínima del ancho de banda que requiere un solo plantel escolar utilizando todos los dispositivos proyectados.

En este diseño se utilizara un ancho de banda equivalente a una cantidad muy superior (40 y/o 45 MHz) para cumplir con la relación propuesta por Nyquist de por lo menos utilizar una cantidad mayor del mínimo valor calculado del ancho de banda. El modelo seleccionado es ilustrado por la gráfica siguiente gráfica.

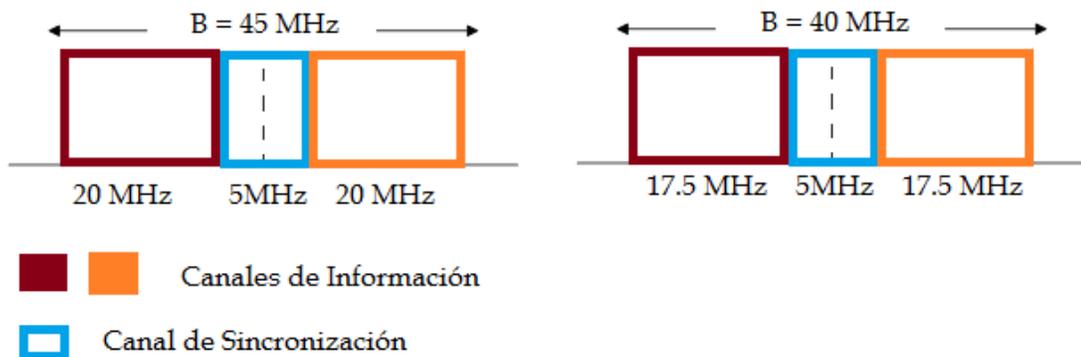


Gráfico 10 - Diagrama Espectral Propuesto.

Fuente: Elaboración Propia

2.5.3.5. Eficiencia de Ancho de Banda

Para poder garantizar una alta eficiencia espectral se debe tener la capacidad mínima de 6 bps por cada Hz de espectro.

$$Eficiencia\ de\ ancho\ de\ banda = \frac{rapidez\ de\ transmision\ (bps)}{ancho\ minimo\ de\ banda\ (Hz)} = \frac{\frac{bits}{segundo}}{hertz}$$

$$Rapidez\ de\ transmision\ (bps) = 6 \frac{bps}{Hz} * 1.28\ MHz = 7.68\ Mbps$$

La cantidad de 7.68 Mbps es la mínima velocidad de transmisión de datos que debe existir en cada nodo de la red. Garantizando un valor por encima del actualmente calculado se podrá brindar un servicio adecuado al usuario final, de lo contrario el servicio continuara funcionando normal sin embargo la información será recibida con altas tasas de retardo.

2.6. Margen de Desvanecimiento

Para los cálculos de las atenuaciones en los enlaces microondas en las bandas de frecuencias utilizadas se consultaron las regulaciones vigentes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

- **Recomendación UIT – R P.453-10 (02/2012)**

Consultada para estimar el Índice de refracción radioeléctrica.

- **Recomendación UIT – R P.526-13 (11/2013)**

Consultada para evaluar el efecto de la difracción en la propagación.

- **Recomendación UIT-R P.530-15 (09/2013)**

Que proporciona los datos de propagación y métodos de predicciones necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa.

- **Recomendación UIT-R P.676-10 (09/2013)**

Consultada para estimar la atenuación debida a los gases atmosféricos.

- **Recomendación UIT-R P.837-6 (02/201)**

Consultada para establecer y estimar un modelo de propagación tomando en cuenta los parámetros de precipitación en el terreno de la red.

2.7. Cálculos - Red Modelo Enlaces Punto a Punto

Ejemplo # 1

ENLACE	LA CUEVA (Tx)	LEONOR FELTZ (Rx)	
Tipo de Enlace	Línea de Vista		
Equipos	PTP 650		
			Unidad
Distancia del Enlace	16.63		km
Altura Sobre El Nivel Del Mar	1692	64	m
Altura de la Antena	25	25	m
Altura Total Sobre el Nivel del Mar	1717	89	m
Latitud	18:10:02.5N	18:12:33.1N	
Longitud	071:16:52.4W	071:06:03.4W	

Tabla 3 – *Informaciones – Enlace entre las estaciones La Cueva – Leonor Feltz.*

Distancia máxima del enlace.

$$D_{max}(km) = 4.12 * (\sqrt{h_1}m + \sqrt{h_2}m) = \quad (1)$$

Donde h_1 y h_2 son las máximas alturas del punto de transmisión y recepción sobre el nivel del mar, en unidades de metros.

Con las alturas de las antenas que se han propuesto en cada punto del enlace, es posible conecta ambos puntos hasta 209.59 km de distancia entre ambos por lo cual esto no afecta el enlace.

$$D_{max}(km) = 4.12 * (\sqrt{1717}m + \sqrt{89}m) = 209.59 \text{ km}$$

Perfil Del Enlace.

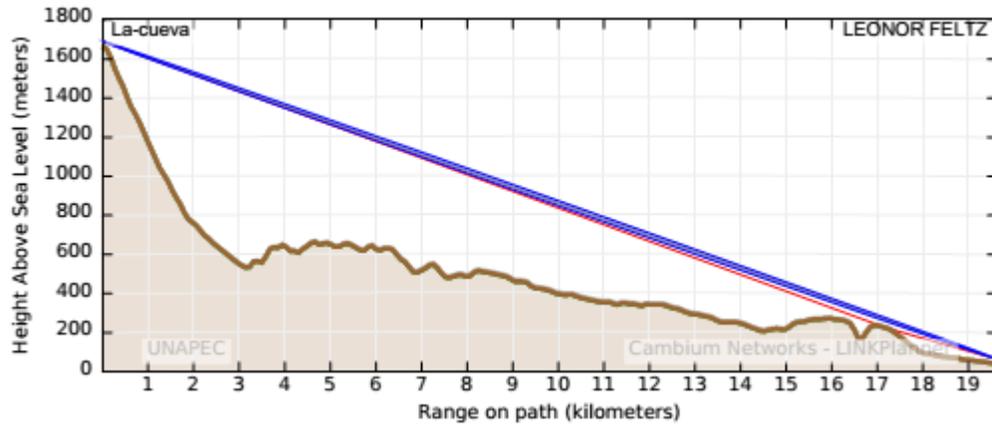


Gráfico 11 - Perfil Topográfico del enlace La Cueva - Leonor Feltz.

Pérdida de Espacio Libre

$$L_{fsl}(dB) = 32.4 + 20 \log_{10}(D) + 20 \log_{10}(f) \quad (2)$$

Donde:

D: distancia total del enlace en kilometros (km)

f: frecuencia (MHz)

Utilizando la ecuación No.2, obtenemos que la pérdida de espacio libre para el ejemplo es igual a:

$$L_{fsl}(dB) = 32.4 + 20 \log_{10}(20) + 20 \log_{10}(5800) = 133.69 \text{ dB}$$

Cálculo de la Primera Zona de Fresnel.

En cualquier enlace de microondas este cálculo resulta muy importante, pues el enlace debe superar la primera zona de Fresnel, de lo contrario afectaría la transmisión disminuyendo considerablemente el margen en el receptor.

Todos los enlaces del diseño conectados, cuenta con línea de vista entre los equipos, en algunos casos no pudieron ser conectados por grandes extensiones de terreno que impidieron ser superados. Por lo que en este espacio aplicaremos la fórmula conocida la distancia total del enlace y la frecuencia de transmisión de la señal, suponiendo al obstáculo situado en el punto central del trayecto.

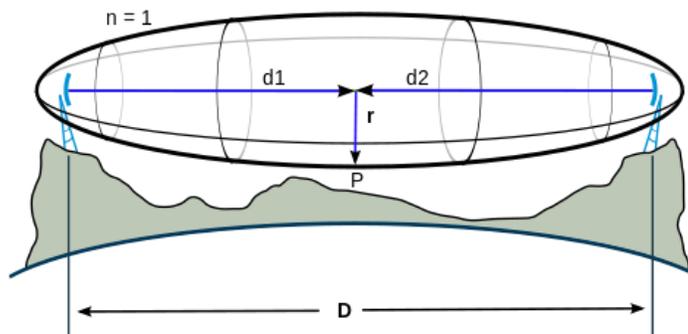


Gráfico 12 - Esquema de la Primera Zona de Fresnel. Autor: Jcmclurg

$$r_1 = 8.657 * \sqrt{\frac{D}{f}} \quad (3)$$

Donde:

D = distancia total del enlace (km)

f = frecuencia (GHz)

r_1 = radio (m)

En el caso de este ejemplo la primera zona de Fresnel estaría ubicada a 14.65 m.

Calculada utilizando la ecuación No.3

$$r_1 = 8.657 * \sqrt{\frac{16.63 \text{ km}}{5.8 \text{ GHz}}} = 14.66 \text{ m}$$

Cálculo de las ganancias de antenas.

$$G_a = 20 \log(f) + 20 \log(D) - 52.75 \quad (4)$$

Donde:

$$f = \text{frecuencia en MHz}$$

$$D = \text{diámetro de las antenas en pies (ft)}$$

Utilizando antenas de diámetro igual a 4 pies se obtiene una ganancia igual a:

$$G_a(\text{dBi}) = 20 \log(5800) + 20 \log(4) - 52.75 = 34.56 \text{ dBi}$$

Cálculo del margen de desvanecimiento:

$$F_m(\text{dB}) = 30 \log(D) + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad (5)$$

Donde:

$$F_m = \text{margen de desvanecimiento (dB)}$$

$$D = \text{distancia (km)}$$

$f = \text{frecuencia (GHz)}$

$R = \text{confiabilidad expresada como decimal (ejemplo, 99.99\%}$

$= 0.9999 \text{ de confiabilidad)}$

$1 - R = \text{objetivo de confiabilidad en un solo sentido o dirección}$

$A = \text{factor de rugosidad}$

$= 0.25 \text{ sobre un terreno montañoso muy disparejo}$

$B = \text{factor de una probabilidad del peor mes a una probabilidad anual}$

$= 1 \text{ para convertir una disponibilidad anual a una base para el peor mes}$

$= 0.5 \text{ para areas calientes y humedas}$

$= 0.25 \text{ para areas normales tierras adentro}$

$= 0.125 \text{ para areas montañosas o muy secas}$

$$F_m(\text{dB}) = 30 \log(16.63) + 10 \log(6(0.25)(0.125)(5.8)) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70$$

$$= 17\text{dB}$$

Atenuación específica debida a los gases atmosféricos.

El cálculo de este parámetro se obtuvo del valor aproximado del cuadro siguiente en escala de 1GHz por raya.

El resultado fue de 0.01 dB/km por lo que en un enlace de 20 km de distancia la atenuación por gases = 0.2 dB¹

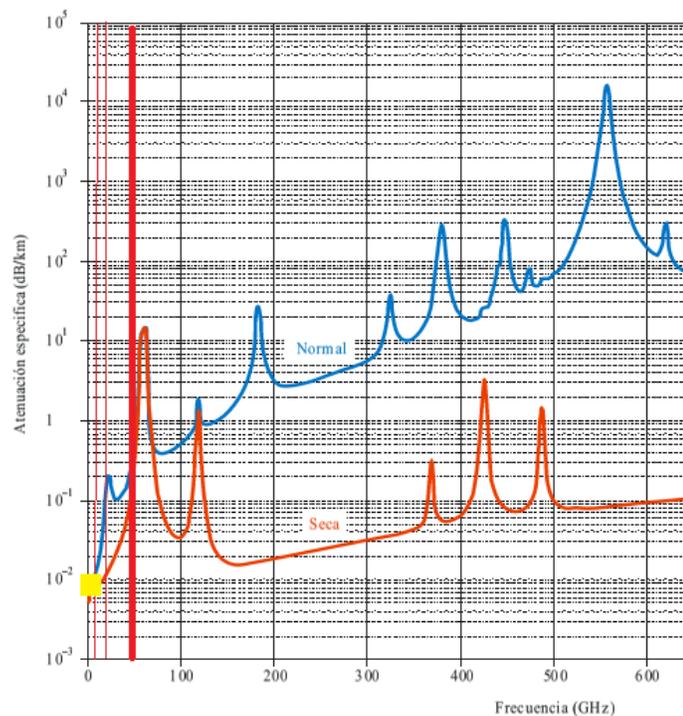


Gráfico 13 – Atenuación Producida por Gases.

¹ Este parámetro fue calculado utilizando las técnicas de la Regulación R – REC – P.676-10 de la UIT.

Atenuación Debida a Hidrometeoros.

$$\gamma_R(\text{dB/km}) = kR^\alpha \quad (6)$$

Donde:

R : intensidad de la lluvia en milímetros por hora ($\frac{\text{mm}}{\text{h}}$)

α y k : coeficientes en función de la frecuencia (GHz)

Frecuencia (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0,0000259	0,9691	0,0000308	0,8592
1,5	0,0000443	1,0185	0,0000574	0,8957
2	0,0000847	1,0664	0,0000998	0,9490
2,5	0,0001321	1,1209	0,0001464	1,0085
3	0,0001390	1,2322	0,0001942	1,0688
3,5	0,0001155	1,4189	0,0002346	1,1387
4	0,0001071	1,6009	0,0002461	1,2476
4,5	0,0001340	1,6948	0,0002347	1,3987
5	0,0002162	1,6969	0,0002428	1,5317
5,5	0,0003909	1,6499	0,0003115	1,5882
6	0,0007056	1,5900	0,0004878	1,5728
7	0,001915	1,4810	0,001425	1,4745
8	0,004115	1,3905	0,003450	1,3797
9	0,007535	1,3155	0,006691	1,2895

Tabla 4 - Cuadro de Coeficientes para estimar la atenuación específica debida a la lluvia.

Fuente: UIT

Al consultar las estadísticas anuales publicadas por la Oficina Nacional de Estadísticas en su cuadro 13. 10-4 del total de precipitaciones desde el año 1,976 hasta el 2013 la cantidad de lluvia en milímetros (mm) anual en todo el trayecto de la red, no supera los 2,677.00 mm, estimando que llegaríamos a alcanzar los 3,500 mm anuales de lluvia, obtendríamos la cantidad de 0.4340 mm/h, combinando este valor con los parámetros K_V e α_V para la frecuencia de 6 GHz, la pérdida a causa de lluvias sería:

$$\gamma_R(dB/km) = (0.0004878)(0.4340)^{1.5728} = 0.13e^{-3} dB/km$$

En el caso de tener algún enlace a una distancia de 50 km la pérdida sería igual a 0.0023 dB por lo que estas pérdidas no afectan a la red.

Cálculo de la Ganancia del Sistema.

$$G_s = P_t - C_{min} \quad (7)$$

$$G_s = \text{ganancia del sistema (dB)}$$

$$P_t = \text{potencia de salida del transmisor (dBm)}$$

$$C_{minima} = \text{potencia minima de entrada del receptor (dBm)}$$

$$G_s = 4dBm - (-98dBm) = 102 dB$$

Presupuesto del Enlace

El cálculo del presupuesto del enlace se describe como la capacidad final con la que cuenta el receptor y debe ser mayor que el valor umbral en este punto. Esta cantidad al igual que los demás presupuestos, se elaboraron utilizando parámetros combinados (calculados y simulados), para representa mejor la realidad de los enlaces.

Presupuesto del Enlace PTP 1	Datos	
Estación de Transmisión (TX)	La Cueva	
Estación de Recepción (RX)	Leonor Feltz	
Frecuencia de Trabajo	5.8	GHz
Tipo de comunicación	Datos	
Ancho de Banda	45	MHz
Tipo de Modulación	256 QAM	
Configuración del Enlace	Full/full -Dúplex	
Potencia Tx	18	dBm
Ganancia de la antena Tx	23	dBi
Pérdidas Cables y Conectores Tx	-2	dB
Ganancia de la antena Rx	23	dBi
Pérdidas Cables y Conectores Rx	-2	dB
Máxima Potencia PIRE	39	dBm
Ganancia Total	60	dB
Pérdida de Espacio Libre	-133.68	dB
Nivel de señal Rx esperado	-73.68	dBm
Sensibilidad del Cliente	-98	dBm
Margen del Enlace	24.32	dB

Tabla 5 – Presupuesto – Ejemplo #1

ENLACE	LA CUEVA (Tx)	CENTRAL PEDERNALES (Rx)	
Tipo de Enlace	Línea de Vista		
Equipos	PTP 650		
			Unidad
Distancia del Enlace	47.97		km
Altura Sobre El Nivel Del Mar	1687	2345	m
Altura de la Antena	20	10	m
Altura Total Sobre el Nivel del Mar	1707	2355	m
Latitud	18:10:02.5N	18:17:24.4N	
Longitud	071:16:52.4W	071:42:58.2W	

Tabla 6 - *Informaciones – Enlace entre las estaciones La Cueva – Ctra. Pedernales.*

Distancia Máxima del Enlace.

$$D_{max}(km) = 4.12 * (\sqrt{1707m} + \sqrt{2355m}) = 370.16 km$$

Con las alturas de las antenas que se han propuesto en cada punto del enlace, es posible conectar ambos puntos hasta 370.16 km de distancia entre ambos por lo cual esto no afecta el enlace.

Perfil del enlace.

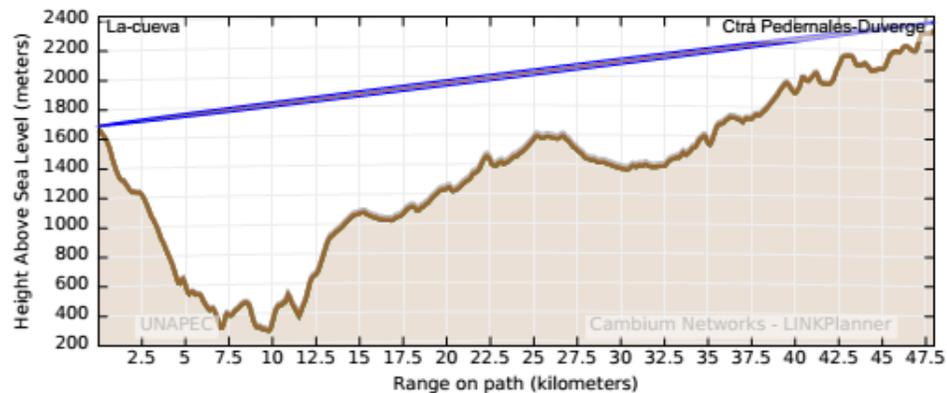


Gráfico 14 - Perfil Topográfico del Enlace: La Cueva- Ctra. Pedernales Duverge.

Pérdida de Espacio Libre

Utilizando la ecuación No.2 se obtiene:

$$L_{fsl}(dB) = 32.4 + 20 \log_{10}(47.97 km) + 20 \log_{10}(5800 MHz) = 141.29 dB$$

Cálculo de la Primera Zona de Fresnel.

$$r = 8.657 \sqrt{\frac{D}{f}}$$

$D =$ distancia total del enlace

$f =$ frecuencia en Gigahertz

$$r(m) = 8.657 \sqrt{\frac{47.97 \text{ km}}{5.8 \text{ GHz}}} = 25 \text{ m}$$

Cálculo de las Ganancias de Antenas.

$$G_a = 20 \log f + 20 \log d - 52.75$$

$f =$ frecuencia en MHz

$D =$ diámetro de las antenas en pies (ft)

Utilizando antenas con un diámetro de por lo menos 8 pies tendríamos una ganancia igual a:

$$G_a(dBi) = 20 \log(5800) + 20 \log(8) - 52.75 = 40.58 \text{ dBi}$$

Cálculo del Margen de Desvanecimiento.

$$F_m(dB) = 30 \log(D) + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 =$$

$$F_m = \text{margen de desvanecimiento (dB)}$$

$$D = \text{distancia (km)}$$

$$f = \text{frecuencia (GHz)}$$

$$R = \text{confiabilidad expresada como decimal (ejemplo, 99.99\%}$$

$$= 0.9999 \text{ de confiabilidad)}$$

$$1 - R = \text{objetivo de confiabilidad en un solo sentido o dirección}$$

$$A = \text{factor de rugosidad}$$

$$= 0.25 \text{ sobre un terreno montañoso muy disparejo}$$

$$B = \text{factor de probabilidad del peor mes a una probabilidad anual}$$

$$= 1 \text{ para convertir una disponibilidad anual a una base para el peor mes}$$

$$= 0.25 \text{ para areas normales tierras adentro}$$

$$= 0.125 \text{ para areas montañosas o muy secas}$$

$$F_m(dB) = 30 \log(47.97) + 10 \log(6(0.25)(0.125)(5.8)) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70$$

$$= 30.79 \text{ dB}$$

Atenuación Específica Debida a los Gases Atmosféricos.

El cálculo de este parámetro se obtuvo del valor aproximado del Gráfico No.13, en escala de 1GHz por raya.

El resultado fue de 0.01 dB/km por lo que en un enlace de 47.97 km de distancia la atenuación por gases = 0.47 dB

Consultado de la regulación R – REC – P.676-10.

Atenuación Debida a Hidrometeoros.

Al consultar las estadísticas anuales publicadas por la Oficina Nacional de Estadísticas en su cuadro 13. 10-4 del total de precipitaciones desde el año 1,976 hasta el 2013 la cantidad de lluvia en milímetros (mm) anual en todo el trayecto de la red, no supera los 2,677.00 mm, estimando que llegaríamos a alcanzar los 3,500 mm anuales de lluvia, obtendríamos la cantidad de 0.4340 mm/h, combinando este valor con los parámetros K_V e α_V para la frecuencia de 6 GHz, la pérdida a causa de lluvias serían calculada mediante la ecuación No. 6:

$$\gamma_R(dB/km) = (0.0004878)(0.4340)^{1.5728} = 0.13e^{-3} dB/km$$

En el caso de tener algún enlace a una distancia de 50 km la pérdida sería igual a 0.0023 dB por lo que estas pérdidas no afectan a la red.

Cálculo de la Ganancia del Sistema.

$$G_s = P_t - C_{min}$$

G_s = ganancia del sistema (dB)

P_t = potencia de salida del transmisor (dBm)

C_{minima} = potencia minima de entrada del receptor (dBm)

$$G_s = 2dBm - (-98dBm) = 100 dB$$

Presupuesto del Enlace PTP 2	Datos	
Estación de Transmisión (TX)	La Cueva	
Estación de Recepción (RX)	Ctra. Pedernales-Duverge	
Frecuencia de Trabajo	5.8	GHz
Tipo de comunicación	Datos	
Ancho de Banda	45	MHz
Tipo de Modulación	256 QAM	
Configuración del Enlace	Full/Full-Dúplex	
Potencia Tx	-2	dBm
Ganancia de la antena Tx	41.1	dBi
Pérdidas Cables y Conectores Tx	-0.9	dB
Ganancia de la antena Rx	41.1	dBi
Pérdidas Cables y Conectores Rx	-0.9	dB
Máxima Potencia PIRE	38.2	dBm
Ganancia Total	78.4	dB
Pérdida de Espacio Libre	-141.29	dB
Nivel de señal Rx esperado	-62.89	dBm
Sensibilidad del Cliente	-98	dBm
Margen del Enlace	35.11	dB

Tabla 7 - Presupuesto – Ejemplo #2

ENLACE	Centra. Pedernales-Duverge (Tx)	Barrio Las Mercedes (Rx)	
Tipo de Enlace	Línea de Vista		
Equipos	PTP 650		
			Unidad
Distancia del Enlace	27.82		km
Altura Sobre El Nivel Del Mar	2365	52	m
Altura de la Antena	30	30	m
Altura Total Sobre el Nivel del Mar	2395	82	m
Latitud	18:17:24.4N	18:02:26.3N	
Longitud	071:42:58.2W	071:06:03.4W	

Tabla 8 - Informaciones – Enlace entre las estaciones Centra. Pedernales-Barrio LM.

Distancia máxima del enlace.

$$D_{max}(km) = 4.12 * (\sqrt{2395m} + \sqrt{82m}) = 238.94 km$$

Con las alturas de las antenas que se han propuesto en cada punto del enlace, es posible conectar ambos puntos hasta 238.94 km de distancia entre ambos por lo cual esto no afecta el enlace.

Perfil del enlace.

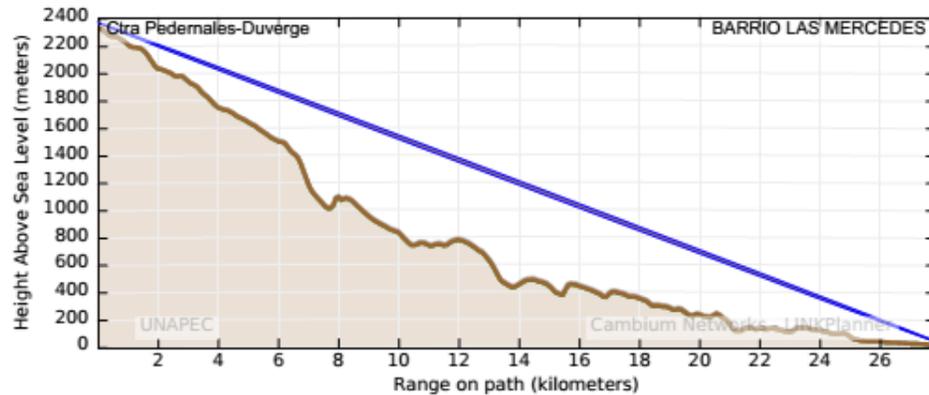


Gráfico 15 - Perfil Topográfico, Enlace: Ctra. Pedernales Duverge- Barrio Las Mercedes.

Fuente: Cambium Networks

Pérdida de espacio libre.

$$L_{fsl}(dB) = 32.4 + 20 \log_{10}(D) + 20 \log_{10}(f)$$

D : distancia total del enlace en kilometros (km)

f : frecuencia (MHz)

$$L_{fsl}(dB) = 32.4 + 20 \log_{10}(27.82 \text{ km}) + 20 \log_{10}(5800 \text{ MHz}) = 136.55 \text{ dB}$$

Cálculo de la primera zona de Fresnel.

$$r = 8.657 \sqrt{\frac{D}{f}}$$

D = distancia total del enlace(km)

f = frecuencia (GHz)

$$r(m) = 8.657 \sqrt{\frac{27.82 \text{ km}}{5.8 \text{ GHz}}} = 19 \text{ m}$$

Cálculo de las ganancias de antenas.

$$G_a = 20 \log f + 20 \log d - 52.75$$

$$f = \text{frecuencia (MHz)}$$

$$D = \text{diámetro de las antenas en pies (ft)}$$

Utilizando antenas con un diámetro de por lo menos 6 pies tendríamos una ganancia igual a:

$$G_a(\text{dBi}) = 20 \log(5800) + 20 \log(6) - 52.75 = 38.08 \text{ dBi}$$

Cálculo del margen de desvanecimiento.

$$F_m(\text{dB}) = 30 \log(D) + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 =$$

$$F_m = \text{margen de desvanecimiento (dB)}$$

$$D = \text{distancia (km)}$$

$$f = \text{frecuencia (GHz)}$$

$$R = \text{confiabilidad expresada como decimal (ejemplo, 99.99\%}$$

$$= 0.9999 \text{ de confiabilidad)}$$

$$1 - R = \text{objetivo de confiabilidad en un solo sentido o dirección}$$

A = factor de rugosidad

= 4 sobre agua o en un terreno muy parejo

= 1 sobre terreno normal

= 0.25 sobre un terreno montañoso muy disparejo

B = factor de probabilidad del peor mes a una probabilidad anual

= 1 para convertir una disponibilidad anual a una base para el peor mes

= 0.5 para areas calientes y humedas

= 0.25 para areas normales tierras adentro

= 0.125 para areas montañosas o muy secas

$$F_m(dB) = 30 \log(27.82) + 10 \log(6(0.25)(0.125)(5.8)) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70$$
$$= 23.69 \text{ dB}$$

Atenuación específica debida a los gases atmosféricos.

El cálculo de este parámetro se obtuvo del valor aproximado del Gráfico No. 13, en escala de 1GHz por raya.

El resultado fue de 0.01 dB/km por lo que en un enlace de 27.8 km de distancia la atenuación por gases = 0.27 dB

Atenuación debida a hidrometeoros.

Al consultar las estadísticas anuales publicadas por la Oficina Nacional de Estadísticas en su cuadro 13. 10-4 del total de precipitaciones desde el año 1,976 hasta el 2013 la cantidad de lluvia en milímetros (mm) anual en todo el trayecto de la red, no supera los 2,677.00 mm, estimando que llegaríamos a alcanzar los 3,500 mm anuales de lluvia, obtendríamos la cantidad de 0.4340 mm/h, combinando este valor con los parámetros K_V e α_V para la frecuencia de 6 GHz, la pérdida a causa de lluvias sería:

$$\gamma_R(dB/km) = (0.0004878)(0.4340)^{1.5728} = 0.13e^{-3} dB/km$$

En el caso de tener algún enlace a una distancia de 50 km la pérdida sería igual a 0.0023 dB por lo que estas pérdidas no afectan a la red.

Cálculo de la ganancia del sistema.

$$G_s = P_t - C_{min}$$

$$G_s = \text{ganancia del sistema (dB)}$$

$$P_t = \text{potencia de salida del transmisor (dBm)}$$

$$C_{minima} = \text{potencia minima de entrada del receptor (dBm)}$$

$$G_s = (-2 dBm) - (-98dBm) = 96 dB$$

Presupuesto del Enlace PTP 3	Datos	
Estación de Transmisión (TX)	Ctra. Pedernales-Duverge	
Estación de Recepción (RX)	Barrio Las Mercedes	
Frecuencia de Trabajo	5.8	GHz
Tipo de comunicación	Datos	
Ancho de Banda	45	MHz
Tipo de Modulación	256 QAM	
Configuración del Enlace	Full/full-Dúplex	
Potencia Tx	2	dBm
Ganancia de la antena Tx	37.6	dB
Pérdidas Cables y Conectores Tx	-1.3	dB
Ganancia de la antena Rx	37.6	dB
Pérdidas Cables y Conectores Rx	-1.3	dB
Máxima Potencia PIRE	38.3	dBm
Ganancia Total	74.6	dB
Pérdida de Espacio Libre	-136.61	dB
Nivel de señal Rx esperado	-62.01	dBm
Sensibilidad del Cliente	-98	dBm
Margen del Enlace	35.99	dB

Tabla 9 - Presupuesto - Ejemplo # 3

2.8. Diagrama de Reutilización de Frecuencias

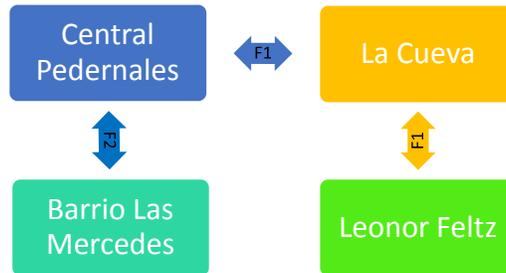


Gráfico 16 - Diagrama de Reutilización de Frecuencia.

2.9. Rendimiento de los Ejemplos

Enlace	Rendimiento Requerido
La Cueva a Leonor Feltz	91.28 Mbps
La Cueva a Central Pedernales	29.39 Mbps
Central Pedernales a Barrio Las Mercedes	62.78 Mbps

2.10. Selección de la Tecnología Inalámbrica

Los enlace punto a punto simularan su funcionamiento con el equipo PTP 650 mientras que los enlaces con conexión punto a multipunto serán modelados con el dispositivo eMPM 1000.

Ambos equipos son de la empresa Cambium Network, han sido seleccionados por cumplir con todos los requerimientos del diseño.

Capacidades del Equipo PTP 650

- Opera en las bandas desde los 4.9 GHz hasta los 6.05 GHz.
- Utiliza antena conectorizada o Integrada con ganancias superiores a los 23 dBi en polarización Vertical.
- Es sincronizado por GPS.
- Posee dos puertos Ethernet, uno de operación normal y otro auxiliar para enlazar otro equipo.
- Posee un rendimiento configurables de 150, 250 y 450 Mega bits por segundo (Mbps).
- Latencia típica de 3 Milisegundos.
- Opera con o sin línea de vista (en inglés, Near Line of Sight (NLOS)).
- Máxima Eficiencia Espectral de 10 bps/Hz.
- Distancia entre enlaces de hasta 200 Kilómetros.
- Ancho de banda flexible de – 5, 10, 20, 30, 40 y 45 MHz.
- División Duplex de Tiempo, Simétrica y Asimétrica adaptada.
- Optimización del Espectro Dinámico para suprimir las interferencias.
- Manejo de los protocolos de Internet IPV4 e IPV6.
- Seguridad Multinivel 128/256-Bit AES
- Alta Durabilidad, con un tiempo entre fallas (Mean Time Between Failure) de 40 Años.
- Módulo para transmisiones de 8 puertos T1 y E1.
- Duplexacion por división de tiempo

- Dúplex es un término utilizado en comunicaciones para definir a un sistema capaz de mantener una comunicación bidireccional, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea.

Ciclo del TDD

Características:

- El master transmite un barrido al punto receptor.
- Un retardo ocurre mientras se propaga el barrido en el enlace.
- El receptor recibe el barrido.
- El receptor procesa el barrido master-receptor.
- El receptor transmite el barrido al master.
- Un retardo ocurre mientras se propaga el barrido en el enlace.
- El master recibe el barrido desde el receptor.
- El master transmite el siguiente barrido al receptor.

Parámetros de la trama TDD

La duración del barrido TDD varía dependiendo de lo siguiente:

- Ancho de banda del canal
- Rango del enlace
- Modo de optimización del enlace
- Simetría del enlace
- Carga de tráfico ofrecida del enlace.

La duración de la trama TDD varía dependiendo lo siguiente:

- Duración del barrido maestro-receptor.
- Duración del barrido receptor-maestro
- Rango del enlace

Ejemplo del ciclo del enlace:

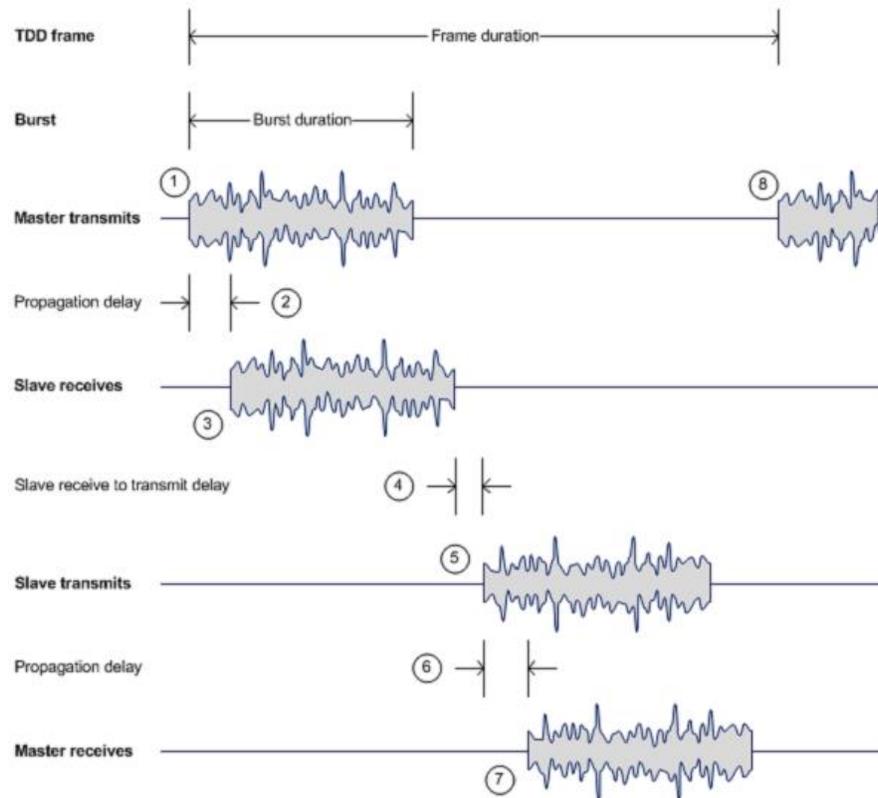


Gráfico 17 - Ciclo TDD.

Fuente: Cambium Networks

Selección del canal

Los enlaces PTP 650 son capaces de transmitir y recibir información en el mismo canal o en diferentes canales.

Optimización del enlace

Los enlaces PTP se optimizan de acuerdo al tipo de tráfico que manejan. Estos enlaces soportan dos modos, tráfico IP y TDM.

Trafico IP

Este modo es el de mayor capacidad posible. Es el apropiado entre las redes cuando se desean transmisiones donde el retardo no es crítico.

Trafico TDM

Este modo de optimización provee la menor latencia posible. Este modo implementa modulación adaptativa entregando la menor tasa de error conservando la capacidad del enlace. Es el más apropiado para transmisiones como voz sobre IP.

Ancho de Banda del Canal y OFDM

La serie PTP 650 transmite utilizando Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (del Inglés, OFDM). En esta Técnica el ancho de banda se compone de muchos sub-portadoras igualmente espaciados. Aunque cada subportadora es modulada a una tasa baja utilizando esquemas de modulación convencionales, la velocidad de datos resultante de la subportadoras es alto.

OFDM funciona excepcionalmente por un canal sin línea de visión directa (NLOS). El ancho de banda de canal de la señal OFDM es configurable a uno de los siguientes valores: 10, 20, 40 y 45 MHz. Anchos de banda más alta proporcionan una mayor capacidad de enlace a expensas de utilizar más espectro.

Los sistemas configurados para un ancho de banda de canal más estrecho ofrecen una mejor sensibilidad en el receptor y también puede ser opción apropiada en implementaciones donde la cantidad de espectro libre es limitado.

Cada vía se ve compensada en frecuencia central de su canal vecino por 10 o 5 MHz. El ancho de banda del canal se debe configurar en el mismo valor en ambos extremos del enlace.

No todos los anchos de banda de canal están disponibles en todas las bandas de regulación.

Administración del espectro

La serie PTP 650 cuenta con un analizador de espectro que le permite determinar la disponibilidad de canales en la banda de operación e inhibe interferencia con canales adyacente.

Medida de gestión del espectro

La Serie PTP 650 realiza dos mediciones de señal promedio por ciclo de TDD, por canal. Esto significa la medida representa la potencia de señal media recibida por el 40 microsegundos período de medición.

El algoritmo de gestión del espectro recoge mediciones por igual de todos los canales en la banda de trabajo. Este proceso se llama la disponibilidad con nuestros socios de canal (CAC).

El CAC utiliza un proceso de selección de canal de todos contra todos para recoger una cantidad igual de mediciones de cada canal.

El proceso de medición CAC no se altera por el proceso del canal de restricción.

Las mediciones aún se recogen para todos los canales independientemente del número de canales ocupados.

Análisis estadístico

La pantalla de medición estadística en la página de gestión del espectro siempre muestra un resumen estadístico de todas las mediciones de canal. Todas las decisiones de los canales se realizan con los valores calculados sobre la ventana de estadísticas período.

Gestión del espectro en modo de frecuencia fija

Las frecuencias de transmisión y recepción se pueden fijar en un enlace inalámbrico PTP 650. Una vez el modo de frecuencia se fija, el software de gestión del espectro no intentará mover el enlace inalámbrico a un canal con menor co-canal y la interferencia de canal adyacente.

Por lo tanto este modo de operación sólo se recomienda para implementaciones donde el instalador tiene una buena comprensión del entorno de interferencia que prevalece. También se debe tener cuidado para asegurar que la frecuencia asignada en cada extremo del enlace son compatibles.

Modulación Adaptativa

La serie PTP 650 puede transportar datos a través del enlace inalámbrico usando diferentes modos de modulación que van desde 256QAM 0,81 a 0,63 BPSK. Para un ancho de banda de canal dado y Estructura de trama TDD, cada modo de modulación transporta datos a una velocidad fija. También, el receptor requiere un mínimo nivel de señal a ruido con el fin de desmodular con éxito una modulación dada. Aunque las modulaciones más complejas tales como 256QAM 0,81 transportarán datos a una velocidad mucho mayor que los modos de modulación menos complejos, el receptor requiere una mucho mayor relación señal-ruido.

La serie PTP 650 proporciona un esquema de modulación adaptativa donde el receptor constantemente supervisa la calidad de la señal recibida y notifica al extremo lejano del enlace el modo óptimo de modulación para transmitir. De esta manera, se consigue una capacidad óptima en todo momento. Esta es una de las características que permite al PTP 650 para operar en un entorno sin línea de canales de radio de visión.

Capacidades del Equipo ePMP 1000

- Frecuencia de operación = 5.8 GHz
- Puerto de Salida 802.3
- Antenas 2x2 MIMO OFDM
- Canales de 5 / 10 / 20 / 40 MHz

- +200 Mbps Rendimiento
- Hasta 120 suscriptores
- 5150 – 5970 MHz (Incrementos de 5 MHz)
- Sincronización GPS
- Distancia máxima de 13 millas.
- Control automático de potencia
- Opera de forma dinámica MIMO A Y B

MIMO A: Consiste en enviar una misma información por las diferentes antenas que conforman el enlace múltiple trayectoria para evitar pérdidas de datos en el receptor.

MIMO B: Posibilidades de enviar datos diferentes de forma simultanea entre un emisor y receptor.

- Soporta obstrucciones de línea de vista (NLOS).
- Transmite +35,000 Paquetes Por Segundo (PPS).
- Permite controlar la calidad del servicio o el Quality of service (QoS).
- Compatibilidad con el estándar 802.11
- Radios con sincronización GPS.
- Antena integrada de 13 a 15 dBi.
- Pueden ser conectados con antenas sectoriales de 60, 90 y 120 grados.
- Puertos de Gigabit Ethernet.
- MAC TDD Sincronizada por GPS.

Posibles Problemáticas y Soluciones con el uso de estas tecnologías.

Estas tecnologías seleccionadas son controladas por un programa que cuenta con diferentes herramientas para la detección y corrección de errores y dificultades que se presentan en la red.

El software utiliza un analizador de espectro para seleccionar el canal óptimo en el establecimiento de los enlaces de datos.

Así también se presentan otras características como el sensor de nivel de potencia que adecuará la potencia de transmisión para llegar al receptor en los niveles óptimos.

Algunos inconvenientes de carácter físicos de la red deberán resolverse mediante la correcta instalación de los equipos en las torres.

En este tipo de soluciones, el punto de acceso (Access Point), tiene control de la red, él decidirá manejar los tiempos de subida y de bajada al igual que la posibilidad de enviar información, y cuando recibe información para comunicar a cada suscriptor, esto libera el espectro porque cuando no le corresponde el turno a ese cliente transmitir datos contra el AP ese cliente se mantiene en silencio (no está censando el medio).

Con esto se eliminan las Interferencias entre AP con AP (DL a UL) e Interferencias SM con SM (UL a DL), utilizando una guarda de 5 MHz.

Todos los clúster se sincronizaran con el mismo tiempo pero de forma independiente, cada radio se sincroniza sin depender del otro pero con el time slot, sin necesidad de pasar físicamente ese tiempo (timing) entre una torre y otra.

Interferencias

Serán evaluadas algunas clases comunes de interferencia que se presentan en la recepción de cada usuario.

Auto Interferencia Primaria

Este tipo de interferencia es causada cuando cada punto de acceso de la red transmite en un momento diferente, como se muestra en la siguiente imagen.

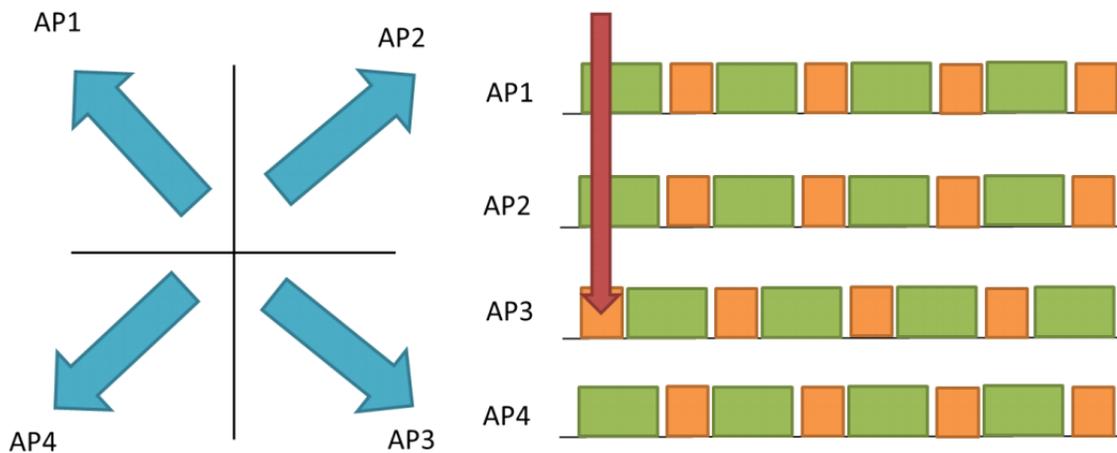


Gráfico 18 - Red No Sincronizada.

Fuente: eMPM ABAB Frequency Reuse Deployment.

En la gráfica anterior, los cuadros de color verde, ilustran los paquetes de descarga (DL) y los de color naranja los de carga (UL), como el tiempo de sincronía generado por cada punto de acceso en separado, cuando AP 1 y 2 estaban enviando información, ya el AP 3, se encontraba recibiendo información, lo que generaba auto interferencia.

Solución

Sincronización GPS, cada AP de una misma torre o de varias torres recibe un ordenamiento donde se distribuyen en el mismo momentos los paquetes transmitidos y recibidos, como se muestra en la Gráfico 19.

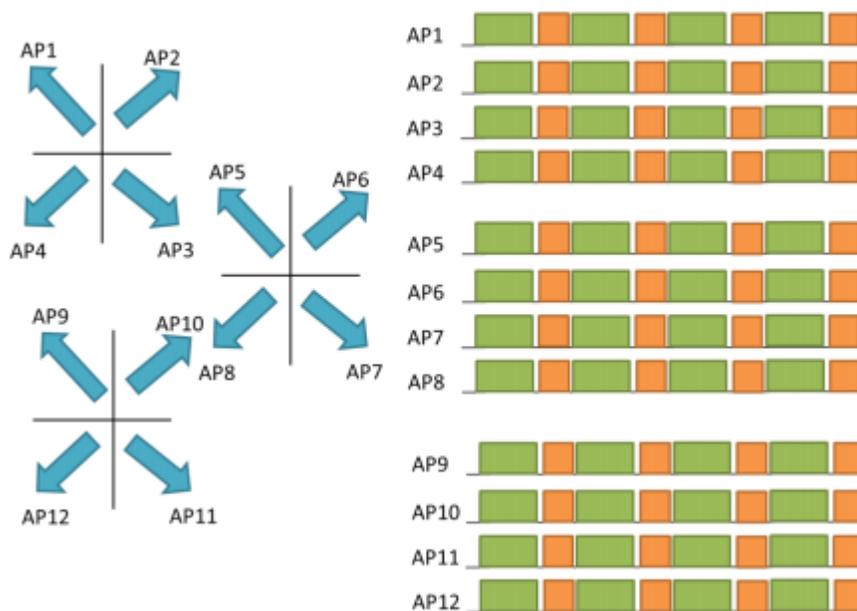


Gráfico 19 - Red Sincronizada.

Fuente: eMPM ABAB Frequency Reuse Deployment.

Latencia

La latencia nominal de este dispositivo trabajando con sincronismo es entre 15 a 17 milisegundos, esa latencia se mantiene constante a medida que aumenta el número de usuarios, esto se logra por el protocolo de sincronismo que administran estos equipos.

Auto Interferencia Secundaria

Este tipo de interferencia sucede cuando los puntos de acceso deciden reutilizar canales, (cuando se utiliza el mismo canal de comunicaciones en configuración espalda contra espalda en una torre).

Solución

Control automático de potencia - Cada punto de acceso controla de forma automática la potencia de su suscriptores.

Aislamiento Front-Back en la Antena

En las torres se colocaran atenuadores para evitar que los lóbulos laterales de cada antena puedan interferir en otras en una misma torre.

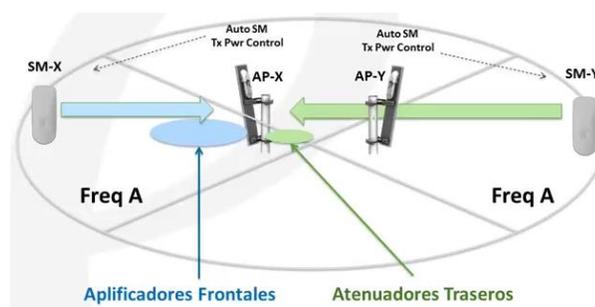


Gráfico 20 - Esquema utilizando atenuadores. Fuente: Cambium Networks

Calidad del servicio (Qos)

El tipo de información que se maneja en la red puede ser categorizada y ordenada, este orden persigue definir un esquema de prioridad para transmitir o recibir los paquetes de datos.

Prioridad de paquetes dentro del radio:

- VoIP
- Alta
- Baja

Cuando la interfaz de radio frecuencia esta sobrecargada y los paquetes se desechan, el radio analizara por orden de prioridad, dejando a un lado en primer lugar los paquetes de baja prioridad.

Este mecanismo se da en ambos sentidos del enlace, tanto en la carga como en la descarga.

2.11. Diagramas de Instalación de Equipos.

Los siguientes gráficos, se muestran algunos ejemplos de instalación de los equipos de Cambium Networks, en estructuras similares a las de los planteles escolares.

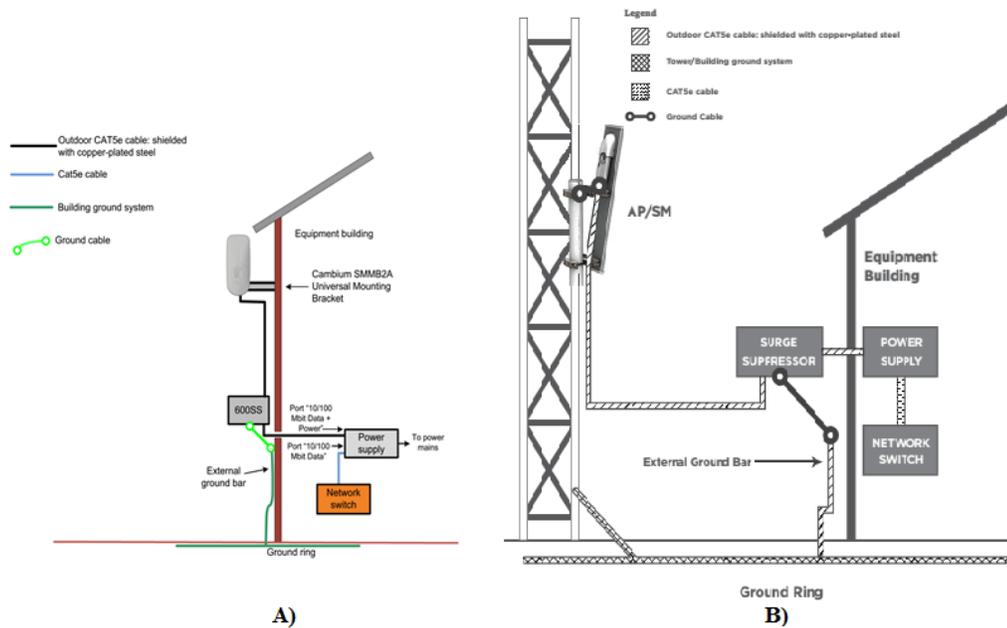


Gráfico 21 - Diagrama de Conexión de Equipos en Estructuras Escolares.

Fuente: Cambium Networks

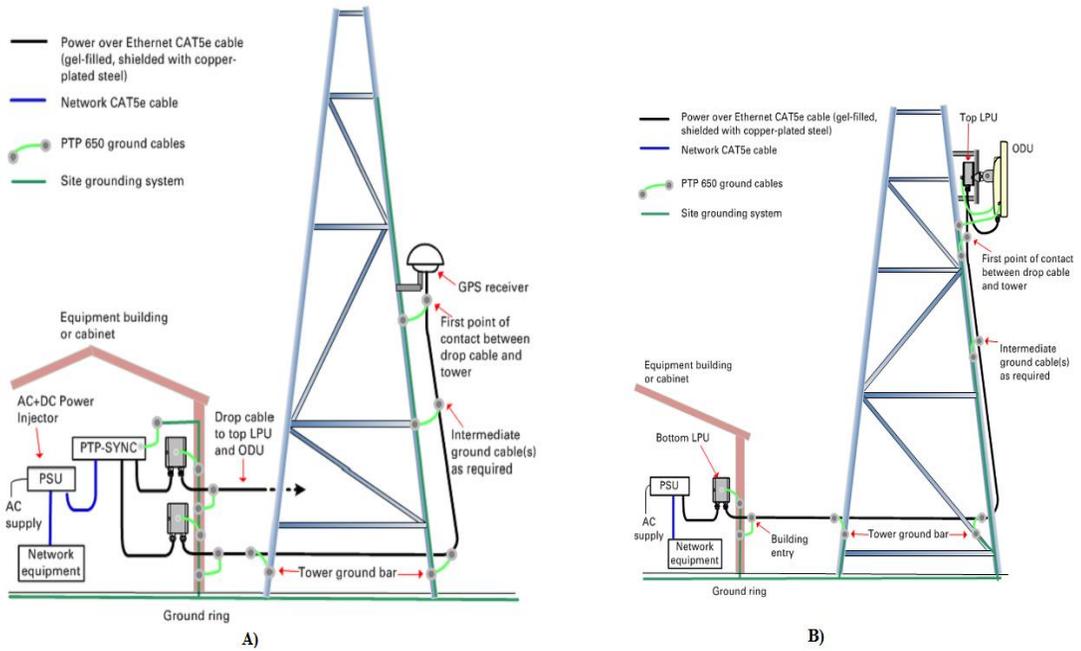


Gráfico 22 - Diagrama de Conexión de Equipos en Torres de Comunicaciones.

Fuente: Cambium Networks

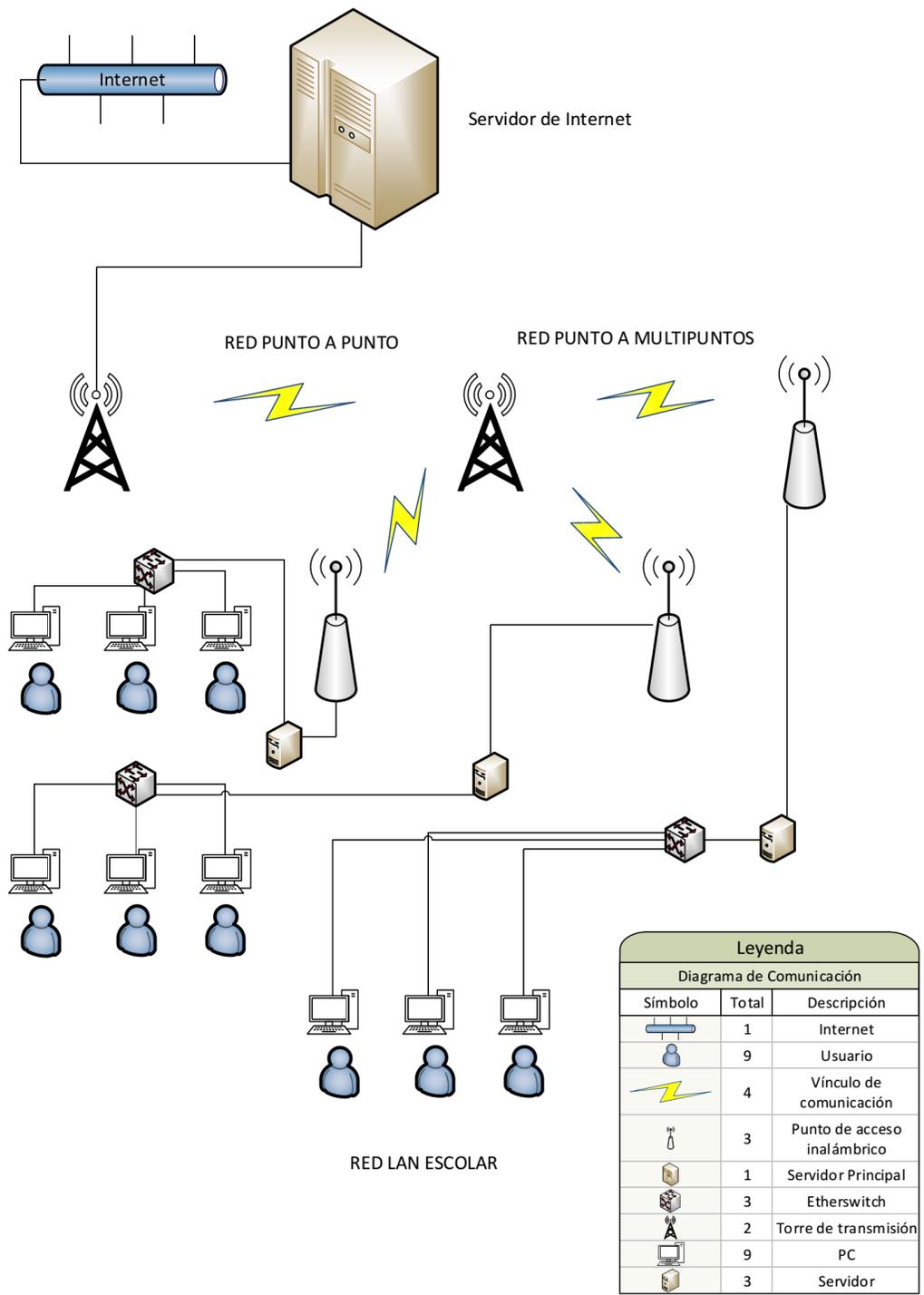


Gráfico 23 - Modelo General de la Red.

Fuente: Elaboración Propia

2.12. Ejemplo de los enlaces principales de la Red PMP en Barahona y Pedernales.

Leonor Feltz AP1		
Latitud	18:13:23.5N	
Longitud	071:05:49.7W	
Equipo	ePMP 1000	
Tipo de Antena	90 Grados Sectorizada	
Azimuth	155 Grados del Norte 165.2 Grados del Norte Magnético	
Total de Suscriptores	6	
Rango Máximo	3	Km
Banda de Frecuencia RF	5.8	GHz
Ancho de Banda del Canal RF	20	MHz
Configuración DL/UL	75/25	
Rendimiento Total DL Predictivo	76.82	Mbps
Rendimiento Total UL Predictivo	7.28	Mbps
Rendimiento Predictivo Total	84.1	Mbps
Modo del AP	TDD	
Potencia de Tx	24	dBm
Ganancia de la Antena	19	dBi
Umbral de Recepción	-75	dBm
Altura del AP	25	m

Tabla 10 – Características del Enlace Punto a Multipunto Leonor Feltz #1

Barrio Las Mercedes AP 1		
Latitud	18:02:26.3N	
Longitud	071:44:53.9W	
Equipo	eMPM 1000	
Tipo de Antena	90 Grados Sectorizada	
Azimuth	65 Grados del Norte 75.2 Grados del Norte Magnético	
Total de Suscriptores	4	
Rango Máximo	13	Km
Banda de Frecuencia RF	5.8	GHz
Ancho de Banda del Canal RF	10	MHz
Configuración DL/UL	75/25	
Rendimiento Total DL Predictivo	15.21	Mbps
Rendimiento Total UL Predictivo	4.22	Mbps
Rendimiento Predictivo Total	19.43	Mbps
Modo del AP	TDD	
Potencia de Tx	24	dBm
Ganancia de la Antena	19	dBi
Umbral de Recepción	-75	dBm
Altura del AP	25	m

Tabla 11 – Capacidad del Enlace Punto a Multipunto Las Mercedes #1

2.12.1. Esquema de Latencias

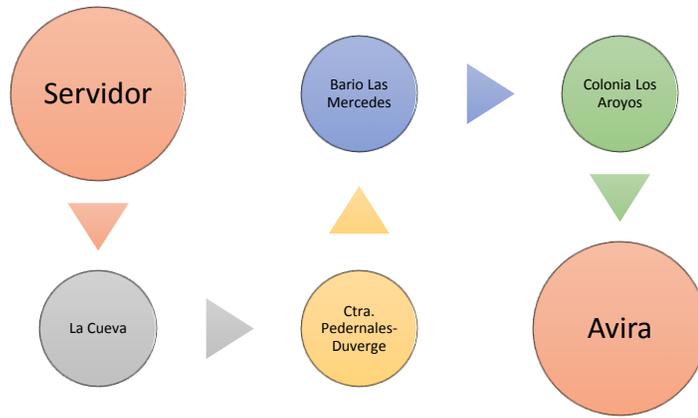


Gráfico 24 - Diagrama de Latencia No.1: Red Modelo.

Enlaces	T[μ s]
Servidor - La Cueva	212
La Cueva - Ctra. Pedernales-Duverge	177
Ctra. Pedernales-Duverge-Barrio la Mercedes	185
Barrio Las Mercedes-Colonia Los Arroyos	205
Colonia Los Arroyos -Avila	141.67
	921

Tabla 12 - Latencias: Red Modelo.

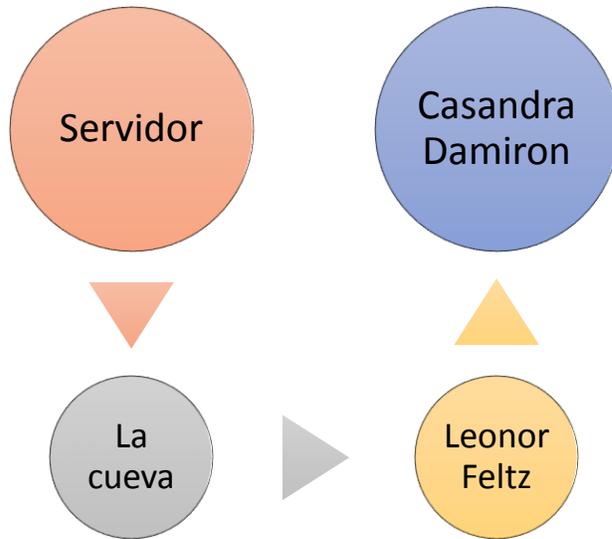


Gráfico 25 - Diagrama de Latencia No. 2 - Red Modelo.

Enlaces	T[μ s]
Servidor – La Cueva	212.000
La Cueva - Leonor Feltz	212.000
Leonor Feltz - Casandra Damirón	141.67
	565.67

Tabla 13 - Latencias: Red Modelo.

El valor de 141.667 μ s se obtuvo debido a que la latencia máxima en los equipos multipuntos es de 17 milisegundos (ms) y el número máximo de conexiones PMP recomendado por el fabricante es de 120 usuarios.

Por tanto el tiempo que debe durar el TDD es $(17E-3)/120=141.667 \mu s$. Los demás valores son obtenidos por latencia generada en el sistema al enviar los contenidos entre repetidores.

2.13. Herramientas de simulación

LinkPlanner Versión 4.2.8

Este software simuló todos los enlaces inalámbricos, punto a punto como punto a multipuntos, entre sus capacidades están las de determinar las características de rendimiento, visualizar la trayectoria con el complemento de Google Earth para obtener la perspectiva general del terreno, simula el tráfico de la red de acuerdo a las capacidades seleccionadas, calcula todas las variables del enlace, pérdida de espacio libre, ganancia del sistema, cálculo de las atenuaciones utilizando las legislaciones actualizadas en las bandas de trabajo acorde con la UIT.

Posee un portafolio amplio con todos los equipos, conectores y cables que intervienen en el enlace, por último entrega en formatos PDF todos los documentos generados como guía de instalación.

Capacity Planner

Es una poderosa herramienta en proceso de prueba que se ha desarrollado para el equipo ePMP 1000 por Motorola donde permite calcular el rendimiento que entrega el equipo de acuerdo al número de usuarios que se coloca en cada punto de acceso.

Fue utilizada para estimar las entregas de paquetes de información, de carga y descarga.

Google Earth Pro

Google Earth es un programa informático que permite visualizar múltiple cartografía del mundo, con base en la fotografía satelital.

El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora. Permite visualizar todo el terreno de la red.

CAPÍTULO III. SIMULACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO

3.1. Introducción

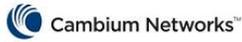
A continuación se presentaran los resultados de las simulaciones de los enlaces calculados en la red modelo, cada enlace fue simulado mediante el software LinkPlanner en su versión 4.2.8, utilizando los parámetros calculados en el capítulo anterior.

Cada documento generado inicia con el perfil topográfico de cada enlace, mostrando que cada enlace posee línea de vista directa, en línea roja se ilustra la señal recibida de manera reflejada por la superficie terrestre.

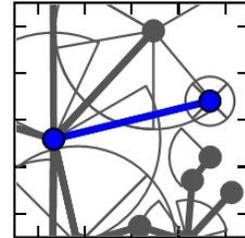
Seguido del perfil se genera un resumen del enlace que detalla la longitud de enlace en kilómetros, la banda de frecuencia de operación, el ancho de banda utilizado, la pérdida de espacio libre, la ganancia del sistema, el margen de ganancia, la velocidad agregada de datos y por último la disponibilidad anual del enlace.

En lo adelante dos cuadros comparan la disponibilidad de manera porcentual con la capacidad de transmisión en Mbps, en la etapa final se muestran los factores geoclimáticos utilizados para las estimaciones de pérdidas y los niveles de atenuación introducidos en cada enlace. En el CD anexo a este documento se encuentran cuatro informes completos de todas las simulaciones de la Red, dos son los resúmenes de instalación de enlace PTP y PMP, y los siguiente son los informes de propósito de los mismos enlaces, utilizados para analizar en detalle cualquier información.

3.2. Simulaciones de la Red Modelo Punto a Punto.



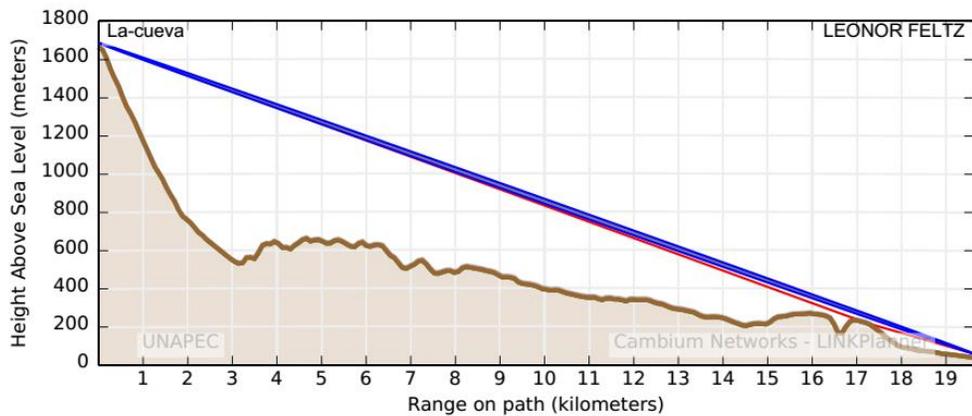
La-cueva to LEONOR FELTZ1



Equipment: Cambium Networks PTP650 Full Connectorized

Cambium Networks 4ft Dual-Polar Parabolic
RDG4453 @ 22 m

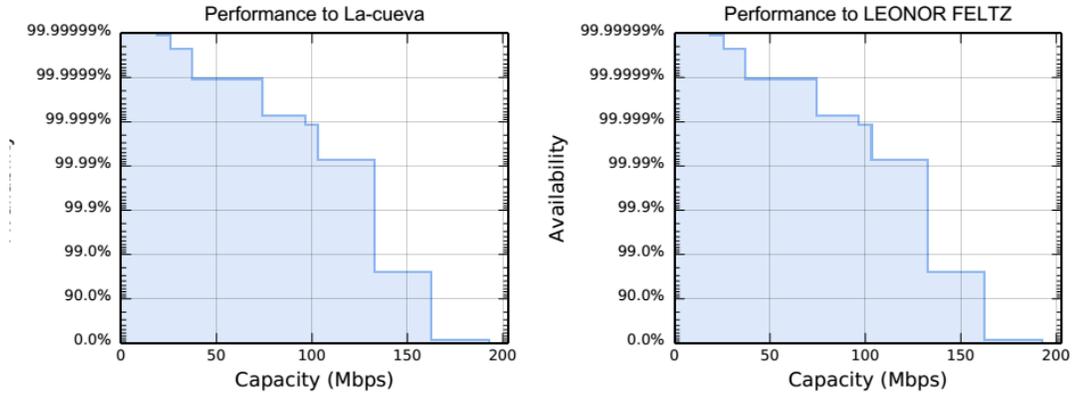
Cambium Networks 4ft Dual-Polar Parabolic
RDG4453 @ 22 m



	Performance to La-cueva	Performance to LEONOR FELTZ
Mean IP	165.8 Mbps	165.8 Mbps
IP Availability	99.9993 % for 81.2 Mbps	99.9993 % for 81.2 Mbps

Link Summary			
Link Length	19.626 km	System Gain	160.69 dB
Band	5.8 GHz	System Gain Margin	26.93 dB
Regulation	Other	Mean Aggregate Data Rate	331.7 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	100.0000 %
Bandwidth	45 MHz	Annual Link Unavailability	1 secs/year
Total Path Loss	133.76 dB	Prediction Model	ITU-R

Performance Charts



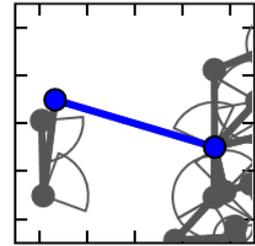
Climatic Factors, Losses and Standards

dN/dH not exceeded for 1% of time	-153.24 N units/km	Link Type	Line-of-Sight
Area roughness 110x110km	463.08 metre	Excess Path Loss	0.00 dB
Geoclimatic factor	2.76e-05	Atmospheric Gasses	ITU-R P.676-7, ITU-R P.835-4
Fade Occurrence Factor (P0)	7.00e-05	Diffraction Loss	ITU-R P.526-10
Path inclination	82.96 mr	Propagation	ITU-R P.530-12
0.01% Rain rate	84.36 mm/hr	Rain Rate	ITU-R P.837-5
Free Space Path Loss	133.57 dB	Refractivity Index	ITU-R P.453-9
Gaseous Absorption Loss	0.19 dB		

Este enlace presenta una disponibilidad de 81.2 Mbps Full/full dúplex con una confiabilidad de 99.9993%, utilizando un ancho de banda de 45 MHz y una ganancia del sistema de 160.69 dB, garantizando su correcto funcionamiento en peores escenarios con la implementación de modulaciones adaptativas.



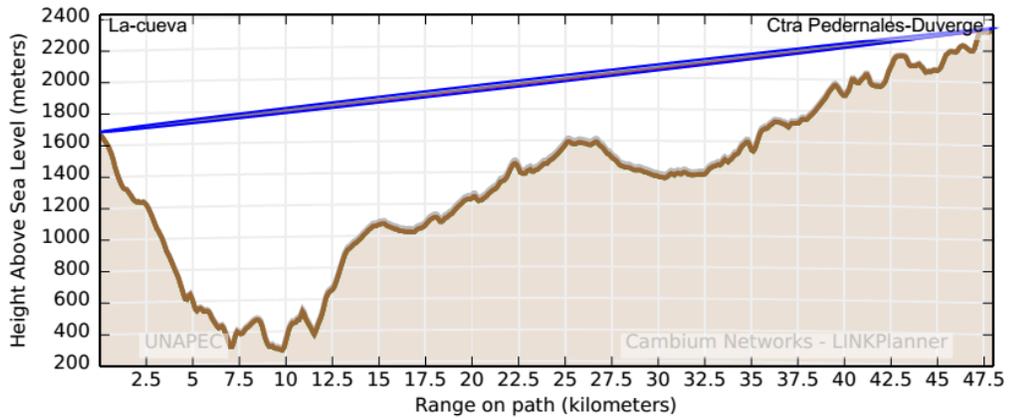
La-cueva to Ctra Pedernales-Duverge1



Equipment: Cambium Networks PTP650 Full Connectorized

Cambium Networks 8ft Dual-Polar Parabolic
RDH4507 @ 20 m

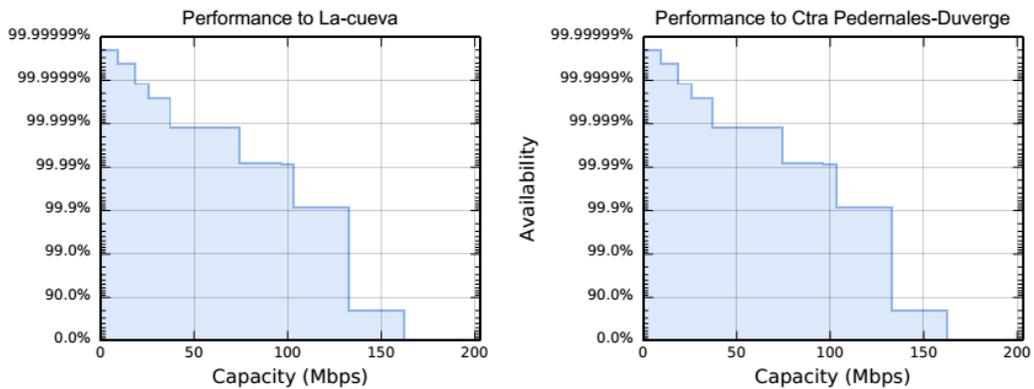
Cambium Networks 8ft Dual-Polar Parabolic
RDH4507 @ 10 m



	Performance to La-cueva	Performance to Ctra Pedernales-Duverge
Mean IP	156.6 Mbps	156.6 Mbps
IP Availability	99.9138 % for 104.4 Mbps	99.9138 % for 104.4 Mbps

Link Summary			
Link Length	47.967 km	System Gain	166.97 dB
Band	5.8 GHz	System Gain Margin	25.31 dB
Regulation	Other	Mean Aggregate Data Rate	313.3 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	100.0000 %
Bandwidth	45 MHz	Annual Link Unavailability	6 secs/year
Total Path Loss	141.65 dB	Prediction Model	ITU-R

Performance Charts



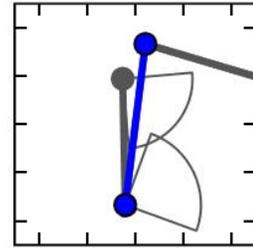
Climatic Factors, Losses and Standards

dN/dH not exceeded for 1% of time	-170.99 N units/km	Link Type	Line-of-Sight
Area roughness 110x110km	534.60 metre	Excess Path Loss	0.00 dB
Geoclimatic factor	2.93e-05	Atmospheric Gasses	ITU-R P.676-7, ITU-R P.835-4
Fade Occurrence Factor (P0)	2.92e-04	Diffraction Loss	ITU-R P.526-10
Path inclination	13.72 mr	Propagation	ITU-R P.530-12
0.01% Rain rate	83.88 mm/hr	Rain Rate	ITU-R P.837-5
Free Space Path Loss	141.34 dB	Refractivity Index	ITU-R P.453-9
Gaseous Absorption Loss	0.32 dB		

Este enlace presenta una disponibilidad de 104.4 Mbps Full/full dúplex con una confiabilidad de 99.9138%, utilizando un ancho de banda de 45 MHz y una ganancia del sistema de 166.97 dB, garantizando su correcto funcionamiento en peores escenarios con la implementación de modulaciones adaptativas.



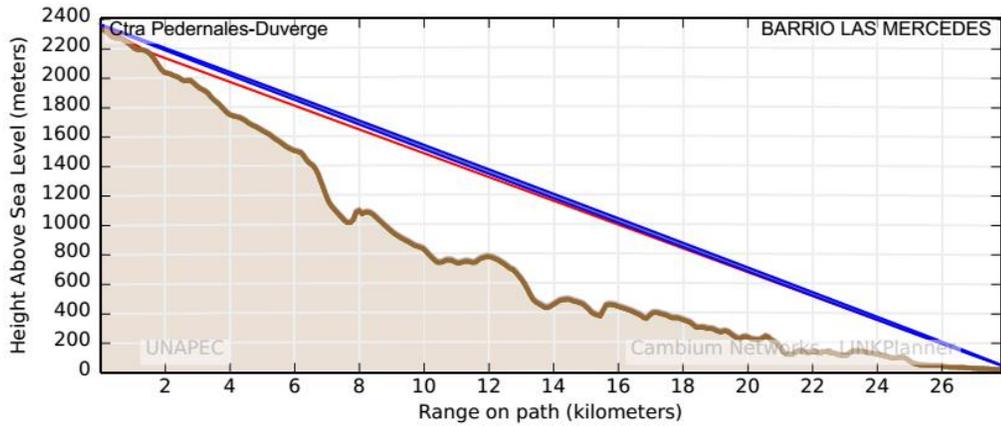
Ctra Pedernales-Duverge to BARRIO LAS MERCEDES1



Equipment: Cambium Networks PTP650 Full Connectorized

Cambium Networks 6ft High Performance
Dual-Polar Parabolic RDH4511 @ 30 m

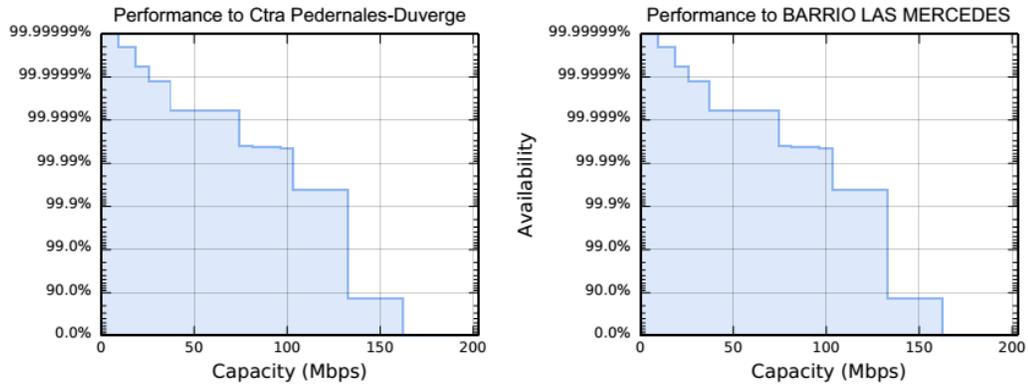
Cambium Networks 6ft High Performance
Dual-Polar Parabolic RDH4511 @ 30 m



	Performance to Ctra Pedernales-Duverge	Performance to BARRIO LAS MERCEDES
Mean IP	158.8 Mbps	158.8 Mbps
IP Availability	99.9958 % for 92.8 Mbps	99.9958 % for 92.8 Mbps

Link Summary			
Link Length	27.820 km	System Gain	162.60 dB
Band	5.8 GHz	System Gain Margin	25.75 dB
Regulation	Other	Mean Aggregate Data Rate	317.7 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	100.0000 %
Bandwidth	45 MHz	Annual Link Unavailability	3 secs/year
Total Path Loss	136.84 dB	Prediction Model	ITU-R

Performance Charts

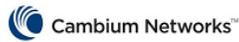


Climatic Factors, Losses and Standards

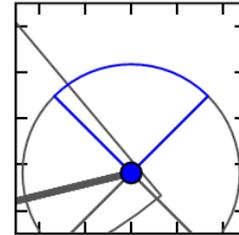
dN/dH not exceeded for 1% of time	-183.89 N units/km	Link Type	Line-of-Sight
Area roughness 110x110km	554.06 metre	Excess Path Loss	0.00 dB
Geoclimatic factor	3.16e-05	Atmospheric Gasses	ITU-R P.676-7, ITU-R P.835-4
Fade Occurrence Factor (P0)	2.49e-04	Diffraction Loss	ITU-R P.526-10
Path inclination	83.14 mr	Propagation	ITU-R P.530-12
0.01% Rain rate	83.58 mm/hr	Rain Rate	ITU-R P.837-5
Free Space Path Loss	136.60 dB	Refractivity Index	ITU-R P.453-9
Gaseous Absorption Loss	0.24 dB		

Este enlace presenta una disponibilidad de 92.8 Mbps Full/full dúplex con una confiabilidad de 99.9958%, utilizando un ancho de banda de 45 MHz y una ganancia del sistema de 162.60 dB, garantizando su correcto funcionamiento en peores escenarios con la implementación de modulaciones adaptativas.

3.3. Simulaciones de la Red Modelo Punto Multipuntos.



LEONOR FELTZ : 1



Access Point Summary	
AP Name	LEONOR FELTZ : 1
Equipment Type	ePMP 1000 (running Release 2.4)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 5 GHz Sector Antenna
Antenna Azimuth	0.00° from True North 10.58° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Total Subscribers	6
Max Range	3 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5875 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Total Predicted DL Throughput	76.82 Mbps
Total Predicted UL Throughput	7.28 Mbps
Total Predicted Throughput	84.10 Mbps
DL/UL Ratio	75/25

Subscriber Module Summary

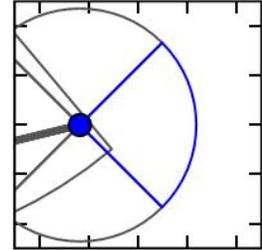
Name	Latitude	Longitude	Product	Range	Antenna Gain
ANAIMA TEJADA CHAPMAN	18:13:23.5N	071:05:49.7W	ePMP 1000	1.602 km	19.0 dBi
CATOLICO TECNOLOGICO DE BARAHONA - LICATEBA	18:13:05.9N	071:05:37.3W	ePMP 1000	1.267 km	19.0 dBi
EL TANQUE	18:13:29.6N	071:06:08.5W	ePMP 1000	1.744 km	19.0 dBi
JOSE ALTAGRACIA ROBERT	18:13:11.4N	071:05:23.9W	ePMP 1000	1.654 km	19.0 dBi
MARIA MONTEZ	18:13:59.2N	071:06:22.9W	ePMP 1000	2.708 km	19.0 dBi
LEONOR FELTZ	18:12:33.1N	071:06:03.4W	ePMP 1000	0.000 km	19.0 dBi

Mode	Total Mean Predicted Throughput (Mbps)	SMs per DL modulation			SMs per UL modulation		
		Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)	Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)
MCS15 (64QAM 0.83)	76.82	6	100.0	76.82	0	0.0	0.00
MCS14 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS13 (64QAM 0.67)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS12 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS11 (16QAM 0.5)	4.85	0	0.0	0.00	4	66.7	4.85
MCS10 (QPSK 0.75)	2.43	0	0.0	0.00	2	33.3	2.43
MCS9 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS7 (64QAM 0.83)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS6 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS5 (64QAM 0.67)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS4 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS3 (16QAM 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS2 (QPSK 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS1 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00

Este esquema ilustra la modulación adaptativa, en el caso de este multipunto, a medida que las escuelas están más alejadas del punto de conexión, el equipo transmisor alterna el tipo de modulación para poder entregar la mayor cantidad de información al centro escolar que la solicita. El dispositivo eMPM 1000, por medio de su analizador interno de espectro y las informaciones estadísticas censadas se adapta a la modulación más conveniente para establecer el enlace.



LEONOR FELTZ : 2



Access Point Summary	
AP Name	LEONOR FELTZ : 2
Equipment Type	ePMP 1000 (running Release 2.4)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 5 GHz Sector Antenna
Antenna Azimuth	90.00° from True North 100.58° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Total Subscribers	3
Max Range	3 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5875 MHz)
RF Channel Bandwidth	10 MHz
Total Predicted DL Throughput	38.41 Mbps
Total Predicted UL Throughput	4.25 Mbps
Total Predicted Throughput	42.66 Mbps
DL/UL Ratio	75/25

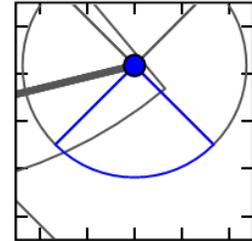
Subscriber Module Summary

Name	Latitude	Longitude	Product	Range	Antenna Gain
ACADEMIA FRANCISCANA	18:13:01.5N	071:05:27.0W	ePMP 1000	1.380 km	19.0 dBi
DIVINA PASTORA	18:12:33.4N	071:05:47.6W	ePMP 1000	0.464 km	19.0 dBi
GENESIS	18:12:02.3N	071:05:27.1W	ePMP 1000	1.428 km	19.0 dBi

Mode	Total Mean Predicted Throughput (Mbps)	SMs per DL modulation			SMs per UL modulation		
		Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)	Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)
MCS15 (64QAM 0.83)	38.41	3	100.0	38.41	0	0.0	0.00
MCS14 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS13 (64QAM 0.67)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS12 (16QAM 0.75)	2.83	0	0.0	0.00	2	66.7	2.83
MCS11 (16QAM 0.5)	1.42	0	0.0	0.00	1	33.3	1.42
MCS10 (QPSK 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS9 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS7 (64QAM 0.83)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS6 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS5 (64QAM 0.67)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS4 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS3 (16QAM 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS2 (QPSK 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS1 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00



LEONOR FELTZ : 3



Access Point Summary	
AP Name	LEONOR FELTZ : 3
Equipment Type	ePMP 1000 (running Release 2.4)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 5 GHz Sector Antenna
Antenna Azimuth	180.00° from True North 190.58° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Total Subscribers	11
Max Range	3 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5875 MHz)
RF Channel Bandwidth	40 MHz
Total Predicted DL Throughput	146.01 Mbps
Total Predicted UL Throughput	13.48 Mbps
Total Predicted Throughput	159.49 Mbps
DL/UL Ratio	75/25

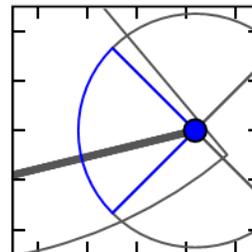
Subscriber Module Summary

Name	Latitude	Longitude	Product	Range	Antenna Gain
BAITOITA	18:11:48.3N	071:05:50.1W	ePMP 1000	1.431 km	19.0 dBi
CACIQUE ENRIQUILLO	18:11:58.9N	071:06:28.9W	ePMP 1000	1.290 km	19.0 dBi
CASANDRA DAMIRON	18:12:17.2N	071:05:49.4W	ePMP 1000	0.641 km	19.0 dBi
CIANI BARAHONA	18:11:58.8N	071:05:37.3W	ePMP 1000	1.304 km	19.0 dBi
CLARENCE C. HAMILTON OXLEY	18:11:42.8N	071:06:19.0W	ePMP 1000	1.612 km	19.0 dBi
CLUB DE LEONES	18:12:13.5N	071:06:19.2W	ePMP 1000	0.760 km	19.0 dBi
EL VIRAN	18:11:39.1N	071:06:11.8W	ePMP 1000	1.678 km	19.0 dBi
LOS LIRIOS	18:11:38.3N	071:06:08.1W	ePMP 1000	1.690 km	19.0 dBi
MARIA AUXILIADORA	18:11:40.0N	071:05:41.0W	ePMP 1000	1.760 km	19.0 dBi
PARROQUIAL LA ALTAGRACIA	18:11:53.0N	071:06:04.9W	ePMP 1000	1.234 km	19.0 dBi
PLANTEL NUEVO-BASICA BARAHONA 1(VIRGILIO PELAEZ)	18:12:12.1N	071:05:53.7W	ePMP 1000	0.707 km	19.0 dBi

Mode	Total Mean Predicted Throughput (Mbps)	SMs per DL modulation			SMs per UL modulation		
		Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)	Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)
MCS15 (64QAM 0.83)	119.46	9	81.8	119.46	0	0.0	0.00
MCS14 (64QAM 0.75)	13.27	1	9.1	13.27	0	0.0	0.00
MCS13 (64QAM 0.67)	13.27	1	9.1	13.27	0	0.0	0.00
MCS12 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS11 (16QAM 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS10 (QPSK 0.75)	13.48	0	0.0	0.00	11	100.0	13.48
MCS9 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS7 (64QAM 0.83)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS6 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS5 (64QAM 0.67)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS4 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS3 (16QAM 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS2 (QPSK 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS1 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00



LEONOR FELTZ : 4



Access Point Summary	
AP Name	LEONOR FELTZ : 4
Equipment Type	ePMP 1000 (running Release 2.4)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 5 GHz Sector Antenna
Antenna Azimuth	270.00° from True North 280.58° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Total Subscribers	7
Max Range	3 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5875 MHz)
RF Channel Bandwidth	20 MHz
Total Predicted DL Throughput	73.06 Mbps
Total Predicted UL Throughput	7.72 Mbps
Total Predicted Throughput	80.78 Mbps
DL/UL Ratio	75/25

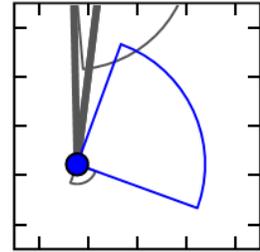
Subscriber Module Summary

Name	Latitude	Longitude	Product	Range	Antenna Gain
FEDERICO HENRIQUEZ Y CARVAJAL	18:12:36.3N	071:06:31.3W	ePMP 1000	0.825 km	19.0 dBi
LA RAQUETA	18:12:22.7N	071:07:00.0W	ePMP 1000	1.692 km	19.0 dBi
NUEVO JARDIN	18:12:23.9N	071:06:14.7W	ePMP 1000	0.435 km	19.0 dBi
PARROQUIAL CRISTO REY	18:12:20.2N	071:06:25.9W	ePMP 1000	0.772 km	19.0 dBi
PARROQUIAL JAIME MOTA	18:12:26.9N	071:06:38.7W	ePMP 1000	1.053 km	19.0 dBi
PROF. MILEDIS LEBREAUT	18:13:20.0N	071:06:54.1W	ePMP 1000	2.073 km	19.0 dBi
SAN JUAN BOSCO	18:12:15.7N	071:06:39.3W	ePMP 1000	1.182 km	19.0 dBi

Mode	Total Mean Predicted Throughput (Mbps)	SMs per DL modulation			SMs per UL modulation		
		Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)	Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)
MCS15 (64QAM 0.83)	62.62	6	85.7	62.62	0	0.0	0.00
MCS14 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS13 (64QAM 0.67)	10.44	1	14.3	10.44	0	0.0	0.00
MCS12 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS11 (16QAM 0.5)	6.62	0	0.0	0.00	6	85.7	6.62
MCS10 (QPSK 0.75)	1.10	0	0.0	0.00	1	14.3	1.10
MCS9 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS7 (64QAM 0.83)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS6 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS5 (64QAM 0.67)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS4 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS3 (16QAM 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS2 (QPSK 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS1 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00



BARRIO LAS MERCEDES : 1



Access Point Summary	
AP Name	BARRIO LAS MERCEDES : 1
Equipment Type	ePMP 1000 (running Release 2.4)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 5 GHz Sector Antenna
Antenna Azimuth	65.00° from True North 75.21° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Total Subscribers	4
Max Range	13 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5875 MHz)
RF Channel Bandwidth	10 MHz
Total Predicted DL Throughput	15.21 Mbps
Total Predicted UL Throughput	4.22 Mbps
Total Predicted Throughput	19.43 Mbps
DL/UL Ratio	75/25

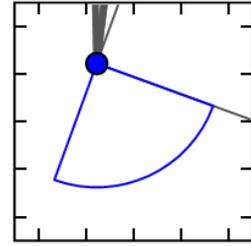
Subscriber Module Summary

Name	Latitude	Longitude	Product	Range	Antenna Gain
BIENVENIDO MORILLO	18:02:42.8N	071:44:36.5W	ePMP 1000	0.720 km	19.0 dBi
LUIS EMILIO PEREZ MENDEZ	18:02:44.4N	071:44:14.2W	ePMP 1000	1.294 km	19.0 dBi
LAS MERCEDES	18:05:12.4N	071:39:57.2W	ePMP 1000	10.110 km	19.0 dBi
SITIO NUEVO	18:07:35.7N	071:39:56.7W	ePMP 1000	12.918 km	19.0 dBi

Mode	Total Mean Predicted Throughput (Mbps)	SMs per DL modulation			SMs per UL modulation		
		Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)	Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)
MCS15 (64QAM 0.83)	7.61	2	50.0	7.61	0	0.0	0.00
MCS14 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS13 (64QAM 0.67)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS12 (16QAM 0.75)	3.16	0	0.0	0.00	3	75.0	3.16
MCS11 (16QAM 0.5)	4.86	1	25.0	3.80	1	25.0	1.05
MCS10 (QPSK 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS9 (QPSK 0.5)	3.80	1	25.0	3.80	0	0.0	0.00
MCS7 (64QAM 0.83)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS6 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS5 (64QAM 0.67)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS4 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS3 (16QAM 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS2 (QPSK 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS1 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00



BARRIO LAS MERCEDES : 2



Access Point Summary	
AP Name	BARRIO LAS MERCEDES : 2
Equipment Type	ePMP 1000 (running Release 2.4)
Antenna Type	Cambium Networks 90° 5 GHz Sector Antenna
Antenna Azimuth	155.00° from True North 165.21° from Magnetic North
Antenna Tilt	0.0° (uptilt)
Total Subscribers	2
Max Range	2 kilometers
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5875 MHz)
RF Channel Bandwidth	5 MHz
Total Predicted DL Throughput	11.23 Mbps
Total Predicted UL Throughput	2.98 Mbps
Total Predicted Throughput	14.21 Mbps
DL/UL Ratio	75/25

Subscriber Module Summary

Name	Latitude	Longitude	Product	Range	Antenna Gain
HERNANDO GORJON	18:01:56.9N	071:44:48.0W	ePMP 1000	0.921 km	19.0 dBi
LUIS MEDRANO GONZALEZ	18:02:05.1N	071:44:32.6W	ePMP 1000	0.906 km	19.0 dBi

Mode	Total Mean Predicted Throughput (Mbps)	SMs per DL modulation			SMs per UL modulation		
		Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)	Quantity*	Percent	Throughput (Mbps)
MCS15 (64QAM 0.83)	11.23	2	100.0	11.23	0	0.0	0.00
MCS14 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS13 (64QAM 0.67)	2.98	0	0.0	0.00	2	100.0	2.98
MCS12 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS11 (16QAM 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS10 (QPSK 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS9 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS7 (64QAM 0.83)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS6 (64QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS5 (64QAM 0.67)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS4 (16QAM 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS3 (16QAM 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS2 (QPSK 0.75)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
MCS1 (QPSK 0.5)	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00

3.4. Resumen General de Simulaciones.

Para el diseño de cada centro definimos el parámetro mínimo de la capacidad del enlaces en 10 Mbps de descarga, todos los enlaces que conforman la red fueron simulados dando como resultados niveles de transmisión que superaron las capacidad propuestas.

Uno de los objetivos de este estudio fue el de brindar cobertura a internet en todos los Centros de la regional, al concluir la conexiones los resultados arrojaron las siguientes cifras de la tabla No. 16.

	Cantidad de Centros	Centros Conectados	Porcentaje de Conectividad
Barahona	164	154	93.51%
Pedernales	21	20	95.00%
Regional 01-Barahona	185	174	93.68%

Tabla 14 - Acceso a Internet de la Red.

De un total de 185 Centros educativos de la Regional de Barahona, se logró la conexión a la red 174 Centros, lo que representa una cobertura de un 93.68% quedando solo 11 Centros fuera del diseño.

Los resultados obtenidos han sido satisfactorios, pues con esta cantidad de planteles conectados se puede expresar que este diseño conectara a la mayoría de los estudiantes al servicio de Internet.

CONCLUSIONES

En la dirección regional 01 Barahona existe una necesidad de conexión a Internet, ya que la mayoría de las escuelas públicas no posee acceso a este importante medio.

El diseño de la red planteada permitirá solucionar estas deficiencias con el apoyo del Ministerio de Educación.

En procura de atender con la mayor velocidad la demanda de datos de cada centro, se planteó un modelo de planificación de la capacidad de la red, este modelo permitió la escogencia de los equipos y significa uno de los parámetros más importantes así como también el acceso al servicio eléctrico.

Las pruebas de la red garantizan correctas tasas de transmisión de datos por lo que los usuarios se sentirán complacidos al poder ser atendidos acorde a sus demandas.

En conclusión, se presenta una red de comunicaciones inalámbricas que permitirá a la mayoría de los estudiantes y docentes de la zona suroeste de la República Dominicana, tener acceso a todo el contenido didáctico mundial, para mejorar el desarrollo educativo de la zona e incentivar el espíritu investigativo de las informaciones científicas.

RECOMENDACIONES

- Ejecución de un programa de infraestructura para la creación de laboratorios informáticos en los Centros educativos; las mencionadas obras Civiles deben tener presente que la cantidad de computadoras a colocar en la sala tecnológica debe de ser 25-30.
- Plan reestructuración y rectificación de planta física con el propósito de asegurar la existencia de salas digitales con las capacidades descrita en el punto anterior.
- Se exhorta el uso de Dispositivo de control automático como: suplidores de energía ininterrumpida (UPS), reguladores de voltaje y climatizadores.
- Puesta en marcha de un plan energético con objetivo de llevar líneas de conexión monofásica y bifásica, 110 y 220 VAC respectivamente, según lo amerite la circunstancia de cada centro educativo y estaciones principal o repetidora.
- Puesta en marcha de estudio eléctrico para determinar los consumos, fuentes de energéticas y sistemas protección eléctrica.

- En lo referente a la línea física de conexión desde el servidor principal hasta el servidor repetidor, deberá ser capaz de manejar la transferencia de datos a velocidades superiores a los 3 Gbps e introducir latencia en el sistema inferior a los 212 μ s.

- Puesta en marcha la propuesta se recomienda un análisis de frecuencia con vista de obtener los niveles y comportamiento reales de los distintos puntos que componen el sistema.

- Las instalaciones de los equipos se deben acoger en su totalidad a las descritas en la guía de instalación contenida en el CD adjunto.

- Teniendo en cuenta de que la Educación es un sector que necesita estar en mejora y crecimiento continuo se insta a hacer un estudio de factibilidad para integral nuevos Centros educativos a la red propuesta.

- Diseño de un plan estratégico para la instalación de un centro de monitoreo en el pueblo de Barahona para un correcto funcionamiento, detención y prevención de falla de la red.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argentina, M. (Dirección). (2012). *Capacitación Cambium Networks: PTP ONLINE* [Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=ChXhbCUQO8s>
- Argentina, M. (Dirección). (2014). *Capacitación online Cambium ePMP* [Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=0qJBDNFXBok>
- Argentina, M. (Dirección). (2015). *Capacitación Online Cambium Networks - ePMP* [Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=BwO-h0w-sDA>
- Azinian, H. (2009). *Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en las Prácticas Pedagógicas: manual para organizar proyectos*. Buenos Aires: Centro de Publicaciones Educativas y Material Didáctico.
- Black, U. (1987). *Redes de transmisión de datos y proceso distribuido*. Madrid: Diaz de Santos.
- Cambium Networks. (15 de Junio de 2015). *Cambiumnetworks.com*. Obtenido de Cambiumnetworks.com: <http://www.cambiumnetworks.com/spec-sheets/ptp-650>
- Cambium Networks. (15 de Junio de 2015). *Cambiumnetworks.com*. Obtenido de Cambiumnetworks.com: <https://support.cambiumnetworks.com/files/epmp/>
- Cambium Networks. (2014 de Septiembre de 2015). *eMPMwireless*. Obtenido de eMPMwireless:
http://www.epmpwireless.com/pdf/WP_ePMP_TransitionNonGPStoGPS_June2014.pdf
- Cambium Networks. (1 de Junio de 2015). *ePMPwireless*. Obtenido de ePMPwireless:
http://www.epmpwireless.com/pdf/1000GPSspanish_EU_FINAL.pdf
- Freeman, R. (2007). *Radio System Design for Telecommunications*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Garcia, J. (2012). *Instalaciones de Telecomunicaciones*. Madrid: Ediciones Paraninfo.
- García, R., Zambrano, A., Huerta, M., Clotet, R., Gilbert, L., & De Andrade, M. (1 de Junio de 2015). *Scielo*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-48212010000200005&script=sci_arttext

- Idrogo, M. (2009). *Modelo de una red de datos, voz y video bajo tecnología VLAN como apoyo a las Dependencias Administrativas de la Universidad Bolivariana de Venezuela sede Monagas*. Barcelona: Universidad de Oriente.
- INDOTEL. (2001). *Resolución No. 010-01*. Santo Domingo: INDOTEL.
- Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones (INDOTEL). (207). *Resolución No. 168-07*. Santo Domingo: INDOTEL.
- Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones. (2011). *Plan Nacional de Atribución de Frecuencias*. Santo Domingo: Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones. Obtenido de http://www.indotel.gob.do/index.php/uploads/3822/Reglamento_PNAF_Decreto_520-11-pdf
- Ministerio de Educación de la República Dominicana (MINERD), Oficina Nacional de Planificación y Desarrollo Educativo (ONPDE). (2012). *Boletín de Indicadores Educativos del Año Lectivo 2010-2011*. Santo Domingo: MINERD.
- Ministerio de Educación de la República Dominicana (MINERD), Oficina Nacional de Planificación y Desarrollo Educativo (ONPDE). (2012). *Boletín de Indicadores Educativos del Año Lectivo 2011-2012*. Santo Domingo: MINERD.
- Oficina Nacional de Estadística. (2012). *IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 Volumen I: Informe General*. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadística. Obtenido de <http://censo2010.one.gob.do/index.php?module=uploads&func=download&fileId=429>
- Oficina Nacional de Estadística. (2012). *IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 Volumen III: Características Demográficas Básicas*. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadística. Obtenido de <http://censo2010.one.gob.do/index.php?module=uploads&func=download&fileId=425>
- Oficina Nacional de Estadística. (2013). *Cantidad de Centros educativos y secciones por sector, según zona. Año lectivo 2012-2013*. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadística. Obtenido de <http://www.one.gob.do/index.php?module=uploads&func=download&fileId=6565>
- Oficina Nacional de Estadísticas. (2013). *Estudiantes Matriculados, centros y secciones, por región y provincia. Año Lectivo 2012-2013*. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadística. Obtenido de <http://www.one.gob.do/index.php?module=uploads&func=download&fileId=6564>
- Pintos, E. (Dirección). (2014). *ePMP 1000 - Cambium Networks - Configuración PMP & PTP: Soft ver 2.2* [Película].

- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: Pearson Education.
- UIT. (1994). *Utilización de Técnicas de Espectro Ensanchado*. Ginebra: UIT-R.
- UIT. (2005). *Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción*. Ginebra: UIT-R.
- UIT. (2012). *Atmósferas normalizadas de referencia*. Ginebra: UIT-R.
- UIT. (2012). *Características de la precipitación para establecer modelos de propagación*. Ginebra: UIT-R.
- UIT. (2012). *Índice de refracción radioeléctrica: su fórmula y datos sobre refractividad*. Ginebra: UIT.
- UIT. (2013). *Atenuación debida a los gases atmosféricos*. Ginebra: UIT-R.
- UIT. (2013). *Datos de propagación y métodos de predicción para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa*. Ginebra: UIT-R.
- UIT. (2013). *Propagación por difracción*. Ginebra: UIT.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2003). *Resolución 229(COM5/16)*. Ginebra: UIT.
- Wikipedia. (22 de Mayo de 2012). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Radiocomunicaci%C3%B3n_por_microondas
- Wikipedia. (1 de Junio de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Servidor>
- Wikipedia. (17 de Junio de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI
- Wikitel. (12 de Mayo de 2015). *Wikitel*. Obtenido de Wikitel: http://wikitel.info/wiki/Redes_de_comunicaciones
- Wikitel. (1 de Junio de 2015). *Wikitel*. Obtenido de Wikitel: http://wikitel.info/wiki/Redes_de_datos
- Wikitel. (16 de Junio de 2015). *Wikitel.info*. Obtenido de Wikitel.info: http://wikitel.info/wiki/Conmutaci%C3%B3n_de_paquetes
- WNDW. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo*. Londres: WNDW.

ANEXOS

Tabla de Centros Educativo Regional 01-Barahona

NOMBRE	Latitud	Longitud
ACADEMIA FRANCISCANA	18:13:01.5N	071:05:27.0W
AGUAS NEGRAS	18:09:53.8N	071:42:04.6W
AGUITA BLANCA	18:04:51.9N	071:10:15.4W
ALBERTO FELIZ BELLO - POLO	18:05:32.7N	071:16:42.4W
ALTAGRACIA "A", LA	18:11:19.8N	071:43:34.0W
ALTAGRACIA CASANDRA DAMIRON SANTANA - FONDO NEGRO	18:25:53.5N	071:06:51.3W
ALTAGRACIA HENRIQUEZ PERDOMO	18:23:05.4N	071:10:27.4W
ALVARO OLIVERO FELIZ	18:15:03.4N	071:13:18.3W
ANAIMA TEJADA CHAPMAN	18:13:23.5N	071:05:49.7W
ANTONIO TORRE COLON - VILLA NIZAO	18:01:16.1N	071:11:17.6W
AQUILINA TURBI GOMEZ - BUENA VISTA	17:54:12.1N	071:14:50.0W
ARROYO DULCE	17:54:57.6N	071:17:22.7W
AUDON	17:59:45.3N	071:10:19.6W
AUGUSTO FELIZ MATOS - LA TORRE	17:59:54.6N	071:16:28.0W
AURA THERMA SUERO FELIZ - HABANERO	18:15:06.7N	071:08:23.3W
AVILA	18:09:10.5N	071:41:35.1W
BAHORUCO	18:04:32.9N	071:05:41.0W
BAITOITA	18:11:48.3N	071:05:50.1W
BANGELIO FELIZ	18:09:29.5N	071:14:53.3W

BARRIO LAS MERCEDES	18:02:26.3N	071:44:53.9W
BARRIO NUEVO	17:57:18.1N	071:11:14.5W
BATEY ALGODON	18:17:12.2N	071:09:57.6W
BELLA VISTA	18:01:07.0N	071:18:29.6W
BIENVENIDO MORILLO	18:02:42.8N	071:44:36.5W
BOHECHIO	17:47:58.1N	071:23:40.0W
BOMBITA	18:19:56.1N	071:08:58.5W
BOQUERON	18:16:05.4N	071:19:10.2W
BRETON	18:03:38.7N	071:17:28.6W
BUCARAL	17:51:59.5N	071:18:52.0W
CACIQUE ENRIQUILLO	18:11:58.9N	071:06:28.9W
CALETON	17:55:28.7N	071:12:36.6W
CARMELITA CUEVAS - MAJAGUALITO	18:02:38.6N	071:08:56.3W
CASANDRA DAMIRON	18:12:17.2N	071:05:49.4W
CATALINA POU	18:14:49.1N	071:13:03.9W
CATOLICO TECNOLOGICO DE BARAHONA - LICATEBA	18:13:05.9N	071:05:37.3W
CHARCO BLANCO	18:03:30.4N	071:10:55.4W
CHENE	18:00:22.4N	071:16:12.7W
CIANI BARAHONA	18:11:58.8N	071:05:37.3W
CIANI CABRAL	18:14:53.2N	071:12:45.0W
CLARA ROSA PEREZ FELIZ - LOS PATOS	17:57:24.4N	071:11:08.7W
CLARENCE C. HAMILTON OXLEY	18:11:42.8N	071:06:19.0W

CLUB DE LEONES	18:12:13.5N	071:06:19.2W
COLONIA JUANCHO	17:51:13.2N	071:19:45.2W
COLONIA LOS ARROYOS	18:14:10.1N	071:45:10.5W
COLONIA MENCIA	18:10:24.3N	071:44:31.4W
CORTICO	18:04:08.6N	071:11:28.2W
CRESTELEANDRO	18:12:39.2N	071:06:53.1W
CRUCE DE PALO ALTO	18:18:01.9N	071:09:58.5W
DIVINA PASTORA	18:12:33.4N	071:05:47.6W
DOMINGO MATOS FELIZ- JUAN ISIDRO	17:56:00.6N	071:15:55.1W
DORA CORCIA SANCHEZ SANCHEZ - LOS COCOS	17:53:20.9N	071:14:55.7W
EDUARDO CUEVAS PEÑA - LA ISLETA	18:02:12.7N	071:17:32.3W
EL ARROYO	18:06:30.4N	071:04:33.6W
EL BRISAL (EL TANQUE)	18:14:00.4N	071:14:02.5W
EL CAJUIL	17:48:42.4N	071:21:28.7W
EL CHARCO	18:05:24.8N	071:14:22.8W
EL FONDO	18:05:26.0N	071:16:24.6W
EL GUAYUYAL	18:04:20.9N	071:08:56.4W
EL HIGUERO	17:58:00.7N	071:18:34.7W
EL INGENIO	17:58:40.6N	071:10:20.2W
EL MAJAGUAL	18:14:37.1N	071:13:09.4W
EL MANIEL	18:03:19.1N	071:19:17.2W
EL MUNDITO	18:08:50.6N	071:06:02.4W

EL NARANJO	18:14:17.4N	071:15:51.3W
EL PEÑON	18:17:46.2N	071:11:14.6W
EL PINO ABAJO	18:01:36.9N	071:16:50.2W
EL PLATON	18:03:49.7N	071:11:56.3W
EL PLAY	17:59:33.6N	071:09:55.4W
EL PUENTECITO	18:07:57.3N	071:16:06.7W
EL TANQUE	18:13:29.6N	071:06:08.5W
EL VIRAN	18:11:39.1N	071:06:11.8W
EMETERIO VARGAS MARTE	18:21:22.6N	071:09:33.5W
ERANIO MATEO MEDINA - CHARCO PRIETO	18:02:27.4N	071:14:24.8W
EUGENIO MEDINA FELIZ - BEJUQUERO	17:57:09.1N	071:12:20.2W
EUGENIO PEÑA - LAS AUYAMAS	18:06:38.2N	071:16:43.2W
FANCISCO QUEZASA SANTANA	18:27:59.2N	071:04:12.7W
FEDERICO HENRIQUEZ Y CARVAJAL	18:12:36.3N	071:06:31.3W
FIAMETA GARCIA FRANCO	18:17:57.0N	071:10:10.8W
FIDEL MEDINA - REFUGIO EL CACHON	18:14:51.7N	071:11:24.9W
FIDELINA FELIZ MATOS PROF. - LA GUAZARA	18:11:00.0N	071:10:32.1W
FONDO DE BENITO MEDRANO	18:05:10.0N	071:16:43.1W
FRANCISCO ALBERTO CAAMAÑO DEÑO - ARROYO GRANDE	18:24:42.9N	071:08:48.0W
FRANCISCO AMADIS PEÑA	18:14:52.9N	071:13:01.9W
FUDECO	18:03:55.8N	071:06:23.2W

GAJO DEL TORO	18:04:39.5N	071:17:15.7W
GASTON FERNANDO DELIGNE	17:48:07.7N	071:24:03.6W
GENESIS	18:12:02.3N	071:05:27.1W
GUAROCUYA	17:53:28.2N	071:14:36.9W
GUILLERMINA TONO	18:22:40.2N	071:10:53.2W
HATO NUEVO SALINAS	18:16:26.4N	071:18:47.6W
HATO VIEJO	18:15:55.9N	071:09:35.5W
HERMANAS MIRABAL - QUITA CORAZA	18:28:26.4N	071:03:59.1W
HERNANDO GORJON	18:01:56.9N	071:44:48.0W
HIGO GRANDE	18:11:08.1N	071:41:17.2W
HILDA CELESTE RAMIREZ MATOS - LOS JAQUIMEYES	18:18:53.2N	071:09:43.4W
HILDA DOTEL FLORIAN	18:22:57.3N	071:10:40.4W
HORACIO CARRASCO LEGER- LA CAOBA	18:02:09.1N	071:13:32.1W
IRENE ACOSTA PROF. - BATEY ALTAGRACIA	18:16:59.7N	071:10:46.8W
ISMAEL MIRANDA	17:53:45.5N	071:14:25.0W
JOSE ALTAGRACIA ROBERT	18:13:11.4N	071:05:23.9W
JOSE ANTONIO ALVAREZ - PALMARITO	17:57:11.8N	071:13:51.0W
JOSE MIGUEL PEÑA	18:04:16.4N	071:18:13.8W
JOSE NAVARRO - EL ERIZAL	18:23:44.6N	071:10:49.5W
JUAN BOSCH PROF. - LOS JAQUIMEYES	18:18:33.9N	071:09:34.2W
JUAN ESTEBAN	18:06:57.0N	071:04:20.0W

JUAN LUCAS FELIZ	18:26:10.1N	071:06:32.0W
JUAN PABLO DUARTE	18:17:10.9N	071:11:11.1W
JUANCHO	17:51:31.2N	071:17:35.8W
LA CANOA	18:21:11.9N	071:09:41.9W
LA CIENAGA	18:03:52.3N	071:06:25.3W
LA CIENAGA - LEA M, MORETA	18:04:00.9N	071:06:28.3W
LA GUAZUMA	17:57:29.0N	071:16:27.2W
LA LANZA	18:04:47.8N	071:13:38.8W
LA MALAGUETA	17:55:28.9N	071:19:35.3W
LA MUDA	18:03:14.1N	071:18:20.3W
LA RAQUETA	18:12:22.7N	071:07:00.0W
LAS CAOBAS	17:59:47.1N	071:10:23.8W
LAS FILIPINAS	18:07:18.2N	071:07:46.6W
LAS MERCEDES	18:05:12.4N	071:39:57.2W
LAS MERCEDITAS	17:56:17.3N	071:12:24.0W
LAS SALINAS	18:16:24.8N	071:19:09.2W
LAS SALINAS	18:16:26.9N	071:19:08.0W
LEMBA	18:15:41.6N	071:19:33.8W
LEONOR FELTZ	18:12:33.1N	071:06:03.4W
LOS ARROYOS ARRIBA	18:04:22.8N	071:17:33.8W
LOS BLANCOS	17:56:38.7N	071:11:45.6W
LOS CHARQUITOS	18:08:40.9N	071:17:31.8W
LOS HELECHOS	18:04:27.4N	071:07:01.9W

LOS LIRIOS	18:05:58.0N	071:15:14.9W
LOS LIRIOS	18:11:38.3N	071:06:08.1W
LOS NARANJOS	18:04:29.9N	071:06:36.1W
LOS TRES CHARCOS	17:49:19.3N	071:25:58.4W
LUIS EMILIO PEREZ MENDEZ	18:02:44.4N	071:44:14.2W
LUIS FELIPE FELIZ Y FELIZ	18:16:10.0N	071:10:02.3W
LUIS MEDRANO GONZALEZ	18:02:05.1N	071:44:32.6W
MALANGA	18:02:30.4N	071:14:22.3W
MANANTIAL	18:09:13.0N	071:06:43.7W
MANUEL GOYA	17:50:12.3N	071:27:09.7W
MANUELA DIEZ - EL MEMIZO	18:26:52.6N	071:05:36.0W
MARIA AUXILIADORA	18:11:40.0N	071:05:41.0W
MARIA DOLORES GONZALEZ BOBADILLA - EL FUNDO	18:09:10.7N	071:09:51.3W
MARIA MONTEZ	18:13:59.2N	071:06:22.9W
MARIA TRINIDAD SANCHEZ	18:28:51.1N	071:02:32.3W
MARINA SEPULVEDA	18:17:47.7N	071:11:12.7W
MATIAS RAMON MELLA - EL HIGUITO	18:27:23.7N	071:04:44.5W
MENCIA	17:53:45.5N	071:16:24.6W
MENCIA	17:59:21.2N	071:10:04.6W
MIRTILIO URBAEZ	18:10:11.4N	071:10:27.0W
MONTEADA NUEVA	18:07:08.1N	071:15:06.2W
NARANJAL	17:56:00.4N	071:17:52.3W

NUEVA ROSA-CACO	18:02:06.9N	071:12:51.1W
NUEVO JARDIN	18:12:23.9N	071:06:14.7W
OCACIO SANTANA CARRASCO - OJEDA	17:58:35.2N	071:10:19.7W
PARAISO	17:59:14.9N	071:09:57.8W
PARROQUIAL CRISTO REY	18:12:20.2N	071:06:25.9W
PARROQUIAL JAIME MOTA	18:12:26.9N	071:06:38.7W
PARROQUIAL LA ALTAGRACIA	18:11:53.0N	071:06:04.9W
PEÑALVA	17:55:57.0N	071:14:38.6W
PLANTEL NUEVO-BASICA BARAHONA 1(VIRGILIO PELAEZ)	18:12:12.1N	071:05:53.7W
POLO	18:05:29.5N	071:16:57.0W
PRAXIDES FELIZ	18:15:06.5N	071:15:57.1W
PROF. ALTAGRACIA GONZALEZ	18:04:35.9N	071:06:04.2W
PROF. MILEDIS LEBREAUT	18:13:20.0N	071:06:54.1W
RIO SITO	18:12:40.6N	071:06:54.2W
SABANA - ANGEL MARIA CUEVA	18:03:18.4N	071:21:01.4W
SALADILLOS - CARIDAD PICHICOQUE	18:14:56.7N	071:20:06.3W
SAN JOSE	18:22:59.6N	071:10:46.1W
SAN JUAN BOSCO	18:12:15.7N	071:06:39.3W
SAN RAFAEL	18:01:43.4N	071:08:22.1W
SAN RAFAEL	18:01:58.4N	071:08:28.8W
SANTA ELENA	18:09:12.1N	071:07:27.1W
SITIO NUEVO	18:07:35.7N	071:39:56.7W

TATIANA RODRIGUEZ	17:54:04.6N	071:13:49.6W
TERESA PEÑA	18:14:46.8N	071:12:54.6W
TIERRA BLANCA	18:14:37.1N	071:13:26.3W
TV - CENTRO MANUEL AURELIO TAVAREZ JUSTO - CANOA	18:21:16.8N	071:09:38.7W
TV - CENTRO SALOME URENA DE HENRIQUEZ - FONDO NEGRO	18:26:32.1N	071:06:46.1W
VISTA HERMOSA	18:05:33.8N	071:16:45.4W
WANDA MARTINA JIMENEZ - LA LANZA ABAJO	18:04:18.6N	071:13:36.7W

Hoja de Datos del Equipo ePMP1000 Conectorizado

Specifications

SPECIFICATION SHEET: ePMP 1000 GPS SYNC RADIO

Product	
SALES MODEL NUMBER	C050900P013A-TH/C050900A013A-TH
Spectrum	
CHANNEL SPACING	Configurable on 5 MHz increments
FREQUENCY RANGE and Maximum EIRP	5150 – 5350 MHz at 200 mW* 5470 – 5725 MHz at 1,000 mW* 5725 – 5850 MHz at 1000 mW*
CHANNEL WIDTH	20 MHz or 40 MHz
Interface	
MAC (MEDIA ACCESS CONTROL) LAYER	Cambium Proprietary
PHYSICAL LAYER	2x2 MIMO/OFDM
ETHERNET INTERFACE	100/1000BaseT, rate auto negotiated (802.3af compliant)
POWERING METHODS SUPPORTED	30V PoE Supply (included), CMM3 & CMM4, 802.3af PoE Supply
PROTOCOLS USED	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPs, FTP
NETWORK MANAGEMENT	HTTPs, FTP, SNMPv2c
VLAN	802.1Q with 802.1p priority
Performance	
SUBSCRIBERS PER SECTOR	Up to 120
ARQ	Yes
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/ FEC) @ 20MHZ CHANNEL	MCSI = -90 dBm to MCS15 = -62 dBm (per branch)
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/ FEC) @ 40MHZ CHANNEL	MCSI = -87 dBm to MCS15 = -59 dBm (per branch)
MODULATION LEVELS (ADAPTIVE)	MCSI (QPSK 1/2) to MCS15 (64QAM 5/6)
LATENCY (nominal, roundtrip)	6 ms (Flexible Frame Mode), 17 ms (GPS Sync Mode)
GPS SYNCHRONIZATION	Yes, via Internal GPS, CMM3, or CMM4
QUALITY OF SERVICE	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Addr, Broadcast, Multicast and Station Priority
Link Budget	
ANTENNA	15 dBi Sector Antenna with 90° beam width available 14 dBi Sector Antenna with 120° beam width available
TRANSMIT POWER RANGE	5150 – 5350 MHz: -17 to +8 dBm (combined dB interval) Maximum @ 23 dBm EIRP** 5470 – 5725 MHz: -17 to +15 dBm (combined, 1 dB interval) Maximum @ 30 dBm EIRP** 5725 – 5850 MHz: -17 to +15 dBm (combined, 1 dB interval) Maximum @ 30 dBm EIRP**
Physical	
ANTENNA CONNECTION	50 ohm, RP (Reverse Polarity) SMA
SURGE SUPPRESSION	1 Joule Integrated
ENVIRONMENTAL	IP55
TEMPERATURE	-30°C to +60°C (-22°F to +140°F)
WEIGHT	5.1 kg (10 lbs) with antenna 0.52 kg (1.1 lbs) without antenna
WIND SURVIVAL	200 km/hour (120 mi/hour) with antenna
DIMENSIONS (H x W x D)	Radio: 26.9 x 11 x 7.7 cm (10.6 x 4.3 x 3.0 in) Antenna (incl brackets): 80cm x 22.5cm x 24cm (31.5 x 8.9 x 9.4 in)
POWER CONSUMPTION (over 100m CAT5 cable)	10 W Maximum, 7.5 W Typical
INPUT VOLTAGE	23 to 56 V
Security	
ENCRYPTION	128-bit AES (CCMP mode)
Certifications	
FCCID	Z8H89FT0012
INDUSTRY CANADA CERT	109W-0012
CE	EN 302 502 v1.2.1 EN 301 893 v1.2.1

© 2014 Cambium Networks LTD. All rights reserved.
CN EPMP1000 GPS SR 01092015

* Regulatory conditions for RF bands vary by geographic location and should be confirmed prior to system purchase
** EIRP: ePMP1000 connectorized = 15 dBm (Radio Tx power) + 15 dBi (Ant gain) - 1 dBm (cable loss) = 29 dBm

Hoja de Datos del Equipo ePMP 1000 Integrado

Specifications

SPECIFICATION SHEET: ePMP 1000 INTEGRATED RADIO

Product	
MODEL NUMBER	C050900P033A-TH/C050900C033A-TH
Spectrum	
CHANNEL SPACING	Configurable on 5 MHz increments
FREQUENCY RANGE and MAXIMUM EIRP	5150 – 5350 MHz at 200 mW* 5470 – 5725 MHz at 1,000 mW* 5725 – 5850 MHz at 1000 mW*
CHANNEL WIDTH	20 MHz or 40 MHz
Interface	
MAC (MEDIA ACCESS CONTROL) LAYER	Cambium Proprietary
PHYSICAL LAYER	2x2 MIMO/OFDM
ETHERNET INTERFACE	100 BaseT, Cambium PoE (V+ = pins 7 & 8, Return = pins 4 & 5)
PROTOCOLS USED	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPs, FTP
NETWORK MANAGEMENT	HTTPs, FTP, SNMPv2c
VLAN	802.1Q with 802.1p priority
Performance	
ARQ	Yes
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/ FEC) @ 20MHZ CHANNEL	MCSI = -90 dBm to MCS15 = -62 dBm (per branch)
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/ FEC) @ 40MHZ CHANNEL	MCSI = -87 dBm to MCS15 = -59 dBm (per branch)
MODULATION LEVELS (ADAPTIVE)	MCSI (QPSK 1/2) to MCS15 (64QAM 5/6)
LATENCY (nominal, roundtrip)	6 ms (Flexible Frame Mode), 17 ms (GPS Sync Mode)
QUALITY OF SERVICE	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast and Station Priority
Link Budget	
TRANSMIT POWER RANGE	5150-5350 MHz: -17 to +9 dBm (combined 1 dB interval) Maximum @ 23 dBm EIRP** 5470 – 5725 MHz: -17 to +16 dBm (combined, 1 dB interval) Maximum @ 30 dBm EIRP** 5725 – 5850 MHz: -17 to +16 dBm (combined, 1 dB interval) Maximum @ 30 dBm EIRP**
ANTENNA INTEGRATED GAIN	14 dBi
Physical	
ANTENNA CONNECTION	Integrated antenna; 14 dBi
SURGE SUPPRESSION	1 Joule Integrated
ENVIRONMENTAL	IP55
TEMPERATURE	-30°C to +60°C (-22°F to +140°F)
WEIGHT	0.49 kg (1.1 lb.)
WIND SURVIVAL	145 km/hour (90 mi/hour) with antenna
DIMENSIONS (H x W x D)	29.1 x 14.5 x 8.3 cm (11.4 x 5.7 x 3.3 in)
POWER CONSUMPTION	7 W Maximum, 5 W Typical
INPUT VOLTAGE	10 to 30 V
Security	
ENCRYPTION	128-bit AES (CCMP mode)
Certifications	
FCCID	Z8H89FT0006
INDUSTRY CANADA CERT	109W-0006
CE	EN 302 502 v1.21 EN 301 893 v1.21

* Regulatory conditions for RF bands vary by geographic location and should be confirmed prior to system purchase

** EIRP: ePMP1000 connectorized = 15 dBm (Radio Tx power) + 15 dBi (Ant gain) - 1 dBm (cable loss) = 29 dBm

CN EPMP1000 IA SS 01092015

Hoja de Datos del Punto de Acceso (AP)



ePMP 5 GHz ACCESS POINT ANTENNAS

Description

The 5 GHz ePMP GPS Synchronized Radio is connectorized to allow network operators the ability to select the antenna that best meets the needs of their specific application. These antennas were specifically designed for use with the ePMP platform, and deliver optimized performance including maximized spectral efficiency and easy installation.

The following detailed information is useful in understanding antenna performance.

Specification Table

Specifications	C050900D003A 90 Degree Sector	C050900D002A 120 Degree Sector
Frequency Range	5150 – 5875 MHz	
Antenna Type	Access Point Sector	
Gain	15 dBi	14 dBi
VSWR	1.6:1 max	1.7:1 max
Port To Port Isolation	25 dB	
6dB Beamwidth-Azimuth	90°	120°
3dB Beamwidth-Azimuth	65°	90°
3dB Beamwidth-Elevation	8°	12°
Polarization	Dual Linear, Horizontal / Vertical	
Maximum Input Power	5 W	
Input Impedance	50 Ohms	
Front-to-Back Ratio	>32 dB	
Cross Polarization	>18 dB	
Mechanical Size (mm)	827h x 161w x 59d (excl AP & bracket) 827h x 161w x 231d (incl AP & bracket)	
Antenna Weight	3.1 kg (6.8 lb), w/o bracket kit	
Mounted Ant Weight (w/ AP)	5.5 kg (12.1 lb)	
Antenna Connector	2 x male RP-SMA	
Wind Survival	190 km/h (118 mph)	
Wind Loading (@216 km/h)	Front: 318 N (72 lbf) Side: 160 N (36 lbf)	
Pole Mounting Hardware	Quick Release, 1.5" to 4.5" Dia. Pole	
Mechanical Downtilt	-3° to 12°	

Cambium Networks and the stylized circular logo are trademarks of Cambium Networks, Ltd.
Copyright 2013 Cambium Networks, Ltd. All rights reserved.

pmp-0302

Hoja de especificaciones PTP 650

Specifications

SPECIFICATION SHEET: PTP 650

RADIO TECHNOLOGY	
MODEL	PTP 50650
RF BANDS ¹	Wide-band operation 4.9 to 6.05 GHz (Allowable frequencies and bands are dictated by individual country regulations. The most common bands are listed here.) 4.940 – 4.990 GHz (Public Safety) 5.15 – 5.25 GHz 5.25 – 5.35 GHz 5.470 – 5.725 GHz 5.725 – 5.850 GHz 5.825 – 6.050 GHz
CHANNEL SIZES	5, 10, 15, 20, 30, 40, and 45 MHz channels Channel sizes depend on individual country regulations
SPECTRAL EFFICIENCY	10 bps/Hz maximum
CHANNEL SELECTION	By Dynamic Spectrum Optimization or manual intervention; automatic selection on start-up and continual self-optimization to avoid interference
MAXIMUM TRANSMIT POWER ²	Up to 27 dBm at BPSK; up to 23 dBm at 256 QAM
SYSTEM GAIN ²	Integrated: Up to 164 dB with 20 MHz channel and integrated 23 dBi antenna; varies with modulation mode, channel size and spectrum Connectorized: Varies with modulation mode and antenna type
RECEIVER SENSITIVITY	-98 dBm with 5 MHz channel
MODULATION / ERROR CORRECTION	Fast Preemptive Adaptive Modulation featuring 13 modulation / FEC coding levels ranging from BPSK to 256 QAM dual payload MIMO
DUPLEX SCHEME	Time Division Duplex (TDD) Adaptive or fixed transmit/receive duty cycles. Split frequency operation allows separate transmit and receive frequencies where allowed by regulation. Optional TDD synchronization using PTP-SYNC Module
ANTENNA	Integrated: Flat panel – 23 dBi Connectorized: Can operate with a selection of separately-purchased single- and dual-polarity antennas through 2 x N-type female connectors (local regulations should be checked prior to purchase)
RANGE	Up to 124 miles (200 km)
SECURITY	FIPS-197 compliant 128/256-bit AES Encryption (optional) HTTPS and SNMPv3 ³ Identity-based user accounts Configurable password rules User authentication and RADIUS support Event logging and management; optional logging via syslog Disaster recovery and vulnerability management
ETHERNET BRIDGING	
PROTOCOL	IEEE 802.3
USER DATA THROUGHPUT	Dynamically variable up to 450 Mbps Maximum conditions – 2x2, 45 MHz channel ¹ , 256 QAM Flexible spectral efficiency / capacity licensing model: Lite Capacity: Up to 125 Mbps Mid Capacity: Up to 250 Mbps Full Capacity: Up to 450 Mbps Also available with licenses limiting maximum channel bandwidth
LATENCY	1 – 3 ms one-direction latency
QoS	8 Queues
PACKET CLASSIFICATION	Layer 2 and Layer 3 IEEE 802.1p, MPLS, Ethernet priority
PACKET PERFORMANCE	Line rate (>850K packets per second)
TIMING TRANSPORT	Synchronous Ethernet; IEEE 1588v2
FRAME SUPPORT	Jumbo frame up to 9600 bytes
FLEXIBLE I/O	2 x Gigabit Ethernet copper ports: Gigabit Port 1: Data + PoE power input Gigabit Port 2: 802.3at PoE output port SFP port (single-mode fiber, multi-mode fiber, and copper Gigabit Ethernet options available)
TI/EI TDM SUPPORT	8 x TI/EI TDM (Network Indoor Unit (NIDU)) G.823-compliant timing DC power input (compatible with AC+DC Power Injector output)
TI/EI LATENCY (ONE WAY)	1 to 3 ms typical depending on range, bandwidth, modulation mode and number of TI/EI ports; accurate TI/EI latency figures can be determined for any given configuration using the Cambium PTP LINKPlanner

CN PTP650 09172014

Specifications

SPECIFICATION SHEET: PTP 650

MANAGEMENT & INSTALLATION	
LED INDICATORS	Power status, Ethernet link status, and activity on Extended Range PoE supply
NETWORK MANAGEMENT	In-band and out-of-band management (OOBM)
SYSTEM MANAGEMENT	IPv6/IPv4 dual-stack management support Web access via browser using HTTP or HTTPS/TLS ⁵ SNMP v1, v2c and v3, MIB-II and proprietary PTP MIB Cambium Wireless Manager, WM 4.0/SP4 or higher Online spectrum analyzer (no impact on payload traffic or network operation)
INSTALLATION	Built-in audio and graphical assistance for link optimization
CONNECTION	Distance between outdoor unit and primary network connection: up to 330 feet (100 meters) using Power-over-Gigabit Ethernet; longer distances up to 984 feet (300 meters) can be achieved using fiber interface
PHYSICAL	
DIMENSIONS	Integrated Outdoor Unit (ODU): Width 371mm (14.6"), Height 371mm (14.6"), Depth 81mm (3.2") Connectorized ODU: Width 204mm (8.0"), Height 318mm (12.5"), Depth 90mm (3.5")
WEIGHT	Integrated ODU: 4.1 kg (8.95 lbs) including bracket Connectorized ODU: 3.1 kg (6.8 lbs) including bracket
OPERATING TEMPERATURE	-40° to +140° F (-40° to +60° C), including solar radiation
DUST-WATER INTRUSION PROTECTION	IP66 and IP67
WIND SPEED SURVIVAL	200 mph (322 kph)
POWER SUPPLY	Two options: AC power injector: 32° to 104° F (0° to +40° C); 35 W; 90-240 VAC, 50/60 Hz Dimensions: Width 5.2" (132mm), Height 1.4" (36mm), Depth 2" (51mm) AC + DC power injector: -40° to 140° F (-40° to +60° C); 70 W; 90-240 VAC, 50/60 Hz Dimensions: Width 9.75" (250 mm), Height 1.5" (40 mm), Depth 3" (80 mm)
POWER CONSUMPTION	30 W maximum (up to 70 W with 802.3at device on auxiliary port)
ENVIRONMENTAL & REGULATORY	
PROTECTION AND SAFETY	UL60950-1; IEC60950-1; EN60950-1; CSA-C22.2 NO. 60950-1; CB approval for Global
RADIO	4.9 GHz: FCC Part 90Y, RSS-III 5.x GHz: FCC Part 15, sub-parts 15C and 15E; RSS 210 Issue 8; EN 302 502; EN 301 893 Eire ComReg 02/7/RI, UK Approval to IR2007
EMC	Europe – EN 301 489-1 and -4

¹ Regulatory conditions for RF bands should be confirmed prior to system purchase. All bands use the same hardware.

Individual bands and channel widths are available pending local regulatory approvals and region code licenses.

² Gain, maximum transmit power and effective radiated power may vary based on regulatory domain and region code license.

⁵ Web access via HTTPS/TLS is available on AES-enabled radios.

ANTEPROYECTO

Universidad Acción Pro Educación y Cultura

UNAPEC



DECANATO DE INGENIERIA E INFORMATICA

Escuela de Ingeniería

Anteproyecto de Trabajo de Grado para Optar por el Título de:

Ingeniero Electrónico, mención Comunicaciones.

“Diseño de una red de datos, Punto Multipunto con conexión a Internet para las escuelas públicas de la República Dominicana”.

Sustentando por:

Eudy Samuel Talma Mena 2010-1696

Juan Guillermo Plácido Jiménez 2010-0891

Asesor:

Ing. Porfirio Sánchez

Santo Domingo, D. N.

Noviembre, 2014

1. TITULO DEL TEMA

Diseño de una red de datos, Punto Multipunto con conexión a Internet para las escuelas públicas de la dirección regional 01 Barahona, del Ministerio de Educación de la República Dominicana.

2. INTRODUCCIÓN

Las redes de comunicaciones de datos permiten el intercambio de información a distancia entre dos o más dispositivos electrónicos debidamente conectados a la misma. El propósito de estas redes de comunicación es interconectar la mayor cantidad de usuarios.

Para la realización de una estructura de comunicaciones o red de datos se debe contar con un proveedor de contenido que permita a los usuarios finales el acceso mediante protocolos que identifiquen las terminales en contacto que desean intercambiar información. En los sistemas de comunicaciones lo ideal es que al intercambiar información los datos lleguen sin retardos apreciables a los usuarios y de manera ordenada, pues de lo contrario se altera su significado.

Al conectar dos o más estaciones de radio se le denomina, radioenlace, estos dispositivos deben tener línea de vista o mira entre el equipo emisor y el receptor con portadora mayor a 1 Gigahertz siendo la forma de onda analógica o digital.

Actualmente se utilizan los radioenlaces para las transmisiones de paquete de información permitiendo ofrecer los servicios de televisión, radio, internet, telefonía móvil. Los radios de microondas emiten señales usando como medio la atmosfera

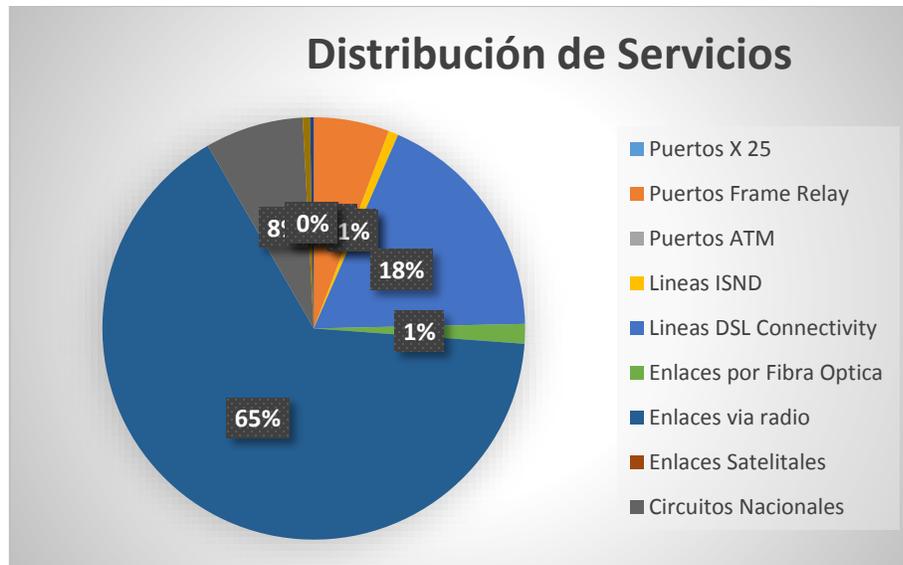
terrestre entre transmisores y receptores situados a 30 y 60 kilómetros de distancia entre sí, con la ventaja de llevar miles de canales individuales de información sin la necesidad del cableado tradicional, lo que se traduce en reducciones en los costos, también permiten la transmisión de grandes cantidades de datos.

Para conectar los enlaces de radios existen diferentes arquitecturas de interconexión siendo las principales las punto a punto, punto a multipuntos y mixtas.

Las redes con arquitectura punto a punto permiten el intercambio de información desde un punto de transmisión a uno de recepción y viceversa.

Las redes con arquitectura punto a multipunto son las que permiten mantener un flujo de información simultáneamente con varias terminales. En caso de que los “usuarios multipunto” puedan generar información, la información que transmiten cada uno de ellos es recibida exclusivamente por el “usuario punto”, quién a su discreción la hará visible al resto de “usuarios multipunto”.

Actualmente en la Republica Dominicana según el cuadro de Suscriptores de servicios de telecomunicaciones por tipo de servicio del año 1996-2012 publicado por la Oficina Nacional de Estadísticas los servicios de Datos estaban distribuidos de la siguiente forma:



Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas de la República Dominicana.

Ilustración 1- Cuadro de suscriptores de servicios de Telecomunicaciones por tipo de servicio del año 1996-2012.

Siendo los Enlaces vía radio el servicio de Datos más utilizado con un 65%, es decir que es el servicio de comunicación más efectivo para brindar la mejor cobertura y reducción de costos operativos de las empresas o instituciones que toman en cuenta esta opción.

En la actualidad el sistema educativo público dominicano no cuenta con una red nacional de datos que permita el acceso a internet o la interconexión entre planteles educativos.

De seguir esta situación limitaremos el acceso a todos los niños, jóvenes y adultos que cada día ven la educación como el camino hacia el futuro.

El siguiente trabajo de investigación busca dar respuesta a la problemática del acceso a internet de todas las escuelas públicas dominicanas con la finalidad brindar la igualdad de oportunidad de acceso a la red que conecta el mundo actual.

3. JUSTIFICACION

El desarrollo de la educación pública en la República Dominicana es de suma importancia para toda la sociedad ya que permite la estabilidad y el bienestar a toda la familia, durante los últimos años se han logrado avances en el sistema educativo, ejemplos de esto son las acciones del cumplimiento de entrega de la partida correspondiente del presupuesto nacional a este sector, se ha incrementado la capacidad de infraestructuras escolares así como la reparación de muchas escuelas en condiciones deficientes, se ha capacitado al profesorado y mejorado los programas académicos.

Sin embargo este desarrollo debe estar al alcance de todos los estudiantes del país siendo posible al complementarlo con el uso de tecnologías educativas.

Según el Departamento de Estadística del Ministerio de Educación de la República Dominicana (MINERD), en su boletín sobre Centros educativos y secciones por sector del año 2012-2013 en el país habían un total de 11,756 centros educativos compuestos por 9,983 para el sector público, 4,484 para el sector privado y 289 centros para el sector semioficial, al evaluar las memorias del MINERD del año 2013 se identificó que muchos de estos planteles públicos carecen del acceso a la tecnología, al servicio de internet, a laboratorios virtuales, en fin a los sistemas de información y comunicación como también a muchas de las herramientas que mejoran el proceso de aprendizaje.

El acceso a las herramientas tecnológicas de información y comunicación de todas las escuelas públicas permitirá la igualdad de condiciones en el desarrollo del sector educativo público y privado, producirá cambios notables en el proceso de enseñanza, se romperán las barreras entre comunidades distantes geográficamente, establecerá un nuevo vínculo entre alumnos y docentes.

Atendiendo a lo expuesto, esta investigación permitirá brindar acceso a internet a todos los estudiantes del sector público dominicano con el objetivo de mejorar los niveles de educación que tanto desea la sociedad actúa.

4. DELIMITACION DEL TEMA Y PLANTEAMIENTO DE (LOS) PROBLEMA (S) DE INVESTIGACION

4.1.1. DELIMITACION TEMPORAL

Se ha seleccionado el periodo 2010-2014, dado que en el año 2010 se realizó el último censo poblacional en la Republica Dominicana, lo que permite tener una mayor cantidad de información acerca de la forma de vida de la población actual.

Para el diseño de la red las estadísticas de temperaturas y de niveles de lluvias en los últimos 4 años servirán para calcular los desvanecimientos o pérdidas causadas por los efectos naturales del medio de transmisión que interviene en el diseño.

4.1.2. DELIMITACION ESPACIAL

Esta investigación comprende todos los centros educativos públicos localizados en la dirección regional 01 Barahona, del Ministerio de Educación de la República Dominicana, de esta forma se tiene cobertura total de dicha regional, lo que permite que la mayor cantidad de estudiantes en estas zonas se beneficien del acceso a internet.

4.1.3. PLANTEAMIENTO DE (LOS) PROBLEMAS DE INVESTIGACION

La situación actual del sistema educativo público es que una pequeña porción del total de los planteles están conectados a proveedores de servicio de internet, lo que quiere decir que la mayoría todavía no cuentan con este servicio.

En el sistema de educación público, la inexistencia de una red de datos, ha provocado que muchos centros no cuenten con acceso a internet lo que implica mayores gastos en las familias de los estudiantes, desigualdad de oportunidades

con relación al sector privado, así como limitar el acceso a todo el contenido didáctico e interactivo del programa de clases.

En tal sentido, se hace necesario la realización de este de diseño de red punto a multipunto que permita el acceso a la juventud al desarrollo en igualdad de oportunidades, contribuya a la unificación de las comunicaciones en las escuelas y sea más sostenible para el estado Dominicano y la economía familia. Es por esto, que mediante esta propuesta de diseño se pretende desarrollar las pautas necesarias que permitan un mejor desarrollo de todos los estudiantes del sector público, al mismo tiempo se mejora la calidad de la educación pública dominicana.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red de datos punto a multipuntos que permita el acceso a internet de todas las escuelas públicas de la dirección regional 01 Barahona, del Ministerio de Educación de la República Dominicana.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar los centros educativos del sector público que puedan conectarse al diseño de la red de datos.

Determinar el ancho de banda y las tasas de velocidad de conexión y transferencia de la data requerida por la red.

Determinar los niveles adecuados de potencia en los puntos de transmisión y recepción así como los niveles aceptados de atenuaciones de la red.

Realizar los perfiles topográficos de cada enlace de la red.

Identificar los equipos necesarios para el diseño de la red.

Simular cada enlace mediante programas de computación que cumplan con los requerimientos del diseño de operación de la red.

6. MARCO TEORICO

6.1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

Los sistemas de transmisión de datos constituyen el apoyo de los sistemas de cómputo para el transporte de la información que manejan. Sin estos sistemas no hubiera sido posible la creación de las redes avanzadas de cómputo de procesamientos distribuido, en las que compartir información y transferir datos entre computadoras con gran difusión geográfica, sumamente rápido y en grandes volúmenes, es vital para el funcionamiento eficiente de todo el engranaje económico, político y social del mundo. Los sistemas de transmisión de datos son imprescindibles en redes cuyos enlaces exceden los 20 m. Herrera Pérez, Enrique, (2003).

En las escuelas públicas tener un conjunto de dispositivos conectados con acceso a Internet desde lugares distantes, compartiendo informaciones de estudio permite potenciar la globalización, acceder a múltiples contenidos actuales donde la ciencia sigue evolucionando.

En estudios anteriores sobre el diseño de una red de datos, los ingenieros Gilberto Cabrera y Alberto Zabala, en su maestría en telecomunicaciones con el tema “Diseño de una Red de Datos, para la Distribución de Subsidios del Gobierno Central”, concluyeron que a medida que avanza y crece la pobreza en el mundo, aumenta la necesidad del hombre de crear nuevas tecnologías para disminuir la misma.

Este diseño es una de esas soluciones que pretender llegar a las zonas más necesitadas del país, donde el desarrollo humano se ve limitado en algunos casos por el acceso a la información y al conocimiento que ofrece tener una conexión a Internet.

De esta forma se ha considerado que para que la educación pública Dominicana avance se debe implementar una red de comunicaciones que brinde servicio de internet, para los jóvenes estudiantes que buscan desarrollarse continuamente.

Además en el libro de Redes de Transmisión de Datos y proceso distribuido su autor, Uyles Black ha expresado que “La sociedad de información está basada en los datos, la materia prima que contiene información”.

“En los últimos 20 años, las telecomunicaciones han pasado de ser un instrumento que facilitaba las comunicaciones de individuo a individuo a convertirse en la base sobre la que se realizan un gran número de actividades que van desde el comercio internacional a la atención sanitaria y a la educación. ”

Las redes de datos en todos los sectores de la sociedad brindan muchos beneficios, en la parte educativa mejora los procesos de enseñanza y aprendizaje que acompañan al desarrollo integral del ser humano.

Al diseñar una red de datos es de gran importancia tener en cuenta lo siguiente:

- Brindar un servicio de calidad.
- Tener cobertura total.
- Incorporar nuevas tecnologías.

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

1. Datos: se define datos en general como información que se almacena en forma digital. *Tomasi, Wayne (2003)*.
2. Transmisión de Datos: es la técnica que se emplea para transportar la información que se genera, procesa y almacena en los sistemas de cómputo. *Pérez, Enrique (2003)*.
3. Enlace por Microondas: un enlace de microondas es un sistema de comunicaciones que utiliza un haz de ondas de radio en la gama de frecuencias de microondas para transmitir información entre dos ubicaciones fijas en la tierra. Consultado de: *IEEE. (2014). Microwave Link Networks. 2014, de IEEE Sitio web: http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/Microwave_Link_Networks.*
4. Ancho de Banda: el ancho de banda de un canal es el rango de frecuencias que puede transmitir con fidelidad aceptablemente buena. *Pérez, Enrique (2004)*.
5. Modulación: al proceso general mediante el cual una señal que contiene información se inserta en una segunda señal se le conoce como modulación. *Oppenheim, Alan (1997)*.

6. Estación base: estación terrestre del servicio móvil terrestre. Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones (2011).

7. HIPOTESIS

La implementación de esta red de datos permitiría el acceso a internet en todas las escuelas públicas de la dirección regional 01 Barahona, del Ministerio de Educación de la República Dominicana.

8. DISEÑO METODOLOGICO

Tipo de estudio

La presente investigación será de tipo:

De campo, para poder conocer la situación actual de conexión a internet de las escuelas públicas de la dirección regional 01 Barahona, del Ministerio de Educación de la República Dominicana.

Descriptiva, con el propósito de explicar las características de la red en los enlaces de recepción y transmisión.

Método

El método a emplear será:

Deductivo, buscando identificar el diseño óptimo para la topología de conexión.

Técnicas

Las técnicas usadas para la recopilación de datos serán:

Observación

Entrevistas no estructuradas.

9. FUENTES DE DOCUMENTACION

Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones. Reglamento del PNAF. Santo Domingo, DN: Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones.

Oficina Nacional de Estadísticas. (2013). Cantidad de centros educativos y secciones por sector, según zona. Año lectivo 2012-2013. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadísticas.

Oficina Nacional de Estadísticas. (2012). Volumen I: Informe General. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadísticas.

Oficina Nacional de Estadísticas. (2012). Volumen III: Características Demográficas Básicas. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadísticas.

Oficina Nacional de Estadísticas. (2012). Estudiantes Matriculados, centros y secciones por región y provincia. Año Lectivo 2012-2013. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadísticas.

Oficina Nacional de Estadísticas. (2012). Promedio anual de temperatura máxima por año, 1976-2013. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadísticas.

Oficina Nacional de Estadísticas. (2012). República Dominicana: Promedio anual de humedad relativa del aire por año, según las principales estaciones meteorológicas, 1999-2013. Santo Domingo: Oficina Nacional de Estadísticas.

Freeman, R. (2007). Radio System Design for Telecommunications. Hoboken: John Wiley & Sons.

García, J. (2012). Instalaciones de Telecomunicaciones. Madrid: Ediciones Paraninfo.

10. ESQUEMA PRELIMINAR DE CONTENIDO DEL TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

INTRODUCCION

METODOLOGIA

CAPITULO I: OBJETIVOS.

- 1.1. Objetivo General.
- 1.2. Objetivos Específicos.

CAPITULO II: RED DE DATOS.

- 2.1. Redes de Datos.
 - 2.1.1. Telecomunicaciones en la República Dominicana.
 - 2.1.2. Telecomunicaciones en el Sector Educativo Público Dominicano.
- 2.2. Espectro Radioeléctrico.
 - 2.2.1. Comunicaciones por Microondas.
- 2.3. Radioenlaces Microondas.
 - 2.3.1. Radioenlaces Punto a Punto.
 - 2.3.2. Radioenlaces Punto a Multipunto.

CAPITULO III. DISEÑO DE LA RED DE DATOS.

- 3.1. Plan de Frecuencias.
- 3.2. Colocación de las Radio Estaciones.
 - 3.2.1. Estación Principal.
 - 3.2.2. Puntos Receptores y Transmisores.
- 3.3. Enlaces Punto a Punto.
 - 3.3.1. Topografía de los Terrenos.

3.3.2. Análisis.

- A. Distancias máximas.
- B. Perfil de alturas.
- C. Cálculo de las antenas.
- D. Línea de vista.
- E. Zona de Fresnell.
- F. Diversidad de Espacio.
- G. Pérdida de espacio libre.
- H. Atenuación por vegetación.
- I. Atenuación por gases atmosféricos.
- J. Atenuación por lluvias.
- K. Perdida por obstáculos.
- L. Margen de desvanecimiento.
- M. Presupuesto de potencia.
- N. Calculo de calidad y disponibilidad.

3.3.3. Instalación General.

3.3.3.1. Torres.

3.3.3.2. Antenas.

3.3.3.3. Repetidores.

3.3.3.4. Transmisores y receptores.

3.3.3.5. Cables y conectores.

3.4. Enlaces Punto a Multipunto.

3.4.1. Topografía de los Terrenos.

3.4.2. Análisis.

- A. Distancias máximas.
- B. Perfil de alturas.
- C. Cálculo de las antenas.
- D. Línea de vista.
- E. Zona de Fresnell.

- F. Diversidad de Espacio.
- G. Pérdida de espacio libre.
- H. Atenuación por vegetación.
- I. Atenuación por gases atmosféricos.
- J. Atenuación por lluvias.
- K. Pérdida por obstáculos.
- L. Margen de desvanecimiento.
- M. Presupuesto de potencia.
- N. Calculo de calidad y disponibilidad.

3.4.3. Instalación General.

3.4.3.1. Torres.

3.4.3.2. Antenas.

3.4.3.3. Repetidores.

3.4.3.4. Transmisores y receptores.

3.4.3.5. Cables y conectores.

3.5. Integración de la Red de Datos.

CAPITULO IV: EVALUACION DEL DISEÑO.

4.1. Impacto social.

4.2. Impacto tecnológico.

4.2.1. Conectividad.

4.2.2. Seguridad.

REOMENDACIONES

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

GLOSARIO DE TERMINOS

ANEXOS

ANTEPROYECTO