



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA TERRESTRE PARA OFRECER
SERVICIOS DE INTERNET A LAS PRINCIPALES POBLACIONES DE 4
ISLAS DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS, MEDIANTE UN MODO DE
OPERACIÓN XPIC EN RADIOENLACES REDUNDANTES

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

Profesor Guía

MSc. Iván Ricardo Sánchez Salazar

Autor

María Belén Nolivos Arteaga

Año

2016

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 elegido y cumpliendo con todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de titulación”

Iván Ricardo Sánchez Salazar
Magister en Calidad, Seguridad y Ambiente
C.I.: 1803456142

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”

María Belén Nolivos Arteaga

C.I.: 1719298216

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, ser maravilloso por darme toda la fuerza y fe para culminar esta meta.

A mi madre, por enseñarme que día a día se debe luchar para conseguir lo que se desea y por estar a mi lado en cada momento de la vida.

A mi esposo, por su ayuda a impulsarme a terminar este proyecto.

Al Magister Iván Sánchez por su apoyo total e incondicional.

A mi gran amigo Fabricio Maldonado por ser mi guía y ayudarme a concluir este proyecto.

A mis amigos por ser parte de mi vida durante toda esta gran etapa.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios y a mi madre quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan durante el camino, enseñándome a enfrentar los tropiezos sin perder nunca la fe y a no debilitarme en el intento.

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo el Diseño de una Red Inalámbrica Terrestre para ofrecer servicios de Internet a las principales poblaciones de 4 islas del Archipiélago de Galápagos, Isla Isabela, Isla San Cristóbal, Isla Santa Cruz, e Isla Fernandina mediante un modo de operación XPIC (cancelación de interferencia por polarización cruzada) en radioenlaces redundantes, para poder transmitir información entre las islas y así los pobladores puedan obtener el servicio de internet.

Se analiza acerca de las comunicaciones inalámbricas y el uso de tecnología XPIC, el tipo de enlace a utilizar, una vez hecho esto verificar la frecuencia a utilizar y revisar en el Arcotel sobre el plan nacional de frecuencias acerca del servicio fijo y por último conocer sobre las tasas de Instalación en Telecomunicaciones de Áreas Naturales.

La situación actual de las Islas Galápagos se realiza a través del último censo realizado por el INEC en el 2010, donde se puede verificar acerca del acceso a las tecnologías de la Información y Comunicación, se recopila información en campo de las estaciones de las principales empresas que brindan servicios de Telecomunicaciones y adicional información principal sobre las 4 principales Islas del Archipiélago de Galápagos, Isla Isabela, Isla San Cristóbal, Isla Santa Cruz, e Isla Fernandina.

Se describe el diseño de la solución en el cual se realiza una serie de cálculos sobre el ancho de banda requerido en cada una de las Islas, se obtienen las características técnicas de los radio enlaces, mediante la aplicación de la herramienta FODA se elige la tecnología idónea, se realiza un análisis de la topología a implantar, a través de Path loss se realizan las simulaciones para verificar si existe línea de vista, se describe la arquitectura de las torres a utilizarse en las islas donde no existe línea de vista y adicional el respaldo de baterías que se debería tener en dichas estaciones.

Se realiza un análisis económico de la solución mediante la metodología de análisis costo beneficio para determinar la viabilidad del proyecto.

ABSTRACT

This project is aimed at the design of a Wireless Terrestrial Network to provide Internet services to the main towns of 4 islands of the Galapagos Archipelago, Isabela Island, San Cristobal Island, Santa Cruz Island and Fernandina Island through an operation mode XPIC (cancellation of cross-polarization interference) redundant radio links, to transmit information between the islands and so residents can get internet service.

It analyzes about wireless communications and the use of XPIC technology, the connection type to use, once this check frequency to use and review the Arcotel on the national frequency plan for the fixed service and finally learn about Installation rates in Telecommunications Natural Areas.

The current situation of the Galapagos Islands is carried through the last census conducted by the INEC in 2010, where you can check on access to information technologies and communication, information is collected in field stations of major companies providing telecommunications services and additional main information about the 4 main islands of the Galapagos Archipelago, Isabela Island, San CRISTÓBAL Island, Santa Cruz Island and Fernandina Island.

The design of the solution is described through a series of calculations on the bandwidth required in each of the islands, the technical characteristics of radio links are obtained by applying FODA tool is chosen the technology ideal , an analysis of the topology to be implemented is done through Path loss simulations are performed to check for line of sight , the architecture of the towers is described to use in the islands where there is no line of sight and additional battery backup that should be taken in these stations .

An economic analysis of the solution using the methodology of cost-benefit analysis to determine the feasibility of the project.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. Marco teórico.....	3
1.1. Comunicaciones inalámbricas	3
1.2. Radio enlaces terrestres.....	3
1.3. Microondas	4
1.4. Espectro electromagnético	5
1.4.1. Muy altas frecuencias (30MHz – 300MHz VHF, very high frequencies).	6
1.4.2. Frecuencias ultra altas (300MHz – 3GHz UHF, ultrahigh frequencies).	6
1.4.3. Frecuencias super altas (3GHz - 30GHz SHF, superhigh frequencies).	6
1.5. Microondas Terrestres	6
1.5.1 Repetidores de Microonda.....	7
1.5.1.1. Activos:	7
1.5.1.2. Pasivos:	8
1.6. Ancho de banda.....	8
1.7. Polarización electromagnética.....	9
1.8. Rayos y frentes de ondas	9
1.9. Atenuación y absorción de ondas	10
1.9.1. Atenuación.....	11
1.9.2. Absorción.....	11
1.10. Propiedades ópticas de las ondas de radio.....	12
1.10.1. Refracción	13
1.10.2. Reflexión.....	13
1.10.3. Difracción.....	14
1.10.4. Interferencia.....	17
1.11. Propagación de las ondas espaciales	17

1.12. Diversidad.....	19
1.12.1. Tipos de Diversidad	19
1.12.1.1. Diversidad de espacio.....	19
1.12.1.2. Diversidad de frecuencia	20
1.12.1.3. Diversidad de polarización	21
1.13. Tecnología de Cancelación de Interferencia por polarización cruzada (XPIC)	22
1.13.1. Transmisión de doble Polarización Co-canal.....	23
1.14. Radio enlace	25
1.14.1. Elementos que conforman un radio enlace	26
1.15. Tipos de Radio enlaces.....	27
1.15.1. Enlaces punto a punto (PTP)	27
1.15.2. Enlaces punto multipunto (PMP).....	28
1.15.3. Radio enlaces en banda libre.....	28
1.15.4. Radio enlaces en banda licenciada.....	29
1.16. Plan Nacional de Frecuencias	31
1.16.1. Servicio Fijo.....	31
1.17. Tasas por Instalación en Telecomunicaciones en Áreas Naturales	31
2. Situación actual	33
2.1. Distribución geográfica de la Población.....	33
2.2. Acceso a Las Tecnologías De La Información Y Comunicación (Tics) En La Provincia De Galápagos	34
2.3. Empresas que brindan Servicios de Telecomunicaciones	35
2.3.1. Telefónica Movistar	35
2.3.2. CNT E.P.....	38
2.4. Proyecciones de población en los principales cantones de las Islas Galápagos	40

2.5. Principales Islas Galápagos	41
2.5.1. Isla Isabela	41
2.5.2. Isla San Cristóbal	41
2.5.3. Isla Santa Cruz.....	42
2.5.4. Isla Fernandina.....	42
3. Descripción del diseño	44
3.1. Cálculos.....	44
3.2. Descripción de la solución	45
3.3. Cálculo de ancho de banda.....	45
3.4. Selección de la tecnología idónea	48
3.4.1. Características técnicas de los radio enlaces	48
3.4.2. CFIP PHOENIX M (Modular)	48
3.4.2.1. Características	49
3.4.3. Transcend 1000 IP de alto rendimiento y TDM radio por microondas	49
3.4.3.1. Características	49
3.4.3.2. Adaptive Coding - True y Modulación (True ACM).....	49
3.5. FODA	50
3.6. Topología de instalación.....	51
3.6.1. All Indoor	52
3.6.2. All outdoor	52
3.6.3. Split Mount.....	53
3.7. Análisis de la topología a implantar	54
3.8. Software de simulaciones	56
3.8.1. CNT E.P.	57
3.8.1.1. Isla San Cristóbal-Repetidor El Niño e Isla Santa Cruz-Repetidor Crocker.....	57
3.8.1.2. Isla Isabela-Central Puerto Villamil CNT EP e Isla Santa Cruz- Repetidor Crocker	58

3.8.1.3. Isla Fernandina- Repetidor Fernandina e Isla Isabela-Repetidor Isabela	60
3.8.2. Telefónica	61
3.8.2.1. San Cristóbal- San Cristóbal N-0 e Santa Cruz-Santa Cruz N-0	61
3.8.2.2. San Cristóbal- Malecón Puerto Ayora N-0 e Santa Cruz-Puerto Baquerizo Moreno N-0.....	63
3.8.2.3. Isla Isabela- Puerto Villamil N-0 e Isla Santa Cruz-Malecón Puerto Ayora N-0	64
3.8.2.4. Isla Isabela-Puerto Villamil N-0 e Isla Santa Cruz-Santa Cruz N-0	65
3.8.2.5. Isla Fernandina-Fernandina N-0 e Isla Isabela-Isabela N-0	67
3.9. Arquitectura.....	68
3.10. Respaldo de Energía	69
3.10.1. Moto generador	70
3.10.2. Banco de baterías.....	71
3.10.3. Capacidad nominal.....	71
4. Estudio económico de la propuesta.....	73
4.1. Análisis técnico económico de la solución.....	73
4.2. Metodología de análisis costo-beneficio.....	73
4.2.1. Retorno de la inversión ROI.....	73
4.2.2. Descripción de cálculo del análisis costo beneficio.....	74
4.2.2.1. Producir estimaciones de costos-beneficios	74
4.2.2.2. Determinar viabilidad del proyecto (Retorno de Inversión).....	74
4.3. Aplicación de la Metodología en Diseño de la Red Inalámbrica Terrestre para ofrecer servicios de Internet a 4 islas del Archipiélago de Galápagos.....	75

5. Conclusiones y Recomendaciones.....	76
5.1. Conclusiones.....	77
5.2. Recomendaciones.....	77
REFERENCIAS.....	79
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Radio Enlaces	4
Figura 2. Espectro electromagnético de frecuencias.....	5
Figura 3. Línea de vista.....	7
Figura 4. Repetidor Activo	7
Figura 5. Repetidor Pasivo	8
Figura 6. Frente de onda con superficie perpendicular a la dirección de propagación	9
Figura 7. Frente de onda producido por una fuente puntual	10
Figura 8. Absorción atmosférica.....	12
Figura 9. Refracción entre dos medios.....	13
Figura 10. Reflexión electromagnética entre dos medios en una frontera plana...	14
Figura 11. Principio de Huygens para un frente de onda plano.....	15
Figura 12. Frente de onda finito	16
Figura 13. Frente de onda rodeando a una arista	16
Figura 14. Propagación de ondas espaciales.....	18
Figura 15. Diversidad de espacio	20
Figura 16. Diversidad de frecuencia.....	21
Figura 17. Diversidad de polarización	21
Figura 18. Transmisión de polarización simple	22
Figura 19. Transmisión de polarización doble co-canal	22
Figura 20. Diagrama de bloques de un sistema XPIC.....	23
Figura 21. Cancelación de Interferencia por polarización cruzada.....	25
Figura 22. Radio enlace	26
Figura 23. Parámetros de la ODU	27
Figura 24. Diseño de enlaces punto a punto.....	28
Figura 25. Diseño de enlaces punto multipunto	28
Figura 26. Distribución geográfica de la Población de Galápagos	33
Figura 27. Estaciones de Telefónica en Google Earth	36
Figura 28. Fotografía panorámica del Cerro Crocker	36

Figura 29. Fotografía panorámica de la Torre Auto soportada SANTA CRUZ N-0	37
Figura 30. Fotografía panorámica del Monopolo MALECÓN PUERTO AYORA N-0.....	37
Figura 31. Fotografía panorámica del Monopolo PUERTO BAQUERIZO MORENO-0	37
Figura 32. Fotografía panorámica de la Torre Auto soportada PUERTO VILLAMIL.....	38
Figura 33. Estaciones de CNT E.P. en Google Earth.....	39
Figura 34. Fotografía panorámica del REPETIDOR CROCKER.....	39
Figura 35. Fotografía panorámica del REPETIDOR EL NIÑO	40
Figura 36. FODA	50
Figura 37. Diagrama de All Indoor.....	52
Figura 38. Diagrama All outdoor.....	53
Figura 39. Diagrama Split Mount.....	54
Figura 40. Diseño de radio enlace.....	55
Figura 41. Estaciones de CNT E.P. en Google Earth.....	57
Figura 42. Estaciones de CNT E.P. en Path loss	57
Figura 43. Estaciones de CNT E.P. en Google Earth.....	58
Figura 44. Estaciones de CNT E.P. en Path loss	59
Figura 45. Estaciones de CNT E.P. en Google Earth.....	60
Figura 46. Estaciones de CNT E. P. en Path loss	60
Figura 47. Estaciones de Telefónica en Google Earth	61
Figura 48. Estaciones de Telefónica en Path loss.....	62
Figura 49. Estaciones de Telefónica en Google Earth	63
Figura 50. Estaciones de Telefónica en Path loss.....	63
Figura 51. Estaciones de Telefónica en Google Earth	64
Figura 52. Estaciones de Telefónica en Path loss.....	64
Figura 53. Estaciones de Telefónica en Google Earth	65
Figura 54. Estaciones de Telefónica en Path loss.....	65
Figura 55. Estaciones de Telefónica en Google Earth	67
Figura 56. Estaciones de Telefónica en Path loss.....	68

Figura 57. Cimentación para torre Auto soportada.....	69
Figura 58. Generador	70
Figura 59. Niveles de tensión.....	70
Figura 60. Banco de baterías	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Designaciones de banda CCIR	5
Tabla 2. Población en Galápagos por Cantón.....	33
Tabla 3. Acceso a las TICs en la Provincia de Galápagos.....	34
Tabla 4. Acceso a las TICs por Cantón.....	34
Tabla 5. Estaciones de Telefónica en las Islas Galápagos	35
Tabla 6. Estaciones de CNT E.P. en las Islas Galápagos.....	38
Tabla 7. Proyecciones de la población de los cantones de las Islas	40
Tabla 8. Censo de población del 2006 y proyecciones de la población de los cantones de las Islas	44
Tabla 9. Plan Nacional de Frecuencias.....	45
Tabla 10. Porcentaje de habitantes que requieren Internet.....	46
Tabla 11. Características técnicas de los radio enlaces.....	48
Tabla 12. FODA entre dos equipos	51
Tabla 13. Información del radio enlace requerido	55
Tabla 14. Información del radio enlace	58
Tabla 15. Información del radio enlace	59
Tabla 16. Información del radio enlace	61
Tabla 17. Información del radio enlace	62
Tabla 18. Información del radio enlace	66
Tabla 19. Información del radio enlace	68
Tabla 20. Determinación del retorno de inversión.....	74
Tabla 21. Valoración de Costo - Beneficio	75
Tabla 22. Aplicación de la tabla para retorno de inversión.....	76

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	8
Ecuación 2.....	11
Ecuación 3.....	71
Ecuación 4.....	72

INTRODUCCIÓN

Actualmente las Islas Galápagos tienen 25.124 habitantes. La superficie total del archipiélago es de 8.010 Km² (Abordo, s.f.).

Según estadísticas de tecnología de la información y comunicación en las Islas Galápagos un 18.3% usan internet, cabe recalcar que incluye 13 islas grandes, 6 medianas y 215 islotes (Ecuador en cifras, s.f.).

El archipiélago está conformado por cinco islas principales que superan los 500 Km² que son: Isabela, Santa Cruz, Fernandina, San Salvador y San Cristóbal, de esas hemos elegido las cuatro más pobladas (Inocar, s.f.).

Isabela es la isla más joven y extensa del archipiélago con 5367.5 Km² de superficie, abarca casi el 60 por ciento del total de la tierra de las Galápagos. Tiene 2.256 habitantes. Su capital es Puerto Villamil (Viajando, s.f.).

San Cristóbal es una de las islas más antiguas de Galápagos. Tiene 848.5 Km² de superficie. Habitan 7475 personas. Su cabecera cantonal es Puerto Baquerizo Moreno (Tourguide, s.f.).

Santa Cruz localizada en la mitad del Archipiélago de Galápagos. Tiene una superficie de 986 Km². Es la segunda isla en tamaño después de Isabela. Su capital Puerto Ayora. En Santa Cruz está el mayor asentamiento humano con una población de 15.393 habitantes. Aquí se encuentran la estación científica Charles Darwin y las oficinas centrales del Parque Nacional. Concentra el mayor movimiento turístico (Ecuale, s.f.).

Fernandina es la isla más joven y más occidental del archipiélago. Tiene un área de 642 Km², está separada de la isla Isabela por el Estrecho Bolívar. Debido a la reciente actividad volcánica, la isla no presenta mucha vida y tiene más bien un ambiente gris (Galápagos cruceros, s.f.).

Se puede verificar el uso de tecnologías en las principales islas del Archipiélago de Galápagos, en el último censo realizado en el 2010 por el INEC, en el cual se puede constatar que el uso de teléfono celular sobrepasa el 70%, mientras que el uso de internet tiene un porcentaje menor al 50% (Ecuador en cifras, s.f.).

Debido a este registro bajo de acceso a internet se ve la necesidad de diseñar una red inalámbrica, que permita ofrecer y garantizar servicios en beneficio de los habitantes y miles de turistas de las Islas que son Patrimonio Natural de la Humanidad. El Gobierno por medio del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, se encuentra trabajando para democratizar y universalizar las telecomunicaciones en las Islas (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, s.f.).

En la actualidad se requiere eliminar la brecha digital y el analfabetismo digital de los pobladores insulares en las principales islas del Archipiélago de Galápagos.

1. Marco teórico

1.1. Comunicaciones inalámbricas

En redes y telecomunicaciones, la expresión inalámbrico es un tipo de comunicación en el que no se usa un medio de propagación física, empleando ondas electromagnéticas, propagadas por el espacio sin un medio físico, como lo hace un cable en una red cableada (Iscuravalera, 2005).

Una red inalámbrica es similar en comportamiento a una red cableada, aunque cambia la forma de acceder a esta y la seguridad al acceso (Iscuravalera, 2005).

Se entiende por comunicaciones inalámbricas aquellas comunicaciones entre dispositivos que intercambian información utilizando el espectro radioeléctrico. Para la utilización del mismo se requiere de un permiso o licencia (Blázquez, s.f)

La utilización del espectro, está regulada según las leyes vigentes en cada país, en el cual se implementa este tipo de comunicaciones.

1.2. Radio enlaces terrestres

Son sistemas de transmisión entre puntos firmes, ubicados sobre la superficie terrestre, otorgan capacidad de información, con propiedades de calidad y recursos establecidos. Específicamente los enlaces comercializados van entre 800 MHz y 42 GHz (Redtaurus, s.f.).

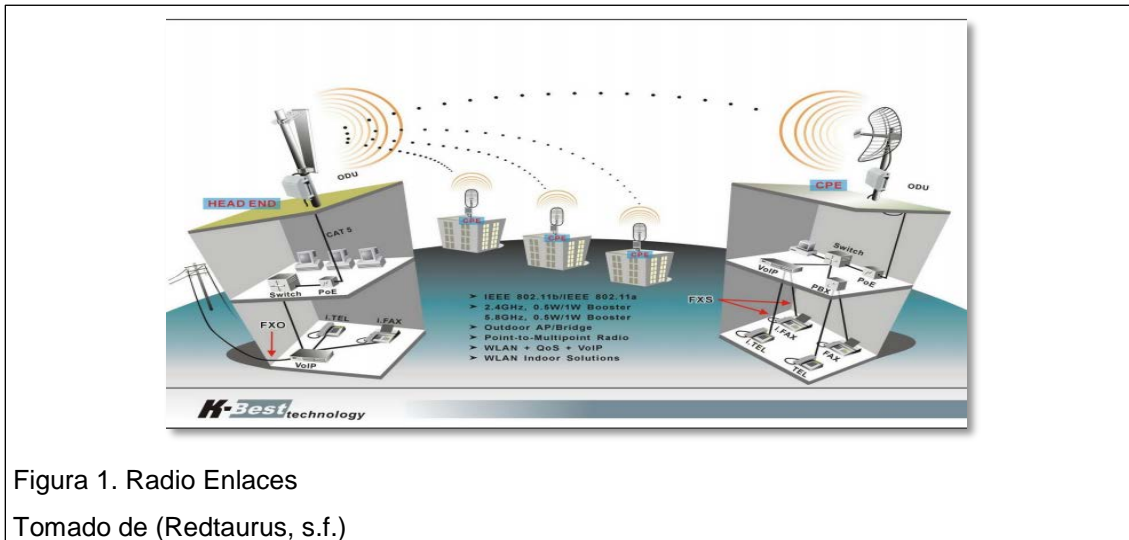


Figura 1. Radio Enlaces

Tomado de (Redtaurus, s.f.)

Los radioenlaces, poseen una forma de comunicación tipo dúplex, en el que se transmiten dos portadoras moduladas: la primera para transmitir y la segunda para recibir. Se denomina radio canal, a las frecuencias asignadas para transmitir y recibir señales. Los enlaces se realizan entre puntos visibles, puntos altos de la topografía. Para un correcto funcionamiento del sistema de microondas es necesario que la trayectoria entre enlaces tenga una altura libre y adecuada para la propagación (Redtaurus, s.f.).

Para realizar el cálculo de las alturas en las que se deben instalar los radioenlaces se debe conocer la topografía del terreno, adicional la altura y ubicación de los obstáculos a encontrar en el trayecto, esto se lo realiza mediante un survey en campo (Redtaurus, s.f.).

1.3. Microondas

Microondas son ondas electromagnéticas, con frecuencias que inician desde 500 MHz hasta más de 300 GHz. Debido a frecuencias altas, las señales de microondas poseen longitudes de onda condicionalmente pequeñas, por tal motivo lleva el nombre de "micro" ondas. Como medio físico de transmisión se usa el espacio libre. La información es transmitida de forma digital mediante ondas de radio de longitud pequeña. Se pueden establecer enlaces punto a punto o también direccionar diversos canales a diversas estaciones en un

enlace otorgado conocido como punto multipunto. Las estaciones constan de una antena y de una serie de rutas que interconectan la misma con el cliente (Redtaurus, s.f.).

1.4. Espectro electromagnético

Transferir información entre dos o varios sitios es el objetivo de un sistema electrónico. Esto se da gracias a que la información original se convierte en energía electromagnética, para transmitir a las estaciones receptoras, donde se convierte a su forma original. Dicha energía es propagada como voltaje o corriente, mediante un cable u ondas de radio difundidas hacia el espacio libre, adicional por fibra óptica a través de luz. En la Tabla 1 se puede observar que dicha energía es dividida en varias frecuencias.

Frecuencia es el número de ocasiones que ocurre un desplazamiento continuo (Tomasi, 2003).

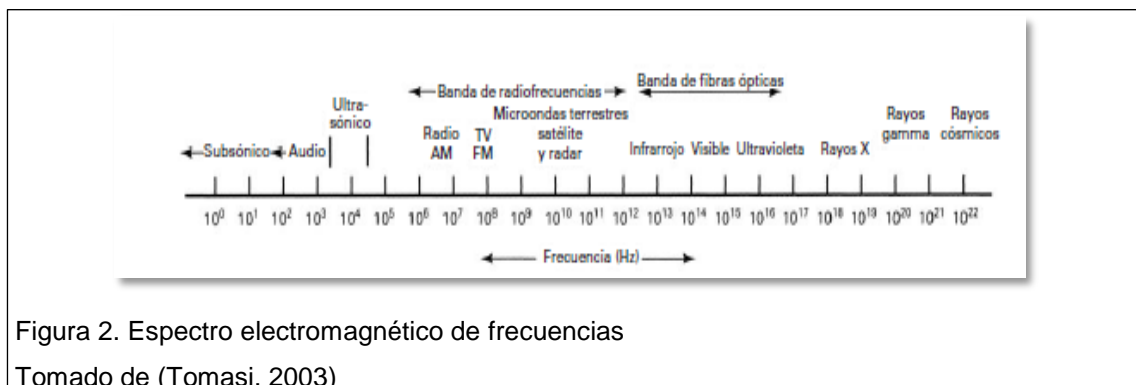


Tabla 1. Designaciones de banda CCIR

Número de banda	Intervalo de frecuencias*	Designación
2	30 Hz – 300 Hz	ELF (frecuencias extremadamente bajas)
3	0.3 KHz – 3KHz	VF (frecuencias de voz)
4	3 KHz – 30 KHz	VLF (frecuencias muy bajas)
5	30 KHz – 300 KHz	LF (bajas frecuencias)
6	0.3 MHz – 3 MHz	MF (frecuencias intermedias)
7	3 MHz – 30 MHz	HF (frecuencias altas)
8	30 MHz – 300 MHz	VHF (frecuencias muy altas)
9	300 MHz – 3 GHz	UHF (frecuencias ultra altas)
10	3 GHz – 30 GHz	SHF (frecuencias super altas)

11	30 GHz – 300 GHz	EHF (frecuencias extremadamente altas)
12	0.3 THz – 3 THz	Luz infrarroja
13	3 THz – 30 THz	Luz infrarroja
14	30 THz – 300 THz	Luz infrarroja
15	0.3 PHz – 3 PHz	Luz visible
16	3 PHz – 30 PHz	Luz ultravioleta
17	30 PHz – 300 PHz	Rayos X
18	0.3 EHz – 3 EHz	Rayos gamma
19	3 EHz – 30 EHz	Rayos cósmicos
*100 hertz (Hz); 103 kilohertz (KHz); 106 megahertz (MHz); 109 gigahertz (GHz); 1012 terahertz (THz); 1015 petahertz (PHz); 1018 exahertz (EHz)		

Tomado de (Tomasi, 2003)

1.4.1. Muy altas frecuencias (30MHz – 300MHz VHF, very high frequencies). Usadas en comunicaciones marítimas, aeronáuticas, radios móviles, radiodifusión comercial (FM) y transmisión de tv (channel 2-13) (Tomasi, 2003).

1.4.2. Frecuencias ultra altas (300MHz – 3GHz UHF, ultrahigh frequencies). Utilizadas para servicios móviles de comunicaciones terrestres, navegación, sistemas de radio por microondas y por satélite, teléfonos celulares. Se debe tomar en cuenta que, frecuencias superiores a 1 GHz son consideradas microondas (Tomasi, 2003).

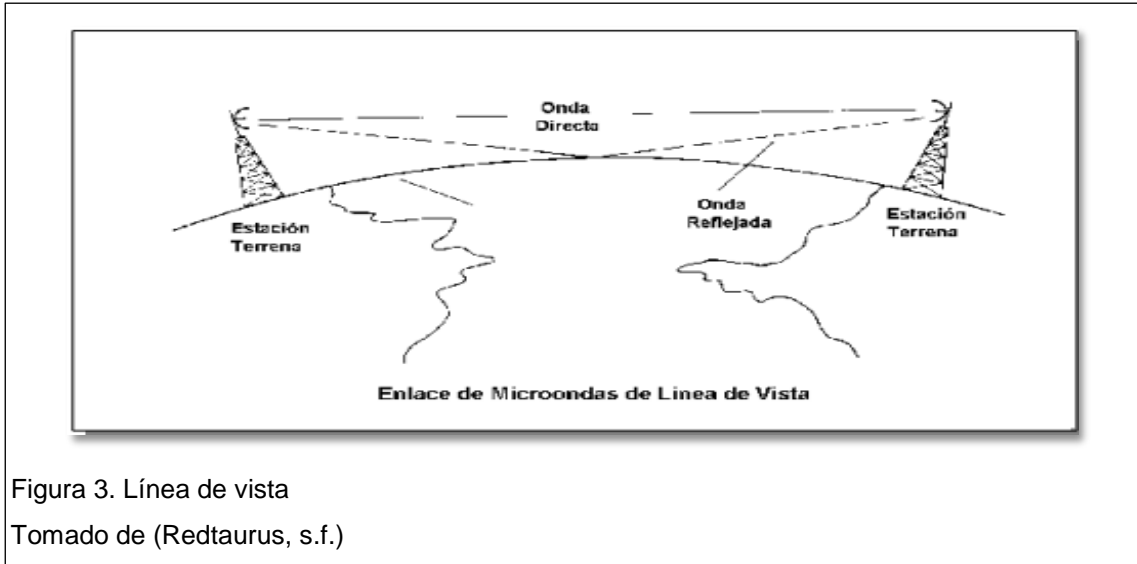
1.4.3. Frecuencias super altas (3GHz - 30GHz SHF, superhigh frequencies). Usadas en sistemas de radio por microondas y satelitales (Tomasi, 2003).

1.5. Microondas Terrestres

Un radioenlace microondas proporciona conexión entre dos puntos conocidas como estaciones terrenas que tienen línea de vista. Se transmite una forma de onda, analógica (FM) o digital. A continuación, existen principales aplicaciones de sistema de microondas (Redtaurus, s.f.):

- Telefonía fija
- Telégrafo / Facsímile
- Canales de Televisión

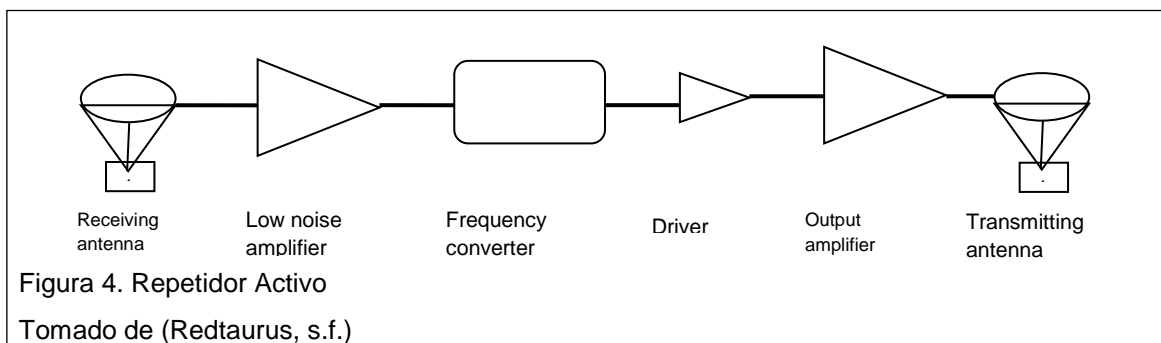
- Datos
- Vídeo
- Telefonía Celular



1.5.1. Repetidores de Microonda

Los repetidores se usan para amplificar la señal y redireccionar la misma, mediante la ayuda de reflectores pasivos pueden llegar al sitio requerido (Redtaurus, s.f.).

1.5.1.1. Activos: Son aquellos que obtienen la señal en la frecuencia de portadora, esta se reduce a frecuencia intermedia (FI), seguidamente se amplifica y es retransmitida en la frecuencia de salida. Son transceptores y se les llama así aquellos equipos que tienen en común rutas electrónicas entre el transmisor y receptor (Redtaurus, s.f.).



1.5.1.2. Pasivos: Reflejan la señal y existen dos tipos de pasivos convencionales y back-back, los primeros son una superficie reflectora, mientras que los segundos están formados por dos antenas espalda - espalda, usados para trayectorias pequeñas. (Redtaurus, s.f.).

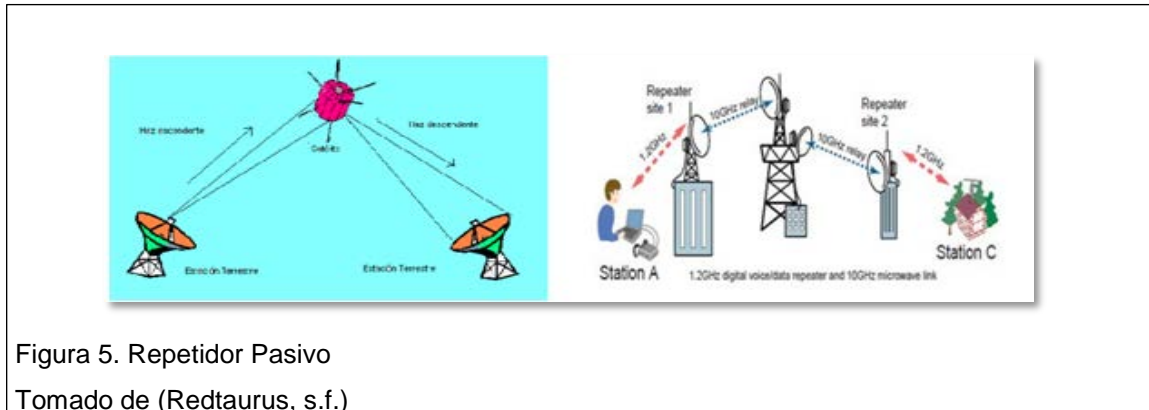


Figura 5. Repetidor Pasivo

Tomado de (Redtaurus, s.f.)

1.6. Ancho de banda

El ancho de banda del canal de comunicaciones tiene que ser exacto o superior al ancho de banda de la información. En otras palabras, un canal de comunicaciones no debe propagar una señal que abarque una frecuencia que se modifica con velocidad superior que la amplitud de banda de canal (Tomasi, 2003).

En la Ecuación 1 se puede observar la expresión matemática del límite de Shannon de capacidad de información:

$$I = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Es decir, $I = 3.32 \log_{10} \left(1 + \frac{S}{N} \right)$ (Ecuación 1)

Tomado de (Tomasi, 2003)

Donde I = capacidad de información (bits por segundo)

B = ancho de banda (hertz)

$\frac{S}{N}$ = relación de potencia de señal a ruido (sin unidades)

1.7. Polarización electromagnética

La onda electromagnética tiene un campo eléctrico y un magnético, estos forman entre sí 90° . La polarización de una onda electromagnética plana es la orientación del vector de campo eléctrico con respecto a la superficie de la Tierra. Se llama polarización lineal si permanece constante. La polarización horizontal y vertical, son dos formas de polarización lineal. Se dice que la onda está polarizada horizontalmente, si el campo eléctrico se propaga en dirección paralela a la superficie terrestre. Si la onda está polarizada verticalmente, se dice que el campo eléctrico se propaga en dirección perpendicular a la superficie terrestre. Si el vector de polarización gira 360° a medida que la onda recorre una longitud de onda por el espacio, y la intensidad de campo es igual en todos los ángulos de polarización, la onda tiene polarización circular.

Cuando la intensidad de campo varía con cambios en la polarización, es una polarización elíptica. Una onda rotatoria puede girar en cualquier dirección. Si gira en dirección de las manecillas del reloj, es derecho, y si gira en dirección contraria, es considerado izquierdo (Tomasi, 2003).

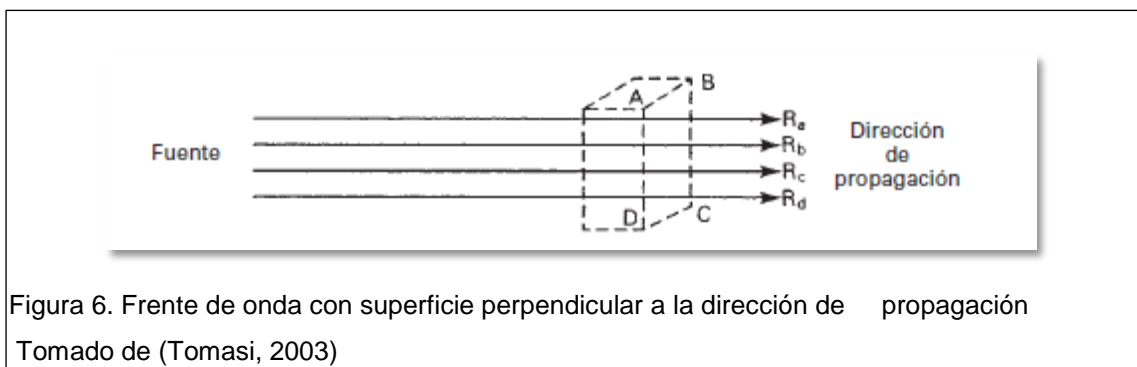


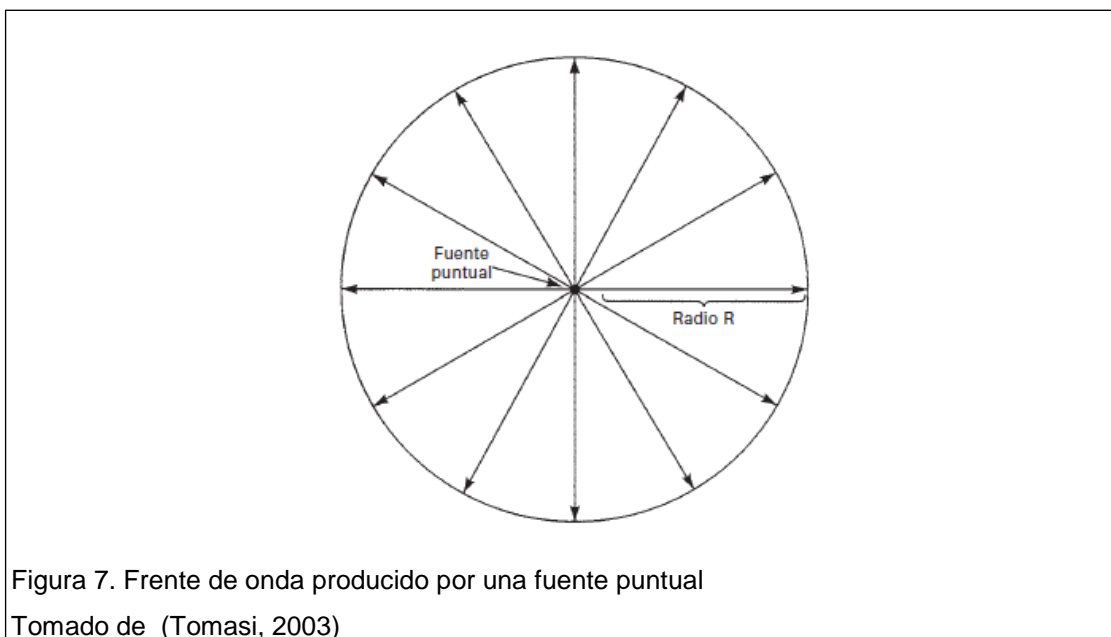
Figura 6. Frente de onda con superficie perpendicular a la dirección de propagación
Tomado de (Tomasi, 2003)

1.8. Rayos y frentes de ondas

Un rayo es una línea trazada a lo largo de la dirección de propagación de una onda electromagnética. Usados para mostrar la dirección relativa de la propagación de la onda electromagnética; no necesariamente representan la propagación de una sola onda electromagnética.

Un frente de onda representa una superficie de ondas electromagnéticas de fase constante (no cambia). Se forma un frente de onda cuando se unen puntos de igual fase en rayos que se propagan desde la misma fuente. Cuando una superficie es plana, su frente de onda es perpendicular a la dirección de propagación. Cuando más cerca está de su fuente, el frente de onda es más complicado. En su mayoría los frentes de onda son más complicados que los de una simple onda plana.

Una fuente puntual es un solo lugar desde el cual se propagan rayos por igual en todas direcciones: se conoce como fuente isotrópica. El frente de onda generado por una fuente puntual sólo es una esfera con radio R , y su centro está en el punto de origen de las ondas. Se visualiza en la Figura 7. En el espacio libre, y a una distancia suficiente de la fuente, los rayos dentro de una superficie pequeña de un frente de onda esférico son casi paralelos. Lo que quiere decir que, a mayor distancia de la fuente, la propagación de la onda se parece más a la de un frente de onda plano (Tomasi, 2003).



1.9. Atenuación y absorción de ondas

Atenuación se denomina a las ondas que se dispersan por el espacio libre, se esparcen, además existe pérdida por absorción.

La atmósfera terrestre contiene partículas, que absorben energía electromagnética. A la pérdida por absorción se le conoce como disminución de potencia (Tomasi, 2003).

1.9.1. Atenuación

El campo electromagnético constante que irradia la fuente se esparce, a medida que se aleja un frente de onda de la fuente. Las ondas se alejan cada vez más entre sí, esto quiere decir que el número de ondas por unidad de área disminuye. La potencia irradiada sigue igual, cuando el frente de onda se aleja de la fuente; la onda se extiende sobre un área mayor y disminuye la densidad de potencia.

A la reducción de densidad de potencia con la distancia, se denomina atenuación de la onda, en otras palabras es una pérdida de potencia. La atenuación de la onda se expresa en función del logaritmo común de la relación de densidades de potencia, esto se visualiza en la Ecuación 2 (pérdida en dB) (Tomasi, 2003).

Atenuación de la onda

$$Ya = 10 \log \frac{P1}{P2} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Tomado de (Tomasi, 2003)

1.9.2. Absorción

La atmósfera terrestre está formada por átomos y moléculas. Cuando una onda electromagnética se propaga a través de la atmósfera terrestre, se transfiere energía de la onda a los átomos y moléculas atmosféricos. La absorción de onda por la atmósfera es análoga a una pérdida de potencia $I2R$. Una vez absorbida, la energía se pierde para siempre, y causa una atenuación en las intensidades de voltaje y campo magnético, y una reducción correspondiente de densidad de potencia.

La absorción de las radiofrecuencias en una atmósfera normal depende de su frecuencia, y es insignificante a menos de unos 10 GHz. La figura 8 muestra la absorción atmosférica, en decibeles por kilómetro, debida al oxígeno y al vapor de agua, para radiofrecuencias mayores de 10 GHz. Se aprecia que ciertas frecuencias se afectan más o menos por la absorción, y se producen picos y valles en las curvas. La atenuación de ondas debida a la absorción no depende de la distancia a la fuente de radiación, sino más bien a la distancia total que la onda se propaga a través de la atmósfera. Esto es que, para un medio homogéneo, cuyas propiedades son uniformes en todo él, la absorción sufrida durante el primer kilómetro de propagación es igual que la del último kilómetro. Las condiciones atmosféricas anormales, como por ejemplo lluvias intensas o neblina densa, absorben más energía que una atmósfera normal (Tomasi, 2003).

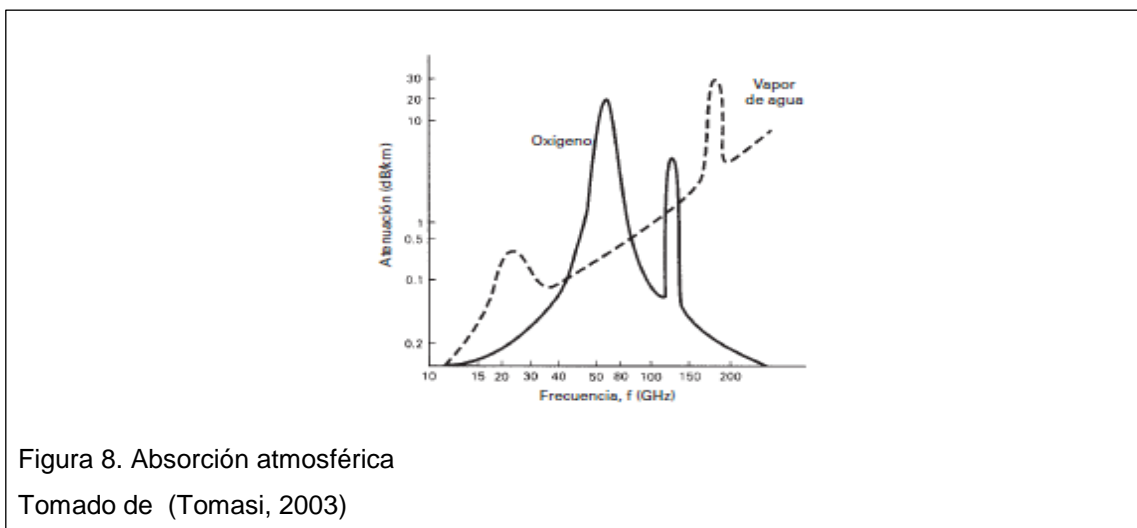


Figura 8. Absorción atmosférica
Tomado de (Tomasi, 2003)

1.10. Propiedades ópticas de las ondas de radio

La propagación de frentes de ondas y rayos puede diferir del comportamiento en el espacio libre, por efectos ópticos, como refracción, reflexión, difracción e interferencia. En terminología a la imaginación, la refracción sería la flexión, la reflexión como rebote, la difracción como dispersión y la interferencia como choques (Tomasi, 2003).

1.10.1. Refracción

Cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distinta velocidad de propagación. Donde, la velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace. Por lo que, existe refracción siempre que una onda pasa de un medio a otro de distinta densidad. En la figura 9 se muestra la refracción de un frente de onda en una frontera plana entre dos medios con distintas densidades. El medio 1 es menos denso que el medio 2, esto quiere decir que, $v_1 > v_2$. Se puede ver que el rayo A entra al medio más denso antes que el rayo B. Así, el rayo B se propaga más rápido que el rayo A, y viaja la distancia BB' en el mismo tiempo que el rayo A recorre la distancia AA' . Esto quiere decir que, el frente de onda $A'B'$ se inclina hacia abajo (Tomasi, 2003).

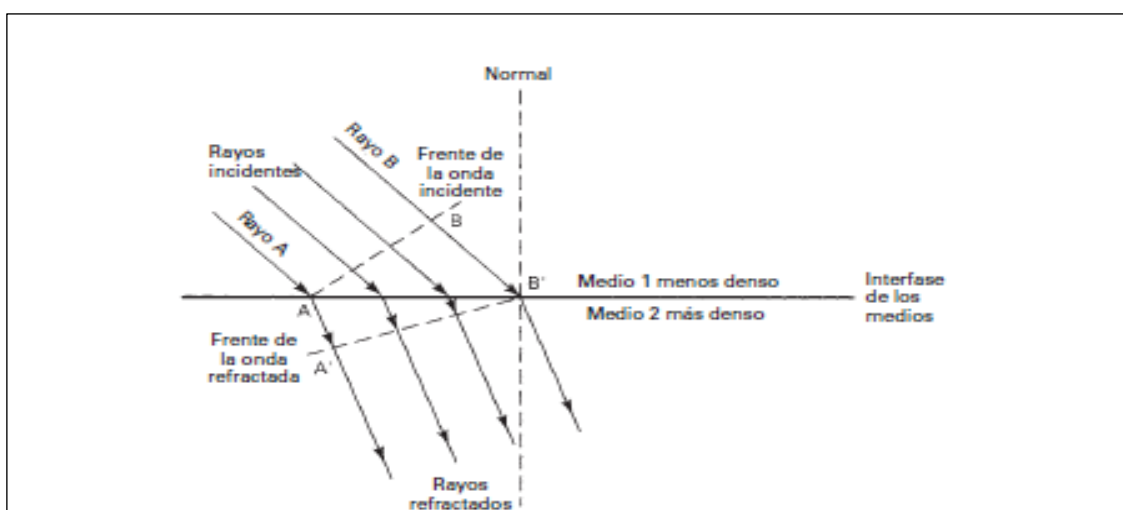


Figura 9. Refracción entre dos medios

Tomado de (Tomasi, 2003)

1.10.2. Reflexión

Reflexión acto de reflejar. La reflexión electromagnética se anuncia cuando una onda incidente choca con el límite entre dos medios, y la mayoría de potencia incidente no ingresa al segundo material. En la figura 10 se observa la reflexión de una onda electromagnética en un plano adyacente entre dos medios. El total de las ondas reflejadas continúan en el medio 1, idénticas velocidades de las

ondas, reflejada e incidente. Mismo ángulo de reflexión y ángulo de incidencia, $\theta_i = \theta_r$.

Voltaje reflejado < Voltaje incidente. Coeficiente de reflexión, Γ , relación de intensidades de voltaje reflejado a incidente. Si el conductor es perfecto, $\Gamma=1$. Para desplazamiento de fase es utilizado Γ (Tomasi, 2003).

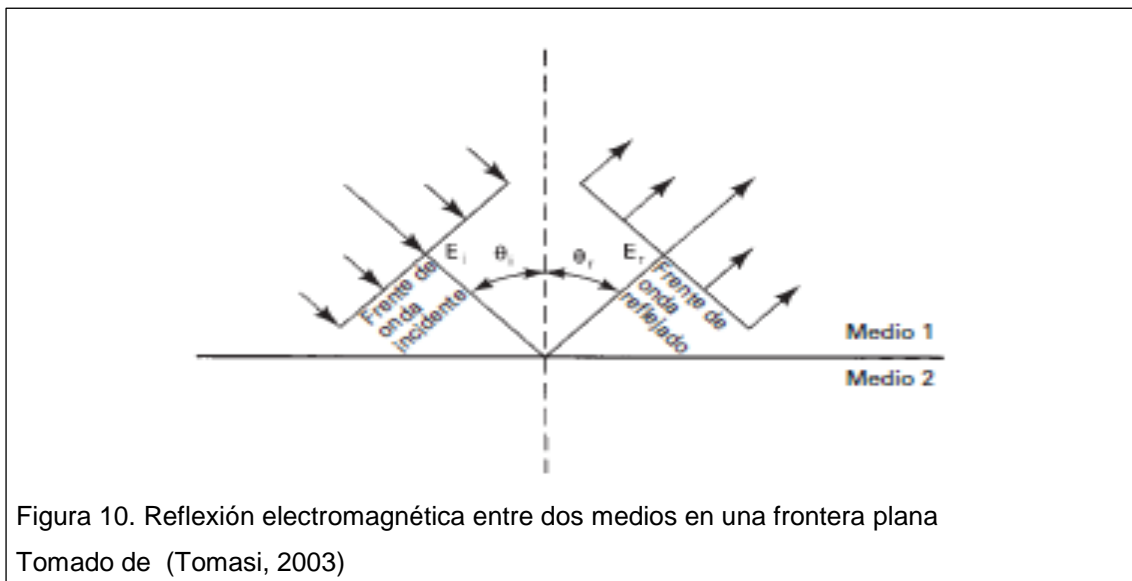


Figura 10. Reflexión electromagnética entre dos medios en una frontera plana
Tomado de (Tomasi, 2003)

1.10.3. Difracción

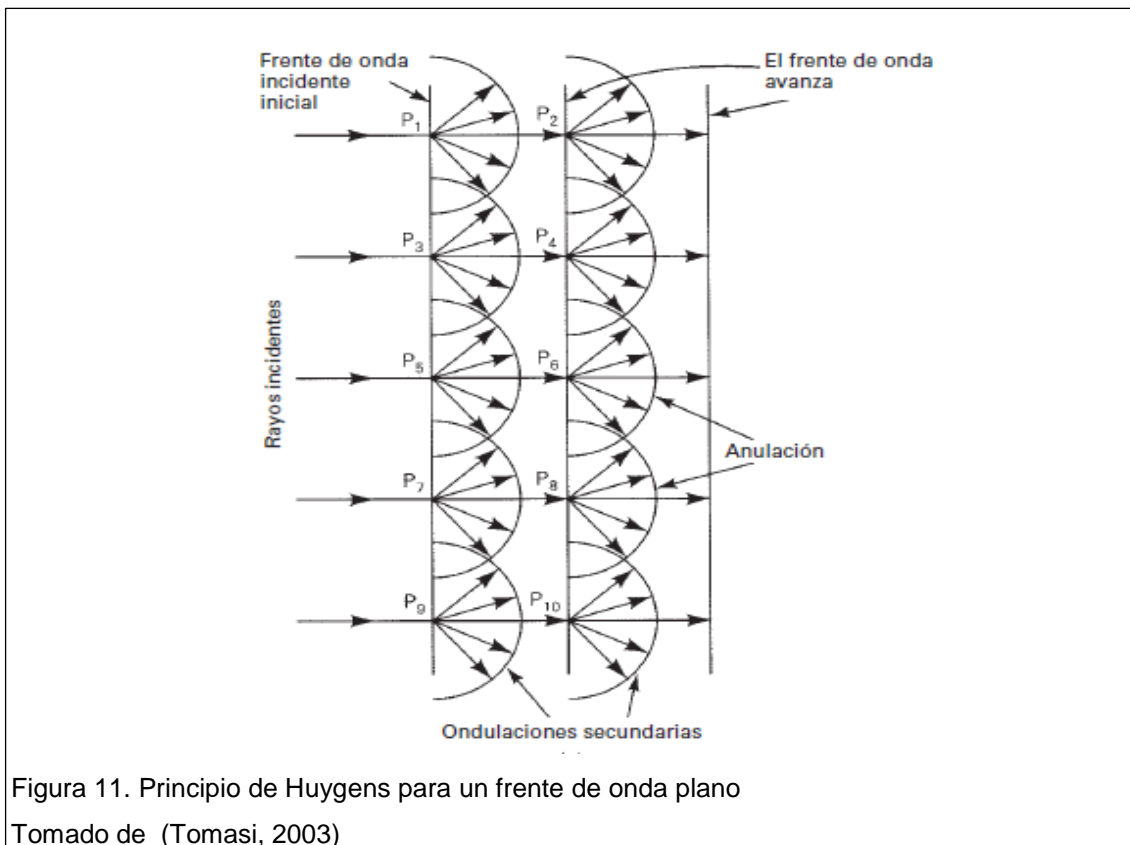
Fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a esquinas. Las dimensiones de las superficies refractora y reflectora son grandes con respecto a una longitud de onda de la señal. Sin embargo, cuando un frente de onda pasa cerca de un obstáculo, en el cual las dimensiones sean de tamaño comparable a una longitud de onda, no se usa análisis geométrico simple, es necesario recurrir al principio de Huygens, este se deduce de las ecuaciones de Maxwell (Tomasi, 2003).

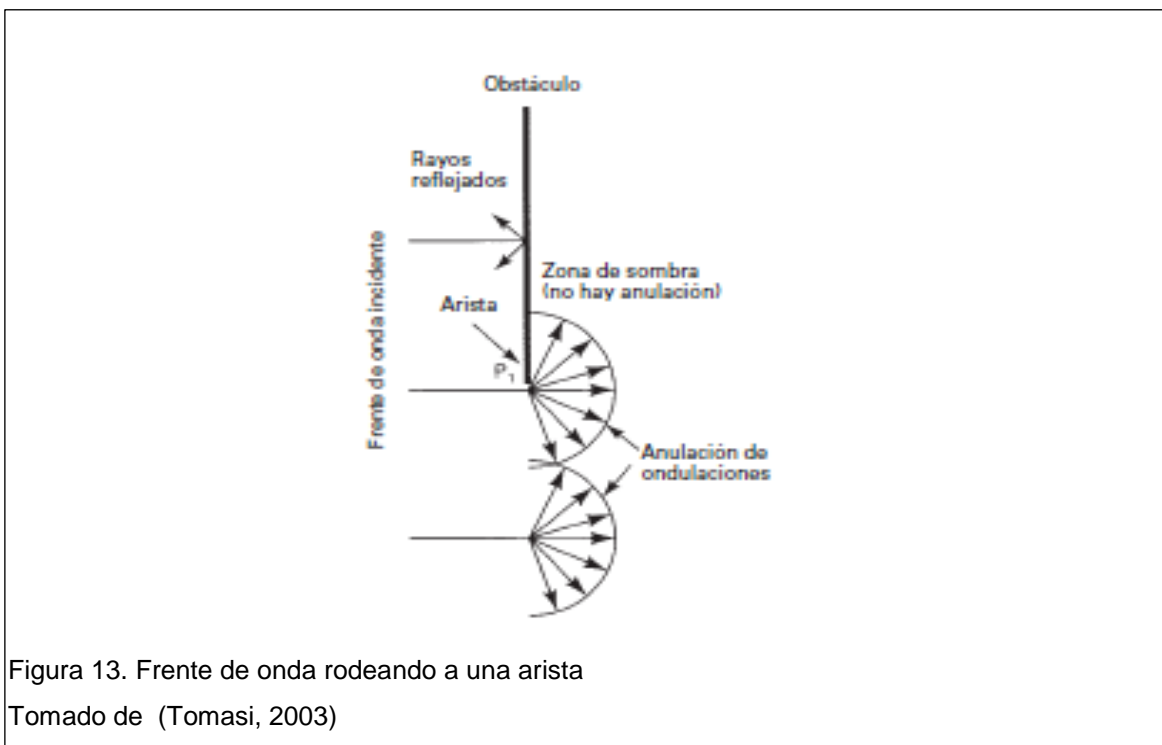
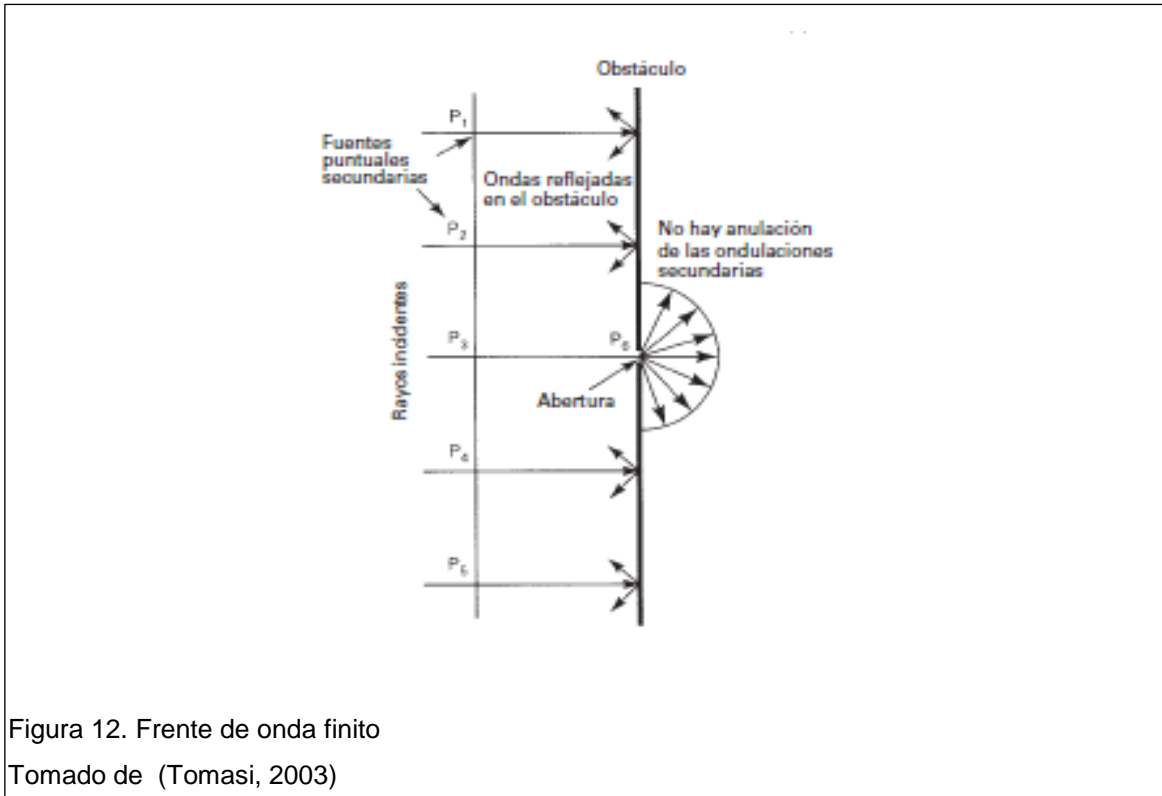
El principio de Huygens establece que todo punto sobre determinado frente de onda esférico es considerado una fuente puntual secundaria de ondas electromagnéticas, desde que se irradian y se alejan otras ondas secundarias. El principio de Huygens se visualiza en la figura 11 propagación normal de ondas considerando un plano infinito. Cada fuente puntual secundaria (p_1 , p_2 ,

etc.) irradia energía hacia afuera, en todas direcciones. A pesar de todo, el frente de onda sigue en su dirección original, y no se reparte, porque la anulación de ondas secundarias se hace en todas direcciones. Por esto, el frente de onda permanece plano (Tomasi, 2003).

Cuando se considera un frente de onda plano y finito, en la figura 12 es incompleta la anulación en direcciones aleatorias. El frente de onda se reparte hacia afuera, o se dispersa. Este efecto se denomina difracción.

En la figura 13 la difracción en torno a la orilla de un obstáculo. Se observa que la anulación de ondulaciones es parcial. Se lleva a cabo en torno a la orilla del obstáculo, esto permite que las ondas secundarias se “escurran” en torno a las aristas de un obstáculo, denominando la zona de sombra (Tomasi, 2003).





1.10.4. Interferencia

La interferencia de ondas de radio se produce siempre que se combinan dos o más ondas electromagnéticas de tal manera que se degrada el funcionamiento del sistema. La refracción, la reflexión y la difracción pertenecen a la óptica geométrica, y eso quiere decir que su comportamiento se analiza principalmente en función de rayos y de frentes de onda. La interferencia está sujeta al principio de la superposición lineal de las ondas electromagnéticas, y se presenta siempre que dos o más ondas ocupan el mismo punto del espacio en forma simultánea. El principio de la superposición lineal establece que la intensidad total de voltaje en un punto dado en el espacio es la suma de los vectores de onda individuales. Ciertos tipos de medios de propagación tienen propiedades no lineales; sin embargo, en un medio ordinario, como la atmósfera terrestre, es válida la superposición lineal.

Para frecuencias menores que VHF, las longitudes de onda relativamente grandes evitan que la interferencia sea un problema apreciable. Sin embargo, con UHF o más, la interferencia ondulatoria puede ser grave (Tomasi, 2003).

1.11. Propagación de las ondas espaciales

La propagación de la energía electromagnética en forma de ondas espaciales incluye la energía irradiada que viaja en los kilómetros inferiores de la atmósfera terrestre. Las ondas espaciales incluyen ondas directas y reflejadas en el suelo, se puede visualizar en la figura 14. Las ondas directas viajan esencialmente en línea recta entre las antenas de transmisión y recepción. La propagación de ondas espaciales directas se llama transmisión por línea de vista (LOS, por line-of-sight). La propagación directa de ondas espaciales está limitada por la curvatura de la Tierra. Las ondas reflejadas en el suelo son las que refleja la superficie terrestre cuando se propagan entre las antenas emisora y receptora (Tomasi, 2003).

En la figura 14 se visualiza la propagación de una onda espacial entre dos antenas. Se aprecia que la intensidad de campo en la antena receptora depende de la distancia entre las dos antenas (atenuación y absorción) y de si las ondas directas y las reflejadas en el suelo están en fase (interferencia) (Tomasi, 2003).

La curvatura de la Tierra presenta un horizonte en la propagación de las ondas espaciales, se llama horizonte de radio. A causa de la refracción atmosférica, el horizonte de radio está más allá del horizonte óptico para la atmósfera estándar común. El horizonte de radio está, más o menos, a cuatro tercios del horizonte óptico. La refracción se debe a la troposfera, a cambios en su densidad, temperatura, contenido de vapor de agua y conductividad relativa. El horizonte de radio se puede alargar sólo con elevar las antenas de transmisión o recepción, o ambas, respecto a la superficie terrestre, con torres, o colocándolas sobre montañas o edificios altos (Tomasi, 2003).

Cuando condiciones de la atmósfera terrestre inferior cambian, el grado de refracción puede variar a través del tiempo. Se tiene una condición especial, llamada propagación por conductos cuando la densidad de la atmósfera inferior es tal que las ondas electromagnéticas quedan atrapadas entre ella y la superficie terrestre. Las capas atmosféricas funcionan como un conducto, y una onda electromagnética se puede propagar grandes distancias siguiendo la curvatura de la Tierra dentro de este conducto (Tomasi, 2003).

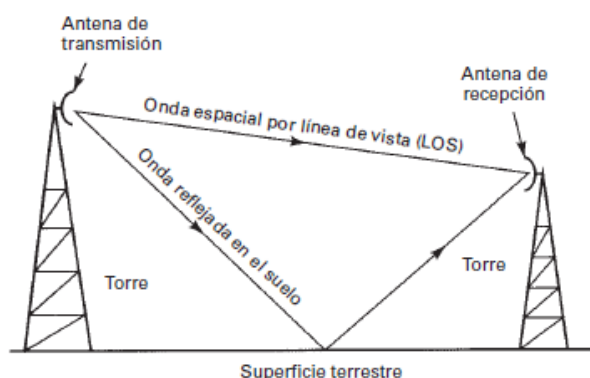


Figura 14. Propagación de ondas espaciales

Tomado de (Tomasi, 2003)

1.12. Diversidad

Recepción simultánea de una señal de radio sobre varias trayectorias. Las trayectorias de la señal se combinan de tal manera en el equipo de radio que la señal compuesta se afecta menos por los desvanecimientos. Sistemas de radio con buen diseño de diversidad, tanto la frecuencia como la profundidad son bajas (Kustra, s.f.).

Se utilizan para disminuir los efectos de desvanecimientos por multi trayectoria. El objetivo de utilizar la técnica de diversidad es aumentar la confiabilidad del sistema, así como también aumentar su disponibilidad (Kustra, s.f.).

1.12.1. Tipos de Diversidad

1.12.1.1. Diversidad de espacio

Se denomina diversidad de espacio a la radio recepción mediante dos o más antenas que generalmente se colocan en una misma torre, en ambos extremos del trayecto, con una separación equivalente a varias longitudes de onda. La información se envía en una sola frecuencia pero se recibe por dos o más trayectos distintos. Las señales recibidas se alimentan a receptores individuales, los cuales suministran una señal combinada de salida esencialmente constante a pesar del desvanecimiento que pueda ocurrir durante la propagación (Redtaurus, s.f.).

Por lo general en los sistemas por diversidad de espacio se transmite una misma señal a dos antenas receptoras instaladas con cierta separación vertical. Las dos salidas de los receptores se combinan en la estación (Redtaurus, s.f.).

El sistema por diversidad de espacio funciona de acuerdo con el principio de que las dos componentes de una misma señal que corren dos caminos distintos no tendrán los mismos puntos de interferencia. Una misma longitud de onda sufre diferentes grados de interferencia. Una misma longitud de onda

sufre diferentes grados de interferencia en dos puntos espaciados verticalmente por que dicha onda llega a las antenas por dos caminos distintos, como se observa en la figura 15 (Redtaurus, s.f.).

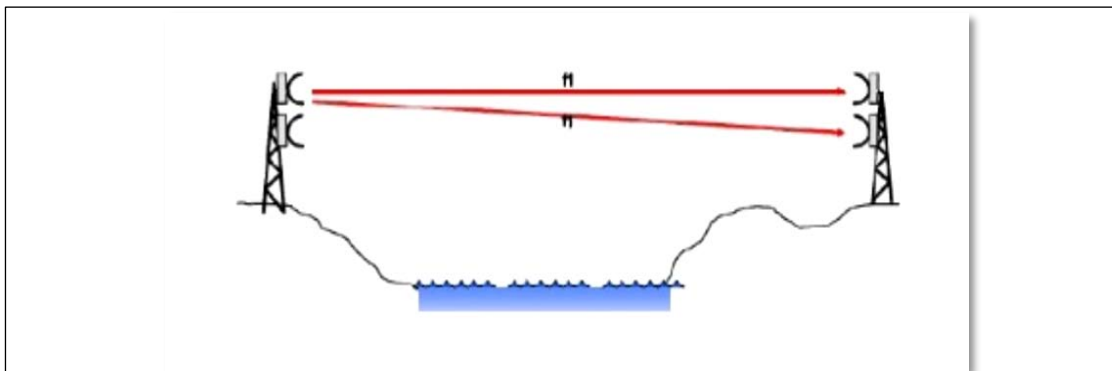


Figura 15. Diversidad de espacio

Tomado de (Redtaurus, s.f.)

1.12.1.2. Diversidad de frecuencia

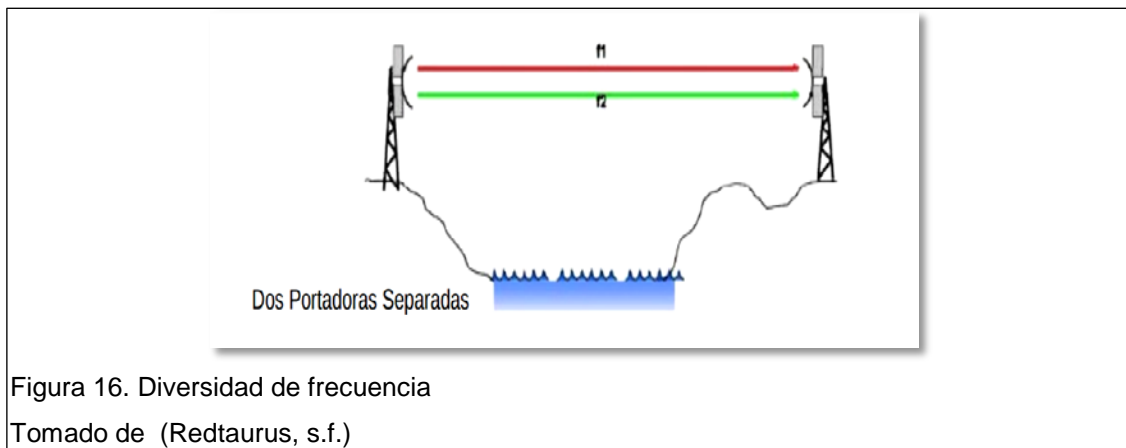
En la diversidad por frecuencia, solo consiste en modular dos portadoras de RF distintas con la misma información de FI (Frecuencias Intermedias), y transmitir. Entonces ambas señales de RF a un destino dado. En el destino, se demodulan ambas portadoras y la que produzca la mejor seña de FI (Frecuencias Intermedias) de mejor calidad, es la que se usa (Redtaurus, s.f.).

Cuando se usa diversidad de frecuencia, la información se transmite en más de una portadora, de tal forma que señales con una separación de frecuencia mayor que determinado valor no experimenten el mismo desvanecimiento, siendo la separación en frecuencia necesaria para que los canales estén parcial o totalmente decorrelados una función del ancho de banda de coherencia del canal.

Este valor puede corresponder a una fracción importante del ancho de banda total utilizado, y por lo tanto, esta técnica tiene la desventaja de necesitar generalmente un ancho de banda significativamente mayor, con un número igual de receptores que de canales de diversidad. Sin embargo, la diversidad en frecuencia se emplea usualmente en enlaces por línea de vista que usan

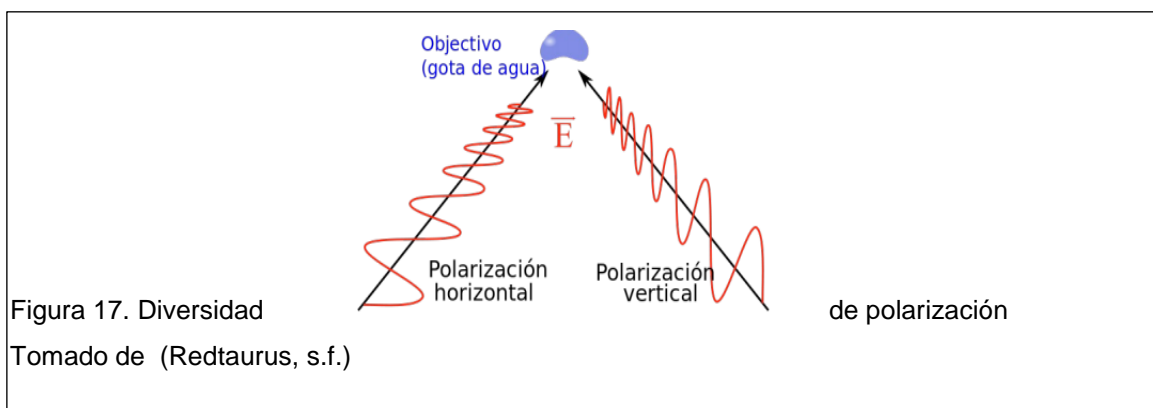
FDM (Multiplexación por División de Frecuencia) y para rutas críticas, como se observa en la figura 16 (Redtaurus, s.f.).

En sistemas de diversidad en transmisión es posible utilizar la diversidad de frecuencia a través de códigos espacio-frecuencia, con la misma metodología empleada por los códigos espacio-tiempo (Redtaurus, s.f.).



1.12.1.3. Diversidad de polarización

Dos señales originarias del radiotransmisor se trasladan al mismo tiempo por dos antenas separadas, la primera con polarización vertical y la segunda horizontal. Es útil la diversidad de polarización, para la transmisión por onda indirecta en la parte baja del espectro de frecuencias. Método no otorga resultados en la transmisión de microondas por onda espacial porque lo más probable es que las señales polarizadas desaparezcan simultáneamente, como se observa en la figura 17 (Redtaurus, s.f.).



1.13. Tecnología de Cancelación de Interferencia por polarización cruzada (XPIC)

Fue desarrollada para duplicar la capacidad inalámbrica por el mismo canal. Tecnología XPIC duplica la capacidad de transmisión inalámbrica, una clara ventaja para la red de operación en las bandas de frecuencias densas. La energía de radio microonda viaja en ondas, transmitiendo en ambas direcciones horizontal y vertical. Este fenómeno físico permite la transmisión de ondas de RF en ambas polarizaciones al mismo tiempo. La Figura 18 ilustra una sola transmisión de polarización, y la Figura 19 representa la transmisión de doble polarización co-canal (CCDP) (Hypercable, s.f.)

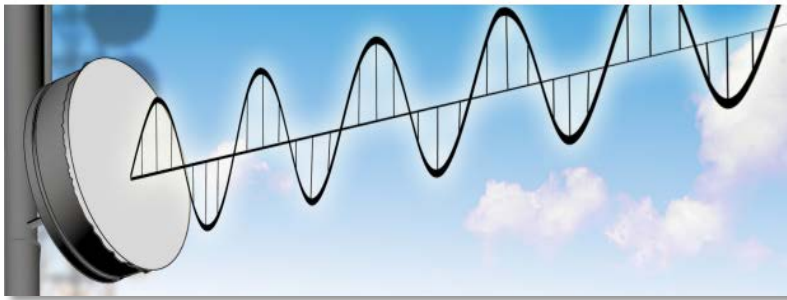


Figura 18. Transmisión de polarización simple

Tomado de (Hypercable, s.f.)

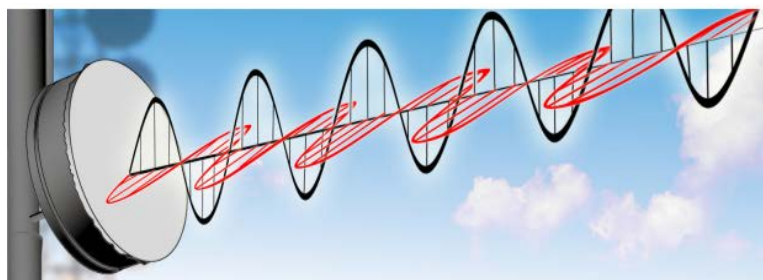


Figura 19. Transmisión de polarización doble co-canal

Tomado de (Hypercable, s.f.)

1.13.1. Transmisión de doble Polarización Co-canal

Operación CCDP (Co channel dual polarization) proporciona dos canales de comunicación paralelos sobre el mismo enlace con polarizaciones ortogonales, duplicando así la capacidad del enlace. Señales separadas e independientes son transmitidas sobre el mismo canal inalámbrico usando una única antena.

Sin embargo, a pesar de la ortogonalidad de las dos señales, una cierta interferencia entre las señales ocurre inevitablemente, debido al aislamiento imperfecto de la antena y la degradación del canal. Con el fin de cancelar los efectos de esta interferencia, el receptor pueden incluir un XPIC, que procesa y combina las señales de los dos caminos recibidos para recuperar el original, señales independientes. La figura 20 muestra el diagrama de bloques de alto nivel de un sistema XPIC (Hypercable, s.f.).

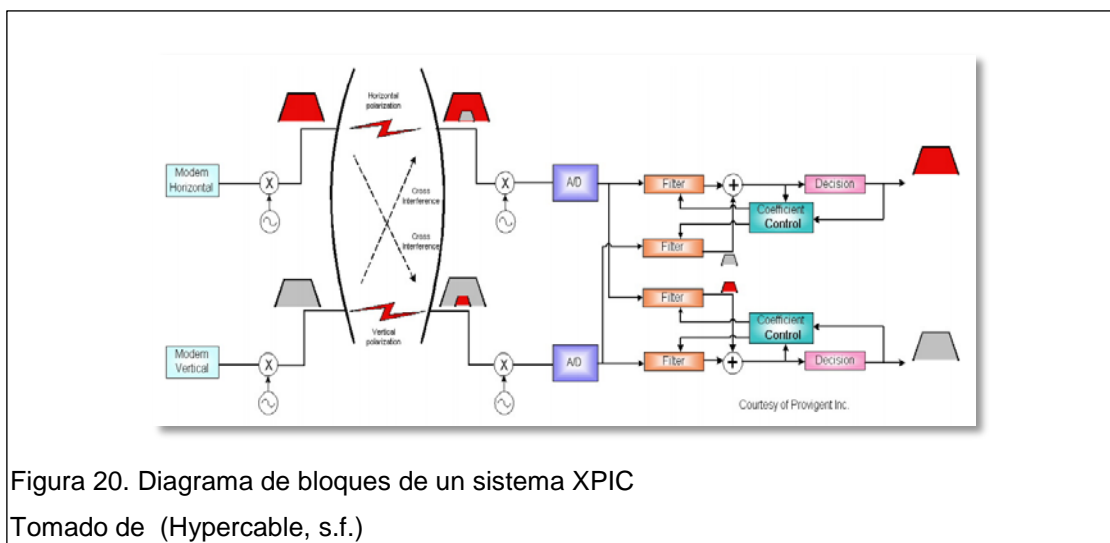


Figura 20. Diagrama de bloques de un sistema XPIC

Tomado de (Hypercable, s.f.)

Cada camino de polarización del demodulador recibe una señal grande de la polarización opuesta, causando la interferencia de polarización cruzada. Los sistemas XPIC filtran la señal de interferencia de polarización cruzada con el fin de recibir correctamente o decodificar la señal deseada. De esta manera, dos flujos de datos separados pueden ser transmitidos por el mismo canal (Hypercable, s.f.).

En la tecnología XPIC, cada ruta de polarización recibe tanto la señal de polarización y la señal polarización cruzada. El receptor resta la señal de polarización cruzada de la señal polar y cancela la interferencia de polarización cruzada (Hypercable, s.f.).

Una solución XPIC duplica la capacidad del enlace inalámbrico y permite a los operadores para reducir los gastos de operación en términos de su tasa de licencia de frecuencia. Por ejemplo, las divisiones de la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) el espectro en rodajas 6GHz. Con el fin de transmitir OC3 (600 Mbps) en la banda de 6GHz, es requerida a una modulación 128QAM. Dos canales OC-3 se pueden transmitir a través del mismo canal 6GHz utilizando la tecnología XPIC (Hypercable, s.f.).

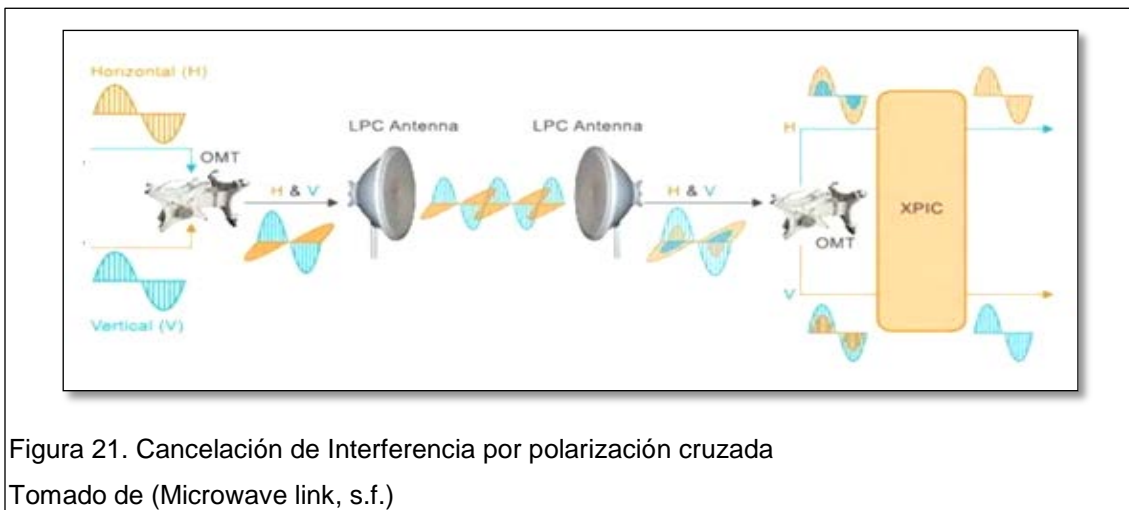
XPIC es una función que se utiliza en las instalaciones de enlace de microondas de clase de portadora para incrementar la capacidad y la eficiencia espectral de un enlace (Microwave link, s.f.).

Un enlace de microondas utiliza las capacidades efectivas de la tecnología XPIC para duplicar la capacidad potencial de un camino de microondas (Microwave link, s.f.).

XPIC permite la asignación de la misma frecuencia tanto para la polarización vertical y horizontal en un trazado. Donde las frecuencias disponibles son limitadas, entonces es posible asignar la misma frecuencia dos veces por el mismo camino con las dos polarizaciones (Microwave link, s.f.).

El uso de equipo de microondas estándar a partir de cualquiera de los principales fabricantes, si un bloque completo de ocho frecuencias estuvo disponible para una ruta de Banda inferior a 6 GHz entonces, ocho frecuencias podrían ser asignadas en cada dirección en el camino, cuatro por polarización (Microwave link, s.f.).

En comparación, el uso de equipos con capacidad de XPIC, dieciséis frecuencias pueden ser asignadas en cada sentido en el mismo camino (ocho por polarización) (Microwave link, s.f.).



1.14. Radio enlace

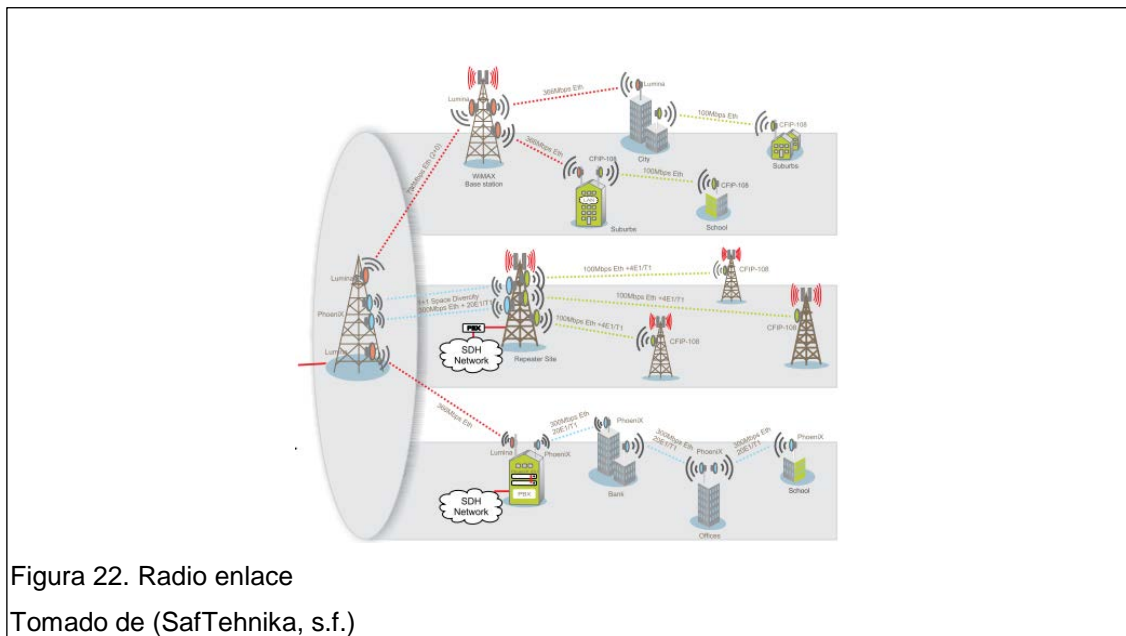
Cualquier interconexión entre los terminales se denomina radio enlace. Si aquellos terminales son fijos, se le da el mismo nombre y si es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características.

Fijan comunicación tipo dúplex, donde se emite dos portadoras moduladas: una para transmitir y otra para recibir. Radio canal es un par de frecuencias asignadas para transmitir y recibir señales.

Los enlaces se realizan en puntos donde existe línea de vista (LOS).

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento Se requiere que la trayectoria entre enlaces posea una altura libre apropiada para la propagación, pensando en las condiciones atmosféricas de la región.

La topografía del terreno es importante para el cálculo de las alturas libres, adicional la ubicación y altura de los obstáculos que puedan aparecer en la distancia (3 Cu Electrónica, s.f.).

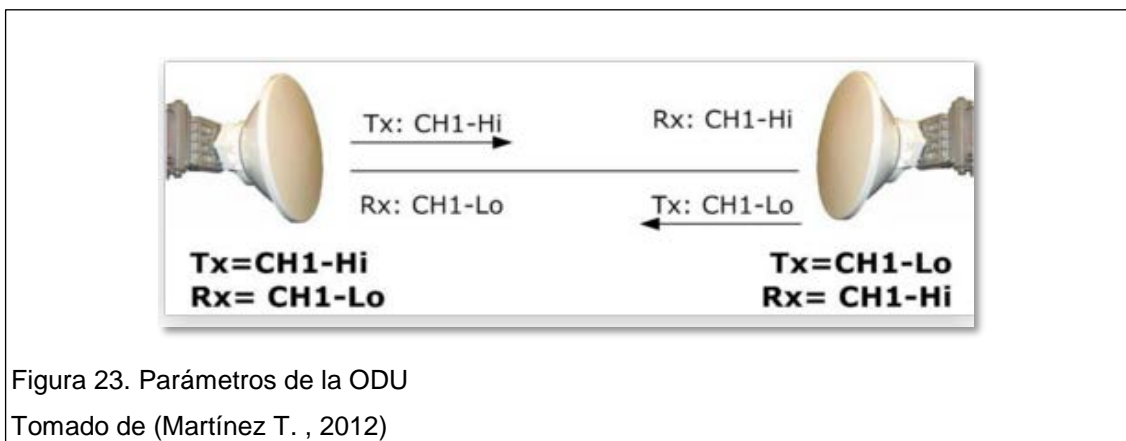


1.14.1. Elementos que conforman un radio enlace

- **IDU:** Módem que interconecta la radio con el backbone de la red. En función de las necesidades puede ofrecer interfaces Ethernet, TDM.
- **ODU:** Es la unidad radio en sí. Viene definida por la frecuencia de sintonización y la sub-banda de trabajo dentro de dicha frecuencia (Hi-Lo).
- **Antena:** El elemento que determinará la forma en la que se llevará a cabo la radiación de la potencia. Fundamental en la fase de diseño ya que el alcance, capacidad y disponibilidad del enlace dependen directamente de la correcta elección de la misma.
- **Acoplador:** Dispositivo que permite llevar a cabo la combinación de la señal de dos radios por una sola antena. Muy empleado en despliegues que empleen XPIC (emisiones en polarización cruzada).

- **Cableado:** En función del tipo de instalación el cableado requerido para la misma puede variar entre guía ondas, cable coaxial, FTP de exterior o fibra óptica.

Para una adecuada elección de la ODU cada extremo del enlace debe encontrarse en la frecuencia adecuada, no sólo en cuanto al canal si no también en cuanto a la sub-banda (Hi-Lo). Es decir un enlace siempre debe estar compuesto por dos radios en el mismo canal pero en sub-bandas diferentes. Por ejemplo si un equipo está transmitiendo por el canal 1-Hi (Tx-Hi) el receptor debe estar recibiendo por el canal 1-Hi (Rx-Hi) y viceversa (Martínez T. , 2012).



1.15. Tipos de Radio enlaces

1.15.1. Enlaces punto a punto (PTP)

Son arquitecturas adaptables con una red específica, para la conexión se utilizan exclusivamente dos nodos. La conexión punto a punto es concebida mediante AP (punto de acceso inalámbrico) y CPE (equipo local del cliente) o 2 CPE o 2 AP. La configuración punto a punto sencilla, es empleando dos CPE que tengan antenas direccionales integradas, así se concede viabilidad (Mtm Telecom, s.f.).

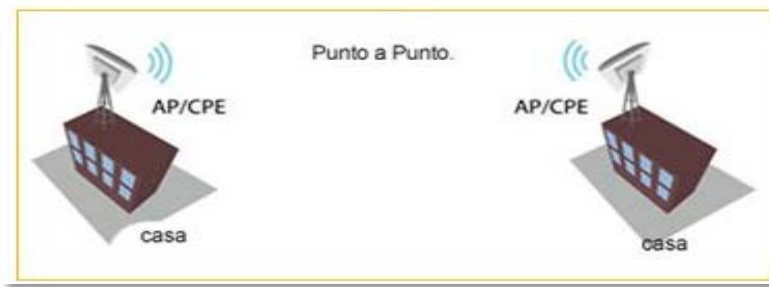


Figura 24. Diseño de enlaces punto a punto

Tomado de (Mtm Telecom, s.f.)

1.15.2. Enlaces punto multipunto (PMP)

Otorgan alta disponibilidad, su medio de transmisión es inalámbrico punto multipunto. Objetivo principal es la transmisión datos y VoIP. Con tecnología MIMO 2X2 en dispositivos. Añaden la confiabilidad debido a que están equipados con antenas de polarización dual (Mtm Telecom, s.f.).



Figura 25. Diseño de enlaces punto multipunto

Tomado de (Mtm Telecom, s.f.)

1.15.3. Radio enlaces en banda libre

La parte primordial en este tipo de enlaces es seleccionar la frecuencia de trabajo que puede ser 2.4, 5.4 y 5.8 GHz, adicional el diseño radioeléctrico.

Para este tipo de radios, los elementos susceptibles suelen añadirse a la unidad radio y la antena o usar los radios con antenas integradas (Martínez, T., 2012).

Varias herramientas que tienen relación con fabricantes permiten dar una fácil solución (Martínez, T., 2012).

Para la implementación de este tipo de enlaces se necesita colocar cableado UTP/FTP de la IDU a la ODU, si se coloca antena externa se colocará cableado coaxial de la ODU a la antena. Herrajes que realizan los fabricantes son de fácil uso y ayudan al técnico (Martínez, T., 2012).

Los fabricantes poseen interfaces web de fácil uso, por este medio se permite configurar parámetros que definen el enlace como frecuencia de trabajo, ancho de canal, IP/VLAN de gestión. Así en minutos el sistema estará operativo (Martínez, T., 2012).

En función de la directividad de las antenas lo más fácil será dejar operativo el enlace. Las antenas son pequeñas lo que hace que su utilización no sea compleja (Martínez, T., 2012).

Lo que más problemas otorga un equipo de banda libre es seguridad y disponibilidad, debido al uso de una parte del espectro que lo puede usar cualquier individuo que vaya instalar dicho enlace. En varios equipos se produce un cambio automático de canal, si se descubre interferencia, perjudicará el rendimiento del enlace y de los demás (Martínez, T., 2012).

Un enlace en banda libre con mayor capacidad, es capaz de otorgar 300 Mb/s de tráfico agregado, mediante protocolos propietarios. Con modulación de 256QAM y anchos de canales disponibles (Martínez, T., 2012).

1.15.4. Radio enlaces en banda licenciada

Un esfuerzo mayor se necesita para otorgar un resultado en equipos de banda licenciada. La frecuencia necesita ser validada por el Arcotel. Se requiere realizar un trámite, en el cual se entregan una serie de papeles, que necesitan de tiempo debido a exigencias del organismo regulador (Martínez, T., 2012).

Se debe ser detallista cuando se trata de elegir el número de radios requeridos al instalar el o los enlaces. (Martínez, T., 2012).

En estos enlaces se agregan acopladores que se requieren para colocar un enlace en configuración 2+0/1+1 o con XPIC (Martínez, T., 2012).

En algunos casos para ciertas funcionalidades los módem necesitan de una licencia adicional (Martínez, T., 2012).

El software de simulación es más restringido, por lo que es complicado obtenerlo (Martínez, T., 2012).

Dependiendo de la configuración escogida en el proceso de ingeniería. La implementación de los equipos puede ser de mayor o menor complicación, debido a ello se necesita personal capacitado (Martínez, T., 2012).

Por requisitos particulares del enlace, es normal el uso de antenas grandes de tamaño, lo que hace más dificultosa a la implementación (Martínez, T., 2012).

Mediante la interfaz de gestión se define la IP/VLAN de gestión, el ancho de canal, frecuencia de trabajo, así los equipos estarán operativos (Martínez, T., 2012).

Es normal adquirir antenas tamaño grande para instalación de los enlaces, esto complica el alineamiento de los mismos (Martínez, T., 2012).

La principal características de estos equipos es la disponibilidad debido a que con la adjudicación de la frecuencia no altera el rendimiento del resto de enlaces que pudieran existir en la zona. De esta manera podemos asegurar que nunca tendremos interferencias de terceros en nuestra red, asegurando los niveles de disponibilidad requeridos para cada enlace (Martínez, T., 2012).

Permite otorgar mayor capacidad a los enlaces por tres situaciones: toleran canales más amplios, usan FDD y modulaciones hasta 1024QAM. Así se obtienen enlaces con tráfico superior a 800 Mb/s con canalizaciones de 56 MHz.

1.16. Plan Nacional de Frecuencias

El Plan Nacional de Frecuencias (PNF), constituye la asignación de las bandas de frecuencias a los diferentes servicios de radiocomunicaciones, estos son: Fijo, Móvil, Fijo por Satélite, Móvil por Satélite, Móvil Aeronáutico, Móvil Marítimo y Radiodifusión (Arcotel, s.f.).

En la página web del Arcotel, se puede observar una opción de Consulta Plan Nacional de Frecuencias, donde podemos ingresar el rango de las frecuencias a utilizar, frecuencia inicial y frecuencia final, una vez ingresado esto, aparecen Notas Nacionales y Notas Internacionales. Para nuestro caso elegimos Notas Nacionales, debido a que las Islas Galápagos se encuentran en Ecuador en el ítem EQA.50. Dicha nota describe que las bandas 5925 – 6425 MHz, 7100 – 8500 MHz se utilizan para el servicio fijo (Arcotel, s.f.).

1.16.1. Servicio Fijo

Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos establecidos (Arcotel, s.f.).

Se ingresa a Servicio Fijo en la página web de la ITU, elegir F.384 debido a que se refiere a la disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos digitales de media y gran capacidad que funcionan en la banda 6 425 - 7 125 MHz (ITU, s.f.).

1.17. Tasas por Instalación en Telecomunicaciones en Áreas Naturales

Para poder instalar infraestructura en Áreas Naturales se debe pedir permisos, debido a esto, según Acuerdo Ministerial 10, del Registro Oficial 149 de 12 marzo 2010, se encuentra vigente (Arcotel, s.f.)

Las personas naturales o jurídicas extranjeras no podrán comprar o adjudicar tierras en áreas protegidas, por lo que el Sistema Nacional de Áreas Protegidas asegurará la protección de la biodiversidad, Constitución de la República, artículo 405 (Arcotel, s.f.).

Se establece esté en manos del Ministerio del Ambiente la preparación, desarrollo, gestión, manejo, amparo y registro del patrimonio de áreas naturales del Estado, Codificación de la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, artículo 69 (Arcotel, s.f.).

En el literal h) artículo 76, el Ministerio del Ambiente recibirá los recursos que se obtengan por las patentes de operación turística (Arcotel, s.f.).

Se normalizó las licencias anuales para personas jurídicas o naturales inclinado en implementación y funcionamiento de antenas en las áreas naturales protegidas, sujetando en 350 UVC el valor de la tasa anual, cancelándose cada año el primer mes, Acuerdo Ministerial No. 036 de 7 de enero del 2000 anulado, (Arcotel, s.f.).

Se designó el Sistema de Derechos y Tasas Ambientales por servicios que otorga el Ministerio del Ambiente, uso y beneficio de bienes nacionales que se encuentra a cargo y protección de los mismos; se fijó un costo anual llamado patente para implementación de antenas en las áreas naturales protegidas, de esto trata el Acuerdo Ministerial No. 059, publicado en el Registro Oficial No. 325 de 14 de mayo del 2001 que se encuentra anulado (Arcotel, s.f.).

Se detuvo la validez del Acuerdo Ministerial No. 109, debido a que se debe realizar en la Subsecretaría de Patrimonio Natural una tabla actual para recaudar los valores a pagar, para la aprobación por utilización, edificación, implementación de antenas y mantenimiento de infraestructura en las áreas del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (Arcotel, s.f.).

2.2. Acceso a Las Tecnologías De La Información Y Comunicación (Tics) En La Provincia De Galápagos

Debido a la situación geográfica en la Provincia de Galápagos, las comunicaciones en gran parte son inalámbricas. La comunicación en las Islas es por satélite y el costo es muy elevado, además que existen retardos en la transmisión de información, lo que incrementa el tiempo de respuesta.

En los resultados del último censo de población y vivienda ejecutado en el 2010, en la Provincia de Galápagos con respecto al acceso a las TICs se obtiene lo siguiente:

Tabla 3. Acceso a las TICs en la Provincia de Galápagos

ACCESO A LAS TICs EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS		
	Porcentaje Población	Número Habitantes
COMPUTADOR	46,4%	3355
CELULAR	92,1%	6665
INTERNET	18,3%	1326
TELEVISIÓN POR CABLE	33,2%	2400

Tomado de (Ecuador en cifras, s.f.)

En la tabla 3 se puede observar el porcentaje de acceso a las TICs, en Galápagos. Lo que se ve reflejado es que alrededor del 50% tiene acceso a un computador. Un porcentaje mayor al 90% usan teléfono celular, pero un porcentaje menor al 20% tiene acceso a internet (Ecuador en cifras, s.f.).

Tabla 4. Acceso a las TICs por Cantón

ACCESO A LAS TICs POR CANTÓN								
TECNOLOGÍAS	SAN CRISTÓBAL		ISABELA		SANTA CRUZ		GALÁPAGOS	
	PERSONAS	PORCENTAJE	PERSONAS	PORCENTAJE	PERSONAS	PORCENTAJE	PERSONAS	PORCENTAJE
CELULAR	4975	72,7%	1517	74,2%	10161	72,1%	16653	72,4%
INTERNET	3181	46,5%	822	12%	6070	43,1%	10073	43,8%
COMPUTADOR	3837	56,0%	1059	15,5%	7485	53,1%	12381	53,9%

Tomado de (Censo 2010, s.f.)

En la tabla 4 se indican los porcentajes de acceso a las TICs por cantón, donde Isabela es el cantón que tiene mayor acceso a celular con un 74%. Pero tiene los porcentajes más bajos con respecto al uso de computador e internet (Censo 2010, s.f.).

Lo que quiere decir que de estos tres cantones 10000 personas tienen acceso a internet, esto es menos del 50% del total de habitantes. Debido a esta situación se ve la necesidad de ofrecer servicios de internet para eliminar la brecha digital (Censo 2010, s.f.).

2.3. Empresas que brindan Servicios de Telecomunicaciones

Actualmente, existen tres principales empresas que poseen infraestructura y redes de telecomunicaciones en los principales cantones de la Provincia de Galápagos, que permiten comunicación con el Ecuador y el mundo. Dichas empresas son Telefónica, Conecel y CNT E.P.

2.3.1. Telefónica Movistar

La empresa Telefónica Movistar ofrece servicios de telefonía celular, datos e internet. A continuación se va encontrar información de cada estación:

Tabla 5. Estaciones de Telefónica en las Islas Galápagos

CANTÓN	COORDENADAS	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO DE INFRAESTRUCTURA
SAN CRISTÓBAL	0°54'12.76"S 89°31'15.98"O	SAN CRISTÓBAL N-0	Torre Autosoportada, 42m
SAN CRISTÓBAL	0°54'21.80"S 89°36'21.50"O	PUERTO BAQUERIZO MORENO-0	Monopolo, 30m
SANTA CRUZ	0°38'35.91"S 90°19'34.91"O	SANTA CRUZ N-0	Torre Autosoportada, 30m
SANTA CRUZ	0°44'40.10"S 90°18'45.10"O	MALECÓN PUERTO AYORA N-O	Torre, 36m
SANTA CRUZ	0°44'24.90"S 90°19'14.30"O	PUERTO AYORA 2 N-3	Monopolo, 36m
ISABELA	0°57'26.90"S 90°57'56.60"O	PUERTO VILLAMIL N-0	Torre Autosoportada, 30m

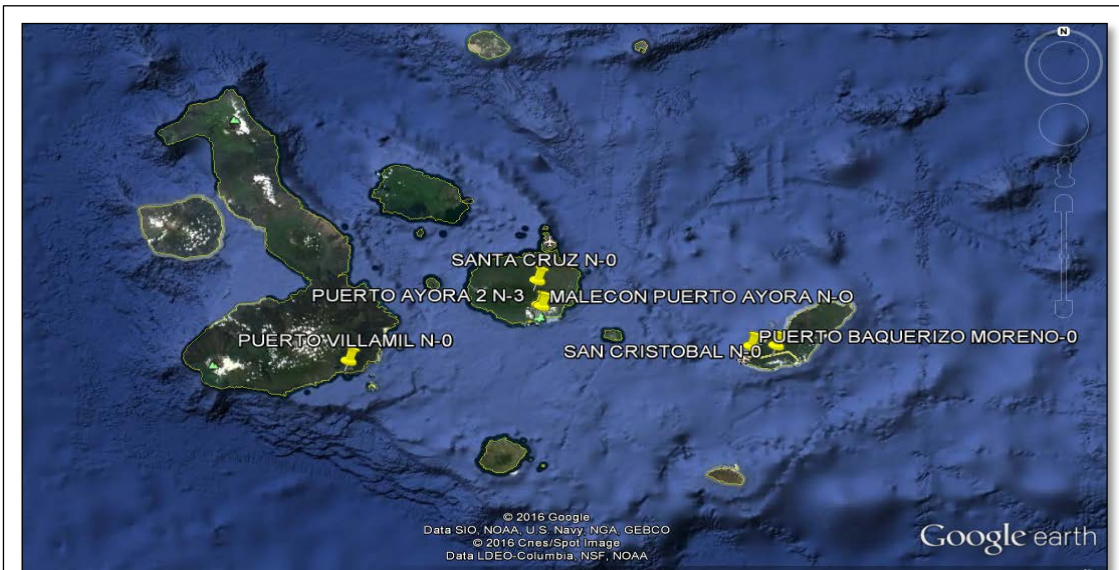


Figura 27. Estaciones de Telefónica en Google Earth

Adaptado de (Google earth, s.f.)



Figura 28. Fotografía panorámica del Cerro Crocker



Figura 29. Fotografía panorámica de la Torre Auto soportada SANTA CRUZ N-0



Figura 30. Fotografía panorámica del Monopolo MALECÓN PUERTO AYORA N-0

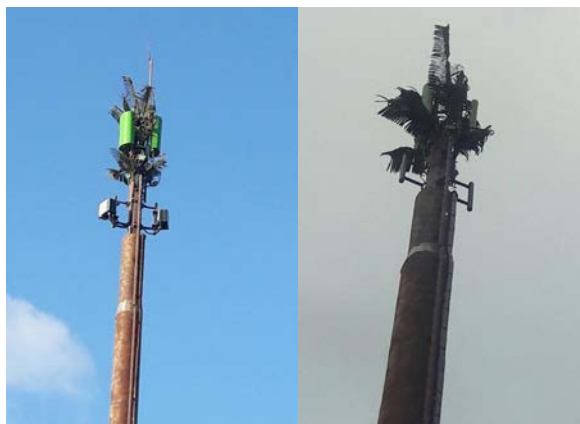


Figura 31. Fotografía panorámica del Monopolo PUERTO BAQUERIZO MORENO-0



Figura 32. Fotografía panorámica de la Torre Auto soportada PUERTO VILLAMIL

2.3.2. CNT E.P.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP), con una inversión de 247 mil dólares, otorgó dos Centros Integrados de Servicios (CIS) en la isla Isabela e isla Santa Cruz, para atender a los usuarios de la región insular.

El CIS de Villamil, en la isla Isabela atiende las necesidades de comunicación de más de 1082 habitantes, en tanto que el de la isla Santa Cruz, en la ciudad Puerto Ayora, hace lo propio con más de 5128 usuarios del lugar, uniendo de esta manera en forma ágil y eficiente a los pobladores insulares y a los millares de turistas que las visitan, con el territorio continental ecuatoriano, ofreciendo una atención de primera calidad (Calero, 2011).

Tabla 6. Estaciones de CNT E.P. en las Islas Galápagos

CANTÓN	COORDENADAS	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO DE INFRAESTRUCTURA
SAN CRISTÓBAL	0°54'13.30"S 89°31'15.90"O	REPETIDOR EL NIÑO	Torre Auto soportada, 30m
SANTA CRUZ	0°38'33.20"S 90°19'35.70"O	REPETIDOR CROCKER	Torre Auto soportada, 30m
ISLA FLOREANA	01°14'20.00"S 90°29'12.00"O	CENTRAL PUERTO VELASCO IBARRA CNT EP	Monopolo, 30m
ISABELA	00°57'15.10"S 90°57'52.10"O	CENTRAL PUERTO VILLAMIL CNT EP	Torre Auto soportada, 30m

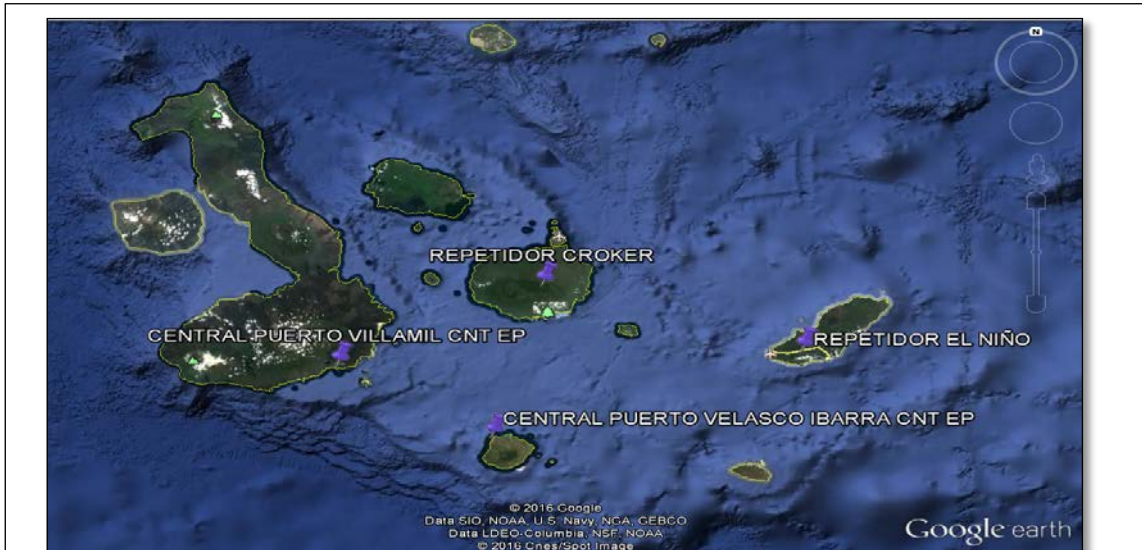


Figura 33. Estaciones de CNT E.P. en Google Earth

Adaptado de (Google earth, s.f.)



Figura 34. Fotografía panorámica del REPETIDOR CROCKER



Figura 35. Fotografía panorámica del REPETIDOR EL NIÑO

2.4. Proyecciones de población en los principales cantones de las Islas Galápagos

Según proyecciones por cantón tomadas del INEC se tiene que el crecimiento de la población del 2010 al 2016 es de un 15%, mientras que del 2016 al 2020 tiene un porcentaje de crecimiento del 10%. Lo que quiere decir que el porcentaje de crecimiento de población será del 25%, del 2010 al 2020 (Ecuador en cifras, s.f.).

Tabla 7. Proyecciones de la población de los cantones de las Islas

CANTÓN	2010	2016	2020
SAN CRISTÓBAL	7707	8890	9667
ISABELA	2321	2765	3073
SANTA CRUZ	15856	18517	20302

Tomado de (Ecuador en cifras, s.f.)

2.5. Principales Islas Galápagos

2.5.1. Isla Isabela

Isabela, integrada por varios volcanes como Sierra Negra, Cerro Azul, Alcedo, Wolf, Darwin, y Ecuador. De todo el archipiélago es la isla más extensa. Ocupa cerca del 60% de la superficie terrestre de Galápagos (Galápagos cruceros, s.f.).

El pequeño Puerto Villamil principal poblado de la isla, donde existen 2256 habitantes, información tomada de la Tabla 2 del censo realizado por el INEC en el 2010. Se han realizado estudios de proyecciones de crecimiento de población y se obtiene en la Tabla 7, que para el año 2020 existan 3073 habitantes (Ecuador en cifras, s.f.).

En la tabla 4 se indican los porcentajes de acceso a las TICs por cantón, donde Isabela es el cantón que tiene mayor acceso a celular con un 74%. Pero tiene los porcentajes más bajos con respecto al uso de computador con un 15,5% e internet un 12% (Censo 2010, s.f.).

Lo que quiere decir que de los 2256 habitantes solo 822 tienen acceso a internet, mientras que 1434 habitantes no tienen acceso (Censo 2010, s.f.).

2.5.2. Isla San Cristóbal

San Cristóbal (Chatham), viene de la patrona de los marinos, es la más antigua geológicamente (Galápagos cruceros, s.f.).

San Cristóbal tiene una área de 558 km². Su capital Puerto Baquerizo Moreno. Donde habitan 7475 personas, dicha información se observa en la Tabla 2 del último censo realizado en el año 2010. Según los estudios de proyección de crecimiento de población en el año 2020 existirán 9667 habitantes, esto se puede observar en la Tabla 7 (Ecuador en cifras, s.f.) .

Los porcentajes de acceso a las TICs por cantón, se observan en la Tabla 4, donde San Cristóbal tiene un 72,7% acceso a celular. Adicional se tiene un 56% con respecto al uso de computador y un 46,5% referente a internet (Censo 2010, s.f.).

Lo que quiere decir que de los 7475 habitantes solo 3181 tienen acceso al internet, mientras que 4294 habitantes no tienen acceso (Censo 2010, s.f.).

2.5.3. Isla Santa Cruz

Isla Santa Cruz es la segunda isla más grande del Archipiélago con un área de 986 km². El punto más alto es el Cerro Crocker a 864 metros (Galápagos Cruceros, s.f.).

En Santa Cruz existe la mayor población en Galápagos. En Puerto Ayora son 15393 habitantes, se puede observar en la Tabla 2 información tomada por el INEC del censo realizado en el año 2010. Estudios de proyección de crecimiento de población en el año 2020 habrán 20302 habitantes, esto se observa en la tabla 7 (Ecuador en cifras, s.f.).

Porcentajes de acceso a las TICs por cantón, de la información que se obtiene en la Tabla 4, San Cruz tiene el 72,1% de acceso a celular. Uso de computador un 53.1% e internet un 43,1% (Censo 2010, s.f.).

Lo que se tiene es que de 15393 habitantes solo 10073 tienen acceso al internet, mientras que 5320 habitantes no tienen acceso (Censo 2010, s.f.).

2.5.4. Isla Fernandina

Isla Fernandina, es un volcán activo, en Agosto del 2007 fue su última erupción. Es la Isla más joven del Archipiélago. Formada por un punto caliente de las Galápagos. Durante la erupción el costado sur tuvo una fisura que produjo flujos durante horas (Maravillosas Ocultas, s.f.).

Llamada así en honor al Rey Fernando de España, porque patrocinó el viaje de Cristóbal Colón (Maravillosas Ocultas, s.f.).

Fernandina posee un área de 642 Km² y una altitud de 1,476 metros, además de una caldera de alrededor de 6,5 km de ancho (Maravillosas Ocultas, s.f.).

Debido a su actividad volcánica lo que se ha previsto es otorgar internet en este sitio para los turistas que visitan Punta Espinoza. Según información del Ministerio del Ambiente y de acuerdo a las Tarjetas de Control de Tránsito de Galápagos, entre enero y junio del 2015 se registró un ingreso alto de turistas a las islas, lo que quiere decir que el archipiélago es uno de los sitios más visitados seguido de EEUU (Ambiente, s.f.).

3. Descripción del diseño

3.1. Cálculos

Tabla 8. Censo de población del 2006 y proyecciones de la población de los cantones de las Islas

CANTÓN	2006	2010	2016	2020
SAN CRISTÓBAL	6142	7707	8890	9667
ISABELA	1780	2321	2765	3073
SANTA CRUZ	11262	15856	18517	20302

Tomado de (Galapaguide, s.f.), (Ecuador en cifras, s.f.)

En la Isla San Cristóbal existe un incremento de población desde el censo que se realizó en el 2006, en el cuál existían 6142 habitantes. Para el 2010 según proyecciones de población tomada de la Tabla 7, en el capítulo anterior existen 7707 habitantes, esto quiere decir que el incremento de población fue en un 25%. Para el 2016 son 8890 habitantes, el incremento de población es del 15%. Mientras que la proyección para el 2020 es de 9667 habitantes, por lo que habría un incremento del 9% (Galapaguide, s.f.).

En la Isla Isabela en el 2006 se realizó el censo de población, en el cuál existían 1780 habitantes. Según proyecciones de población tomada de la Tabla 7, del capítulo anterior existen 2321 habitantes, esto quiere decir que el incremento de población fue en un 30%. Para el 2016 son 2765 habitantes, el incremento de población es del 19%. Mientras que la proyección para el 2020 es de 3073 habitantes, por lo que habría un incremento del 11% (Galapaguide, s.f.).

En la Isla Santa Cruz existe un incremento de población desde el censo que se realizó en el 2006, en el cuál existían 11262 habitantes. Para el 2010 según proyecciones de población tomada de la Tabla 7, en el capítulo anterior existen 15856 habitantes, esto quiere decir que el incremento de población fue en un 41%. Para el 2016 son 18517 habitantes, el incremento de población es del 16%.

Mientras que la proyección para el 2020 es de 20302 habitantes, por lo que habría un incremento del 10% (Galapaguide, s.f.).

3.2. Descripción de la solución

Para el diseño planteado se requiere verificar en el ARCOTEL, el Plan Nacional de Frecuencias, en el que se tiene la siguiente información:

Tabla 9. Plan Nacional de Frecuencias

NOTAS NACIONALES	SERVICIO FIJO
Ítem EQA.50	F.384
Descripción	Descripción
Las bandas 5925 MHz – 6425 MHz, 7100 MHz – 8500 MHz se utilizan para el servicio FIJO.	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos digitales de media y gran capacidad que funcionan en la banda 6425 - 7125 MHz.

Tomado de (Arcotel, s.f.), (ITU, s.f.)

Se verifica en Notas Nacionales, debido a que las Islas Galápagos están en Ecuador en el ítem EQA.50, el cual tiene como descripción que las bandas de 5925 – 6425 MHz, 7100 – 8500 MHz se utilizan para el servicio FIJO. El Servicio Fijo F.384 tiene disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos digitales de media y gran capacidad que funcionan en la banda 6425 - 7125 MHz. Por estas razones es que se elige usar dicha frecuencia (ITU, s.f.).

3.3. Cálculo de ancho de banda

Se ha verificado el total de habitantes en cada una de las Islas, adicional del porcentaje de internet que cada una de estas posee y con dicha información se procede a calcular por porcentaje el ancho de banda requerido, se realizaron tres opciones en las que se podrá otorgar el Internet, en las cuales se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 10. Porcentaje de habitantes que requieren Internet

CANTÓN	TOTAL HAB.	INTERNET HAB.	NO INTERNET	A (3 MEGABITS/SEGUNDO)	B (2 MEGABITS/SEGUNDO)	C(1 MEGABITS/SEGUNDO)	TOTAL (MEGABITS/SEGUNDO)	INTERNET INICIAL
SAN CRISTÓBAL	7475	3181 46.5%	4294 53.5%	803x3 10% 2409	1204x2 15% 2408	2287x1 28.5% 2287	7104	710
ISABELA	2256	822 12%	1434 88%	212x3 13% 636	407x2 25% 814	815x1 50% 815	2265	227
SANTA CRUZ	15393	6070 43.1%	9323 56.9%	1638x3 10% 4914	2769x2 16.9% 5538	4915x1 30% 4915	15367	1537

Tomado de (Ecuador en cifras, s.f.).

Para el caso de la Isla San Cristóbal el 53.5% de la población no posee internet, por lo que se procede a dividir dicho porcentaje en tres opciones:

Opción A (3 Megabits/segundo), un 10%, se obtiene 2409 Megabits/segundo; Opción B (2 Megabits/segundo), un 15% se obtiene 2408 Megabits/segundo y por último la opción C, un 28.5% y se obtiene 2287 Megabits/segundo, lo que como resultado se obtiene 7104 Megabits/segundo que es lo que se necesitaría, para poder iniciar con este proceso se ha elegido empezar con un 10% por lo cual se tendrá 710 Megabits/segundo para ofrecer Internet a los habitantes de San Cristóbal.

En el caso de la Isla Isabela el 88% de la población no posee internet, por lo que se procede a dividir dicho porcentaje en las mismas tres opciones:

Opción A (3 Megabits/segundo), un 13% y se obtiene 636 Megabits/segundo; Opción B (2 Megabits/segundo), un 25% se obtiene 814 Megabits/segundo y por último la opción C, un 50% y se obtiene 815 Megabits/segundo, lo que como resultado se obtiene 2265 Megabits/segundo que se necesitaría, para poder iniciar con este proceso se ha elegido empezar con un 10% por lo cual

se tendrá 227 Megabits/segundo para ofrecer Internet a los habitantes de la Isla Isabela.

Para el caso de la Isla Santa Cruz el 56.9% de la población no posee internet, por lo que se procede a dividir dicho porcentaje en las mismas tres opciones:

Opción A (3 Megabits/segundo), un 10% y se obtiene 4914 Megabits/segundo; Opción B (2 Megabits/segundo), un 16.9% se obtiene 5538 Megabits/segundo y por último la opción C, un 30% y se obtiene 4915 Megabits/segundo, lo que como resultado se obtiene 15367 Megabits/segundo es lo que se necesitaría, para poder iniciar con este proceso se ha elegido empezar con un 10% por lo cual se tendrá 1537 Megabits/segundo para ofrecer Internet a los habitantes de la Isla Santa Cruz.

Una vez realizado los cálculos de ancho de banda en la Isla San Cristóbal se obtiene que el total de Megabits/segundo es de 7104, de los cuáles se iniciará con un 10%, esto sería 710 Megabits/segundo como se puede justificar en el anexo 1.

Una vez realizado los cálculos de ancho de banda en la Isla Isabela se obtiene que el total de Megabits/segundo es de 2265, de los cuáles se iniciará con un 10%, esto sería 227 Megabits/segundo como se puede justificar en el anexo 1.

Una vez realizado los cálculos de ancho de banda en la Isla Santa Cruz se obtiene que el total de Megabits/segundo es de 15367, de los cuáles se iniciará con un 10%, esto sería 1537 Megabits/segundo como se puede justificar en el anexo 1.

3.4. Selección de la tecnología idónea

3.4.1. Características técnicas de los radio enlaces

Se han investigado dos tipos de marcas de enlaces, SAF y Advantech, se tiene las siguientes características, las cuáles nos ayudarán a elegir cuál será la mejor opción para el diseño del mismo.

Tabla 11. Características técnicas de los radio enlaces

Características	Advantech	SAF
Ancho de banda de canal	1.75 - 56MHz	3.5, 7, 14, 28, 40, 56MHz
Bandas de frecuencia (GHz)	5 - 42 GHz	5 – 38 GHz
Configuración	Diversidad de espacio , diversidad de frecuencia , XPIC con Co - Canal de polarización dual y N + 0	1 + 0 , 1 + 1 (HSB , SD , FD) , Anillo / malla (con RSTP) , 2 + 0 , 3 + 0 , 4 + 0 (incorporado en la agregación Ethernet)
Modulación	Programable : QAM - QPSK -1024 con Verdadera codificación adaptiva y Modulación	QPSK, 16QAM, 32QAM, 128QAM, 256QAM
Capacidad	Sobre los 300 Mbps	Sobre los 348 Mbps

Tomado de (AdvantechWireless, s.f.)

3.4.2. CFIP PHOENIX M (Modular)

El CFIP PhoeniX M es un radio tipo Split Mount y modular el cual consiste en PhoeniX M IDU (Indoor Unit) y Phoenix ODU (Outdoor Unit), en donde se destaca la posibilidad de la funcionalidad XPIC. La PhoeniX M IDU puede proporcionar hasta 63 puertos E1 y 3 STM-1. El radio cuenta con una capacidad máxima de 348 Mbps full duplex.

3.4.2.1. Características

Soporta topologías en anillo con la funcionalidad integrada add-drop para hasta 63E1.

Alcanza capacidades hasta de 348Mbps full dúplex por radio, y hasta de 933 Mbps full dúplex por enlace en configuraciones 3+0.

Logra 63E1 + 25-30Mbps Ethernet (full dúplex) con una sola ODU utilizando un ancho de canal de 28 MHz.

Posee una fácil adaptación de la IDU para obtener configuraciones más avanzadas como 1+1 o 2+0, 3+0, 4+0 (todas GigaBit Ethernet).

Cuenta con la opción de la funcionalidad XPIC la cual optimiza el uso del canal (SafTehnika, s.f.).

3.4.3. Transcend 1000 IP de alto rendimiento y TDM radio por microondas

3.4.3.1. Características

Advanced Radio y procesamiento de señales digitales tanto integradas, verdadero XPIC 1 Gbps a través del aire - rendimiento sin comprimir en una sola portadora de RF o varios Gbps a través del aire rendimiento de N + 0 configuraciones. Built-in Verdadero XPIC con Polarización Co-Canal dual. La modulación hasta 1024 QAM (AdvantechWireless, s.f.).

3.4.3.2. Adaptive Coding - True y Modulación (True ACM)

Transcend 1000 adapta instantáneamente las tasas de codificación y modulación, sin errores de carga útil, a distintas condiciones de ambiente. Lo que autoriza la posibilidad de mayor capacidad (AdvantechWireless, s.f.).

Alta Velocidad de tráfico IP - Gigabit enrutamiento y la conmutación de Transcend 1000 incluye un interruptor de 2 Gigabit incorporado en la capa con todas las funciones. Alta velocidad de tráfico IP es escalable hasta Gbps con una latencia muy baja (AdvantechWireless, s.f.).

Instalación Flexible configuración de Transcend 1000 está disponible en una fracción de montaje y configuración total interior para las bandas de frecuencias más bajas. Incluye una perfecta escalabilidad para aplicaciones nodales y expansión de canales de RF fácil (AdvantechWireless, s.f.).

Solución -Flexible sincronización con varias opciones de sincronización, entrada E1 / DS1 de acuerdo con la Recomendación UIT-T G 8262, en los protocolos de sincronización de precisión - IEEE 1588-2008 o protocolo propietario basado en la variación del retardo de paquetes baja y consistente (AdvantechWireless, s.f.).

3.5. FODA

Herramienta de análisis a ser aplicada para elegir la tecnología idónea del diseño.



Tabla 12. FODA entre dos equipos

		Categoría	Equipo SAF	Equipo Advantech
De origen interno	Fortalezas	Tecnología XPIC	3	3
		Frecuencia 6 - 7GHz	3	3
		Modulación	3	3
		Capacidad (Mbps)	3	2
	Debilidades	Procesamiento interno	3	3
		Repuestos a nivel local	2	1
		Potencia	3	3
		Costo	3	3
De origen externo	Oportunidades	Colocación de equipamiento en cascada para aumentar ancho de banda	3	3
		Ancho de banda de canal	3	3
		Funcionalidad integrada add-drop	3	1
	Amenazas	Software	3	1
		Importaciones	3	3
		Energía	3	2
		Peso de las antenas	3	2
		TOTAL	44	36

Tomado de (AdvantechWireless, s.f.), (SafTehnika, s.f.)

En la Tabla 12 por medio de FODA se elegirá entre 2 equipos SAF y Advantech, cual es la mejor tecnología entre ellos, por esto se ha clasificado en tres opciones:

- Cumple 3
- Medianamente cumple 2
- No cumple 1

Dando un valor de 3 a cumple, 2 medianamente cumple y 1 a no cumple.

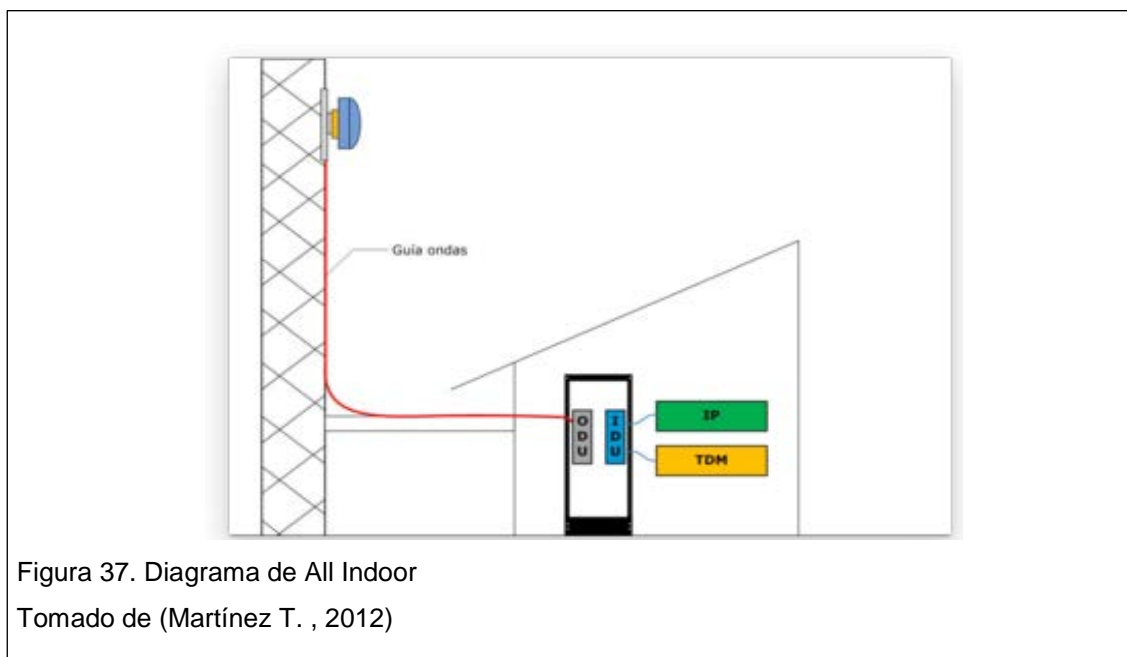
De lo realizado en la Tabla 12, se tiene como resultado que la mejor tecnología es SAF, porque cumple con lo requerido, obtuvo un total de 44, que en porcentaje sería un 100%.

3.6. Topología de instalación

Actualmente existen estas soluciones en tres variantes:

3.6.1. All Indoor

Trata que todos los equipos se implementan en el armario situado al interior de las instalaciones. La única implementada en el exterior es la antena. Esto quiere decir, que los mantenimientos son sencillos por lo que no se necesita de personal para realizar trabajos de altura. El cableado tanto interno como externo es una guía onda que está determinado por diversos parámetros (distancia radio-antena, frecuencia de trabajo) (Martínez T. , 2012).



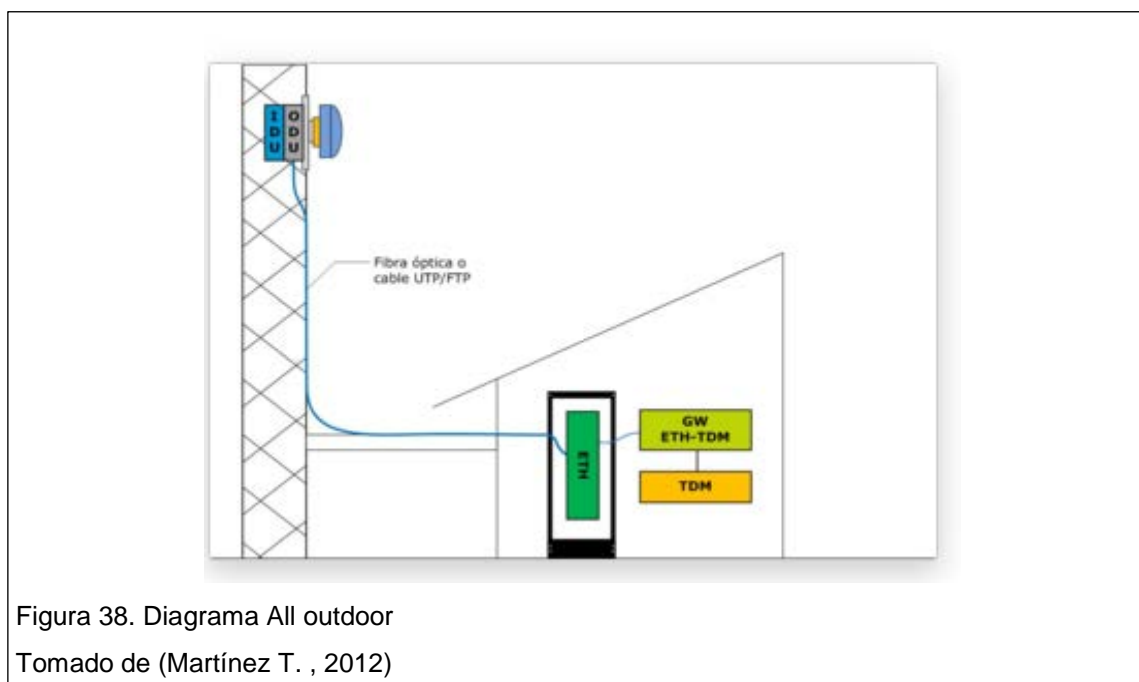
Ventajas, para el mantenimiento no se necesita trabajos en altura, además de posibilidad de empleo de equipos en chasis.

Desventajas, acercamiento sencillo a IDU y ODU lo que puede ser manipulado, instalación de guía onda requiere mayor especialización, posibilidad de pérdidas en ODU-antena.

3.6.2. All outdoor

Este esquema contempla la instalación de todo el sistema en un armario para instalaciones de exterior en el que se ubicarán IDU y ODU, quedando esta última anexa a la antena para montaje directo en función de las necesidades.

El cableado entre interior y exterior debe ser fibra óptica o FTP de exterior en función de las características del mismo (distancia, capacidad requerida, interfaces IDU-backbone). Escenario idóneo donde el acceso no sea complejo (azoteas, fachadas) (Martínez T. , 2012).



Ventajas, no hay necesidad de espacio en el rack, acercamiento complicado IDU y ODU, fácil de realizar el cableado, acceso directo para montar ODU-antena.

Desventajas, mayor dificultad en el mantenimiento, se requiere persona con experiencia en trabajos en altura.

3.6.3. Split Mount

Es aquel montaje que la IDU (módem) será colocada en el rack de comunicaciones, la ODU y la antena serán colocadas en la estructura. Mediante cable coaxial se realiza la conexión entre IDU y ODU. Se debe tomar en cuenta las pérdidas que van a existir por el cableado entre la IDU y ODU, debido a que por el cable no se traslada la frecuencia de trabajo, sino se lo realiza a una frecuencia intermedia (400 MHz) (Martínez T. , 2012).

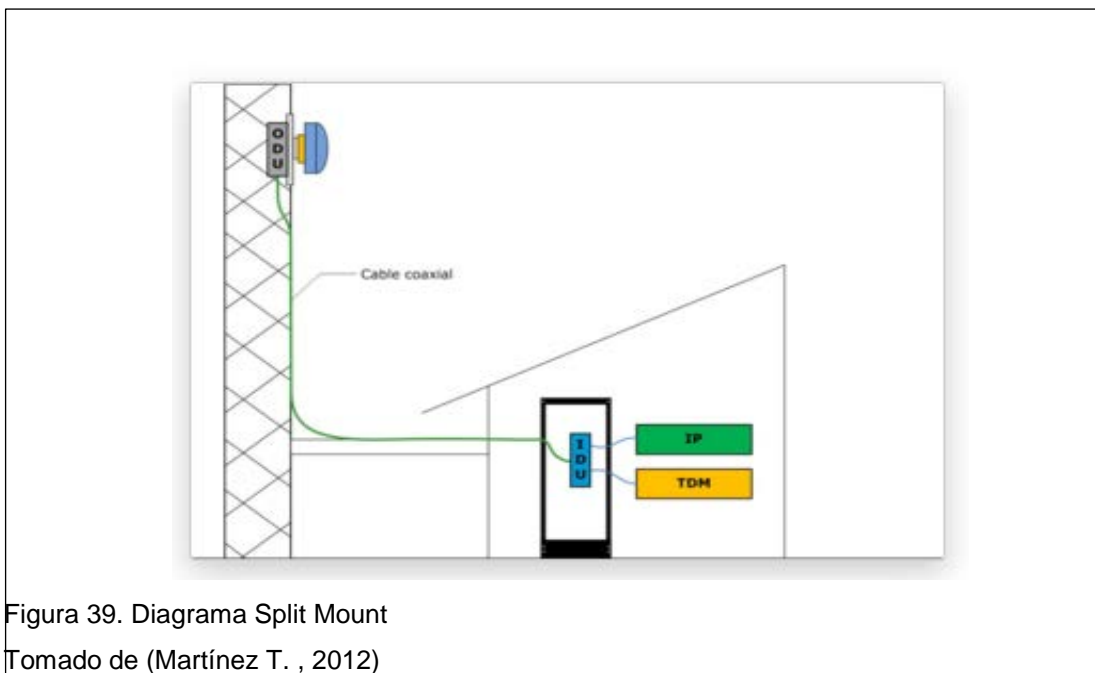


Figura 39. Diagrama Split Mount

Tomado de (Martínez T. , 2012)

Ventajas, fácil de instalar el cable coaxial, es posible montar ODU-antena de forma directa, adicional no se requiere de mucho espacio en el rack.

Desventajas, el mantenimiento es complejo, se requiere persona con experiencia en trabajos en altura.

3.7. Análisis de la topología a implantar

Una vez que se ha verificado los 3 tipos de esquemas, se ha seleccionado Split mount, por las siguientes razones:

La IDU (módem) será colocada en el rack de comunicaciones.

La ODU y la antena serán colocadas en la estructura.

Mediante cable coaxial se realiza la conexión entre IDU y ODU.

Se debe tomar en cuenta las pérdidas que van a existir por el cableado entre la IDU y ODU (Martínez T. , 2012).

Considerando el análisis FODA y el análisis de topología a implantar se concluye que para el enlace **REPETIDOR EL NIÑO – REPETIDOR CROCKER** se requiere utilizar equipos de Marca SAF CFIP PhoeniX M, que garantizan la

capacidad solicitada (600 Mbps), para ello se propone utilizar el siguiente diseño:

Tabla 13. Información del radio enlace requerido

Categoría	Información
Equipo	SAF CFIP Phoenix M
Capacidad	600 Mbps
Diseño	
2 enlaces	2+2 XPIC SD 1+1 SD (10 ODUS, 5 IDUS y 2 antenas por lado).
Distancia enlace y pasa sobre la superficie del mar	Configuración en diversidad espacial
Diámetro de las antenas	2,4 m
IDUS	Interconecta mediante puertos Giga Ethernet

Tomado de (SafTehnika, s.f.)

Se requieren 2 enlaces 2+2 XPIC SD y un 1+1 SD (10 ODUS, 5 IDUS y 2 antenas por lado del enlace).

Por la distancia del enlace y por qué pasa sobre la superficie del mar, se debe utilizar una configuración en diversidad espacial, se tendría la siguiente configuración:

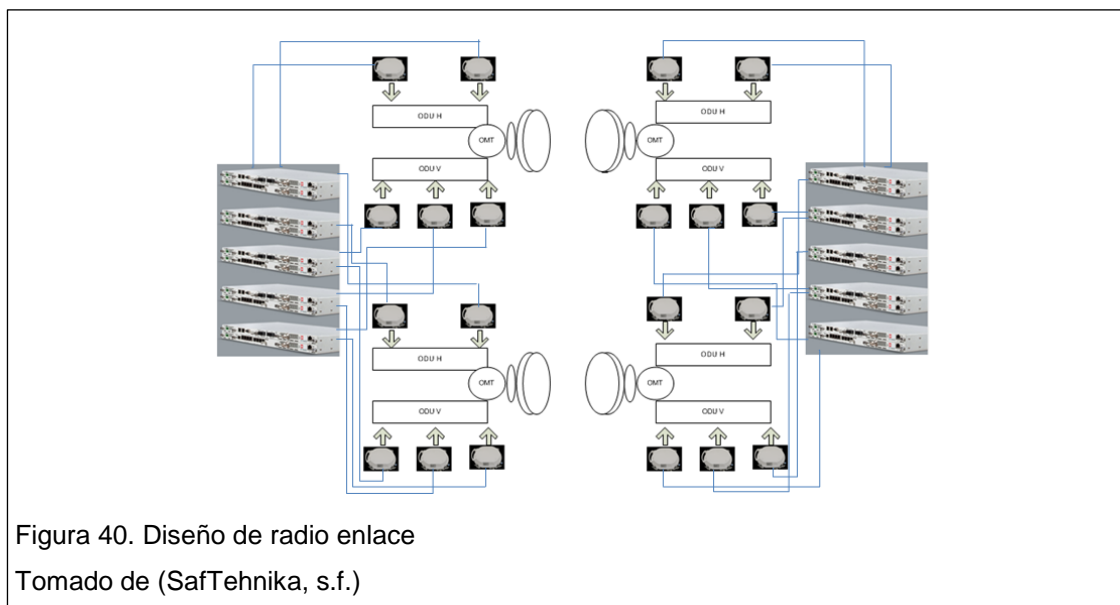


Figura 40. Diseño de radio enlace

Tomado de (SafTehnika, s.f.)

Diámetro de las antenas que se requiere es de 2,4 m.

IDUS se interconectarían mediante puertos Giga Ethernet, para brindar una capacidad de 600 Mbps, la capacidad por enlace lograda es 120x5 Mbps full dúplex.

Para este enlace se utilizará 2x (2+2 XPIC SD)+1x(1+1 SD) usando 5 canales asignados, es decir 4 antenas de 2,4 metros (dos antenas por lado para la diversidad de espacio y 5 radios conectados a cada antena) cuya conexión en cada antena va de la siguiente manera (IDU realmente tiene dos conexiones ya que es la que gestiona las dos ODUS del 1x(1+1 SD)).

La colocación de las ODUS se las debe realizar con la conexión de un OMT y una OBU donde se irían colocando la ODUS hacia abajo como se observa en la Figura 41.

Para los enlaces **CENTRO PUERTO VILLAMIL CNT EP – REPETIDOR CROCKER, SAN CRISTÓBAL N-0 – SANTA CRUZ N-0, REPETIDOR FERNANDINA – REPETIDOR ISABELA**, se requiere el mismo tipo de equipamiento.

3.8. Software de simulaciones

Para realizar las simulaciones se ha elegido Path loss que es una herramienta completa de diseño de recorrido para radioenlaces. Path loss funciona desde 30 MHz a 100 GHz. Dicho programa está organizado en ocho módulos de cálculo de trayectoria, un módulo de cobertura de la señal de área y un módulo de red que integra trayectorias de radio y análisis de cobertura de área (Pathloss, s.f.).

A continuación enlaces entre Islas tanto CNT E.P. como Telefónica para confirmar línea de vista.

3.8.1 CNT E.P.

3.8.1.1. Isla San Cristóbal-Repetidor El Niño e Isla Santa Cruz-Repetidor Crocker

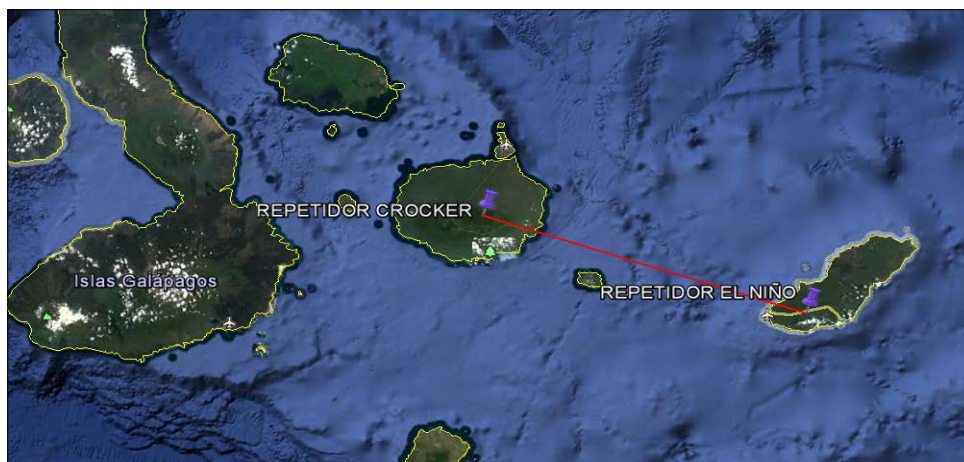


Figura 41. Estaciones de CNT E.P. en Google Earth

Adaptado de (Google earth, s.f.)

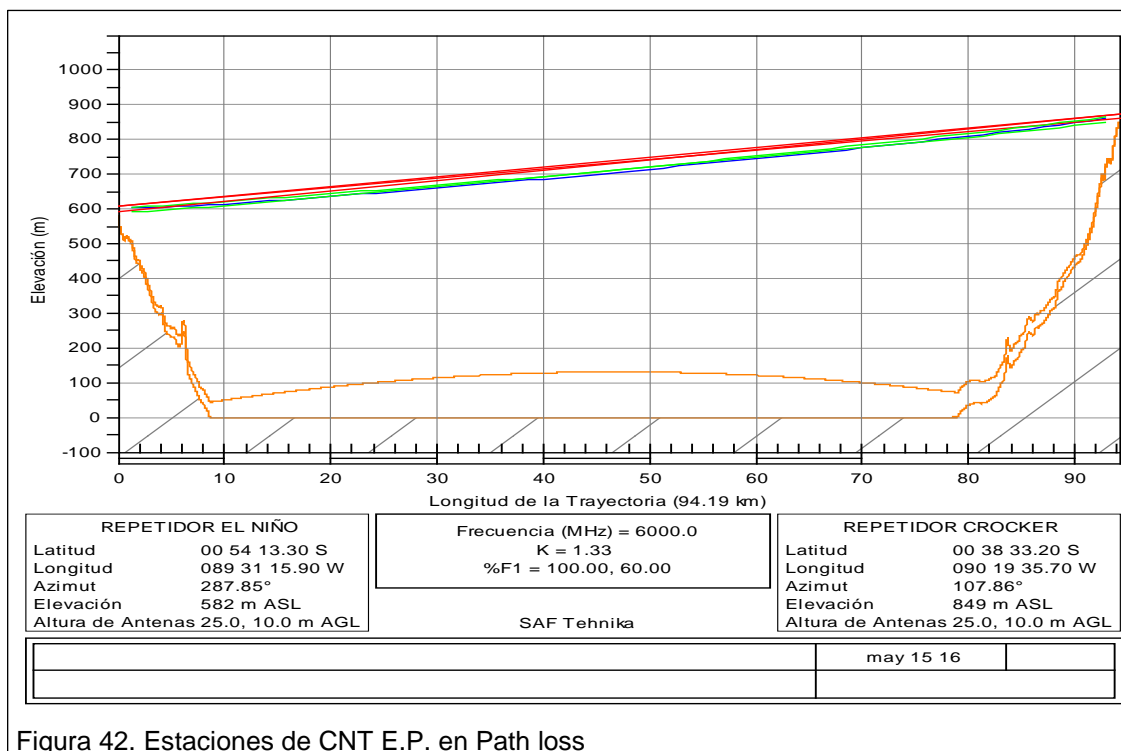


Figura 42. Estaciones de CNT E.P. en Path loss

Tabla 14. Información del radio enlace

Datos importantes radio enlace	Valores
PTx (dBm)	29.00
GTx (dBi)	41.30
LFS (dB)	147.51
LLT (dB)	1.34
Umbral Rx (dBm)	-74.50
PRx (dBm)	-39.39
Margen de Desv. (dB)	35.11

Se tiene línea de vista desde el Repetidor El Niño hacia el Repetidor Crocker, esto es una pre factibilidad, para confirmar se debe validar con un survey en campo.

3.8.1.2. Isla Isabela-Central Puerto Villamil CNT EP e Isla Santa Cruz- Repetidor Crocker



Figura 43. Estaciones de CNT E.P. en Google Earth

Adaptado de (Google earth, s.f.)

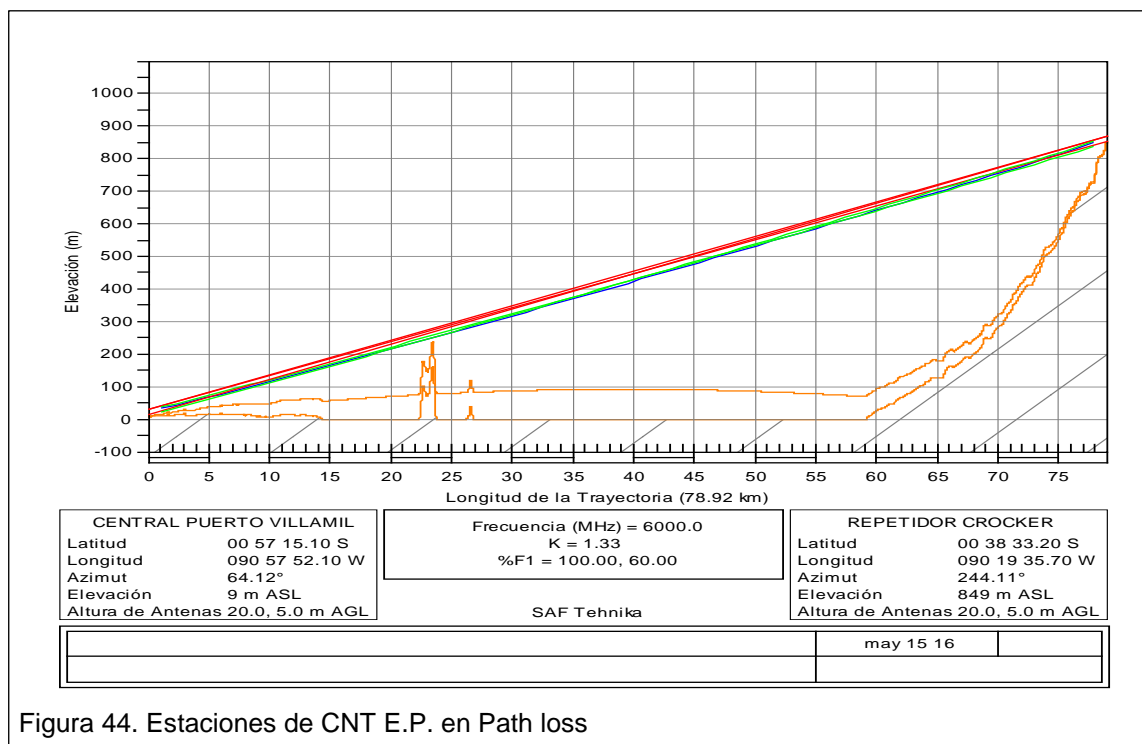


Figura 44. Estaciones de CNT E.P. en Path loss

Tabla 15. Información del radio enlace

Datos importantes radio enlace	Valores
PTx (dBm)	27.00
GTx (dBi)	41.30
LFS (dB)	145.97
LLT (dB)	1.34
Umbral Rx (dBm)	-74.50
PRx (dBm)	-39.72
Margen de Desv. (dB)	34.78

Se tiene línea de vista desde Central Puerto Villamil CNT EP hacia el Repetidor Crocker, esto es una pre factibilidad, para confirmar se debe validar con un survey en campo.

3.8.1.3. Isla Fernandina- Repetidor Fernandina e Isla Isabela-Repetidor Isabela

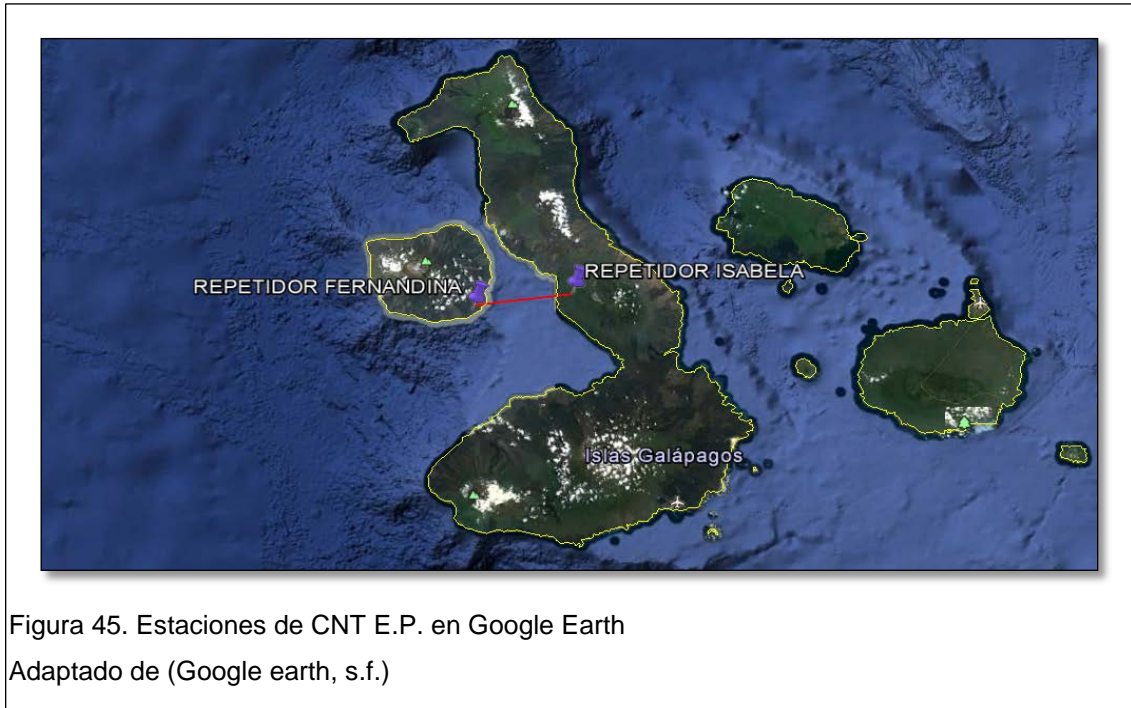


Figura 45. Estaciones de CNT E.P. en Google Earth
Adaptado de (Google earth, s.f.)

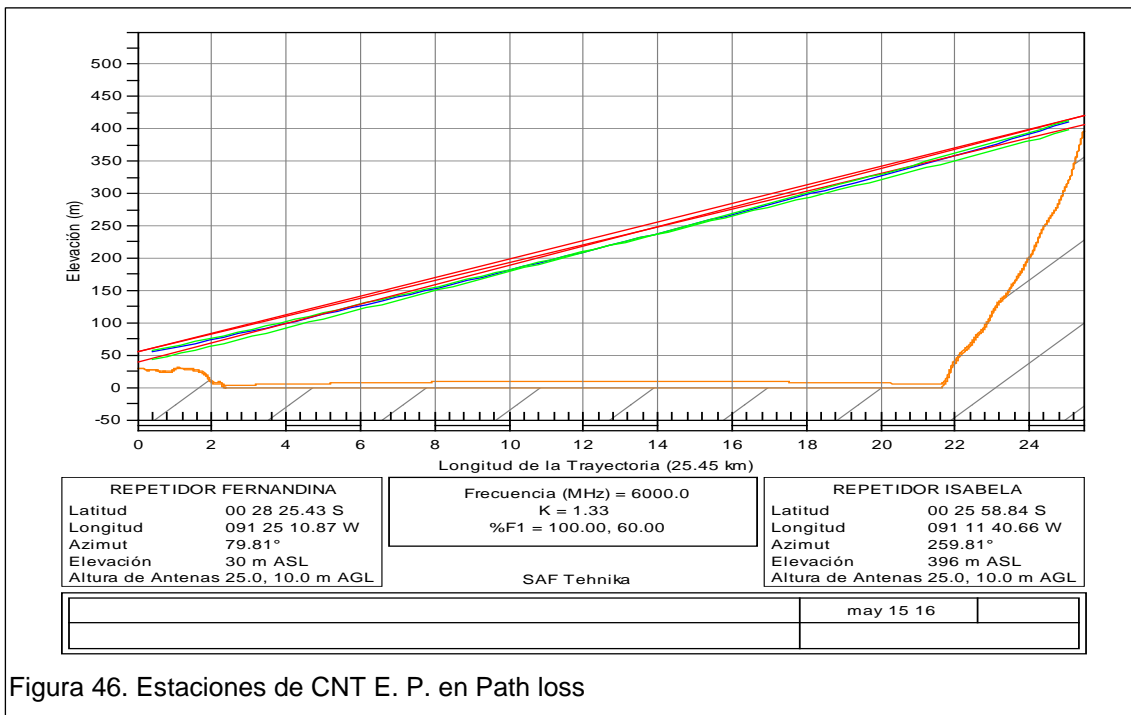


Figura 46. Estaciones de CNT E. P. en Path loss

Tabla 16. Información del radio enlace

Datos importantes radio enlace	Valores
PTx (dBm)	17.00
GTx (dBi)	41.30
LFS (dB)	136.15
LLT (dB)	1.34
Umbral Rx (dBm)	-74.50
PRx (dBm)	-39.44
Margen de Desv. (dB)	35.06

Se tiene línea de vista desde Repetidor Fernandina hacia el Repetidor Isabela, estas RBS serían las que se deben construir para poder otorgar internet en la Isla Fernandina, esto es una pre factibilidad, para confirmar se debe validar con un survey en campo.

3.8.2. Telefónica

3.8.2.1. San Cristóbal- San Cristóbal N-0 e Santa Cruz-Santa Cruz N-0



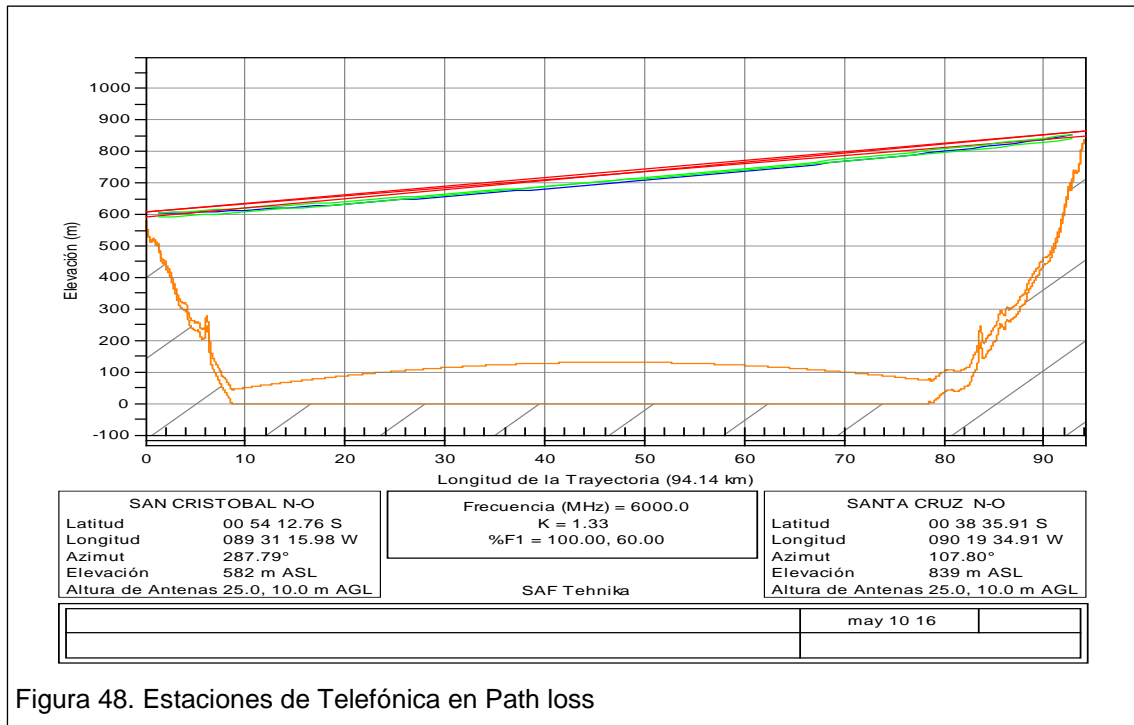


Figura 48. Estaciones de Telefónica en Path loss

Tabla 17. Información del radio enlace

Datos importantes radio enlace	Valores
PTx (dBm)	29.00
GTx (dBi)	41.30
LFS (dB)	147.51
LLT (dB)	1.34
Umbral Rx (dBm)	-74.50
PRx (dBm)	-39.39
Margen de Desv. (dB)	35.11

Se tiene línea de vista desde San Cristóbal N-0 hacia Santa Cruz N-0, esto es una pre factibilidad, para confirmar se debe validar con un survey en campo.

3.8.2.2. San Cristóbal- Malecón Puerto Ayora N-0 e Santa Cruz-Puerto Baquerizo Moreno N-0

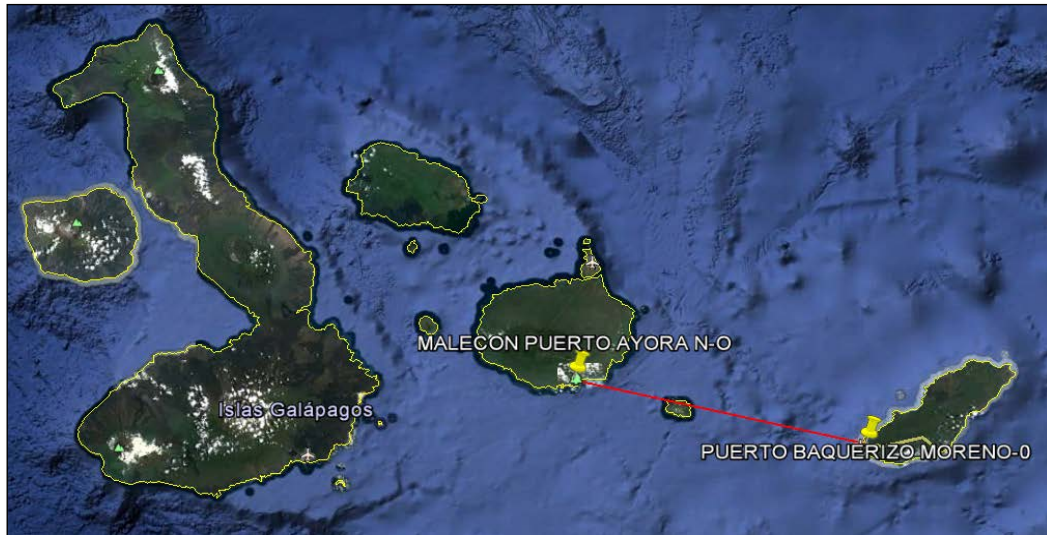


Figura 49. Estaciones de Telefónica en Google Earth

Adaptado de (Google earth, s.f.)

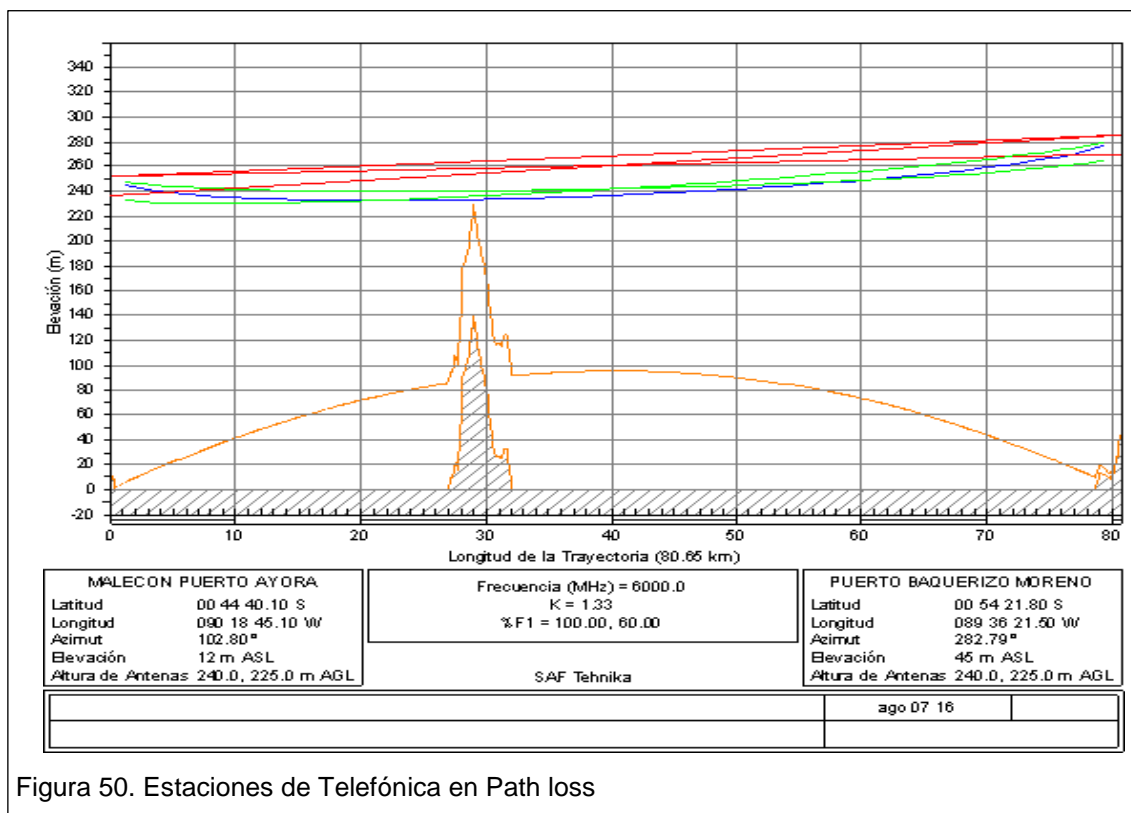
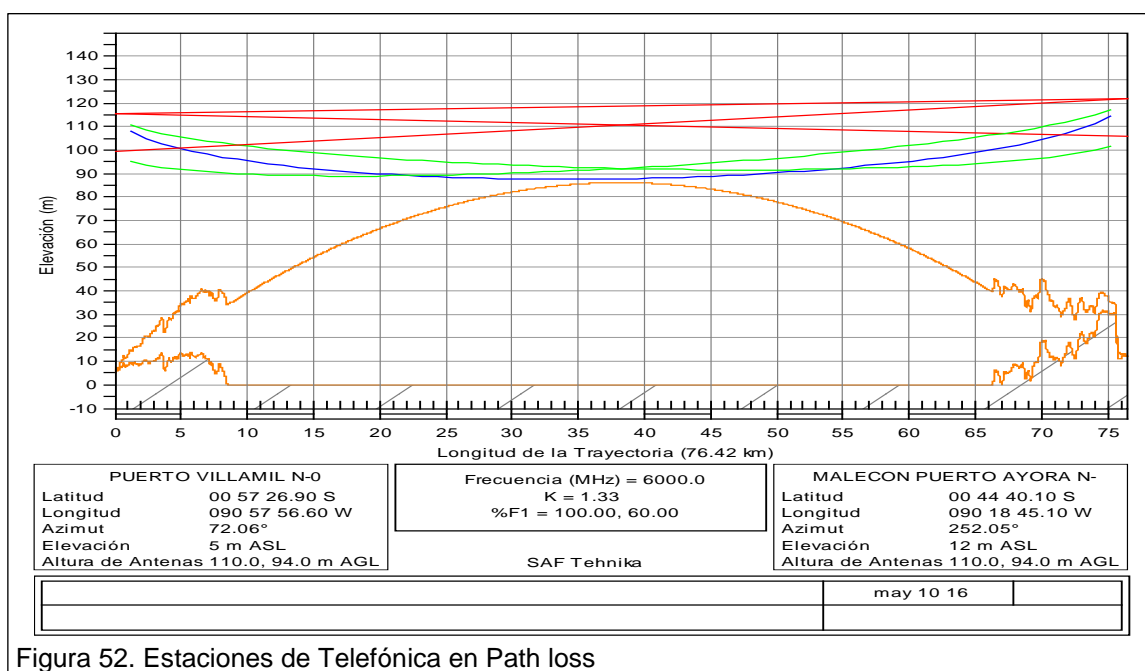
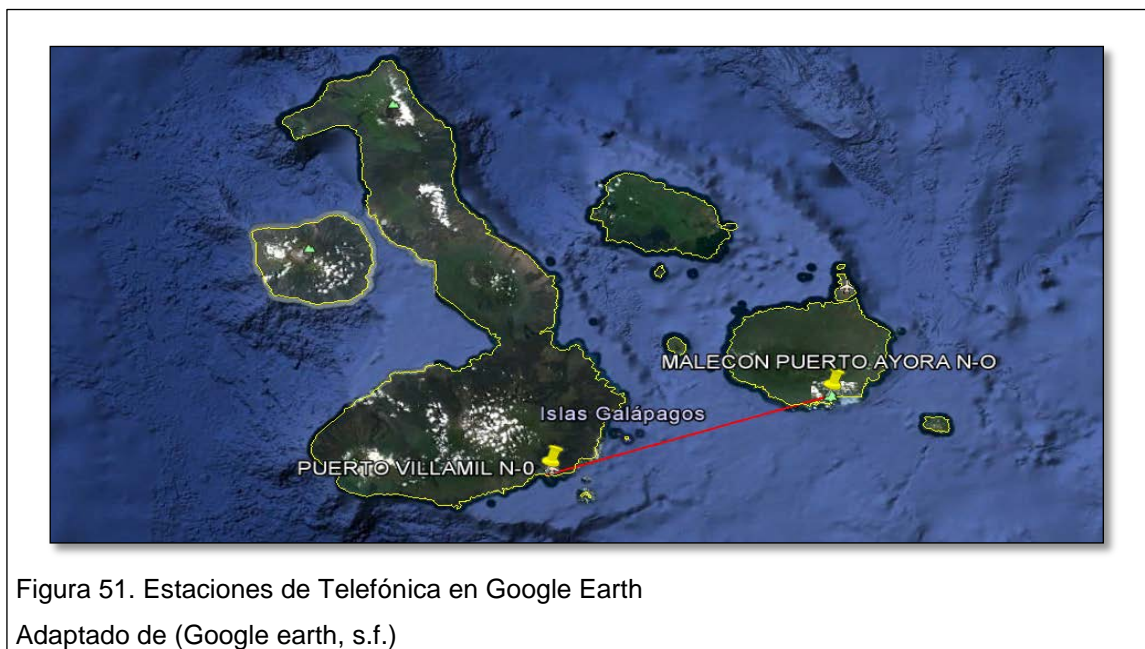


Figura 50. Estaciones de Telefónica en Path loss

NO HAY LÍNEA DE VISTA desde Malecón Puerto Ayora N-0 hacia Puerto Baquerizo Moreno-0, esto es una pre factibilidad, para confirmar se debe validar con un survey en campo.

3.8.2.3. Isla Isabela- Puerto Villamil N-0 e Isla Santa Cruz-Malecón Puerto Ayora N-0



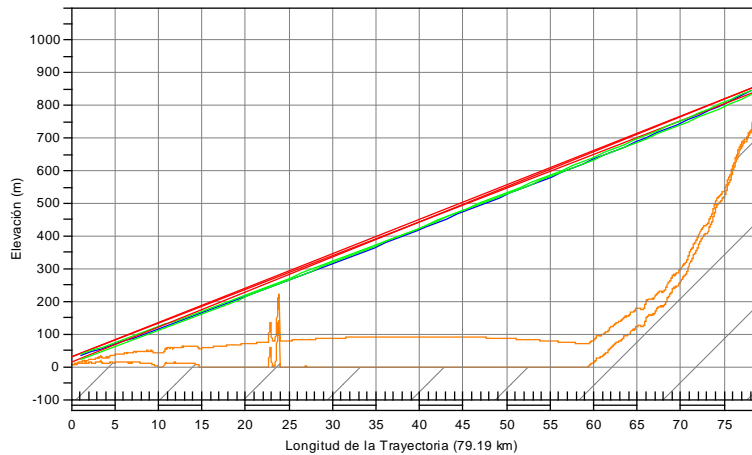
NO HAY LÍNEA DE VISTA desde Puerto Villamil N-0 hacia Malecon Puerto Ayora N-0, esto es una pre factibilidad, para confirmar se debe validar con un survey en campo.

3.8.2.4. Isla Isabela-Puerto Villamil N-0 e Isla Santa Cruz-Santa Cruz N-0



Figura 53. Estaciones de Telefónica en Google Earth

Adaptado de (Google earth, s.f.)



PUERTO VILLAMIL N-0 Latitud 00 57 26.90 S Longitud 090 57 56.60 W Azimut 63.99° Elevación 5 m ASL Altura de Antenas 25.0, 10.0 m AGL	Frecuencia (MHz) = 6000.0 K = 1.33 %F1 = 100.00, 60.00 SAF Tehnika	SANTA CRUZ N-0 Latitud 00 38 35.91 S Longitud 090 19 34.91 W Azimut 243.98° Elevación 839 m ASL Altura de Antenas 25.0, 10.0 m AGL
---	---	---

	may 10 16	
--	-----------	--

Figura 54. Estaciones de Telefónica en Path loss

Tabla 18. Información del radio enlace

Datos importantes radio enlace	Valores
PTx (dBm)	27.00
GTx (dBi)	41.30
LFS (dB)	146.00
LLT (dB)	1.34
Umbral Rx (dBm)	-74.50
PRx (dBm)	-39.76
Margen de Desv. (dB)	34.74

Se tiene línea de vista desde Puerto Villamil N-0 hacia Santa Cruz N-0, esto es una pre factibilidad, para confirmar se debe validar con un survey en campo.

Luego de realizadas las simulaciones se ha llegado a la conclusión que las alturas de las torres tanto de las operadoras Telefónica y CNT E.P. cumplen con las alturas solicitadas, debido a que para el funcionamiento de cada uno de los enlaces se requieren alturas de 25m y 10m respectivamente.

El espacio de las alturas en dichas torres se deberán confirmar con un survey en campo.

Como se puede observar en la figura 49 y figura 50 entre las estaciones de Telefónica MALECÓN PUERTO AYORA N-0 - PUERTO BAQUERIZO MORENO N-0 no existe línea de vista.

Al igual que en las estaciones de Telefónica PUERTO VILLAMIL N-0 – MALECÓN PUERTO AYORA N-0 en la figura 51 y figura 52, son estaciones existentes.

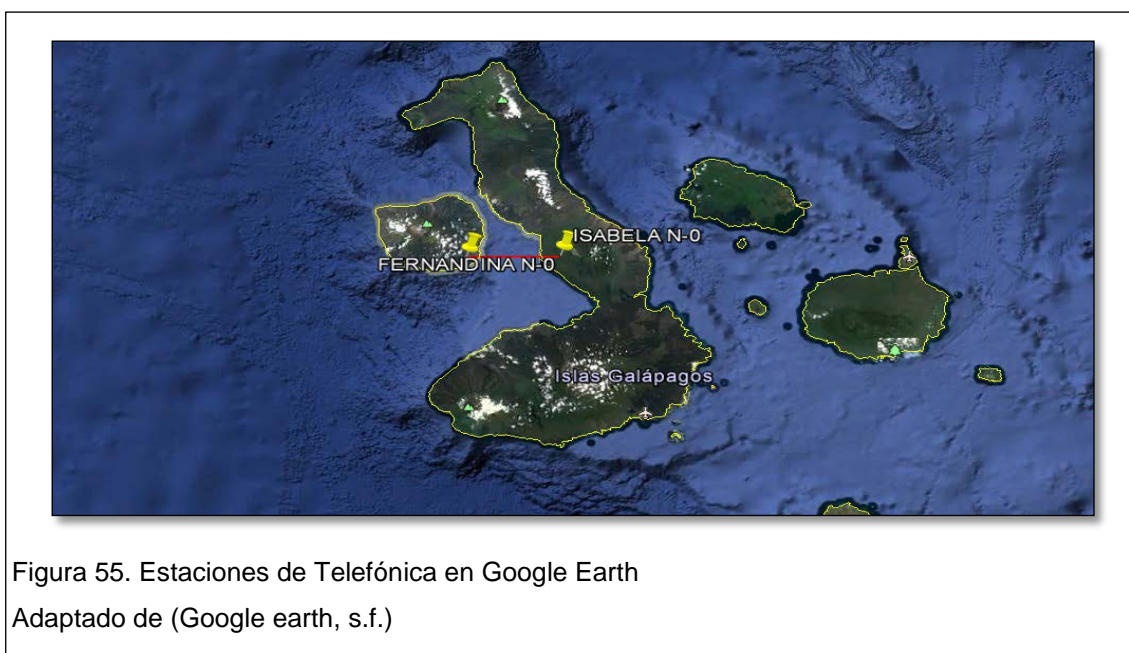
En el caso de que se requiera se validará por medio de un survey en campo para confirmar la existencia de obstáculos en la trayectoria.

Debido a que en la Isla Fernandina no existen torres y desde la estación de Isabela no se obtiene línea de vista, se propone como segunda opción instalar unas nuevas estaciones, las cuales se describen a continuación:

En el ítem 3.7.1.3 en la figura 45 y figura 46 se puede observar las torres propuestas para la operadora CNT E.P. donde se tiene línea de vista desde el Repetidor Fernandina hacia el Repetidor Isabela.

Estas RBS serían las que se deben construir para poder otorgar internet en la Isla Fernandina, esto es una pre factibilidad, para confirmar se debe validar con un survey en campo

3.8.2.5. Isla Fernandina-Fernandina N-0 e Isla Isabela-Isabela N-0



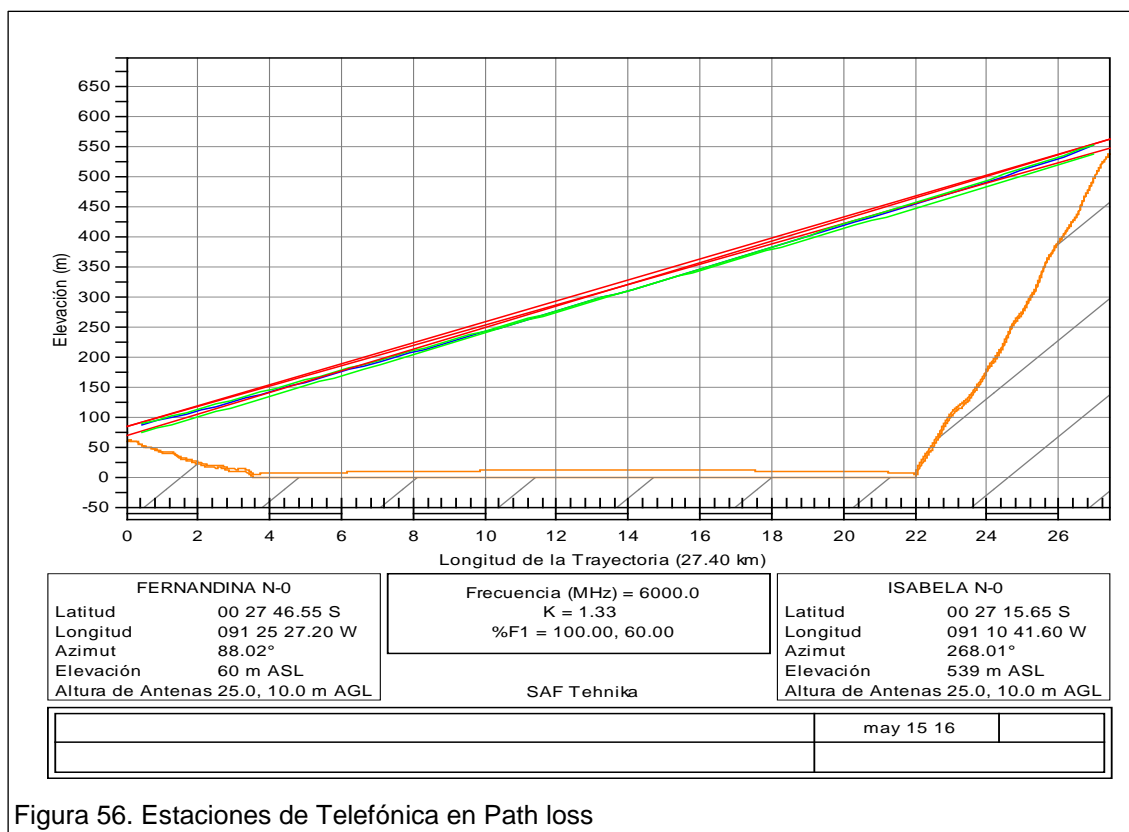


Figura 56. Estaciones de Telefónica en Path loss

Tabla 19. Información del radio enlace

Datos importantes radio enlace	Valores
PTx (dBm)	18.00
GTx (dBi)	41.30
LFS (dB)	136.79
LLT (dB)	1.34
Umbral Rx (dBm)	-74.50
PRx (dBm)	-39.10
Margen de Desv. (dB)	35.40

Se tiene línea de vista desde Fernandina N-0 hacia Isabela N-0, esto es una pre factibilidad, para confirmar se debe validar con un survey en campo.

3.9. Arquitectura

Para poder instalar los enlaces de radio desde la Isla Fernandina hacia la Isla Isabela, se deben instalar dos torres autosoportadas de 30m cada una, las

mismas que en su mayoría están conformadas por perfiles y ángulos de acero incorporadas por remaches, pernos o a través de suelda (Construaprende, s.f.).

Varias compañías fabrican dichas estructuras, en estas ya existen modelos para un funcionamiento perfecto de la misma, ya depende de varios factores como son altura, lugar a instalar y sobretodo de la velocidad del viento que pueda haber en el sitio a implementar (Construaprende, s.f.).

Las torres se edifican en terrenos, ciudades o colinas, que deben contar con una construcción apropiada para poder resistir el peso que debe sujetar. La forma de las torres es según la altura, ubicación y adicional de quien la fabrique (Construaprende, s.f.).



3.10. Respaldo de Energía

Existen varios tipos de respaldo de energía, pero los más importantes en lo referente a Telecomunicaciones son: Generadores, banco de baterías y ups.

Para el caso de Radio Bases lo más usado es Generadores y banco de baterías.

3.10.1. Moto generador

Máquinas que transforman la energía mecánica en eléctrica. Conformados por un generador y un motor mecánicamente acoplados, de tal forma que el generador rota gracias al motor, de esta forma el motor entrega energía mecánica y el generador la modifica en energía eléctrica (Hernández, 2007).



Figura 58. Generador
Tomado de (Hernández, 2007)

El generador es capaz de producir distintos niveles de tensión, esto depende de la configuración que ha sido programado, dicho generador tiene un esquema de niveles de tensión, los cuales se obtienen de acuerdo a la conexión realizada.

En cada estación existe un generador el cual entra en funcionamiento, cuando se va la energía de la misma.

UNIT CONFIGURED FOR:		
VOLTAGE	HERTZ	PHASE
120/240	60	1
120/208Y	60	3
120/240D	60	3
277/480Y	60	3
346/600Y	60	3
110/220D	50	1
115/200Y	50	3
100/200D	50	3
231/400Y	50	3
D=DELTA, Y=WYE		
UNBALANCED LOAD CAPABILITY=25%		

Figura 59. Niveles de tensión

Tomado de (Hernández, 2007)

3.10.2. Banco de baterías

Dispositivos de almacenamiento de energía, fundamental si se desea respaldar una carga por falla eléctrica, por parte de la Empresa Eléctrica.

Dichos bancos son usados en sub-estaciones eléctricas, centrales de comunicación y en todas las estaciones de radio base. Son capaces de reemplazar la demanda de energía por períodos cortos de tiempo, entra en funcionamiento hasta que se restablezca la energía.



Figura 60. Banco de baterías

Tomado de (Hernández, 2007)

3.10.2.1. Capacidad nominal

Define la cantidad de energía que se consigue de la batería. En las baterías se trabaja en amperios por hora y se puede calcular con la expresión que se describe a continuación (Hernández, 2007):

$$C = I \times T < Ah >$$

(Ecuación 3)

Tomado de (Hernández, 2007)

Donde: C= Capacidad nominal
I= amperios

T= horas

La batería cargada al 100% se descarga un 20% a corriente constante. El valor de dicha corriente descargada, se multiplica por el tiempo que tarda en llegar a dicho valor, esto se conoce como capacidad en amperios hora de dicha batería.

Se usa la siguiente expresión para obtener en Watios hora la energía del banco de baterías:

$$Watt = V \times Ah < Wh > \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Tomado de (Hernández, 2007)

Donde: Watt= Watios por hora

V= Voltaje nominal

Ah= Amperios horas

La estación actualmente consume 25A, la potencia que tienen los equipos es de 100w, estos funcionan a -48V, esto quiere decir que la corriente que consumen los equipos es de 2.08 A, dicho cálculo de lo visualizar en el anexo 2

4. Estudio económico de la propuesta

4.1. Análisis técnico económico de la solución

El objetivo fundamental del análisis de coste/beneficio es proporcionar los costes que genera la ejecución del proyecto y equiparar los costos dispuestos, con la rentabilidad concebida de la elaboración del mismo. Para el análisis planteado se utilizará un tipo de metodología basado en análisis coste-beneficio.

4.2. Metodología de análisis costo-beneficio

4.2.1. Retorno de la inversión ROI

Rentabilidad del negocio expuesta en porcentaje. Su cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{ROI} = 100 \times (\text{Beneficio Neto Anual} - \text{Coste Desarrollo Anualizado}) / \text{Inversión Promedio (De Rus, 2011)}$$

Beneficio Neto Anual: Bonificación que contribuye el proyecto como resultado de su utilización, es la rentabilidad otorgada más desembolsos no incididos. Se tienen que restar los desembolsos de cada año y la conservación del proyecto (De Rus, 2011).

Coste Desarrollo Anualizado: Gasto inicial completo de desarrollo del proyecto, fraccionado por los años que se piensa estará en funcionamiento (De Rus, 2011).

Inversión Promedio: Inversión completa hecha (costos de desarrollo, hardware, software) fraccionado por la totalidad de lo que se invierte (De Rus, 2011).

4.2.2. Descripción de cálculo del análisis costo beneficio

Para realizar el análisis costo/beneficio existen dos pasos:

1. Producir estimaciones de costos/beneficios.
2. Determinar viabilidad del proyecto y su aceptación (De Rus, 2011).

4.2.2.1. Producir estimaciones de costos-beneficios

Realizar dos listas, la primera de lo más indispensable para instalar el proyecto y otra de los beneficios deseados del flamante proyecto (De Rus, 2011).

Los costos deben ser ponderables y estimados en cifras asequibles, mientras que los beneficios, se consideran evidentes o no evidentes, lo que quiere decir, medibles en el caso del tiempo, dinero; y no evidentes, no apreciables de manera objetiva (De Rus, 2011).

4.2.2.2. Determinar viabilidad del proyecto (Retorno de Inversión)

Se calcula el costo y el beneficio anual, percibiendo el valor completo al empezar el proyecto "C0", para definir el año en que se recuperará el precio total estimado en un principio.

Tabla 20. Determinación del retorno de inversión

AÑO	COSTE	BENEFICIO	BENEFICIO NETO
0	C0	0	
1	C1	B1	B1 - C1
2	C2	B2	B2 - C2
...
n	Cn	Bn	Bn - Cn

Tomado de (De Rus, 2011)

El año de compensación de la inversión se obtiene cuando Σ Beneficio Neto = C0 (De Rus, 2011).

4.3. Aplicación de la Metodología en Diseño de la Red Inalámbrica Terrestre para ofrecer servicios de Internet a 4 islas del Archipiélago de Galápagos

Para realizar el análisis coste/beneficio, el primer paso es determinar la producción de valoración de costo/beneficio.

Se ha clasificado los costos en cuanto a la inversión en 3 ítems, los cuales agrupan la inversión económica dentro del diseño de la red inalámbrica terrestre. En el caso de la valoración del beneficio se consideran 3 aspectos relacionados con actividades planteadas. En la Tabla 1, se muestra específicamente las valoraciones.

Tabla 21. Valoración de Costo - Beneficio

VALORACIONES DE COSTES-BENEFICIOS			
Costos	Valor	Beneficios	Valor
Equipamiento	\$ 651.173,04	20% rendimiento del proceso realizado	\$ 242.223,92
Logística de importación e interna	\$ 120.411,92	Transferencia de información	\$ 36'666.691, 20
Surveys	\$ 8.000,00	Aumento de las tasas de Tx Vs. Costo	\$ 36'666.211,20
Total de costos	\$ 779.584,96	Total de Beneficios	\$ 73'575.126,32

Cabe recalcar que los valores de los beneficios fueron entregados por el contratista, que por políticas internas no se puede dar mención a su nombre, en estos valores se ha considerado la inversión y gasto operativo, esto representa un beneficio neto anual.

Transferencia de información es el costo de una hora de uso del satélite, multiplicado por 24 horas que tiene un día, por 30 días que tiene un mes y por 12 meses que tiene un año.

Aumento de las tasas de Transmisión Vs. Costo es el costo de la transferencia de información Vs. el costo que tendría el internet por medio de radio enlace al mes y por 12 meses que tiene un año.

Para determinar la rentabilidad del negocio reflejado en porcentaje. Para ello usamos la siguiente ecuación:

ROI= 100 x (Beneficio Neto Anual – Coste Desarrollo Anualizado) / Inversión Promedio

Tomando en cuenta la Tabla 2, el beneficio neto anual es de \$ 73'575.126,32, mientras el coste de desarrollo anualizado se considera en el peor de los casos que sea igual a la Inversión Promedio; lo que quiere decir que el valor de inversión de la tabla 2, es \$ 779.584,96 así:

ROI= 100 x (73'575.126,32 – 779.584,96) / 779.584,96 = 9337,73%

Por último concluir si proyecto es viable y su aprobación, para ello se debe tabular los valores en la Tabla 1, la cual establece en la metodología, del cual se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 22. Aplicación de la tabla para retorno de inversión

RETORNO DE INVERSIÓN Y VALOR ACTUAL				
AÑO	COSTE	BENEFICIO	BENEFICIO NETO	VALOR ACTUAL
0	\$ 779.584,96	0		
1	\$ 716.573,04	\$ 73'575126,32	\$ 72'858553,28	\$ 62'272267,76
2	\$ 716.573,04	\$ 73'575126,32	\$ 72'858553,28	\$ 31'136133,88

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

El diseño de red inalámbrica de alta capacidad usando radio enlaces entre las 4 principales islas de Archipiélago de Galápagos, se realizó mediante el uso de tecnología XPIC, donde de manera inicial se aplicará un 10% en cada una de las islas para poder otorgar internet a las mismas, así mayor cantidad de habitantes podrán obtener el servicio y de esta manera tratar de eliminar la brecha digital.

Mediante un análisis de la situación actual de la tecnología de información y comunicación en las islas Galápagos, se pudo determinar el porcentaje de habitantes que aún no poseen internet y de esta manera empezar con un porcentaje inicial para otorgar el servicio a cada una de las islas.

Al realizar el estudio de factibilidad teórico se llegó a la conclusión, que para poder otorgar internet en las islas Galápagos se requiere usar las torres de las operadoras Telefónica y CNT E.P. que son las que cumplen con las alturas establecidas; para poder confirmar que existe línea de vista y verificar disponibilidad de las torres, se debe validar con un survey en cada uno de los sitios.

En el estudio de factibilidad existieron casos en los cuales no existe línea de vista desde las torres que actualmente está instaladas en las islas, por lo que la solución es instalar unas nuevas torres, para esto se debe considerar permisos en áreas naturales emitidos por el Arcotel.

Al realizar el análisis técnico económico de la solución se obtiene que el diseño es factible debido a que realizando una inversión de 1 año, se puede otorgar internet a los pobladores de las islas y el costo sería mucho menor al que actualmente se tiene vía satélite, debido a que estos costos son muy elevados.

5.2. Recomendaciones

Para el diseño de red inalámbrica se necesita utilizar infraestructura de telecomunicaciones tanto de Telefónica como CNT E.P. para ello se debe pedir aprobación al titular de la infraestructura física. Debido a que se necesita promover que la competencia sea de forma leal y sana con lo referente a la prestación de servicios de telecomunicaciones.

La Dirección Provincial es la encargada de entregar la aprobación en áreas que son parte del Patrimonio de Áreas Naturales, para el uso de infraestructura física de telecomunicaciones, para ello se debe entregar un informe, dicho informe debe abarcar lo siguiente:

- a) Se debe verificar nombre y firma de la persona responsable del área que otorga un informe técnico para el uso de infraestructura física en dichas áreas;
- b) Nombre del solicitante o razón social del mismo;
- c) Número y fecha de la resolución ministerial en la que se otorgó la licencia ambiental;
- d) Copia del documento entregado por la institución bancaria donde se realizó el pago;
- e) Lugar y fecha de la aprobación;
- f) Labor a realizarse: mantenimiento o uso de infraestructura física, se debe colocar la lista de trabajadores aprobados para entrar al área protegida;
- g) Lista de representantes de las operadoras que estén ocupando la infraestructura física.

Es recomendable el uso de radio enlaces, debido a que este tiene un costo menor al de uso de satélite, con lo cual tanto las operadoras como el cliente final que son los habitantes de las islas ahorrarán gran cantidad de dinero al momento de transmitir o recibir voz, video o datos.

REFERENCIAS

- 3 Cu Electrónica. (s.f.). *Radio enlaces*. Recuperado el 28 de abril de 2016, de <https://sites.google.com/site/3cuelelectronica/home/radio-enlaces-1>
- Abordo. (s.f.). *Galápagos*. Recuperado el 15 de enero de 2016, de <http://www.abordo.com.ec/www/files/travelplanner/gal.pdf>
- AdvantechWireless. (s.f.). *Soluciones innovadoras para retos del mundo real*. Recuperado el 2013, de www.advantechwireless.com
- Ambiente. (s.f.). *5% de crecimiento en sector turístico de Galápagos*. Recuperado el 22 de abril de 2016, de <http://www.ambiente.gob.ec/5-de-crecimiento-en-sector-turistico-de-galapagos/>
- Arcotel. (s.f.). *Consulta Plan Nacional de Frecuencias*. Recuperado el 15 de mayo de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/consulta-plan-nacional-de-frecuencias/>
- Arcotel. (s.f.). *Plan Nacional de Frecuencias*. Recuperado el 15 de abril de 2016, de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf
- Arcotel. (s.f.). *Tasas por instalación de Telecomunicaciones en áreas naturales*. Recuperado el 01 de junio de 2016, de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/02/tasas-por-instalacion-de-telecomunicaciones-en-areas-naturales.pdf>
- Barragán, A., Molina, J., & Hernandez, J. (2010). *Proporcionalidad*. Recuperado el 25 de mayo de 2016, de http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas_conocimiento/mat/thales/prporcionalidad.htm
- Blázquez, J. (s.f.). *Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos*. Recuperado el 08 de marzo de 2016, de [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_de_sarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_de_sarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_1).pdf)

- Calero, J. (2011). *Islas Galápagos se benefician con el trabajo de la CNT*. Recuperado el 08 de abril de 2016, de http://www.ecuadoracolors.com/ed2011_ene/pages/page_02.html
- Censo 2010. (s.f.). *Principales Características Demográficas de Galápagos*. Recuperado el 13 de enero de 2016, de http://es.slideshare.net/radioencantada/principales-caracteristicas-demograficas-de-galapagos?next_slideshow=1
- Construaprende. (s.f.). *Tipos de torres para Telecomunicaciones*. Recuperado el 26 de abril de 2016, de <http://www.construaprende.com/docs/trabajos/303-torres-telecomunicaciones?start=1>
- De Rus, G. (2011). *Análisis Coste-Beneficio: Evaluación económica de políticas y proyectos de inversión* (4ta actualizada ed.). Ariel.
- Ecuador en cifras. (s.f.). *Proyecciones poblacionales*. Recuperado el 16 de abril de 2016, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- Ecuador en cifras. (s.f.). *Resultados provinciales Galápagos*. Recuperado el 15 de noviembre de 2015, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/galapagos.pdf>
- Ecuale. (s.f.). *Isla Santa Cruz*. Recuperado el 15 de enero de 2016, de <http://www.ecuale.com/galapagos/santacruz.php>
- Galápagos cruceros. (s.f.). *Fernandina*. Recuperado el 15 de enero de 2016, de <http://galapagoscruceros.ec/galapagos-islas/fernandina.html>
- Galápagos cruceros. (s.f.). *Isabela*. Recuperado el 25 de abril de 2016, de <http://www.galapagoscruceros.ec/galapagos-islas/isabela.html>
- Galápagos cruceros. (s.f.). *San Cristóbal*. Recuperado el 20 de abril de 2016, de <http://www.galapagoscruceros.ec/galapagos-islas/san-CRISTÓBAL.html>
- Galápagos Cruceros. (s.f.). *Santa Cruz*. Recuperado el 20 de abril de 2016, de <http://www.galapagoscruceros.ec/galapagos-islas/santa-cruz.html>

- Galapaguide. (s.f.). *Censo Poblacional*. Recuperado el 15 de mayo de 2016, de <http://www.galapaguide.com/2007/11/censo-poblacional-galapagos-2006.html>
- Hernández, J. (2007). *Energización y adecuación de estaciones radio bases movilnet*. Recuperado el 12 de junio de 2016, de <http://159.90.80.55/tesis/000139779.pdf>
- Hypercable. (s.f.). *Doble capacidad en canales inalámbricos*. Recuperado el 04 de abril de 2015, de http://www.hypercable.fr/images/stories/XPIC_PVG610.pdf
- Iescuravalera. (2005). *Introducción a las redes inalámbricas*. Recuperado el 05 de marzo de 2016, de <http://informatica.iescuravalera.es/iflica/gtfinal/libro/x2510.html>
- Inocar. (s.f.). *Islas Galápagos*. Recuperado el 2016 de enero de 08, de http://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_cap_VI.pdf
- ITU. (s.f.). *Servicio fijo*. Recuperado el 13 de mayo de 2016, de <https://www.itu.int/rec/R-REC-F/es>
- Kustra, R. (s.f.). *Fundamentos básicos de Telecomunicaciones*. Recuperado el 15 de abril de 2016, de <http://www.dednet.net/institucion/itba/cursos/000183/demo/unidad01/Modulo1GestTelec14oct03.pdf>
- Maravillosas Ocultas. (s.f.). *Isla Fernandina*. Recuperado el 22 de abril de 2016, de <https://maravillasocultas.wordpress.com/galapagos/isla-fernandina/>
- Martínez, T. (2012). *Banda libre vs Banda licenciada*. Recuperado el 18 de abril de 2016, de <http://www.telequismo.com/2012/12/banda-libre-vs-banda-licenciada.html>
- Martínez, T. (2012). *Radioenlaces microondas en banda licenciada*. Recuperado el 22 de abril de 2016, de <http://www.telequismo.com/2012/07/radioenlaces-microondas-en-banda.html>
- Matriz Foda. (s.f.). *Foda*. Recuperado el 18 de junio de 2016, de <http://www.matrizfoda.com/dafo/>

- Microwave link. (s.f.). *Cancelación de interferencia por polarización cruzada*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.microwave-link.com/microwave/xpic-cross-polarization-interference-cancellation/>
- Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (s.f.). *Importantes logros de los sectores estratégicos en Galápagos: las telecomunicaciones avanzan*. Recuperado el 15 de noviembre de 2015, de www.telecomunicaciones.gob.ec/importantes-logros-de-los-sectores-estrategicos-en-galapagos-las-telecomunicaciones-avanzan/
- Mtm Telecom. (s.f.). *Enlaces Inalámbricos Punto a Punto y Punto Multipunto*. Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://www.mtm-telecom.com/index.php/2012-07-04-19-05-27/enlaces-inalambricos-punto-a-punto-y-punto-multipunto.html>
- Pathloss. (s.f.). *Información general sobre Pathloss 4*. Recuperado el 14 de mayo de 2016, de <http://www.pathloss.com/index.php#!p4prod>
- Redtaurus. (s.f.). *Radio enlaces terrestres microondas*. Recuperado el 06 de abril de 2016, de http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas_.pdf
- SafTehnika. (s.f.). *Características técnicas de las antenas*. Recuperado el 10 de mayo de 2016, de http://saftehnika.co/images/Phoenix-M_leaflet_24.03.pdf
- SafTehnika. (s.f.). *Punto a punto*. Recuperado el 31 de mayo de 2016, de https://saftehnika.com/files/downloads/201005013_SAF_CFIP_CFQ_brochure_Esp.pdf
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas* (4 ed.). México, D.F.: Pearson Educación.
- Tourguide. (s.f.). *Isla San Cristóbal en Galápagos*. Recuperado el 13 de enero de 2016, de <http://www.galapagos-islands-tourguide.com/isla-san-CRISTÓBAL.html>
- Viajandox. (s.f.). *Cantón Isabela*. Recuperado el 08 de enero de 2016, de <http://www.viajandox.com/galapagos/isla-santa-isabela-canton.htm>

ANEXOS

ANEXO 1. CÁLCULOS DE ANCHO DE BANDA

Cálculos de la Tabla 10. Porcentaje de habitantes que requieren Internet.

Capítulo 3

HABITANTES QUE NO TIENEN INTERNET

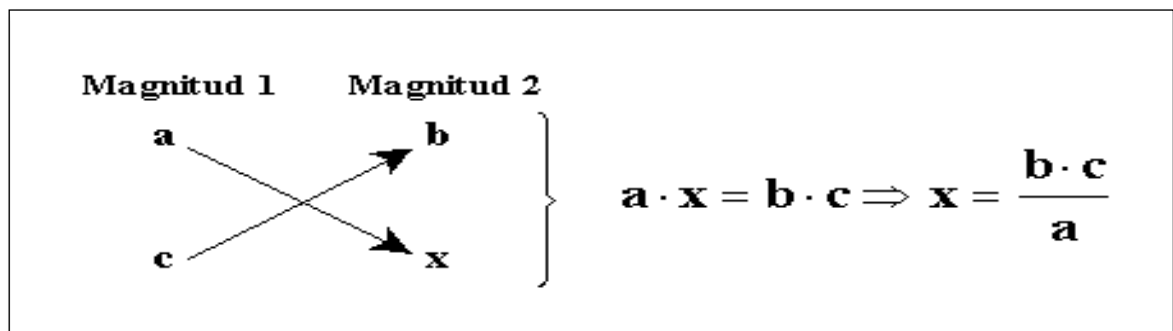
SAN CRISTÓBAL

NO INTERNET= 100% - %INTERNET HAB.

NO INTERNET= 100% - 46.5%

NO INTERNET= 53.5%

Se ha dividido en 3 opciones A, B y C, desde 1 Megabit/segundo hasta 3 Megabits/segundo, para esto necesitamos una regla de tres simple.



Fórmula de regla de tres simple

Tomado de (Barragán, Molina, & Hernandez, 2010)

Opción A: 10% de la población que no poseen internet, el cual se otorgará 3 Megabits/segundo.

$$A = \frac{4294 * 10}{53.5}$$

$$A = 802.61 \approx 803$$

$$A \text{ Megabits/segundo} = 803 \times 3$$

$$A \text{ Megabits/segundo} = 2409$$

Opción B: 15% de la población que no poseen internet, el cual se otorgará 2 Megabits/segundo.

$$B = \frac{4294 * 15}{53.5}$$

$$B = 1203.92 \approx 1204$$

$$B \text{ Megabits/segundo} = 1204 \times 2$$

$$B \text{ Megabits/segundo} = 2408$$

Opción C: 28.5% de la población que no poseen internet, el cual se otorgará 1 Megabit/segundo.

$$C = \frac{4294 * 28.5}{53.5}$$

$$C = 2287.45 \approx 2287$$

$$CMegabits/segundo = 2287 \times 1$$

$$CMegabits/segundo = 2287$$

$$Total\ de\ Megabits/segundo = A + B + C$$

$$Total\ de\ Megabits/segundo = 2409 + 2408 + 2287$$

$$Total\ de\ Megabits/segundo = 7104$$

Se considerará un 10% inicial para otorgar internet a los habitantes de los cantones de Galápagos.

$$A = \frac{7104 * 10}{100}$$

$$A = 710.4 \approx 710$$

ISABELA

NO INTERNET= 100% - %INTERNET HAB.

NO INTERNET= 100% - 12%

NO INTERNET= 88%

Se ha dividido en 3 opciones A, B y C, desde 1 Megabit/segundo hasta 3 Megabits/segundo, para esto necesitamos una regla de tres simple.

Opción A: 13% de la población que no poseen internet, el cual se otorgará 3 Megabits/segundo.

$$A = \frac{1434 * 13}{88}$$

$$A = 211.84 \approx 212$$

$$AMegabits/segundo = 212 \times 3$$

$$AMegabits/segundo = 636$$

Opción B: 25% de la población que no poseen internet, el cual se otorgará 2 Megabits/segundo.

$$B = \frac{1434 * 25}{88}$$

$$B = 407.38 \approx 407$$

$$BMegabits/segundo = 407 \times 2$$

$$BMegabits/segundo = 814$$

Opción C: 50% de la población que no poseen internet, el cual se otorgará 1 Megabit/segundo.

$$C = \frac{1434 * 50}{88}$$

$$C = 814.77 \approx 815$$

$$CMegabits/segundo = 815 \times 1$$

$$CMegabits/segundo = 815$$

$$Total\ de\ Megabits/segundo = A + B + C$$

$$Total\ de\ Megabits/segundo = 636 + 814 + 815$$

$$Total\ de\ Megabits/segundo = 2265$$

Se considerará un 10% inicial para otorgar internet a los habitantes de los cantones de Galápagos.

$$X = \frac{2265 * 10}{100}$$

$$X = 226.5 \approx 227$$

SAN CRISTÓBAL

NO INTERNET= 100% - %INTERNET HAB.

NO INTERNET= 100% - 43.1%

NO INTERNET= 56.9%

Se ha dividido en 3 opciones A, B y C, desde 1 Megabit/segundo hasta 3 Megabits/segundo para esto necesitamos una regla de tres simple.

Opción A: 10% de la población que no poseen internet, el cual se otorgará 3 Megabits/segundo.

$$A = \frac{9323 * 10}{56.9}$$

$$A = 1638.48 \approx 1638$$

$$AMegabits/segundo = 1638 \times 3$$

$$AMegabits/segundo = 4914$$

Opción B: 16.9% de la población que no poseen internet, el cual se otorgará 2 Megabits/segundo.

$$B = \frac{9323 * 16.9}{56.9}$$

$$B = 2769.04 \approx 2769$$

$$BMegabits/segundo = 2769 * 2$$

$$BMegabits/segundo = 5538$$

Opción C: 30% de la población que no poseen internet, el cual se otorgará 1 Megabit/segundo.

$$C = \frac{9323 * 30}{56.9}$$

$$C = 4915.46 \approx 4915$$

$$CMegabits/segundo = 4915 * 1$$

$$CMegabits/segundo = 4915$$

$$Total\ de\ Megabits/segundo = A + B + C$$

$$Total\ de\ Megabits/segundo = 4914 + 5538 + 4915$$

$$Total\ de\ Megabits/segundo = 15367$$

Se considerará un 10% inicial para otorgar internet a los habitantes de los Cantones de Galápagos.

$$X = \frac{15367 * 10}{100}$$

$$X = 1536.7 \approx 1537$$

ANEXO 2. CÁLCULOS DE LAS BATERIAS EN LA ESTACIÓN

Capacidad Nominal: para calcular dicha capacidad se utiliza la ecuación 3:

Donde: C= Capacidad nominal

I= amperios

T= horas

$$C = I \times T < Ah >$$

$$C = 100Ah$$

*Valor no calculado, es el valor normal de un banco de baterías de una Estación

La potencia que consume cada equipo es de 20w, como en cada estación uso 5 equipos entonces tendré 100w y el voltaje que consume es de -48V

$$P = I * V$$

$$I = \frac{100w}{48V}$$

$$I = 2.08 A$$

ANEXO 3. CÁLCULOS AUTOMÁTICOS DEL PATH LOSS ESTACIONES CNT E.P.

ISLA SAN CRISTÓBAL – ISLA SANTA CRUZ

REPETIDOR EL NIÑO - REPETIDOR CROCKER

	REPETIDOR EL NIÑO	REPETIDOR CROCKER
Elevación (m)	582.10	849.21
Latitud	00 54 13.30 S	00 38 33.20 S
Longitud	089 31 15.90 W	090 19 35.70 W
Azimuth Verdadero (°)	287.85	107.86
Ángulo Vertical (°)	-0.16	-0.48
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	25.00	25.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	10.00	10.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Frecuencia (MHz)	6000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	94.19	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	147.51	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.80	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	68.39	68.39
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	68.39	68.39
Modelo de Radio	PhxM6_112M_28S_VHP	PhxM6_112M_28S_VHP
Potencia de Transmisión (w)	0.79	0.79
Potencia de Transmisión (dBm)	29.00	29.00
PIRE (dBm)	68.96	68.96
Designador de Emisor	28M0F7W	28M0F7W
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-74.50	-74.50
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-39.39	-39.39
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-39.39	-39.39
Margen de Desv. - Térmico (dB)	35.11	35.11
Factor Geoclimático	3.41E-04	
Inclinación del Trayecto (m)	2.84	
Fade occurrence factor (Po)	9.10E-01	
Temperatura Anual Promedio (°C)	20.00	
Mejoramiento por Diversidad SD	61.20	61.20
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99911	99.99911
(sec)	23.36	23.36
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99970	99.99970
(sec)	95.33	95.33
(% - sec)	99.99940 - 190.65	
Región de Precipitación	ITU Region J	
0.01 % Intensidad de Lluvia (mm/hr)	35.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	35.11	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	879.53	
Atenuación por Lluvia (dB)	35.11	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	100.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	99.99940 - 190.65	

sáb, ago 06 2016
 REPETIDOR EL NIÑO - REPETIDOR CROCKER.pl4
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-9
 Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-9 Baseband Switching
 Precipitación - ITU-R P530-7

Cálculos automáticos en Path loss

ISLA ISABELA – ISLA SANTA CRUZ

CENTRAL PUERTO VILLAMIL CNT EP – REPETIDOR CROCKER

	CENTRAL PUERTO VILLAMIL	REPETIDOR CROCKER
Elevación (m)	8.94	849.21
Latitud	00 57 15.10 S	00 38 33.20 S
Longitud	090 57 52.10 W	090 19 35.70 W
Azimuth Verdadero (°)	64.12	244.11
Ángulo Vertical (°)	0.34	-0.88
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	20.00	20.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	5.00	5.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Frecuencia (MHz)	6000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	78.92	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	145.97	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.67	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	66.72	66.72
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	66.72	66.72
Modelo de Radio	PhxM6_112M_28S_VHP	PhxM6_112M_28S_VHP
Potencia de Transmisión (w)	0.50	0.50
Potencia de Transmisión (dBm)	27.00	27.00
PIRE (dBm)	66.96	66.96
Designador de Emisor	28M0F 7W	28M0F 7W
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-74.50	-74.50
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-39.72	-39.72
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-39.72	-39.72
Margen de Desv. - Térmico (dB)	34.78	34.78
Factor Geoclimático	3.41E-04	
Inclinación del Trayecto (m)	10.65	
Fade occurrence factor (Po)	5.45E-01	
Temperatura Anual Promedio (°C)	20.00	
Mejoramiento por Diversidad SD	97.97	97.97
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99970	99.99970
(sec)	8.00	8.00
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99990	99.99990
(sec)	32.64	32.64
(% - sec)	99.99979 - 65.29	
Región de Precipitación	ITU Region J	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	35.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	34.78	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	899.76	
Atenuación por Lluvia (dB)	34.78	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	100.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	99.99979 - 65.29	

sáb, ago 06 2016
 CENTRAL PUERTO VILLAMIL CNT EP - REPETIDOR CROCKER.pl4
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-9
 Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-9 Baseband Switching
 Precipitación - ITU-R P530-7

Cálculos automáticos en Path loss

ISLA FERNANDINA – ISLA ISABELA

REPETIDOR FERNANDINA – REPETIDOR ISABELA

	REPETIDOR FERNANDINA	REPETIDOR ISABELA
Elevación (m)	29.62	395.86
Latitud	00 28 25.43 S	00 25 58.84 S
Longitud	091 25 10.87 W	091 11 40.66 W
Azimuth Verdadero (°)	79.81	259.81
Ángulo Vertical (°)	0.74	-0.91
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	25.00	25.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	10.00	10.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Frecuencia (MHz)	6000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	25.45	
Pérdidas de E espacio Libre (dB)	136.15	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.22	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	56.44	56.44
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	56.44	56.44
Modelo de Radio	PhxM6_112M_28S_VHP	PhxM6_112M_28S_VHP
Potencia de Transmisión (w)	0.05	0.05
Potencia de Transmisión (dBm)	17.00	17.00
PIRE (dBm)	56.96	56.96
Designador de Emisor	28M0F7W	28M0F7W
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-74.50	-74.50
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-39.44	-39.44
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-39.44	-39.44
Margen de Desv. - Térmico (dB)	35.06	35.06
Factor Geodimático	3.41E-04	
Inclinación del Trayecto (mr)	14.39	
Fade occurrence factor (Po)	1.06E-02	
Temperatura Anual Promedio (°C)	20.00	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.05	0.05
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.20	0.20
(% - sec)	100.00000 - 0.39	
Región de Precipitación	ITU Region J	
0.01 % Intensidad de Lluvia (mm /hr)	35.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	35.06	
Intensidad de Lluvia (mm /hr)	1278.01	
Atenuación por Lluvia (dB)	35.06	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	100.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	100.00000 - 0.39	

sáb, ago 06 2016

REPETIDOR FERNANDINA - REPETIDOR ISABELA.pl4

Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-9

Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-9 Baseband Switching

Precipitación - ITU-R P530-7

Cálculos automáticos en Path loss

ANEXO 4. CÁLCULOS AUTOMÁTICOS DEL PATH LOSS ESTACIONES TELEFÓNICA

SAN CRISTÓBAL - SANTA CRUZ

SAN CRISTÓBAL N-0 - SANTA CRUZ N-0

	SAN CRISTOBAL N-0	SANTA CRUZ N-0
Elevación (m)	582.16	838.61
Latitud	00 54 12.76 S	00 38 35.91 S
Longitud	089 31 15.98 W	090 19 34.91 W
Azimuth Verdadero (°)	287.79	107.80
Ángulo Vertical (°)	-0.16	-0.47
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	25.00	25.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	10.00	10.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Frecuencia (MHz)	6000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	94.14	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	147.51	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.80	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	68.39	68.39
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	68.39	68.39
Modelo de Radio	PhxM6_112M_28S_VHP	PhxM6_112M_28S_VHP
Potencia de Transmisión (w)	0.79	0.79
Potencia de Transmisión (dBm)	29.00	29.00
PIRE (dBm)	68.96	68.96
Designador de Emisor	28M0F7W	28M0F7W
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-74.50	-74.50
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-39.39	-39.39
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-39.39	-39.39
Margen de Desv. - Térmico (dB)	35.11	35.11
Factor Geoclimático	3.41E-04	
Inclinación del Trayecto (m)	2.72	
Fade occurrence factor (Po)	9.34E-01	
Temperatura Anual Promedio (°C)	20.00	
Mejoramiento por Diversidad SD	60.29	60.29
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99908	99.99908
(sec)	24.22	24.22
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99969	99.99969
(sec)	98.83	98.83
(% - sec)	99.99937 - 197.67	
Región de Precipitación	ITU Region J	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	35.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	35.11	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	879.85	
Atenuación por Lluvia (dB)	35.11	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	100.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	99.99937 - 197.67	

sáb, ago 06 2016
 SAN CRISTOBAL N-0 - SANTA CRUZ N-0.pl4
 Reliability Method- Rec. ITU-R P.530-9
 Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-9 Baseband Switching
 Precipitación - ITU-R P530-7

Cálculos automáticos en Path loss

ISLA ISABELA – ISLA SANTA CRUZ
PUERTO VILLAMIL N-0 – SANTA CRUZ N-0

	PUERTO VILLAMIL N-0	SANTA CRUZ N-0
Elevación (m)	5.32	838.61
Latitud	00 57 26.90 S	00 38 35.91 S
Longitud	090 57 56.60 W	090 19 34.91 W
Azimuth Verdadero (°)	63.99	243.98
Ángulo Vertical (°)	0.34	-0.87
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	25.00	25.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	10.00	10.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Frecuencia (MHz)	6000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	79.19	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	146.00	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.67	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	66.76	66.76
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	66.76	66.76
Modelo de Radio	PhxM6_112M_28S_VHP	PhxM6_112M_28S_VHP
Potencia de Transmisión (w)	0.50	0.50
Potencia de Transmisión (dBm)	27.00	27.00
PIRE (dBm)	66.96	66.96
Designador de Emisor	28M0F7W	28M0F7W
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-74.50	-74.50
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-39.76	-39.76
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-39.76	-39.76
Margen de Desv. - Térmico (dB)	34.74	34.74
Factor Geoclimático	3.41E-04	
Inclinación del Trayecto (m)	10.52	
Fade occurrence factor (Po)	5.56E-01	
Temperatura Anual Promedio (°C)	20.00	
Mejoramiento por Diversidad SD	96.07	96.07
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99968	99.99968
(sec)	8.36	8.36
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99989	99.99989
(sec)	34.11	34.11
(% - sec)	99.99978 - 68.22	
Región de Precipitación	ITU Region J	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	35.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	34.74	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	897.84	
Atenuación por Lluvia (dB)	34.74	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	100.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	99.99978 - 68.22	

sáb, ago 06 2016
 PUERTO VILLAMIL N-0 - SANTA CRUZ N-0.p14
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-9
 Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-9 Baseband Switching
 Precipitación - ITU-R P530-7

Cálculos automáticos en Path loss

ISLA FERNANDINA – ISLA ISABELA
FERNANDINA N-0 – ISABELA N-0

	FERNANDINA N-0	ISABELA N-0
Elevación (m)	60.00	538.82
Latitud	00 27 46.55 S	00 27 15.65 S
Longitud	091 25 27.20 W	091 10 41.60 W
Azimuth Verdadero (°)	88.02	268.01
Ángulo Vertical (°)	0.91	-1.09
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	25.00	25.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Modelo de Antena	TYA24U06WD	TYA24U06WD
Altura de Antena (m)	10.00	10.00
Ganancia de Antena (dBi)	41.30	41.30
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.34	1.34
Frecuencia (MHz)	6000.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	27.40	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	136.79	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.23	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	57.10	57.10
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	57.10	57.10
Modelo de Radio	PhxM6_112M_28S_VHP	PhxM6_112M_28S_VHP
Potencia de Transmisión (w)	0.06	0.06
Potencia de Transmisión (dBm)	18.00	18.00
PIRE (dBm)	57.96	57.96
Designador de Emisor	28M0F7W	28M0F7W
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-74.50	-74.50
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-39.10	-39.10
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-39.10	-39.10
Margen de Desv. - Térmico (dB)	35.40	35.40
Factor Geoclimático	3.41E-04	
Inclinación del Trayecto (m)	17.47	
Fade occurrence factor (Po)	1.06E-02	
Temperatura Anual Promedio (°C)	20.00	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.05	0.05
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	100.00000	100.00000
(sec)	0.19	0.19
(% - sec)	100.00000 - 0.37	
Región de Precipitación	ITU Region J	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	35.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	35.40	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	1259.50	
Atenuación por Lluvia (dB)	35.40	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-seg)	100.00000 - 0.00	
Total Anual (%-seg)	100.00000 - 0.37	

sáb, ago 06 2016
 FERNANDINA N-0 - ISABELA N-0.pl4
 Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-9
 Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-9 Baseband Switching
 Precipitación - ITU-R P530-7

Cálculos automáticos en Path loss

ANEXO 5. CÁLCULOS DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Cálculos de Tabla 22. Aplicación de la tabla para retorno de inversión. Capítulo 4.

Transferencia de información

El costo de un satélite es alrededor de 550 millones de dólares por 15 años, como se requiere sacar el costo de 1 hora vamos hacer lo siguiente:

$$550'000.000,00/15/12/30/24=\$ 4243,83$$

Costo de usar 1 año internet mediante satélite:

$$\$ 4.243,83*24*30*12= \$ 36'666691,20$$

Costo de usar 1 año internet mediante radio enlace:

$$\$ 40*1*12=\$ 480$$

Aumento de tasas de Tx Vs. Costo

$$z= x-y$$

$$z= \$ 36'666691,20 - \$ 480= 36'666211,20$$

ROI= 100 x (Beneficio Neto Anual – Coste Desarrollo Anualizado) / Inversión Promedio

$$\text{ROI} = 100 \times (73'575.126,32 - 779.584,96) / 779.584,96 = 9337,73\%$$

RETORNO DE INVERSIÓN Y VALOR ACTUAL				
AÑO	COSTE	BENEFICIO	BENEFICIO NETO	VALOR ACTUAL
0	\$ 779.584,96	0		
1	\$ 716.573,04	\$ 73'575126,32	\$ 72'858553,28	\$ 62'272267,76
2	\$ 716.573,04	\$ 73'575126,32	\$ 72'858553,28	\$ 31'136133,88

Coste a un año

Adquisición Repuestos= \$ 62900

Equipamiento= \$ 651.173,04

Renta de infraestructura= \$ 2500

T. Coste 1 año= \$ 716.573,04

Beneficio neto= \$ 73'575126,32 - \$ 716.573,04= \$ 72'858553,28

Valor actual

$$V.A1 = (B1 - C1) / ((1 + r / 100)^*1)$$

$$V.A1 = (\$ 73'575126,32 - \$ 716.573,04) / (1 + 17/ 100)^*1$$

$$V.A1 = \$ 62'272267,76$$

$$V.A2 = (B2 - C2) / ((1 + r / 100)^*2)$$

$$V.A2 = (\$ 73'575126,32 - \$ 716.573,04) / ((1 + 17/ 100)^*2)$$

$$V.A1 = \$ 31'136133,88$$

ANEXO 6. MANUAL DE ESPECIFICACIONES DE LA IDU SAF

CFIP Phoenix M IDU Technical Specification	
Data modules	
Expanded Base	<ul style="list-style-type: none"> - 14 x E1, high-density Molex connector - 2 x E1, RJ-48C connector - Voice, Data ORW RJ-48C connectors - 100BaseTX, 1-100 Mbps, two RJ-45 ports
42E1 Base	<ul style="list-style-type: none"> - 42 x E1, 3x high-density Molex connector - Voice, Data ORW RJ-48C connectors - 100BaseTX, 1-100 Mbps, two RJ-45 ports
GigE Base	<ul style="list-style-type: none"> - 4x10/100/1000Base-T ports with RJ-45 connector - Ethernet SFP connector - 2 x E1, RJ-48C connector - Voice, Data ORW RJ-48C connectors
Optional modules	
16E1 Expansion module	<ul style="list-style-type: none"> - 14 x E1, high-density Molex connector - 2 x E1, RJ-48C connector
21E1 Expansion module	<ul style="list-style-type: none"> - 21 x E1, 2x high-density Molex connector
STM-1 Optical mini module	STM-1, Single mode 1310 nm, SC Duplex Transceiver, Unconditionally eyesafe laser IEC 825/CDRH Class 1 Compliant
STM-1 Electrical mini module	STM-1, 2xBNC, ITU-T Rec. G.703, 750hm
Unified Modem	
Modulation	QPSK, 16QAM, 32QAM, 128QAM, 256QAM
Channel bandwidth	7 – 56 MHz
Capacity	up to 348 Mbps
Configurations	<ul style="list-style-type: none"> - 1+0, 1+1 (HSB/SD/FD) - East-West repeater within single unit - Ethernet Ring/Mesh (with RSTP) - E1 ring protection - STM-1 ADM (up to 63E1 per STM-1) - 2+0, 3+0, 4+0 (Ethernet aggregation)
ACM	Yes
Connectors	TNC (Female) and RJ45 (for XPIC)
Intermediate Freq. Range	Tx carrier: 350 MHz, Rx carrier: 140 MHz
IDU-ODU cable	300m
Emissions mask	ETC 300 234, ETSI EN 301 216, FCC Part 101.111
FEC	concatenated Reed-Solomon Coding with Trellis Coded Modulation, or Convolutional code
Gigabit Ethernet	
Switch type	Managed Gigabit Ethernet Layer 2
Max frame size	9728 bytes
MAC table	4K entries; automatic learning and aging
Flow Control	802.3x
VLAN support	802.1Q (up to 4K VLAN entries)
QinQ (Double Tagging)	Yes
QoS	Port priority, 802.1Q VLAN Tag Priority, IPv4 TOS priority, DiffServ (DSCP) priority
Spanning Tree Protocol	802.1D-2004 RSTP

ANEXO 7. CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL RADIO SAF

Key Characteristics

	ETSI	FCC
Capacity	348 Mbps	
Frequency bands	6; 7; 8; 10; 11; 13; 15; 18; 23; 24; 26; 38 GHz	6; 11; 13; 15; 18; 23; 38 GHz
Modulations	QPSK, 16QAM, 32QAM, 128QAM, 256QAM	
Channel Bandwidth	7/14/28/40/56 MHz	5/10/20/30/40/50/56 MHz
Form factor	IDU: 1U rack; 45x430x240 mm; 3.4kg ODU: 288x288x80 mm; 3.5 kg	IDU: 1U rack; 1.77x16.92x9.44 inch; 7.5 lbs ODU: 11.34x11.34x3.15 inch; 7.72 lbs
Power consumption	IDU:20-30W ODU: 16-27W Standard radio power version; 32-39W High radio power version	IDU:20-30W ODU: 13-27W Standard radio power version; 21-39W High radio power version;



ANEXO 8. CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA



TYA24U06LS

2.4m, Ultra High Performance, Single-Polarized, 5.925~6.425GHz

Electrical Specifications

Frequency (GHz)	5.925~6.425
Polarization	Single(V or H)
Gain , Low (dBi)	40.8
Gain, Mid (dBi)	41.2
Gain, Top (dBi)	41.6
Beam Width (deg)	1.4
Cross-pol. Discrimination_XPD (dB)	30
F/B Ratio (dB)	67
VSWR (max)	1.3
Regulatory Compliance	ETSI EN 302 217-4-2V 1.5.1 Range1, Class3

Mechanical Specifications

Diameter (m)	2.4
Antenna Color	White
Wave-guide Size	153 IEC-R70
Radome Options	Flexible
Azimuth Adjustment	Coarse:360° Fine:±15°
Elevation Adjustment	Fine:±5°
Diameter of Mounting Pole (mm)	Φ 114
Wind Velocity Survival Rating (m/s)	67
Wind Velocity Operational (m/s)	30
Ice-load (mm)	25.4
Operational Temperature (°C)	-45~+60
Axial Force (N)	17455
Side Force (N)	8598
Twisting Moment (N·m)	11545
Packaging	Wooden
L×W×H (mm)	2700×1160×2560

ANEXO 9. CARACTERISTICAS DE LA OBU

SAF SAF TEHNIKA

Outdoor Branching Unit (OBU)

Technical Specification

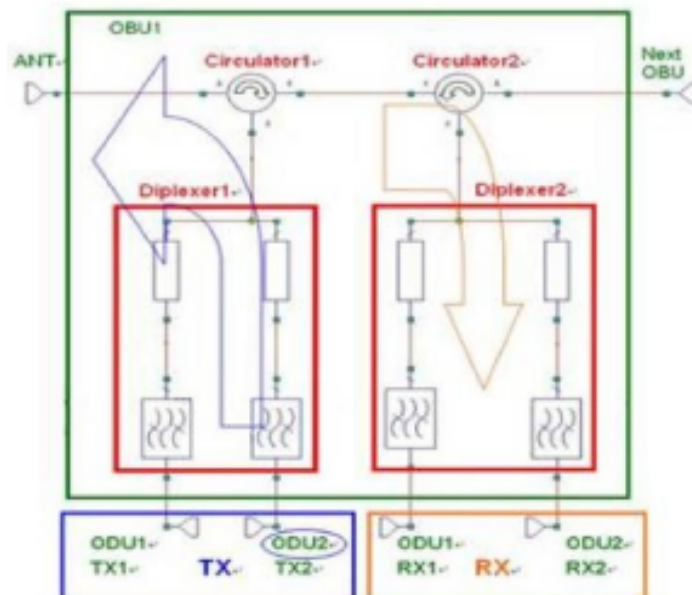
III Electrical specification

Frequency Range (GHz)	7.125 - 8.3
Insertion loss	Ant to Rx; Tx to Ant <2dB; Ant to next OBU < 0.8dB
BW (Typical)	28MHz
Return Loss (dB)	>15
Circulator isolation	>15
Group delay distortion	<10ns within +/-15MHz
Passband amplitude distortion	<0.3dB within +/-15MHz
Return Loss (dB)	17.7
Temperature range	-35°C~60°C

III Samples center frequencies for one link:


		ODU1 Tx1	ODU1 Rx1	ODU2 Tx2	ODU2 Rx2
ODU1	Low Tx side	7484	7638	7540	7694
ODU2	High Tx side	7638	7484	7694	7540
Insertion loss		Tx1->Ant	Ant->Rx1	Tx2->Ant	Ant->RX2
		<2 dB	<2 dB	<2 dB	<2 dB

III Schematics:



ANEXO 10. MANUAL DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL RADIO ADVANTECH WIRELESS



Transcend™ 1000 

MEF
member

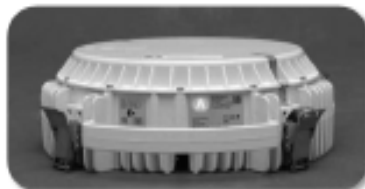
High Performance IP & TDM Microwave Radio



Transcend™ 1000 Indoor Unit (IDU)

Features

- **Advanced Radio and Digital Signal Processing Including Integrated True XPIC™**
1 Gbps over-the-air - uncompressed throughput on a single RF carrier or multiple Gbps over-the-air throughput for N+0 configurations. Built-in True XPIC™ with Co-Channel Dual Polarization. Modulation up to 1024 QAM
- **True Adaptive Coding and Modulation (True ACM™)**
Transcend™ 1000 automatically adjusts coding and modulation rates, without any payload error, to changing environmental conditions. This allows for sustained availability at overall higher capacity.
- **High speed IP traffic – Gigabit Routing and Switching**
Transcend™ 1000 includes a full featured built-in Layer 2 Gigabit Switch. High Speed IP traffic is scalable up to Gbps with very low latency.
- **Flexible Installation Configuration**
Transcend™ 1000 is available in split-mount and full-indoor configuration for lower frequency bands. Includes seamless scalability for nodal applications and easy RF channel expansion.
- **Flexible synchronization solution with various sync options:**
 - incoming E1/DS1;
 - according to MU-T G 8252;
 - on precision timing protocols - IEEE 1588-2008 or proprietary protocol based on low and consistent packet delay variation;



Common Outdoor Unit (ODU) for all Advantech Wireless microwave radios used in split configurations.

Overview

The Transcend™ 1000 is Advantech Wireless 3rd generation of native IP radio. Transcend 1000 in hybrid configuration includes optional support for native transmission for up to 2 x STM-1/OC-3 or 20 x E1/T1s. Transcend™ 1000 is the ideal carrier grade IP and TDM microwave radio with high capacity and high performance. Transcend™ 1000 solutions are perfect for demanding transmission, telecom and broadcast applications including backhauling 3G/4G and LTE as well as WIMAX, Metro WiFi and private communication networks carrying data, voice, and HD video.

Transcend™ 1000 can be flexibly configured as a narrow band or wide band IP, TDM, or hybrid - mixed IP/TDM transport stream radio. Modulation and data throughput are programmable from QPSK to 1024 QAM or up to 1,000 Mbps uncompressed traffic for a single RF carrier. Operators can provision traffic capacity based on priority or dynamically change it to provide maximum throughput. Provisioning can be based on CoS priorities or QoS for VoIP traffic.

Transcend™ 1000's built-in True XPIC™ digital signal processor doubles available capacity by supporting two carriers with vertical and horizontal polarizations on the same frequency. The channel re-use capability provides the greatest capacity possible within any given available bandwidth.

Transcend™ 1000 also offers True Adaptive Coding and Modulation™, which dynamically and seamlessly adapts coding and modulation to path propagation conditions. The result is the Lowest Total Cost of Ownership; higher availability, smaller antennas, and longer hop distances.

Transcend™ 1000 expansion and redundancy are supported through the integration of a front panel high speed serial interface. Transcend™ 1000 supports a complete set of diversity and protection interfaces including full hot standby, frequency diversity and space diversity as well as XPIC with full C-GDP support. The inherent connectivity and flexibility of Transcend™ 1000 supports multiple network technologies including Ring, Mesh, Star, and Tree networks.

ANEXO 11. MANUAL DEL CABLE



HELIAX® Coaxial Cables



1/2" Foam Dielectric,
LDF Series – 50-ohm

LDF4-50A

Description	Type No.
Cable Ordering Information	
Standard Cable	
1/2" Standard Cable, Standard Jacket	LDF4-50A
Fire Retardant Cables	
1/2" Fire Retardant Jacket (CAIXX)	LDF4RN-50A
1/2" Fire Retardant Jacket (CAIVR)	LDF4RN-50A
Low VSWR and Specialized Cables	
1/2" Low VSWR, specify operating band	LDF4P-50A-(**)
Phase Stabilized and Phase Measured Cable	See page 590
Jumper Cable Assemblies – See page 584	
** Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 498	
Characteristics	
Electrical	
Impedance, ohms	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	8.8
Velocity, percent	88
Peak Power Rating, kW	40
dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.45 (1.48)
Outer	0.58 (1.90)
dc Breakdown, volts	4000
Jacket Spark, volts RMS	8000
Capacitance, pF/ft (m)	23.1 (75.8)
Inductance, µH/ft (m)	0.058 (0.19)
Mechanical	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper-Clad Aluminum
Diameter over Jacket, in (mm)	0.63 (16)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	0.55 (14)
Diameter Inner Conductor, in (mm)	0.189 (4.8)
Nominal Inside Transverse Dimensions, cm	1.11
Minimum Bending Radius, in (mm)	5 (125)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (50)
Bending Moment, lb-ft (N-m)	2.8 (3.8)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.15 (0.22)
Tensile Strength, lb (kg)	250 (113)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	110 (2.0)

Attenuation and Average Power Ratings

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power, kW
0.5	0.045	0.149	40.0
1	0.064	0.211	35.8
1.5	0.079	0.259	29.2
2	0.091	0.299	25.3
10	0.205	0.672	11.3
20	0.291	0.954	7.93
30	0.357	1.17	6.46
50	0.463	1.52	4.98
88	0.619	2.03	3.73
100	0.661	2.17	3.49
108	0.688	2.26	3.36
150	0.815	2.67	2.83
174	0.880	2.89	2.62
200	0.946	3.10	2.44
300	1.17	3.83	1.97
400	1.36	4.46	1.70
450	1.45	4.75	1.59
500	1.53	5.02	1.51
512	1.55	5.08	1.49
600	1.69	5.53	1.37
700	1.83	6.01	1.26
800	1.97	6.46	1.17
824	2.00	6.56	1.15
894	2.09	6.85	1.10
960	2.17	7.12	1.06
1000	2.22	7.28	1.04
1250	2.51	8.23	0.921
1500	2.77	9.09	0.833
1700	2.97	9.74	0.777
1800	3.07	10.1	0.753
2000	3.25	10.7	0.710
2100	3.34	11.0	0.691
2200	3.43	11.2	0.673
2300	3.52	11.5	0.657
3000	4.09	13.4	0.565
3400	4.39	14.4	0.526
4000	4.82	15.8	0.479
5000	5.49	18.0	0.421
6000	6.11	20.1	0.378
8000	7.26	23.8	0.318
8800	7.69	25.2	0.300

Standard Conditions:

For attenuation, VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).
For Average Power, VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F), no solar loading.

ANEXO 12. CÁLCULO DE LA LÍNEA DE Tx

Con información del Manual del Cable del ANEXO 11, se realiza el cálculo de Pérdida de línea de Tx, de la siguiente manera:

La Frecuencia intermedia del equipo es de 350 MHz.

La atenuación del cable es 4.46 dB por cada 100m

$$4.46\text{dB} \qquad 100\text{m}$$

$$X \qquad 30\text{m}$$

$$X= 1.34 \text{ dB}$$

El cálculo de la línea de Tx es de 1.34 dB.