



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

Tema:

Enlace Inalámbrico para la transmisión de datos entre las sucursales de la Unidad
Oncológica SOLCA Tungurahua y SOLCA Chimborazo.

Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

AUTOR: Diego R. Quesada Revelo

TUTOR: Ing. Julio Cuji Msc.

Ambato - Ecuador

Julio 2012

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“Enlace inalámbrico para la transmisión de datos entre las sucursales de La Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.”, realizado por el Sr. Diego Roberto Quesada Revelo, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Julio del 2012

EL TUTOR

.....
Ing. Julio Cuji Msc.

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: **“Enlace Inalámbrico para la transmisión de datos entre las sucursales de la Unidad Oncológica SOLCA Tungurahua y SOLCA Chimborazo.”**. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Julio del 2012

Diego R. Quesada R.

CC: 180415875-4

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Mario García e Ing. Geovanny Brito, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado **“Enlace Inalámbrico para la transmisión de datos entre las sucursales de la Unidad Oncológica SOLCA Tungurahua y SOLCA Chimborazo”**, presentado por el señor **Diego Roberto Quesada Revelo** de acuerdo al Art. 57 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal del tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Oswaldo Paredes Ochoa.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mario García.

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Geovanny Brito.

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, por haberme iluminado con inteligencia, paciencia y amor, para cumplir con éxito mis anhelos.

A mis padres, por ser un pilar fundamental para mi vida, los cuales fomentaron el amor a Dios, el trabajo, respeto y sobre todo la humildad.

A mi familia, mi esposa e hijas, siendo mi aire y fuerza todos los días, la inspiración de lograr cosas grandes y buenas para un mejor futuro.

Diego Quesada R.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser parte de mi vida, el que nunca me abandona, en mis victorias, ni derrotas, el que me permite tener un nuevo día para ser un ente positivo en mi familia y la sociedad.

A mis padres, que en las buenas y en las malas siempre me apoyaron en el área personal y profesional.

A la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por haber sido como mi segunda casa, donde recibí mi instrucción, profesión y la oportunidad de compartir momentos inolvidables junto a verdaderos amigos.

A los señores docentes por dedicar su tiempo a la labor de enseñar y formar profesionales responsables con conocimiento y criterio.

A todo el personal administrativo, que supieron darme su amistad y consideración hasta la fecha.

Diego R. Quesada R.

INDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA	III
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	1
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1 PREGUNTAS DIRECTRICES	3
1.3.2.1 DELIMITACIÓN.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO II	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6

2.2 FUNDAMENTACIÓN	6
2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	8
2.3.1 TELECOMUNICACIONES.....	8
2.3.2 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS	10
ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	10
PROPAGACIÓN	11
FRENTE DE ONDA	12
POLARIZACIÓN	13
MECANISMOS DE PROPAGACIÓN.....	15
BANDAS DE FRECUENCIAS.....	16
CONCEPTOS DE REFRACTIVIDAD, OBSTRUCCIÓN Y REFLEXIONES	17
REFRACCIÓN ATMOSFÉRICA	17
ANÁLISIS DE REFRACTIVIDAD Y EL FACTOR K.....	18
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL FACTOR K.....	20
2.3.3 ENLACE INALÁMBRICO.....	21
ZONAS DE FRESNEL	24
ELIPSOIDE DE FRESNEL.....	27
EFFECTOS DEL TERRENO EN LA PROPAGACIÓN	28
EFFECTOS DE UN OBSTÁCULO EN EL RADIO ENLACE.....	29
ATENUACIÓN VS. DESPOJAMIENTO.....	30
CRITERIOS DE DESPEJE	31
REFLEXIONES	32
INFLUENCIA DEL TIPO DE SUPERFICIE.	32
CÁLCULO DEL PUNTO DE REFLEXIÓN	33

ATENUACIONES	34
PROPAGACIÓN EN ESPACIO LIBRE	34
ATENUACIÓN POR LLUVIA	37
ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA	41
OBJETIVOS DE DESEMPEÑO REQUERIDOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE RADIO ENLACES.....	42
OBJETIVOS DE DISPONIBILIDAD	45
OBJETIVOS DE CALIDAD	47
DESVANECIMIENTOS	47
2.3.4 MEDIOS DE TRANSMISIÓN	48
MEDIOS GUIADOS.....	48
MEDIOS NO GUIADOS	49
2.3.5 MODULACIÓN	50
LA MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIAS ORTOGONALES	52
CARACTERÍSTICAS DE LA MODULACIÓN OFDM.....	52
SISTEMAS QUE UTILIZAN LA MODULACIÓN OFDM.....	53
REDES INALÁMBRICAS.	53
REDES AD-HOC	54
REDES DE INFRAESTRUCTURA	54
REDES WIRELESS.	55
2.3.7 ESTÁNDAR IEEE 802.11.....	58
2.3.8 TRANSMISIÓN DE DATOS DIGITALES	60
TRANSMISIÓN PARALELA.....	60
TRANSMISIÓN SERIE	61
2.4 HIPÓTESIS	62

2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	62
CAPITULO III.....	63
METODOLOGÍA	63
3.1. ENFOQUE	63
3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	64
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	64
3.4.1 POBLACIÓN.....	64
3.4.2 MUESTRA	64
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	64
3.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	65
VARIABLE INDEPENDIENTE: ENLACE INALÁMBRICO	65
VARIABLE DEPENDIENTE: TRANSMISIÓN DE DATOS.....	66
3.7 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	67
3.7.1 PLAN PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN.....	67
3.8 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	68
3.8.1 ANÁLISIS DE INTERPRETACIÓN	68
CAPITULO IV	69
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	69
4.1 ENTREVISTA REALIZADA AL TÉCNICO DE SISTEMAS.....	69
INTERPRETACIÓN.....	71
4.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE SOLCA TUNGURAHUA.	72
CAPÍTULO V.....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73

5.1 CONCLUSIONES	73
5.2 RECOMENDACIONES.....	74
CAPÍTULO VI.....	75
PROPUESTA	75
6.1 DATOS INFORMATIVOS.....	75
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	76
6.3 JUSTIFICACIÓN	76
6.4 OBJETIVOS	77
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	77
FACTIBILIDAD OPERATIVA	77
FACTIBILIDAD TÉCNICA	77
FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	78
6.6 METODOLOGÍA	78
6.7 FUNDAMENTACIÓN	78
6.7.1 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	78
6.7.2 CLASES DE REDES INALÁMBRICAS	79
6.7.3 ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIÓN	84
OBTENIDO EN: DATASHEET MIKROTIK ROUTERBOARD 433	95
6.7.4 COMPARACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	95
6.7.5 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE LOS NODOS	97
6.7.6 VIABILIDAD DE LOS ENLACES.....	98
6.7.7 VELOCIDADES DE DATOS.....	101
6.7.8 DATOS DE LOS NODOS.....	103
6.7.9 PERFILES TOPOGRÁFICOS, LÍNEAS DE VISTA Y ZONAS DE FRESNELL	104

6.7.10 CONFIABILIDAD DE LOS ENLACES.....	106
LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES.	108
6.7.11 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CADA NODO	110
PRESUPUESTO	112
6.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
6.8.1 CONCLUSIONES	113
6.8.1 RECOMENDACIONES.....	113
6.9.1 BIBLIOGRAFÍA.....	114
6.9.2 LINKOGRAFÍA	114
ANEXOS.....	116

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: INCLUSIÓN DE VARIABLES	8
FIGURA 2: SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	10
FIGURA 3: DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE UN ENLACE DE RADIO.....	11
FIGURA 4: ATMÓSFERA DE LA TIERRA	13
FIGURA 5: ONDA DE LUZ REFLEJADA Y REFRACTADA CUANDO CAMBIA DE MEDIO DE PROPAGACIÓN.....	17
FIGURA 6: DISTANCIA RECORRIDA POR EL FRENTE DE ONDA CUANDO CAMBIA DE MEDIO ($v_2 > v_1$ ESTE EFECTO HACE QUE LA ONDA SE CURVE).....	17
FIGURA 7: REFRACCIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO EN LA ATMÓSFERA	18
FIGURA 8: DECRECIMIENTO DE LA REFRACTIVIDAD ABSOLUTA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA.	19
FIGURA 9: VARIACIÓN GAUSSIANA DEL GRADIENTE DE REFRACTIVIDAD	20
FIGURA 10: DIFERENTES CASOS DE REFRACCIÓN (R=RADIO DEL HAZ DE MICROONDA)	23
FIGURA 11: COMPOSICIÓN DE TRES RADIADORES ELEMENTALES....	25
FIGURA 12: PRINCIPIO DE HUYGENS (F=FUENTE EMISORA DE LUZ, A=DISTANCIA DE LA FUENTE DE LUZ A LA OBSTRUCCIÓN ,P= PUNTO DE OBSERVACIÓN A LA BARRERA DE OBSTRUCCIÓN).....	25
FIGURA 13: ZONA DE FRESNEL.....	26
FIGURA 14: ELIPSOIDE DE FRESNEL.....	27
FIGURA 15: CONDICIONES DE REFRACCIÓN DEL RADIO ENLACE Y CURVATURA DE LA TIERRA.....	28
FIGURA 16: OBSTRUCCIÓN TIPO FILO DE NAVAJA EN UN RADIO ENLACE.....	29
FIGURA 17: ATENUACIÓN EN FUNCIÓN DE LA OBSTRUCCIÓN	30

FIGURA 18: PRINCIPALES PÉRDIDAS Y GANANCIAS EN TRAYECTO DE UN RADIO ENLACE	37
FIGURA 19: ATENUACIÓN ATMOSFÉRICA.	42
FIGURA 20: TRAYECTO FICTICIO DE REFERENCIA (REC. ITU-T G.801, MODELOS DE TRANSMISIÓN DIGITAL)	45
FIGURA 21: TRANSMISIÓN PARALELA	61
FIGURA 22: TRANSMISIÓN SERIE	61
FIGURA 23: TRANSMISIÓN ASÍNCRONA	62
FIGURA 24: TRANSMISIÓN SÍNCRONA	62
FIGURA 25: SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE SOLCA TUNGURAHUA	72
FIGURA 26: METODOLOGÍA	78
FIGURA 27: VIABILIDAD DEL ENLACE 1	99
FIGURA 28: VIABILIDAD DEL ENLACE 2.....	100
FIGURA 29: VIABILIDAD DEL ENLACE 3.....	101
FIGURA 30: UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DEL ENLACE	103
FIGURA 31: PERFIL TOPOGRÁFICO WLAN1	104
FIGURA 32: SOLCA TUNGURAHUA – LLIMPE.....	105
FIGURA 33: PERFIL TOPOGRÁFICO WLAN2	105
FIGURA 34: LLIMPE - CHISAG	105
FIGURA 35: PERFIL TOPOGRÁFICO WLAN3	106
FIGURA 36: CHISAG – SOLCA CHIMBORAZO.....	106
FIGURA 37: DIAGRAMA FÍSICO Y LÓGICO DEL ENLACE	109
FIGURA 38: DIAGRAMA DE CONEXIÓN SOLCA TUNGURAHUA	110
FIGURA 39: DIAGRAMA DE CONEXIÓN CERROS.....	111
FIGURA 40: DIAGRAMA DE CONEXIÓN SOLCA CHIMBORAZO	112

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS DE ACUERDO A SU FRECUENCIA.....	16
TABLA 2: UTILIZACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	16
TABLA 3 FACTORES EMPÍRICOS DEPENDIENDO DE LA FRECUENCIA	39
TABLA 4: PROTOCOLOS IEEE 802.11	60
TABLA 5: VARIABLE INDEPENDIENTE	65
TABLA 6: VARIABLE DEPENDIENTE.....	66
TABLA 7: ROUTERBOARD 433	95
TABLA 8: COMPARACIÓN DE ANTENAS.....	95
TABLA 9: COMPARACIÓN DE TRANSMISORES Y RECEPTORES	96
TABLA 10: DATOS DEL ENLACE 1	97
TABLA 11: DATOS DEL ENLACE 2	98
<i>ELABORADO POR: EL INVESTIGADOR</i>	98
TABLA 12: DATOS DEL ENLACE 3	98
TABLA 13: VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	102
TABLA 14: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS NODOS.....	104
TABLA 15: RENDIMIENTO EN SOLCA TUNGURAHUA.....	106
TABLA 16: RENDIMIENTO EN CERRO LLIMPE WLAN1	107
TABLA 17: RENDIMIENTO EN CERRO LLIMPE WLAN2	107
TABLA 18: RENDIMIENTO EN CERRO CHIZAG WLAN2.....	107
TABLA 19: RENDIMIENTO EN CERRO CHIZAG WLAN3.....	107
TABLA 20: RENDIMIENTO SOLCA CHIMBORAZO.....	108
TABLA 21: EQUIPOS Y MATERIALES	108
TABLA 22: PRESUPUESTO.....	112

RESUMEN EJECUTIVO

En el primer capítulo se determina el problema, el cual radica en la inexistencia de un enlace o comunicación privada entre las sucursales de la Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo, esto está siendo un impedimento para su desarrollo y un desperdicio de los recursos locales de comunicación, lo cual provoca pérdidas y desactualización del sistema médico: fichas médicas, inventarios e información relevante sobre las diferentes enfermedades. Además se determinan los objetivos que se desea alcanzar, proponiendo como punto principal el diseño del enlace inalámbrico para la transmisión de datos.

En el capítulo dos se describen las bases teóricas para entender lo que posteriormente se plantea como solución al problema, se presenta los principales factores que intervienen para el análisis de una red de área metropolitana, haciendo una introducción y desarrollando la teoría para entender mejor el funcionamiento y conocer las ventajas y desventajas que ofrecen los medios no guiados como es el WIFI (Usa el estándar IEEE 802.11).

En el capítulo tres se describe la forma y métodos de cómo se procedió para resolver el problema.

En el capítulo cuatro se describe la situación actual de la empresa, se hace un análisis de los resultados de la entrevista aplicada al ingeniero responsable del departamento técnico: el Señor Ingeniero José Caicedo.

En el capítulo cinco, las conclusiones que se determinan se refieren principalmente a las necesidades que la empresa tiene en cuanto a la transmisión de datos, la necesidad de poseer una red privada entre las sucursales, y, además se realizan recomendaciones con el fin de dar la solución apropiada al problema.

En el capítulo de la propuesta se habla de los pasos a seguir para realizar el diseño de proyecto, realizando un análisis de tecnologías inalámbricas, equipos de comunicación y los diagramas del enlace, con el objetivo de dar una solución apropiada al problema planteado.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación consiste en desarrollar un análisis de los diferentes factores que intervienen en el diseño de un enlace inalámbrico para la transmisión de datos. El lugar para el despliegue de dicha red son los Cantones de Ambato y Riobamba de la zona central del país, ciudades donde se sitúan las sucursales de la Unidad Oncológica Solca Núcleo de Quito. Como todo proyecto de Telecomunicaciones, se realiza un estudio previo de los principales factores que intervienen en el enlace para establecer la factibilidad del mismo. A lo largo de la investigación se plantean varias inquietudes que finalmente serán resueltas en la propuesta, capítulo más importante del presente trabajo, en el mismo está el diseño del proyecto aplicando los conceptos básicos de las redes de Telecomunicaciones.

Los servicios de Telecomunicaciones en la actualidad cada vez son más eficientes. Prueba de ello es la constante evolución de las diferentes tecnologías y el desarrollo de otras nuevas que permiten estar a la altura de las exigencias tecnológicas.

La industria de las Telecomunicaciones ha puesto principal atención en el despliegue de las redes inalámbricas de banda ancha y en especial las redes WIFI con su estándar IEEE 802.11n, que ha evolucionado a corto plazo, dando alternativas de velocidad, seguridad, precio, distancia y compatibilidad.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación

“Enlace inalámbrico para la transmisión de datos entre las sucursales de La Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.”

1.2. Planteamiento del Problema.

Contextualización

A nivel mundial el avance tecnológico se ha desarrollado notablemente en todas las áreas y campos, cada vez hay mejores servicios y aplicaciones que requieren una mayor capacidad, calidad y seguridad de transmisión, los medios inalámbricos es uno de ellos, ha incrementando su capacidad de transmisión de información tanto en su ancho de banda como en su velocidad, y ha implementado calidad de servicio en sus transmisiones, que se ve acrecentada en todo el mundo gracias a sus prestaciones.

En el Ecuador ha tenido un gran desarrollo los servicios de comunicación, es así que muchas empresas buscan ampliar su status, añadiendo sucursales en varias ciudades del país, aprovechando los distintos medios y recursos posibles que se tiene a disposición, esto ha llevado que las principales ciudades cuenten con todas las opciones de servicio de comunicación que existen en la actualidad. La comunicación inalámbrica ya tiene muchos seguidores y es el medio de comunicación más rentable debido a sus ventajas comparado con la fibra óptica.

La provincia de Tungurahua, ejemplo para las otras provincias, debido a su crecimiento acelerado a pesar de los inconvenientes y catástrofes que ha sufrido,

ha desarrollado un sistema económico muy alto en los últimos años, y muchos empresarios visionarios han invertido capitales para sus negocios debido al movimiento comercial y financiero que existe en el centro del país, esto da lugar que muchas puertas se abran para la implementación de nuevas tecnologías y medios de comunicación que requieren y exigen una calidad y velocidad en la transmisión de información, esto nos conlleva a que el mercado no es solo local o nacional, además es internacional por lo cual debemos mantener ese status con equipos de primera y tecnología de punta.

El hospital de Solca, entidad para enfermos de cáncer, sin fines de lucro, ofrece servicios médicos a muchas personas de todas las condiciones sociales, siendo su prioridad, la salud del paciente, recibe ayuda de muchas personas voluntarias, empresas publicas y privadas, que día a día entregan una esperanza de sobrevivencia ante una enfermedad que ha tenido muchas victimas a nivel mundial. Lamentablemente la ayuda que recibe no es suficiente para la demanda de enfermos existentes, la situación económica mantiene muchos proyectos truncados, equipos médicos, sistemas de seguridad, optimización de recursos y comunicaciones. He ahí el problema de la inexistencia de un enlace de datos que permita la comunicación y transferencia de información entre la sucursal de Ambato y la sucursal de Riobamba, siendo éste muy importante para la óptima transmisión de datos, video-llamadas, registros médicos, capitales locales, informativos nacionales, mensajería instantánea sin necesidad de internet, y la opción de implementar voz sobre IP.

Análisis crítico

El hospital al ser relativamente nuevo no dispone de un sistema de comunicación completo que pueda enlazar las sucursales del centro del país Solca Tungurahua y Solca Chimborazo, esto está siendo un impedimento para su desarrollo y un desperdicio de los recursos locales de comunicación, lo que está provocando pérdidas y desactualización del sistema médico: fichas médicas, inventarios e información relevante sobre las diferentes enfermedades.

Al momento la comunicación vía internet es generalmente una ayuda, pero en muchos casos se producen retardos de información por la congestión en la red, que al no tener calidad de servicio existe una desorganización en la base de datos y en el departamento técnico, lo cuál nos da como resultado una distribución inadecuada de datos y pérdidas de tiempo al enviar información por otros medios.

Al no existir una adecuada infraestructura de red privada para transmitir simultáneamente información entre todos los usuarios y trabajadores del hospital, la entidad mantiene inseguridad de envío y recepción de información, además de una ineficaz transferencia de datos y comunicación instantánea.

Prognosis

Si no se implementa una solución a este problema, la red de comunicación nacional de hospitales oncológicos (SOLCA) estaría aislando el hospital de Solca Riobamba, pues ya existe un enlace Solca Ambato – Solca Quito, pero aún Solca Riobamba no pertenece a la red privada, y esto produce que no se pueda compartir, almacenar y registrar información instantáneamente en la base de datos del hospital, sin tener seguridad en los archivos, inventarios o capitales con los que cuenta el hospital a nivel nacional.

1.3. Formulación del problema

¿Qué incidencia tiene un enlace inalámbrico para la transmisión de datos entre las sucursales de La Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo?

1.3.1 Preguntas Directrices

- ¿Qué tipo de comunicación mantiene actualmente la Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.
- ¿Qué tecnología mantiene actualmente para la comunicación la Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo?
- ¿Qué tecnología se adapta para realizar un enlace inalámbrico a larga distancia?

- ¿Qué equipos de comunicación: transmisores, receptores, antenas, etc. Son aptos para la realización del proyecto?
- ¿Qué esquema de la red WAN deberá tener el enlace para la óptima comunicación entre todos los puntos del sistema de comunicación inalámbrica?

1.3.2 Delimitación del objetivo de investigación

La investigación se desarrollará en el período comprendido entre el último semestre del año 2011, se lo realizará en la provincia de Tungurahua para el hospital Solca, ubicada en Ambato, sector de Izamba. Se pretende solucionar el problema aproximadamente en 6 meses, iniciando en el mes de Julio del 2011 concluyendo en el mes de enero del 2012.

1.3.2.1 Delimitación

Campo: Telecomunicaciones

Área: Comunicaciones Inalámbricas

Aspecto: Enlace Inalámbrico

1.4. Justificación

En la actualidad la comunicación, y la necesidad de las empresas en intercambiar información entre sus diferentes sucursales dentro del país, hacen que se implementen nuevas tecnologías donde la comunicación inalámbrica es la opción más óptima tomando en cuenta la relación costo/ beneficio.

Al proporcionar un sistema de comunicación inalámbrica es fundamental tener seguridad y calidad de servicio en la transmisión de información a través de un enlace que ofrezca las prestaciones adecuadas que garanticen la transferencia de información de forma óptima ya que los servicios que brinda el Hospital de Solca requiere un registro permanente y actualizado de la base de datos de los pacientes,

por lo cual poseer una sistema de comunicación entre la sucursal de Ambato con la matriz que está ubicada en la ciudad de Quito y a su vez unir con la sucursal de Riobamba es un requerimiento indispensable. Donde a futuro no solo proporcione un registro de pacientes y capitales individuales, sino que la infraestructura de red se utilice para fines de comunicación instantánea también llamada Bonjour que no necesita conexión a Internet, donde pueden realizar video conferencias, informativos, hasta operaciones a larga distancia.

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un enlace inalámbrico para la transmisión de datos entre las sucursales de la Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar la comunicación actual que mantiene La Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.
- Analizar la tecnología actualmente utilizada por las sucursales de Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.
- Diseñar un enlace inalámbrico que permita mejorar la transmisión de datos entre las sucursales de Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

El presente trabajo investigativo no ha sido realizado como proyecto de tesis o pasantía por estudiantes de la Universidades Técnica de Ambato, ya que no existen proyectos relacionados que se encuentren en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

2.2 Fundamentación

2.2.1. Fundamentación legal

Las empresas de radiocomunicaciones para su funcionamiento deben cumplir con los artículos 1 y 2 del reglamento de derechos por concesión y tarifas para uso de frecuencias del espectro radioeléctrico. Artículo 1.- “Los derechos y tarifas establecidos en el presente Reglamento se aplicarán para el pago por la concesión, siempre que no existan procesos públicos competitivos o subastas públicas de frecuencias y por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, respectivamente. Las frecuencias necesarias para el Servicio Móvil Marítimo serán explotadas por la Armada Nacional; y la concesión de frecuencias para los medios, sistemas y Servicios de Radiodifusión y Televisión, se regirán por la Ley de Radiodifusión y Televisión, y serán otorgadas por el CONATEL.”

Artículo 2.- Las definiciones de los términos técnicos de telecomunicaciones serán las establecidas en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, en el Presente Reglamento, en el Reglamento de Radiocomunicaciones, en el Plan

Nacional de Frecuencias, en los Reglamentos Específicos de los Servicios de Telecomunicaciones, y en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.” Conjuntamente se amparan de los derechos de concesión citados en el capítulo III de la ley del Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

Artículo 30.- “Los Derechos de Concesión de frecuencias del espectro radioeléctrico serán los aprobados por CONATEL en base de los estudios respectivos elaborados por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, para cada servicio, banda de frecuencias y sistema a operar.

Artículo 32.- “El CONATEL aprobará, en base de un estudio sustentado de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, los valores del Factor de Concesión de Frecuencias (Fcf) para cada Servicio y Sistema, de acuerdo a las bandas de frecuencias correspondientes y a las políticas de desarrollo del sector de las radiocomunicaciones que se determinen, dando prioridad a los proyectos desarrollados por el Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones.

Artículo 33.- El concesionario tiene el plazo de un año contado a partir de la firma del contrato para poner en operación el Sistema y firmar el Acta de Puesta en Operación con la Superintendencia de Telecomunicaciones, caso contrario se le retirará la concesión, previo informe de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

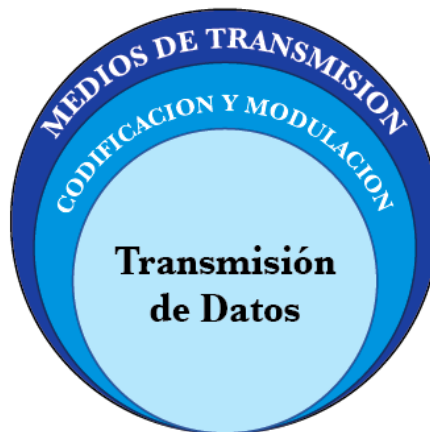
Artículo 34.- Los valores de los Derechos de Concesión que no se encuentren determinados en el presente Reglamento deberán ser fijados por el CONATEL, previo estudio técnico-económico sustentado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

2.3 Categorías fundamentales

GRAFICO DE INCLUSIÓN DE VARIABLES



Variable Independiente



Variable dependiente

Figura 1: Inclusión de variables
Realizado por: El investigador

2.3.1 Telecomunicaciones.

“La telecomunicación (del prefijo griego tele, “distancia o lejos”) es una técnica consistente en transmitir un mensaje desde un punto a otro, normalmente con el atributo típico adicional de ser bidireccional. El término telecomunicación cubre todas las formas de comunicación a distancia, incluyendo radio, telegrafía,

televisión, telefonía, transmisión de datos e interconexión de ordenadores a nivel de enlace.

Telecomunicaciones es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, datos, o información de cualquier naturaleza que sea efectuada a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos.”

Clasificación

Las telecomunicaciones se clasifican según su medio de propagación de las cuales tenemos:

- **Telecomunicaciones terrestres.-** Su medio de propagación son líneas físicas, (cables de cobre, fibra óptica, cable coaxial, cable multipar, etc.), ejemplo las líneas telefónicas.
- **Telecomunicaciones radioeléctricas.-** Se utiliza como medio de propagación la atmósfera terrestre, realizando la transmisión de las señales de ondas; como por ejemplo las ondas de radio.
- **Telecomunicaciones satelitales.-** Se utiliza como medio de propagación la atmósfera terrestre y parte del espacio exterior es decir las diferentes capas de la atmósfera hasta llegar a la órbita geosíncrona ubicada a 36000 Km. Sobre el nivel del mar; un ejemplo son los enlaces VSAT.

Consideraciones de diseño de un sistema de telecomunicación

Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son un transmisor, una línea o medio de transmisión y posiblemente, impuesto por el medio, un canal y finalmente un receptor. El transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en un fenómeno físico, la señal. El medio de transmisión, por su naturaleza física, es posible que modifique o degrade la señal en su trayecto desde el transmisor al receptor debido a ruido, interferencias o la propia distorsión del canal. Por ello el receptor ha de tener un mecanismo de decodificación capaz de recuperar el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal.

La telecomunicación puede ser punto a punto, punto a multipunto o teledifusión, que es una forma particular de punto a multipunto que funciona solamente desde el transmisor a los receptores, siendo su versión más popular la radiodifusión.

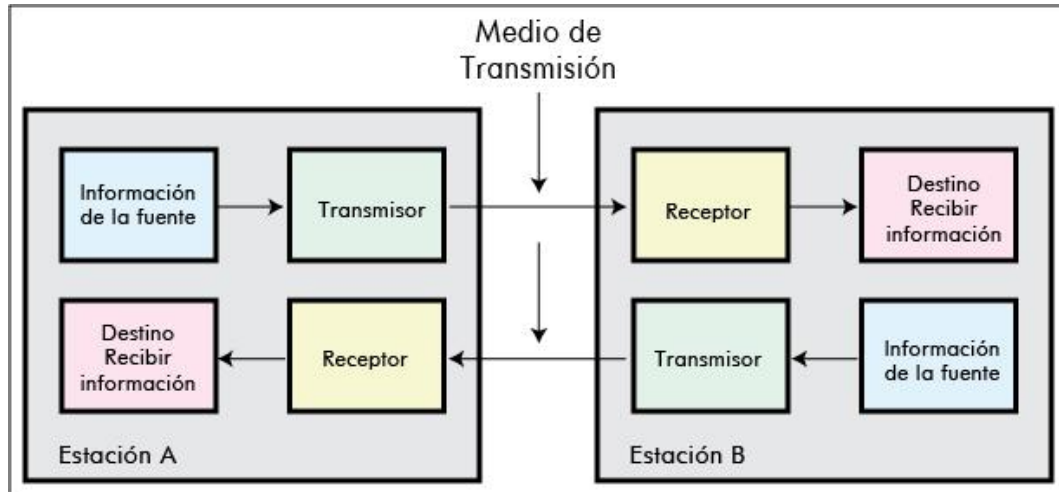


Figura 2: Sistema de Comunicación
 Realizado por: El investigador

2.3.2 Comunicaciones Inalámbricas

Es un tipo de comunicación sin cables, es decir, la información se transfiere desde un transmisor hacia un receptor teniendo como medio de transmisión el aire. Se utilizan ondas electromagnéticas, debido a que al transmisor o al receptor no hay un medio físico. La característica de una onda electromagnética es que su Campo Eléctrico es perpendicular al Campo Magnético. Para la transmisión es necesario técnicas de modulación como: FM, AM, PM; además se usan antenas omnidireccionales y direccionales.

Los dispositivos físicos se encuentran solamente en el transmisor y el receptor, por ejemplo: antenas, computadores, PDA, teléfonos móviles, etc.

Ondas Electromagnéticas

Las ondas de radio que se propagan entre las antenas del transmisor y el receptor se denominan ondas electromagnéticas. La figura 3 representa un esquema simplificado de un enlace de radio en donde una antena transmisora convierte las

variaciones de tensión y de corriente en ondas electromagnéticas que son radiadas al espacio.

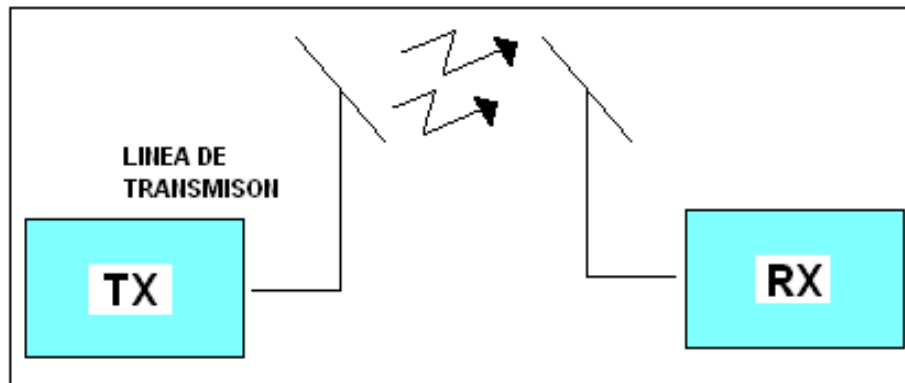


Figura 3: Diagrama simplificado de un enlace de radio
Obtenido en: <http://www.intelcom.com.pe/radio.htm>

La antena receptora desempeña el papel contrario, transformando las ondas electromagnéticas recibidas en variaciones de tensión y de corriente necesarias para el funcionamiento del equipo.

Propagación

El concepto de onda electromagnética está directamente relacionado con el campo eléctrico y el campo magnético.

El campo eléctrico resulta de las alteraciones en las propiedades del espacio vecino a una carga.

El efecto de un campo magnético puede ser visualizado a través de un transformador. La circulación de la corriente por el devanado de un primario del transformador produce una circulación de corriente en el secundario del transformador y este efecto se da gracias al campo magnético que se genera por la circulación de corriente en el devanado del primario, el cual afectando las propiedades del espacio vecino genera una circulación de corriente en el devanado del secundario.

Las modificaciones del espacio ocasionados por el campo magnético o por el campo eléctrico no se hacen sentir instantáneamente, por lo que se tiene que considerar una velocidad de propagación.

Se debe notar la relación existente entre el campo magnético y el campo eléctrico, pues un campo eléctrico variable produce un campo magnético y viceversa.

Las ondas electromagnéticas son representadas normalmente por funciones senoidales, una para el campo eléctrico “E” y otra para el campo magnético “H”. Estos campos al ser representados por ondas senoidales tienen los parámetros de amplitud, frecuencia y fase. La velocidad de propagación es independiente de la

$$v = \lambda * f$$

fuerza generadora y viene dada por:

Donde λ representa la longitud de onda y f la frecuencia.

Cuando se considera la propagación en el vacío la velocidad es de 3×10^8 m/s, en otro medio cualesquiera la velocidad de propagación será inferior a la velocidad de la luz.

Entonces una onda electromagnética esta constituida por un campo eléctrico y un campo magnético perpendiculares entre si y a su vez perpendiculares a la dirección de propagación.

Frente De Onda

Si se considera una fuente de ondas electromagnéticas que irradia energía igualmente en todas direcciones. Así a una cierta distancia en todas las direcciones las intensidades de campo serán las mismas como también las fases de ondas.

Las condiciones anteriores se presentan a un determinado radio de la fuente, si el radio crece a una distancia suficientemente grande se tiene una superficie dentro de la cual tanto la intensidad del campo y la fase de los vectores que lo conforman son idénticas a esta superficie se denomina frente de onda.

Así se entiende el concepto de onda plana, donde los campos poseen valores constantes de amplitud y fase en un plano transversal a la propagación.

Polarización

Es la manera como los campos se orientan con relación a la tierra. Se toma como referencia el vector campo eléctrico, es decir:

- a) Si el valor E es perpendicular a la superficie de la tierra se tiene una polarización vertical de la onda.
- b) Si el vector E es paralelo a la superficie de la tierra se tiene una polarización horizontal de la onda.

Medio De Transmisión

El medio de transmisión para los enlaces de microondas esta compuesto por la superficie terrestre y la atmósfera en la figura 4 se observa la distribución de capas que constituyen la atmósfera.

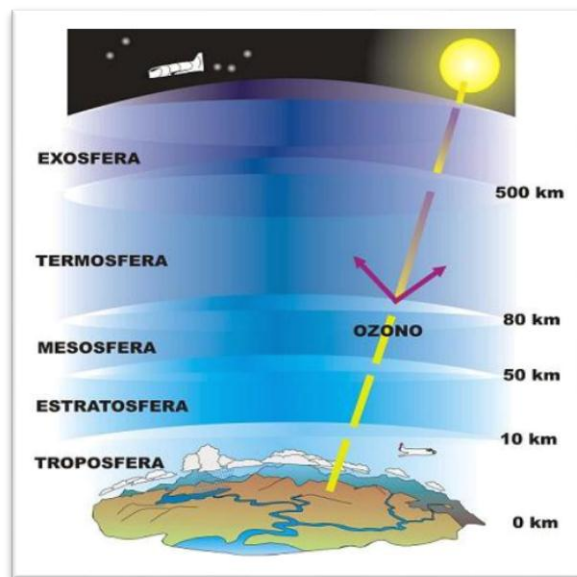


Figura 4: Atmósfera de la Tierra

Obtenido en: <http://phpwebquest.org/ccss/wp-content/uploads/2011/11/capas-atmosfericas.jpg>

La influencia de la superficie terrestre se va sentir en la propagación de diferentes maneras, entre ellas se puede tener: obstrucción, difracción, reflexiones entre otras.

En cuanto a las obstrucciones de la superficie de la tierra los enlaces en frecuencias superiores a los 800 MHz tienen que ser planeados considerando por lo menos la existencia de línea de vista directa entre las antenas.

Se puede considerar puntos de reflexión cuando los enlaces pasen por zonas donde existan concentraciones de agua como por ejemplo el mar, camaroneras, zonas planas y desérticas.

La Tropósfera

Es la capa inferior de la atmósfera terrestre y escenario de todos los procesos meteorológicos. La troposfera se extiende hasta una altitud de aproximadamente 11 Km. sobre las zonas polares y hasta unos 16 Km. sobre las regiones ecuatoriales. La tropopausa es la frontera entre la troposfera y la estratosfera.

La troposfera contiene el 80% de toda la masa de gases de la atmósfera y el 90% de todo el vapor de agua. En general la temperatura de la troposfera decrece con la altitud a razón de 5 y 6°C/km. En la troposfera los intercambios de calor se producen por turbulencia y por el viento y los intercambios de agua por evaporaciones y precipitación. La intensidad de los vientos crece con la altura y las nubes más altas alcanzan una altitud de 10 km.

En lo que concierne a ondas de radio los principales fenómenos a ser analizados cuando la propagación atraviesa la atmósfera son las precipitaciones y el vapor de agua presente ya que cuando las ondas atraviesan por un medio más denso se tiene una velocidad de propagación menor. Este vapor presente en la atmósfera también hace que se produzca la refracción de las ondas y esta refracción se produce siguiendo el radio de curvatura de la tierra.

La Estratósfera

Es la capa superior de la atmósfera que empieza a una altitud entre los 12,9 y 19,3 Km. y que se extiende 50 Km. hacia arriba. En su parte inferior la temperatura permanece casi invariable con la altitud, pero a medida que se asciende aumenta muy deprisa porque el ozono absorbe la luz solar. La estratosfera carece casi por completo de nubes u otras formaciones meteorológicas.

La Ionósfera

Es el nombre dado a una o varias capas de aire ionizado en la atmósfera que se extienden desde una altura de casi 80 Km. sobre la superficie terrestre hasta 640 Km. o mas.

A estas distancias el aire esta enrarecido en extremo; presenta una densidad cercana a la del gas de un tubo de vacío. Cuando las partículas de la atmósfera experimentan una ionización por radiación ultravioleta, tienden a permanecer ionizadas debido a las mismas colisiones que se producen entre los iones.

La ionosfera ejerce una gran influencia sobre la propagación de las señales de radio. Una parte de la energía radiada por un transmisor hacia la ionosfera es absorbida por el aire ionizado y otra es refractada, o desviada, de nuevo hacia la superficie de la tierra. Este último efecto permite la recepción de señales de radio a distancias muchos mayores de lo que seria posible con ondas que viajan por la superficie terrestre.

La importancia de la refracción en la ionosfera decrece con el incremento de la frecuencia de las ondas, para frecuencias muy altas es casi inexistente.

Por lo tanto la transmisión a larga distancia de ondas de radio de alta frecuencia se limita a la línea del horizonte. Este es el caso de la televisión y de la radio de frecuencia modulada (FM), donde las transmisiones de larga distancia solo pueden producirse en línea recta.

Mecanismos De Propagación

En la tabla 1 y 2 se muestran una clasificación de las ondas de interés para este estudio de acuerdo a su frecuencia y su principal utilización:

SIGLAS	SIGNIFICADO
E.L.F	Extremadamente baja frecuencia
V.L.F	Muy baja frecuencia
L.F	Baja frecuencia
M.F	Media frecuencia
H.F	Alta frecuencia
V.H.F	Muy alta frecuencia
U.H.F	Ultra alta frecuencia
S.H.F	Súper alta frecuencia
E.H.F	Extremadamente alta frecuencia

Tabla 1: Clasificación de las ondas de acuerdo a su frecuencia

Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Bandas de Frecuencias

La tabla 2 muestra las fajas de frecuencia con sus siglas y ejemplo de utilización, definiendo las bandas de frecuencia VHF, UHF, SHF como bandas utilizadas en los enlaces de microonda digital. Por la frecuencia a la que se encuentran se puede considerar que son ondas directivas, es decir que requieren línea de vista entre las antenas para su propagación.

Fajas de Frecuencias	Siglas	Ejemplo de utilización
300 Hz a 3000 Hz	E.L.F	Comunicaciones submarinas
3 KHz a 30 KHz	V.L.F	
30 KHz a 300 KHz	L.F	Auxilio a navegación aérea, Servicios marítimos, Radio AM
300 KHz a 3000 KHz	M.F	
3 MHz a 30 MHz	H.F	Radio FM, Servicios Marítimos, Transmisiones de TV, Sistemas Comerciales - Particulares de Comunicación
30 MHz a 300 MHz	V.H.F	
300 MHz a 3000 MHz	U.H.F	
3 GHz a 30 GHz	S.H.F	Comunicaciones Públicas a la larga distancia, Sistemas interurbanos e internacionales
30 GHz a 300 GHz	E.H.F	

Tabla 2: Utilización del Espectro Radioeléctrico

Obtenido en: <http://patentados.com/patente/dispositivo-hipertermia-su-utilizacion-nanoparticulas/>

Conceptos de refractividad, obstrucción y reflexiones

Refracción atmosférica

Cuando una onda de luz incide en un medio que tiene distinto índice de refracción parte de este radio de luz será reflejado (esto significa que regresa al primer medio), mientras que otra parte será refractado (atraviesa el segundo medio pero sufre un desvío en su trayectoria).

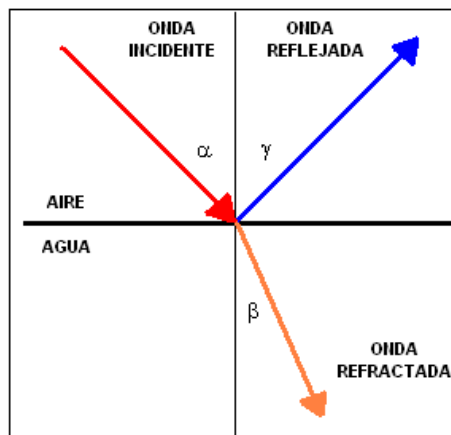


Figura 5: Onda de luz Reflejada y Refractada cuando cambia de medio de propagación
Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Si una onda cambia de un medio de propagación que tiene un índice de refracción a uno de distinto índice de refracción se produce el efecto mostrado en la figura 6.

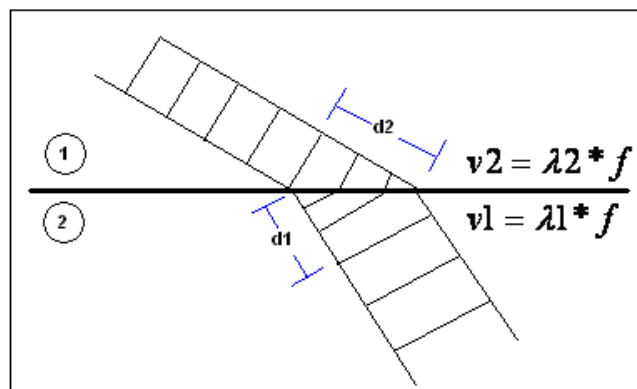


Figura 6: Distancia recorrida por el frente de onda cuando cambia de medio ($v_2 > v_1$ este efecto hace que la onda se curve)

Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Aquí se observa como la parte del frente de onda que no ingresa al segundo medio de propagación tiene una velocidad v_2 mayor que la parte del frente de onda que ya se esta propagando en el medio dos con velocidad v_1 .

Cuando se habla de enlaces de microondas que pasan de un medio constituido por aire a un medio constituido por partículas de agua, como es el caso en zonas con neblina, se produce exactamente el mismo efecto de refracción.

Como se puede apreciar en la figura 7, la propagación se vería como un rayo curvo, esto es debido a las continuas refracciones a las que se ve sometida la onda en su trayecto. En este caso se tiene que jugar con la inclinación de las antenas para poder alinear el enlace.

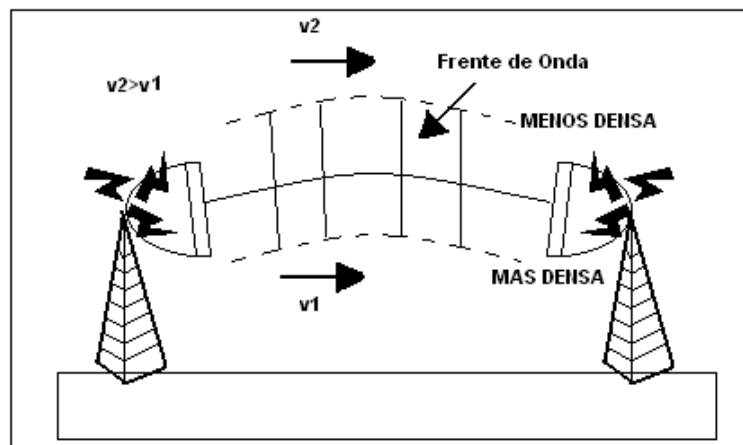


Figura 7: Refracción de las ondas de radio en la atmósfera
Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Análisis de refractividad y el factor k

En las cámaras inferiores de la troposfera los enlaces de microondas generalmente siguen una trayectoria curva hacia abajo, y junto a la curvatura de la tierra; son dos factores que se debe tomar en cuenta para garantizar el despeje de la línea de vista.

Para simplificar el análisis de la propagación se considera a la microonda como si fuera una línea recta, pero esto conlleva a que se tenga que corregir el radio de la tierra con un radio virtual, a fin de compensar las consideraciones antes realizadas.

Una corrección del radio terrestre lo realiza el factor k que es justamente una relación entre el radio real R (aproximadamente 6370 Km.) y el radio ficticio R' .

Un valor normal de K es de 4/3 lo que quiere decir que el radio de la tierra seria de 8490 Km. pero esto es para una región dada y no debe ser generalizado para todos los escenarios donde se instalan enlaces de microondas.

El valor de K, depende exclusivamente del índice de refracción absoluto N. Esta refractividad absoluta no puede ser medida directamente, sino que se obtiene sobre la base de la temperatura absoluta, humedad y presión del aire.

La refractividad absoluta (N) indica en cuanto se reduce la velocidad respecto a la que tiene la onda en el vacío. En la figura 8 se muestra una variación de la refractividad absoluta con relación a la altura.

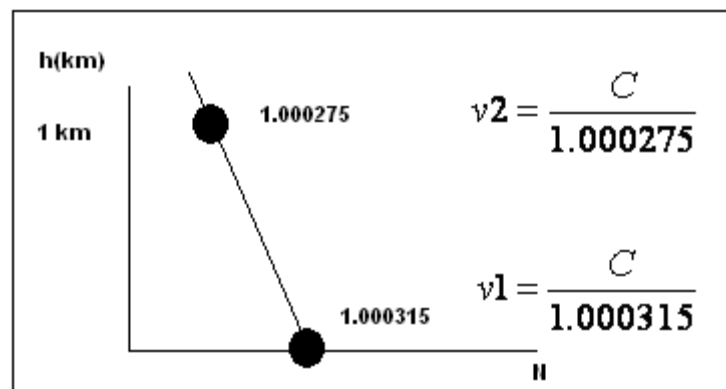


Figura 8: Decrecimiento de la refractividad absoluta en función de la altura.
Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

A partir de la refractividad absoluta a nivel de la tierra y luego a 1 Km. de altura se ha determinado el gradiente de refractividad (ΔN).

$$\Delta N = (N_{1KM} - N_{TIERRA}) * 10^6$$

Entonces luego de determinado ΔN se procede a determinar K mediante la siguiente relación:

$$K = \frac{157}{157 + \Delta N}$$

En términos prácticos se puede afirmar que cuando ΔN crece, K decrece por lo tanto, R' decrece y los obstáculos crecen.

El valor de ΔN se registra principalmente en función del clima del país y no tanto de las condiciones de cada sitio en particular. Entonces se pueden hacer levantamientos de cartas para este efecto. La UIT-R presenta cartas con ΔN para un 50% del tiempo, de acuerdo a las regiones en las que se encuentre.

Análisis estadístico del factor K

Un valor de K para el 50% del tiempo representa el valor medio de éste, lamentablemente puede sufrir grandes variaciones; y para un sistema de telecomunicaciones tener una confiabilidad del 50% es muy bajo, se requiere al menos que la confiabilidad sea del 99.9% implica que el enlace funcione 364 días y 15 horas, 14 minutos y 24 segundos en el curso de un año.

Para obtener el valor de K para porcentajes pequeños se ha desarrollado un método que supone variaciones estadísticas (Gaussianas como la mostrada en la figura 8) del valor de ΔN como porcentaje del tiempo.

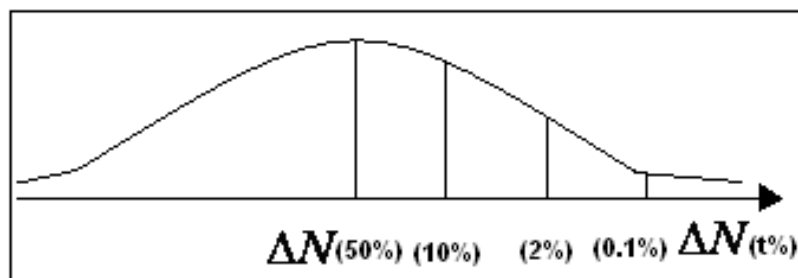


Figura 9: Variación Gaussiana del Gradiente de Refractividad
Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

En este caso el objetivo es garantizar un 99.9% del tiempo línea de vista directa en el enlace durante un periodo de tiempo de un año.

De la teoría para una curva normal, si se tiene la media (ΔN) utilizando la desviación estándar, se puede localizar cualquier punto dentro de la curva. Es así como se podría encontrar el valor de ΔN (0.1%), mediante el cual se llega al valor de K (0.1%). Sin embargo acontece que las variaciones de ΔN no se ciñen exactamente a la teoría de una curva Gaussiana, por eso se acostumbra a calcular

2 valores de desviación estándar de los cuales se elige el peor caso como se indica:

$$\Delta N_{(10\%)} - \Delta N_{(50\%)} = 1.28 * \sigma_1$$

$$\Delta N_{(2\%)} - \Delta N_{(50\%)} = 2.05 * \sigma_2$$

Uno de los dos valores se obtienen de ΔN (10%), que puede ser comprendido como el menor valor de ΔN durante los peores 36.5 días del año. Y el otro valor de σ es calculado a partir de ΔN (2%) como se indica en las ecuaciones anteriores.

Para tener una mejor aproximación, se adopta el mayor valor de los σ calculados al que se le denomina σ_0 , entonces:

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{(\sigma_0)^2}{1 + \frac{d}{d_0}}}$$

Donde: d corresponde a la distancia del enlace

do corresponde a una distancia de referencia de 30 Km.

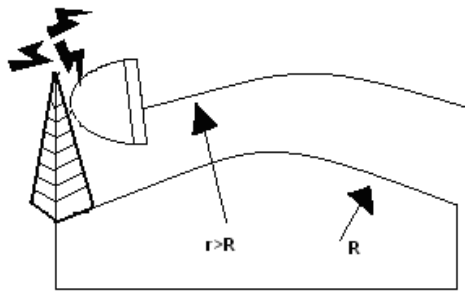
Entonces finalmente se tiene el valor de k (0.1%) de la siguiente expresión:

$$\Delta N_{(0.1\%)} - \Delta N_{(50\%)} = 3.09 * \sigma_3$$

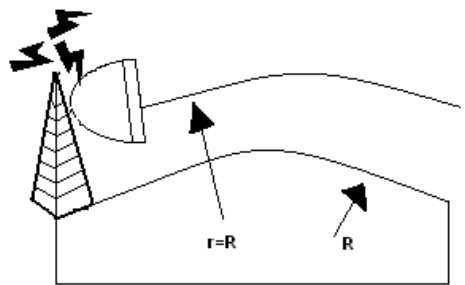
2.3.3 Enlace Inalámbrico

Considerando los diferentes casos de refracción que se pueden presentar, en la figura 10 se indican las diferentes trayectorias que un enlace de microondas puede tomar:

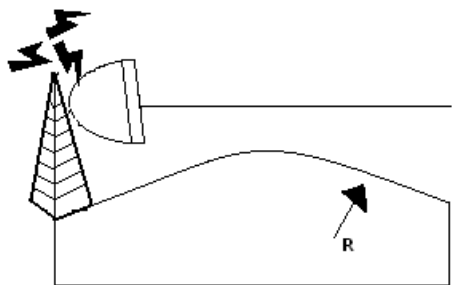
TIERRA



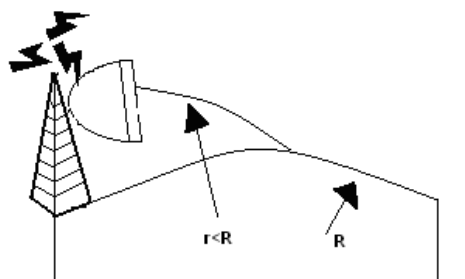
Refracción Normal



Refracción con el enlace paralelo a la tierra

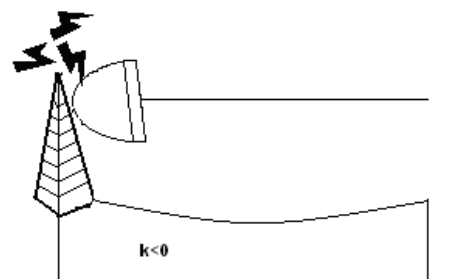
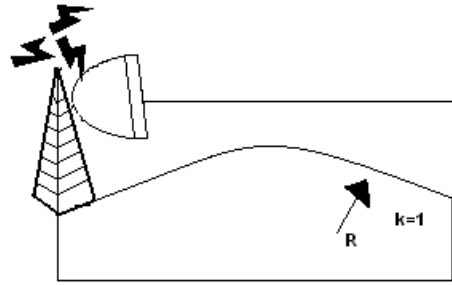
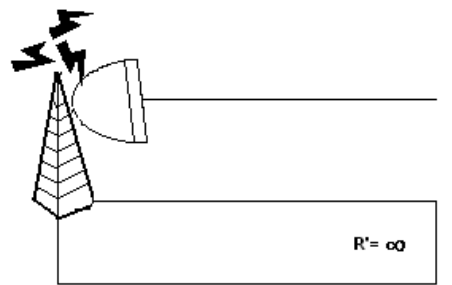
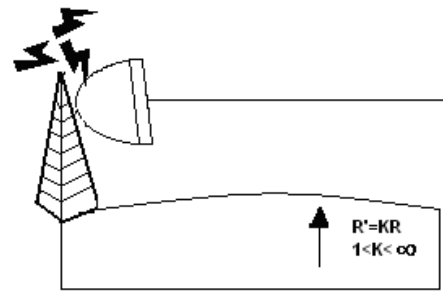


Enlace sin refracción



Super Refracción

TIERRA EQUIVALENTE



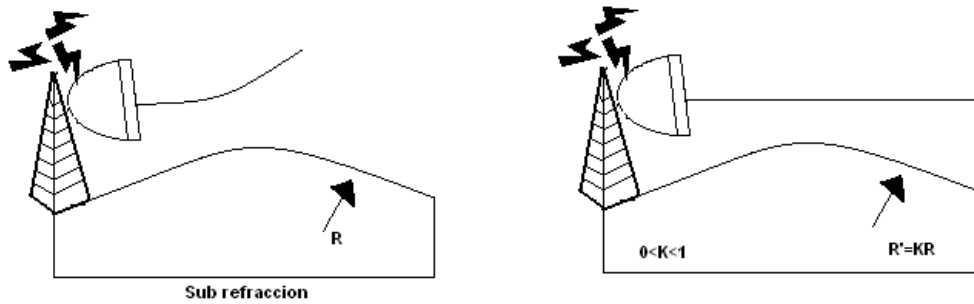


Figura 10: Diferentes casos de refracción (r =radio del haz de microonda)
 Obtenido en: ARES Roberto Angel, *Enlaces Redes y Servicios*

- En el primer caso se puede observar una propagación normal, en que el índice de refracción decrece con la altura, de tal manera que el radio de microondas se curva en el sentido de curvatura de la tierra. En este caso el enlace tiene un sobre alcance en relación con la línea de vista, y el radio ficticio de la tierra viene dado por: $R'=K*R$
- En el segundo caso se presenta una situación límite en el que el índice de refracción va decreciendo con la altura, provocando que el radio enlace tenga una curvatura similar al de la tierra, en este caso se trabaja con una superficie terrestre plana.
- En la tercera grafica se supone un índice de refracción constante con la altitud, y para este caso no se considera una curvatura de la tierra, en consecuencia la tierra ficticia es igual a la tierra real.
- En la grafica cuarta se presenta un caso en el que el índice de refracción decrece acentuadamente con la altitud. En esta consideración el radio enlace tiene una mayor curvatura que la tierra. Para esta situación la tierra ficticia se curva en el sentido contrario, significando un valor de $k<0$, siendo esta situación muy común.

- En el último caso se presenta una inversión en el comportamiento del índice de refracción, es decir crece con la altitud. Se puede observar entonces como el radio enlace se curva hacia arriba.

Como resultado de la curvatura del radio enlace se tiene las siguientes consecuencias:

- Obstrucción parcial de las ondas debido a obstáculos.
- Desvío de la energía irradiada por la antena transmisora.
- Anomalías en la propagación, como es el caso de múltiples trayectorias y la formación de ductos.

Modificaciones en las condiciones de reflexiones de las ondas.

Zonas de Fresnel

Se considera un experimento en el que se cumple con las siguientes condiciones: irradiando luz con una fuente puntual, se coloca una barrera a una determinada distancia de la fuente, y esta barrera encaja exactamente con la forma del frente de onda que se está transmitiendo.

Cumplido con lo anterior se realiza tres orificios pequeños en la obstrucción, con esto se observa como cada orificio se comporta como una fuente puntual de luz.

Al mismo tiempo si un observador se coloca en un punto P a una distancia l del orificio central, puede observar un frente de onda que llega con una determinada amplitud y fase. Entonces como son tres fuentes emisoras de luz, se concluye que las ondas que se están observando son las que están en fase y se suman. Es por este fenómeno de suma de ondas que se presenta un círculo concéntrico de luz, luego una zona de vacío, luego un anillo de luz y así sucesivamente.

En las partes en las que se presenta un vacío de luz es porque se produce una cancelación de ondas debido a que llegan en contra fase.

(F=fuente emisora de luz, a= distancia de la fuente de luz a la obstrucción, P= punto de observación, I= distancia desde el punto de observación a la barrera de obstrucción).

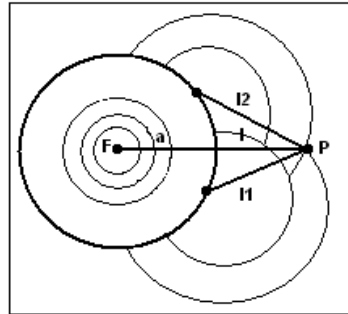


Figura 11: Composición de tres radiadores elementales

Obtenido en: <http://saberes.conocimientos.com.ve/comunicaciones-de-radio-frecuencia/ondas-electromagneticas>

La variación de la fase se da de la siguiente manera:

$$\Delta\psi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta l$$

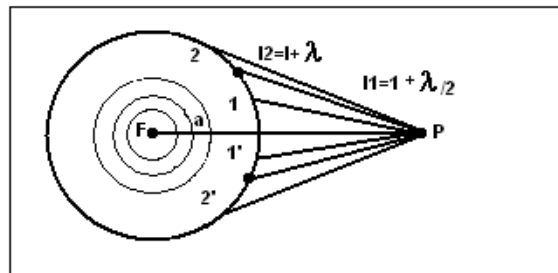


Figura 12: Principio de Huygens (F=fuente emisora de luz, a=distancia de la fuente de luz a la obstrucción ,P= punto de observación a la barrera de obstrucción)

Obtenido en: <http://saberes.conocimientos.com.ve/comunicaciones-de-radio-frecuencia/ondas-electromagneticas>

Como se muestra en la figura 12 dependiendo de las distancias I, I1e I2 las contribuciones de cada radiador elemental se pueden comportar en forma aditiva o sustractiva de acuerdo a la fase con la que lleguen:

$$\frac{2\pi}{\lambda} \Delta l, \frac{2\pi}{\lambda} \Delta l_1, \frac{2\pi}{\lambda} \Delta l_2$$

Asumiendo ahora que se hace un infinito numero de agujeros en la barrera obstructora, se tiene que cada uno de los agujeros se comporta como una fuente de

luz; este efecto es el mismo de quitar la barrera, entonces a cada punto del frente de onda se puede considerar como un irradiador elemental que contribuye para el campo resultante en P.

Se puede determinar así el frente de onda constituida por varios anillos circulares, como se muestra en la figura 13 estos anillos corresponden a las diferentes fases $n \cdot \lambda/2$.

Los anillos circulares se denominan Zonas de Fresnel. Cabe señalar que el área de cada zona de Fresnel es aproximadamente igual.

Como las distancias al punto P de las zonas externas van creciendo, también las contribuciones de estas zonas progresivamente disminuyen. Así la suma de todas las zonas a partir de la segunda resulta ser la mitad de lo que es la primera zona de Fresnel.

Se puede notar además que si fuera posible obstruir las zonas de orden par $n \cdot \lambda/2$ (con n par), osea aquellas que aportan con fase contraria a la primera, el campo recibido en P seria aun mayor a aquel de espacio libre.

(F=fuente emisora de luz, a=distancia de la fuente de luz a la obstrucción, P= punto de observación, I=distancia desde el punto de observación a la barrera de obstrucción)

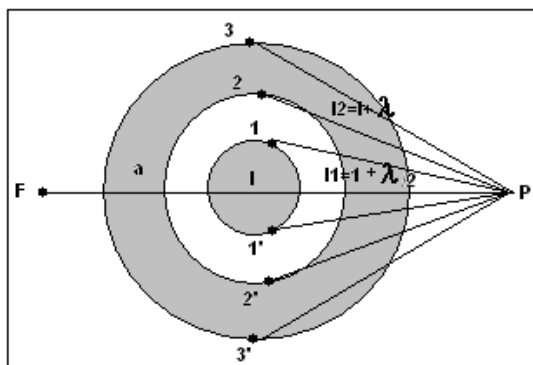


Figura 13: Zona de Fresnel

Obtenido en: <http://saberes.conocimientos.com.ve/comunicaciones-de-radio-frecuencia/ondas-electromagneticas>

Elipsoide de Fresnel

Si se considera un frente de onda a una cierta distancia de la fuente, si luego se supone que la distancia de este frente de onda varia.

Para cada uno de estos frentes de onda se pueden aplicar el mismo razonamiento anterior, así por ejemplo AA', BB', CC' y DD' representa en cada frente de onda la primera zona de Fresnel. Se puede demostrar que si se conectan los puntos que limitan l a primera zona de Fresnel, en cada frente de onda se define una elipse con focos en F y en P, con el eje mayor en $d + \lambda$ y el eje menor expresado por:

$\frac{\sqrt{\lambda \cdot d}}{2}$. Esta grafica se muestra en la figura 14.

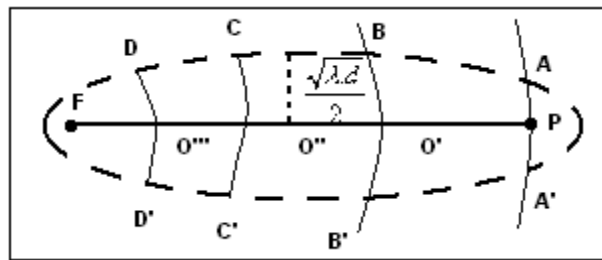


Figura 14: Elipsoide de Fresnel
Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

De manera análoga se presentan para las zonas de Fresnel de mayor orden: 2^a, 3^a, etc.

Entonces tomando en cuenta las condiciones señaladas anteriormente como también la curvatura de la tierra, se pueden presentar las siguientes fórmulas, con las que se define las alturas a las que se deben colocar las antenas para que no se obstruya la primera zona de Fresnel y no se presenten atenuaciones:

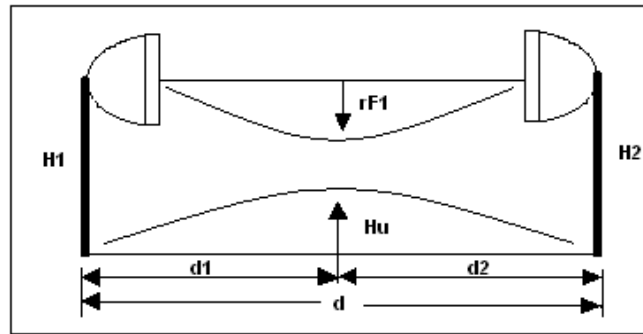


Figura 15: Condiciones de refracción del radio enlace y curvatura de la tierra
 Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

$$r_{F1} = 17.4 \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{d \cdot f}} \quad n = \left(\frac{r_{Fn}}{r_{F1}} \right)^2 \quad H_u = \frac{d1 \cdot d2}{12.7 \cdot K}$$

d, d1 y d2 en Km, f en Ghz.

n= numero de la zona de Fresnel considerada.

Hu= Factor de corrección del perfil terrestre

Efectos del terreno en la propagación

En lo referente al suelo por el que esta propagando un enlace se puede tener las siguientes consideraciones:

- Propagación sobre áreas cubiertas por árboles, estas a su vez se pueden clasificar en zonas con:
 - a. Árboles grandes 35m.
 - b. Árboles medianos 20m.
 - c. Árboles frutales 20m.
 - d. Cafetales 3m.
- Propagación sobre áreas pobladas, estas a su vez se pueden clasificar en zonas con :

- a. Casas de suburbios de ciudades 5m.
- b. Ciudades pequeñas 10 a 20m.
- c. Centros de ciudades 20 a 50m.

Otro factor importante en cuanto a la superficie por donde se propaga el enlace es la rugosidad que presenta el suelo, ya que de ello depende que se provoque o no onda reflejada. Esta onda reflejada a su vez puede ser beneficiosa o perjudicial, dependiendo de la fase con que llegue a la antena de recepción.

Efectos de un obstáculo en el radio enlace

Se considera ahora la fuente F, sustituida por una antena transmisora, y en el punto P la antena receptora, como se muestra en la figura 16

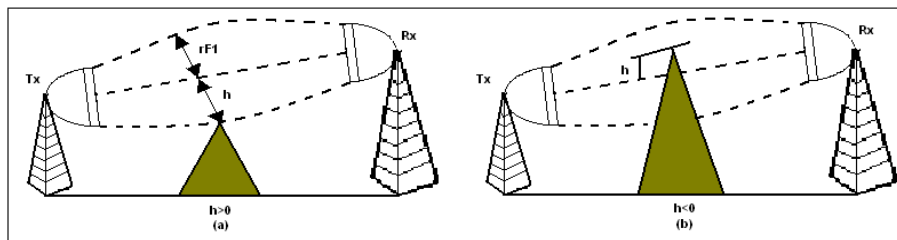


Figura 16: Obstrucción tipo filo de navaja en un radio enlace
 Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Por el estudio anterior se puede determinar que la potencia recibida por la antena estará en función de la obstrucción causada por el terreno en el que la onda se propaga. En los enlaces reales, en donde las torres están limitadas a una altura, por motivos prácticos y económicos, se debe aplicar criterios de obstrucción que permitan garantizar una adecuada recepción con torres de alturas convenientes.

Se tiene que, dependiendo de la obstrucción existente se alcanza valores de ganancia inclusive mayores a los de espacios libres, Esto por el principio de Huygens. Los criterios que permite definir las alturas de las torres se basan en energía recibida con un grado de obstrucción presente.

Entonces considerando que una obstrucción puede ser principalmente de dos tipos, una tipo redondeada como una loma u otro tipo filo de navaja como un pico; para cada una de estas obstrucciones se tiene una atenuación suplementaria a la de espacio libre de acuerdo a la figura 16, en la que se presenta una relación entre la atenuación y (h/r_{F1})

- Para $(h/r_1) > 2.6$ la onda refractada da lugar aproximadamente al mismo campo que se obtendría en espacio libre.

Una interpretación de este efecto puede ser de la siguiente manera: puesto que el radio del elipsoide de orden n puede ser escrito como $r_n = \sqrt{nr}1$, la relación $(h/r_1) > 2.6$ corresponde a una desobstrucción de por lo menos las 7 primeras de fresnel ($\sqrt{7} \cong 2.6$).

Como era de esperarse una desobstrucción de zonas mas allá de la séptima zona de fresnel tiene una muy pequeña contribución en el campo recibido en la antena.

Atenuación VS. Despojamiento

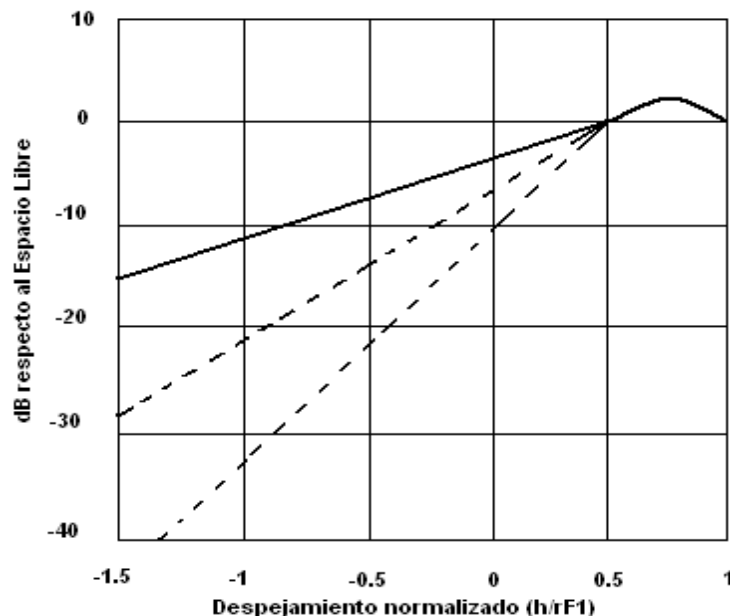


Figura 17: Atenuación en función de la obstrucción
Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Como se puede observar de la grafica se presentan los siguientes casos:

- Para $h/r1 = 0$ ($h= 0$ el obstáculo es tangente a la línea de vista.
- Para $h/r1=0.6$ (Despejado aproximadamente el 60% de la primera zona de Fresnel) el campo tiene el mismo valor de aquel recibido en espacio libre.
- El máximo de campo recibido se da para $h/r1=0.8$, el campo recibido en esta situación es aproximadamente 1.4 dB superior al de espacio libre.

Entonces de acuerdo a lo propuesto, se puede concluir que con un despeje de $0.6 r$ se tiene un pequeño atenuación semejantes a la de espacio libre. También se puede señalar que a mayor obstrucción se tiene una mayor atenuación. Como en la práctica no existe un valor preciso de k , existen varios criterios de despojamiento adoptados como función de las variaciones esperadas de las condiciones de refracción de acuerdo a la región en estudio.

Criterios de despeje

Los criterios de despeje adoptados se refieren al valor de k en un 50% o en un 0.1% del tiempo, este ultimo siendo calculado de manera estadística. Se usan los siguientes criterios:

a) Para frecuencias mayores a 2.5 Ghz.

K50% -100% de despeje de la primera zona de Fresnel

K0.1% -60% de despeje de la primera zona de Fresnel

Se calcula para los dos casos y se debe garantizar para el menos favorable.

b) Para frecuencias entre 1 y 2.5 Ghz.

K50% -60% de despeje de la primera zona de Fresnel

K0.1% -30% de despeje en la primera zona de Fresnel

c) Para frecuencias menores que 1 Ghz.

K0.1% -10% de despeje en la primera zona de Fresnel

A pesar de tener ya un criterio para el despeje que debe haber en la primera zona de Fresnel se debe calcular si existirá la reflexión causada por el obstáculo, esto es para k 50%.

K50% - Atenuación conforme al gráfico de la figura 17

Reflexiones

Una onda puede ser reflejada en superficies relativamente regulables como es el caso de terreno sin accidentes, mares o lagos. El problema se presenta cuando existe una onda reflejada es que, al recorrer un trayecto diferente puede llegar en desfase con las ondas del rayo directo.

Los parámetros que influyen en la reflexión de un rayo de microonda son:

- El grado de regularidad de la superficie reflectora
- La frecuencia de la onda
- El ángulo de incidencia sobre el suelo

Influencia del tipo de superficie.

Cuando un rayo de microonda incide en una superficie rugosa, en este caso se produce una reflexión difusa o sea el esparcimiento de las ondas reflejadas en varias direcciones:

Un segundo caso se contempla cuando la onda incide sobre una superficie cubierta por agua, en este caso se produce una gran reflexión, en la que el ángulo con el que incide la onda es el mismo con el que se refleja. Así, cuanto mayor es el grado de regularidad de la superficie en la que incide la onda, mayor es la intensidad de la onda reflejada, de manera que el coeficiente de reflexión tiende a la unidad.

En la realidad la intensidad de la onda reflejada depende de la relación entre el grado de regularidad de la superficie reflectora y de la longitud de la onda. Para radio enlaces es muy difícil considerar una superficie medio reflectora, es por ello que se ha hecho una separación entre lo que son las superficies reflectoras y las no reflectoras.

Entonces, para definir cuales son superficies reflectoras y no reflectoras se recurre a la siguiente relación, en la que también se toma en cuenta el ángulo de incidencia:

$$H \leq \frac{\lambda}{16 \sin \beta}$$

λ = Longitud de onda

H=altura media de las irregularidades

β = Angulo de incidencia en radianes.

Cálculo del punto de reflexión

La localización del punto de reflexión depende principalmente de las alturas de las antenas, acercándose siempre a la que se encuentre más baja.

Otro factor importante es la altitud del terreno

- Si las dos antenas están a la misma altura, entonces el punto de reflexión se encuentra a la mitad del trayecto del enlace.
- El punto de reflexión también está en función de K. En la práctica solamente se calcula el punto de reflexión para el valor de K medio, el cual será el más frecuente.

Otro punto importante a considerar es el área de reflexión, la que viene dada por la siguiente expresión:

$$A = \frac{r_{F1}^2 \pi}{\text{sen}\phi}$$

Donde:

A = Área del elipsoide de reflexión

r_{F1} = radio de la primera zona de Fresnel

ϕ = ángulo de incidencia = arctg (H1/d1)

Atenuaciones

Como se ha visto anteriormente, la onda irradiada por la antena se propaga a través del espacio, transportando la energía necesaria para el establecimiento del enlace del radio.

Las condiciones de propagación de esa onda dependen del medio de transmisión.

Para tener un análisis real de la propagación se deben considerar todas las influencias posibles que el medio pueda ejercer.

Un procedimiento más adecuado consiste en considerar un medio de transmisión ideal (espacio vacío) luego de conocer el mecanismo de propagación en esas condiciones se analiza las modificaciones producidas por las características de un medio real. La propagación que se realiza en condiciones ideales se denomina propagación en espacio libre, los principales cambios que ese da cuando se analiza el caso real son los introducidos por las condiciones atmosféricas y la presencia de posibles obstáculos en el transcurso de propagación.

Propagación en espacio libre

La potencia que llega a la antena receptora es una pequeña fracción de la energía entregada por la antena transmisora, siendo la restante dispersada en el espacio.

Si la antena es isotr3pica la potencia emitida por unidad de 3rea de la superficie de una esfera (Densidad de potencia) es:

$$Pd = \frac{Pt}{4\pi d^2}$$

Donde Pt es la potencia transmitida por la antena y d es la distancia entre la antena y el punto de estudio (radio de la esfera)

El 3rea efectiva de una antena receptora se define como la superficie de frente de onda plano con densidad de potencia Pd que dispone a una potencia equivalente a la entregada por la antena, para la antena isotr3pica el 3rea efectiva es:

$$Ae = \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

Donde λ es la longitud de onda del campo radio el3ctrico. Por ejemplo: para una frecuencia de 3 Ghz con longitud de onda de 10 cm. el 3rea efectiva es de 7.96 cm². Se entiende as3 el hecho de la baja potencia captada. Entonces relacionando ambos elementos se tiene la potencia captada Pr en funci3n de la potencia

transmitida Pt para antenas isotr3picas: $Pr = Pt \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$

La potencia recibida es inferior a la transmitida debida a la imposibilidad de captar toda la potencia generada. Se puede expresar como una atenuaci3n producto de la propagaci3n en el espacio libre entre antenas isotr3picas, entonces se tiene la siguiente expresi3n para esta atenuaci3n:

$$Ao(dB) = 92.4dB + 20\log(fd)$$

Donde:

Ao= atenuaci3n de espacio libre

f= frecuencia de operaci3n en Ghz

d = distancia entre antenas en Km.

Así, se puede decir que habrá una misma atenuación de espacio libre para un enlace trabajando a 23 Ghz con 5 Km que para un enlace a 5 Ghz con 23 Km.

Las antenas utilizadas en microondas no irradian o captan uniformemente la energía de un frente de onda. Estas antenas presentan una propiedad de concentrar la energía irradiada en haces muy estrechos en torno a la línea de vista de manera de aumentar la potencia recibida con relación a lo que se recibirá con radiadores isotrópicos.

Este incremento de potencia es matemáticamente traducido como una ganancia de las antenas:

GTx-ganancia de la antena de transmisión (dBi)

GRx-ganancia de la antena en recepción (dBi)

A continuación se presentan las principales pérdidas y ganancias que intervienen en un enlace de microondas:

$$A_s = A_o + A_{GOTx} + A_{GORx} - G_{TX} - G_{RX} + A_{fTX} + A_{fRX}$$

(1.20)

Donde:

A_s – pérdidas del enlace

A_o – Atenuación de espacio libre

A_{fTx}, A_{fRx} – atenuación producida en los filtros de RF

A_{GOTx}, A_{GORx} – atenuación de guías de onda y alimentadores

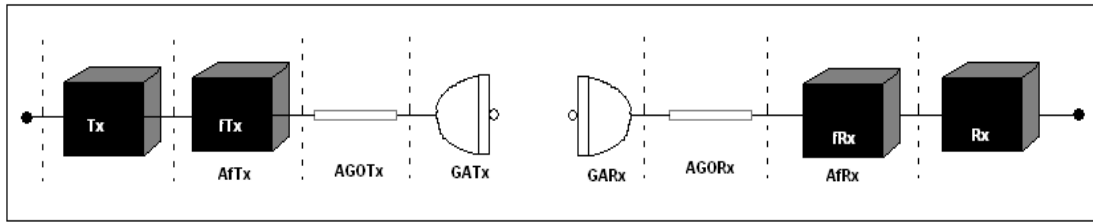


Figura 18: Principales pérdidas y ganancias en trayecto de un radio enlace
 Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Atenuación por lluvia

Cuando se utiliza frecuencias superiores a los 10 Ghz se tiene que tomar en cuenta la atenuación que producen los hidrometeoros, estas frecuencias sufren un efecto de absorción por el oxígeno, vapor de agua etc.

Lluvias intensas constituyen una de las principales causas de interrupción de sistemas de radio enlaces por ello que es importante tomar en cuenta en el planeamiento de una red de microondas los parámetros de disponibilidad mínima que la señal la utiliza en caso de inexistencia de datos locales las cartas pluviométricas.

A continuación se debe calcular la “atenuación específica” para radio enlaces. La atenuación específica es definida como la atenuación por kilómetro de enlace provocado por la lluvia. Esta atenuación depende de la frecuencia, de la polarización y de la tasa pluviométrica como se indica en las siguientes fórmulas:

Polarización Vertical: $\gamma_r = K_v R^{\alpha V}$

Polarización Horizontal: $\gamma_r = K_h R^{\alpha H}$

Donde:

γ_r - Atenuación Específica

R – Tasa pluviométrica para 0.01% del tiempo (mm/h)

$K_h, K_v, \alpha H, \alpha V$ – Coeficientes dependientes de la estructura de la lluvia.

En la tabla 3 se relaciona los valores de $K_h, K_v, \alpha H, \alpha V$ basados en la distribución del tamaño de las gotas según la ley de Parson(1943), velocidad Terminal de las gotas según Gum y Kinzer (1949), índice de refracción del agua a 20oC según Ray(1972) y la forma esferoidal de las gotas según Fedi (1979) y Maggiore (1981). Sin embargo, en la proyección de sistemas las tasas pluviométricas elevadas frecuentemente tienen mayor interés, siendo deseable un modelo matemático que describa la distribución de estas tasas, ya que las lluvias más fuertes provocan las atenuaciones más severas.

Los principales modelos para la distribución de tasas de lluvia son:

- Morita & Higuti
- Segal
- Lin
- Moupfouna

El tamaño y la forma de la distribución de la orientación de las gotas de lluvia pueden variar en una tempestad. Observaciones muestran que la media del tamaño de las gotas es relativamente constante, variando principalmente la tasa de lluvia.

Frecuencia Ghz	K_h	K_v	αH	αV
1	0.0000387	0.0000352	0.912	0.880
2	0.000154	0.000138	0.963	0.923
4	0.00065	0.000591	1.121	1.075
6	0.00175	0.00155	1.308	1.265
7	0.00301	0.00265	1.332	1.312
8	0.00454	0.00395	1.327	1.310
10	0.0101	0.00887	1.276	1.264
12	0.0188	0.0168	1.217	1.200
15	0.0367	0.0335	1.154	1.128
18	0.0495	0.0442	1.110	1.091
20	0.0751	0.0691	1.099	1.065
23	0.0789	0.0705	1.067	1.049
25	0.124	0.113	1.061	1.030

30	0.187	0.167	1.021	1.000
35	0.263	0.233	0.979	0.963
40	0.35	0.31	0.939	0.929
45	0.442	0.393	0.903	0.897
50	0.536	0.479	0.873	0.868
60	0.707	0.642	0.826	0.824
70	0.851	0.784	0.793	0.793
80	0.975	0.906	0.769	0.769
90	1.06	0.999	0.753	0.754
100	1.12	1.06	0.743	0.744
120	1.18	1.13	0.731	0.732
150	1.31	1.27	0.710	0.711
200	1.45	1.42	0.689	0.690
300	1.36	1.35	0.688	0.689
400	1.32	1.31	0.683	0.684

Tabla 3 Factores empíricos dependiendo de la frecuencia

Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Intensidades elevadas de lluvia normalmente ocurren en áreas pequeñas, las llamadas células de lluvia, con extensiones de 2 a 3 Km. Siendo así, solamente parte del enlace debe ser considerado en el cálculo. Sin embargo, se debe notar que más de una célula puede existir en un radio enlace.

El parámetro “r” define un porcentaje del enlace en el que debe existir lluvia:

$$r = \frac{1}{1 + \frac{d}{35 \cdot e^{-0.015R}}}$$

Donde:

d = distancia del enlace

R = tasa pluviométrica 0.01%(mm/h)

Luego se considera que la lluvia no está ocurriendo en todo el trayecto del enlace, es así como se encuentra el llamado diámetro efectivo de la célula de lluvia.

$$d_{eff} [Km] = r.d$$

Después de la obtención de la atenuación específica y del diámetro efectivo de la célula de la lluvia. La atenuación por lluvia para el 0.01% del tiempo en dB, se obtiene realizando el producto de estos dos resultados, como se indica en la ecuación siguiente:

$$A_r = \gamma_r d_{eff}$$

Donde:

$$A_r = \text{Atenuación por lluvia para 0.01\% del tiempo (dB)}$$

$$\gamma_r = \text{Atenuación específica (dB/Km)}$$

$$D_{eff} = \text{Diámetro efectivo de la célula de lluvia (km)}$$

El último paso es el cálculo de la indisponibilidad debido a la lluvia. Definida como un porcentaje de tiempo en el cual el sistema está indisponible a causa de la lluvia. Empíricamente se verifica que la atenuación por lluvia y la indisponibilidad están relacionadas por la siguiente fórmula:

$$Pr = 10^{-6.34 + \sqrt{40.29 - 23.25 \log\left(\frac{8.33 \cdot Af}{Ar}\right)}}$$

Donde:

Pr = Indisponibilidad

Ar = Atenuación por lluvia para 0.01% del tiempo (dB)

Af = margen de desvanecimiento plano (dB).

Indisponibilidad total

Para efectos de cálculo se considera que hay dos factores principales causantes de la indisponibilidad:

- La lluvia
- Falla del equipo

Siendo así se suman los dos valores para encontrar la indisponibilidad total

$$P_{ind} = P_r + P_{equipo}$$

P_r = Indisponibilidad debido a la lluvia

P_{equip} = Indisponibilidad debido a fallas en el equipo

$$P_{equip} = MTTR/MTBF$$

Donde:

MTBF = Tiempo medio entre fallas

MTTR = Tiempo medio de reparación

Absorción atmosférica

El fenómeno de absorción es provocado por la transición de un nivel de energía en el interior de una molécula de gas atmosférico. En una atmósfera no condensada, el oxígeno y el vapor de agua son los principales responsables de la absorción de energía.

La interacción del oxígeno con la radiación incidente da origen a líneas de absorción en 118.74 Ghz y en torno a los 50 Ghz a 70 Ghz como se muestra en la figura 19.

Para el vapor de agua que tiene características moleculares se presentan tres importantes líneas de absorción en las frecuencias de 22Ghz, 183.3 Ghz, y 323.8 Ghz.

Se ha verificado que la absorción atmosférica puede ser despreciada en enlaces menores a 80 Km y para frecuencias entre 2 y 8 GHz, también se aplica la consideración anterior para enlaces menores a 30 Km y con frecuencias entre 10 y 14 GHz.

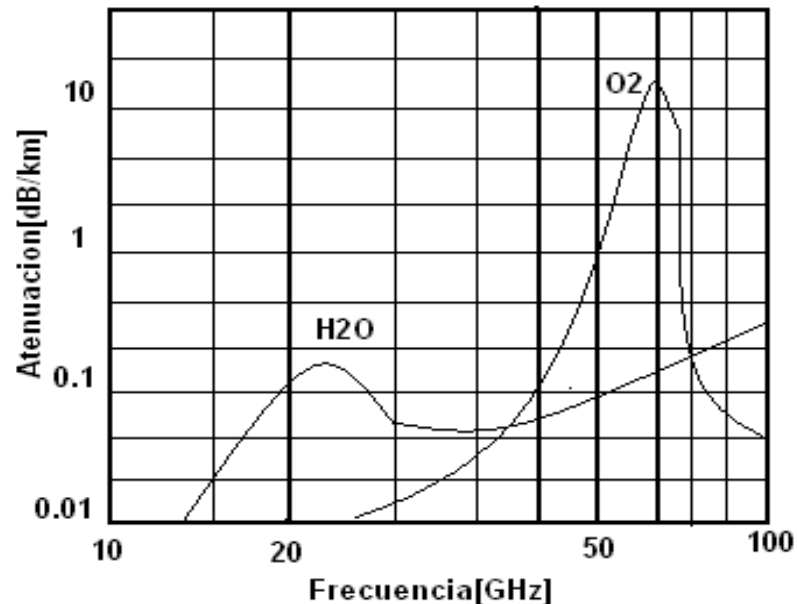


Figura 19: Atenuación atmosférica.
Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Objetivos de desempeño requeridos en la implementación de radio enlaces.

La introducción de técnicas de modulación multinivel para posibilitar la transmisión de señales vía microondas, con eficiencia comparable a los procesos analógicos, ha provocado una revolución en los procesos de cálculo de desempeño.

Es preciso desarrollar modelos de propagación de canales de RF digitales, además debe procurar tener formas más precisas para la caracterización estadística de los fenómenos.

El método a seguir es fundamentalmente una contribución para la obtención de resultados más confiables. Es evidente que con el paso del tiempo la recolección de medidas y experimentos posibilitará el desarrollo de metodologías más

precisas, pero siempre estarán basadas en los estudios clásicos de Rumler, Vigants, Greenstein y Morita, entre otros.

Generalmente el dimensionamiento de los enlaces es realizado a partir de diversos parámetros del sistema, tales como:

- Características del equipamiento (Potencia de Tx, figura de ruido)
- Características eléctricas y mecánicas del sistema radiante
- Longitud y atenuación que presentan las guías de onda
- Distancia de los enlaces
- Parámetros de diversidad
- Condiciones de propagación
- Técnicas de conmutación
- Resultados de planeamiento de frecuencias

En base a estos parámetros, se obtiene a través de formulaciones empíricas el desempeño de los sistemas de microondas durante la ocurrencia de desvanecimientos. Además se toma en cuenta también la indisponibilidad del enlace, causada principalmente por lluvias.

La UIT es el organismo que ha determinado los objetivos que deben cumplir los enlaces digitales.

Las recomendaciones de la UIT no son regulaciones ni convenciones, tampoco leyes invulnerables, sino que es la regulación de cada país la que decide si adoptar o no lo que la UIT recomienda. Sin embargo las recomendaciones pretenden facilitar la interconexión entre sistemas de enlaces internacionales.

Para el estudio de las degradaciones de la transmisión digital y de los parámetros de funcionamiento se prevé modelos de transmisión digital. Se trata de trayectos ficticios o hipotéticos de una longitud definida y que se usa como referencia para establecer objetivos de disponibilidad, calidad, jitter y deslizamientos.

La ITU-T en la recomendación G.801 determina la conexión hipotética de referencia CHR cuya longitud total es de 27500 Km . Se trata de una conexión que en los extremos maneja velocidades de hasta 64 Kbps.

De acuerdo a la ITU-T G.821, la CHR se divide en 3 grados:

- *Grado alto*, corresponde a la parte del enlace internacional y aquella parte del enlace nacional de alta capacidad (SHD). Es el grado más exigente desde el punto de vista de los objetivos.
- *Grado medio*, corresponde a gran parte del enlace nacional, desde el centro local hasta probablemente el centro internacional. La división entre grado medio y grado alto no se encuentra claramente identificada como un punto de la red.
- *Grado local*, corresponde al enlace entre el usuario y el centro local. Es el grado menos exigido por las normas debido a la pobre calidad de la red de distribución

La longitud de grado alto es de 25000 Km, mientras que el grado local y medio en conjunto ocupan 1250 Km en cada extremo de la conexión.

En la ITU-T G.826 se determina los parámetros para redes con tecnologías PDH, SDH o ATM. Se trata de normas coherentes con G.801 y G.821. El circuito de referencia consiste de 27500 Km dividido en una parte nacional y una internacional. La división se encuentra en el centro de conmutación de ingreso al país . Se dispone de objetivos de calidad de acuerdo a ITU-T G:821(para circuitos de extremo a 64 Kbps) y la ITU-T G.826 (para trayectos a 2 Mbps o superiores).

Las mediciones se refieren a períodos mensuales (el peor mes del año)

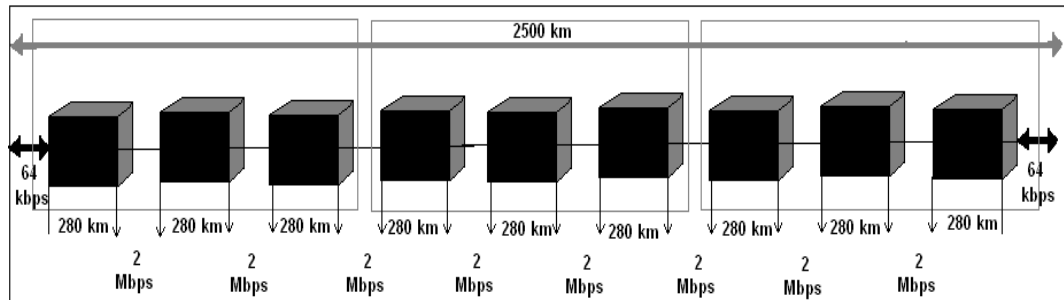


Figura 20: Trayecto ficticio de Referencia (Rec. ITU-T G.801, Modelos de transmisión digital)
 Obtenido en: ARES Roberto Angel, Enlaces Redes y Servicios

Se aplica el trayecto ficticio de Referencia TFR de longitud 2500 Km para el grado alto de la CHR. Éste contiene 9 secciones de 280 Km cada una como se muestra en la figura 18. Cada sección deriva la señal a 2 Mbps y se encuentra integrado por un número no determinado de repetidoras. Las secciones se encuentran agrupadas en 3 sub-trayectos donde se dispone de señales a 64 Kbps. Para enlaces de grado medio se ha definido trayectos de referencia de 280 y 50 Km.

Objetivos de disponibilidad

La disponibilidad del enlace se encuentra ligada directamente a la falla de equipos (identifica a través del tiempo medio entre fallas MTBF y el tiempo medio de reparación MTTR) y a las ráfagas de errores producidas en los momentos adversos de propagación.

Objetivos de la UIT-R.- Se define período de indisponibilidad como aquellos intervalos de tiempo iguales o mayores a 10 seg con corte del enlace (BER superior a 10^{-3}). Para la evaluación se divide el tiempo en segundos y se observa la BER en cada intervalo. El tiempo de indisponibilidad comienza con el primer segundo de una secuencia de 10 o más segundos con $BER > 10^{-3}$ y finaliza en el primer segundo de una secuencia de 10 o más segundos consecutivos con $BER < 10^{-3}$.

De acuerdo a lo indicado anteriormente se puede expresar los segundos indisponibles US en porcentaje como: *el porcentaje de tiempo de segundos indisponibles respecto al tiempo total de la medida en segundos.*

$$US\% = \left(\frac{US}{S} \right) \cdot 100$$

Los objetivos esperados a lo largo de un año de evaluación son (Rec. ITU-R 557 menciona el objetivo del US para el TFR de grado alto, y la Rec. ITU-R I.1052 presenta los valores para el grado medio):

US < 0.3%	para grado alto	en 2500 Km
US < 0.03%	para grado medio-clase1	en 280 Km
US < 0.05%	para grado medio-clase2	en 280 Km
US < 0.05%	para grado medio -clase3	en 50 Km
US < 0.1%	para grado medio-clase4	en 50 Km

- El objetivo de grado medio se divide en cuatro clases, cada una menos exigente que la anterior.
- El porcentaje se distribuye en forma proporcional a la longitud L para el grado alto entre 280 y 2500 Km.

$$US\% = 0.3\% \frac{L}{2500} \quad \text{con } 280 < L < 2500$$

Si el enlace tiene una L menor a 280 Km se asigna el valor de 0.0336%.

- Para el grado medio, el objetivo no es proporcional a la distancia del enlace real.
- El objetivo del Us se debe cumplir en un período de un año y toma en cuenta todos los cortes producidos por falla de equipos o humanas, además de los problemas producidos por propagación.

Objetivos de calidad

Durante el tiempo que la conexión se encuentra disponible es posible definir la calidad entre enlaces. No se puede hablar de calidad cuando el enlace se encuentra cortado. Los objetivos de calidad se dan en términos similares al de la disponibilidad, entonces de acuerdo a lo que señala la Rec. ITU-T G.821 se tiene:

- Segundos severamente errados SES ($BER > 10^{-3}$)
- Segundos errados ES
- Minutos degradados DM ($10^{-6} < BER < 10^{-3}$)
- Tasa de error residual RBER.

Desvanecimientos

El término desvanecimiento es utilizado para caracterizar un aumento de atenuación.

Así mismo, desvanecimiento, se debe comprender como oscilaciones en la intensidad de la señal, causada por el medio de Tx y no por el equipo.

Los desvanecimientos pueden generalmente ser divididos en insignificantes, selectivos y planos. Los dos últimos pueden ocurrir en condiciones de troposfera estratificada.

Los conceptos de desvanecimiento plano y selectivo son muy diferentes sin embargo sus consecuencias son básicamente las mismas: producen incremento en la tasa de bits errados.

A pesar de esto no se puede considerar que una determinada franja de frecuencia está sujeta a solamente un tipo de desvanecimiento en un momento dado, pues ambos pueden estar ocurriendo.

2.3.4 Medios de transmisión

El medio de transmisión es el soporte físico que facilita el transporte de la información. Es una parte fundamental en la comunicación de datos. La calidad de la transmisión dependerá de sus características; Existen dos medios de transmisión los cuales son los medios guiados y los medios no guiados.

Medios Guiados

Los medios guiados son aquellos que llegan físicamente al transmisor y al receptor. Las ondas están confinadas en un medio sólido como por ejemplo el cable multipar, coaxial, STP, fibra óptica. El propio medio impone limitaciones a la transmisión.

- **Par trenzado**

Consiste en dos cables de cobre aislados y trenzados para reducir la interferencia eléctrica externa y de pares adyacentes. Dos cables paralelos forman una antena. Si se trenzan se reduce la diafonía. Existen algunos tipos como son el cable UTP, cable STP, etc.

- **Cable Coaxial**

Consiste de dos conductores, pero es construido de manera diferente para operar sobre un rango más alto de frecuencias.

Un cable coaxial sencillo tiene un diámetro de 0.4 a 1 pulgada. Su estructura interna consta con una vaina externa que es un aislador plástico que evita el desgaste ante la lluvia y la erosión; una malla que su función es evitar la interferencia electromagnética; y un dieléctrico que da la eficiencia del cable coaxial, mientras más puro sea, es mejor. Su función es impedir el paso de los electrones.

- **Fibra óptica**

La fibra óptica es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que conduce la luz. Se requieren dos filamentos para una comunicación bi-direccional: transmisor

y receptor. El grosor del filamento es comparable al grosor de un cabello humano, es decir, aproximadamente de 0,1 mm. Un cable de fibra óptica está compuesto por: Núcleo, manto, recubrimiento, tensores y chaqueta.

Medios no Guiados

- **Guía de Onda**

Es un medio hueco en su interior construido de aluminio con una impedancia característica de 500 ohms.

Tiene tres modos de transmisión: Transversal Eléctrico (natural 10), Transversal Magnético, y Transversal Electromagnético. Existen generalmente de dos tipos que son guías de ondas cilíndricas y guías de ondas rectangulares.

Una guía de onda sirve para la construcción de antenas y se la aplica en microondas, por lo cual la polarización es un factor importante ya que nos indica el comportamiento del campo eléctrico. La desventaja de una guía de onda es que soporta hasta 70 millas/hora el viento.

- **Ondas de Radio**

Igualmente este medio de transmisión ocupa el aire como medio de propagación, su rango de frecuencias es de 30 MHz a 1 GHz. Sirve para la transmisión de voz, datos, televisión, radio y utiliza antenas omnidireccionales. La frecuencia se divide en bandas para los radioaficionados: A, B y C.

- **Microondas**

Es un medio que permite la transmisión de un punto a otro. Opera en frecuencias mayores a 1 GHz. Las frecuencias de 2 a 4 GHz se dividen en sub bandas: L, X. y emplea antenas direccionales, de rejillas, offset, y parabólicas. Es necesario tener línea de vista y su confiabilidad es del 99% y tiene un retardo de 5 mseg. El uso principal de los sistemas de microondas terrestres son los servicios de telecomunicación de larga distancia

- **Satélites**

Es un sistema electrónico complejo que se encuentra en la zona geoestacionaria o geosíncrona, ubicado a una altura de 36000 Km en la Troposfera, el mismo que debe ponerse en sincronía con la rotación de la Tierra girando a 6879 millas/hora. Tiene una frecuencia ascendente (uplink) y descendente (downlink). La frecuencia de subida es siempre mayor que la frecuencia de bajada debido a la presión presentada en la atmósfera.

Señal Inalámbrica

Una señal inalámbrica debe poseer tres factores importantes los cuales son: rapidez es decir la tasa de datos que puede conseguir; alcance que se refiere a la distancia que se puede colocar las unidades, manteniendo la tasa de datos máxima; y la cantidad, cuantos usuarios pueden existir.

2.3.5 Modulación

Modulación engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias.

Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

Dependiendo del parámetro sobre el que se actúe, tenemos los distintos tipos de modulación:

- Modulación en doble banda lateral (DSB)
- Modulación de amplitud (AM)
- Modulación de fase (PM)
- Modulación de frecuencia (FM)
- Modulación banda lateral única (SSB, ó BLU)

- Modulación de banda lateral vestigial (VSB, VSB-AM, ó BLV)
- Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)
- Modulación por división ortogonal de frecuencia (OFDM), también conocida como 'Modulación por multitono discreto' (DMT)
- Modulación de Espectro ensanchado por secuencia directa(DSSS)
- Modulación por longitud de onda
- Modulación en anillo

Cuando la OFDM se usa en conjunción con técnicas de codificación de canal, se denomina Modulación por división ortogonal de frecuencia codificada (COFDM).

También se emplean técnicas de modulación por impulsos, pudiendo citar entre ellas:

- Modulación por impulsos codificados (PCM)
- Modulación por anchura de pulsos (PWM)
- Modulación por duración de pulsos (PDM)
- Modulación por amplitud de pulsos (PAM)
- Modulación por posición de pulsos (PPM)

Cuando la señal es una indicación simple *on-off* a baja velocidad, como una transmisión en código Morse o radioteletipo (RTTY), la modulación se denomina *manipulación, modulación por desplazamiento*, así tenemos:

- Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)
- Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)
- Modulación por desplazamiento de fase (PSK)
- Modulación por desplazamiento de amplitud y fase (APSK o APK)

La transmisión de radioteletipo (RTTY) puede ser considerada como una forma simple de Modulación por impulsos codificados

Cuando se usa el código Morse para conmutar *on-off* la onda portadora, no se usa el término 'manipulación de amplitud', sino *operación en onda continua (CW)*.

La modulación se usa frecuentemente en conjunción con varios métodos de acceso de canal. Otras formas de modulación más complejas son (PSK),(QAM),(I/Q),(QFSK),etc.

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales

Es una multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK.

Normalmente se realiza la multiplexación OFDM tras pasar la señal por un codificador de canal con el objetivo de corregir los errores producidos en la transmisión, entonces esta multiplexación se denomina COFDM, del inglés *Coded OFDM*.

Debido al problema técnico que supone la generación y la detección en tiempo continuo de los cientos, o incluso miles de portadoras equiespaciadas que forma OFDM, los procesos de multiplexación y demultiplexación se realizan en tiempo discreto mediante la IDFT y la DFT respectivamente.

Características de la modulación OFDM

La multiplexación de portadoras OFDM es muy robusta frente al multitrayecto (*multi-path*), que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y frente a las interferencias de RF.

Debido a las características de esta multiplexación, es capaz de recuperar la información de entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes (*fading*) que llegan al receptor, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia.

Si se compara a las técnicas de espectro expandido como CDMA, OFDM genera una alta tasa de transmisión al dividir el flujo de datos en muchos canales paralelos o subportadoras que se transmiten en igual número de portadoras de banda estrecha y con tiempos de símbolo (uno o varios bits) mayores al caso de

usar banda ancha donde para lograr la misma tasa de transmisión los tiempos de símbolo son más cortos.

Los canales de banda estrecha de OFDM son ortogonales entre sí, lo que evita el uso de bandas de guardas y así proporciona un uso eficiente del espectro. Ya que los desvanecimientos (fading) afectan selectivamente a uno o un grupo de canales, es relativamente simple ecualizarlos en forma individual lo que también se contrapone a la ecualización de un sistema de banda ancha.

Sistemas que utilizan la modulación OFDM

Entre los sistemas que usan la modulación OFDM destacan:

- Las normas de televisión digital terrestre DVB-T e ISDB-T.
- La radio digital DAB
- La radio digital de baja frecuencia DRM
- El protocolo de enlace DSL
- El protocolo de red de área local IEEE 802.11a/g/n, también conocido como Wireless LAN
- El sistema de transmisión inalámbrica de datos WiMAX
- El sistema de transmisión de datos de Power Line Communications (PLC)
- Telefonía móvil 4G LTE

Redes Inalámbricas.

Se la utiliza en los medios no guiados, la transmisión es muy baja, trabaja en el orden de Kbps – Mbps. Existen 3 tipos de redes inalámbricas:

- AD-HOC
- Infraestructura Wireless
- WLAN

Redes AD-HOC

El modo Ad-hoc se utiliza para conectar clientes inalámbricos directamente entre sí, los propios dispositivos inalámbricos crean la red LAN y no existe ningún controlador central ni puntos de acceso.

Una red Ad-hoc consta de un máximo de 9 clientes inalámbricos y es práctica en lugares en los que pueden reunirse pequeños grupos de equipos que no necesitan acceso a otra red.

Ejemplos de entornos en los que podrían utilizarse redes inalámbricas ad hoc serían un domicilio sin red con cable o una sala de conferencias donde los equipos se reúnen con regularidad para intercambiar ideas.

Redes de infraestructura

Es aquella que extiende una red LAN con cable existente para incorporar dispositivos inalámbricos mediante una estación base, denominada punto de acceso. El punto de acceso une la red LAN inalámbrica y la red LAN con cable y sirve de controlador central de la red LAN inalámbrica.

El punto de acceso coordina la transmisión y recepción de múltiples dispositivos inalámbricos dentro de una extensión específica; la extensión y el número de dispositivos dependen del estándar de conexión inalámbrica que se utilice y del producto.

En la modalidad de infraestructura, puede haber varios puntos de acceso para dar cobertura a una zona grande o un único punto de acceso para una zona pequeña, ya sea un hogar o un edificio pequeño.

Redes Wireless.

- **Red WLAN**

Una red de área local por radio frecuencia o WLAN (Wireless LAN) puede definirse como una red local que utiliza tecnología de radiofrecuencia para enlazar los equipos conectados a la red, en lugar de los cables.

Las WLAN han surgido como una opción dentro de la corriente hacia la movilidad universal en base a una filosofía "seamless" o sin discontinuidades, es decir, que permita el paso a través de diferentes entornos de una manera transparente.

Para ser considerada como WLAN, la red tiene que tener una velocidad de transmisión de tipo medio (el mínimo establecido por el IEEE 802.11 es de 1 Mbps, aunque las actuales tienen una velocidad del orden de 2 Mbps), y además deben trabajar en el entorno de frecuencias de 2,45 GHz.

- **Clientes**

Los clientes son aquéllos que se conectan a un nodo de la red. El modo de trabajar con ellos es muy simple: la primera vez se configuran y una vez hecho esto, la conexión se realizará automáticamente en el futuro.

Para la conexión de los clientes al nodo se usa DHCP, un protocolo sencillo y cómodo para el usuario, ya que configura automáticamente los parámetros necesarios y asigna IP, ruta por defecto y servidores de nombres sin la necesidad de que haya configuración manual en la máquina cliente. DHCP es, por otro lado, muy sencillo de configurar en el nodo y las experiencias con él se han ido mostrando satisfactorias.

- **Nodos**

Los nodos forman la infraestructura de la red. Su importancia es capital, porque de hecho son los que nos harán dar el paso de una red de área local a poder formar

una red de área metropolitana. Esto se hace mediante la interconexión de diferentes nodos entre sí.

En las propuestas de redes formadas por grupos Wireless, los nodos serán gestionados por sus dueños, que serán los encargados de configurarlos, suscribirlos a la red y tomar las decisiones de servicio que crean convenientes. Estará en su mano si además de proporcionar acceso a la red local (o metropolitana), ofrecerán acceso a Internet.

- **Spread spectrum.**

Los productos comerciales que utilizan infrarrojo o frecuencias dedicadas, aportan únicamente un tercio del mercado de WLANs. Las otras dos terceras partes transmiten información en bandas del espectro que no requieren autorización para su uso. Estas son las llamadas bandas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM o IMS).

En mayo de 1985, y tras cuatro años de estudios, el FCC (Federal Communications Commission), la agencia Federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas IMS (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en spread spectrum.

Entre ellas, el IEEE 802.11 incluyó en su especificación las frecuencias en torno a 2,4 GHz que se habían convertido ya en el punto de referencia a nivel mundial, la industria se había volcado en ella y está disponible a nivel mundial (debido a que distintas agencias reguladoras del mundo la asignaron para el uso de spread spectrum).

- **Equipos y dispositivos Wireless.**

Las redes inalámbricas hacen uso de la pila de protocolos TCP/IP. El formato de paquetes utilizado es la versión 4 de IP, la que se utiliza mayormente en Internet

en la actualidad. En un futuro, se prevee dar el salto a la versión 6 de IP (IPv6).

Uno de los objetivos que se persiguen para conseguir una red de área metropolitana es que la intervención por parte de los dueños de los nodos para tareas de gestión, administración y configuración tienda a ser mínima.

La solución además debe pasar por el uso de estándares abiertos y por asegurar la escalabilidad de la red. El enrutamiento automático entre nodos se hace en este caso imprescindible si queremos que toda la red sepa de cambios en su topología sin intervención humana directa.

- **Antenas**

El uso de antenas es imprescindible si se quiere ofrecer un servicio de calidad en un radio aceptable. Además, la interconexión entre nodos distantes requerirá el uso de las mismas. De la teoría de antenas sabemos que dependiendo de la zona de cobertura que queramos establecer, se necesita un tipo de antena diferente: omnidireccionales, multidireccionales o unidireccionales.

La distancia depende de la antena (y eventualmente de un amplificador) utilizada: de 2 a 300 metros con una antena omnidireccional; 1 kilómetro con una direccional; de 2 a 3 km con una omnidireccional amplificada (200mW); algunos kilómetros con una antena parabólica 50 a 60 kilómetros con una antena parabólica o direccional amplificada (algunos watios).

Estos datos han sido tomados del Inalámbrico COMO que se referencia al final del documento. Hay que tener en cuenta que la amplificación puede violar las especificaciones FCC/CEPT y otras leyes locales, por lo que hay que procurar tener información concisa sobre la legislación vigente.

Existen antenas prefabricadas que se pueden adquirir en las tiendas especializadas, aunque de modo anecdótico en este documento se va a mostrar un tipo de antena, que podríamos denominar "caseras", y que se "fabrican" a partir de los botes de una conocida marca de patatas fritas. Estas antenas se pueden catalogar como antenas direccionales tipo Yagi, aunque estrictamente hablando sea un híbrido

entre varios tipos de antenas diferentes.

En las siguientes fotografías se plasma cómo son este tipo de antenas. El lector podrá encontrar entre las referencias una a una página web donde se detalla el proceso de "fabricación" de este tipo de antenas.

2.3.7 Estándar IEEE 802.11

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

- **802.11**

Especifica dos velocidades de transmisión teóricas de 1 y 2 Mbps que se transmiten por señales infrarrojas. El estándar original también define el protocolo CSMA/CA como método de acceso. Una parte importante de la velocidad de transmisión teórica se utiliza en las necesidades de esta codificación para mejorar la calidad de la transmisión bajo condiciones ambientales diversas, lo cual se tradujo en dificultades de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas.

- **802.11a**

El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz y utiliza 52 subportadoras OFDM con una velocidad máxima de 54 Mbps, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbps.

Dado que la banda de 2.4 GHz tiene gran uso, el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias.

Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso; esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden

penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

- **802.11b**

802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps y utiliza el mismo método de acceso CSMA/CA definido en el estándar original. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2.4 GHz, debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbps sobre TCP y 7.1 Mbps sobre UDP.

802.11b es usualmente usada en configuraciones punto y multipunto como en el caso de los AP que se comunican con una antena omnidireccional con uno o más clientes que se encuentran ubicados en un área de cobertura alrededor del AP.

- **802.11g**

Este utiliza la banda de 2.4 GHz pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps, o cerca de 24.7 Mbps de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b.

- **802.11n**

En enero de 2004, la IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11 la velocidad real de transmisión podría llegar a los 500 Mbps y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b.

802.11n se construye basándose en las versiones previas del estándar 802.11 añadiendo MIMO. MIMO utiliza múltiples transmisores y antenas receptoras permitiendo incrementar el tráfico de datos.

En el siguiente cuadro se muestra una comparación entre los diferentes protocolos de WLAN.

Protocolo	Frecuencia de Operación	Velocidad Efectiva de Tx (Throughput)	Velocidad teórica de Tx
802.11	2.4 – 2.5 Ghz	1 Mbps	2 Mbps
802.11a	5.15 – 5.8 Ghz	25 Mbps	54 Mbps
802.11b	2.4 – 2.5 Ghz	65 Mbps	11 Mbps
802.11g	2.4 – 2.5 Ghz	25 Mbps	54 Mbps
802.11n	2.4 o 5 Ghz	200 Mbps	540 Mbps

Tabla 4: Protocolos IEEE 802.11
Realizado por: El investigador

2.3.8 Transmisión de datos digitales

La transmisión de datos binarios por un enlace se puede llevar a cabo en modo paralelo o en modo serie.

Transmisión paralela

Agrupando los datos se pueden enviar n bits al mismo tiempo en lugar de uno solo. El mecanismo es conceptualmente sencillo usar n hilos para n bits

Tiene la ventaja de la velocidad, sin embargo este aumenta al multiplicarse el cableado. Se limita habitualmente a distancias cortas.

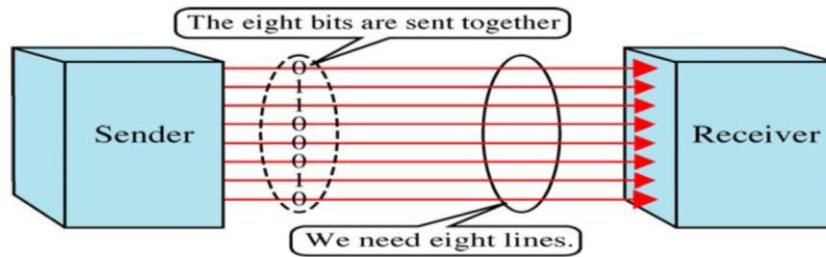


Figura 21: Transmisión Paralela
 Obtenido en <http://www.utomde.com/asigna/redes/MisApuntes6.pdf>

Transmisión serie

En este caso un bit sigue a otro. Puesto que la comunicación dentro de los dispositivos es paralela es necesario usar dispositivos de conversión en la interfaz entre el emisor y la línea.

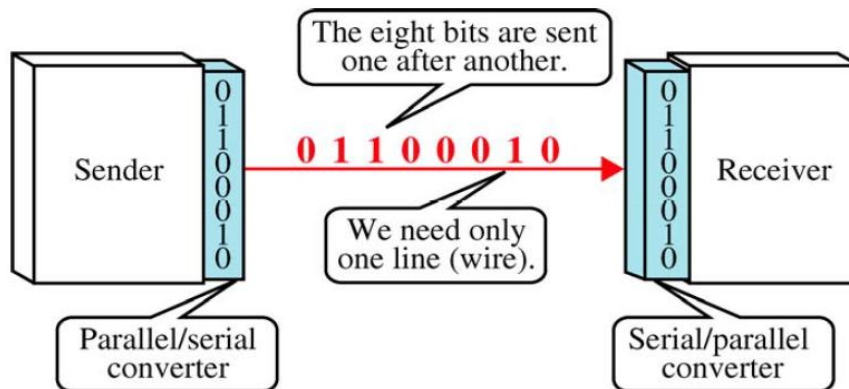


Figura 22: Transmisión Serie
 Obtenido en <http://www.utomde.com/asigna/redes/MisApuntes6.pdf>

La transmisión serie puede llevarse de dos maneras

- **Transmisión asíncrona:** Se denomina así debido a que la temporización de la señal no es importante. En lugar de ella, la información se recibe y traduce siguiendo patrones acordados. Se enviara un bit de inicio (cero) al inicio y uno o mas bits de parada (unos) al final de cada byte. Dentro de cada byte el receptor si debe estar sincronizado. La adición de bits de inicio y parada y de los intervalos de inserción hace que la transmisión sea más lenta. Será importante en conexiones de baja velocidad; por ejemplo de un Terminal a un computador.

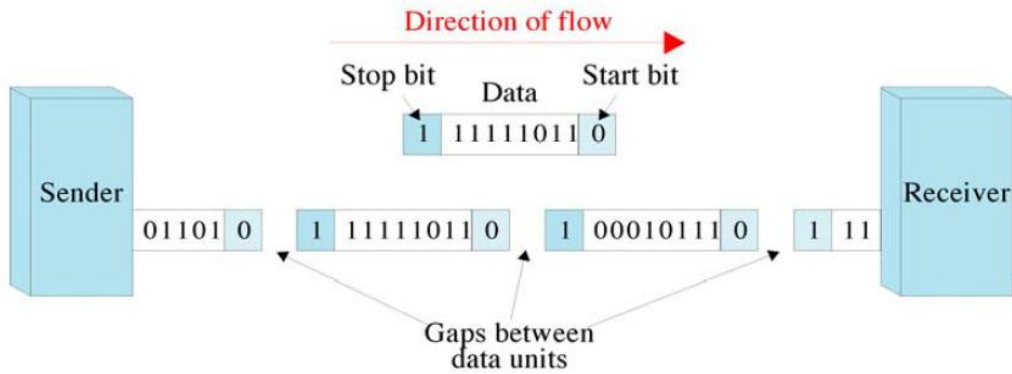


Figura 23: Transmisión Asíncrona
 Obtenido en <http://www.utomde.com/asigna/redes/MisApuntes6.pdf>

- Transmisión síncrona: En este caso se envía un bit detrás de otro sin bits de inicio/parada o intervalos. Es responsabilidad del receptor agrupar bits. Si el emisor desea enviar datos en ráfagas separadas deben rellenarse como una secuencia de ceros y unos que indican vacío.

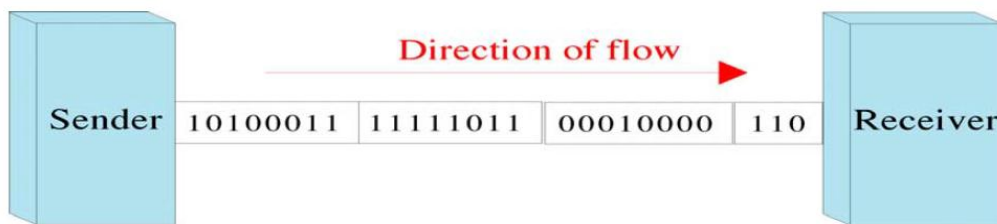


Figura 24: Transmisión Síncrona
 Obtenido en <http://www.utomde.com/asigna/redes/MisApuntes6.pdf>

2.4 Hipótesis

¿El diseño de un enlace inalámbrico optimizará la transmisión de datos entre las sucursales de La Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo?

2.5 Señalamiento de variables de la hipótesis

Variable independiente

Enlace Inalámbrico

Variable dependiente

Transmisión de datos.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo: porque el proceso de la investigación sería conocido por el técnico quien toma las decisiones para solucionar el problema.

3.2 Modalidad básica de la investigación

La investigación es de campo debido a que se acudió a las instalaciones base de las antenas y los hospitales tanto de Riobamba como de Ambato para descubrir las posibles interferencias o dificultades para la interconexión.

Se realizó investigación bibliográfica para obtener conceptos, características, descripción de equipos, etc., a demás para plantear y recopilar datos con simuladores de telecomunicaciones.

Es un proyecto factible porque se procedió a desarrollar el trabajo y variables en un tiempo determinado siempre y cuando SOLCA Núcleo de Quito, que es la matriz cuenta con los recursos necesarios para la implementación ya que con mis años de estudio en la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, estoy capacitado para resolver el problema enunciado en el tiempo estimado.

3.3 Nivel o tipo de investigación

El nivel de investigación para el proyecto se abarcó los niveles: Exploratorio, el cual permitió conocer las características del problema y la realidad a investigarse, el nivel descriptivo en el que se reconoció las variables que comprende el problema a investigarse, el nivel explicativo ayudó a determinar el grado de relación que existe entre las variables, las causas y consecuencias del problema que se llegó a la comprensión de la hipótesis, mediante análisis, síntesis y manejo de la información.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población, motivo de la investigación la conforman dos personas que están al frente administrativa y técnicamente del Hospital Oncológico, el Presidente y Técnico del departamento de sistemas.

3.4.2 Muestra

Como la población es reducida se trabajó con todo el universo.

3.5 Técnicas e instrumentos de investigación

Como instrumento de investigación que se utilizó la entrevista, la misma que permitió la recopilación de información para determinar la factibilidad del proyecto.

Además como técnica de investigación se utilizó la observación, la cual permitió tener contacto con la realidad del problema.

3.6 Operacionalización de las variables

Variable independiente: Enlace Inalámbrico

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BASICOS	TECNICAS INSTRUMENTALES
Es aquella en la que extremos de la comunicación (emisor/receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio.	Emisor/ Receptor Frecuencias de trabajo Modulación	Antenas Computadores Teléfonos móviles Espectro de las microondas, mayores a 1 Ghz. Modulación Señal Analógica Modulación Señal Digital	¿Tiene el hospital algún tipo de red interna o externa para el transporte de información? ¿ Que tipo de enlace se emplea para la transmisión de información entre los hospitales?	Fuentes de información bibliográfica. Entrevista

Tabla 5: Variable Independiente

Realizado por: El investigador

Variable dependiente: Transmisión de datos.

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS BASICOS	TECNICAS INSTRUMENTALES
Intercambio sobre algún medio de transmisión, de información codificada que ha sido o va a ser procesada por algún sistema informático.	Medios de Transmisión. Codificación y proceso de información.	Medios Guiados Medios no guiados. Modulación	¿Qué tipo de medios se emplea para la comunicación entre las sucursales? ¿Qué confiabilidad tiene la información transmitida entre sucursales? ¿Qué tipo de modulación se puede utilizar?	Fuentes de información bibliográfica, Internet. Entrevista

Tabla 6: Variable Dependiente

Realizado por: El investigador

3.7 Recolección de información

El Ing. José Caicedo, director del departamento de sistemas de la Unidad Oncológica Solca es el que proporcionó la información de la situación actual de cada uno de los hospitales, entregando el diagrama de la red actual y las exigencias para el futuro proyecto de investigación.

Finalmente se realizó una recolección de datos y una validación de los mismos para descartar información incorrecta que puede afectar al resultado final de la investigación.

3.7.1 Plan para recolectar la información

- Definición de sujetos o personas que van a ser investigados (presidente, técnico).
- Selección de la técnica (encuesta o entrevista).
- Instrumentos (entrevista).

PREGUNTAS BASICAS	EXPLICACION
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación
2. ¿De qué personas u Objetos?	Hospitales
3. ¿Sobre qué aspectos?	Enlace inalámbrico
4. ¿Quién? ¿Quiénes?	Presidente administrativo, Técnico de Sistemas
5. ¿Cuándo?	Julio 2011 – Enero 2012
6. ¿Dónde?	SOLCA Tungurahua y Chimborazo
7. ¿Qué técnicas de recolección?	Observación, entrevista.
8. ¿Con qué?	Guías de Observación, entrevista.

Tabla 6: Recolección de información

Realizado por: El investigador

3.8 Procesamiento de la información

Una vez aplicados los procedimientos y analizada la validez de la información se procedió a la ubicación de los sitios de transmisión, donde se estableció cuales van hacer los nodos primarios y secundarios. Se realizó el análisis integral en base a juicios críticos desprendidos del marco teórico, objetivos y variables de la investigación y juicios técnicos obtenidos de los datos tomados en el proceso investigativo.

A continuación se realizó las conclusiones y recomendaciones, que organizadas lógicamente permitieron dar solución al problema plateado.

Finalmente como parte fundamental de la investigación crítica y propositiva se estructuró la propuesta pertinente al tema de investigación, enfocada al diseño de un enlace inalámbrico utilizando el estándar IEEE 802.11N (WI-FI N) para la transmisión de datos entre las sucursales de Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.

3.8.1 Análisis de interpretación

- Análisis de resultados.
- Interpretación.
- Comprobación de la hipótesis.
- Conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV

Análisis e Interpretación de Resultados

Con la entrevista realizada al jefe del departamento de sistemas, se obtuvo los datos necesarios, los cuales fueron analizados e interpretados de una manera lógica para obtener los resultados que reflejen la problemática.

Al final de la entrevista realizada al Ingeniero José Caicedo, se realizó una interpretación sobre la problemática investigada.

La presentación de la situación actual de la red, nos proporcionó la información para identificar los equipos disponibles y los que se requiere para una correcta comunicación entre las sucursales.

4.1 Entrevista realizada al Técnico de Sistemas

Resultados de la entrevista realizada al Técnico del Departamento de Sistemas de la Unidad Oncológica SOLCA Tungurahua.

1.- ¿Tiene el hospital algún tipo de red de comunicación interna o externa para el transporte de información?

El hospital tiene una óptima red local (LAN) de comunicación entre sus departamentos, así como también un enlace vía fibra óptica con la matriz, ubicada en la ciudad de Quito.

2.- ¿La comunicación actual es eficiente entre las 2 sucursales?

No tienen al momento comunicación con la otra sucursal, por la inexistencia de un enlace y debido a la construcción de las nuevas instalaciones de Solca Chimborazo.

3.- ¿Qué tipo de información se transmite entre los hospitales?

Lo más importante en este momento, es compartir el sistema médico. Explicó que es un programa vinculado a una base de datos que guarda información de todas las actividades dentro del Hospital, donde se realiza la facturación, fichas médicas, inventarios, etc.

4.- ¿Con qué frecuencia se requiere la comunicación entre Solca Tungurahua y Solca Chimborazo?.

El horario de atención, es de 07H30 a 16H00 de Lunes a Viernes, donde se resuelve que requiere horario permanente para el fluido de información.

5.- ¿Qué tan veloz es la transferencia de información?

La sucursal de Solca Tungurahua cuenta con 2 mbps de ancho de banda por fibra óptica, eso es bueno, en cambio la sucursal de Solca Chimborazo no posee conexión a internet, que da como resultado que no existe transferencia de información.

6.- ¿Consta el hospital con computadores o dispositivos para comunicación?

El esquema de red acoplado a las instalaciones del hospital, constan de 68 computadores de escritorio entre los departamentos, además el cuarto frío donde se sitúa el rack de comunicaciones y el servidor.

7.- ¿Satisface la comunicación actual a todas las necesidades o requerimientos?

Si no se comparte el Sistema médico adecuadamente, no se logra la meta deseada, y en este momento la comunicación actual no cumple, ni satisface todas las necesidades.

Interpretación

El Director del Departamento de Sistemas de la Unidad Oncológica Solca Tungurahua explicó que el hospital consta de una red LAN de comunicación, así como un enlace vía fibra óptica a la ciudad de Quito.

Al momento no tienen comunicación con la otra sucursal, por la inexistencia de un enlace o sistema de comunicación, donde si no se comparte el Sistema médico adecuadamente, no se logra los requerimientos necesarios para un sistema de comunicación.

Al terminar la construcción de la entidad médica en la ciudad de Riobamba, lo más importante es compartir el sistema médico, es un programa vinculado a una base de datos que guarda información de todas las actividades dentro del Hospital, lo cual es necesario que el sistema de comunicación debe estar disponible permanentemente.

Solca Tungurahua mantiene comunicación con la matriz por fibra óptica, en cambio la sucursal de Solca Chimborazo no posee ningún tipo o medio de transmisión, lo que da como resultado, que no existe transferencia de información.

4.2 Situación actual de la Red de Solca Tungurahua.

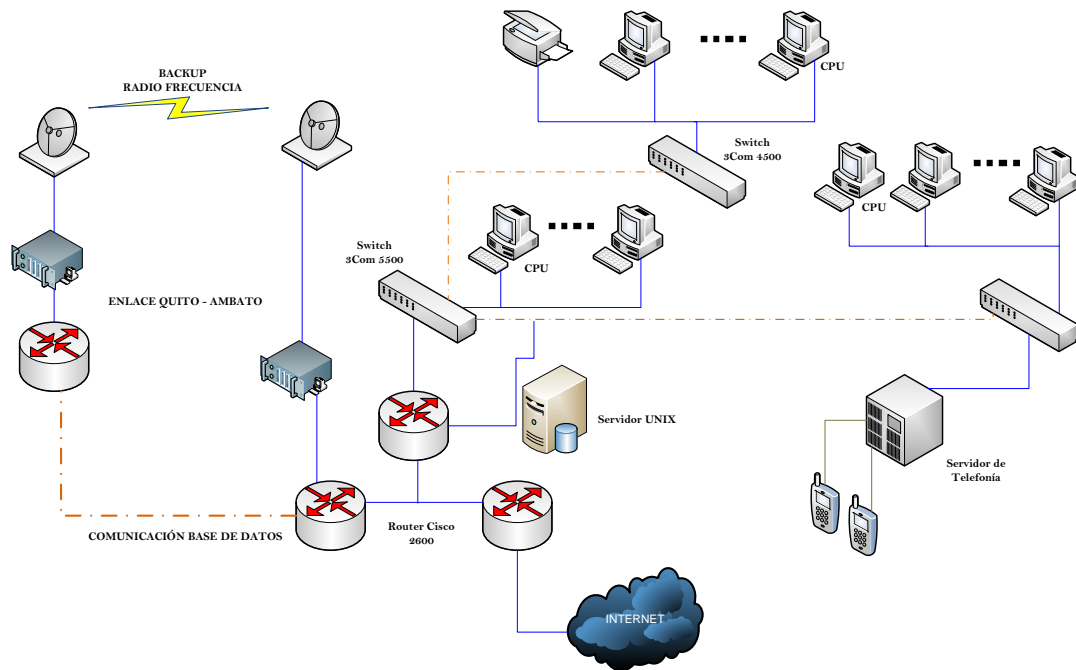


Figura 25: Situación actual de la red de Solca Tungurahua
Realizado por el Investigador

La situación actual de la red de Solca Tungurahua consta principalmente de un enlace desde la ciudad de Quito mediante fibra óptica y con backup de Radio-enlace, el ancho de banda es de 2 mbps, y está conectado al router.

Tienen como ISP a Telconet, empresa responsable del enlace y sus configuraciones, además tienen otro router, encargado de habilitar los puntos de red a todas las computadoras, y un servidor en UNIX .

Las computadoras están conectadas a un switch por sección, en total 3 secciones, la cual se comparten internet, impresoras, documentos, el sistema médico y el servidor de telefonía.

Por su parte Solca Chimborazo, debido a que está en un establecimiento parcialmente arrendado, hasta terminar la infraestructura propia, no consta de ningún esquema de red, internet, teniendo la vía telefónica como único medio de comunicación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Luego de haber aplicado la entrevista, la observación, y situación actual de las comunicaciones en la empresa se pudo concluir lo siguiente:

- Se ha concluido, que las entidades médicas, no cuentan con un sistema de comunicación que les permita la conexión directa entre ellas.
- Debido a los costos de implementación, se descarta un enlace por un medio guiado como la fibra óptica.
- Se concluye que el radioenlace es la principal propuesta para dar solución al problema.
- La infraestructura en Solca Tungurahua y Solca Chimborazo, es apta para poder realizar un proyecto de comunicaciones.
- Los equipos y dispositivos que existe en el establecimiento, no son suficientes para la transmisión de información.
- El sistema médico es lo más importante a compartir, por ende no se requiere un gran ancho de banda.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar un estudio de factibilidad de un enlace inalámbrico para la transmisión de datos.
- Es recomendable tomar en cuenta la altura de los edificios para la colocación y diseño de las alturas de las antenas.
- Se debe tomar en cuenta un ISP para la sucursal de Riobamba, debido a que no se va a compartir el internet por el radio enlace de Solca Ambato.
- Las frecuencias con las que se opere deberán ser libres para abaratar costos, utilizando la banda de los 5.8 Ghz, debido a que la banda de 2.4 Ghz está saturada y tiene más interferencias.
- Se deberá conseguir una tecnología viable para el enlace punto a punto, que no desperdicie recursos, y por ende sea preciso en su utilidad y costo.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

Después de haber realizado el respectivo análisis del sistema de red con el cual trabajan las sucursales Solca Tungurahua y Solca Chimborazo, se ha determinado, que no cuentan con un sistema de comunicación que les permita la conexión directa entre ellas. Por lo cual requiere de un estudio de factibilidad de un enlace inalámbrico para la transmisión de datos, utilizando equipos de telecomunicaciones WIFI, dando como resultado la solución al problema anteriormente planteado.

6.1 Datos informativos

a) Tema de la Propuesta:

“Enlace inalámbrico para la transmisión de datos entre las sucursales de La Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.”

b) Ubicación:

Provincias: Tungurahua y Chimborazo

Cantones: Ambato y Riobamba.

c) Cobertura: Unidades Oncológicas Solca sede Tungurahua y Chimborazo.

d) Beneficiarios: Administración y trabajadores de la Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.

e) Tutor: Ing. Julio Cuji.

f) **Autor:** Diego Roberto Quesada Revelo

6.2 Antecedentes de la propuesta

En la actualidad, Solca Tungurahua y Solca Chimborazo presentan la inexistencia de cualquier tipo de comunicación entre ellas para la transmisión de datos, pues no existe ningún proyecto de estas características realizado en la misma, sin embargo se puede resaltar un radioenlace existente que funciona como Backup de un enlace mediante fibra óptica para la comunicación ininterrumpida entre Solca Núcleo de Quito y Solca Tungurahua, siendo el único proyecto de radioenlace existente hasta el momento.

La red implementada en la Unidad Oncológica SOLCA Tungurahua, consta de una LAN (red de área local), una WAN (red de área metropolitana), la cual se procederá a ampliar el rango de direccionamiento para la red nueva a implementar.

6.3 Justificación

Gracias a la tecnología que avanza a pasos agigantados, permite mejorar los sistemas de comunicación entre entidades localizadas en distintas ciudades, mejorando el rendimiento y transmisión de información.

La utilidad que nos brinda un enlace inalámbrico, es ilimitado para su costo beneficio, poniendo a los estándares inalámbricos como los más factibles para las empresas que requieren compartir información.

No así la fibra óptica, que por motivos económicos y de compleja instalación, es una tecnología descartada para nuestro proyecto.

El proyecto planteado a continuación, sirve para cubrir las demandas actuales y futuras para la transmisión de datos entre las sucursales, ya que por este medio se mejorará la utilidad de los recursos existentes en beneficio de una mayor cobertura y comunicación, sin perjudicar la conexión y utilidad del internet implementado actualmente.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo General

Diseñar un enlace inalámbrico para la transmisión de datos entre las sucursales de la Unidad Oncológica Solca Tungurahua y Solca Chimborazo.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la tecnología inalámbrica que mejor se adapte a las necesidades de comunicación del hospital de Solca.
- Elaborar un estudio de los equipos de comunicación requeridos para el enlace entre las sucursales del hospital de solca.
- Estructurar el esquema de la red WAN para la óptima comunicación entre todos los puntos del enlace.

6.5 Análisis de Factibilidad

Factibilidad Operativa

Desde el punto de vista operativo la propuesta es factible debido a que las instituciones escogidas cuentan con la infraestructura física y recursos adecuados para la instalación de los componentes de la red y la seguridad de las mismas.

Adicionalmente los lugares donde se requiere la colocación de los equipos para la realización de los enlaces, están disponibles.

Factibilidad Técnica

La propuesta es factible ya que los equipos y demás recursos tecnológicos necesarios están al alcance en la forma local o importándolo por medio de empresas locales distribuidoras.

Factibilidad Económica

La propuesta desde el punto de vista económico es factible, debido a que es una necesidad relevante para la cadena de sucursales a nivel de la zona central del país, donde la matriz, situada en Quito mantiene la distribución de recursos económicos para los demás establecimientos médicos.

6.6 Metodología

Una vez identificado el problema, causas y consecuencias, se procede a desarrollar la fundamentación del mismo, para dar la respectiva solución, lo cual seguiremos el siguiente diagrama, figura 26 presentada a continuación:

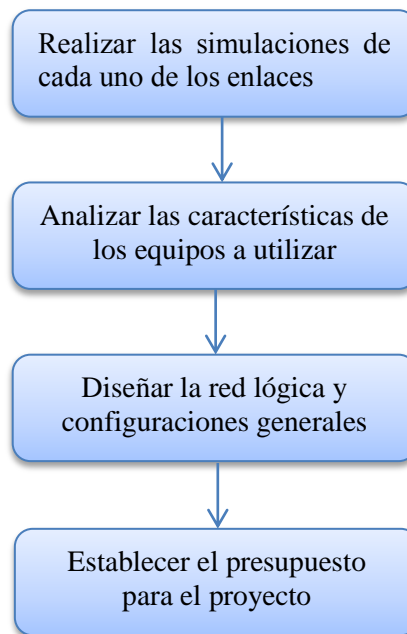


Figura 26: Metodología

Realizado por: El investigador

6.7 Fundamentación

6.7.1 Tecnologías Inalámbricas

El término "inalámbrico" hace referencia a la tecnología sin cables que permite conectar varias máquinas entre sí. Las conexiones inalámbricas que se establecen

entre los empleados remotos y una red confieren a las empresas flexibilidad y prestaciones muy avanzadas.

Se mide en Mbps. Un Mbps es un millón de bits por segundo, o la octava parte de un MegaByte por segundo - MBps. (Recordemos que un byte son 8 bits.)

6.7.2 Clases de redes inalámbricas

a) ¿Que es Bluetooth?

Bluetooth es una frecuencia de radio de disponibilidad universal que conecta entre sí los dispositivos habilitados para Bluetooth situados a una distancia de hasta 10 metros. Permite conectar un ordenador portátil o un dispositivo de bolsillo con otros ordenadores portátiles, teléfonos móviles, cámaras, impresoras, teclados, altavoces e incluso un ratón de ordenador.

- **¿Qué ventajas aporta?**

Permite conectar de forma rápida y sencilla los dispositivos habilitados para Bluetooth entre sí y de este modo crear una red de área personal (PAN) en la que es posible combinar todas las herramientas de trabajo principales con todas las prestaciones de la oficina. El uso de una red de igual a igual Bluetooth permite intercambiar archivos en reuniones improvisadas con suma facilidad y ahorrar tiempo imprimiendo documentos sin necesidad de conectarse a una red fija o inalámbrica. Con Bluetooth, se puede hacer actividades de inmediato como imprimir un informe desde el escritorio mediante cualquier impresora habilitada para Bluetooth dentro del radio, sin cables, sin problemas y sin moverse siquiera.

b) ¿Qué es Wi-Fi?

Es una tecnología que permite, que un dispositivo electrónico intercambie datos de forma inalámbrica (mediante ondas de radio) a través de una red de ordenadores, incluyendo las conexiones a Internet de alta velocidad. Wi-Fi se define como cualquier red de área local inalámbrica (WLAN), y sus productos son

basados en el estándar del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11.

En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación b o g, sin embargo ya se ha ratificado el estándar 802.11n que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. En el mercado ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables). El estándar 802.11n hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 Ghz y 5,4 Ghz.

El estándar 802.11n es una ratificación que mejora los previos estándares 802.11 añadiendo la tecnología MIMO que son antenas Multiple-Input Multiple-Output, unión de interfaces de red (Channel Bonding), además de agregación de marco a la capa MAC.

- MIMO genera cuatro canales de tráfico simultáneos de 72.2 Mbps para enviar y recibir datos a través de la incorporación de varias antenas.
 - Channel Bonding, también conocido como canal 40 MHz, puede usar simultáneamente dos canales separados no superpuestos de 20 MHz, lo que permite incrementar enormemente la velocidad de datos transmitidos.
 - Uso simultáneo de las bandas de frecuencia de 2,4 Ghz y de 5,4 Ghz que hace que sea compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de Wi-Fi.
-
- **¿Qué ventajas aporta?**

Donde haya una red Wi-Fi, existe un portal de información y comunicación. La incorporación de una red WLAN a la oficina proporciona una mayor libertad y favorece la versatilidad del entorno de trabajo tradicional. Ahora bien, estas posibilidades no se limitan a la oficina, y cada vez aparecen más redes WLAN en lugares como cybers, restaurantes, hoteles y aeropuertos, lo que permite a los usuarios acceder a la información que necesitan. Acceda a la red de la empresa y obtenga las respuestas que necesite, en el momento preciso. Wi-Fi pone a su disposición un acceso a Internet sin igual.

c) ¿Qué es la tecnología WIMAX?

Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados.

El único organismo habilitado para certificar el cumplimiento del estándar y la interoperabilidad entre equipamiento de distintos fabricantes es el Wimax Forum: todo equipamiento que no cuente con esta certificación, no puede garantizar su interoperabilidad con otros productos.

Características principales de WiMAX:

- Capa MAC con soporte de múltiples especificaciones físicas (PHY).
- Distancias de hasta 50 kilómetros (teórica).
- Velocidades de hasta 70 Mbps.
- Facilidades para añadir más canales.
- Anchos de banda configurables y no cerrados.
- Soporte nativo para *calidad de servicio* (QoS).

El soporte nativo para QoS consiste en una reserva (cuando se necesita) de ancho de banda para una aplicación determinada, y es imprescindible para Voz sobre IP o ciertas aplicaciones multimedia, por ejemplo.

- En la práctica, actualmente las redes WiMAX se dividen en dos:
- WiMAX fija, bajo el protocolo 802.16d, que funciona mediante antenas fijas (similares a las de TV). En Europa trabaja en la banda de 3.5 GHz, con una velocidad máxima de 75 Mbps y un rango de hasta 10 Km.
- WiMAX móvil, bajo el protocolo 802.16e, que trabaja en la banda de 2 - 3 GHz, con una velocidad máxima de 30 Mbps y un rango de hasta 3.5 Km.

d) ¿Qué es la tecnología GPRS?

GPRS es la sigla de General Packet Radio Services (servicios generales de paquetes por radio). A menudo se describe como "2,5 G", es decir, una tecnología entre la segunda (2G) y la tercera (3G) generación de tecnología móvil digital. Se transmite a través de redes de telefonía móvil y envía datos a una velocidad de hasta 114 Kbps. El usuario puede utilizar el teléfono móvil y el ordenador de bolsillo para navegar por Internet, enviar y recibir correo, y descargar datos y soportes. Permite realizar videoconferencias con sus colegas y utilizar mensajes instantáneos para charlar con sus familiares y amigos, esté donde esté. Además, puede emplearse como conexión para el ordenador portátil u otros dispositivos móviles.

e) ¿Qué es la tecnología 3G?

Al igual que GPRS, la tecnología 3G (tecnología inalámbrica de tercera generación) es un servicio de comunicaciones inalámbricas que le permite estar conectado permanentemente a Internet a través del teléfono móvil, el ordenador de bolsillo, el Tablet PC o el ordenador portátil. La tecnología 3G promete una mejor calidad y fiabilidad, una mayor velocidad de transmisión de datos y un ancho de banda superior (que incluye la posibilidad de ejecutar aplicaciones multimedia). Con velocidades de datos de hasta 384 Kbps, es casi siete veces más rápida que una conexión telefónica estándar.

- **¿Qué ventajas aporta?**

Se dice que los usuarios de GPRS y 3G están "siempre conectados", dado que con estos métodos de conexión tienen acceso permanente a Internet. Mediante los mensajes de texto cortos, los empleados de campo pueden comunicar su progreso y solicitar asistencia. Los ejecutivos que se encuentran de viaje pueden acceder al correo electrónico de la empresa, de igual modo que puede hacerlo un empleado de ventas, que también puede consultar el inventario. Puede automatizar su casa o su oficina con dispositivos GPRS y 3G supervisar sus inversiones.

f) ¿Qué es IrDA?

Esta tecnología, basada en rayos luminosos que se mueven en el espectro infrarrojo.

Los estándares IrDA soportan una amplia gama de dispositivos eléctricos, informáticos y de comunicaciones, permite la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9.600 bps y los 4 Mbps.

Esta tecnología se encuentra en muchos ordenadores portátiles, y en un creciente número de teléfonos celulares, sobre todo en los de fabricantes líderes como Nokia y Ericsson.

g) ¿Qué es IDERLAND?

Este estándar hiperland tubo su origen en el proyecto WAND (demostrador de red ATM inalámbrica) que fue parte del programa de servicios y de tecnologías de comunicaciones avanzadas (ACTS), fue diseñado teniendo en cuenta los requerimientos de una red multimedia inalámbrica, la cual debe cumplir con los requisitos de calidad y servicio

¿Cuál es la diferencia entre una red Wi-Fi y Wi-Max?

Hace años atrás una red Wi-Fi, red ad hoc podía ser establecida por cualquiera para conectar la casa con la oficina, mientras que Wimax estaba diseñado para cubrir una ciudad entera a través de estaciones base dispersas alrededor del área metropolitana.

Hoy en día con el nuevo estándar 802.11N Wifi es posible realizar lo que antes era solo posible por WIMAX, debido que en la actualidad WIMAX y WIFI tratan de una especificación para las redes de acceso metropolitanas inalámbricas de banda ancha fijas debido a su flexibilidad de uso, su alta velocidad de transferencia y el rango de alcance, lo cual es un requisito vital para gestionar el diseño del enlace entre las ciudades a tomar en cuenta a nuestro proyecto.

La tecnología con la que se procederá a realizar el diseño de nuestra propuesta es WIFI, opción seleccionada por los siguientes motivos:

- WIMAX es una especificación utilizada más para redes punto – multipunto, debido a su gran cobertura, la cual este servicio resulta desperdiciado para la implementación de este proyecto.
- La implementación WIMAX es rentable cuando se quiere utilizar frecuencias ‘especiales’ fuera de los 2,4 y 5 GHz que no admite el 802.11N.
- El 802.11N tiene una modulación OFDM más avanzada que el 802.16d, permitiendo la tecnología MIMO ofreciendo una mayor velocidad.
- El WIMAX cuando opera en frecuencias muy altas da grandes tasas de velocidad sin embargo, reduce significativamente la cobertura.
- El estándar 802.11n, reduce su velocidad al aumentar el tráfico. Utilizándose en las mismas frecuencias, WIMAX ofrece 80 Mbps máximos teóricos y el 802.11n hasta 300Mbps.
- En la compatibilidad, los equipos 802.11N entre si es casi total, ya que se certifican sobre las frecuencias de 2,4 y 5 GHz Además pueden operar junto a equipos con tecnologías inferiores (802.11a/b/g). Por ejemplo, equipos 802.11N de Cisco, D-Link, Netgear, Apple, Intel, Crotalus, etc. pueden operar conjuntamente en una misma red sin ningún tipo de problema.

6.7.3 Análisis de los Equipos de Comunicación

Para realizar un análisis de los equipos de comunicación, es necesario primero ver los factores que intervienen para una previa clasificación, debido a que tenemos componentes especializados para cada tarea o trabajo, como por ejemplo: Usar una antena sectorial, o una direccional. Para nuestro caso, una antena sectorial no es una opción, sino que debemos buscar antenas direccionales y con una alta

ganancia. A continuación es procedente nombrar varios de los productos que serían aptos para el enlace de transmisión/recepción.

a) Antenas

- Rocket dish 30dBi.
- Antena de Grilla HG5822G

b) Radios

- Rocket M5
- RouterBoard 411/433 con tarjeta mini PCI RB52 para radios.
- Motorola PTP58600 Equipo integrado completo.

6.7.3.1 Antenas

a) RocketDish 5G-30

La antena ROCKET DISH de 30 dBi puede ser acoplada instantáneamente con el Rocket M5 para crear un potente Bridge inalámbrico punto a punto MIMO 2x2. La base de montaje para el Rocket M y los pigtails se incluyen con la antena. Las antenas Rocket Dish 30 dBi pueden optimizar el rendimiento de los Rocket M5. Esto se debe a que tanto el Rocket M como el Rocket Dish 30 dBi desde su concepción fueron planeados para operar juntos de modo transparente, simplemente se desliza en el montaje específicamente diseñado para este propósito.

Permiten la unión mediante enlaces punto a punto de zonas bastante alejadas entre sí. Es de esperarse que las antenas rocket dish 30 dBi cubran distancias de hasta más de 50km con los equipos necesarios que desarrollen la suficiente potencia para tan largo alcance.

Las antenas Rocket Dish 30 dBi presentan una elevada resistencia al viento. Existen pruebas en las que se trabajó a más de 120 Km/h dando buenos resultados. Esta resistencia de la antena Rocket Dish 30 dBi permite una mayor estabilidad y seguridad en cuanto a transferencia de datos en la red se refiere.



Figura 27: Rocket Dish

Obtenido en: http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketmgps/Rocket_M_GPS_Datasheet.pdf

b) Antena de Grilla HG5822G

La antena semi parabólica con reflector de rejilla de alto desempeño HyperGain® HG5822G provee 22Bdi de ganancia con un lóbulo de irradiación de 10 grados para aplicación horizontal o vertical.

Esta antena tiene reflector de rejilla de aluminio fundido inoxidable para excelente fortaleza y ligera en peso. Las dos piezas del reflector de rejilla de la antena la hacen simple para ensamblar y reducir costos de envío. La superficie de la rejilla tiene una capa de polvo ultravioleta (UV) para durabilidad y estética. El diseño de aberturas en el cuerpo de la rejilla, minimiza la carga del viento.

Como principales características tenemos que es una antena profesional de 22dBi que incluye el soporte de montaje de acero pesado, un conector N hembra y es compatible con dispositivos 802.11 de 5.8Ghz UNII, ISM.

Antena profesional de 22 dBi

Soporte de montaje de acero pesado.

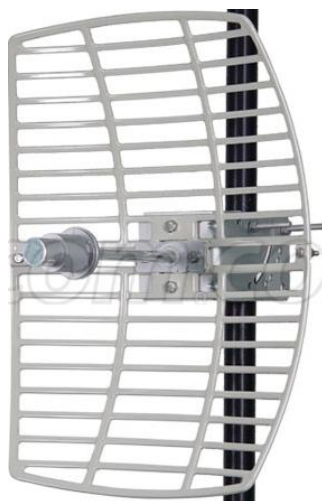


Figura 28: Antena de Grilla HG5822G

Obtenido en: <http://www.diazcomunicaciones.com/tienda/antena-grilla-22dbi-58ghz-hyperlink-hg5822g-p-200.html>

6.7.3.2 Radios

a) Rocket M5: Frecuencias de Operación: 5470-5825 MHz



Figura 29: Rocket M5

Obtenido en: Datasheet Rocket M5

Rocket es el radio base airMAX 2x2 MIMO. Es muy resistente, de alta potencia y de mayor rendimiento como receptor. Cuenta con increíbles características de rendimiento (hasta 50 km) y de velocidad (150 Mbps reales). El dispositivo fue diseñado

específicamente como estación base airMAX punto multipunto y para enlaces de larga distancia con la antena tipo airMAX de 30 dBi.

Viene con la v5 del firmware AirOs.

Especificaciones técnicas:

En el anexo 3 está la hoja de datos técnicos (datasheet) del Rocket M5.

Tipo procesador: Atheros MIPS 4KC, 400MHz

Memoria: 64MB SDRAM, 8MB Flash

Interfaz de red: 1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface

Cumple con RoHS: Sí

TX Power: 27dBm (Max)

RX Sensitivity: -96dBm (max)

Antena: No tiene antena integrada, tiene 2 conectores SMA RP Hembra

TCP/IP Throughput: 150Mbps

Consumo máximo: 8W

Fuente alimentación: 24V, 1A (24 Watts). Supply and injector included

Tipo alimentación: POE (pairs 4,5+; 7,8 return)

Temperatura de trabajo: -30C to 75C

Peso: 0.5 kg

Especificaciones Transmisor/ Receptor Rocket M5

Rocket M5 / M5 GPS - Operating Frequency 5470-5825 MHz*							
OUTPUT POWER: 27 dBm							
5 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5 GHz RX POWER SPECIFICATIONS			
	DataRate	Avg. TX	Tolerance		DataRate	Avg. TX	Tolerance
11a	6-24 Mbps	27 dBm	+/- 2 dB	11a	6-24 Mbps	-94 dBm min	+/- 2 dB
	36 Mbps	25 dBm	+/- 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	+/- 2 dB
	48 Mbps	23 dBm	+/- 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	+/- 2 dB
	54 Mbps	22 dBm	+/- 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	+/- 2 dB
11n / AirMax	MCS0	27 dBm	+/- 2 dB	11n / AirMax	MCS0	-96 dBm	+/- 2 dB
	MCS1	27 dBm	+/- 2 dB		MCS1	-95 dBm	+/- 2 dB
	MCS2	27 dBm	+/- 2 dB		MCS2	-92 dBm	+/- 2 dB
	MCS3	27 dBm	+/- 2 dB		MCS3	-90 dBm	+/- 2 dB
	MCS4	26 dBm	+/- 2 dB		MCS4	-86 dBm	+/- 2 dB
	MCS5	24 dBm	+/- 2 dB		MCS5	-83 dBm	+/- 2 dB
	MCS6	22 dBm	+/- 2 dB		MCS6	-77 dBm	+/- 2 dB
	MCS7	21 dBm	+/- 2 dB		MCS7	-74 dBm	+/- 2 dB
	MCS8	27 dBm	+/- 2 dB		MCS8	-95 dBm	+/- 2 dB
	MCS9	27 dBm	+/- 2 dB		MCS9	-93 dBm	+/- 2 dB
	MCS10	27 dBm	+/- 2 dB		MCS10	-90 dBm	+/- 2 dB
	MCS11	27 dBm	+/- 2 dB		MCS11	-87 dBm	+/- 2 dB
	MCS12	26 dBm	+/- 2 dB		MCS12	-84 dBm	+/- 2 dB
	MCS13	24 dBm	+/- 2 dB		MCS13	-79 dBm	+/- 2 dB
	MCS14	22 dBm	+/- 2 dB		MCS14	-78 dBm	+/- 2 dB
MCS15	21 dBm	+/- 2 dB	MCS15	-75 dBm	+/- 2 dB		

Figura 30: Especificaciones técnicas de Rocket M5

Obtenidos en: http://dl.ubnt.com/datasheets/rocketmgps/Rocket_M_GPS_Datasheet.pdf

b) R52Hn

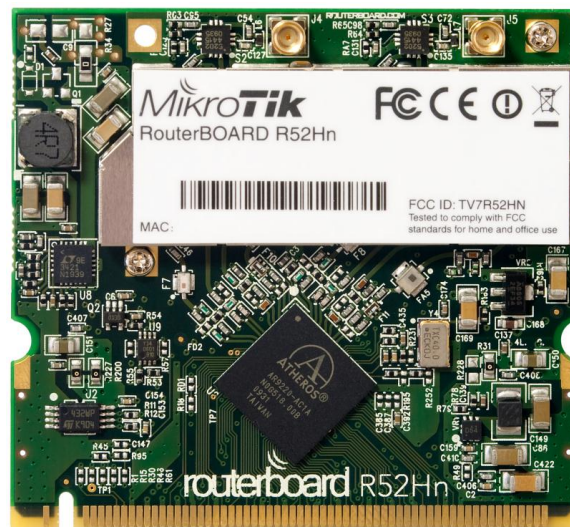


Figura 31: Radio R52Hn

Obtenidos en: <http://routerboard.com/R52Hn>

RouterBOARD R52Hn adaptador de red miniPCI 802.11a/b/g/n que proporciona un rendimiento líder en ambas bandas de 2 GHz y 5 GHz, soportando hasta velocidades físicas de datos 300 Mbps y hasta 200 Mbps de rendimiento para el usuario real en el enlace ascendente y descendente.

802.11n en su dispositivo inalámbrico proporciona un mayor rendimiento para las actividades diarias tales como transferencias de archivos en red local, navegación por Internet, y streaming de medios de comunicación.

R52Hn tiene un transmisor de alta potencia, con lo que aún más amplia.

Características

- IEEE 802.11a/b/g/n banda dual estándar
- Potencia de salida de hasta 25dBm @ a / g / n Banda
- Soporte para hasta 2x2 MIMO con multiplexación espacial.
- Cuatro veces el rendimiento de 802.11a/g.
- Atheros AR9220, un chipset

- Tarifas y 200 Mbps de rendimiento para el usuario actual con bajo consumo de energía.
- 2x Conector de antena MMCX
- Modulaciones: OFDM: BPSK, QSPK, 16 QAM, DSSS: DBPSK, DQSPK, CCK
- Las temperaturas de funcionamiento: -40 grados C a 70 grados C
- Inactivo 0.4W de consumo de energía
- Numero máximo de 7w de consumo de energía.
- MinPCI IIIA diseño(3mm mas largo que el MiniPCI IIIA)
- Disipador de calor de 1,5mm 3mm de grosor de blindaje RF(radio frecuencia)

c) Motorola PTP58600 Equipo full integrado



Figura 32: Radio Motorola PTP58600
Obtenidos en: Datasheet PTP54600 & PTP58600

Los enlaces Ethernet inalámbricos Punto-a-Punto PTP 58600 de Motorola combinan la velocidad y confiabilidad de la tecnología inalámbrica licenciada con la flexibilidad del espacio no licenciado. Los sistemas funcionan en las bandas de 5.4 y 5.8 GHz a una tasa de datos Ethernet de hasta 300 Mbps (agregado) y ofrecen una disponibilidad de enlace de hasta el 99,999% en prácticamente cualquier entorno: sin línea de vista, con línea de vista y con gran interferencia. Los enlaces ofrecen una sólida conectividad en cualquier ubicación donde el alto

rendimiento sea uno de los requerimientos más importantes y/o se requiera capacidad T1/E1 simple o dual.

Mediante la exclusiva combinación de tecnologías de Motorola, el radio PTP 58600 mejora el rendimiento del enlace en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo sustitución de T1/E1, Voz sobre IP, video vigilancia, aprendizaje a distancia, telemedicina y backhaul de alta capacidad. En el Anexo 5 se adjunta las especificaciones técnicas completas del equipo integrado PTP58600.

Especificaciones

Tecnología de radio	Observaciones
Banda RF	5.470 GHz–5.725 GHz ¹ 5.725 GHz–5.850 GHz ¹
Tamaño de canal	Configurable en 5, 10, 15 ó 30 MHz
Selección de canal	Selección dinámica de frecuencia inteligente (<i>i</i> -DFS, por sus siglas en inglés) o intervención manual; selección automática durante el encendido y adaptación continua para evitar interferencias
Potencia de transmisión	Varía según modo de modulación y configuración en hasta 25 dBm ²
Ganancia del sistema	Integrado: Varía según modo de modulación; hasta 168 dB si se utiliza antena integrada de 23 dBi ² Conectorizado: Varía según modo de modulación y tipo de antena ²
Sensibilidad del receptor	Adaptativa, varía entre -98 dBm y -58 dBm
Modulación	Dinámica; se adapta entre BPSK simple y 256 QAM dual
Corrección de errores	FEC
Esquema dúplex	Duplexación por división de tiempo (TDD) y Duplexación por división en frecuencia Half Duplex (HD-FDD), Relación fija o dinámica; cada enlace sincronizado por TDD requiere una unidad de sincronización Memorylink UltraSync™ GPS-100M para proveer una señal de referencia de temporización precisa
Antena:	Integrado: Placa plana integrada de 23 dBi/7° Conectorizado: Funciona con una serie de antenas de polarización dual o sencilla, adquiridas por separado mediante conectores 2 hembra tipo N (verifique las normas locales antes de la compra)
Alcance	Hasta 124 millas (200 km)
Seguridad y encriptación	Encriptación AES opcional de 128/256 bits que cumple con FIPS-197

Figura 33: Especificaciones Motorola PTP58600

Obtenidos en: Datasheet Motorola PTP58600

6.7.3.3 Placas con ruteador

a) MikroTik Routerboard 411

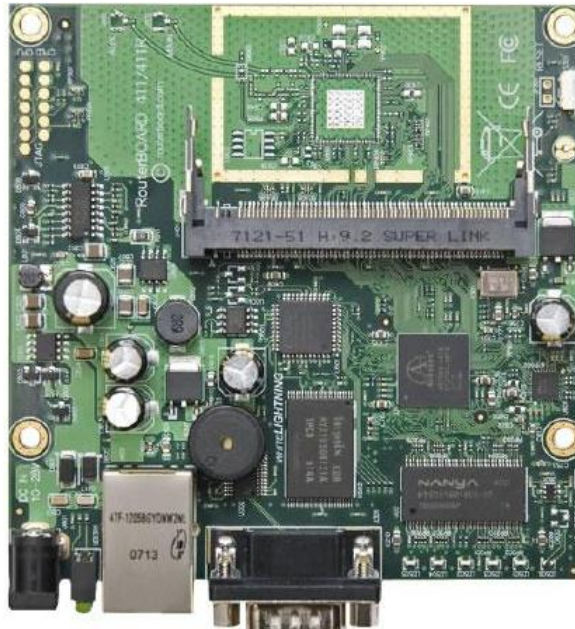


Figura 34: MikroTik Routerboard 411

Obtenidos en: Datasheet MikroTik Routerboard 411

Mucho más rápidas que sus hermanas RB133 y RB133C, la routerboard RB411 es el CPE perfecto.

El corazón de esta tarjeta es la nueva CPU Atheros AR7161 de 680 MHz. dándole a este pequeño dispositivo, unas prestaciones únicas.

RB411 incluye RouterOS - el mejor sistema operativo, el cual transforma esta potente tarjeta en un sofisticado router/firewall CPE.

b) RB433

Routerboard de Alto Rendimiento basada en PowerPC

RouterBOARD 433 Especificaciones :	
CPU	Atheros 300 MHz.
Memoria	Chip de memoria 64MB SDRAM integrado
Boot loader	RouterBOOT, 1Mbit Flash chip

Almacenamiento	Chip de memoria 64MB NAND integrado
Puertos Ethernet	Tres puertos Fast Ethernet 10/100 Mbit/s soportando Auto-MDI/X
MiniPCI slot	Tres slots MiniPCI Tipo IIIA/IIIB
Puertos Serie	Un puerto serie DB9 RS232C asíncrono
LEDs	1 Power, 1 user LED
Altavoz	Mini Altavoz integrado
Opciones de Energía	Power over Ethernet: 12.28V DC (no válido para PoE IEEE 802.3af) Power jack: 12..28V DC; Voltage sensor
Consumo energético	~3W sin tarjetas, máx. – 25W (18W de salida a tarjetas)
Temperatura	Operacional: -20°C to +65°C (-4°F to 149°F)
Humedad	Operacional: 70% humedad relativa (sin condensación)
S.O. incluido	RouterOS 3.0.x

Tabla 7: Routerboard 433

Obtenido en: Datasheet MikroTik Routerboard 433

6.7.4 Comparación de los Equipos

Antenas		
Nombre	Ganancia	Polarización
Rocket Dish	30 dBi	Horizontal-Vertical
Antena Grilla HG5822G	22 dBi	Horizontal / Vertical
PTP58600	23 dBi	Horizontal / Vertical

Tabla 8: Comparación de Antenas

Realizado por: El investigador

Para una mejor confiabilidad de los enlaces se procedió a escoger la antena Rocket Dish

Transmisor/ Receptor								
Equipo	CPU	Memoria	Cons. Ener.	Humedad	Temp.	PTx	PRx	Ancho de Banda
Rocket M5	400 Mhz	64 Mb SDRAM	8 W	5 a 95% de conden.	-30°C a 75°C	21 a 27 dBm	-96 a -75 dBm	150 Mbps
* R52Hn	300 Mhz	32/64 Mb SDRAM	28 W	-	-40°C a 70°C	25 dBm	Adapt.	200 Mbps
PTP58600	AR9220	64 Mb SDRAM	55 W	5 a 95% de conden.	-40°C a 60°C	25 dBm	-98 a -58 dBm	150 Mbps

Tabla 9: Comparación de Transmisores y Receptores

Realizado por: El Investigador

*R52Hn es la tarjeta PCI que se acopla a cualquiera de los RouterBoard 411/433

Este cuadro de comparación de características de los equipos, presenta básicamente a tres empresas: Ubiquiti, Mikrotik y Motorola.

En el Anexo 3 y Anexo 5 constan las especificaciones técnicas de los equipos Radios, los cuales ayudaron a decidir que equipo se acopla más a las necesidades del proyecto.

Es erróneo decir que uno de los tres es el mejor, sin embargo para seleccionar uno de ellos debe ser de acuerdo a los factores representativos de los equipos.

- PTP58600 de Motorola, se descarta por motivo de la antena de 22dBi, debido que es un equipo integrado full no se puede trabajar por separado.
- Antena de grilla HG5822G, se descarta por su ganancia, en el cuadro comparativo muestra a la Rocket Dish como la mejor opción.
- Los equipos de transmisión/recepción Rocket M5 y las Routerboard con la R52Hn son opciones en las que podría implementarse cualquiera de las dos, sin embargo como se usaría la antena Rocket Dish, la que mejor se adaptaría a la antena es el Rocket M5.

6.7.5 Procedimiento para el diseño de los nodos

Para el desarrollo del diseño se empleó el software de Motorola LINKPlanner, la cual es una herramienta personalizada para el diseño y configuración de enlaces punto a punto, permite a los operadores determinar las características de rendimiento del enlace.

En el Anexo 1 se encuentra el proyecto completo de la simulación del enlace realizado con el software LINKPlanner, lo cual proporciona toda la información que es requerida para verificar si el enlace es factible o no.

Las alturas de las antenas fueron establecidas con la ayuda del software de simulación, teniendo en cuenta las limitaciones de los sitios de instalación de los nodos.

Enlace 1: Solca Tungurahua – Cerro Llimpe (Tabla 10).

Enlace 2: Cerro Llimpe – Cerro Chizag(Tabla 11).

Enlace 3: Chizag – Solca Chimborazo (Tabla 12).

Summary	
Link Name	SOLCA Tungurahua to Llimpe
Link Type	Line-of-Sight
Equipment Type	PTP58600
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	18.850 kilometers
Free Space Path Loss	133.20 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
User IP Throughput Expectation Aggregate	Aggregate 92.35 Mbps assuming PTP-600 Series running the 600-10-00 software
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	30 MHz

Tabla 10: Datos del Enlace 1

Elaborado por: El investigador

Summary	
Link Name	Llimpe to Chizag
Link Type	Line-of-Sight
Equipment Type	PTP58600
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	15.126 kilometers
Free Space Path Loss	131.29 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
User IP Throughput Expectation Aggregate	Aggregate 115.62 Mbps assuming PTP-600 Series running the 600-10-00 software
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	30 MHz

Tabla 11: Datos del Enlace 2

Elaborado por: El investigador

Summary	
Link Name	Chizag to SOLCA Chimborazo
Link Type	Line-of-Sight
Equipment Type	PTP58600
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	19.295 kilometers
Free Space Path Loss	133.41 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
User IP Throughput Expectation Aggregate	Aggregate 88.77 Mbps assuming PTP-600 Series running the 600-10-00 software
RF Frequency Band	5.8 GHz (5725 to 5850 MHz)
RF Channel Bandwidth	30 MHz

Tabla 12: Datos del Enlace 3

Elaborado por: El investigador

6.7.6 Viabilidad de los Enlaces

Para conseguir un buen funcionamiento de una red inalámbrica, la sensibilidad de recepción debe ser mayor que -90 dBm. En el anexo 1, la simulación del radio enlace predice un nivel de señal teórico de -74dBm +- 5dBm, lo cual son mayores que -90dBm e indican que son viables los puntos de conexión, además utilizando la Rocketdish como antena, se tiene más ganancia dando como resultado de -59 dBm a -55 dBm.

Para la viabilidad de los enlaces, se procesa la potencia de transmisor, sensibilidad del receptor, ganancia de la antena, frecuencia de trabajo, la distancia en

kilómetros, y la longitud de los cables de interconexión, simulados en el Mikrotik test.

- a) Datos de Solca Tungurahua a Cerro Llimpe, tomando en cuenta los datos de los Equipos Ubiquiti: Rocket M5 y Rocket Dish 30dBi, donde el estado teórico del enlace se realizable (figura 27).

Parametrs	SITE 1	SITE 2
Wireless cards		
Power	21 dBm ▼	21 dBm ▼
RX Sensitivity	-75 dBm	-75 dBm
Antennas		
Gain	30 dBi	30 dBi
Cables		
Length	10 m ▼	10 m ▼
Type:	LMR400 ▼	LMR400 ▼
Link		
Distance	18.85 km ▼	
Frequency	5800 MHz	

Link theoretical status	reliable
Theoretical signal level at site 1	-60/required -75
Theoretical signal level at site 2	-60/required -75

Figura 27: Viabilidad del enlace 1
Cálculos realizados por el Test de Mikrotik

- b) Datos de Cerro Llimpe a Cerro Chizag, tomando en cuenta los datos de los Equipos Ubiquiti: Rocket M5 y Rocket Dish 30dBi, donde el estado teórico del enlace se realizable (figura 28).

Parametrs	SITE 1	SITE 2
Wireless cards		
Power	21 dBm ▼	21 dBm ▼
RX Sensitivity	-75 dBm	-75 dBm
Antennas		
Gain	30 dBi	30 dBi
Cables		
Length	5 m ▼	5 m ▼
Type:	LMR400 ▼	LMR400 ▼
Link		
Distance	15 km ▼	
Frequency	5800 MHz	

Calculate

Link theoretical status	reliable
Theoretical signal level at site 1	-55/required -75
Theoretical signal level at site 2	-55/required -75

Figura 28: Viabilidad del enlace 2
Cálculos realizados por el Test de Mikrotik

- c) Datos de Cerro Chizag a Solca Chimborazo, tomando en cuenta los datos de los Equipos Ubiquiti: Rocket M5 y Rocket Dish 30dBi, donde el estado teórico del enlace se realizable (figura 29).

Parametrs	SITE 1	SITE 2
Wireless cards		
Power	21 dBm ▼	21 dBm ▼
RX Sensitivity	-75 dBm	-75 dBm
Antennas		
Gain	30 dBi	30 dBi
Cables		
Length	5 m ▼	10 m ▼
Type:	LMR400 ▼	LMR400 ▼
Link		
Distance	19.30 km ▼	
Frequency	5800 MHz	

Calculate

Link theoretical status	reliable
Theoretical signal level at site 1	-59/required -75
Theoretical signal level at site 2	-59/required -75

Figura 29: Viabilidad del enlace 3
Cálculos realizados por el Test de Mikrotik

6.7.7 Velocidades de Datos

Las tarifas de datos hasta 600 Mbits / s se obtienen sólo con el máximo de cuatro secuencias espaciales con un 40 MHz en todo el canal. Varios esquemas de modulación y codificación de las tasas están definidos por la norma IEEE 802.11n y están representados por un esquema de codificación y modulación (MCS) el valor del índice. La siguiente tabla muestra las relaciones entre las variables que permiten la máxima velocidad de datos.

MCS index	Spatial streams	Modulation type	Coding rate	Data rate (Mbit/s)			
				20 MHz channel		40 MHz channel	
				800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
0	1	BPSK	1/2	6.50	7.20	13.50	15.00
1	1	QPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
2	1	QPSK	3/4	19.50	21.70	40.50	45.00
3	1	16-QAM	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
4	1	16-QAM	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
5	1	64-QAM	2/3	52.00	57.80	108.00	120.00
6	1	64-QAM	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
7	1	64-QAM	5/6	65.00	72.20	135.00	150.00
8	2	BPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	2	QPSK	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	2	QPSK	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
11	2	16-QAM	1/2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	2	16-QAM	3/4	78.00	86.70	162.00	180.00
13	2	64-QAM	2/3	104.00	115.60	216.00	240.00
14	2	64-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
15	2	64-QAM	5/6	130.00	144.40	270.00	300.00
16	3	BPSK	1/2	19.50	21.70	40.50	45.00
17	3	QPSK	1/2	39.00	43.30	81.00	90.00
18	3	QPSK	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
19	3	16-QAM	1/2	78.00	86.70	162.00	180.00
20	3	16-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
21	3	64-QAM	2/3	156.00	173.30	324.00	360.00
22	3	64-QAM	3/4	175.50	195.00	364.50	405.00
23	3	64-QAM	5/6	195.00	216.70	405.00	450.00
24	4	BPSK	1/2	26.00	28.80	54.00	60.00
25	4	QPSK	1/2	52.00	57.60	108.00	120.00
26	4	QPSK	3/4	78.00	86.80	162.00	180.00
27	4	16-QAM	1/2	104.00	115.60	216.00	240.00
28	4	16-QAM	3/4	156.00	173.20	324.00	360.00
29	4	64-QAM	2/3	208.00	231.20	432.00	480.00
30	4	64-QAM	3/4	234.00	260.00	486.00	540.00
31	4	64-QAM	5/6	260.00	288.80	540.00	600.00

Tabla 13: Velocidad de Transmisión
Obtenido desde software PTP LINKplanner

6.7.8 Datos de los nodos.

Se procede a realizar un índice toponímico del IGM, para consultar los cerros y colinas existentes en los sectores de interés, sus coordenadas geográficas y sus alturas, de tal forma que se localizará un sector y una vivienda con las mejores características de ubicación y altura, dispuesta a arrendar un espacio para la colocación de los equipos. También se utilizaron cartas topográficas y un equipo móvil con GPS para verificar la información obtenida.

Las coordenadas para los nodos de los hospitales fueron determinadas desde Google Earth, según la dirección y mapas de Google map, además en base a inspecciones realizadas en las ciudades, las alturas de las antenas fueron establecidas con la ayuda del software PTP LinkPlanner, teniendo en cuenta las limitaciones de los sitios de instalación de los nodos.

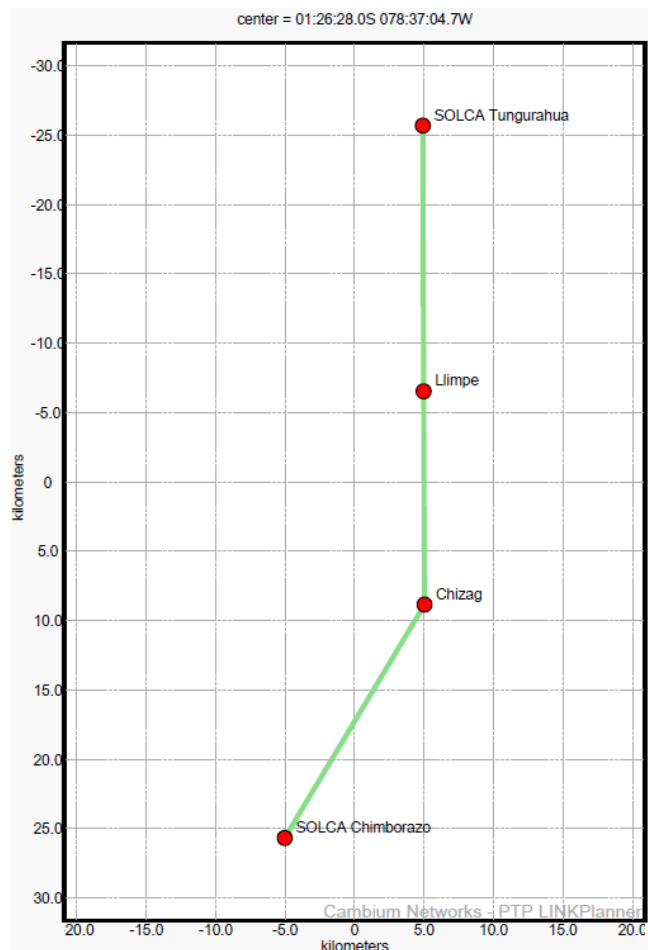


Figura 30: Ubicación de los puntos del enlace
Obtenido desde software PTP LINKplanner

A continuación las coordenadas geográficas de los puntos con su respectiva altitud y altura de antena.

NODOS	PARAMETROS			
	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	ALTURA DE LA ANTENA
Solca Tungurahua	01°12'45.40''S	78°34'28.40''O	2568 m	12 m
Cerro Llimpe	01°22'59.10''S	78°34'26.60''O	3682 m	24 m
Cerro Chizag	01°30'32.70''	78°35'05.20''O	3881 m	12 m
Solca Chimborazo	01°40'10.60''S	78°39'45.00''O	2774 m	12 m

Tabla 14: Ubicación geográfica de los nodos

Realizado por: El investigador

6.7.9 Perfiles topográficos, Líneas de vista y zonas de fresnell

a) Solca Tungurahua – Cerro Llimpe

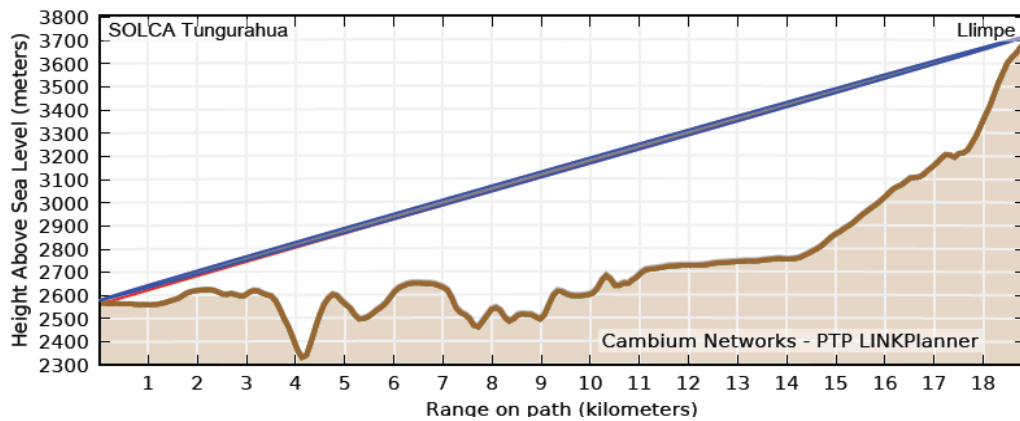


Figura 31: Perfil Topográfico WLAN1
Obtenida por software PTP LinkPlanner

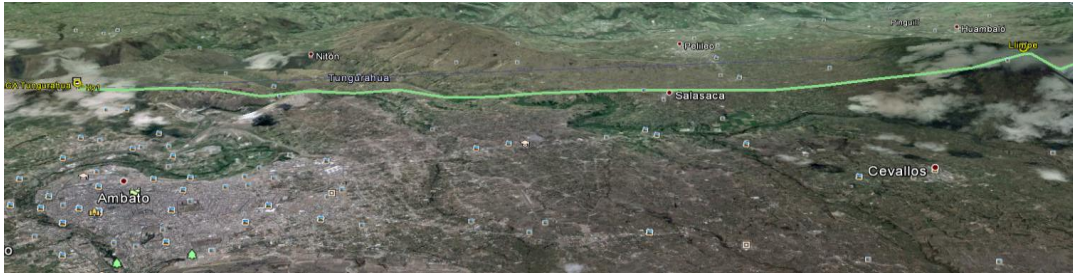


Figura 32: Solca Tungurahua – Llimpe
Obtenido en Software Google Earth

b) Cerro Llimpe – Cerro Chizag

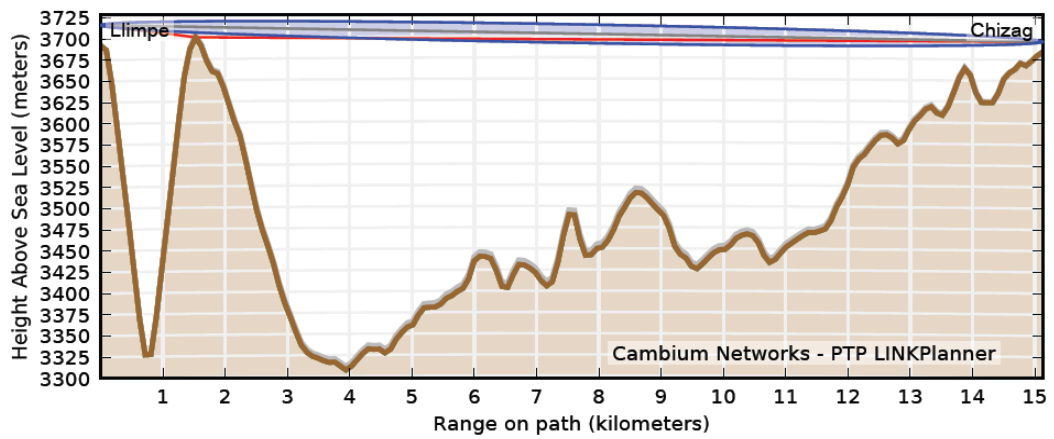


Figura 33: Perfil Topográfico WLAN2
Obtenida por software PTP LinkPlanner

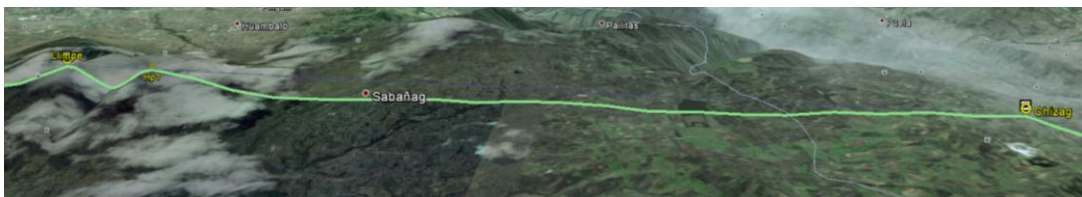


Figura 34: Llimpe - Chizag
Obtenido en Software Google Earth

c) Cerro Chizag – Solca Chimborazo

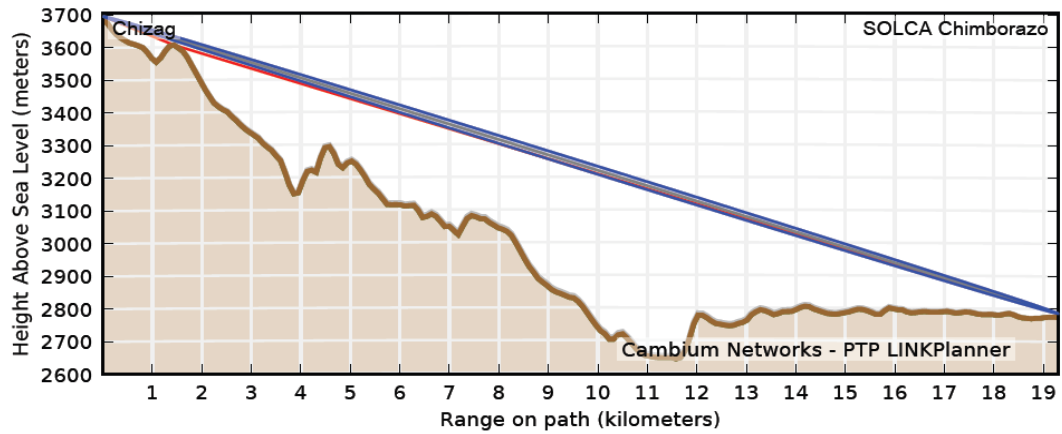


Figura 35: Perfil Topográfico WLAN3
Obtenida por software PTP LinkPlanner



Figura 36: Chisag – Solca Chimborazo
Obtenido en Software Google Earth

6.7.10 Confiabilidad de los Enlaces

Disponibilidad de Multitrayectorias calculadas usando ITU-R

Rendimiento Enlace 1- Solca Tungurahua – Cerro Llimpe

Rendimiento en SOLCA Tungurahua	
Rendimiento Ip Predicho	46.17 Mbps
Rendimiento Ip Requerido	5 Mbps
Mínimo rendimiento Ip Requerido	1 Mbps
Mínimo rendimiento Ip disponible Predicho	100% ; Indisponibilidad de 3 seg al año.

Tabla 15: Rendimiento en Solca Tungurahua

Realizado por: El Investigador

Rendimiento en Cerro Llimpe	
Rendimiento Ip Predicho	46.17 Mbps
Rendimiento Ip Requerido	5 Mbps
Mínimo rendimiento Ip Requerido	1 Mbps
Mínimo rendimiento Ip disponible Predicho	100% ; Indisponibilidad de 3 seg al año.

Tabla 16: Rendimiento en Cerro Llimpe WLAN1

Realizado por: El Investigador

Rendimiento Enlace 2- Cerro Llimpe – Cerro Chizag

Rendimiento en Cerro Llimpe	
Rendimiento Ip Predicho	57.81 Mbps
Rendimiento Ip Requerido	5 Mbps
Mínimo rendimiento Ip Requerido	1 Mbps
Mínimo rendimiento Ip disponible Predicho	100% ; Indisponibilidad de 3 seg al año.

Tabla 17: Rendimiento en Cerro Llimpe WLAN2

Realizado por: El Investigador

Rendimiento en Cerro Chizag	
Rendimiento Ip Predicho	57.81 Mbps
Rendimiento Ip Requerido	5 Mbps
Mínimo rendimiento Ip Requerido	1 Mbps
Mínimo rendimiento Ip disponible Predicho	100% ; Indisponibilidad de 3 seg al año.

Tabla 18: Rendimiento en Cerro Chizag WLAN2

Realizado por: El Investigador

Rendimiento Enlace 3 - Cerro Chizag – Solca Chimborazo

Rendimiento en Cerro Chizag	
Rendimiento Ip Predicho	57.81 Mbps
Rendimiento Ip Requerido	5 Mbps
Mínimo rendimiento Ip Requerido	1 Mbps
Mínimo rendimiento Ip disponible Predicho	100% ; Indisponibilidad de 3 seg al año.

Tabla 19: Rendimiento en Cerro Chizag WLAN3

Realizado por: El Investigador

Rendimiento en SOLCA Chimborazo	
Rendimiento Ip Predicho	44.39 Mbps
Rendimiento Ip Requerido	5 Mbps
Mínimo rendimiento Ip Requerido	1 Mbps
Mínimo rendimiento Ip disponible Predicho	100% ; Indisponibilidad de 3 seg al año.

Tabla 20: Rendimiento Solca Chimborazo

Realizado por: El Investigador

Lista de Equipos y Materiales.

ENLACE		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
2	Rocket M5	6
3	Rocket dish	6
4	Cable FTP	120 m
5	Switch 4 puertos	2
6	Ponchadora	1
7	Estilete	1
8	Conectores RJ49	20

Tabla 21: Equipos y Materiales

Realizado por: El investigador

6.7.11 Diagrama físico y lógico del enlace.

El diagrama físico del enlace, consta de los nodos principales, colocados en las coordenadas geográficas de los establecimientos médicos: Solca Tungurahua y Solca Chimborazo; y dos repetidoras instaladas en los Cerros Llimpe y Chizag respectivamente, formando cuatro estaciones base de transmisión/ recepción como se indica en la figura 37.

El diagrama lógico del enlace, consta de direcciones estáticas validadas por el router correspondientes a la red LAN actual de la sucursal Solca Tungurahua y habilitadas por el técnico. La conexión de red es de tipo Bridge.

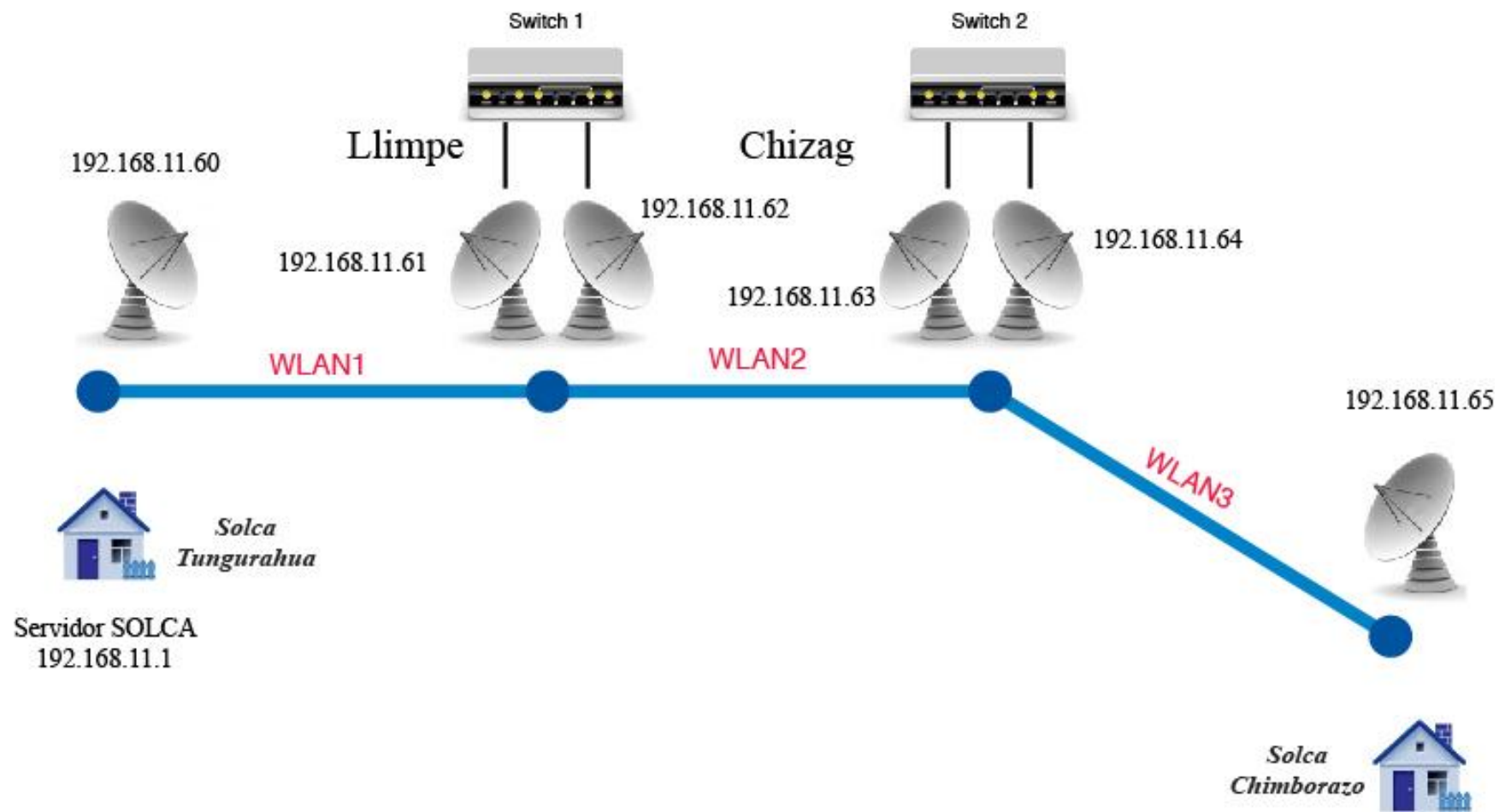


Figura 37: Diagrama físico y lógico del enlace
 Realizado por: El investigador

6.7.11 Diagrama de conexión de cada nodo

Solca Tungurahua

La figura 37 presenta el diagrama estructurado de la conexión de los equipos en la Unidad Oncológica Solca Tungurahua, consta del Tx/Rx Rocket M5 y Rocket dish 30 dBi conectado a un dispositivo POE(power over ethernet), que a su vez se conecta al Switch o Router mediante cable FTP con conector RJ49.

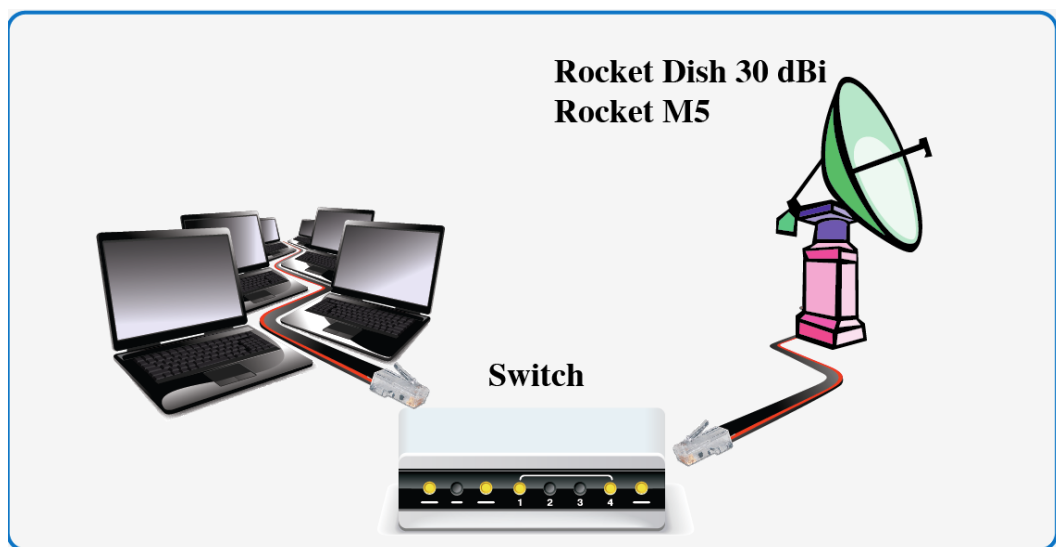


Figura 38: Diagrama de conexión Solca Tungurahua
Elaborado por: El Investigador

Cerro Llimpe, Cerro Chizag

Se debe tomar en cuenta que para cada cerro se requiere:

2 Rocket Dish 30 dBi, 2 Rocket M5, 2 POE (power over ethernet), 1 Switch 4 puertos, extensión de energía eléctrica, Conexión Tierra y un UPS.

- Para la conexión en los 2 cerros, anteriormente con precaución se debe ensamblar la Rocket Dish Antena, y utilizando los pigtail se conecta la antena con la Rocket M5.
- Luego con cable UTP se une la Rocket M5 con el POE (power over ethernet).
- El primer y segundo paso se realiza para las dos antenas. Colocando correctamente y seguro en la torre de radio, utilizando los datos

proporcionados del simulador Radio Mobile, como son: Azimut, ángulo de elevación, dirección, Nota: siempre es necesario un GPS para direccionarle a la antena de una manera precisa.

- Colocado establemente las dos antenas con sus respectivos Rocket M5 y los POE, se procede a conectar los dos sistemas , utilizando un switch de 4 puertos, que puede estar dentro de una caja hermética para mayor seguridad.

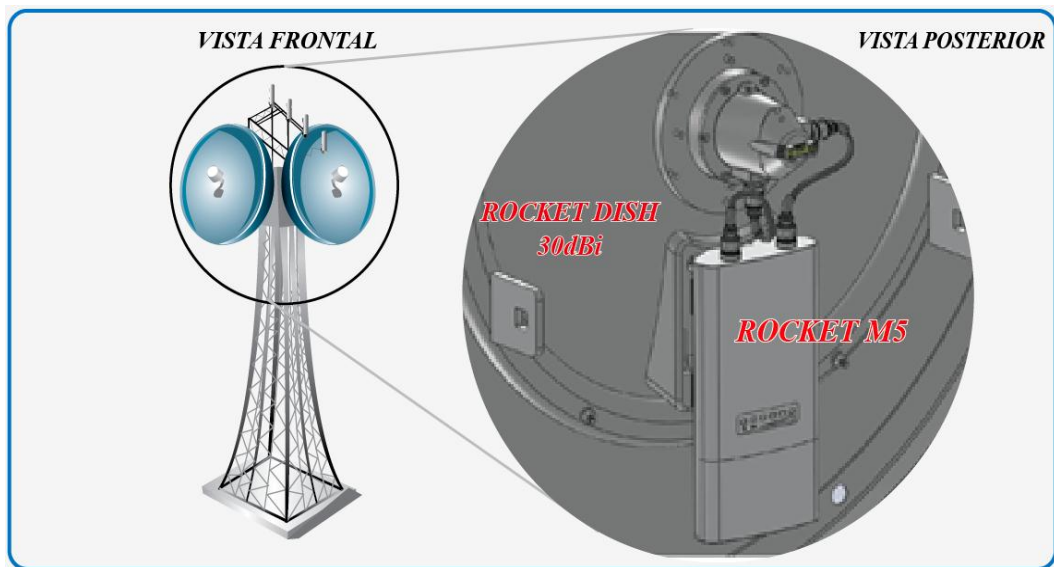


Figura 39: Diagrama de conexión Cerros
Elaborado por: El Investigador

Solca Chimborazo

La figura 40 presenta el diagrama estructurado de la conexión de los equipos en la Unidad Oncológica Solca Chimborazo, consta del Tx/Rx Rocket M5 y Rocket dish 30 dBi conectado a un dispositivo POE(power over ethernet), que a su vez se conecta al Switch o Router mediante cable FTP con conector RJ49.



Figura 40: Diagrama de conexión Solca Chimborazo
Elaborado por: El Investigador

PRESUPUESTO

CANT	DETALLE	V. UNIT	V. TOTAL
6	Rocket Dish Antena 30 dBi	\$ 300.00	\$ 1800.00
6	Rocket M5	\$ 180.00	\$ 1080.00
120	Cable FTP	\$ 2.10	\$ 252.00
20	Conectores RJ49	\$ 1.50	\$ 30.00
8	Configuraciones	\$ 40.00	\$ 320.00
4	Pozos de tierra	\$ 120.00	\$ 480.00
4	UPS de 1500 W	\$ 300.00	\$ 1200.00
		SUBTOTAL	\$ 5162.00
		IVA 12%	\$ 619.44
		TOTAL	\$ 5781.44

Tabla 22: Presupuesto

Realizado por: El Investigador

El precio de los arriendos en los cerros puede variar, de acuerdo al propietario, al igual las torres de radio, en las se puede arrendar en las que ya están colocadas, o la factibilidad de construirse para este proyecto. Estos precios no están incluidos en el presupuesto.

6.8 Conclusiones y Recomendaciones

6.8.1 Conclusiones

- Al contar con la infraestructura física necesaria y los equipos de comunicaciones, la propuesta planteada es factible para ser implementada.
- De acuerdo al análisis de presupuesto de los equipos, el proyecto es accesible de implementar, debido a que es un proyecto que mejorará el servicio de comunicación y el hospital podría cubrir su costo.
- Para el proyecto, se realizó un estudio de las características de los equipos para enlaces inalámbricos, concluyendo que el nuevo estándar IEEE 802.11N brinda un servicio confiable, de alta calidad, y gran velocidad de transmisión de datos.
- Los equipos de telecomunicaciones Ubiquiti con tecnología WIFI, se concluye que son dispositivos de gran cobertura y bajo costo, debido a su ganancia que puede cubrir distancias hasta 50 Km, y fácil instalación.

6.8.1 Recomendaciones

- Tener cuidado con los datos reales de transferencia de comunicación 802.11-N no son igual a los teóricos, debido que la norma establece 600 Mbps teóricos, y en la realidad existe una transferencia de 150 Mbps.
- Para realizar los cálculos, se debe tener en cuenta todos los parámetros que influyen en un radio enlace, para dimensionar adecuadamente los equipos a utilizarse.
- Tomar en cuenta las conexiones a tierra individuales para los dispositivos y para las torres, en cada nodo.

6.9.1 Bibliografía

Roldan Martínez, David, Comunicaciones Inalámbricas, Alfa omega, México, 2005

ARES Roberto Ángel, Enlaces Redes y Servicios, Edición 1998 Revisada y ampliada.

TOMASI Wayne, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ª ed, Pearson Educación, México, 2003.

6.9.2 Linkografía

<http://es.kioskea.net/contents/transmission/transintro.php3>

http://es.wikipedia.org/wiki/Comunicación_inalámbrica

<http://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX>

<http://ies.informe.com/fibra-optica-vs-wireless-pelea-sin-ganador-dt73.html>

<http://www.adslzone.net/article1566-el-futuro-de-la-banda-ancha--adsl-vdsl2-ftth-y-wimax.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Telecomunicación>

<http://tribyte.blogspot.com/2007/11/evolucion-de-las-telecomunicaciones.html>

<http://www.citelperu.com/47-antenas-rocket-dish-30dbi-ubiquiti.html>

http://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2006&issue=02&ipage=big_picture&ext=html

<http://www.digitalarg.com/products/Ubiquiti-Rocket-Dish-Antena-%252d-30Dbi-%252d-5GHz-%252d-AirMax-%252d-Mimo-2x2-%252d-Doble-Polaridad.html>

<http://www.lacuevawifi.com/CompraWifi/2010/11/24/comparacion-de-estandares-wimax-vs-802-11n/>

http://www.sawerin.com.ar/rocket-m5-ubiquiti_SW_184.php

http://www.ciudadwireless.com/ubiquiti_networks_ubiquiti_nb-5g22_nanobridge_series-_5ghz-_22dbi_dual-p-3786.html

http://www.facebook.com/note.php?note_id=110477558978892&comments&ref=mf

<http://www.doubleradius.com/Ubiquiti-NanoBridge-M5-5-GHz-22-dBi-Hi-performance-MIMO-Bridging-Device?sc=2&category=39749>

<http://www.utomde.com/asigna/redes/MisApuntes6.pdf>

<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1729/1/98T00008.pdf>

http://www.univalle.edu.co/~telecomunicaciones/trabajos_de_grado/anteproyectos/IEEE-802.11n.pdf
<http://www.jeuazarru.com/docs/802.11n.pdf>
<http://es.scribd.com/doc/90635472/802-11n-pdf>
<https://www.fratec.net/pdf/rb411brochure.pdf>
<http://www.ciao.es/sr/q-ubiquiti+rocket>
http://dl.ubnt.com/rocketM5_DS.pdf
<http://forum.ubnt.com/showthread.php?p=290442>
http://www.mikrotik.com/test_link.php
http://www.doubleradius.com/Products/RocketM?gclid=COHgwd7_hLACFcSa7QodJHvqmA
<http://aire.ec/Rocket-disc-p96.html>
<http://www.exergia.info/books/cables/LMR900A.pdf>
http://www.motorola.com/web/Business/Products/Wireless%20Networks/Wireless%20Broadband%20Networks/Point-to-Point/_Documents/staticfiles/GPS%20WB%20PTP%2054600-58600%20SS%2008-03%20Updt%20EN_072209.pdf?localeId=110

ANEXOS