



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES UTILIZANDO LA
TECNOLOGÍA FSO PARA LAS SEDES DE LA UNIVERSIDAD DE LAS
AMÉRICAS

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y
Telecomunicaciones

Profesor Guía

Msc. Diego Paredes Páliz

Autor

Juan Diego Granda Coyago

Año

2014

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

.....

Diego Paredes Páliz

Msc. Master in Optical Communications and Photonic Technologies

060301414-3

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

.....

Juan Diego Granda Coyago

171476343-8

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme concedido la fuerza para culminar la carrera, a todas las personas que me apoyaron en la elaboración de este Trabajo de Titulación y en especial al Ing. Diego Paredes por el tiempo y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres y mi hermana, que me brindaron su apoyo en todo los momentos de mi vida y en especial a mi madre cuyo apoyo y aliento es una inspiración en mi vida.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo fundamental el estudio técnico de la implementación de la tecnología óptica en el espacio libre para enlazar las sedes de la Universidad de las Américas.

Para ello se presenta en primer lugar los conceptos relacionados con el funcionamiento de la tecnología FSO (*Free Space Optics*) además de características, factores que influyen en la tecnología así mismo, el ámbito legal aplicable en nuestro país para realizar los enlaces.

Luego se analiza la situación de la red que la universidad maneja actualmente para considerar las variables y los requerimientos que inciden en el desempeño y aplicación de los enlaces ópticos inalámbricos como son la presencia de línea de vista, condiciones climáticas y distancia entre cada una de las sedes.

Al evaluar los factores anteriormente indicados se continua con el análisis técnico para la implementación de la red FSO para lo cual, se realiza cálculo de la distancia que recorrerá el haz de luz, se determina las especificaciones técnicas que proveen los equipos ópticos para determinar la factibilidad técnica de implementar los enlaces FSO; del mismo modo, se presenta el esquema propuesto de enlaces para la universidad.

Se revisa el aspecto económico para lo cual se calculan los costos estimados de la implementación de la red FSO; además, se realiza la comparación entre la solución diseñada con el alquiler de los enlaces actuales de la universidad a un *Carrier*.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado.

ABSTRACT

This degree project has as its main objective the technical study of the implementation of optical technology in free space to link the headquarters of the University of the Americas.

For this are presenting in first place the concepts related to the operation of the technology FSO (Free Space Optics) characteristics, factors influencing technology likewise, the applicable legal field in our country to make the links.

Then analyzes the situation of the network that the University currently manages for consider the variables and requirements that affect the performance and application of optical wireless links such as the presence of line of sight, climatic conditions and distance between each of the venues.

When evaluating the factors previously listed is continuous with the technical analysis for the implementation of the FSO network for which It is performed calculating the distance that will cross the beam of light determines the technical specifications that provide the optical equipment to determine the technical feasibility of implementing links FSO; in the same way, is presented the proposed scheme of links to the University.

We review the economic aspect for which are calculated the estimated costs of the implementation of the FSO network; in addition, the comparison is between the solution designed with the rent of the current links of the University to a Carrier.

Finally the conclusions and recommendations of the project are presented the status of the network is then analyzed.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Antecedentes	2
Justificación.....	3
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	4
Alcance	4
Áreas de Aplicación.....	4
1. Marco Teórico	6
1.1 Funcionamiento de un sistema de comunicación FSO (Free Space Optics)	6
1.2 Componentes básicos de un enlace FSO	7
1.2.1 Transmisor Óptico	8
1.2.2 LED (Light Emitting Diode)	9
1.2.3 LÁSER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).....	10
1.2.3.1 Tipos de Láser.....	11
1.2.3.2 Criterios de selección de una fuente de luz para aplicaciones FSO.....	13
1.2.4 Receptores Ópticos	13
1.2.4.1 Diodo PIN (P-Región Intrínseca-N)	14
1.2.4.2 Diodo APD (Avalanche Photodiode)	15
1.2.5 Sistemas de seguimiento y adquisición	16

1.2.5.1	Sistema de transmisión de haz ancho.....	16
1.2.5.2	Sistema de autoseguimiento	16
1.2.5.3	Gimbal.....	17
1.2.5.4	Espejos Direccionados.....	17
1.2.5.5	Sistemas Microelectromecánicos	17
1.2.5.6	Detectores Quad	17
1.3	Características de propagación de la tecnología FSO....	17
1.3.1	Margen de Enlace.....	18
1.3.1.1	Potencia de transmisión o emisión.....	18
1.3.1.2	Sensibilidad del Receptor.....	19
1.3.1.3	Atenuación Geométrica.....	19
1.3.1.4	Atenuación Atmosférica	20
1.3.1.4.1	Dispersión de Rayleigh	21
1.3.1.4.2	Dispersión de Mie	21
1.3.1.5	Pérdidas del Sistema	22
1.3.1.5.1	Pérdida de los equipos.....	23
1.3.1.5.2	Pérdida de Conectores	23
1.3.1.5.3	Pérdida de fibra óptica	23
1.3.1.5.4	Pérdida por no alineación	23
1.3.2	Tiempo de Propagación.....	23
1.4	Factores que afectan la transmisión FSO.....	24
1.4.1	Distancia.....	24
1.4.2	Línea de Vista.....	25
1.4.3	Ancho de Banda	25
1.4.4	Turbulencia.....	25
1.4.4.1	Desviación del Haz.....	26

1.4.4.2	Centelleo	27
1.4.5	Clima	28
1.4.5.1	Lluvia	28
1.4.5.2	Nieve	29
1.4.5.3	Niebla	29
1.5	Marco regulatorio para las comunicaciones FSO en el Ecuador	32
2.	Análisis de la Situación Actual	35
2.1	Descripción del estado actual de las comunicaciones de la UDLA	35
2.1.1	Topología actual de la red de la UDLA	37
2.1.2	Jerarquía de Red	40
2.1.2.1	Capa de Core	40
2.1.2.2	Capa de Distribución	42
2.1.2.3	Capa de Acceso	42
2.2	Consideraciones preliminares y variables que intervienen en el diseño de comunicaciones entre las sedes de la universidad	43
2.2.1	Estudio del lugar de instalación	44
2.2.1.1	Determinación de la línea de vista	44
2.2.1.2	Determinación de la distancia de los enlaces.....	44
2.2.1.3	Determinación del lugar de instalación.....	45
2.2.1.4	Infraestructura (Alimentación Eléctrica, Cableado)	47
2.2.2	Despliegue del Sistema	48
2.2.2.1	Topología Punto a Punto.....	48
2.2.2.2	Topología en Anillo.....	48

2.2.2.3	Topología en Estrella	49
2.2.2.4	Topología en Malla.....	49
2.2.3	Alineación de los sistemas	49
2.2.4	Verificación del Enlace	51
2.2.5	Mantenimiento	51
2.2.6	Seguridad	52
2.2.6.1	Confidencialidad de la información.....	52
2.2.6.2	Seguridad Visual	52
2.2.6.2.1	Categorías Láseres.....	54
2.3	Desarrollo de los requerimientos del sistema	55
2.3.1	Comprobación de línea de vista	55
2.3.2	Determinación de las distancias entre las sedes.....	57
2.3.3	Análisis del clima en Quito.....	59
2.3.4	Topología de red seleccionada.....	62
2.3.5	Throughput de la Universidad de las Américas	63
3.	Diseño y Estudio de Factibilidad	65
3.1	Estudio de factibilidad técnica de la red FSO	65
3.1.1	Enlace Sede Granados - Sede Colón.....	65
3.1.1.1	Distancia del enlace óptico Sede Granados - Sede Colón.....	67
3.1.2	Enlace Sede Granados - Sede Queri	68
3.1.2.1	Distancia del enlace óptico Sede Granados - Sede Queri	69
3.1.3	Cálculo del margen de enlace	70
3.1.3.1	Cálculo del margen de enlace Sede Granados - Sede Colón .	70
3.1.3.2	Cálculo del margen de enlace Sede Granados - Sede Queri..	75
3.1.4	Factibilidad del Enlace.....	77

3.2	Esquema de enlaces de comunicaciones propuesto	78
4.	Análisis Costo Beneficio.....	81
4.1	Costos referenciales del equipamiento de la red FSO	81
4.1.1	Costos de equipos FSO.....	81
4.1.2	Costos de infraestructuras adicionales (torres y mástil)	82
4.1.3	Costos del tendido de fibra óptica.....	85
4.1.4	Costos de conectores	86
4.1.5	Costo de equipos de conectividad	86
4.2	Costo total de los enlaces FSO diseñados para la interconexión de las sedes de la UDLA	87
4.3	Análisis de la solución propuesta en comparación con el alquiler de enlaces de última milla a un Carrier	88
4.3.1	Costos de transmisión de datos punto a punto.....	88
4.3.2	Costo del enlace de fibra óptica entre la sede Granados y la sede Queri.....	88
4.3.2.1	Comparación de costos entre la solución FSO vs alquiler de última milla.....	89
5.	Conclusiones y Recomendaciones	91
5.1	Conclusiones.....	91
5.2	Recomendaciones.....	95
	Glosario de Términos	96
	Referencias	98
	ANEXOS	101

Introducción

En la actualidad las comunicaciones inalámbricas se presentan como soluciones en lugares donde los medios físicos no pueden llegar o como enlaces de *backup* para una red de comunicaciones, dentro de estas soluciones existe una que no es muy conocida aun cuando esta solución brinda grandes beneficios.

Este trabajo de titulación busca presentar a la Universidad de las Américas una alternativa a sus actuales enlaces de comunicaciones que tienen entre su sede principal Granados hacia la sede Queri y la sed Colón a través del empleo de la tecnología óptica en el espacio FSO (*Free Space Optics*).

El término comunicación óptica normalmente se asocia a la transmisión de información por un cable de fibra óptica pero, la luz además de viajar por un medio guiado (fibra óptica) también puede viajar por el espacio libre; es así como surgen los sistemas comunicación óptica en el espacio libre FSO.

Los equipos terminales FSO son de fácil montaje ya sea en torres, techos e inclusive dentro de oficinas detrás de ventanas para enlazar sitios cuyas distancias van desde varios metros hasta unos pocos kilómetros siempre que entre los puntos a enlazar exista línea de vista.

La comunicación óptica en el espacio libre puede llegar a convertirse en una tecnología esencial dentro de una infraestructura de telecomunicaciones por lo que, se puede implementar como un medio de transmisión redundante a los enlaces actuales que maneja la UDLA.

Antecedentes

Al inicio de los años 90 se desarrolla el proyecto de educación Superior Ecuatoriano-Chileno con la seguridad que un país se desarrolla con una educación de excelencia y con profesionales altamente capacitados para afrontar los nuevos retos de la sociedad, dicho proyecto involucra el funcionamiento de un centro de educación superior con los más altos índices de calidad y vanguardia exigidos por la sociedad Ecuatoriana.

La misión de la Universidad de las Américas es la de formar personas altamente capacitadas, con un espíritu emprendedor y con una visión global, comprometidas con la sociedad.

La visión de la Universidad de las Américas es la de ser un modelo referente en el sistema de educación superior del Ecuador; construir una comunidad universitaria la cual este comprometida con el desarrollo del país.

La Universidad de las Américas está localizada en la ciudad de Quito Ecuador, actualmente cuenta con tres sedes:

Sede Norte: Ubicada en la Av. Granados y Colimes

Sede Artes Visuales: Ubicada en la Av. Granados y José Queri

Sede Colón: Ubicada en la Av. Colón y José Luis Tamayo

En los sistemas de comunicaciones inalámbricos se emplea el espacio libre como medio de transmisión para el envío y recepción de ondas electromagnéticas (OEM).

La tecnología FSO de igual manera emplea el espacio libre como medio de transmisión; la diferencia radica que en lugar de transmitir ondas electromagnéticas (OEM) se transmite un haz de luz, lo cual nos permite realizar un sistema de comunicaciones full dúplex con la ventaja de poder transmitir simultáneamente datos, voz y video a altas velocidades, mismas que están en el orden de los 2.5[Gbps].

La tecnología *Free Space Optics* (FSO) trabaja en la región infrarroja del espectro electromagnético, emplea longitudes de onda que están alrededor de 850[nm] y 1550[nm], con estas longitudes de onda las frecuencias de operación están alrededor de los 200[THz]. Dado que las frecuencias de operación son muy altas, el sistema FSO es inmune a las interferencias radioeléctricas o electromagnéticas.

La tecnología FSO trabaja en una banda no licenciada por lo cual no se requiere pagar por la concesión o licencia por el uso del espectro.

Un requerimiento que se debe tomar en cuenta para la operación del sistema FSO es la línea de vista, ya que como se mencionó se emplea un haz de luz para la comunicación; por tal motivo, la luz no puede atravesar obstáculos sólidos como paredes, árboles o edificaciones.

Justificación

Actualmente la comunicación entre las sedes de la UDLA es fundamental para que exista interconectividad adecuada en todas ellas, razón por la cual la utilización de un sistema de comunicación con la tecnología FSO, va a permitir contar con un enlace de gran velocidad, además de la posibilidad cierta que la Universidad cuente con un enlace de datos propio, lo cual implica un ahorro de recursos al no tener que contratar un *Carrier* para la interconexión de las sedes de la UDLA.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de comunicaciones empleando la tecnología FSO (*Free Space Optics*) para la transmisión de información confiable, operativa y segura, con la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión para enlazar las sedes de la Universidad de las Américas.

Objetivos Específicos

- Analizar la tecnología FSO, desempeño de la de la propuesta planteada en la Universidad de las Américas.
- Analizar la situación actual del sistema de comunicaciones de las sedes de la Universidad de las Américas.
- Diseñar un sistema de comunicaciones empleando la tecnología FSO (*Free Space Optics*) seguro.
- Realizar un análisis Costo-Beneficio de la implementación de la tecnología FSO (*Free Space Optics*) evaluando las mejores opciones en cuanto a equipos existentes en el mercado.

Alcance

El presente proyecto de titulación propone la utilización de la tecnología FSO (*Free Space Optics*) para el diseño de una solución alterna de telecomunicaciones para los tres campus que componen la Universidad de Las Américas con el propósito de desplegar una red MAN inalámbrica que permita interconectar sus sedes.

Para esto se analiza el actual sistema de telecomunicaciones de la UDLA, la tecnología a emplearse así como el pertinente marco regulatorio vigente en nuestro país. El proyecto propone una solución basada en la tecnología FSO, diseño que puede ser adoptado por la Universidad en un futuro, tomando en cuenta las necesidades de comunicaciones que pueden ser satisfechas con el diseño de red propuesto.

Áreas de Aplicación

La tecnología de óptica de espacio libre (FSO) tiene varias aplicaciones en redes de comunicación, en los que se requiera enlazar dos o más puntos. La tecnología FSO proporciona conectividad sin hilos la cual es un beneficio en el aspecto técnico como en el aspecto económico.

Entre algunas de las aplicaciones de la tecnología FSO tenemos:

Empresas

La tecnología FSO se puede implementar dentro de empresas para interconectar edificios, oficinas aisladas etc. Con un enlace de alta velocidad las aplicaciones de datos, voz y servicios de vídeo conferencia de alta calidad son aprovechadas dentro de soluciones empresariales.

Redes Metropolitanas

La tecnología FSO por su alta disponibilidad y velocidad de transmisión se pueden emplear para cerrar tramos en anillos de fibra óptica, como sistemas de respaldos o para reducir los nodos que conforman un anillo SDH.

Aplicaciones Celulares

Se pueden implementar para redes de retorno (*backhaul*) para interconectar redes entre sí, en los sistemas celulares la interconexión entre una estación base con el *backbone* de la red.

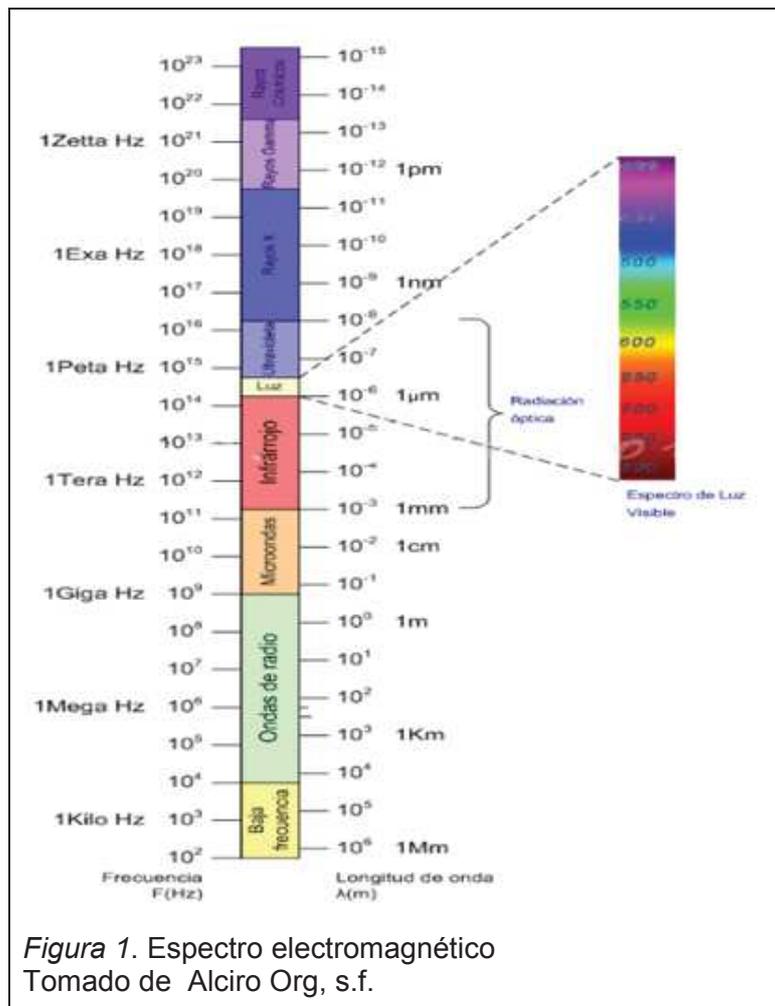
Redes de Telecomunicaciones

Los sistemas ópticos de espacio libre pueden emplearse para realizar enlaces de respaldos a los enlaces de radio ya que la tecnología FSO es menos susceptible a la lluvia.

1. Marco Teórico

1.1 Funcionamiento de un sistema de comunicación FSO (*Free Space Optics*)

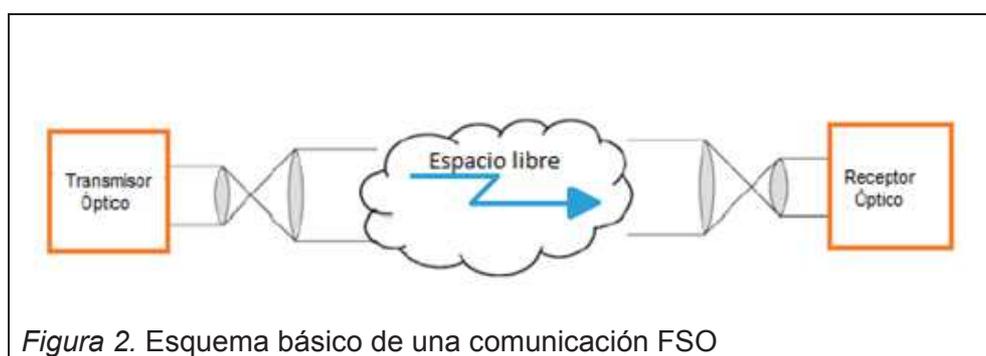
La tecnología FSO (*Free Space Optics*) trabaja dentro del espectro electromagnético en la banda del infrarrojo IR, la cual “corresponde a frecuencias alrededor de 200[THz], usa longitudes de onda cercanas al espectro visible alrededor de 850 y 1550[nm]” (Heinz y Baksheesh, 2002, p.10), las cuales corresponden a la primera y tercera ventana, regiones espectrales que no sufren tanto la absorción del medio ambiente y atenuación en el espacio libre.



El sistema FSO se refiere a la transmisión de una señal óptica en el espacio libre, la señal que va a viajar a través del aire usa una fuente de luz la cual puede ser un LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) o un LED (*Ligth Emission Diode*). El concepto de FSO es muy básico ya que es muy similar a transmisión óptica empleando un medio de transmisión guiado (Cable de Fibra Óptica) la diferencia es la velocidad de transmisión ya que, la luz viaja más rápido a través del aire esto se debe al índice de refracción, que es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío (3×10^8 [m/seg]) y la velocidad en el medio. Por tanto, el índice de refracción de la luz en el aire es 1 (ya que velocidad en el vacío es igual a la velocidad de la luz) por tal motivo la tecnología FSO es considerada una comunicación óptica de alta velocidad.

1.2 Componentes básicos de un enlace FSO

El sistema FSO básicamente, es una transmisión punto a punto, se compone de un trasmisor y receptor en cada extremo para realizar una comunicación full dúplex, se envía y recibe información a través un haz de luz directivo. El requisito fundamental para efectuar la comunicación es que exista línea de vista entre las dos ubicaciones que se desea interconectar, sin ningún tipo de obstrucción ya que la luz no puede atravesar obstáculos debido a la alta frecuencia de operación, por tanto cualquier objeto entre transmisor y receptor puede ser considerado como un obstáculo insalvable.



Los elementos principales que forman el sistema FSO se los describe a continuación:

1.2.1 Transmisor Óptico

El transmisor óptico, realiza la función de transformar las señales eléctricas en pulsos de luz modulada, con el propósito de transportar dichos pulsos a través del espacio libre hacia el receptor.

En la Figura 3 se observa un sencillo esquema de transmisión óptica en el espacio libre, el mismo que cuenta con una fuente de luz y un montaje de telescopio. El telescopio puede ser diseñado mediante el uso de cualquier lente o de un espejo parabólico, además estrecha y proyecta el haz hacia el receptor.

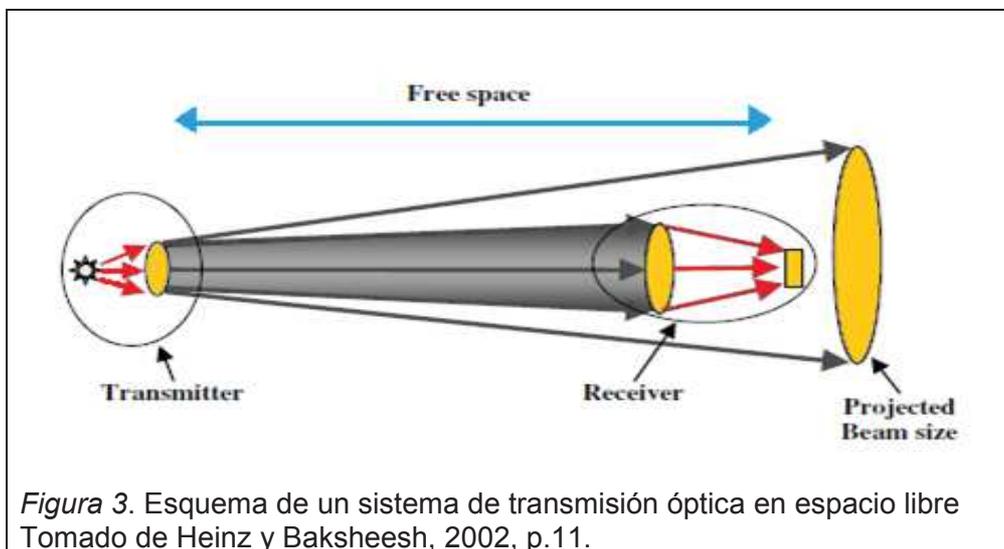
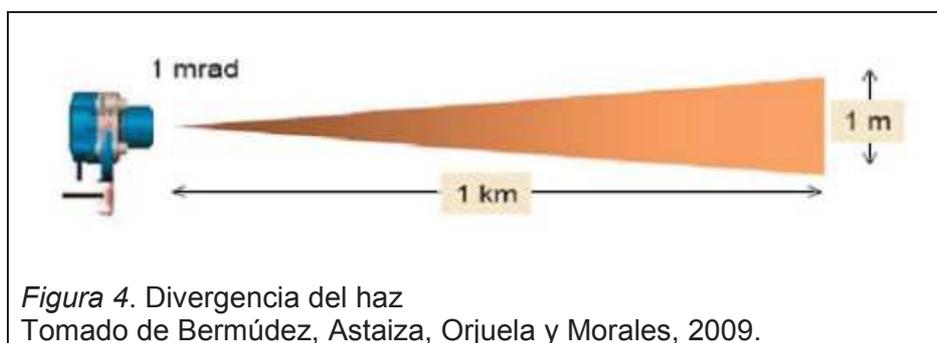


Figura 3. Esquema de un sistema de transmisión óptica en espacio libre Tomado de Heinz y Baksheesh, 2002, p.11.

El haz proyectado es divergente, esto con la finalidad de reducir los problemas por pérdida de no alineación, la divergencia del haz de la transmisión varía entre unos pocos cientos de microradianes y unos miliradianes, la divergencia indica cual es el ángulo de la apertura del haz del láser (Figura 4), para una divergencia del haz de 1 miliradian, el diámetro del haz a 1 kilómetro es de 1 metro.



1.2.2 LED (*Light Emitting Diode*)

El diodo emisor de luz es un semiconductor de potencia de transmisión baja, que se emplea en aplicaciones para distancias cortas con un ancho de banda moderado hasta 155[Mbps]. Dependiendo del material empleado en la fabricación de los LEDs, pueden operar en diferentes longitudes de onda.

La Tabla 1 muestra una lista de materiales semiconductores, la relación entre la banda de energía aplicada y la longitud de onda. Para aplicaciones ópticas en el espacio libre, el Arseniuro de Galio (GaAs) y Arseniuro de Galio Aluminio (AlGaAs) son compuestos de interés debido a las longitudes de onda que tienen están alrededor de 850[nm].

Tabla 1. Relación entre material, longitud de onda y energía aplicada

Material	Longitud de Onda [um]	Energía Aplicada [Ev]
GaInP	0.64 – 0.68	1.82 – 1.94
GaAs		0.9 – 1.4
AlGaAs	0.8 – 0.9	1.4 – 1.55
InGaAs	1.0 – 1.3	0.95 – 1.24
InGaAsP	0.9 – 1.7	0.73 – 1.35

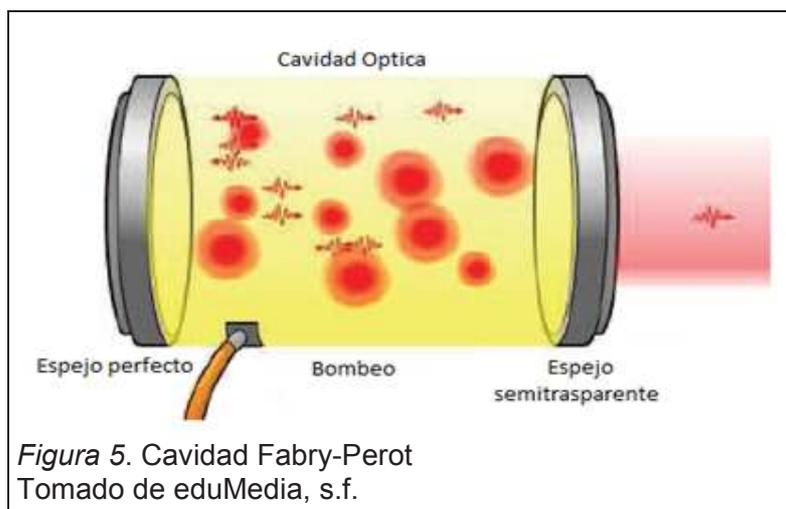
Tomado de Heinz y Baksheesh, 2002, p.14.

1.2.3 LÁSER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)

La tecnología óptica en el espacio libre se centra en el uso de láseres semiconductores ya que por su tamaño relativamente pequeño, alta potencia y eficiencia de costos es empleado en la industria de las comunicaciones ópticas.

La amplificación de luz por emisión estimulada de radiación (Láser) basa su funcionamiento para la generación de luz a través de la emisión estimulada en ausencia de una señal de entrada. El láser semiconductor trabaja bajo el principio de la cavidad tipo Fabry-Perot que opera como un resonador coherente (diferencia de fase es constante entre dos puntos de la onda), está constituido por dos espejos alineados entre sí, cuando la distancia entre los dos espejos es de una longitud igual a $\lambda/2$ la señal se amplifica. Las señales que no resuenan son reflejadas hacia afuera de los espejos.

El propósito de la cavidad es confinar la luz mediante el uso de materiales semiconductores (es decir, aluminio, galio, y arseniuro) que son algo similares entre sí, pero tienen diferentes índices de refracción. Empleando el material AlGaAs, los índices de refracción se pueden cambiar mediante el uso de una composición ligeramente diferente de los materiales. Los coeficientes de reflectividad son altos, de manera que un espejo refleja casi completamente la luz, mientras que el otro espejo es ligeramente transparente. En este caso, una pequeña porción de luz se escapa de la cavidad, lo que es la salida del láser.

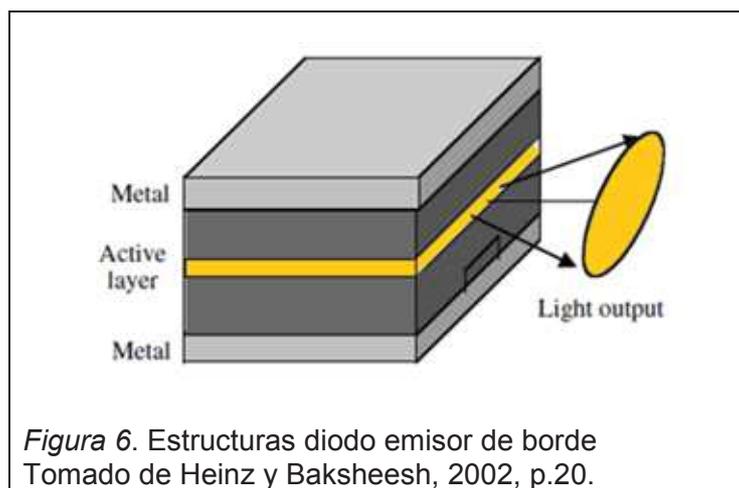


1.2.3.1 Tipos de Láser

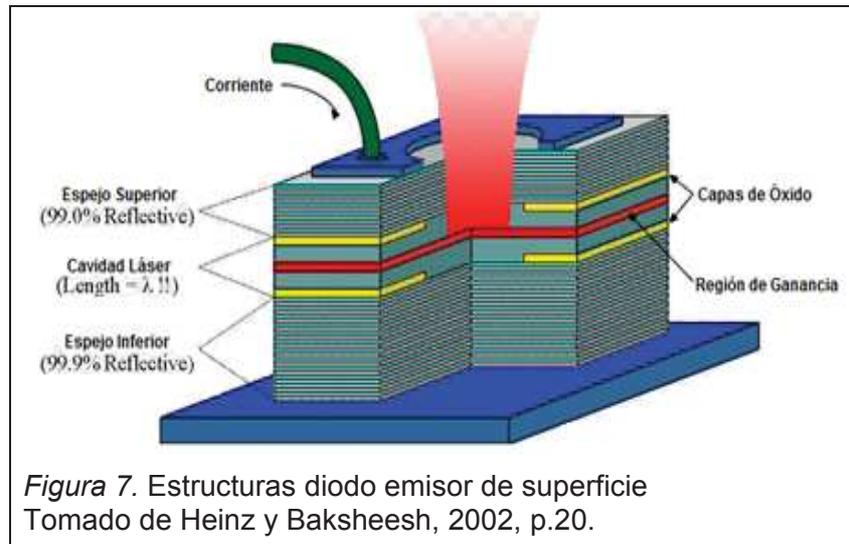
Desde el punto de vista de diseño de semiconductores, existen dos estructuras de láser diferentes: láseres de emisión de borde y láseres de emisión superficial.

Los láseres de emisor de borde su funcionamiento se basa que la luz sale de la estructura a través de una pequeña ventana de la capa activa y paralela a la estructura de capas como se muestra en la Figura 6.

Este tipo de láseres pueden producir alta potencia, más de 100[mW] a velocidades de modulación por encima de 1[Gbps] están disponibles comercialmente en el rango de longitud de onda de 850[nm].



Por su parte los láseres de emisión superficial irradian luz a través de una pequeña ventana perpendicular a la estructura de capas, tal como ilustra la Figura 7.



Se puede encontrar diferentes tipos de laser en los equipos FSO entre los principales tenemos:

- VCSEL (*Vertical Cavity Surface Emitting*)

El láser de emisión superficial su cavidad vertical emite la luz de manera perpendicular a la superficie (capa activa), tiene ventajas tales como: bajo consumo de energía, baja generación de calor, haz de salida elíptico fácilmente acoplado a la superficie, bajo costo y gran ancho de banda (hasta 5[GHz]).

- DFB (*Distributed Feedback Laser*)

Un láser de realimentación distribuida está estructurado como una rejilla de difracción a lo largo de todo el medio activo, lo que proporciona realimentación óptica para el láser ya que, “emite un estrecho espectro de la luz, casi una sola longitud de onda $< 0,1[\text{nm}]$ disponible” (Heinz y Baksheesh, 2002, p.21).

- DBR (*Distributed Bragg Reflector Laser*)

El láser de Bragg Distribuido la rejilla de difracción se encuentra fuera de la región activa, lugar por el que no circula corriente (la parte pasiva de la cavidad), este laser la longitud de onda puede ser sintonizado para condiciones atmosféricas específicas, además cabe mencionar que su costo es elevado.

1.2.3.2 Criterios de selección de una fuente de luz para aplicaciones FSO

Al momento de elegir una fuente láser para aplicaciones FSO se debe tomar en cuenta algunos factores para lo cual, es importante que la longitud de onda de transmisión se correlacione con una de las ventanas atmosféricas que están alrededor de 850 y 1550[nm].

Otros factores a tomar en cuenta para el uso de una determinada fuente de luz son las siguientes:

- El precio y la disponibilidad de los componentes comerciales
- Potencia de transmisión
- Vida útil
- Capacidades y tipo de modulación
- Seguridad ocular
- Dimensiones físicas
- Compatibilidad con otros medios de transmisión, tales como la fibra óptica

1.2.4 Receptores Ópticos

Dentro del sistema FSO los detectores de luz son elementos importantes ya que, detectan la luz mediante el uso de diferentes fenómenos físicos, la mayoría de detectores utilizados en sistemas FSO se basan en semiconductores.

La detección de la señal se produce cuando los fotones son atraídos por el material semiconductor, provocando así una estimulación al material produciendo de esta manera una señal eléctrica de salida; es decir que convierten fotones en electrones. Los receptores ópticos más frecuentemente utilizados son los fotodetectores de semiconductores tales como los diodos PIN (P-región intrínseca-N) y los diodos APD (*Avalanche Photodiode*).

Las características principales en el funcionamiento de los receptores ópticos son:

- **Capacidad de respuesta:** parámetro de un detector que “define la relación entre la corriente de salida de un fotodetector a su potencia óptica de entrada, la expresión es la siguiente” (Heinz y Baksheesh, 2002, p.27):

$$\rho = \frac{i}{P} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

ρ es la capacidad de respuesta

i es la salida de corriente del fotodetector

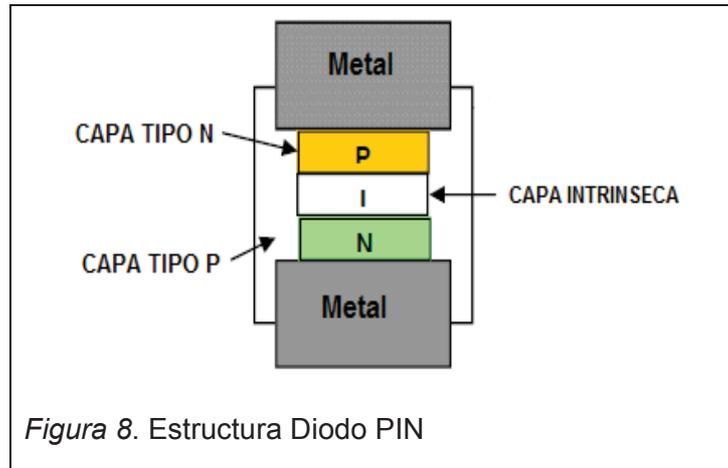
P es la potencia recibida por el receptor

- **Tiempo de subida:** se refiere al tiempo que tarda el fotodetector para responder ante un cambio al aplicarle un pulso de luz.

1.2.4.1 Diodo PIN (P-Región Intrínseca-N)

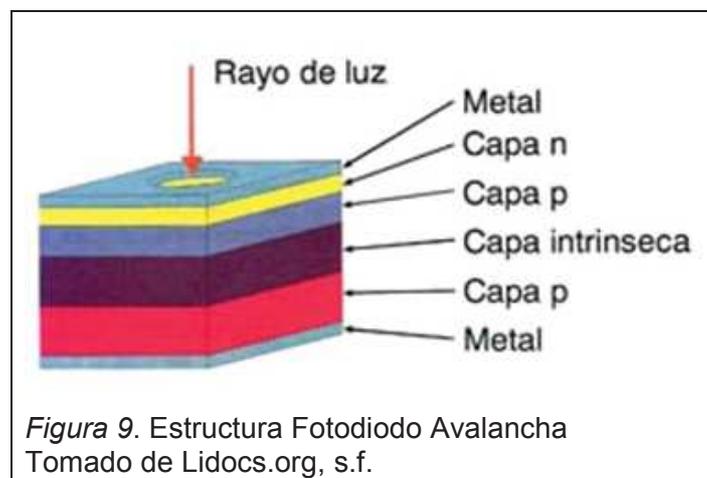
El diodo PIN opera con polarización inversa, tiene una capa de semiconductor intrínseco para separar las capas tipo N y tipo P, el diodo tiene una pequeña ventana por la cual ingresa luz la misma que es absorbida por el material intrínseco el cual entrega energía suficiente para lograr que los electrones pasen a la banda de conducción y se generen portadores de carga eléctrica que permiten que una corriente fluya a través del diodo.

Son los detectores semiconductores más empleados en los equipos receptores FSO ya que solventan el problema de la baja capacidad de respuesta y el tiempo de subida lenta.



1.2.4.2 Diodo APD (*Avalanche Photodiode*)

Los fotodiodos de avalancha en su estructura interna están compuestos por materiales semiconductores ordenados en capas tipo N-P-I-P (Figura 9).



Los diodos APD operan con polarización inversa, la luz externa incide en la zona intrínseca, produciendo que los portadores pasen a la banda de conducción. La polarización inversa genera un gran campo eléctrico lo cual ocasiona que los portadores adquieren velocidades muy altas que al chocar con otros portadores de la estructura produzca la creación de nuevos portadores provocando un efecto de “Avalancha”.

1.2.5 Sistemas de seguimiento y adquisición

Dentro de un enlace FSO los sistemas de seguimiento y adquisición son importantes ya que por vibraciones en las estructuras donde se encuentra montado el equipo FSO puede causar la no alineación del haz de luz ocasionando errores al momento de establecer el enlace o la pérdida total del mismo.

Para solucionar el problema de la no alineación del haz de luz entre el emisor y el receptor se han creado diferentes métodos, los cuales permiten recuperar la alineación del haz de luz entre los cuales se tiene:

- Sistema de transmisión de haz amplio
- Sistema de autoseguimiento
- Gimbal
- Espejos Direccionados
- Sistemas Microelectromecánicos
- Detectores Quad

1.2.5.1 Sistema de transmisión de haz ancho

Sistemas de transmisión de haz ancho, son empleados cuando los sistemas no poseen *tracking* (seguimiento) como una solución para velocidades y distancias moderadas, ya que cuando el haz aumenta su ancho de igual manera aumenta la pérdida de potencia al momento de transmitir.

1.2.5.2 Sistema de autoseguimiento

El sistema de autoseguimiento permite conseguir la alineación del haz de luz entre el transmisor y receptor cuando existe algún tipo de oscilación entre estos. Este sistema incorpora un mecanismo para que, en el lado del receptor sea detectado el haz de luz con lo cual es posible controlar y mantener el haz alineado. Por lo general este proceso se lo realiza empleando un haz de seguimiento el cual está separado del haz de datos, cabe destacar que ambos

haces están alineados en la misma dirección pero emplean diferentes longitudes de onda, a través de un espejo dichroic el cual refleja la luz selectivamente según la longitud de onda que cada haz.

1.2.5.3 Gimbal

Es un dispositivo en el cual se colocan los equipos FSO “permitiendo que los equipos puedan realizar movimientos en dos ejes: vertical (+/- 20 grados) y horizontal (+/- 25 grados)” (Heinz y Baksheesh, 2002, p.37) por esta razón son útiles para llevar a cabo la adquisición y seguimiento automático de la parte remota.

1.2.5.4 Espejos Direccionados

Son utilizados en el *tracking* (seguimiento), es un espejo el cual está colocado en una plataforma con la finalidad de cambiar la dirección del haz de luz entrante. Esta es una ventaja ya que consigue que el seguimiento sea más rápido permitiendo la realineación del haz de luz.

1.2.5.5 Sistemas Microelectromecánicos

Son muy pequeños, de bajo consumo de potencia y tienen un tiempo de respuesta muy bueno lo cual tiene gran interés para manejar el movimiento de los espejos direccionados para sistemas de seguimiento.

1.2.5.6 Detectores Quad

Los detectores Quad son empleados para el seguimiento del haz de luz, el detector consta de cuatro elementos colocados en un arreglo o matriz, cada uno de los elementos recoge la luz por separado para encontrar el sitio a donde tiene que estar alineado el haz.

1.3 Características de propagación de la tecnología FSO

Al momento de evaluar el desempeño de un sistema FSO, es importante tomar en cuenta algunos parámetros inherentes al medio en el cual se va a propagar

el haz de luz de un extremo hacia el otro y por consiguiente el desempeño del sistema.

1.3.1 Margen de Enlace

Dentro del sistema FSO, el margen de enlace es un punto fundamental en el desempeño ya que se relaciona con el factor de pérdida de potencia en el aire entre el transmisor y el receptor básicamente, es la cantidad de luz recibida en el receptor la misma cantidad que es necesaria para mantener el enlace operativo. Este margen generalmente es medido en decibeles [dB] y se lo expresa de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$M_{enlace} = P_e + |S_r| - Aff_{Geo} - Aff_{Atm} - P_{Sist} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

M_{enlace}	es el margen del enlace en [dB]
P_e	es la potencia de emisión de la señal en [dBm]
S_r	es la sensibilidad del receptor en [dBm]
Aff_{Geo}	es la atenuación geométrica del enlace en [dB]
Aff_{Atm}	es la atenuación atmosférica del enlace en [dB]
P_{Sist}	son las pérdidas del equipo [dB]

1.3.1.1 Potencia de transmisión o emisión

Este parámetro se refiere a la potencia de salida máxima que permite el transmisor de un equipo FSO por lo cual, mientras más alto sea este parámetro permitirá enfrentar de mejor de manera los efectos del clima y de igual forma permite operar enlaces con mayores distancias.

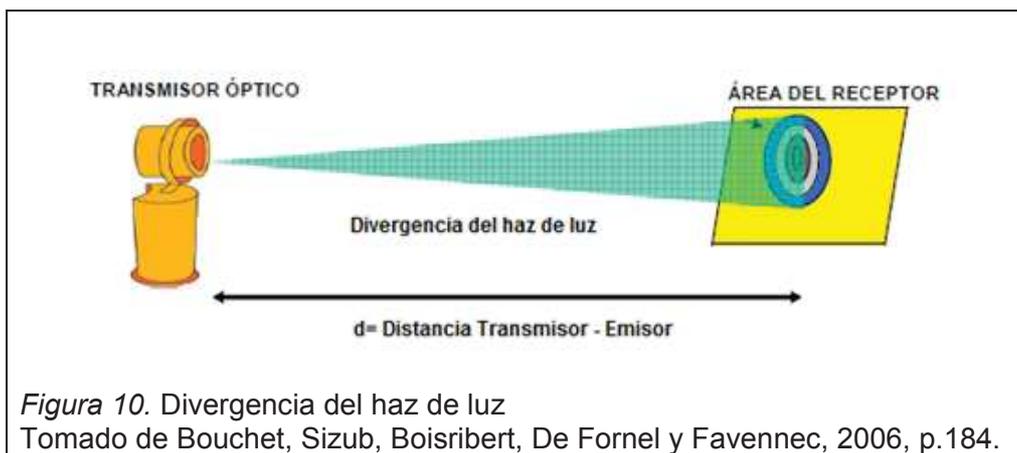
Los datos de la potencia de emisión son proporcionados por el fabricante de los equipos FSO y por lo general en [mW].

1.3.1.2 Sensibilidad del Receptor

La sensibilidad hace referencia al mínimo nivel de potencia que puede llegar a detectar el receptor para una determinada velocidad de datos específica. Este parámetro es otorgado por el fabricante del equipo FSO.

1.3.1.3 Atenuación Geométrica

La atenuación geométrica se refiere a la pérdida causada por la divergencia del haz de luz ya que, el haz no es totalmente puntual su trayectoria va abriéndose a medida que va avanzando hacia el área del receptor (Figura 10), por esta razón no toda la luz llega al receptor desperdiciándose cierta cantidad de potencia.



La atenuación geométrica se describe en la siguiente ecuación:

$$Aff_{geométrica} = \frac{S_d}{S_{receptor}} = \frac{\pi(d \cdot \theta)^2}{S_{receptor}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

Aff_{geométrica} es la atenuación geométrica del enlace en [dB]

S_d es el área del haz a una distancia (d)

S_{receptor} es el área del receptor en [m²]

d es la distancia que recorre el haz en [m]

θ es la divergencia del haz en [mrad]

1.3.1.4 Atenuación Atmosférica

La atenuación atmosférica en los sistemas de FSO es normalmente dominado por la neblina, pero también puede ser dependiente por las nubes bajas, lluvia, nieve, polvo y diversas combinaciones de cada uno de los efectos de la neblina en la visibilidad.

La atenuación atmosférica es el resultado de un efecto aditivo de absorción y dispersión de la luz infrarroja por las moléculas de gas y los aerosoles presentes en la ambiente.

Se describe por la Ley de Beer definiendo a la transmitancia como una función de la distancia la cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$\tau(d) = \frac{P(d)}{P(o)} = e^{-\sigma d} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

$\tau(d)$ es la transmitancia a una distancia d del transmisor

$P(d)$ es la potencia de la señal a una distancia d del transmisor

$P(o)$ es la potencia del emisor

σ es el coeficiente de atenuación

El coeficiente de atenuación se relaciona con la transmitancia a través de la siguiente ecuación:

$$Aff_{Atm} = 10 * \log_{10} \left(\frac{1}{\tau(d)} \right) \quad (\text{Ecuación 5})$$

El coeficiente de atenuación σ es la suma de cuatro términos:

$$\sigma = \alpha_m + \alpha_n + \beta_m + \beta_n \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

α_m es coeficiente de absorción molecular

α_n es coeficiente de absorción de aerosol

β_m es coeficiente de dispersión de *Rayleigh*

β_n es coeficiente de dispersión de *Mie*

La absorción domina en el espectro infrarrojo, mientras que la dispersión domina en el espectro visible y las regiones ultravioleta.

De los cuatro términos, los coeficientes de absorción molecular y aerosol más el coeficiente de dispersión de *Rayleigh* son despreciables en los sistemas FSO por la cual la Ecuación 6 se reducirá a:

$$\sigma = \beta_n \quad (\text{Ecuación 7})$$

La visibilidad se la define como la distancia a la cual la intensidad de luz disminuye 2%, de manera general se expresa como la distancia máxima en la cual todavía se puede diferenciar un objeto oscuro en el horizonte.

1.3.1.4.1 Dispersión de *Rayleigh*

Este tipo de dispersión sucede cuando las partículas incidentes tienen un diámetro más pequeño que la longitud de onda transmitida, la intensidad de la dispersión varía con la longitud onda.

No obstante, los sistemas FSO que operan con longitudes de onda cercano al rango infrarrojo por lo que, el impacto de la dispersión de *Rayleigh* se puede omitir.

1.3.1.4.2 Dispersión de *Mie*

La dispersión de *Mie* aparece cuando las partículas incidentes son del mismo orden de magnitud que la longitud de onda transmitida.

En rangos de longitudes de onda cercanas al infrarrojo la niebla, humo y aerosoles son los principales contribuyentes de la dispersión de *Mie*.

Para determinar si la dispersión atmosférica es tipo *Rayleigh* o *Mie* se emplea la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{2\pi r}{\lambda} \quad (\text{Ecuación 8})$$

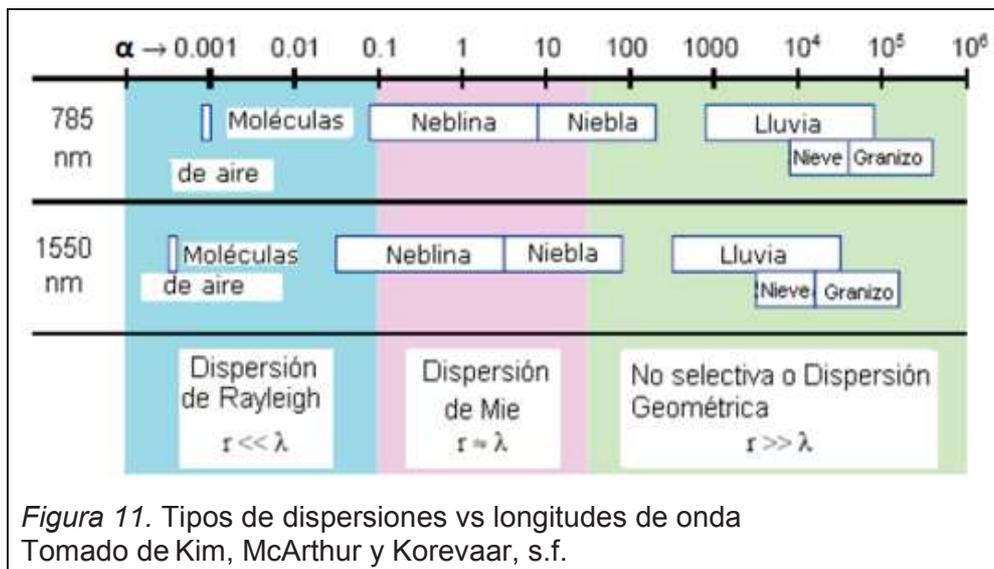
Dónde:

α es la dispersión atmosférica

r es el radio de la partícula

λ es la longitud de onda

En la Figura 11 se ilustra las correspondientes regiones donde se produce la dispersión de *Rayleigh*, *Mie* y Geométrica, para distintas longitudes de onda.



Puesto que, las longitudes de onda que emplean los sistemas FSO comparadas con el valor promedio del radio de las partículas de neblina y niebla son aproximadamente iguales está es la razón que la niebla es un factor determinante para la transmisión del haz de luz, las partículas de lluvia, nieve y granizo son partículas mucho más grandes y por lo tanto presentan menos obstáculo al haz.

1.3.1.5 Pérdidas del Sistema

Estas se refieren a las pérdidas que surgen en los elementos físicos utilizados en el sistema FSO tal como son los equipos electrónicos, conectores, la fibra óptica, la no alineación entre otros aspectos.

1.3.1.5.1 Pérdida de los equipos

Los equipos electrónicos sufren pérdidas intrínsecas de sus elementos ya que, con el pasar del tiempo estos elementos sufren desgaste además del cambio de sus propiedades de funcionamiento. Es parámetro viene dado por el fabricante del equipo FSO y está dada en [dB].

1.3.1.5.2 Pérdida de Conectores

Los conectores son elementos pasivos que se emplean para unir la fibra óptica con los puertos de los equipos de *networking*, los conectores más comunes son ST (*Straight Tip*), LC (*Lucent Technologies Connector*), FC (*Fiber Conector*) y SC (*Subscription Channel*).

1.3.1.5.3 Pérdida de fibra óptica

Se denomina a la disminución de potencia de la señal óptica en el cable de la fibra, la atenuación de la fibra viene dada en [dB/Km], lo que significa la pérdida de potencia óptica en un kilómetro.

1.3.1.5.4 Pérdida por no alineación

Este tipo de pérdida se produce por el no alineamiento o la pérdida de enfoque entre los equipos FSO debido a factores externos tales como temblores, vientos fuertes, oscilación de las estructuras, etc.

1.3.2 Tiempo de Propagación

Se lo define como el tiempo que tarda la señal en llegar desde el transmisor al receptor, los factores a ser tomados en cuenta al momento del cálculo del tiempo de propagación son:

- Tiempo de procesamiento electrónico de los equipos FSO (equipos de emisión y recepción).
- Tiempo de propagación de la luz en la atmósfera entre los equipos de transmisión y recepción.

$$t_{\text{procesamiento}} = t_{\text{electrónico}} + t_{\text{propagación}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

De la Ecuación 9 el parámetro referente al tiempo de procesamiento electrónico viene dado por el fabricante del equipo FSO, este factor se duplica ya que se debe tomar en cuenta el transmisor y receptor.

El segundo factor dentro de la Ecuación 9 es el tiempo de propagación de la luz, la cual se lo obtiene de la siguiente expresión:

$$t_{propagación} = \frac{d}{V_c} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

d es la distancia entre transmisor y emisor.

V_c la constante de la velocidad de la luz en el vacío 3×10^8 [m/seg].

1.4 Factores que afectan la transmisión FSO

Al momento de planificar un sistema FSO es necesario considerar algunos factores tales como; la cantidad de tráfico que va a manejar el enlace, la distancia entre los puntos, si en las ubicaciones existen problemas meteorológicos constantes, estos factores van influir directamente para la selección del sistema FSO más adecuado.

1.4.1 Distancia

El factor de la distancia en un sistema FSO tiene un gran impacto ya que afecta el rendimiento de tres maneras:

La primera, en condiciones climáticas óptimas tal como días despejados el haz de luz diverge lo que ocasiona que el lado del receptor reciba menos potencia, la atenuación geométrica para un haz circular aumenta en 6[dB], en el momento que la distancia se incrementa en un factor de dos. La segunda, el incremento excesivo de la distancia puede ocasionar la pérdida total de la transmisión del haz de luz. El tercer factor es el efecto de centelleo ya que se incrementa con distancias mayores.

1.4.2 Línea de Vista

La visibilidad es un factor fundamental en un sistema FSO ya que debe existir línea de vista (*Line Of Sight*) entre el transmisor y el receptor. Debido a que la señal que se va a transmitir es un haz de luz, la misma se propaga de modo lineal, razón por la cual no se toma en cuenta el criterio de las zonas de Fresnel como se lo realiza en los sistemas de microondas en donde se propagan Ondas Electromagnéticas [OEM].

La forma más simple para determinar si existe línea de vista entre los puntos a enlazar es la verificación visual, claro está que para distancias grandes se hace necesario el empleo de lentes o telescopios razón por la cual muchos fabricantes incorporan un telescopio de alineación para determinar si existe línea de vista entre los equipos terminales.

1.4.3 Ancho de Banda

El sistema FSO brinda un gran ancho de banda, el cual se ve limitado por dos factores que son la fuente de transmisión y el fotodetector.

El transmisor que está constituido por un láser directamente modulado que opera a velocidades superiores 2.5[Gbps], razón por la cual están comercialmente disponibles para el uso en sistemas FSO.

El receptor, el cual está constituido por un foto-detector ya sea por un diodo Pin o APD los que soportan velocidades superiores a 1.25[Gbps] existen detectores comercialmente disponibles que pueden llegar a soportar velocidades de 10[Gbps] e incluso más para usarse en sistemas FSO; sin embargo, a altas velocidades la cantidad de luz captada por el receptor y convertida en electrones es muy baja, por lo cual la sensibilidad está en función de la velocidad de transmisión.

1.4.4 Turbulencia

Los ambientes secos o con altas temperaturas pueden ocasionar problemas con la transmisión del haz de luz ya que, por el aumento del calor del suelo

producido por el sol intenso, las corrientes de aire sufren el mismo efecto, ocasionando un cambio en el índice de refracción, lo que causa que la trayectoria del haz de luz cambie mientras se propaga por el aire.

Debido a que las corrientes de aire no son estables en el tiempo o espacio, el cambio del índice de refracción surge según el movimiento del aire.

La turbulencia ocasiona dos efectos sobre el haz de luz, el primero es la desviación del haz y el segundo efecto es la cintilación.

1.4.4.1 Desviación del Haz

La desviación del haz de luz puede ser debido a los cambios del índice de refracción en el aire, similar a lo que sucede cuando la luz atraviesa otro medio refractivo tal cual como sucede en un cristal, la luz puede ser enfocada o desenfocada de acuerdo a como se presentan cambios de refracción en el trayecto de la transmisión.

Los remolinos turbulentos ocasionan la desviación del haz de luz, cuando son más grandes que el haz (Figura 12) en cambio, cuando los remolinos turbulentos son más pequeños el efecto es el esparcimiento del haz óptico (Figura 13).

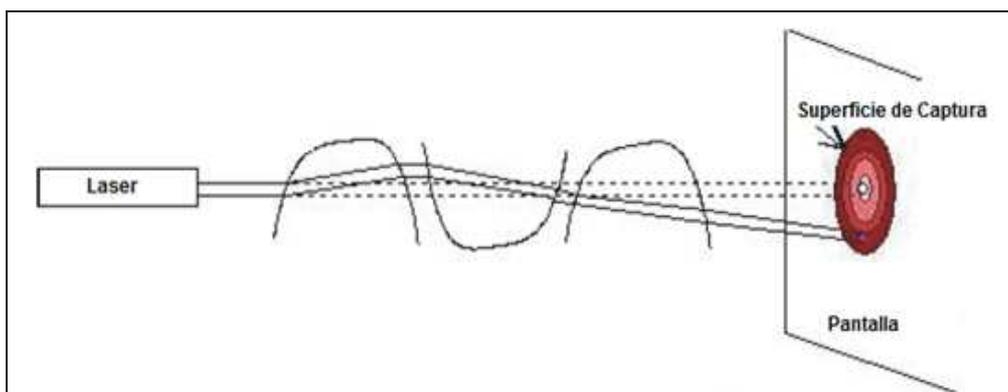
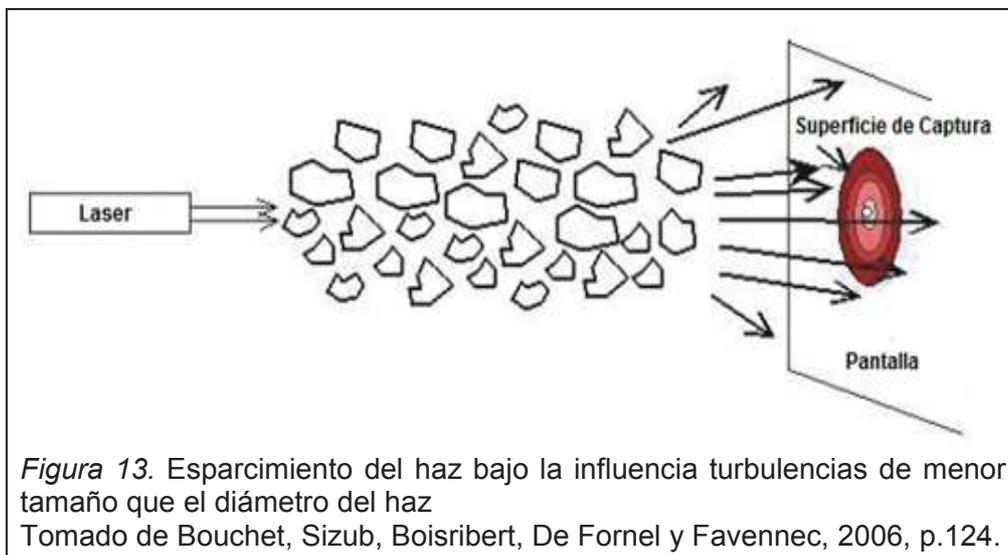


Figura 12. Desviación del haz bajo la influencia de turbulencias de mayor tamaño que el diámetro del haz
Tomado de Bouchet, Sizub, Boisribert, De Fornel y Favennec, 2006, p.124.

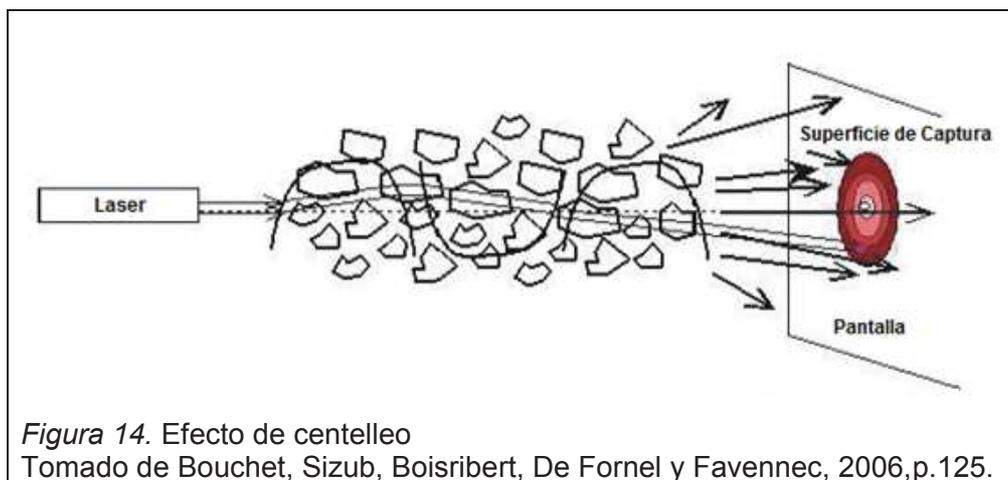


1.4.4.2 Centelleo

El centelleo atmosférico se puede definir como el cambio de las intensidades de luz en el tiempo, espacio y de pequeña escala en el índice de refracción.

La señal recibida en el receptor fluctúa como resultado de la variación térmica en el índice de refracción del aire a lo largo del trayecto de transmisión.

Estos cambios de índice de refracción hacen que la atmósfera actúe como una serie de pequeños lentes que desvían porciones del haz de luz dentro y fuera de la trayectoria de transmisión.



1.4.5 Clima

La influencia del clima en una comunicación óptica por el espacio libre es un aspecto fundamental que se debe tomar en cuenta al momento del diseño de los sistemas FSO, entre los factores climáticos se tiene la lluvia, niebla, nieve, etc. Ya que, se transmite un haz de luz en el espacio éste se va atenuando de acuerdo a la severidad del clima ocasionando la reducción de la disponibilidad o incluso la pérdida total del sistema.

1.4.5.1 Lluvia

El efecto de la lluvia es un factor el cual impacta en la reducción de la distancia en un enlace FSO, “cabe destacar que éste factor su impacto es menos significativo respecto al efecto que causa la niebla, esto es porqué el radio de las gotas de lluvia que están entre 200 a 2000[um]” (Heinz y Baksheesh, 2002, p.57) que es mucho más grande que la longitud de onda de las fuentes de luz del sistema FSO.

Los valores de atenuación causada por la lluvia dependen de la intensidad de la precipitación por ejemplo, para una caída de lluvia de 2.5[cm/hora] la atenuación de la señal es 6[dB/Km].

Si el enlace se despliega en un área metropolitana, donde las distancias son por lo general menores de 1 kilómetro, por ejemplo, el sistema se implementa en una distancia de 500 metros en las mismas condiciones de lluvia, la atenuación es sólo 3[dB/Km]. Sin embargo, cuando las precipitaciones incrementan su intensidad mayor a 10[cm/hora] la atenuación puede llegar ser un problema aun en distancias cortas no obstante, este tipo de situaciones duran un corto periodo de tiempo por lo general minutos.

Los equipos FSO que se encuentran en el mercado tienen un rango de operación de enlace de 25[dB] lo cual significa que la lluvia puede caer sin obstaculizar la transmisión.

1.4.5.2 Nieve

Fenómeno meteorológico que consistente en la caída de pequeños cristales de hielo que tienen variedad en forma, tamaño y se agrupan en copos.

En condiciones atmosféricas una nevada fuerte puede causar la atenuación del haz de luz, pero la dispersión no es un gran problema para el sistema FSO debido a que el tamaño de los copos de nieve es más grande comparado con la longitud de onda en la que operan los equipos FSO.

El impacto de una ligera ventisca de nieve o de una nevada se aproxima a los valores que se presentan cuando existe una lluvia tenue con un poco de niebla que la atenuación es aproximadamente de 3 a 30[dB/km].

1.4.5.3 Niebla

La niebla, fenómeno meteorológico que es vapor compuesto por pequeñas gotas de agua, cuyo efecto es determinante para los sistemas FSO ya que, por la presencia de las partículas pequeñas de agua las cuales tienen un radio aproximadamente igual a la longitud de onda del infrarrojo.

Las condiciones climáticas se refieren a niebla los rangos de visibilidad que están entre 0 a 2000 metros. Las condiciones para determinar si se trata de niebla densa o tenue son difíciles de describir el grado correspondiente.

Se utilizan algunas veces las frases de niebla cuando la visibilidad es mayor a 2,000 metros las condiciones climáticas es referida como neblina.



En la Tabla 2 se detalla las diferentes condiciones meteorológicas y la atenuación esperada para la señal en [dB/Km] además de su correlación a la visibilidad.

Tabla 2. Códigos de visibilidad internacionales para varias condiciones climáticas y precipitaciones

Condiciones meteorológicas	Precipitación		Visibilidad (m)	Atenuación (dB/km)
	mm/h			
Niebla densa			0	
Niebla espesa			50	315
Niebla moderada			200	75
Niebla ligera			500	28,9
	Tormenta	100	770	18,3
Niebla muy ligera			1 000	13,8
	Lluvia intensa	25	1 900	6,9
			2 000	6,6
Neblina ligera	Lluvia media	12,5	2 800	4,6
			4 000	3,1
Neblina muy ligera	Lluvia ligera	2,5	5 900	2
			10 000	1,1
Tiempo despejado	Llovizna	0,25	18 100	0,6
			20 000	0,54
Tiempo muy despejado			23 000	0,47
			50 000	0,19

Tomado de Bouchet, Sizub, Boisribert, De Fornel y Favennec, 2006, pp.126-127.

Nota: De la Tabla 2 se observa que la lluvia tiene un impacto menor en un sistema FSO al momento de compararla con la niebla.

La dispersión es el factor principal para las pérdidas en la niebla. Incluso una niebla ligera puede causar atenuación en una señal infrarroja sobre una distancia corta.

La poca visibilidad es un impacto directo a la disponibilidad y eficiencia de los sistemas FSO por lo cual este aspecto climático es un desafío para la industria de las comunicaciones inalámbricas en el espacio.

1.5 Marco regulatorio para las comunicaciones FSO en el Ecuador

En nuestro país los organismos encargados de emitir la normativa dentro del sector de la Telecomunicaciones son el CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones) y la SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) que define que “espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000[GHz], que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial” (SENATEL, s.f.).

Las longitudes de onda empleadas en la transmisión en los sistemas FSO dentro del Plan Nacional de Frecuencias no están contempladas ya que se limita a frecuencias por debajo de los 3000[GHz].

Los equipos FSO trabajan en rangos de frecuencia que están entre 150 y 500[THz] por tal razón, en la actualidad no hay normativa legal para las comunicaciones ópticas en el espacio libre lo cual implica que no se debe pagar por concesiones o uso del espectro.

Tabla 3. Cuadro del Plan Nacional de Frecuencias



248 - 3000 GHz

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda GHz	Banda GHz	Rango GHz Nota EQA (resumen): Servicio (Sistema/Usa)
248 - 250 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE Radioastronomía 5.149	248 - 250 AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE Radioastronomía 5.149	
250 - 252 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATELITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.340 5.563A	250 - 252 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATELITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.340 5.563A	
252 - 265 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra- espacio) RADIOASTRONOMÍA RADIONAVEGACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE 5.149 5.554	252 - 265 FIJO MÓVIL MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra- espacio) RADIOASTRONOMÍA RADIONAVEGACIÓN RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE 5.149 5.554	
265 - 275 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL RADIOASTRONOMÍA 5.149 5.563A	265 - 275 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL RADIOASTRONOMÍA 5.149 5.563A	
275 - 3000 (No atribuida) MOD 5.565	275 - 3000 (No atribuida) MOD 5.565	

Tomado de SENATEL, s.f.

No obstante, la normativa internacional que viene dada por la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) dentro del sector de Radiocomunicaciones en la actualidad no contempla ninguna regulación con respecto al uso de los sistemas FSO sin embargo, en el año 2002 dentro de los grupos de trabajos que intervienen en las WRC (*World Radio Conferences*) dicta la Resolución 118 (Anexo 1), en Marrakech para realizar estudios sobre la utilización del espectro en frecuencias por encima de 3000[GHz], que contempla las siguientes recomendaciones:

“Invita a la Asamblea de Radiocomunicaciones a que incluya en su programa de trabajo estudios sobre la posibilidad de incluir bandas de frecuencias por encima de 3000[GHz].

Encarga al Director de la Oficina de Radiocomunicaciones que informe a las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones acerca del avance de los estudios del UIT-R sobre el uso de frecuencias por encima de 3000 [GHz].

Resuelve que las WRC puedan incluir en el orden del día de Conferencias futuras puntos relativos a la reglamentación del espectro por encima de 3000[GHz] y tomar las medidas apropiadas sobre el uso del espectro por encima de 3000[GHz]" (ITU, 2002).

2. Análisis de la Situación Actual

2.1 Descripción del estado actual de las comunicaciones de la UDLA

La red de la Universidad de las Américas está orientada principalmente a la interconexión de los edificios dentro de cada sede. La red de la universidad abarca la sede principal (Granados Figura 16) y la sede de artes (Queri Figura 17) que están cercanas entre sí en el sector de la avenida Granados y la sede de Escuela de Tecnologías (Colón Figura 18) la que se encuentra ubicada en la avenida Colón distante de la sede Granados.



La sede Granados está constituida por un gran bloque en donde se encuentra las diferentes dependencias de la universidad, cabe mencionar que aquí se

encuentra la infraestructura tecnológica (*Data Center*) de la universidad, la sede Granados es el punto central de toda la red.

La sede de artes (Queri) tiene cuatro bloques constituidos para aulas y oficinas, un pequeño bloque en el cual está la biblioteca dentro de la sede, cabe destacar que los bloques colindan entre sí.



La sede Colón está constituida por una edificación de tres pisos cuyas instalaciones abarcan diferentes áreas de la escuela de tecnologías.



Figura 18. Sede Escuela de Tecnologías (Colón)

2.1.1 Topología actual de la red de la UDLA

La Figura 19 proporcionada por la Unidad de infraestructura Tecnológica muestra la topología actual de red que tiene la Universidad de las Américas.

La universidad en la actualidad cuenta con dos enlaces para su conectividad hacia el proveedor de Internet utiliza uno principal y un enlace de *backup*.

El enlace principal hacia el proveedor es un enlace de Internet/Datos mientras tanto, el enlace de *backup* es solo de Internet.

La sede Colón se interconecta con la sede Granados a través de la red MPLS del proveedor ISP en un enlace de 40[Mbps] para salir hacia el Internet.

La sede Queri se interconecta con la sede Granados a través de un cable de fibra óptica, a través de la sede Granados la sede Queri tiene salida hacia el proveedor de Internet.

La sede Granados es la encargada de administrar la red de toda la universidad y sus campus.

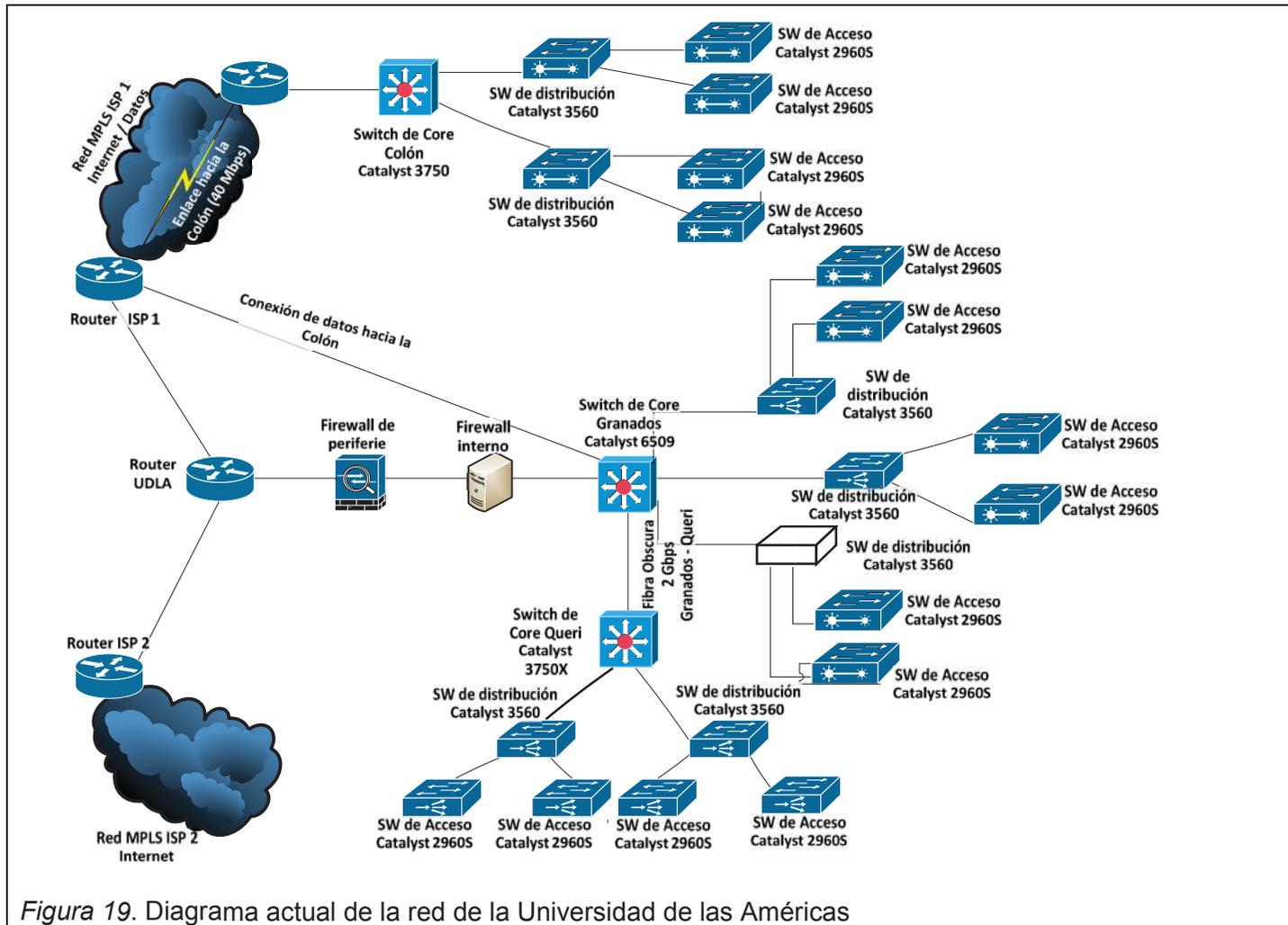
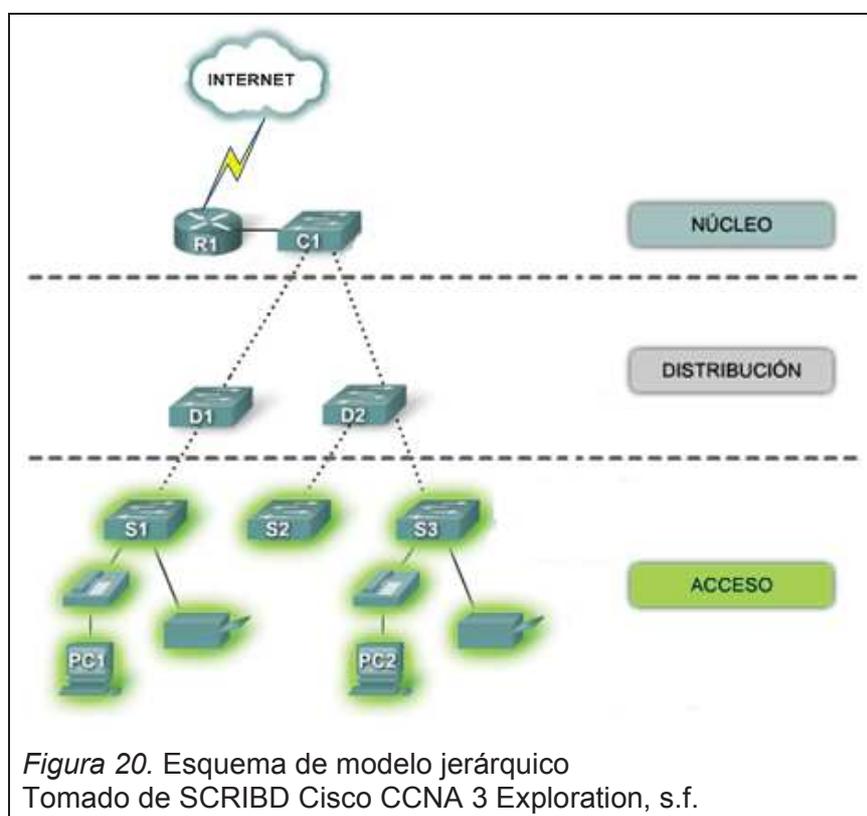


Figura 19. Diagrama actual de la red de la Universidad de las Américas

2.1.2 Jerarquía de Red

La red de la Universidad de las Américas es del tipo LAN Conmutada, la conmutación se lleva a cabo mediante el uso de *switches*. “El funcionamiento de la red de datos se basa en un modelo jerárquico por lo cual, la red se vuelve modular lo cual facilita el rendimiento de la red y su escalabilidad” (SCRIBD Cisco CCNA 3 *Exploration*, s.f.).

En éste tipo de jerarquía se puede identificar tres capas o niveles que son: *core* (núcleo), distribución y acceso (Figura 20).



2.1.2.1 Capa de Core

Ésta capa es la encargada de transportar grandes volúmenes de datos a gran velocidad. En este nivel jerárquico la conmutación es de alta velocidad lo cual es fundamental para la interconexión de los dispositivos entre las capas de

core y de distribución, así que, es valioso que el núcleo posea alta disponibilidad y redundancia.

La red de la Universidad de las Américas tiene un *switch* de core en cada una de sus sedes, en la sede Granados está el *switch* Cisco Catalyst 6509 mientras tanto, en la sede Colon y sede Queri se tiene un *switch* Cisco Catalyst 3750 respectivamente.

Tabla 4. Características *Switch* Cisco Catalyst 6509

Transmisión de datos	
Ancho de banda	15 Mpps , 30 Mpps , 210 Mpps y hasta 400 Mpps
Full dúplex	
Tasa de transferencia de datos(min/max)	10/100/1000 Mbps
Tasa de transferencia (máx)	10 Gbit/s
Protocolos	
Protocolos de gestión	SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP
Conectividad	
Cantidad de puertos SFP	módulo SFP 24
Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos	Desde 8 hasta 48 puertos por módulo y hasta 410 puertos Técnica mixta / fibra Gigabit Ethernet por sistema

Tabla 5. Características *Switch* Cisco Catalyst 3750

Transmisión de datos	
Velocidad de transferencia (paquete)	13.1 mpps
Ancho de banda	8 Gbit/s
Full dúplex	
Tasa de transferencia de datos(min/max)	10/100/1000 Mbps
Tasa de transferencia (máx)	1 Gbit/s
Protocolos	
Protocolos de gestión	SNMP, SNMPv2, SNMPv3, RMON, Telnet, DNS
Conectividad	
Cantidad de puertos SFP	4
Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos	48
Cantidad de puertos	52

2.1.2.2 Capa de Distribución

Ésta capa es la encargada de realizar el control del flujo de tráfico que circula entre las capas de acceso y la capa de *core*, lo cual permite aplicar políticas para la gestión de la red y seguridades.

Otra función principal de esta capa es realizar el enrutamiento entre las VLAN definidas en la capa de acceso, además define los dominios *broadcast* y *multicast*.

La universidad tiene 7 *switches* Cisco Catalyst 3560 los cuales están repartidos de la siguiente manera: 3 *switches* en la sede Granados, 2 *switches* en la sede Queri al igual que en la sede Colón.

Tabla 6. Características *Switch* Cisco Catalyst 3560

Transmisión de datos	
Ancho de banda	8 Gbit/s
Full dúplex	
Tasa de transferencia (máx)	1 Gbit/s
Tasa de transferencia de datos(min/max)	10/100/1000 Mbps
Protocolos	
Protocolo de trasmisión de datos	Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
Protocolos de gestión	SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP
Conectividad	
Cantidad de puertos SFP	4
Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos	48

2.1.2.3 Capa de Acceso

Ésta es la capa que interactúa directamente con dispositivos finales, como las estaciones de trabajo, servidores, entre otros, para suministrar acceso al resto de la red y controlar qué dispositivos se pueden comunicarse dentro de la red.

Dentro de la universidad se tiene *switches* Cisco Catalyst 2960S que se reparten de la siguiente manera: en la sede Granados 6 *switches*, en la sede Queri y Colón se tiene 4 *switches* respectivamente.

Tabla 7. Características *Switch* Cisco Catalyst 2960s

Transmisión de datos	
Tasa de transferencia (máx)	0.1 Gbit/s
Full dúplex	
Protocolos	
Protocolo de conmutación	Ethernet
Protocolo de trasmisión de datos	Ethernet, Fast Ethernet
Protocolos de gestión	SNMP 1, RMON 1, RMON 2, RMON 3, RMON 9, Telnet, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP
Conectividad	
Cantidad de puertos	24
Copper ethernet cabling technology	10Base-T/100Base-TX/1000Base-T
Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos	24
Ranuras de expansión	2 (2) x SFP (mini-GBIC)
Puertos de entrada y salida (E/S)	2x host - 10Base-T/100Base-TX/1000Base-T - RJ-45

2.2 Consideraciones preliminares y variables que intervienen en el diseño de comunicaciones entre las sedes de la universidad

Al momento de realizar un diseño para un enlace FSO es necesario tomar algunos aspectos necesarios para llevar a cabo la instalación de los equipos para alcanzar un óptimo funcionamiento a largo plazo.

La planificación adecuada para una correcta instalación del sistema FSO involucra la valoración de los equipos a utilizar (ancho de banda, interfaces, alcance, longitud de onda, potencia, etc.) además, de aspectos referentes al entorno físico donde van operar los enlaces ópticos, como son condiciones climáticas, distancias de los enlaces, línea de vista, entre otros aspectos. Realizar un análisis apropiado es muy importante para asegurar una instalación exitosa y por ende, un funcionamiento óptimo del sistema FSO ya

que, si no se realiza una adecuada planeación el sistema tendrá un bajo desempeño.

2.2.1 Estudio del lugar de instalación

El análisis del sitio en el cual se va a llevar a cabo la instalación del sistema FSO es fundamental por lo cual, se debe realizar una recolección adecuada de información antes de ejecutar la instalación.

2.2.1.1 Determinación de la línea de vista

La tecnología óptica en el espacio libre requiere que entre los puntos que se van a enlazar exista línea de vista por ende, se debe realizar una verificación visual para descartar que existan obstrucciones a lo largo del trayecto tales como, edificaciones, árboles o algún otro tipo de obstáculo, cuando las distancias son largas, la verificación de la línea de vista podría ser más compleja por lo cual, se puede utilizar algún software especializado como una herramienta de apoyo para la determinación de la línea de vista.



Figura 21. Determinación de la línea de vista
Tomado de CESNET, 2007.

2.2.1.2 Determinación de la distancia de los enlaces

La determinación de la distancia de los puntos a enlazar, no es más que la distancia que hay entre los equipos terminales del enlace ya que, la distancia

que tienen los equipos está limitada de acuerdo a cada fabricante de equipos FSO.

La limitación de la distancia en condiciones climáticas adversas se establece por el fabricante e indica la distancia máxima para que así el enlace no se interrumpa y no ocurra una disminución del margen del enlace así mismo, cuando la distancia es muy corta puede causar la saturación de la señal en el lado del receptor ocasionando la pérdida del enlace.

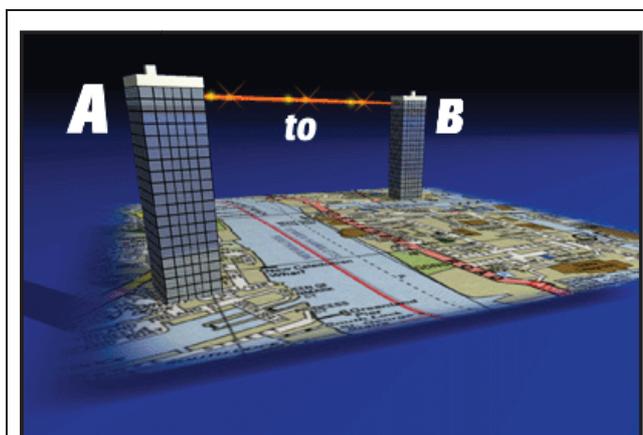


Figura 22. Distancia de enlace
Tomado de WAVECOM INC, s.f.

2.2.1.3 Determinación del lugar de instalación

Luego de determinar la distancia y línea de vista se debe determinar el tipo de montaje que se va a realizar puesto que, los equipos FSO se los puede instalar internamente en la edificación junto a una ventana (Figura 23) o el montaje será externo ya sea, en una terraza (Figura 24) o también en una torre de telecomunicaciones (Figura 25).



Figura 23. Instalación junto a ventana
Tomado de MRV Support, s.f.



Figura 24. Instalación externa en terraza
Tomado de MRV Support, s.f.



Cabe destacar que, cuando los equipos se instalan junto a una ventana se debe considerar las características de los vidrios, si son polarizados o sin color, ya que estos factores causan una reducción nominal del enlace, este valor de pérdida está dado por el fabricante.

Es importante que el montaje sea muy estable, ya que cualquier fluctuación en el montaje puede ocasionar la pérdida de alineación del enlace.

2.2.1.4 Infraestructura (Alimentación Eléctrica, Cableado)

La alimentación eléctrica de los equipos FSO viene dado por el fabricante, normalmente los parámetros de voltaje alterno están entre 100 – 240[VAC], 60[Hz] o de voltaje continuo entre 24 – 48[VDC]. Además se debe tener en cuenta que para evitar la interrupción del enlace a causa de cortes de energía eléctrica inesperados se debe instalar un UPS como respaldo.

El cableado va a depender de la interface que se emplee en los equipos de *networking* que serán conectados hacia el cabezal del equipo FSO, normalmente cable de fibra óptica con conectores SC-LC dúplex, además de

un cable UTP el cual, va estar conectado al cabezal FSO para administración de este (Figura 26).

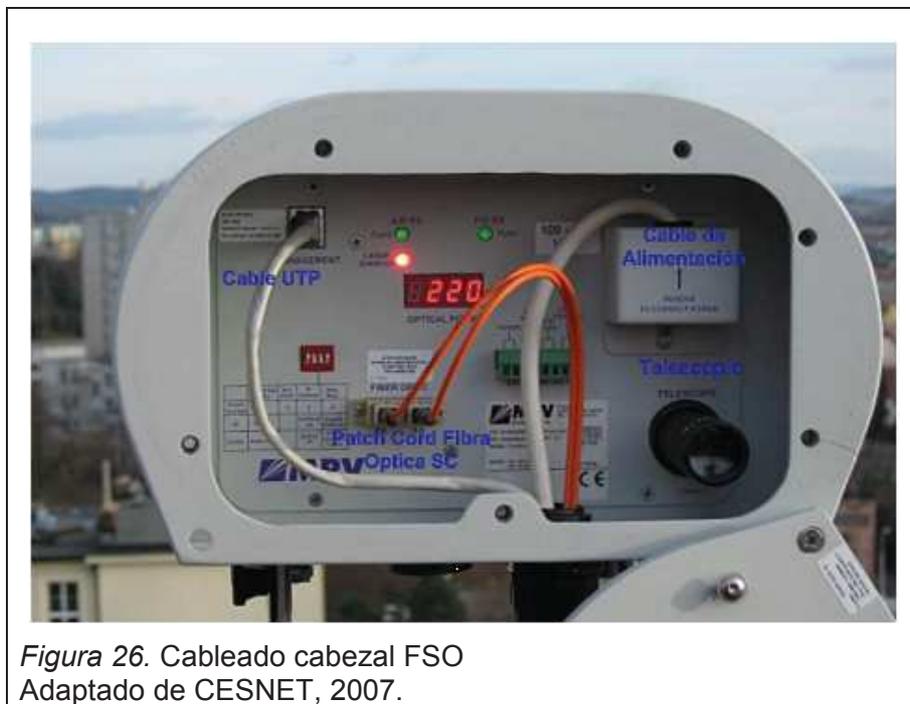


Figura 26. Cableado cabezal FSO
Adaptado de CESNET, 2007.

2.2.2 Despliegue del Sistema

Los sistemas FSO pueden ser desplegados en varias configuraciones tales como punto-punto, malla, estrella o anillo (Figura 27), la configuración va a depender del tipo y de las necesidades de la red que se desea implementar.

2.2.2.1 Topología Punto a Punto

Esta topología funciona de manera que un “simple nodo actúa como origen y desde él se envía los datos hacia otro equipo que va actuar como destino” (Canto, Rivamar y Soto, 2006) la comunicación es bidireccional.

2.2.2.2 Topología en Anillo

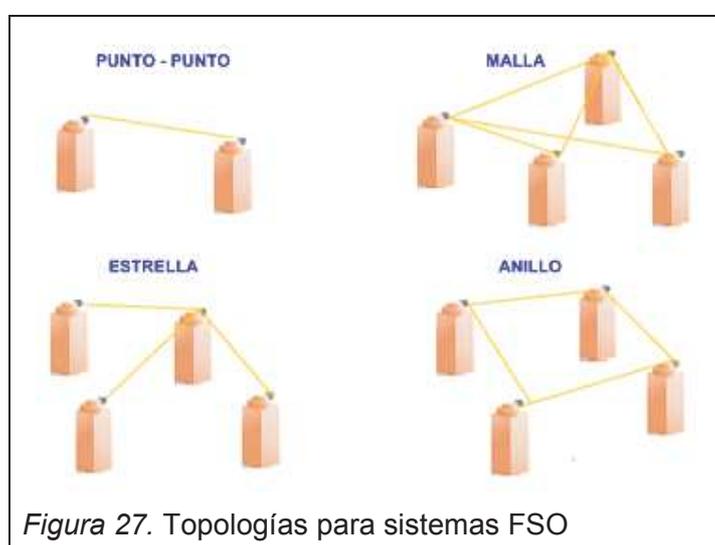
La red está constituida por un “conjunto de repetidores unidos punto a punto formando un bucle cerrado, los enlaces son unidireccionales los datos se transmiten en un solo sentido”, en caso de existir una ruptura de conexión toda la red se desconecta (Stallings, 2004, p.405).

2.2.2.3 Topología en Estrella

La red en estrella “cada estación está directamente conectada a un nodo central, la información es dirigida por el nodo central hacia los otros nodos” (Stallings, 2004, pp.406-407).

2.2.2.4 Topología en Malla

Esta topología cada nodo se conecta a uno o más nodos por consiguiente, es posible enviar la información de un nodo a otro por diferentes caminos con lo cual, siempre existe conexión.



2.2.3 Alineación de los sistemas

Los sistemas FSO deben estar correctamente alineados entre sí con la finalidad de garantizar el funcionamiento del enlace, esto es un proceso de precisión entre los equipos terminales con el objetivo de permitir la conectividad óptica entre ellos.



La alineación se lo realiza en dos pasos. El primer paso es una alineación aproximada, la que se realiza con los equipos apagados los cuales se dirigen el uno hacia el otro, este tipo de alineación de la realiza con la ayuda de un telescopio que viene incorporado en los equipos FSO (Figura 28).

El segundo paso es el ajuste fino, después de que los equipos se encienden las dos estaciones van a transmitir una señal óptica de reposo, donde un indicador con una señal de realimentación muestra cuando se llega a conseguir una alineación óptima. El nivel de la potencia de la señal recibida (RSSI) se muestra en el *display* del equipo (Figura 29).



2.2.4 Verificación del Enlace

Al finalizar todo proceso de instalación se debe realizar la verificación del enlace para asegurar la integridad del mismo, para realizar este proceso se lo lleva a cabo con la utilización de un instrumento que permita medir la tasa de bits errados (BER) del enlace.

“La tasa de error típica en fibra óptica es de 10^{-9} ” (DeCusatis, 2004, p.195) por lo cual, al momento de realizar la medición del BER (*Bit Error Rate*) del enlace no puede ser menor que el valor típico, el dispositivo de BER genera el tráfico deseado a través del enlace y mide la tasa de error de bit sostenida, esta prueba a menudo se puede dejar correr durante horas o inclusive días para obtener un periodo de muestreo lo suficientemente grande.

2.2.5 Mantenimiento

La mayoría de los sistemas de comunicaciones ópticas en el espacio libre en la actualidad están diseñados para soportar diversas condiciones meteorológicas lo que hace que, el diseño de enlaces sea más duradero a lo largo del tiempo y no sea propenso a fallos que no sean propios del desgaste normal producido con el transcurrir del tiempo.

El mantenimiento del cabezal FSO se limita a la limpieza del lente del cabezal siguiendo las recomendaciones dadas por el proveedor para realizar el mantenimiento.

Los equipos FSO tienen una interface para el control y administración de los datos el cual utiliza el protocolo SNMP, el cual es manejado mediante una dirección IP, entre los parámetros controlados se tienen: corriente y voltaje de alimentación, potencia y temperatura del láser, humedad y temperatura interna, estado de la red; estas alarmas permiten alertar cualquier anomalía del enlace en tiempo real.

La mayoría de fabricantes ofrecen una garantía por defectos de fábrica durante el primer año, algunos fabricantes ofrecen una garantía estándar de tres años

con garantías extendidas también. Los términos de garantía varían según los proveedores.

2.2.6 Seguridad

En los sistemas ópticos de espacio libre se debe tomar en cuenta el aspecto de la seguridad de dos maneras, la primera que se refiere a la confidencialidad de la información que va a ser transmitida a través del espacio libre y la segunda es la seguridad de las personas frente a la exposición de los láseres que emiten los equipos FSO.

2.2.6.1 Confidencialidad de la información

La tecnología FSO, el haz de luz que transmite es estrecho con una amplitud generalmente de 3 miliradianes (0.54 grados) inclusive puede llegar a 1 miliradian, con un haz tan pequeño, direccional, sin lóbulos laterales hace la interceptación de la información sea mucho más difícil.

Cualquier objeto a lo largo del trayecto del haz de luz puede bloquearlo de tal manera que, la única forma para interceptar la comunicación es de introducir un receptor dentro del trayecto del haz de luz lo cual, dependiendo de la ubicación donde se encuentren los equipos, la elevación del haz de luz, su invisibilidad es muy difícil de lograr; además un receptor no autorizado (intruso) que no esté adecuadamente colocado no podrá recolectar el haz de luz por completo por lo que no tendrá acceso a la información transmitida.

Para lograr interceptar la señal óptica, generalmente se va a interrumpir la comunicación en uno de los extremos, existe el alto riesgo de afectar la transmisión de manera inversa mediante el bloqueo de la misma lo cual puede ser notado por el administrador del sistema debido a la operación de un intruso.

2.2.6.2 Seguridad Visual

La exposición a cualquier laser puede ocasionar daños a las personas tanto a nivel ocular como a nivel de la piel.

Los efectos sobre la piel no se consideran dentro de la tecnología FSO puesto que, el nivel de energía que irradian los equipos FSO es siempre menor al del sol ya que se encuentran en el espectro de la luz infrarroja y no en el ultravioleta.

No obstante, el ojo humano es muy sensible a la radiación infrarroja, la retina es un área fuertemente sensitiva del ojo y puede ser dañada por alguna de fuente de luz muy fuerte.

Los factores que hay que se debe considerar como potenciales riesgos oculares son: la longitud de onda del haz de luz, la potencia emitida y la forma del haz.

Tabla 8. Impacto ocular de las longitudes de onda

Longitud de Onda	550-700 nm	700-1000 nm	1500-1800 nm
Emisión	Visible	Infrarrojo cercano	Infrarrojo lejano
Transmisión	90%	50%	0%
Absorción	retina: 90%	cornea: 0% humor vítreo: 50%	cornea: 90% humor acuoso: 10%
Peligro para el ojo (umbrales que excedan el MPE16)	retina: calentamiento, quemaduras, lesiones limitadas e irreversibles	retina: calentamiento, quemaduras, lesiones limitadas e irreversibles lente cristalino: lesiones potenciales	córnea: opacamiento potencial

Tomado de Bouchet, Sizub, Boisribert, De Fornel y Favennec, 2006, p.198.

Los siguientes parámetros permiten clasificar y cuantificar el riesgo:

- Categoría: define el riesgo y nivel de potencia, descripción obligatoria para cualquier producto láser.
- AEL (*Accesible Emission Limits*): el límite de emisión accesible categorizan a los láseres de acuerdo a su potencia.

- MPE (*Maximun Permissible Exposure*): la máxima exposición permisible es un factor de riesgo que indica el nivel de radiación al cual una persona puede estar expuesta sin efectos nocivos sobre los ojos o la piel.

2.2.6.2.1 Categorías Láseres

De acuerdo al estándar EN 60825-1 definido por la Comisión Electrotécnica Internacional, clasifica a los láseres en 7 categorías en cuanto al tipo de riesgo que implica la luz emitida por el láser.

Tabla 9. Categorías de los láseres

CATEGORIA	RIESGOS ASOCIADOS
1M	Dispositivo de baja potencia que emite radiación a una longitud de onda en la banda de 302.5 - 400nm. Incluyendo visión con el uso de instrumentos ópticos (binoculares, microscopios).
1	Dispositivo de baja potencia que emite radiación a una longitud de onda en la banda de 302.5 - 400nm. Se exceptúa la visión utilizando instrumentos ópticos.
2M (IIM)	Dispositivo de baja potencia que emite radiación visible (en la banda de 400 - 700 nm). La protección ocular está asegurada por las defensas reflejadas, incluyendo el cierre del párpado. El reflejo de párpado provee protección efectiva bajo muchas condiciones incluyendo el uso de instrumentos ópticos.
2 (II)	Dispositivo de baja potencia que emite radiación visible (en la banda de 400 - 700 nm). La protección ocular es igual que en el caso anterior por reflejo de párpado, exceptuando el uso de instrumentos ópticos (binoculares, microscopios).
3R (IIIR)	Dispositivo de potencia promedio que emite radiación en la banda de 302.5 - 400 nm. La visión directa es potencialmente peligrosa.
3B (IIIB)	Dispositivo de potencia promedio que emite radiación en la banda de 302.5 - 400 nm. La visión directa del haz es siempre peligrosa.
4 (IV)	Dispositivo de alta potencia. Siempre hay daño del ojo y de la piel, existe riesgo de fuego.

Tomado de Bouchet, Sizub, Boisribert, De Fornel y Favennec, 2006, p.199.

2.3 Desarrollo de los requerimientos del sistema

Partiendo como base las consideraciones preliminares, se desarrolla las variables que van a intervenir en el diseño para realizar los enlaces de comunicaciones para sedes de la UDLA.

2.3.1 Comprobación de línea de vista

Al visitar las sedes de la universidad se realiza la verificación de existencia de línea de vista entre las mismas, para lo cual se toman varias fotografías para evidenciar si hay algún tipo de obstáculos entre las sedes.

Entre las sedes Granados-Queri existe totalmente línea de vista por lo que, el despliegue del enlace FSO no tiene ningún problema.



Desde la sede Granados hacia la sede Colon existen varios obstáculos principalmente algunos edificios (Figura 31) pero, el mayor obstáculo representa el estadio Olímpico Atahualpa (Figura 32), éste se encuentra a una distancia de 1.05 kilómetros y con un nivel de referencia aproximado de 2785[msnm] tal como se ilustra en la Figura 33.



Figura 31. Obstáculos desde la sede Granados

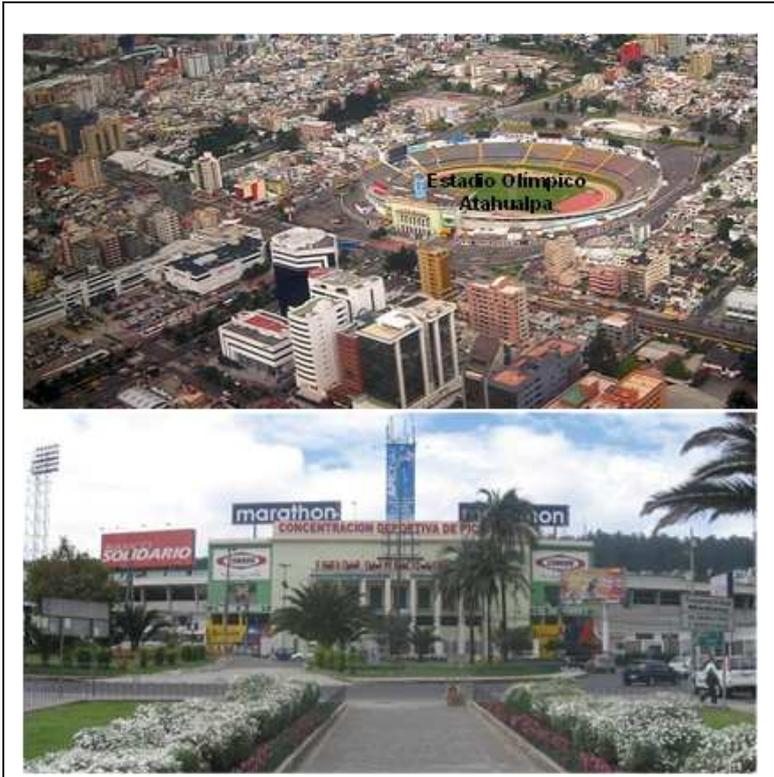


Figura 32. Obstáculo Estadio Olímpico Atahualpa



Figura 33. Distancia de la sede Granados hacia el Estadio Olímpico Atahualpa

Hecho el análisis se puede decir que no existe línea de vista entre la sede Granados hacia la sede Colón por lo cual, se debe realizar el estudio de factibilidad técnica respectivo, para saber si los obstáculos son insalvables o se requiere de algún tipo de estructura adicional para realizar los enlaces FSO.

2.3.2 Determinación de las distancias entre las sedes

Se procede a determinar las distancias que existen entre las sedes para lo cual, se emplea un GPS para realizar los cálculos de las distancias de los enlaces que formarán parte de la red FSO además se determina las coordenadas geográficas y alturas, la información se tabula en la Tabla 10.

Tabla 10. Coordenadas Geográficas de las sedes de la UDLA

NOMBRE DE LA SEDE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS [grados°, minutos', segundos"]	NIVEL DE REFERENCIA [msnm]
GRANADOS	Latitud: 0°10'3.81"S Longitud: 78°28'21.00"O	2804
QUERI	Latitud: 0°10'12.35"S Longitud: 78°28'16.00"O	2833
COLÓN	Latitud: 0°12'8.99"S Longitud: 78°29'5.52"O	2800

Con la ayuda del programa *Google Earth Pro* se calcula las distancias entre las sedes para lo cual, se hace el ingreso de los datos obtenidos con el GPS.



Figura 34. Distancia entre la sede Granados – Queri

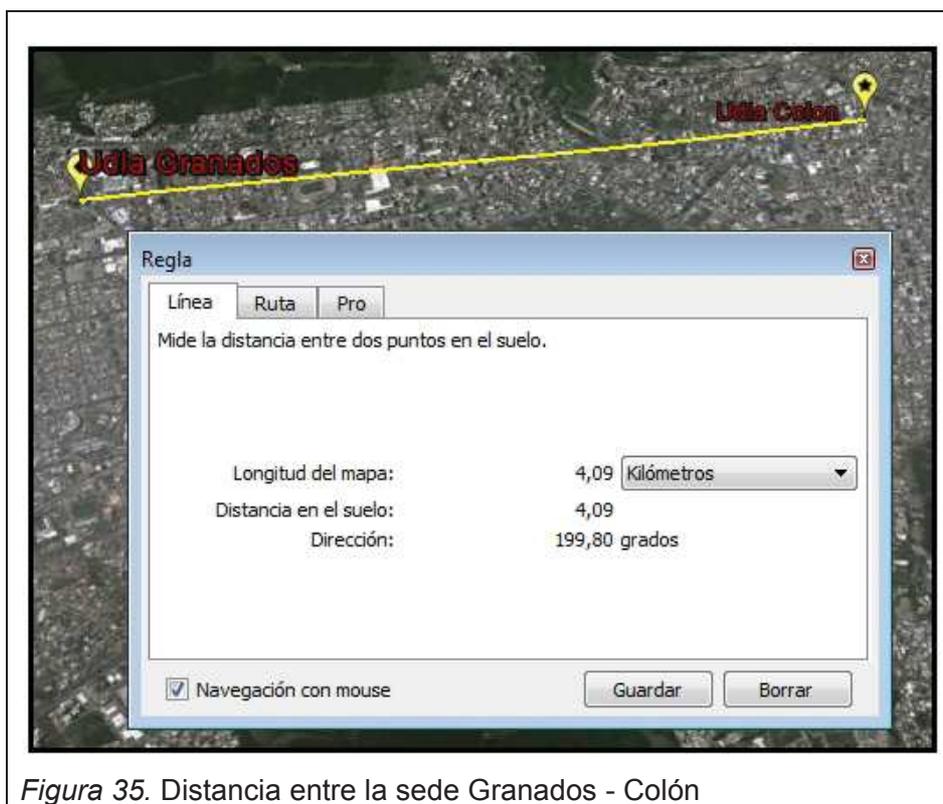


Figura 35. Distancia entre la sede Granados - Colón

De las Figuras 34 y 35 se obtienen las distancias entre las sedes de la universidad en la Tabla 11, se debe tener en cuenta que las distancias obtenidas con el programa son distancias horizontales.

Tabla 11. Distancias de los Enlaces FSO

ENLACE	Distancia Horizontal [Kilómetros]
Sede Granados - Sede Queri	0,31
Sede Granados - Sede Colón	4,09

2.3.3 Análisis del clima en Quito

La ciudad de Quito se encuentra localizada en la línea ecuatorial, razón por lo cual tiene una importante incidencia solar, el clima es muy peculiar en la ciudad ya que, varía mucho entre la noche y el día. La temperatura media está entre 15.5°C y 17.1°C como se muestra en la Tabla 12.

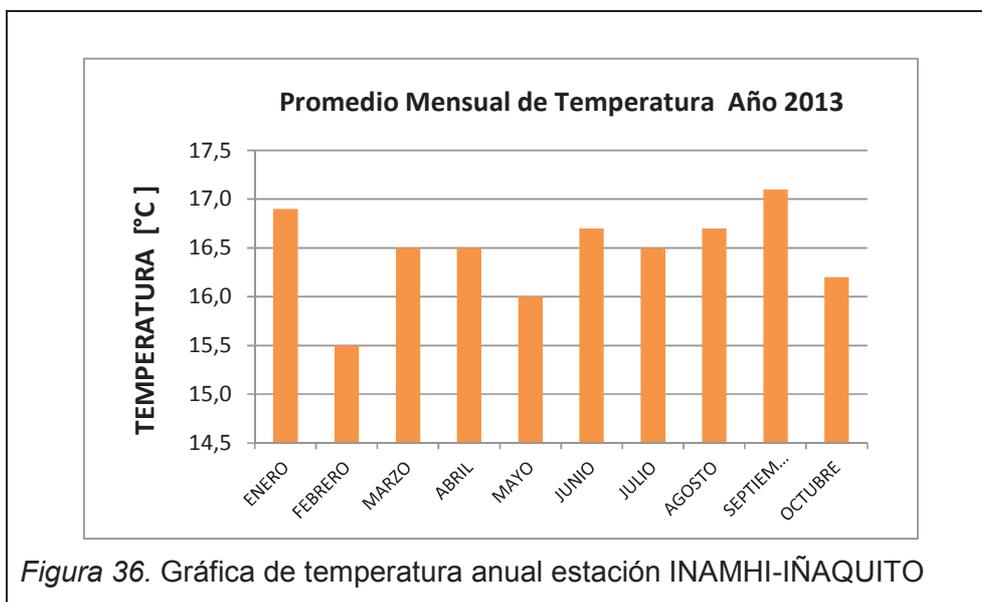
Tabla 12. Estadística Climatológica Anual Estación INAMHI-IÑAQUITO

MES	PRECIPITACION [mm]			Número de Días con Precipitación	TEMPERATURA [°C]				
	Suma Mensual	Máxima en 24 horas	Día		ABSOLUTAS				
					Máxima	Día	Mínima	Día	Mensual
ENERO	42,7	32,7	12	5	26,0	11	7,4	19	16,9
FEBRERO	195,1	49,6	10	16	23,7	1	9,2	16	15,5
MARZO	82,7	26,2	19	16	25,5	10	9,2	30	16,5
ABRIL	110,9	25,7	21	13	25,5	16	7,4	25	16,5
MAYO	115,7	25,1	30	22	23,5	2	9,9	31	16,0
JUNIO	0,3	0,2	30	2	25,0	22	9,0	6	16,7
JULIO	0,6	0,6	1	1	24,8	20	7,9	3	16,5
AGOSTO	18,4	9,7	8	11	25,3	30	8,9	25	16,7
SEPTIEMBRE	31,8	13,1	30	7	27,2	21	7,8	21	17,1
OCTUBRE	135,7	21,8	29	19	24,8	1	6,8	19	16,2

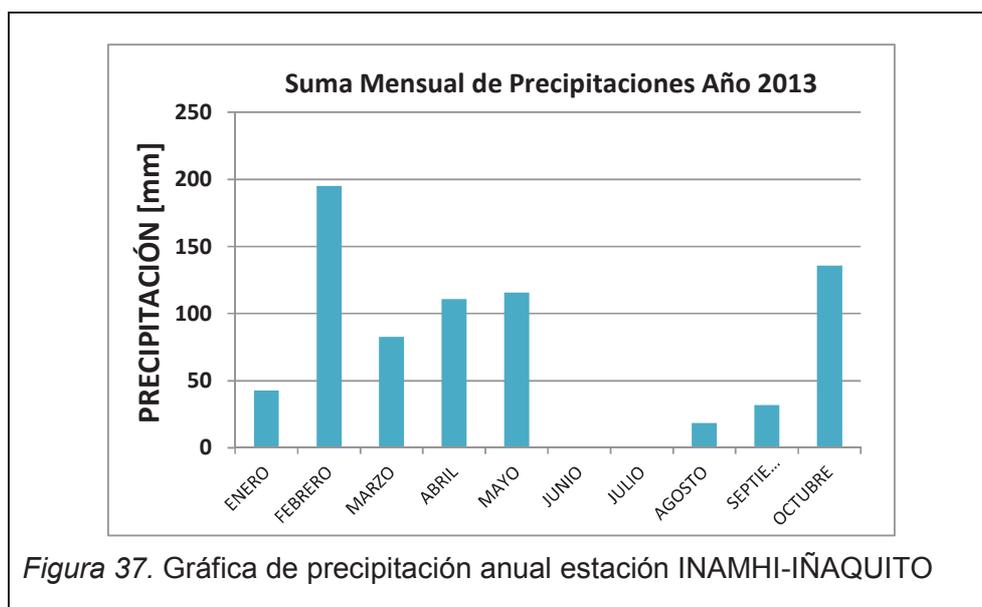
Nota: Datos obtenidos del INAMHI correspondiente a los meses comprendidos entre enero y octubre del 2013 (INAMHI, 2013).

De los boletines mensuales meteorológicos publicados por el INAHMI en el año 2013 se extrae la información de las precipitaciones caídas y las variaciones de temperaturas en Quito, los valores se toma de la estación Iñaquito por su ubicación, debido a que ésta abarca el área donde se localizan las sedes de la universidad.

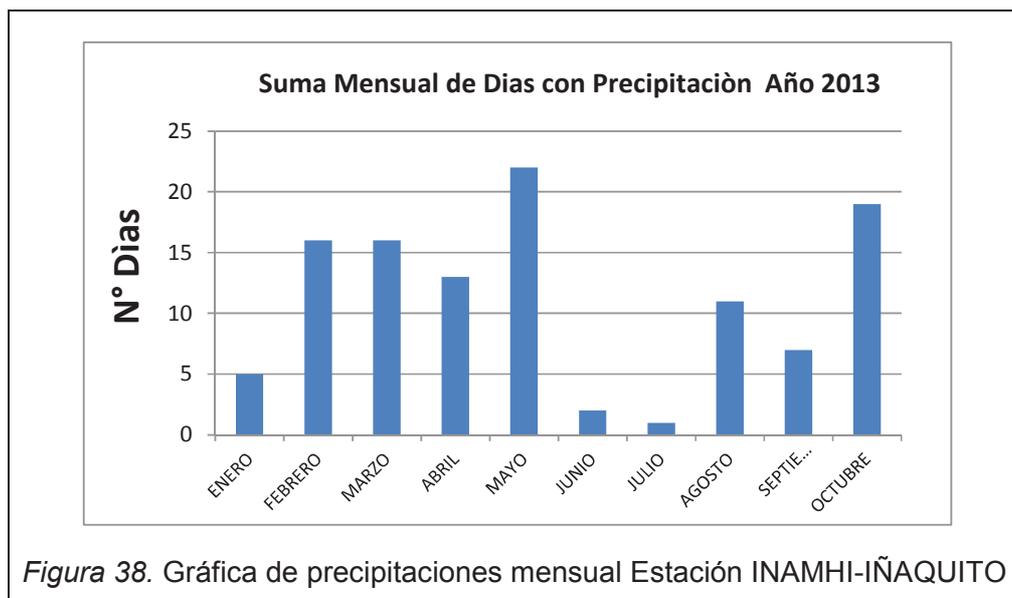
Los datos presentados por la estación Iñaquito en la Figura 36, se observa los promedios mensuales de las temperaturas durante el año 2013, el mes de febrero presenta la menor temperatura promedio mientras tanto, el mes septiembre presenta la mayor temperatura promedio.



El nivel de precipitaciones de la estación Iñaquito se muestra en la Figura 37, se puede observar que el mes de mayor precipitación en el año 2013 fue el mes de Febrero alcanzando un nivel de 195.1[mm], cabe mencionar que un milímetro de agua lluvia significa que cayó un litro de agua en un metro cuadrado de superficie.



A continuación se muestra el número de días con precipitaciones durante cada mes en la estación Iñaquito (Figura 38), se puede observar que el mes con mayor número de días con precipitaciones es mayo, cabe recalcar que las precipitaciones duran un período de tiempo corto no son precipitaciones que se extienden por largos períodos de tiempo.



2.3.4 Topología de red seleccionada

Cada topología de red tiene distintas características por lo cual, la elección de la topología adecuada de basa en factores como disponibilidad, distribución del tráfico y ubicaciones físicas de las instalaciones para realizar la interconexión.

Para el caso de la universidad la disponibilidad es el factor principal que requiere la red ya que, por ser un centro de estudios superiores las sedes siempre deben contar con una alta disponibilidad tanto para funcionarios de la universidad y principalmente para los estudiantes.

La universidad en la actualidad maneja una topología tipo estrella por lo cual para el diseño del sistema FSO va a mantener la misma topología ya que, desde la sede Principal Granados es la encargada de monitorear el tráfico hacia las otras sedes así mismo, no se encarecen los costos de implementación, además que esta topología evita las colisiones de la red.

Basados en estos criterios, los enlaces FSO a diseñarse proporcionarían redundancia al sistema que maneja la universidad para la interconexión de sus sedes.

2.3.5 *Throughput* de la Universidad de las Américas

El *throughput* es la capacidad de información que fluye a través de un canal de comunicación, el rendimiento se mide en bits por segundo [bits/s o bps].

Para realizar la medida del *throughput* se contó con la colaboración del Área de Infraestructura Tecnológica de la UDLA, área que facilitó las mediciones del *throughput* desde la sede Granados hacia la sede Queri así mismo, desde la sede Granados hacia la Colón.

En la Figura 39 se muestra el *throughput* correspondiente al enlace entre la sede Granados y la sede Queri.

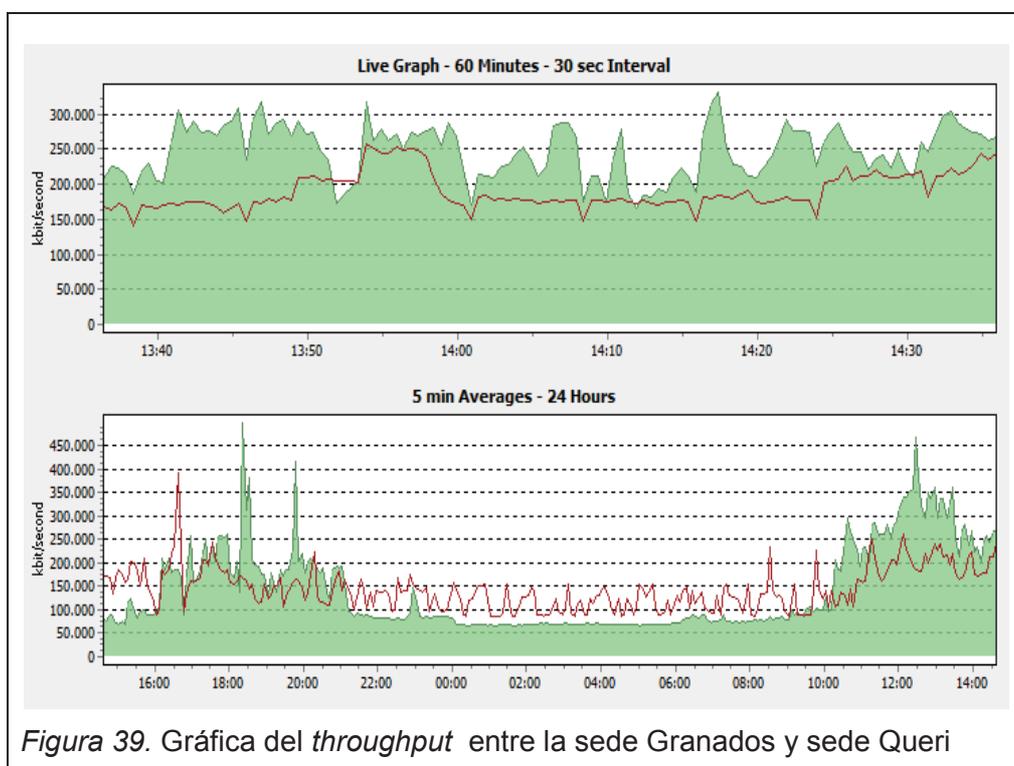


Figura 39. Gráfica del *throughput* entre la sede Granados y sede Queri

De la Figura 39 se puede observar que el valor máximo que alcanza el *throughput* del enlace en una hora es de 250.000[Kbps] mientras tanto, el valor promedio durante veinte cuatro horas es de 400.000[Kbps].

En la Figura 40 se presenta el *throughput* del enlace entre la sede Granados y la sede Colón.

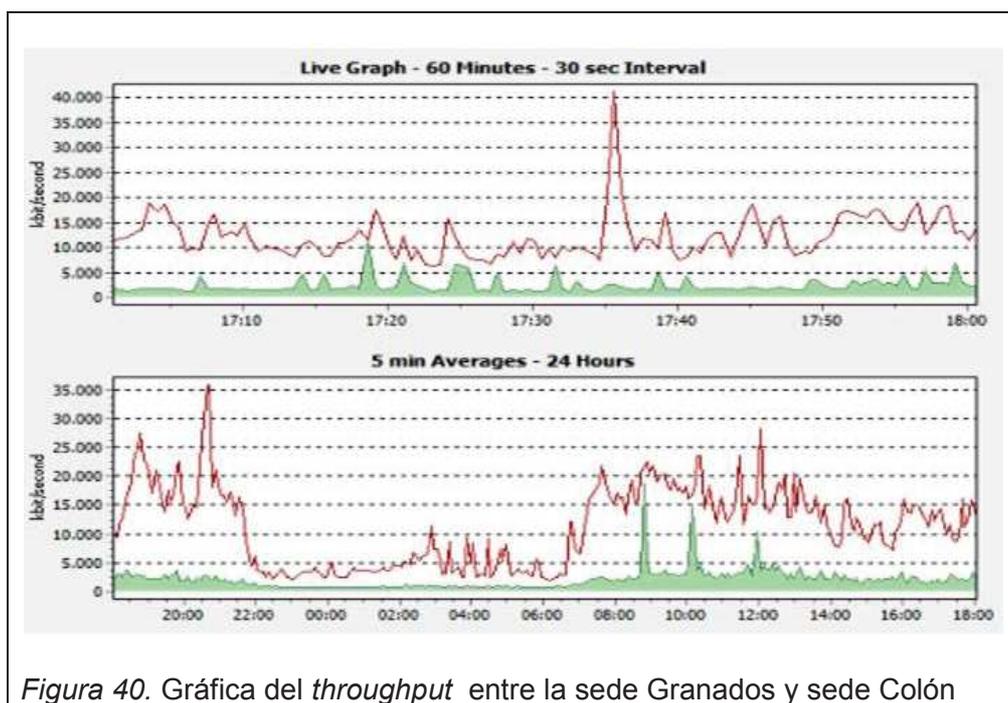


Figura 40. Gráfica del *throughput* entre la sede Granados y sede Colón

Se puede observar de la Figura 40 que el valor máximo que alcanza el *throughput* del enlace en una hora es de 40.000[Kbps] mientras tanto, el valor promedio durante veinte cuatro horas es de 35.000[Kbps].

Tabla 13. *Throughput* de la Universidad de las Américas

Descripción	<i>Throughput</i> en 1 Hora [Kbps]	<i>Throughput</i> Promedio 24 Horas [Kbps]
Enlace Granados - Colón	40.000	35.000
Enlace Granados - Queri	250.000	400.000

Estos valores son importantes ya que, servirán de criterio para seleccionar los equipos FSO cuyas capacidades tengan una tasa de rendimiento adecuado comparado con los valores del *Throughput* presentados aquí.

3. Diseño y Estudio de Factibilidad

3.1 Estudio de factibilidad técnica de la red FSO

Para realizar el estudio de factibilidad técnica se va a comenzar a evaluar el enlace entre la sede Granados y la sede Colón ya que, en el capítulo anterior se determinó que no existe línea de vista por lo cual, con la utilización de la herramienta de simulación Radio Mobile se va a determinar si los obstáculos que se tiene en el trayecto son franqueables o si se requiere alguna infraestructura adicional en las sedes para lograr obtener línea de vista.

3.1.1 Enlace Sede Granados - Sede Colón

Con las coordenadas obtenidas en la Tabla 8 de cada sede, se procede a ingresar los valores en la aplicación Radio Mobile para realizar la simulación, cabe destacar que el *software* trabaja con ondas de radio, su empleo es para realizar el perfil topográfico y verificar los obstáculos a lo largo del trayecto del enlace a diseñar.

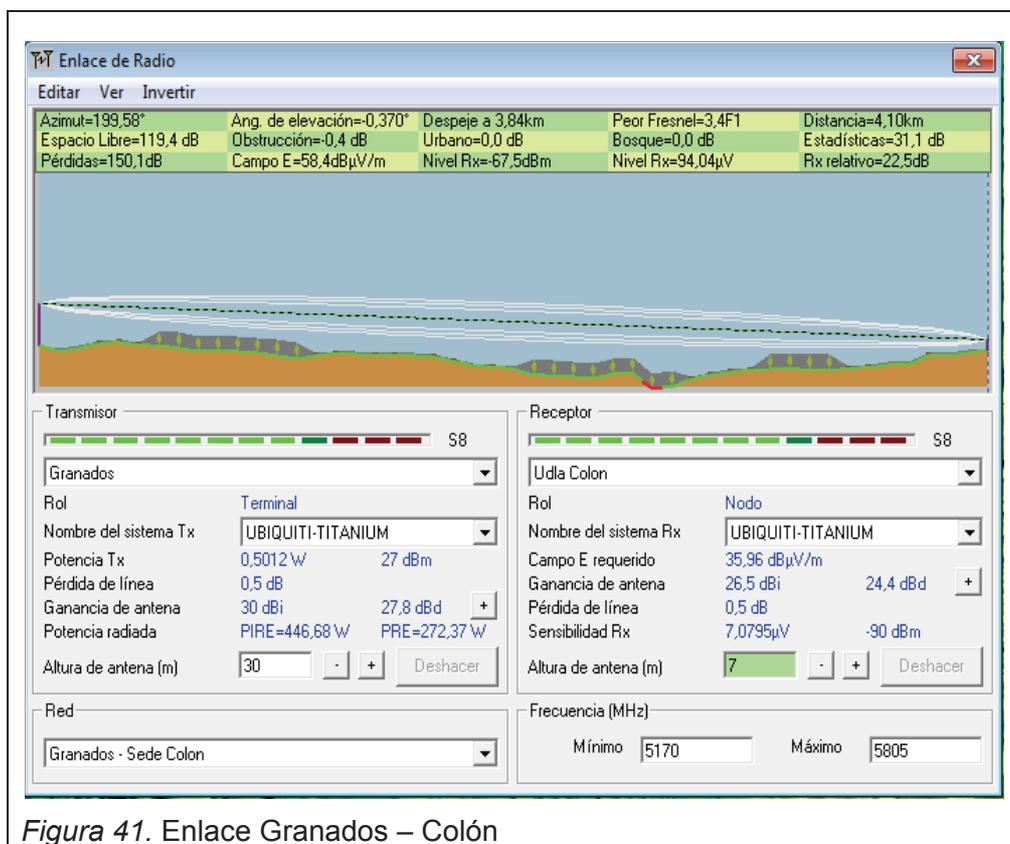


Figura 41. Enlace Granados – Colón

Al realizar la simulación del enlace (Figura 41), se obtiene que se requiere incorporar una torre en el lado de la sede Granados con una altura de 30 metros de igual manera, en el lado de la sede Colón se requiere una torre de 7 metros de altura.

La alturas de la torres se las han considerado con relación a la altura del obstáculo que se tiene en el trayecto que es el Estadio Olímpico Atahualpa (Figura 42), la parte norte en donde se encuentra el marcador electrónico tiene una altura aproximada de 40 metros lo cual obstruye la línea de vista entre la sede Granados y la sede Colón, por esta razón se consideran cada una de las torres.

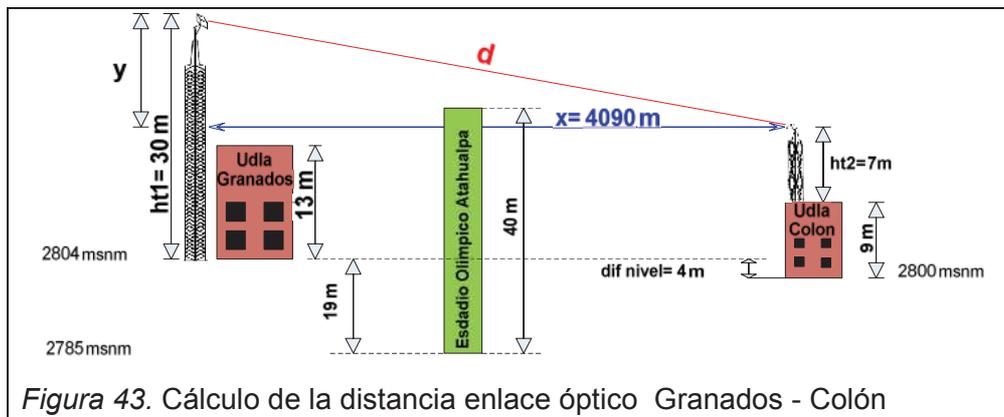


Figura 42. Obstáculo Estadio Olímpico Atahualpa

La incorporación de las torres en cada sede están consideradas para garantizar que a lo largo del trayecto exista línea de vista entre los puntos que se desea realizar el enlace y superar cualquier tipo de obstrucción.

3.1.1.1 Distancia del enlace óptico Sede Granados - Sede Colón

Para realizar el cálculo de la distancia del enlace con la incorporación de las torres en cada sede de la universidad, se considera el esquema propuesto como se muestra en la Figura 43.



De la Figura 43 se obtiene la Ecuación 11:

$$y = ht1 + difnivel - 10m - ht2 \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$y = 30m + 4m - 9m - 7m$$

$$y = 18m$$

Ahora se realiza el cálculo de la distancia del haz de luz

$$d = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$d = \sqrt{(4090m)^2 + (18m)^2}$$

$$d = 4090.039m$$

Del resultado obtenido de la ecuación 12 se puede observar que las distancia requerida para el enlace FSO entre ambas sedes están dentro de los rangos de alcance que manejan los equipos terminales FSO.

3.1.2 Enlace Sede Granados - Sede Queri

Entre las dos sedes de la universidad existe línea de vista, no hay ningún obstáculo por lo cual, el enlace es factible además se considera en la simulación la colocación de un mástil de altura de tres metros en la sede Queri para la instalación del cabezal FSO.

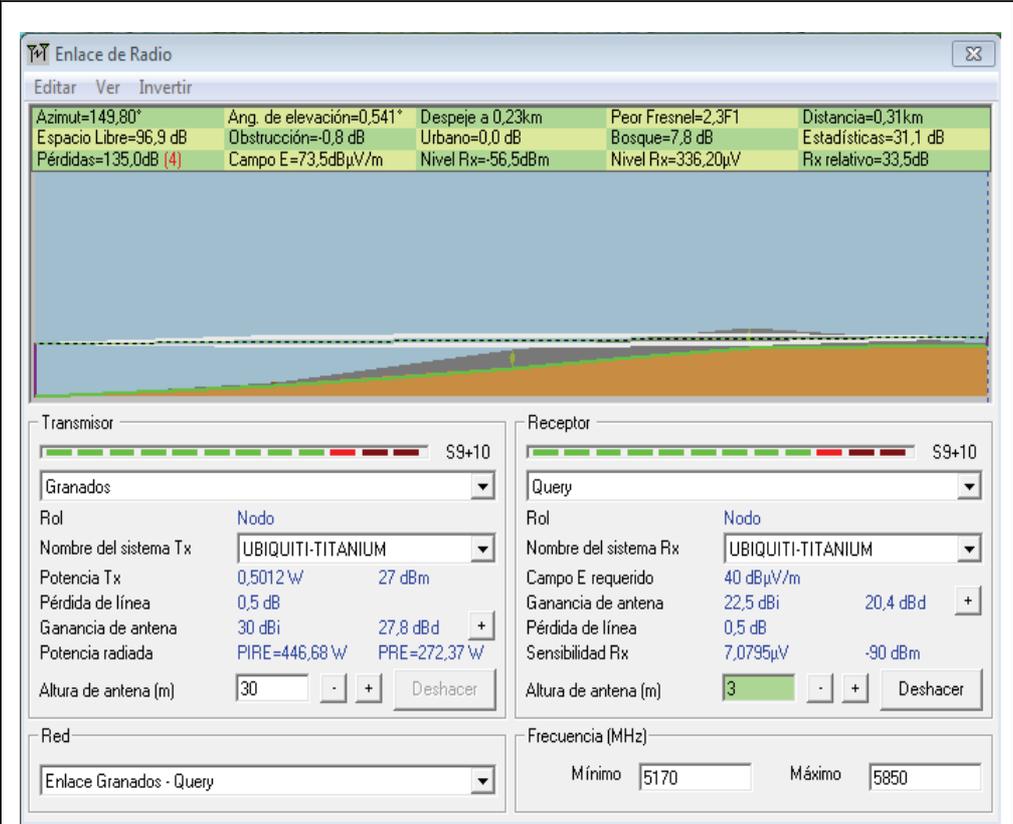


Figura 44. Enlace Granados – Queri

3.1.2.1 Distancia del enlace óptico Sede Granados - Sede Queri

Se considera el esquema de la Figura 45 para realizar el cálculo de la distancia del haz de luz entre los equipos FSO considerando las infraestructuras (torre en la sede Granados y un mástil en la sede Queri).

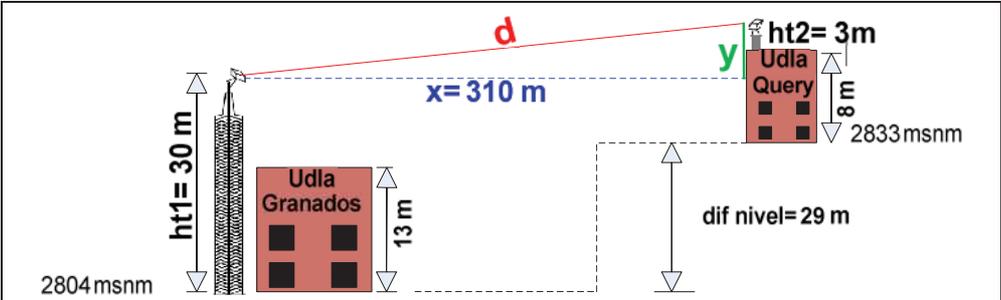


Figura 45. Cálculo de la distancia enlace óptico Granados - Queri

De la Figura 45 se obtiene la siguiente Ecuación 13:

$$y = difnivel + 8m + ht2 - ht1 \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$y = 29m + 8m + 3m - 30m$$

$$y = 9m$$

Aplicamos la Ecuación 12:

$$d = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$d = \sqrt{(310m)^2 + (10m)^2}$$

$$d = 310.16m$$

La distancia obtenida de la ecuación 12 para la realización del enlace FSO está dentro de los rangos de alcance que manejan los equipos terminales FSO.

3.1.3 Cálculo del margen de enlace

Dentro del primer capítulo se explicó que el margen del enlace es el punto fundamental al momento de realizar el diseño del enlace FSO ya que, este factor va a describir el desempeño del enlace.

3.1.3.1 Cálculo del margen de enlace Sede Granados - Sede Colón

Partiendo de la Ecuación 2 descrita anteriormente en el primer capítulo, se realiza los cálculos de cada parámetro dentro de la Ecuación 2:

$$M_{enlace} = Pe + |Sr| - Aff_{Geo} - Aff_{Atm} - P_{Sist} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Potencia de Emisión (Pe)

Este parámetro es proporcionado por cada fabricante de equipos FSO por lo cual, el equipo que se empleará para el diseño del enlace entre las sedes Granados - Colón es el de marca MRV TereScope modelo TS5000/100 (Anexo 2) las especificaciones técnicas son:

$$Pe = 150 [mW]$$

El equipo es multihaz ya que, cuenta con 3 láseres cada uno de 150 [mW] por lo que, a potencia de emisión es:

$$Pe = 3 \times 150 \text{ [mW]}$$

$$Pe = 450 \text{ [mW]}$$

La potencia de emisión se expresa en [dBm] por lo cual, con la Ecuación 14 se realiza la conversión de miliwatios [mW] a [dBm].

$$Pe_{dBm} = 10 \log(Pe_{mW}) \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$Pe_{dBm} = 10 \log(450 \text{ mW})$$

$$Pe = 26.53 \text{ [dBm]}$$

Sensibilidad del Receptor

El equipo MRV TereScope modelo TS5000/100 en sus especificaciones técnicas da el valor de:

$$Sr = -48 \text{ [dBm]}$$

Atenuación Geométrica

Para realizar el cálculo correspondiente a la atenuación geométrica se parte de la Ecuación 3 que se detalló en el primer capítulo.

$$Aff_{geométrica} = \frac{S_d}{S_{receptor}} = \frac{\pi(d*\theta)^2}{4 S_{receptor}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

De la expresión anterior el área del receptor (S_r) y la divergencia del haz (θ) son proporcionadas por el equipo FSO MRV TereScope que son:

$$S_{receptor} = 8 \text{ pulgadas}$$

$$S_{receptor} = 0.20320 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\theta = 2 \text{ [mrad]}$$

El cálculo de la atenuación geométrica será:

$$Aff_{geométrica} = \frac{S_d}{S_{receptor}} = \frac{\pi}{4} \frac{(d * \theta)^2}{S_{receptor}}$$

$$Aff_{geométrica} = \frac{\frac{\pi}{4}(4090.035m * 0.002rad)^2}{0.20320m^2}$$

$$Aff_{geométrica} = 258.630$$

Expresado en dB según la ecuación 15

$$Aff_{geométrica} = 10 \log Aff_{geométrica} \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$Aff_{geométrica} = 10 \log 258.630$$

$$Aff_{geométrica} = 24.12[\text{dB}]$$

Atenuación Atmosférica

Para realizar el cálculo de la atenuación atmosférica se parte calculando la transmitancia descrita por la Ley de Beer de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\tau(d) = \frac{P(d)}{P(o)} = e^{-\sigma d} \quad (\text{Ecuación 4})$$

El coeficiente de atenuación (σ) es igual al coeficiente de dispersión de Mie (β_n) como se describió en primer capítulo.

Para realizar el cálculo de la dispersión de Mie se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \beta_n = \frac{3.912}{V} \left(\frac{\lambda_{nm}}{550} \right)^{-q} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Dónde:

V es la visibilidad [Km]

λ_{nm} es la longitud de onda [nm]

q es la dispersión de la partícula en el medio que depende de los rangos de visibilidad que se detalla a continuación:

$$V > 50 \text{ Km} \rightarrow q = 1.6$$

$$6 \text{ Km} < V < 50 \text{ Km} \rightarrow q = 1.3$$

$$1 \text{ Km} < V < 6 \text{ Km} \rightarrow q = 0.16 * V + 0.34$$

$$0.5 \text{ Km} < V < 1 \text{ Km} \rightarrow q = V - 0.5$$

Para el diseño se toma en cuenta los valores de los niveles de precipitación máxima en un día de la estación Quito-Iñaquito durante el año 2013 presentada en la tabla 2.3 así como, el boletín meteorológico 2012 del INAHMI (Anexo 3). Con los datos de las precipitaciones, se emplea la Tabla 2 de los códigos de visibilidad internacionales para varias condiciones climáticas y precipitaciones para obtener el valor de visibilidad $V = 1\text{Km}$.

Se reemplaza el valor de V :

$$q = 0.16 * V + 0.34$$

$$q = 0.16 * 1 + 0.34$$

$$q = 0.5$$

La longitud de onda para el equipo FSO es:

$$\lambda_{nm} = 1550nm$$

Aplicando la ecuación 16 se realiza el cálculo:

$$\sigma = \beta n = \frac{3.912}{1} \left(\frac{1550}{550} \right)^{-0.5}$$

$$\sigma = 2.330$$

Con el resultado obtenido de $\sigma = 2.330$ y la distancia del enlace $d=4.090\text{ Km}$ se reemplaza en la ecuación 4:

$$\tau(d) = \frac{P(d)}{P(o)} = e^{-\sigma d}$$

$$\tau(d) = e^{-2.330*4.090}$$

$$\tau(d) = 0.0000726$$

Aplicando la ecuación 5 descrita en el primer capítulo se calcula la atenuación atmosférica.

$$Aff_{Atm} = 10 * \log_{10} \left(\frac{1}{\tau(d)} \right) \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$Aff_{Atm} = 10 * \log_{10} \left(\frac{1}{0.0000726} \right)$$

$$Aff_{Atm} = 41.38 [dB]$$

Pérdidas del Sistema

Las pérdidas del sistema se calculan con la Ecuación 17:

$$Psist = \alpha_e + \alpha_c + \alpha_f + \alpha_d \quad (\text{Ecuación 17})$$

Dónde:

α_e es la pérdida del equipo FSO que es dado por el fabricante del equipo, para el enlace el equipo FSO MRV TereScope el $\alpha_e = 1dB$.

α_c es la pérdida por conectores de fibra óptica, el valor es proporcionado por los fabricantes de fibra óptica el valor es generalmente bajo.

Para el enlace se requiere dos conectores, un conector hacia el cabezal FSO y el otro conector hacia el equipo de *networking*.

$\alpha_c = 0.5 [dB]$ cada conector

$\alpha_c = 1 [dB]$ del enlace

α_f es la pérdida por Km de la fibra óptica, para el enlace $\alpha_f = 0 [dB]$ debido a que la distancia entre el equipo FSO y el equipo de *networking* es menor a 1[Km].

α_d es la pérdida por no alineamiento del equipo FSO se considera el valor:

$$\alpha_d = 1 [dB]$$

Se reemplaza los valores de las pérdidas en la Ecuación 17 se tiene la pérdida total del sistema:

$$Psist = 1[dB] + 1[dB] + 0[dB] + 1[dB]$$

$$Psist = 3[dB]$$

Los parámetros cálculos para realizar el margen del enlace son:

$$Pe = 26.53 [dBm]$$

$$Sr = -48 [dBm]$$

$$Aff_{geométrica} = 24.12[dB]$$

$$Aff_{Atm} = 41.38 [dB]$$

$$Psist = 3[dB]$$

Empleamos la Ecuación 2

$$M_{enlace} = P_e + |S_r| - \text{Aff}_{\text{Geo}} - \text{Aff}_{\text{Atm}} - P_{\text{Sist}}$$

$$M_{enlace} = 26.53[\text{dBm}] + 48[\text{dBm}] - 24.12[\text{dB}] - 41.38[41.38] - 3[\text{dB}]$$

$$M_{enlace \text{ Granados-Colón}} = 6.03[\text{dB}]$$

3.1.3.2 Cálculo del margen de enlace Sede Granados - Sede Queri

Se realiza el cálculo de los parámetros que intervienen en el margen del enlace para conocer el desempeño del enlace propuesto.

Potencia de Emisión (P_e)

Para el diseño del enlace entre las sedes Granados - Queri el equipo FSO es el de marca MRV TereScope modelo TS700/G (Anexo 2), las especificaciones técnicas son:

$$P_e = 16 [mW]$$

Con la Ecuación 14 se realiza la conversión de miliwatios [mW] a [dBm].

$$P_{e_{dBm}} = 10 \log(P_{e_{mW}}) \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$P_{e_{dBm}} = 10 \log(16mW)$$

$$P_e = 12.04[\text{dBm}]$$

Sensibilidad del Receptor

El equipo MRV TereScope modelo TS700/G en sus especificaciones técnicas da el valor de:

$$S_r = -33[\text{dBm}]$$

Atenuación Geométrica

El área del receptor (S_r) y la divergencia del haz (θ) son proporcionadas por el equipo FSO MRV TereScope que son:

$$S_{\text{receptor}} = 8 \text{ pulgadas}$$

$$S_{\text{receptor}} = 0.20320 [m^2]$$

$$\theta = 3.5 \text{ [mrad]}$$

Para cálculo de la atenuación geométrica se emplea la Ecuación 3:

$$Aff_{geométrica} = \frac{S_d}{S_{receptor}} = \frac{\frac{\pi}{4}(d \cdot \theta)^2}{S_{receptor}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$Aff_{geométrica} = \frac{\frac{\pi}{4}(310.16\text{m} \cdot 0.0035\text{rad})^2}{0.20320\text{m}^2}$$

$$Aff_{geométrica} = 4.553$$

Se expresa en dB según la ecuación 15

$$Aff_{geométrica} = 10 \log Aff_{geométrica} \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$Aff_{geométrica} = 10 \log 4.553$$

$$Aff_{geométrica} = 6.58[\text{dB}]$$

Atenuación Atmosférica

La dispersión de la partícula en el medio $q=0.5$ como en el enlace de las sedes Granados - Colón ya que se toman las mismas consideraciones.

El coeficiente de atenuación (σ) es igual al coeficiente de dispersión de *Mie* (β_n) cuyo valor es $\sigma = 2.330$ al igual del enlace calculado entre las sedes Granados - Colón.

Con el $\sigma = 2.330$ y la distancia del enlace entre las sedes Granados - Queri $d=0.31016$ Km se reemplaza en la ecuación 4:

$$\tau(d) = \frac{P(d)}{P(o)} = e^{-\sigma d} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\tau(d) = e^{-2.330 \cdot 0.31016}$$

$$\tau(d) = 0.4856$$

Aplicando la ecuación 1.5 se calcula la atenuación atmosférica.

$$Aff_{Atm} = 10 * \log_{10} \left(\frac{1}{\tau(d)} \right) \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$Aff_{Atm} = 10 * \log_{10} \left(\frac{1}{0.4856} \right)$$

$$Aff_{Atm} = 3.13 [dB]$$

Pérdidas del Sistema

Las pérdidas del sistema van a ser igual al del enlace Sede Granados – Sede Colón ya que intervienen las mismas variables no se cambia los valores.

$$Psist = 3[dB]$$

Los parámetros cálculos para realizar el margen del enlace son:

$$Pe = 12.04[dBm]$$

$$Sr = -33 [dBm]$$

$$Aff_{geometrica} = 6.58[dB]$$

$$Aff_{Atm} = 3.13 [dB]$$

$$Psist = 3[dB]$$

Empleamos la Ecuación 2

$$M_{enlace} = Pe + |Sr| - Aff_{Geo} - Aff_{Atm} - Psist$$

$$M_{enlace} = 12.04[dBm] + 33[dBm] - 6.58[dB] - 3.13[41.38] - 3[dB]$$

$$M_{enlace \text{ Granados-Query}} = 32.33[dB]$$

3.1.4 Factibilidad del Enlace

Luego de realizar el cálculo del margen de enlace para los enlaces propuestos, se puede afirmar que existe la factibilidad técnica para realizar dichos enlaces ya que, como se muestra en la Tabla 12 para el enlace entre la sede Granados y Queri se obtiene un valor del margen de enlace de 32.33[dB] mientras tanto, el enlace entre la sede Granados y Colón se tiene un margen de enlace de 6.03[dB]. Estos valores obtenidos son lo que se va a utilizar cada enlace para protegerse contra los efectos de desvanecimiento causados por la atmósfera.

El objetivo final del cálculo del margen del enlace es examinar hasta que distancia de separación se puede colocar el equipo transmisor y el equipo receptor sin que el enlace sufra un desvanecimiento, la sensibilidad del

receptor es el parámetro que indica el nivel mínimo de señal que se necesita para que el sistema tenga un correcto funcionamiento.

Tabla 12. Margen de Enlace

Enlaces	Distancia [Km]	Potencia de Emisión [dBm]	Sensibilidad del Receptor [dBm]	Atenuación Geométrica [dB]	Atenuación Atmosférica [dB]	Pérdidas del Sistema [dB]	Margen de Enlace [dB]
Granados Colon	4.090035	26.53	48	24.12	41.38	3	6.03
Granados Queri	0.31016	12.04	33	6.58	3.13	3	32.33

3.2 Esquema de enlaces de comunicaciones propuesto

Luego de realizar el análisis del margen del enlace, tomando en cuenta todas las consideraciones mencionadas para el diseño, se puede realizar un esquema físico y el esquema lógico para los enlaces FSO para las sedes de la universidad.

En la Figura 46 se presenta la topología física de los enlaces inalámbricos propuestos para la Universidad de las Américas, el enlace entre la sede Granados hacia la sede Colón así como hacia la sede Queri.

La Figura 47 muestra el esquema lógico de la red de la Universidad de la Américas incluyendo los enlaces FSO, estos permitirán tener redundancia a la red a nivel del *core*.

Las distancias de los enlaces son consideradas desde los cabezales FSO desde una sede hacia otra sede.

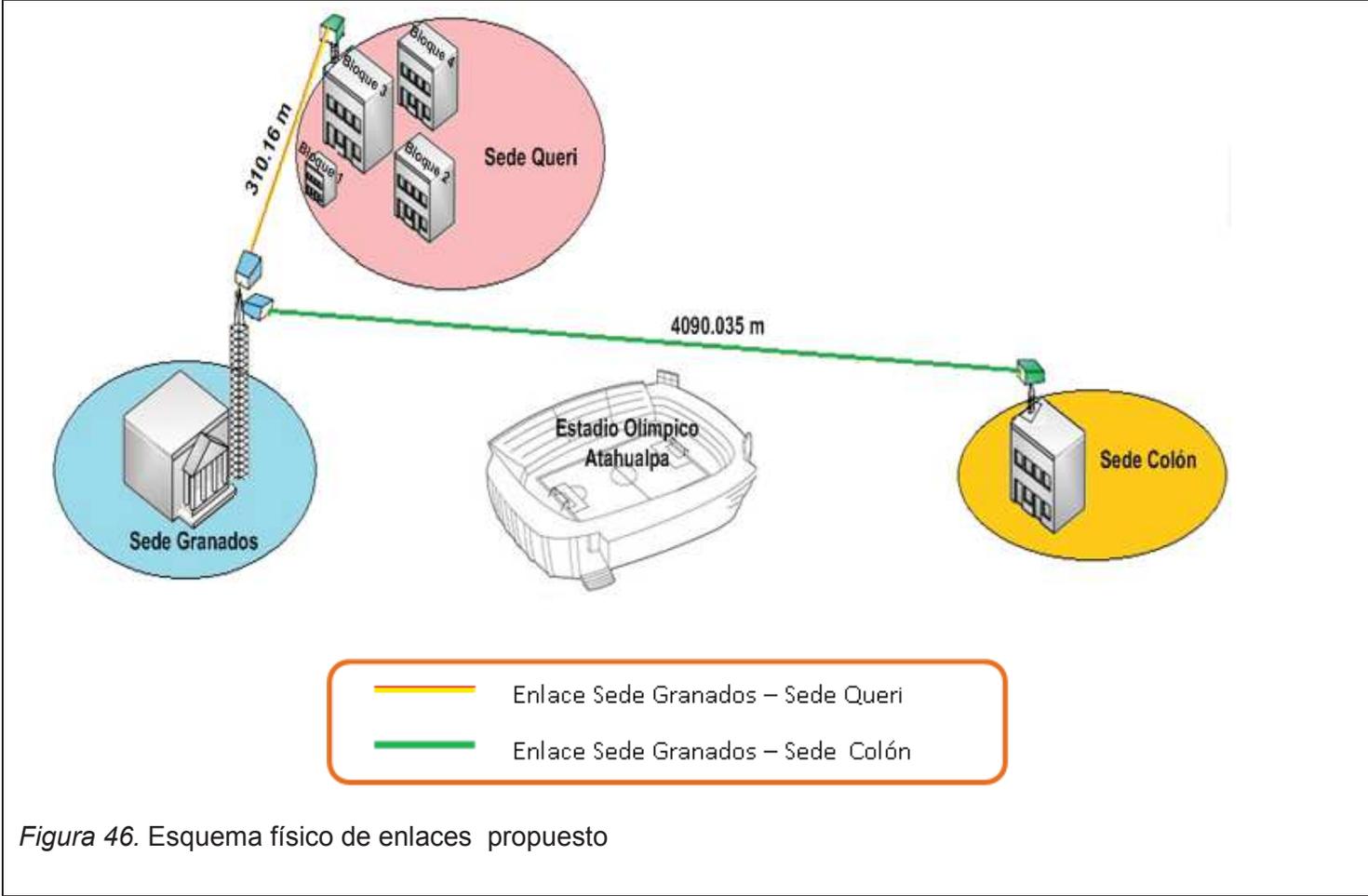


Figura 46. Esquema físico de enlaces propuesto

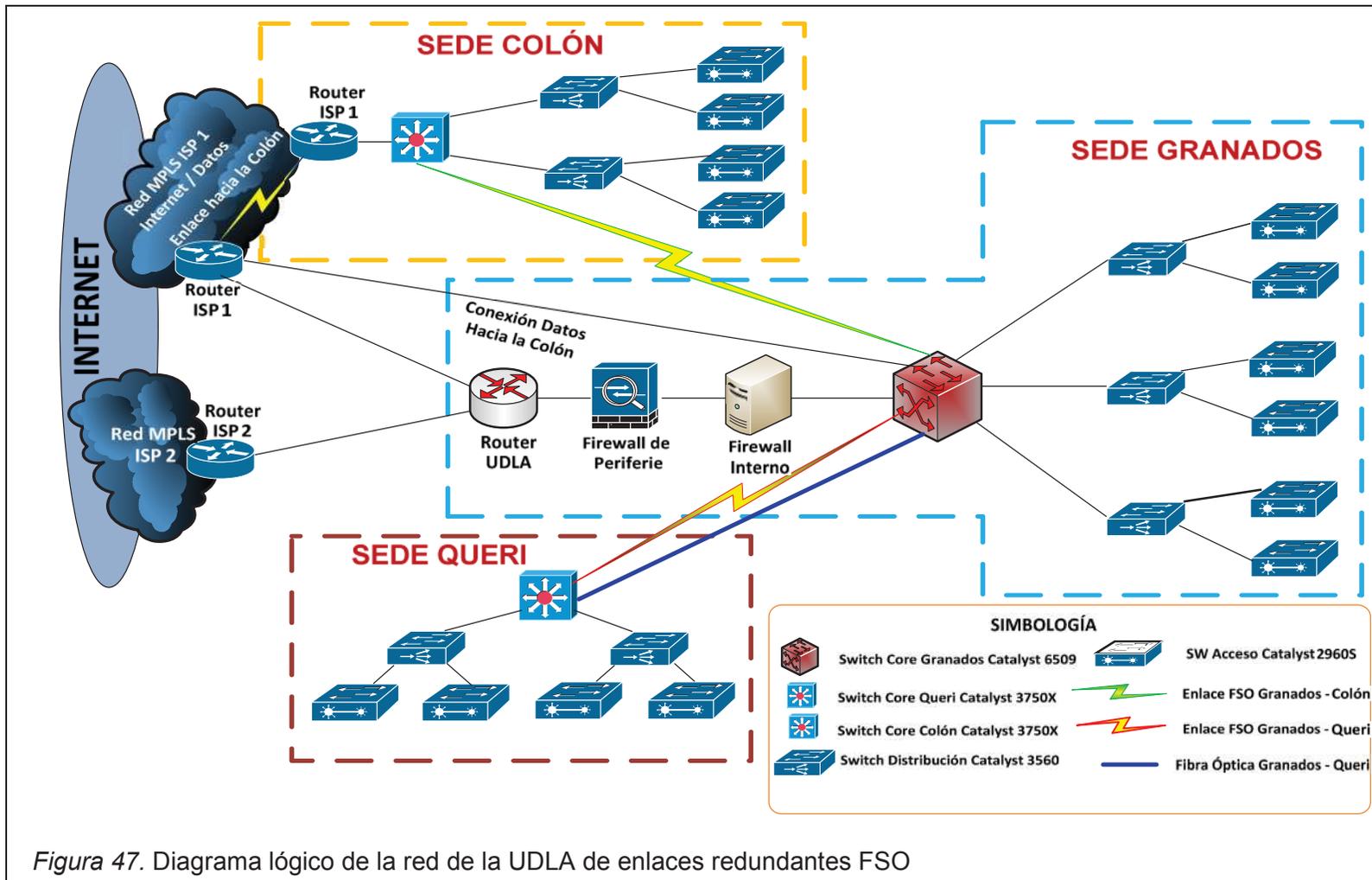


Figura 47. Diagrama lógico de la red de la UDLA de enlaces redundantes FSO

4. Análisis Costo Beneficio

4.1 Costos referenciales del equipamiento de la red FSO

El mercado existen varias marcas de equipos FSO, la selección del equipo depende de los requerimientos del diseño a instalar, el desempeño de los equipos y el costo de los equipos seleccionados.

Las características técnicas de los equipos FSO varían según cada fabricante y con lo cual también existen variación del precio entre fabricantes.

Para realizar el diseño de los enlaces de la universidad se han seleccionado los equipos MRV TereScope ya que, por sus características técnicas son óptimas para tener un buen desempeño de los enlaces propuestos para la universidad.

4.1.1 Costos de equipos FSO

Para realizar el enlace desde la sede Granados hacia la sede Colón se ha seleccionado el equipo TereScope Modelo TS5000/100.

Tabla 15. Valores del equipo FSO enlace Granados – Colon

	MODELO	TS5000/100	Cantidad	Valor Unitario [\$]	Valor Total [\$]
	Part Number	TS5000/FET/F**	1	14.600	14.600
	Distancia Nominal [m]	5800			
	Capacidad [Mbps]	100			

El enlace desde la sede Granados hacia la sede Queri se ha seleccionado el equipo TereScope Modelo TS700/100.

Tabla 16. Valores del equipo FSO enlace Granados – Queri

	MODELO	TS700/G	Cantidad	Valor Unitario [\$]	Valor Total [\$]
	Part Number	TS700G/XYL/V*	1	5.450	5.450
	Distancia Nominal [m]	11000			
	Capacidad [Gbps]	1.062			

Cabe destacar que la cantidad de equipos se considera uno ya que, el vendedor incluye los dos cabezales FSO para realizar el enlace, el precio de referencia se toma del vendedor de equipos (System Support Solutions, s.f.).

El costo total de los equipos FSO se lo determina por la suma de los valores de cada equipo para cada enlace de aquí que, el valor total se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17. Costo total equipos FSO

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR
MRV TereScope TS5000/100	1	\$ 14.600
MRV TereScope TS700/G	1	\$ 5.450
TOTAL		\$ 20.050

4.1.2 Costos de infraestructuras adicionales (torres y mástil)

En el tercer capítulo se determinó la necesidad de incorporar infraestructuras adicionales para llevar a cabo los enlaces FSO.

Para la sede Granados se requiere una torre de 30 metros de altura cuyas características se detallan en la Tabla 18.

Tabla 18. Características de la torre autosoportada

Altura de la Torre	30 metros
Número de Secciones	5
Especificaciones	TRIANGULAR AUTOSOPORTADA GALVANIZADA AL CALIENTE PERFIL L 30 x 30 x 3 mm PERFIL L 40 x 40 x 3 mm TUBO CILÍNDRICO GALVANIZADO DE 2" y 4" DE DIÁMETRO AGUJEROS PARA PERNOS MAYOR 1,6 mm VELOCIDAD DEL VIENTO 140 KM/HORA TORSIÓN MAXIMA 0,5 GRADOS PARA VELOCIDAD DE VIENTO 80KM/HORA PINTURA CIMENTACIÓN HORMIGÓN ARMADO SISTEMA DE LUCES DE OBSTRUCCIÓN Y PARARRAYOS

El valor de la torre requerida se muestra en la Tabla 18 cabe destacar, que el valor incluye la instalación y la base de concreto proporcionado por la empresa ofertante (Anexo 4).

Tabla 19. Costo torre 30 metros

TORRE ALTURA	CANTIDAD	VALOR
30 metros	1	\$ 24.682
TOTAL		\$ 24.682

En la sede Colón se requiere colocar una torre de 7 metros de altura ya que, la altura de la torre no es muy elevada se emplea una torre arriostrada cuyas características se detallan en la Tabla 20.

Tabla 20. Características de la torre arriestrada

Altura de la Torre	7,5 metros
Número de Secciones	3
Especificaciones	TORRE ARRIOSTRADA BASE TRIANGULAR COPETE 50 METROS DE CABLE DE RETENIDA DE 1/8" 24 NUDOS 12 CUELLOS

El costo de la torre que se requiere se muestra en la Tabla 21. Incluye la instalación.

Tabla 21. Valor de torre 7,5 metros

TORRE ALTURA	CANTIDAD	VALOR
7,5 metros	1	\$ 4.325
TOTAL		\$ 4.325

En la sede Queri se requiere instalar un mástil de 3 metros de altura para colocar el cabezal FSO.

Tabla 22. Características del mástil

Altura del Mástil	3 metros
Número de Secciones	1
Especificaciones	POLO GALVANIZADO 3 PULGADAS DE DIÁMETRO CON ANCLAJE

El costo del mástil que se requiere se muestra en la Tabla 23. Incluye la instalación.

Tabla 23. Valor mástil de 3 metros

MÁSTIL ALTURA	CANTIDAD	VALOR
3 metros	1	\$ 428
TOTAL		\$ 428

4.1.3 Costos del tendido de fibra óptica

Para realizar la conexión entre los equipos FSO y los equipos de *networking* se requiere realizar el tendido de fibra óptica, las distancias se consideran desde el cuarto de telecomunicaciones de cada sede hacia el cabezal FSO instalado en cada infraestructura propuesta.

Tabla 24. Valor de la Fibra Óptica

F.O MULTIMODO 8 HILOS 62.5/125 um G-652			
Referencia	CANTIDAD [m]	VALOR POR METRO [\$]	VALOR TOTAL
Sede Granados Hacia Torre 30 metros	60	1,18	\$ 70,80
Sede Queri Hacia el Mástil	40	1,18	\$ 47,20
Sede Colón Hacia Torre de 7,5 metros	40	1,18	\$ 47,20
VALOR TOTAL			\$ 165,20

Cabe mencionar que la instalación de la fibra óptica es otro rubro que se debe incluir por lo cual se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25. Costo de instalación de fibra óptica

F.O MULTIMODO 8 HILOS 62.5/125 um G -652			
Referencia	CANTIDAD [m]	VALOR POR METRO INSTALADO [\$]	VALOR TOTAL
Sede Granados Hacia Torre 30 metros	60	3	\$ 180,0
Sede Queri Hacia el Mástil	40	3	\$ 120,0
Sede Colón Hacia Torre de 7,5 metros	40	3	\$ 120,0
VALOR TOTAL			\$ 420,0

Cabe mencionar que el valor de la instalación incluye los empalmes (fusiones) entre los hilos de fibra óptica y los conectores.

4.1.4 Costos de conectores

Los conectores a emplearse deben de ser seleccionados de acuerdo a las características de los equipos FSO que, para los cabezales MRV TereScope son del tipo SC.

Tabla 26. Valor conectores SC DUPLEX

CONECTOR SC DUPLEX			
Referencia	CANTIDAD [TX/RX]	VALOR UNITARIO [\$]	VALOR TOTAL
Cabezal FSO Granados	2	9,16	\$ 18,32
Cabezal FSO Queri	1	9,16	\$ 9,16
Cabezal FSO Colón	1	9,16	\$ 9,16
VALOR TOTAL			\$ 36,64

Los equipos de *networking* utilizan transceptores SFP por lo cual, se requieren conectores dúplex LC.

Tabla 27. Valor conectores LC DUPLEX

CONECTOR LC DUPLEX			
Referencia	CANTIDAD [TX/RX]	VALOR UNITARIO [\$]	VALOR TOTAL
Equipo Activo Granados	2	9,32	\$ 18,34
Equipo Activo Queri	1	9,32	\$ 9,32
Equipo Activo Colón	1	9,32	\$ 9,32
VALOR TOTAL			\$ 36,98

4.1.5 Costo de equipos de conectividad

La sede Granados el *switch* de *core* CISCO 6509 tiene un módulo SPF de veinte cuatro puertos de los cuales en la actualidad seis puertos están ocupados por lo cual, se pueden utilizar dos puertos para conectar los equipos FSO.

El *switch* CISCO 3750 de *core* de la sede Queri tiene cuatro puertos SFP de los cuales actualmente están libres dos por ende, se puede utilizar un puerto para conectar el equipo FSO.

Mientras tanto, la sede Colón el *switch* CISCO 3750 actualmente tiene dos puertos SPF libres por lo cual se puede utilizar un puerto para el equipo FSO.

En la Tabla 28 se presenta el costo de los transceptores que se requieren para realizar la conexión entre la fibra óptica y los equipos de *networking*.

Tabla 28. Valor de Transceptores

MÓDULO CISCO 1000BASE-SX SFP			
Referencia	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Sede Granados	2	\$ 209,00	\$ 418,0
Sede Queri	1	\$ 209,00	\$ 209,0
Sede Colón	1	\$ 209,00	\$ 209,0
VALOR TOTAL			\$ 836,0

4.2 Costo total de los enlaces FSO diseñados para la interconexión de las sedes de la UDLA

Una vez determinado los rubros de los elementos que se requieren para llevar a cabo los enlaces propuestos para la universidad, el costo total aproximado de la implementación de la red FSO se presenta en la Tabla 29.

Tabla 29. Valor total de la red FSO

Ítem	Cantidad	Valor
Equipos FSO	2	\$ 20.050,00
Torre 30 metros	1	\$ 24.682,00
Torre 7,5 metros	1	\$ 4.325,00
Mástil 3 metros	1	\$ 428,00
Fibra Óptica	140	\$ 165,20
Instalación de F.O	140	\$ 420,00
Conectores SC	4	\$ 36,64
Conectores LC	4	\$ 36,98
Módulos SFP	4	\$ 836,00
COSTO TOTAL		\$ 51.879,82

Cabe destacar que no se requiere pagar ninguna licencia ya que, la banda en la que operan los equipos FSO es una banda libre y no está definida en el Plan Nacional de Frecuencias para la concesión del estado.

4.3 Análisis de la solución propuesta en comparación con el alquiler de enlaces de última milla a un *Carrier*

Partiendo del valor aproximado de la propuesta de la red FSO de la Tabla 29 se realiza el análisis entre el rubro de la solución planteada y el alquiler de la última milla por parte de un *Carrier* para ver la factibilidad económica de la propuesta planteada.

4.3.1 Costos de transmisión de datos punto a punto

La conexión entre la sede Granados y la sede Colón es un enlace de Datos e Internet que se realiza a través de la nube del ISP, la transmisión de datos tiene un ancho de banda de 10000[Kbps].

Tabla 30. Valor anual de transmisión de datos

TX DATOS LOCAL PUNTO A PUNTO		
PLAN TX LOCAL (Kbps)	INSCRIPCION	TARIFA MENSUAL
10000	\$ 800,00	\$ 1.025,00
COSTO TOTAL ANUAL		\$ 13100,00

El valor estimado de la transmisión de datos punto a punto de la Tabla 30 es otorgado por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (Anexo 5).

4.3.2 Costo del enlace de fibra óptica entre la sede Granados y la sede Queri

La conexión desde la sede Granados hacia la sede Queri es a través de un cable de fibra óptica es la solución que actualmente tiene la universidad.

Tabla 31. Costo referencial de la solución de fibra óptica

Descripción	CANTIDAD	Unidad	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Fibra MM 8 Hilos	700	m	1,18	\$ 826,00
Instalación de Fibra	700	m	3	\$ 2.100,00
Herrajes Sujeción F.O	25	p	4,5	\$ 112,50
ODF 8 puertos	2	u	120	\$ 240,00
Pigtails SC	16	u	9	\$ 144,00
Patch Cord DUPLEX SC/SC	8	u	30,65	\$ 245,20
Fusiones	16	u	21	\$ 336,00
VALOR TOTAL				\$ 4.003,70

Nota: Costos referenciales por la empresa Ingenieros González G&G

En la Tabla 31 se presenta los costos referenciales de la solución de fibra óptica para la interconexión entre la sede Granados y la sede Queri, la distancia recorrida por el cable de fibra se hace referencia al trayecto de la planta externa (postería) y su acceso de manera canalizada hacia el interior de cada sede.

El costo total estimado de los enlaces entre las sedes de la universidad se presenta en la Tabla 32.

Tabla 32. Costo Total de los enlaces de la UDLA

Descripción	VALOR
TX Datos Punto a Punto Granados – Colón	\$ 13100,00
Solución Fibra Óptica Granados – Queri	\$ 4.003,70
VALOR TOTAL	\$ 17.103,70

4.3.2.1 Comparación de costos entre la solución FSO vs alquiler de última milla

El valor \$51.879,82 obtenido de la Tabla 29 correspondiente a la implementación de la tecnología FSO y al compararlo con el valor \$17.103,70 obtenido en la Tabla 32 correspondiente al alquiler de la última milla a un proveedor se puede decir que la solución planteada es más costosa sin

embargo, si se realiza una proyección de costos del alquiler de la última milla por cinco años como se presenta en la Tabla 33 se puede observar que los costos de la tecnología FSO son menores por lo cual, es una alternativa que puede tener la universidad para contar con enlaces de *back up* entre sus sedes asimismo, la tecnología FSO tiene ventajas tales como facilidad de instalación, montaje, el no pago por derechos de paso, arriendo de postes o licencia para el uso del espectro electromagnético.

Tabla 33.Costo Total de Enlaces por 5 Años

Descripción	VALOR
TX Datos Punto a Punto Granados – Colón	\$ 61.500,00
Solución Fibra Óptica Granados – Queri	\$ 4.003,70
VALOR TOTAL (5 Años)	\$ 65.503,70

Desde el punto de vista netamente económico el valor proyectado de la implementación de los enlaces FSO para la universidad es aproximadamente de \$51.879,82 que, al compararlo con el valor aproximado de \$65.503,70 que la universidad pagaría por un lapso de 5 años por sus enlaces actuales, resulta que los enlaces FSO ahorrarían a la universidad un rubro aproximado de \$13.623,88 que es un valor considerable por lo que, la propuesta económica de los enlaces FSO es más conveniente para la universidad además que, si la universidad desearía aumentar su conexión de datos entre la sede Granados hacia la sede Colón que actualmente es de 10000[Kbps] también el rubro por pago de alquiler al proveedor va también a aumentar.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Dentro de la legislación ecuatoriana los organismos encargados de la normativa para el sector de las Telecomunicaciones CONATEL y SENATEL basados en las recomendaciones de la ITU-R no contemplan ninguna regulación para sistemas FSO los cuales trabajan por encima de los 3000 [GHz] por lo que no se debe pagar por concesiones o uso del espectro electromagnético.
- La tecnología óptica en el espacio libre (FSO) es similar a la fibra óptica tradicional la diferencia radica en que en lugar de enviar fotones para la transmisión de datos por un medio guiado se lo envía a través del espacio libre.
- La implementación de la tecnología FSO resulta muy provechosa para soluciones de última milla ya que, los equipos FSO proporcionan en la actualidad una capacidad de transmisión de 2.5[Gbps] lo cual convierte en un sistema de gran ancho de banda para soportar grandes tasas de transmisión de datos.
- Los enlaces diseñados para la Universidad de las Américas en el presente proyecto de titulación, proporcionaran redundancia a sus enlaces principales lo que permitirá la interconexión entre los *switches* de *core* y los *switches* de distribución.
- El cálculo del margen de enlace es un aspecto importante al realizar el estudio de factibilidad ya que, las pérdidas geométricas y atmosféricas son factores que afectan directamente al enlace FSO puesto que, a mayor distancia las pérdidas aumentan considerablemente.

- Dentro del cálculo de las pérdidas geométricas los factores que intervienen dependen del fabricante del equipo FSO mientras tanto, las pérdidas atmosféricas los factores involucrados son fenómenos climatológicos propios de la ciudad de Quito.
- Los sistemas ópticos en el espacio libre el factor climatológico que más influye es la niebla por su efecto de visibilidad entre los cabezales FSO ya que, una niebla ligera puede llegar a causar la atenuación en una señal infrarroja sobre una distancia corta.
- Se revisó los boletines meteorológicos del INAHMI de la estación Quito-Iñaquito y los códigos de visibilidad internacional para varias condiciones climáticas y precipitaciones para determinar la atenuación atmosférica.
- La poca visibilidad causa un impacto directo sobre la disponibilidad y eficiencia de un enlace FSO por lo cual, este aspecto climático es un desafío para la industria de las comunicaciones inalámbricas en el espacio libre.
- En la actualidad, dependiendo del fabricante de equipos FSO emplean longitudes de onda que están entre los 850[nm] y los 1550[nm], con estas longitudes de onda las frecuencias de operación están 352[THz] y 193[THz] respectivamente.
- Los equipos FSO proyectan un haz de luz el mismo que es divergente con el propósito de minimizar los problemas de no alineamiento entre los cabezales FSO.
- El diseño de los enlaces FSO para la Universidad de las Américas, la distancia entre la sede Granados - Queri es 310.13[m] mientras tanto, la distancia entre la sede Granados - Colón es 4090.039[m] ambos valores

calculados están dentro del valor nominal de alcance que tienen los equipos terminales FSO de la marca TereScope seleccionados.

- Los equipos FSO tienen un protocolo versátil trabajan con una variedad de protocolos como *Ethernet*, *FastEthernet*, *GigabitEthernet*, FDDI, ATM; estos protocolos pueden ser transmitidas a través del equipo TereScope sin ningún problema lo que, facilita que la tecnología FSO se acople a los equipos de la red actual sin necesidad de cambios en los equipos instalados o en los protocolos usados para la transmisión información.
- La elección de los equipos que se plantea en el presente trabajo de titulación además de cumplir con los parámetros de ancho de banda, distancia y alto rendimiento en condiciones climatológicas adversas también, incluyen otros aspectos tal como, auto alineamiento, *tracking*, monitoreo SNMP, entre otros.
- El haz de luz que transmite el sistema FSO es estrecho e invisible lo que hace que la solución inalámbrica sea más segura, casi imposible de interceptar.
- La manipulación de los equipos FSO es segura hacia los ojos y la piel humana ya que, los sistemas FSO cumplen con todos los estándares internacionales al momento emitir potencias a longitudes de onda seguras hacia el cuerpo humano que está en la norma IEC60825-1 clase 1M.
- El valor aproximado de los enlaces FSO planteados entre las sedes de la Universidad de las Américas tienen un costo total de \$51.879,82 mientras tanto, el valor aproximado anual que la universidad paga por los enlaces actuales es de \$17.103,70 al comparar ambos rubros la solución FSO planteada es muy elevada pero, si se hace una proyección del costo actual que paga la universidad por cinco años se tendría un

valor aproximado de \$65.503,70. La diferencia en costos entre la solución FSO y los enlaces que maneja actualmente la universidad proyectada a cinco años es de \$13.623,88.

- El presente proyecto de titulación tiene como objetivo principal dar a conocer la tecnología óptica en el espacio libre como un sistema inalámbrico que brinda grandes prestaciones así mismo, de las condiciones técnicas y económicas al momento de plantear una solución FSO.

5.2 Recomendaciones

- La selección de los equipos FSO se debe realizar en base de los requerimientos de la solución a plantear para no sobredimensionar el diseño para lo cual, se debe revisar los *datasheets* de los equipos terminales FSO para tener la información adecuada.
- Se recomienda el empleo de la tecnología óptica en el espacio libre para desarrollar proyectos de última milla por los beneficios que presenta.
- Se recomienda revisar información periódicamente acerca de la tecnología FSO ya que, día a día se desarrollan avances lo cual permite un mejor funcionamiento a los equipos FSO en diferentes condiciones climáticas así mismo, con el aumento de la capacidad de transmisión.
- Los equipos FSO deben ser instalados en lugares que tengan una buena estabilidad si se emplea algún tipo de infraestructura adicional (torre o mástil) ésta debe estar muy bien sostenida para que exista un correcto alineamiento entre los cabezales FSO.
- Se debe fomentar y difundir el empleo de los sistemas FSO como sistemas inalámbricos no licenciados para soluciones donde no se puede acceder a través de medios físicos para realizar enlaces.
- Se debe considerar los boletines meteorológicos que presenta el INAHMI debido a que la ciudad de Quito presenta muchos cambios climáticos para planificar el enlace FSO.

Glosario de Términos

Broadcast: Es un paquete de datos que se envía a todos los puntos de la red.

Dichroic: Espejo con la propiedad de reflejar la luz de forma selectiva en función de su longitud de onda.

Dirección Ip: Número de 32 bits que identifica a un dispositivo dentro de una red que utiliza Protocolo de Internet.

Google Earth Pro: Programa para visualizar un globo virtual con su cartografía a base de fotografías satelitales.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

INAHMI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

LAN: Red de Área Local.

Ley de Beer: Relaciona la absorción de luz de un material con las propiedades del mismo.

msnm: Metros sobre el nivel del mar, unidad para determinar la altitud de alguna localidad o sitio con referencia al nivel del mar.

Multicast: Paquetes individuales que la red copia y envía a un subconjunto específico de direcciones de red.

Radian: Es la unidad de medida angular.

Radio Mobile: Programa de simulación de Propagación de Ondas Radio en el Espacio Libre.

Redundancia: Duplicidad de dispositivos, servicios o conexiones para que no se pierda conectividad de la red en caso de falla.

RSSI: Received Signal Strength Indication, Indicador de Intensidad de la Señal Recibida.

SFP: Small Form-Factor Pluggables: Transceptor de factor de forma pequeño conectable.

SNTP: Protocolo Simple de Administración de Red.

Transmitancia: Magnitud que expresa la cantidad de luz incidente que atraviesa un cuerpo.

Telescopio: Instrumento óptico el cual capta cierta cantidad de luz y la concentra en un punto lo que permite visualizar objetos a gran distancia.

UPS: Uninterruptible Power Supply, Suministro de Alimentación Ininterrumpida.

UTP: Unshielded Twisted Pair, Par Trenzado no Blindado.

VLAN: Red del Área Local Virtual.

Referencias

- Alciro.(s.f.). *Espectro de luz visible*. Recuperado el 26 de julio de 2014 de http://www.alciro.org/alciro/diodo-LED_21/Espectro-luz-visible_240.htm
- Bernardini, E. (s.f.). *Telescopios*. Recuperado el 7 de octubre de 2013 de <http://www.astrosurf.com/astronosur/docs/Telescopios.pdf>
- Bloom, S., Korevaar, E., Schuster, J. y Heinz, W. (2003). *Understanding the performance of free-space optics [Invited]*. Recuperado el 15 de agosto de 2013 de http://www.lightpointe.com/images/LightPointe_Understanding_the_performance_of_Free_Space_Optics_Willebrand_5.pdf
- Bouchet, O., Sizub, H., Boisribert, C., De Fornel, F. y Favennec, P. (2006). *Free-Space Optics: Propagation and Communication*. (2ª .ed.). Estados Unidos y Gran Bretaña: ISTE LTD.
- Canto, H., Rivamar, A., Soto, J. (2006). *Optical Wirelless*. Recuperado el 31 de octubre de 2013 de http://www.slideshare.net/rivamara?utm_campaign=profiletracking&utm_medium=sssited&utm_source=ssdownload
- CESNET. (2007). *MRV TereScope 700/G Laser Link*. Recuperado el 22 de octubre de 2013 de <http://archiv.cesnet.cz/doc/techzpravy/2007/mrv-terescope-700/>
- DeCusatis, C. (2004). *Fiber Optic Data Communication*. (3ª. ed.).New York, Estados Unidos: Poughkeepsie, Editor
- EduMedia. (s.f.). *Láser*. Recuperado el 14 de agosto de 2013 de <http://www.edumedia-sciences.com/es/a392-laser>

- Heinz, W. y Baksheesh, G. (2002). *Free-Space Optics: Enabling Optical Connectivity in Today's Networks*. (2a .ed.).Indianapolis, Estados Unidos: Sams Publishing.
- INAMHI. (2012).*Anuario Meteorológico 2012*. Recuperado el 29 de octubre de 2013 de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/boletin-mensual/>
- ITU. (2002).*Actas Finales de la Conferencia de Plenipotenciarios (Marrakech)*. Recuperado el 3 de octubre de http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/01/S02010000264003PDFS.pdf
- Portal SCRIBD. (s.f.).*Cisco CCNA 3 Exploration*. Recuperado el 10 de octubre de 2013 de <http://es.scribd.com/doc/28439370/Cisco-CCNA-3-Exploration>
- Kim, I., McArthur, B. y Korevaar, E. (s.f.). *Comparison of laser beam propagation at 785 nm and 1550 nm in fog and haze for optical wireless communications*. Recuperado el 9 de agosto de 2013 de http://www.lightpointe.com/images/LightPointe_historical_Free_Space_Optics_info_Comparison_of_laser_beam_propagation_MRV_7.pdf
- Lidocs. (s.f.). *Receptores ópticos introducción*. Recuperado 1 de septiembre de 2014 de <http://es.lidocs.org/docs/index-262290.html>
- Lightpointe. (2007). *Free Space Optics (FSO) Bridging Solutions*. Recuperado el 21 de octubre de 2013 de <http://www.lightpointe.com/freespaceoptics.html>
- MRV Support. (s.f.). *System Support Solutions*. Recuperado el 19 de octubre de 2013 de <http://www.mrvfso.com/gallery/>
- SENATEL. (s.f.).*Espectro Radioeléctrico*. Recuperado el 1 de octubre de 2013 <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/espectro-radioelectrico>

- SENATEL. (s.f.). *Plan Nacional de Frecuencias*. Recuperado el 1 de octubre de 2013 de http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf
- WAVECOM INC. (s.f.). *CableFree Wireless Excellence*. Recuperado el 24 de octubre de 2013 de <http://www.wavecomgroup.com/Cablefree.htm>
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadoras*. (7^a. ed.). Madrid, España: Pearson Educación, S.A
- System Support Solutions. (s.f.). *MRV*. Recuperado el 25 de enero de 2014 de <http://www.systemsupportolutions.com/by-manufacturer/mrv/>
- Usuga, J. y López, J. (2013). *Fotocolorimetría*. Recuperado el 5 de agosto de 2013 de <http://www.slideshare.net/juandavidlopeznorena/fotocolorimetria>
- Universidad de Quindío. (2012). *Óptica de espacio libre, una alternativa a la problemática de telecomunicaciones que enfrenta la zona ecoturística del Quindío*. Recuperado el 28 de agosto de 2013 de http://www.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistadyp/backup20121214/Articulos/6ta%20Edicion/Optica_de_espacio_libre_una_alternativa_a_la_problematika....pdf

ANEXOS

Anexo 1: Resolución 118 de Marrakech 2002

Res. 118

301

RESOLUCIÓN 118 (Marrakech, 2002)

Utilización del espectro en frecuencias por encima de 3 000 GHz

La Conferencia de Plenipotenciarios de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (Marrakech, 2002),

considerando

- a)* que los números 78 de la Constitución de la UIT y 1005 del Anexo al Convenio de la UIT permiten que las Comisiones de Estudio del Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R) estudien Cuestiones y aprueben Recomendaciones relacionadas con bandas de frecuencias, sin límite de frecuencia;
- b)* que en las Comisiones de Estudio del UIT-R se están realizando estudios sobre tecnologías que funcionan por encima de 3 000 GHz;
- c)* que las frecuencias que se pueden reglamentar en el Reglamento de Radiocomunicaciones están restringidas, en virtud de la definición de «radiocomunicación» del número 1005 del Anexo al Convenio, a las frecuencias por debajo de 3 000 GHz;
- d)* que tecnologías de radiocomunicación han demostrado que se pueden utilizar ondas electromagnéticas en el espacio por encima del límite superior de frecuencia de 3 000 GHz, sin guía artificial, y que, según algunos Estados Miembros, habría que suprimir el límite de 3 000 GHz para permitir que las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR) competentes añadan, en caso necesario, disposiciones al Reglamento de Radiocomunicaciones;
- e)* que desde hace mucho tiempo se utilizan bandas de frecuencias por encima de 3 000 GHz, especialmente en el infrarrojo y el visible, en sistemas y aplicaciones reglamentados por disposiciones nacionales y no establecidas por la UIT, y que algunos Estados Miembros estiman que, antes de cambiar la definición del Convenio, la relación entre esas disposiciones y las de la UIT deberían ser objeto de un examen minucioso,

invita a la Asamblea de Radiocomunicaciones

a que incluya en su programa de trabajo estudios sobre la posibilidad de incluir bandas de frecuencias por encima de 3 000 GHz en el Reglamento de Radiocomunicaciones,

encarga al Director de la Oficina de Radiocomunicaciones

que informe a las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones acerca del avance de los estudios del UIT-R sobre el uso de frecuencias por encima de 3 000 GHz,

resuelve

que las CMR puedan incluir en el orden del día de Conferencias futuras puntos relativos a la reglamentación del espectro por encima de 3 000 GHz y tomar las medidas apropiadas incluida especialmente la revisión de las partes pertinentes del Reglamento de Radiocomunicaciones¹,

insta a los Estados Miembros

a que continúen participando en los trabajos del UIT-R sobre el uso del espectro por encima de 3 000 GHz.

¹ La entrada en vigor de la nueva reglamentación depende de los cambios consiguientes que la próxima Conferencia de Plenipotenciarios efectúe en el número 1005 del Convenio.

Anexo 2: Características Equipo FSO TereScope



Overview

MRV is the leader of Free Space Optics (FSO or Optical Wireless) by means of its TereScope® product line, an optical wireless system for data, voice and video transmission system. The MRV TereScope® systems provide the most comprehensive FSO wireless solutions, ranging from short to long distances and narrow to ultra-high bandwidth.

TereScope® provides ultra high bandwidth using a technology similar to that found in fiber optics communications, providing full-wire data rate using optical signals. In addition, the narrow and invisible laser beam makes it the most secure wireless solution, nearly impossible to intercept. TereScope systems, without the need for right-of-way or government permits for installation, provide a license-free technology.

TereScope® Series

The Most Comprehensive Free Space Optics Wireless Solution

Providing high-speed fiber-speed with wireless flexibility

The TereScope® family of Free-Space Optics (FSO) products provides cost-effective, high-speed wireless connectivity for a variety of applications, such as: Enterprise connectivity, Voice & Data, Video and Entertainment, Telco Bypass, Disaster Recovery, Surveillance and Government, Backhaul for wireless mesh.

Whether you need narrowband voice and/or broadband data, our products provide scalable, wireless solutions at fiber-speed.

Operating at data rates of 1 Mbps to 10 Gigabit speeds, TereScope® systems' deployment is fast, without requiring right-of-way or government permits for installation, providing you with flexible high bandwidth, secure communication.

Whether you are a Service Provider or an Enterprise customer, the TereScope® family of products can provide you with the data rate, performance and reliability that you need in a communications network.

The Free Space Optics Advantage

Ultra High Wireless Bandwidth

The components used in FSO technology are similar to those found in fiber optic system. Therefore, FSO gives you the high data rates previously provided only by fiber optics.

Most Secure Wireless Transmission

The beam that transmits your data is very narrow and invisible, making it nearly impossible to intercept.

License free operation No need to obtain frequency licenses for the operators of TereScope® FSO wireless solutions.

www.mrv.com

myTelecom myads
Distributeur de Solutions Telecom

MRV

Contact: sales@mrv.com



Versatile Protocol Compatible for better investment protection FSO links work with a variety of protocols. Protocols such as Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, FDDI, ATM, and ESCON can all be transmitted through TereScope® without issue. Using an industry standard network interfaces and a clear upgrade path for higher bandwidth protects your investment in MRV TereScope® solutions.

Safe to Use All TereScope® systems are eye and skin safe at the aperture and meet all the safety standards – including the IEC60825-1 Class 1M standard.

Major Cost Savings With TereScope links, you own your bandwidth. Avoiding the recurring costs of leased lines and licensing costs, your return on investment can be realized in just a few months

MRV's TereScope® - Free Space Optics (FSO) solutions

Integrated End-to-End solution

Backed by over twenty years of research and development in the field of Free Space Optics and networking, MRV is the market leader in FSO technology. We have over 8000 links deployed worldwide granting us more experience in selling, installing and servicing this equipment than any other FSO vendor. In addition to incorporating all of the FSO advantages, our TereScope® systems offer unique integration of end-to-end networking solution (using MRV Ethernet solutions) and patented features including:

- Multiple transmitters to reduce scintillation, based on matrix transmission
- All-optics FSO - TereScope 1 (PAL) systems are all-optical, free of electronics and do not require any power source to provide optical wireless solutions
- An RF backup system (Fusion) for a number of the TereScope products, offering carrier-class availability (99.999%) in all types of weather, including heavy fog and rain
- End-to-End Management by MegaVision®, MRV's SNMP manager, or any commercially available SNMP browser

Performance – Ultra High Bandwidth

The high-end TereScope® series provides for 1 Mbps to 10 Gbps wire-speed connectivity for distances of up to 6.7 km.

Reliable Communication

Multiple transmit apertures technology: The TereScope® products use a multiple transmit apertures technology to ensure high performance under adverse weather conditions. The receivers are designed to overcome scintillation and other atmospheric noises in hot or cold weather.

High MTBF: All TereScope® systems are extremely reliable with an MTBF (Mean Time Between Failures) of more than 10 years.

Heating: All our midrange systems are equipped with our special internal air circulation feature, based on dissipation of the power supply heat. This prevents the formation of condensation on the lenses under all weather conditions without the need for additional heating at low temperatures

Notwithstanding the above, when the internal heating and ventilation mechanism of the TereScope systems is not enough due to adverse weather conditions, such as heavy snow accompanied by strong wind or in places with high humidity the TereScope systems can be ordered with the additional heating.

For the TS5000 and TS4000 models the heating mechanism includes the front window with the implanted thin heating element and a circuit controlling the heating in accordance with the outside temperature and the humidity (PN: TSX000-HEAT).

For the TS700 or TS800 models the heating mechanism includes the heating elements between the lens and the front window, which stream the heating towards the optical components in order to prevent condensation and to heat the window to prevent snow accumulation on the front window (PN: TSX00-HEAT).

At the moment there is no heating option for the TS2000 models.





TereScope® - The Most Comprehensive Free Space Optics Wireless solution

FSO Chaining for non-line-offset and higher distance communications The chaining of TereScope® FSO is required when the two sites are connected by more than one link using at least one additional building as a mid-point.

When is the Chaining required?

The chaining of TereScope® links is required in the following cases:

- a) When there is no direct line of sight between the sites;
- b) When the distance between the sites is too long;
- c) When the distance between the sites is reachable with one link but the customer wants much more Power Budget for a higher reliability.

Backup Radio: Maximizing link availability under all weather conditions

The TereScope® Fusion was designed to combine the best features of two transport media: laser light and radio waves, to form a single, seamless, wireless communication link between network devices. By leveraging both technologies, we can provide the 99.999% availability that your network requires.

The TereScope® Fusion has been specifically constructed to maximize link availability between network nodes. These systems use the internationally unlicensed 2.4 GHz or 5.5 GHz ISM band and are used as a backup for a number of TereScope systems.

TereScope Fusion systems have an optical wireless link that provides Fast Ethernet connectivity as the primary link and Ethernet RF as the backup link. These systems operate under most weather conditions, including heavy rain, snow and fog, to nearly 100% link availability. Ease of installation and freedom from licensing make these systems very simple to deploy. The Fusion built-in option exists for the TS5000, TS4000 and TS800 series. Add-on Fusion exist for the other models.

Safety

All TereScope® models are eye and skin safe at the aperture and comply with eye safety Class 1M.

The PoE technology allows to safely transfer electrical power to the TereScope system over the data cable. All the following TereScope models having the copper interface support the PoE (Power over Ethernet) technology: TS700/100, TS800/100, TS2000/100, TS4000/100 and TS5000/100. The first three models meet the requirements of the international standard IEEE802.3 2008 and their maximum power consumption is 15W. The two other models have the PoE feature with the consumption up to 27W. In order to benefit from this PoE feature these models should be ordered in the low voltage version (V13, F13, V3 or F3).

Network Management

The new generation of TereScopes systems, including the TS700 series is equipped with the management hardware. Most of the products include the Extended SNMP software version License. Though some of the systems do not have any license or the Basic version only, upgrading can be carried out at any time or at any place by means of the License key, which will be sent to the client.

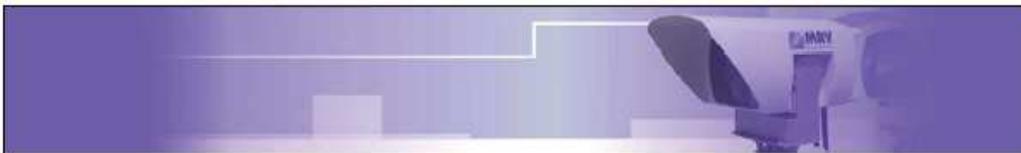
SNMP monitoring can be done as usual via MRV's SNMP MegaVision Web software or via TereScope's SNMP Management web-based interface (using for example Internet Explorer, Firefox, etc.), or any other standard SNMP Platform.

Dry Contacts: The TereScope® systems can be equipped with a dry contact option that enables interfacing to dry contacts based local and remote management and monitoring systems.

End-to-End Networking

The unique integration of high bandwidth with most secure FSO technology and end-to-end Ethernet/IP switches and routers enables the deployment of multi-site connectivity with **in-building OptiSwitch Ethernet** solutions and outdoor **TereScope wireless** connectivity with **end-to-end MegaVision® Pro NMS integrated management**.

Distances		Short	Short +	Medium	Medium +	Long	Long +
Data Rate	Model	Up to 0.4km @ 300kbps Up to 0.8km @ 170kbps Up to 1km @ 300kbps	-0.4 - 0.8km @ 300kbps -0.6 - 0.8km @ 170kbps -1 - 1.2km @ 300kbps	-0.8 - 0.8km @ 300kbps -0.8 - 1.1 km @ 170kbps -1.5 - 2.7 km @ 300kbps	-0.8 - 1.4km @ 300kbps -1 - 1.5 km @ 170kbps -3 - 4.9km @ 300kbps	-1 - 1.2km @ 300kbps -1.3 - 1.8km @ 170kbps -4 - 5.2km @ 300kbps	-1.2 - 1.4km @ 300kbps -1.5 - 2.1km @ 170kbps -3.5 - 4.9km @ 300kbps
1.048/1.15 Mbps	E1/T1	TS800	TS800	TS800	TS2000	TS4000	
4x2.548 / 4x1.55 Mbps	AE1/AT1	TS800	TS800	TS3000	TS2000	TS4000	TS5000
10Mbps (ethernet)	Ethernet	TS700	TS800	TS4000	TS4000	TS4000	TS5000
1.25Mbps ethernet protocol	J4				TS4000	TS4000	
10Mbps (net-27pin)	100	TS700 / TS1	TS800	TS2000	TS4000	TS5000	TS5000
10-100Mbps	155	TS700	TS800	TS4000	TS4000	TS5000	TS5000
1.5Gbps	Gigabit	TS700 / TS1000P	TS2000	TS5000	TS5000		
10Gbps	10GE	TS10GE					



TereScope® 5000 - up to GE

Going the farthest with modular design

The carrier class TereScope® 5000 provides long distance high-speed Free Space Optics (FSO) connectivity. Operating at data rates of 10 Mbps to 1.5 Gigabit, TereScope® 5000 systems are deployable rapidly, providing long distances FSO optical wireless connectivity.

The TS5000 exists in the following models: Ethernet, 4 x E1/T1, 100, 155 and Gigabit

TereScope® 5000 uses multiple transmit aperture technology (3 transmitters) to ensure high performance in adverse weather conditions. The receiver of the long-range TereScope® 5000 has an 8" diameter to overcome scintillation and other atmospheric noises in hot or cold weather.

In addition to the formerly existing modular power supply, the improved model of TS5000 has another power supply, which noticeably improves the MTBF (available only in TS5000/G, TS5000/100 and TS5000/155 models). When one of the power supplies breaks down, the other one continues to operate normally and transparently; the customer will only see on the back panel or on the MegaVision screen that one of the power supplies stopped working. The power supply modularity allows for replacing the faulty power supply without interrupting the normal operation of the link.

The TS5000 series also has a modular interface (SFP), i.e. the SFP can be easily changed in the field from multimode to singlemode or from 850 nm to 1300 nm (available only in TS5000/G and TS5000/155 models).

An additional advantage of the transceiver modularity is the possibility to add the Fusion feature in the field in case this option has not been used.

Features

- Accommodates **10 Mbps to 1.5 Gigabit** networks, for protocols such as Ethernet, 4 x E1/T1, Fast Ethernet, ATM, Gigabit Ethernet, Storage
- Supports multiple protocols: E3/T3, Fast and Gigabit Ethernet, FDDI, OC-3, ATM and STM-1, Fiber Channel
- Distances up to 7 km
- SNMP Built-in
- PoE option (available only in TS5000/100) - 30w
- FUSION option – Fail-over to radio backup
- Modular network connectivity (interface)
- Modular Power Supply
- Redundant Power Supply - Optional (available only in TS5000/G, TS5000/100 and TS5000/155 models)



TereScope® 5000 - High Speed 10-1500 Mbps Technical Specifications

Part number	TSS000/FET/F**	TSS000/XYL/F**	TSS000G/XYL/F**	
Model	TSS000/100	TSS000/155	TSS000G	
Standard P.N.	TSS000/FET/F15	TSS000/M8U/F15	TSS000G/M8U/F15	
Applications/ Data Protocol	Fast Ethernet	Fast Ethernet, ATM, OC3, STM1, SMPT, E3, T3, OC1/STMO & other between 10 and 155Mbps	Gigabit Ethernet, Escon, 622 Mbps, Fibre channel and others between 100 and 1500 Mbps	
Performance	Rate	100 Mbps	10-155 Mbps	
		Not attenuated.	Attenuated (10db)	
			Not attenuated (3TXs)	
			Attenuated (2TXs)	
	Range ¹ @ 3 dB/km	5800 m	4300 m	3500 m
	@ 5 dB/km	4400 m	3300 m	2750 m
	@ 10 dB/km	2800 m	2150 m	1850 m
@ 17 dB/km	1920 m	1520 m	1300 m	
@ 30 dB/km	1250 m	1000 m	870 m	
Minimum Range	570 m	200 m	700 m	
Bit error rate		Less than 1E-12 (unfaded)		
Transmitter	MTBF	10 years		
	Light source	3 x Lasers		
	Wavelength	830 - 860 nm		
	Total Output power	20 - 150 mW	70 - 140 mW	
Receiver	Beam divergence	2 mrad		
	Detector	APD		
	Field of view	2 mrad		
Interface	Sensitivity	-48 dBm	-48 dBm	-33 dBm
	Type	100Base TX or Optical SFP (optional) MM/SM 1310nm LC	SFP - Multimode (Singlemode available upon request)	
	Connectors	RJ45		LC
	Cable	STP		Up to 220m length @ 62.5 um & Up to 500m length @ 50 um
	Built in Fusion	Included, 100Base-T connection	Included - Optical SFP port	
	Wavelength		1310 nm (other wavelength available)	850 nm (other wavelength available)
	Output power		-17 ± 3 dBm	-3 to -9.5 dBm
	RX operating range		-14 to -30 dBm	0 to -17 dBm
	Voltage range	Factory set: 100-240 VAC @ 50/60 Hz or 35-60 VDC (F13 versions) High Pot (Power over Ethernet); In F13 version (Low voltage)	Factory set: 100-240 VAC @ 50/60 Hz or 24-60 VDC (F13 version)	
	Power consumption		25 W	
Environmental Information	Operating temperature	-50° C to +50° C		
	Storage temperature	-50° C to +70° C		
	Humidity	95% non-condensing		
	Housing	Weatherproofing: IP66		
Mechanical Design	Eye safety Class	IM		
	Dimensions (mm)	TereScope: 806 x 410 x 341 AD-5000: 253x355x429 mounted: 806 x 410 x 586		
	Weight	Unit	15 kg	
	Accessories		21.5 kg	
	Modularity	Modular Power supply Optical SFP: optional Redundant Power supply - optional AirLink Link, Data	Modular Power supply SFP: Interface Redundant Power supply - optional AirLink: Flag, Sync	
Diagnostics	Indicators	100BaseTx (Main): Link, Data, Optical SFP (optional): Link, Data, 100BaseTx (redundant): Link, Data, Alignment, Loopback, Fusion mode and activity, Heating status (if exists), Control mode: Hardware mode or software mode. Power supply status, Heating active, Receive Signal Strength (Digital Display), Lasers status (3 LEDs), SNMP Link, Data	SFP main and redundant: Flag, Sync, Alignment, Loopback Fusion mode and activity, Heating status (if exists), Control mode: Hardware mode or software mode. Power supply main and redundant status, Heating active, Receive Signal Strength (Digital Display), Lasers status (3 LEDs), SNMP: Link, Data	
	Selectors	Loopback (local), Remote loopback Signal attenuation for short distance, Laser On/Off, Fusion activation, Heating activation (if exists), Control mode. Data Transmission	Alignment, Loopback (local), Remote loopback, Signal attenuation for short distance, Fusion activation, Laser On/Off, Heating activation (if exists) Control mode.	
	Management	JT-SNMP-SW/E Included (SNMP Unit with web based software, extended version license) Two pairs of Pins of the management RJ45 connector can be used for dry contact purposes, for AirLink flag and 100BT flag alarms	JT-SNMP-SW/E Included (SNMP Unit with web based software, extended version license) Two pairs of Pins of the management RJ45 connector can be used for dry contact purposes, for AirLink flag and F/O flag alarms	
Standards Compliance	*Other Specifications proposed for SONEIT/SDH equipment defined by the Bellcore Specifications GR-253-CORE, Issue 2, December 1995 and ITU-T Recommendations: G.958 document, Typical Applications OC-1, STS-3, ATM, FDDI, E3, Fast Ethernet etc. EN50081-1:1991; EN50082-1:1998; EN50222:1997; EN61000-4-2:1995; EN61000-4-3:1995; EN61000-4-4:1995; EN61000-4-5:1995; EN50142; EN61000-4-6:1996; EN50141; EN61000-4-8:1999; EN61000-4-11:1994; EN61000-3-2:1995; IEC950, 1991, A1, A2, A3, A4; EN60950, 1992, A1, A2, A3, A4, A11; FCC part 15 Class A; UL 1950, 3rd Edition (1995); CSA 222, No.950 (1995) weather proofing IP66			
¹ @ 3 dB/km = Light rain (5-10 mm/hr) - Light haze @ 5 dB/km = Light to medium rain (15-20 mm/hr) - Haze @ 10 dB/km = Medium to heavy rain (45 mm/hr) - Light snow - Thin fog @ 17 dB/km = Cloudburst (100 mm/hr) - Medium snow - Light fog @ 30 dB/km = Rain (up to 180 mm/hr) - Blizzard - Moderate fog				

TereScope® - The Most Comprehensive Free Space Optics Wireless solution

TereScope® 700 - up to GE

High Bandwidth - Short Distances - Excellent Price/Performance

The TS700 series provides high speed Free Space optics (FSO) connectivity for a variety of first mile applications. Operating at full wire speed data rates of 10 Mbps to 1.25 Gbps, the TS700 series is rapidly deployable, without requiring right-of-way or government permits for installation, providing you with communication links in hours instead of weeks or months.

The TS700 is a high quality product specially designed for short distance connections reaching distances of up to 400 m at the best price performance ratio possible.



The TS700 has two models: TS700/100 and TS700/G.

- The TS700/100 was designed specifically for Fast Ethernet. This transceiver has a copper 100BaseT interface.

- The TS700/100 model includes the option for an optical SFP. Therefore if somebody needs a TereScope for a short distance for Fast Ethernet with an optical interface, he can order the TS700/100 and the required SFP (it can be purchased from MRV).

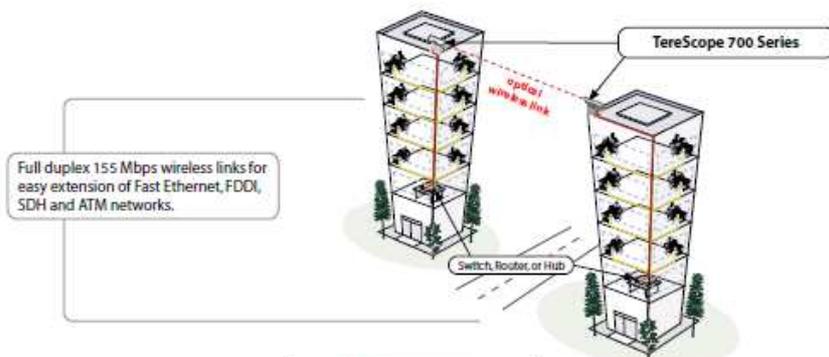
- The TS700/100 low voltage version (V3) has a Power over Ethernet (PoE) configuration that operates in accordance with international standards. (IEEE standard 802.3af).

- The TS700/G operates at Gigabit Ethernet and Fibre Channel.

The TS700/G can be ordered with the Fusion option (TS700/G-F); in this case the TS700/G-F model can be connected to the back-up radio system

Features

- Accommodates **1.0625 & 1.25 Gbps** networks, for protocols such as: **Fibre Channel and Gigabit Ethernet**, or 100 to 155 Mbps (Fast Ethernet)
- PoE (power over Ethernet) in the TS700/100 model
- Distances up to 400 meters
- Built-in dry contacts
- SNMP – optional (in TS700/G the SNMP is included)
- Compact solution
- Fusion option: fail over to radio back-up (in TS700/G only)



myTelecom / myadsl
Distributeur de Solutions Telecom



TereScope 700 - Technical Specifications

Part number	TS700/FE-Q/A*	TS700G/01/A* or TS700G/01/E*	
Model	TS700/100	TS700/G or TS700/G-F	
Standard Psk	TS700/FE-Q/V3	TS700G/MBL/V5	
Applications/ Data Protocol	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet, Fibre Channel	
Performance	Rate	100 Mbps	1.062 Gbps & 1.25 Gbps
	Range @ 3 dB/km	1000 m	1100 m
	@ 5 dB/km	870 m	950 m
	@ 10 dB/km	670 m	730 m
	@ 17 dB/km	530 m	570 m
	@ 30 dB/km	390 m	425 m
	Minimum Range	Less than 10m	Less than 10m
	Bit error rate	Less than 1E-12 (unfaded)	
Transmitter	MTBF	10 years	
	Light source	1 VCSEL	
	Wavelength	830 - 860 nm	
	Total Output power	5 mW	16 mW
Receiver	Beam divergence	3.5 mrad	3.5 mrad
	Detector	Silicon Photodiode	APD
	Field of view	14 mrad	8 mrad
	Sensitivity	-34 dBm	-33 dBm
Interface	Type	10GBase Tx or Optical SFP (optional) MM/SM 1210nm LC	SFP - Multimode (Single mode available upon request)
	Connectors	RJ45 (LC for the optical option)	LC
	Cable	SFP (F/O for the optical option)	Up to 220m length @ 62.5um & Up to 500m length @ 50um
	Wavelength	1310 nm (for the SFP option)	850 nm (other wavelengths available)
	Output power	-17 +/- 3 dBm (for the SFP)	-3 to -9.5 dBm
	Receiver operating range	-14 +/- 30 dBm (for the SFP)	0 to -17 dBm
	Built-in fusion		Optional - Optical SFP port
	Power Supply	Factory set: 100 - 240 VAC @50/60 Hz or 24-60 VDC (V3 version) PoE (Power over Ethernet) in V3 version (Low voltage)	Factory set: 100 - 240 VAC @50/60 Hz or 24-60 VDC (V3 or F3 version)
Environmental Information	Power consumption	15 W	
	Operating temperature	-30° C to +60° C	-30° C to +50° C
	Storage temperature	-30° C to +70° C	-30° C to +70° C
	Humidity	95% non-condensing	
	Housing	Weatherproofing-IP66	
Mechanical Design	Eye safety Class	1M	
	Dimensions (mm)	TereScope: 470 x 282 x 178 Mounted on JMH-L-470 x 282 x 355	
	Weight	5 kg	
	Accessories	5.5 kg	
Diagnostics	Indicators	Airlink, Link, Data, 10GBaseTX, Link, Data, Optical SFP (optional), Link, Data, Alignment mode, Loopback mode, Software mode, Laser status, Management TX and RX, Receive Signal Strength (Digital Display)	Airlink, Flag, SFP main and redundant, Flag, Laser enabled, Alignment, Loopback mode, Fusion mode and activity, Software mode, Management TX and RX, Receive Signal Strength (Digital Display)
	Selectors	Alignment, Loopback (local), Laser On/Off, Window Heater (if exists), Control Mode, Data Transmission	Alignment, Loopback (local), Signal attenuation (for short distance), Fusion activation, Data Rate, Control Mode.
	Diagnostic	2 dry contacts (Airlink and FO Link)	4 dry contacts for: Airlink, Flag, Fiber Optic, Flag, Laser enabled and Power
	Management	SNMP hardware present in the product. SNMP software licenses: JT-SNMP-SWB or JT-SNMP-SWE (optional PN of the product including SNMP software license: TS700/FE-Q/V3*-License for Basic version TS700/FE-Q/V3*-License for Extended version	JT-SNMP-SWE included (SNMP Unit with web based software, extended version License)
Standards Compliance	ITU G.703, G.704, G.706, G.736, G.737, G.738, G.739, G.742, G.775, G.823, EN60081-1:1991, EN60082-1:1998, EN6022:1997, EN61000-4-2:1995, EN61000-4-3:1995, EN61000-4-4:1995, EN61000-4-5:1995/EN50140, EN61000-4-6:1995/EN50141, EN61000-4-8:1995, EN61000-4-11:1994, EN61000-3-2:1995, EC 950:1997, A1, A2, A3, A4, EN60950:1992, A1, A2, A3, A4, A11 UL1950, 3rd Edition (1995) CSA 222, No.950 (1995), Weatherproof IP66		

Anexo 3: Boletín Climatológico Anual Año 2012



REPUBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
DIRECCION GESTION METEOROLOGICA
ESTUDIOS E INVESTIGACIONES METEOROLOGICAS

BOLETIN CLIMATOLOGICO ANUAL AÑO 2012

Elaborado por: Ing. Juan Palacios Tapia
Revisado por: Ing. Gonzalo Ontaneda Rosales

ABRIL 2013

Tabla No. 4. Total anual días de precipitación en el Ecuador año 2012

LOCALIDADES	Total anual días con precipitación-año 2012
REGION LITORAL/INSULAR	
ESMERALDAS AER.	151
LA CONCORDIA	246
STO. DOMINGO AER.	260
PUERTO ILA	281
CHONE	153
PORTOVIEJO	117
PICHILINGUE	189
BABAHOYO	112
MILAGRO	127
GUAYAQUIL AER.	124
SANTA ROSA AER.	179
ZARUMA	148
S. CRISTOBAL-GAL.	155
REGION INTERANDINA	
TULCAN AER.	222
EL ANGEL	163
SAN GABRIEL	228
INGUINCHO	154
OTAVALO	131
TOMALON	156
QUITO-ÍNAQUITO	163
LA TOLA	147
IZOBAMBA	197
LATACUNGA AER.	163
EL CORAZON	280
RUMIPAMBA	174
AMBATO AER.	192
QUEROCHACA	211
RIOBAMBA AER.	153
CAÑAR	194
CUENCA AER.	183
PAUTE	150
GUALACEO	170
LA ARGELIA	235
CELICA	116
CARIAMANGA	101

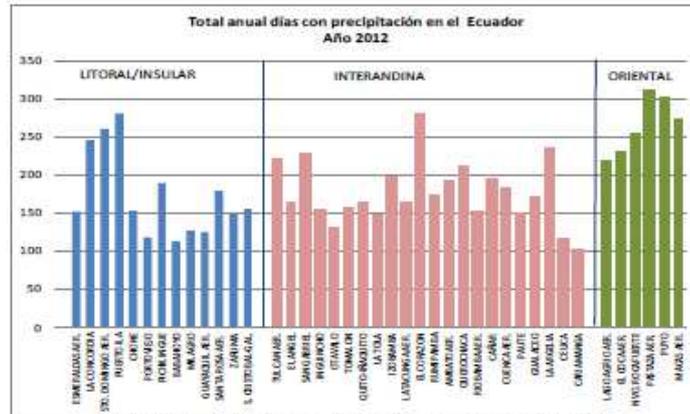


Figura 8. Total anual días con precipitación en el Ecuador año 2012.

3.3. Precipitación Máxima en 24 horas.

Región Litoral e Insular.

Durante el año 2012, las precipitaciones máximas en 24 horas en la región Litoral se registraron con mayor frecuencia en los meses de febrero (6) y marzo (3), con menor frecuencia en los meses de enero (2) y abril (2); el valor más alto de la máxima de 24 horas fue de 172.8 mm en Babahoyo (enero) y el menor valor de la máxima de 24 horas fue de 59.3 mm en Portoviejo (febrero); la región Insular registro la precipitación máxima de 24 horas en el mes de marzo de 111.5 mm. Figura No.9 y Tabla No.5.

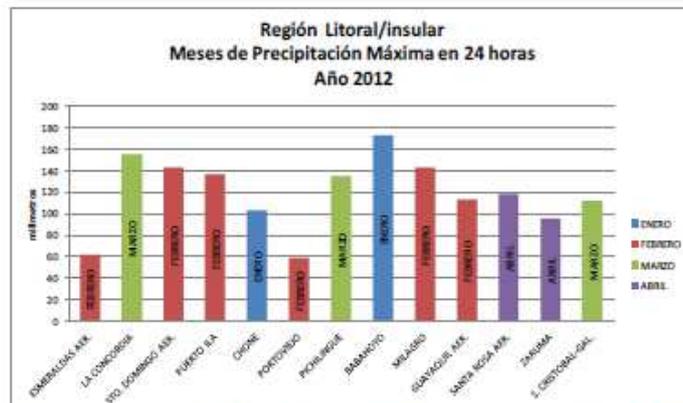


Figura 9. Meses de las precipitaciones Máximas en 24 horas año 2012. Región Litoral e Insular

Región Interandina.

En la región Interandina, las precipitaciones máximas en 24 horas se registraron con mayor frecuencia en los meses de abril (6), octubre (6) y marzo (4), con menor frecuencia en los meses de enero (3), noviembre (2) y febrero (1); la máxima de 24 horas con valor más alto

fue de 94.2 mm en Celica (marzo) y el menor valor de 16.5 mm en Cañar (octubre). Figura No.10 y Tabla No.5.

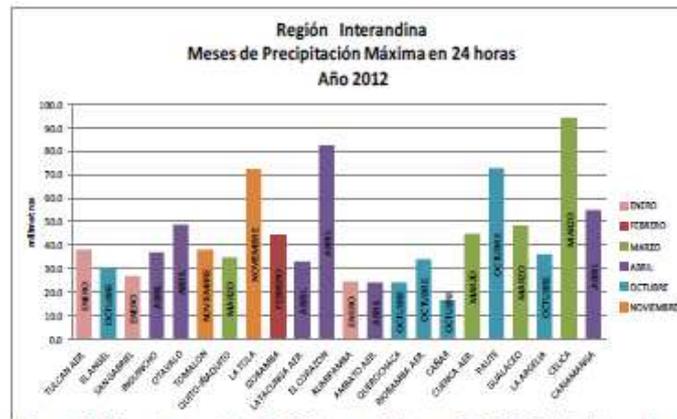


Figura 10. Meses de precipitación Máximas en 24 horas año 2012. Región Interandina

Región Oriental.

En la región Oriental el año 2012, las precipitaciones máximas en 24 horas se registraron con mayor frecuencia en el mes de abril (2), con menor frecuencia en los meses de marzo, junio, julio y octubre (1); la máxima de 24 horas con valor más alto fue de 135.0 mm en Lago Agrio (abril), representando el 4% del total anual; el menor valor de 54.0 mm en Macas Aeropuerto (julio). Figura No.11 y Tabla No.5.



Figura 11. Meses de precipitación Máximas en 24 horas año 2012. Región Oriental.

Tabla No. 5. Precipitación Máxima en 24 horas en el Ecuador año 2012

LOCALIDADES	Precipitación Máxima en 24 horas	Mes precipitación máxima 24 horas
REGION LITORAL/INSULAR		
ESMERALDAS AER.	62.0	FEBRERO
LA CONCORDIA	154.8	MARZO
STO. DOMINGO AER.	143.0	FEBRERO
PUERTO ILA	136.1	FEBRERO
CHONE	102.7	ENERO
PORTOVIEJO	59.3	FEBRERO
PICHILINGUE	134.6	MARZO
BABAHOYO	172.8	ENERO
MILAGRO	143.2	FEBRERO
GUAYAQUIL AER.	113.1	FEBRERO
SANTA ROSA AER.	118.0	ABRIL
ZARUMA	96.0	ABRIL
S. CRISTOBAL-GAL.	111.5	MARZO
REGION INTERANDINA		
TULCAN AER.	38.0	ENERO
EL ANGEL	30.4	OCTUBRE
SAN GABRIEL	27.0	ENERO
INGUINCHO	37.1	ABRIL
OTAVALO	49.0	ABRIL
TOMALON	38.1	NOVIEMBRE
QUITO-ÍÑAQUITO	35.0	MARZO
LA TOLA	72.6	NOVIEMBRE
IZOBAMBA	44.5	FEBRERO
LATACUNGA AER.	33.0	ABRIL
EL CORAZON	82.5	ABRIL
RUMIPAMBA	24.6	ENERO
AMBATO AER.	24.0	ABRIL
QUEROCHACA	24.2	OCTUBRE
RIOBAMBA AER.	34.0	OCTUBRE
CAÑAR	16.5	OCTUBRE
CUENCA AER.	45.0	MARZO
PAUTE	72.7	OCTUBRE
GUALACEO	48.4	MARZO
LA ARGELIA	36.3	OCTUBRE
CELICA	94.2	MARZO
CARIAMANGA	54.8	ABRIL
REGION ORIENTAL		
LAGO AGRIO AER.	135.0	ABRIL
EL COCA AER.	89.8	JUNIO
NVO. ROCAFUERTE	80.8	MARZO
PASTAZA AER.	96.0	ABRIL
PUYO	80.8	OCTUBRE
MACAS AER.	54.0	JULIO

Región Litoral e Insular:

Once estaciones de la región Litoral marcaron anomalías positivas al finalizar el 2012, registrándose el mayor incremento térmico en la estación de Zaruma (1.2°C); los menores incrementos oscilaron entre 0.1°C (Chone) y 0.7°C (Babahoyo y Milagro), la estación de Portoviejo no presentó variación con respecto a su promedio normal; En la región Insular el incremento térmico fue de 0.5°C. Figura No. 12. Tabla No.6.

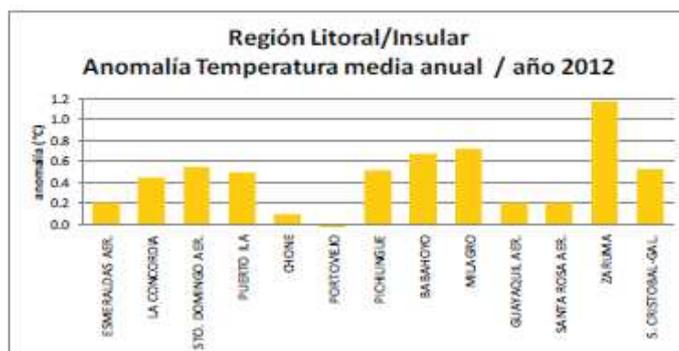


Figura 12. Anomalía anual de la temperatura media del aire. Año 2012. Región Litoral e Insular.

Región Interandina.

De las 22 estaciones de monitoreo el 55% marco anomalías positivas, el 36% anomalías negativas y el 9% no presentó variación con respecto a su normal climatológica.

Los mayores incrementos térmicos anuales se registraron en las estaciones de Quito Ñaquito (1.1°C), Cariamanga (1.1°C) y Riobamba Aeropuerto (0.8°C); mientras las anomalías negativas significativas se observaron en El Angel (-1.0°C), El Corazón (-0.7°C) y Gualaceo con (-0.6°C). Figura No. 13. Tabla No.6.

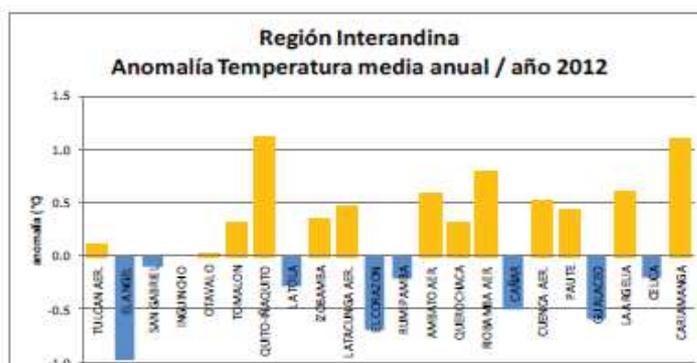


Figura 13. Anomalía anual de la temperatura media del aire. Año 2012. Región Interandina.

4.1. Temperatura Máxima media.

El comportamiento de la temperatura Máxima media anual del 2012 con respecto a las normales climatológicas, registraron incrementos térmicos en la mayor parte del territorio nacional. Anexo Mapa 4.

Región Litoral e Insular.

De las 12 estaciones de la región Litoral, nueve marcaron anomalías positivas en la temperatura Máxima media, presentado los mayores incrementos en las estaciones de Zaruma (1.6°C), Babahoyo (0.8°C) y Milagro (0.6°C); los menores incrementos oscilaron entre 0.2°C (Pichilingue) y 0.5°C (Sta. Rosa Aeropuerto); las anomalías negativas se registraron en Chone (-0.3°C) y Guayaquil Aeropuerto (-0.7°C); las estación de Esmeraldas y Puerto Ila no registro variación anual. La región Insular registro un incremento de 1.0°C. Tabla No.7.

Región Interandina.

De las 22 estaciones de la región Interandina, quince registraron anomalías positivas en la temperatura Máxima media, siendo los mayores incrementos en las estaciones de Quito-Iñaquito (1.3°C), Riobamba (1.7°C), Otavalo (1.0°C), Paute y Tomalón (0.8°C); los menores incrementos oscilaron entre 0.1°C (Ambato Aeropuerto) y 0.5°C (Querochaca); las anomalías negativas se registraron en Tulcán Aeropuerto (-0.6°C), Gualaceo (-0.4°C), Cañar (-0.3°C); las estaciones de El Angel e Inguincho no registraron variación anual. Tabla No.7.

Región Oriental.

Todas las estaciones de la región Oriental registraron anomalías positivas en la temperatura Máxima media, así la estación del Coca Aeropuerto presenta un incremento de (3.9°C), Lago Agrio (3.6°C), Pastaza Aeropuerto (0.9°C), Nvo. Rocafuerte y Puyo (0.5°C) y Macas Aeropuerto (0.6°C). Tabla No.7.

Tabla No. 7. Temperatura Máxima media en el Ecuador, Año 2012

LOCALIDADES	Temperatura Máxima Media Normal Anual	Temperatura Máxima Media 2012	Anomalía
REGION LITORAL/INSULAR			
ESMERALDAS AER.	31.4	31.4	0.0
LA CONCORDIA	31.7	31.9	0.2
STO. DOMINGO AER.	29.7	29.9	0.2
PUERTO ILA	31.8	31.8	0.0
CHONE	33.7	33.4	-0.3
PORTOVIEJO	33.9	34.2	0.3
PICHILINGUE	33.1	33.3	0.2
BABAHOYO	32.7	33.5	0.8
MILAGRO	32.7	33.3	0.6
GUAYAQUIL AER.	33.9	33.2	-0.7
SANTA ROSA AER.	31.9	32.4	0.5
ZARUMA	31.3	32.9	1.6
S. CRISTOBAL-GAL.	29.0	30.0	1.0
REGION INTERANDINA			
TULCAN AER.	20.4	19.8	-0.6
EL ANGEL	19.3	19.3	0.0
SAN GABRIEL	20.0	20.9	0.9
INGUNCHO	17.6	17.6	0.0
OTAVALO	23.1	24.1	1.0
TOMALON	24.2	25.0	0.8
QUITO-ÑA QUITO	23.6	24.9	1.3
LA TOLA	25.0	25.5	0.5
IZOBAMBA	20.5	20.8	0.3
LATACUNGA AER.	23.2	23.5	0.3
EL CORAZON	23.3	23.2	-0.1
RUMPAMBA	24.1	24.0	-0.1
AMBATO AER.	24.3	24.4	0.1
QUEROCHACA	22.0	22.5	0.5
RIOBAMBA AER.	23.3	25.0	1.7
CAÑAR	19.3	19.0	-0.3
CUENCA AER.	24.4	24.9	0.5
PAUTE	26.8	27.6	0.8
GUALA CEO	27.6	27.2	-0.4
LOJA LA ARGELIA	24.4	24.8	0.4
CELICA	23.0	23.1	0.1
CARAMANGA	26.2	27.1	0.9
REGION ORIENTAL			
LAGO AGRO AER.	30.3	33.9	3.6
EL COCA AER.	30.8	34.7	3.9
NVO. ROCAFUERTE	33.7	34.2	0.5
PASTAZA AER.	28.3	29.3	0.9
RUYO	29.2	29.7	0.5
MACAS AER.	29.7	30.3	0.6

4.2. Temperatura Mínima Media.

La temperatura Mínima media anual del 2012, al compararla con las normales climatológicas, permiten observar que en la región Litoral, Insular y Oriental predominaron anomalías positivas; en la región Interandina se presentaron variables con incrementos y decrementos térmicos. Anexo Mapa 5.

Región Litoral e Insular.

De las 12 estaciones de la región Litoral, once registraron anomalías positivas en la temperatura Mínima media, observándose los mayores incrementos en las estaciones de Puerto Ila (1.3°C), Sto. Domingo Aeropuerto (1.2°C), Zaruma (1.1°C), Esmeraldas (1.0°C), La Concordia y Milagro (0.8°C), Babahoyo (0.7°C); los menores incrementos oscilaron entre 0.1°C (Portoviejo) y 0.6°C (Pichilingue); la anomalía negativa se registro en Chone (-0.2°C). La región Insular registro un incremento de 1.3°C. Tabla No.8.

Región Interandina.

De las 22 estaciones de monitoreo, catorce presentaron anomalías positivas en la temperatura Mínima media, siendo los mayores incrementos en las estaciones de Ambato Aeropuerto (2.5°C), Latacunga Aeropuerto y Quito Ñaquito (2.1°C), Cariamanga, Cuenca Aeropuerto y Querochaca (1.3°C), Tulcan Aeropuerto (1.2°C), La Argelia Loja (1.0°C); los menores incrementos oscilaron entre 0.2°C (Inguincho, Tomalon y Rumipamba) a 0.7°C (Paute).

Las anomalías negativas se registraron en Izobamba (-2.6°C), El Corazón (-2.1°C), El Angel (-1.6°C), Celica (-1.1°C), Cañar (-0.9°C), los menores decrementos oscilaron entre -0.4°C (San Gabriel) y -0.8°C (Otavalo). Tabla No.8.

Región Oriental.

En la región Oriental cuatro estaciones registraron anomalías positivas en la temperatura Mínima media, así la estación de Pastaza Aeropuerto (1.2°C), Nvo. Rocafuerte y Puyo (0.7°C) y Macas Aeropuerto (0.1°C).

Las anomalías negativas se registraron en Lago Agrio (-1.7°C) y Coca Aeropuerto (-2.0°C). Tabla No.8.

Tabla No. 8. Temperatura Mínima media en el Ecuador. Año 2012

LOCALIDADES	Temperatura Mínima Media Normal Anual	Temperatura Mínima Media 2012	Anomalia
REGION LITORAL/INSULAR			
ESMERALDAS AER.	20.5	21.5	1.0
LA CONCORDIA	19.1	19.9	0.8
STO. DOMINGO AER.	17.5	18.7	1.2
FUERTO ILA	18.9	20.2	1.3
CHONE	19.8	19.6	-0.2
PORTOVIEJO	19.1	19.2	0.1
RICHILINGUE	19.5	20.1	0.6
BABAHOYO	20.3	21.0	0.7
MILAGRO	19.7	20.5	0.8
GUAYAQUIL AER.	20.5	21.0	0.5
SANTA ROSA AER.	20.4	20.6	0.2
ZARUMA	15.2	16.3	1.1
S. CRISTOBAL-GAL.	19.2	20.5	1.3
REGION INTERANDINA			
TULCAN AER.	2.0	3.2	1.2
EL ANGE.	4.8	3.2	-1.6
SAN GABRIEL	3.2	2.8	-0.4
INGUINCHO	3.8	4.0	0.2
OTAVALO	4.5	3.7	-0.8
TOMALON	6.3	6.5	0.2
QUITO-ÑAQUITO	6.2	8.3	2.1
LA TOLA	6.2	5.8	-0.4
IZOBAMBA	5.6	3.0	-2.6
LATACUNGA AER.	2.3	4.4	2.1
EL CORAZON	13.7	11.6	-2.1
FLUMIPAMBA	3.7	3.9	0.2
AMBATO AER.	4.2	6.7	2.5
QUEROCHACA	2.8	4.1	1.3
RIOBAMBA AER.	3.2	3.8	0.6
CAÑAR	4.4	3.5	-0.9
CUENCA AER.	5.4	6.7	1.3
PAUTE	6.7	7.4	0.7
GUJALACEO	6.4	6.7	0.3
LOJA LA ARGELIA	7.4	8.4	1.0
CELICA	10.6	9.5	-1.1
CARIAMANGA	11.3	12.6	1.3
REGION ORIENTAL			
LAGO AGRIO AER.	21.5	19.8	-1.7
EL COCA AER.	22.2	20.2	-2.0
INVO. ROCAFUERTE	19.7	20.4	0.7
PASTAZA AER.	15.1	16.3	1.2
FUYO	13.7	14.4	0.7
MACAS AER.	14.5	14.6	0.1

Anexo 4: Proforma Empresa Megacom Torre 30 metros



Torre Autosoportada

Definición

Estructura vertical con elementos de soportes autónomos, que requieren de consideraciones específicas para las cimentaciones, acordes con las características del subsuelo, peso, velocidad del viento, entre otros.

Procedimiento

Las torres serán del tipo auto soportadas de sección triangular, con fundaciones de hormigón armado apropiadas, diseñadas según las recomendaciones del estudio de suelos. Se puede considerar sección cuadrada si las condiciones del sitio lo requieren.

Todos los miembros de la torre serán de secciones de acero abiertas y empernadas entre sí. No se permitirán uniones por soldadura.

Los miembros de las torres deberán ser igual o menor a 6m de longitud para evitar problemas con el transporte a los sitios de difícil acceso.

Se presentarán los planos correspondientes de fabricación, diseño de cimentación (bases de hormigón armado) y planos de montaje, acompañados de los programas utilizados en los análisis de diseño, en archivos magnéticos, para su respectiva revisión y aprobación. Todos los planos deben tener la respectiva firma de responsabilidad.

6.9.2. Especificaciones Técnicas de la Torre

La torre será fabricada en perfiles ángulos tipo UV u otros, para los tres montantes principales y de preferencia ángulos normales tipo L para horizontales y diagonales.

Se prohíben expresamente los elementos cilíndricos huecos como miembros estructurales.

La torre podrá ser de sección triangular variable o constante, teniendo en cuenta para el cálculo los esfuerzos que puedan introducirse durante la erección.

6.9.5. Normas de diseño

En todos los casos que se exija el cumplimiento de normas sin referir la edición, corresponde el uso de las normas vigentes.

Standard ANSI/TIA-222-F (STRUCTURAL STANDARD FOR ANTENNA SUPPORTING STRUCTURES AND ANTENNAS).



Código AISC-ASD (American Institute of Steel Construction).

American Society for Testing Materials. ASTM A-36, A53, ASTM A-123, ASTM 153, ASTM, ASTM A-325, ASTM 780.

CEC (Código Ecuatoriano de la Construcción).

ACI (American Concrete Institute).

El dimensionamiento de la cimentación se realizará de acuerdo con la teoría de última resistencia para Hormigón Armado y la normas especificadas en el "Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios ACI 318-95 y ACI 318R-95" .

Ordenanzas Municipales, Ley de Gestión Ambiental, Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, y en general el ordenamiento jurídico ecuatoriano y legislación ambiental local vigente.

MATERIALES Y EQUIPOS

TORRE DE 36 METROS	Unidad (u)	Cantidad	Precio Unitario	Total
DISEÑO, CÁLCULOS, PLANOS	gbl.	1,00	466,54	466,54
EXCAVACIÓN DE CIMENTACIÓN	gbl.	1,00	80,03	80,03
CIMENTACIÓN HORMIGÓN ARMADO	gbl.	1,00	867,81	867,81
RELLENO COMPACTADO	gbl.	1,00	20,40	20,40
FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE TORRE METÁLICA GALVANIZADA al caliente H = 36 m	gbl.	1,00	20.905,04	20.905,04
CANASTILLA TRIANGULAR de 3m de lado. con malla electro soldada en varilla de 6 mm. y cuadros de 10 x 10 y apoyos horizontales cada 0,30 cm. Baranda de protección de 1,10 m. de altura.	gbl.	1,00	662,84	662,84
Escalerrilla de acceso de 50cm. de ancho con guardahombro (separación entre peldaños 30 cm)	gbl.	1,00	56,09	56,09
Línea de vida de cable de acero galvanizado de 8mm con absorbedor de impacto	m	36,00	11,22	403,82
ESCALERILLA PARA CABLES EN TORRE : Perfil L =				
30 x30 x 3 mm., ancho= 30 cm, Transversales espaciadas cada 60 cm.	m	36,00	31,61	1.138,05
POLOS GALVANIZADOS PARA ANTENAS MICROONDAS (diámetro 4 pulgadas x 1m.)	u	2,00	122,37	244,74
POLOS GALVANIZADOS PARA ANTENAS Celulares (diámetro 2 pulgadas x 2m.)	u	3,00	183,56	550,67





POLOS GALVANIZADOS PARA REMOTOS (diámetro 3 pulgadas x 1,20m.)	u	3,00	142,77	428,30
ESCALERILLA PARA CABLES ENTRE TORRE Y EQUIPOS : Perfil L =				
30 x30 x 3 mm., ancho= 30 cm, Transversales espaciadas cada 60 cm.	m	4,00	20,40	81,58
TOTAL				\$24682,00

Tabla 1

Materiales mínimos: ninguno.

Equipo mínimo: Herramienta menor, multímetro, amperímetro, frecuencímetro, medidor de ruido, de vibración, medidor de gases de la combustión.

Mano de obra mínima calificada: maestro de obra, albañil, ayudante.

MEDIDA Y PAGO

Se medirá y se pagará de acuerdo a la tabla 1 donde se muestran todos los rubros que intervienen.

Anexo 5: Proforma de Servicio de Transmisión de Datos Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT

4 CATEGORIA DATOS

4.1 DATOS TERRESTRES

4.1.1 SERVICIO DE TRANSMISIÓN LOCAL

1TXDAT - 3TXDAT	CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO: 1TXDAT - 3TXDAT
		DENOMINACIÓN: SERVICIO DE TRANSMISION DE DATOS LOCALES
		CONCEPTO: Servicio de transmisión de datos entre dos puntos que se encuentren dentro de una misma provincia.
		BENEFICIOS:
		Red nacional de telecomunicaciones con tecnología MPLS TE y DWDM Ahorro de costos para la empresa en relación a los costos ofrecidos por otras empresas del mercado Aumento de la productividad ya que mejora la comunicación en línea y general de la empresa Establecimiento de nuevos y mejores líneas de negocio de la empresa ya que se dinamizan los procesos Mejora el rendimiento y eficiencia de la empresa.
		CARACTERÍSTICAS PRODUCTO / SERVICIO:

1TXDAT - 3TXDAT	CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Servicio que consiste en el establecimiento de un enlace de transmisión de datos para conectividad entre dos puntos que se encuentran dentro de una misma provincia. ➤ El enlace de transmisión es independiente de las tecnologías y medios físicos utilizados por CNT, sean estas cobre, fibra, o microonda (se excluye enlaces satelitales). ➤ Servicio de transmisión digital. ➤ El servicio incluye los DTU's en cada extremo del enlace con las interfaces de red especificadas por el cliente previa factibilidad técnica. ➤ La interfaz de datos por defecto que entregará CNT será Ethernet. ➤ CNT reemplazará las DTU's en caso de daño del equipo. Si el daño del DTU es por negligencia atribuible al cliente, el precio será cargado al cliente. El remplazo de un DTU averiado se realizará en 5 días laborables a partir del reporte en primer nivel. ➤ Enlaces de características simétricas ➤ Delay de enlaces locales: 15 ms ➤ Disponibilidad del servicio: 99.6% mensual ➤ Disponibilidad del Backbone: 99.999% mensual ➤ Pérdida de paquetes: 0% en canales sin carga ➤ Tiempo de solución de problemas: 3.5 horas a partir del reporte de la incidencia en primer nivel. ➤ Compartición: 1:1 ➤ Seguridad: circuitos virtuales privados. ➤ Administración de red: A cargo de CNT incluye el último elemento activo de red en la localidad del cliente que sea propiedad de CNT (DTU o ruteador) ➤ Se aplica la política de instalación de fibra óptica. De no cumplirse las condiciones de la política, se aplicará el costo proporcional de inversión del acceso de fibra óptica. ➤ En caso de instalación a través de tecnología GPON, no implica costos adicionales para el cliente. 		
		CONDICIONES DEL PRODUCTO/SERVICIO:		
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Destinatario: Clientes Corporativos y Pymes. ➤ Restricciones: <ul style="list-style-type: none"> • No aplica para accesos con enlaces de tecnología Satelital ni enlaces de microondas de bandas licenciadas • La tarifa no incluye acceso de ultima milla con terceros • El servicio no implica la operación de la acometida interna del cliente ➤ Cobertura: Cobertura de CNT 		
		CONFIGURACIÓN:		
		PLANES DEL SERVICIO 1TXDAT - 3TXDAT		
		TIPO	AB (Kbps)	OBSERVACIÓN
		Local	128	Para planes superiores a 1 Mbps se aplican variaciones de
		Local	256	
		Local	512	

		Local	1000	velocidad en pasos de 1 Mbps	
		Local	2000		
		Local	4000		
		Local	5000		
		Local	10000		
		Local	34000		
		Local	45000		
		Local	100000		
		Local	150000		
		Local	1000000		
FACTIBILIDAD TÉCNICA:					
SI	X	Aplica factibilidad de red y capacidad en la red de backbone			
NO					
TIEMPO DE INSTALACIÓN:					
A partir de la entrega de la documentación			10 Días		
TIEMPO DE ATENCIÓN A FALLAS:					
3.5 horas a partir de la recepción de la incidencias.					
Nivel	Número	Horario			
1	1800-CNT COR	7x24x365			
2, 3	Acorde a lo establecido en el SLA individual o Genérico				
DESCUENTO POR INDISPONIBILIDAD:					
Acorde a lo establecido en el SLA individual o genérico					
MONITOREO: Contact Center Corporativo					
Para circuitos temporales de datos, deberá suscribirse el contrato al menos con ocho días hábiles de anticipación a la fecha de instalación, el costo de inscripción será el mismo de un servicio de datos permanente y debe ser cancelado previo a la suscripción del contrato. La tarifa mensual tendrá un valor equivalente a 1.5 veces el valor de un servicio de datos permanente.					
1TXDAT - 3TXDAT	REQUERIMIENTOS	DOCUMENTACIÓN PARA SOLICITUD DEL SERVICIO:			
		Persona Natural:	Copia de la cédula de Identidad y Papeleta de Votación		
		Persona Jurídica:	Copia de la cédula de Identidad y Papeleta de Votación del representante legal, Nombramiento del representante Legal, RUC de la empresa.		
		RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE:			
El cliente debe disponer de la acometida interna y energía regulada y asegurada (110Vac o -45 Vdc) para la conexión de los equipos de la CNT. El cliente es responsable de obtener todos los permisos necesarios para realizar trabajos de instalación o reparaciones dentro de sus premisas. La instalación de infraestructura, ductería u otros dentro de las instalaciones del cliente por parte de CNT, requiere de la previa aceptación de los costos adicionales que ello involucra.					
1TXDAT - 3TXDAT	TARIFAS	TARIFAS:			
		1TXDAT LOCAL PUNTO A PUNTO			
		PLAN TX LOCAL (Kbps)	INSCRIPCIÓN (USD.)	TARIFA MENSUAL (USD.)	
	128	150,00	60,00		

256	150,00	83,00
512	150,00	135,00
1000	150,00	180,00
2000	150,00	265,00
4000	800,00	500,00
5000	800,00	675,00
10000	800,00	1025,00
12000	800,00	1165,00
30000	4000,00	1500,00
34000	4000,00	2000,00
45000	4000,00	3215,00
100000	4000,00	5250,00
150000	4000,00	7735,00
1000000	6000,00	28350,00
3TXDAT LOCAL PUNTO ADICIONAL		
PLAN TX LOCAL (Kbps)	INSCRIPCIÓN (USD.)	TARIFA MENSUAL (USD.)
128	150,00	58,00
256	150,00	69,00
512	150,00	79,00
1000	150,00	177,00
2000	150,00	236,00
3000	150,00	295,00
4000	800,00	353,00
5000	800,00	550,00
6000	800,00	685,00
8000	800,00	817,00
10000	800,00	950,00
15000	800,00	1180,00
25000	800,00	1293,00
34000	4000,00	1700,00
45000	4000,00	2160,00
100000	4000,00	4500,00
150000	4000,00	6600,00
1000000	6000,00	17700,00
1TXDAT / 3TXDAT MEGA ADICIONAL		
PLAN ACTUAL (Mbps)	TARIFA MENSUAL (USD.)	Las capacidades no indicadas en los planes deben ser calculadas sumando el valor del plan elegido más el valor que resulte de la cantidad de megas adicionales requeridos dentro del rango de cálculo, por ejemplo: el cálculo de la tarifa de un plan de 15Mbps deberá tomar en cuenta el valor del plan de 10Mbps y sumarle el resultado de 5 por el valor por mega adicional del rango de 10-34Mbps
< 10Mbps	135,00	
10 – 34	115,00	
34 – 45	100,00	
45 – 100	85,00	
100 – 150	75,00	
> 150	65,00	
Tarifas no incluyen impuesto.		

DESCRIPCIÓN SERVICIOS ADICIONALES Y SUPLEMENTARIOS:		
CONCEPTO	PRECIO (USD.)	OBSERVACIÓN
Soporte técnico por causas imputables al cliente	10,00	Primera hora
Soporte técnico por causas imputables al cliente	5,00	Hora adicional
Instalación o trabajos en la acometida interna del cliente	3,00	por cada metro de obra o instalación
Traslado de última milla	31,20	Por cada ocasión
Instalación de equipo de ultima milla adicional o ruteador avanzado	30,00	Mensual por cada equipo
Up grade / Down grade, Reporte de up time	0,00	Sin costo adicional
Tarifas no incluyen impuestos.		
Consideración Carriers Internacionales		
Los servicios solicitados por Carriers Internacionales, se sujetarán a los procedimientos establecidos en base a las regulaciones internacionales o de mutuo acuerdo.		
Consideración Carriers Locales		
Para Carriers u Operadoras que tengan concesión de servicios portadores, no podrán acceder a una tarifa menor a la tarifa medio.		