

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE NUEVA UBICACIÓN DE DOS RADIO ENLACES
SDH, EN LA BANDA DE 6 GHZ PARA LA RED BACKBONE DE
UN CLIENTE DE TELEFONÍA CELULAR DE ERICSSON
VENEZUELA

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por El Br. Vásquez Q. Leopoldo A.
para optar el título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2010

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO DE NUEVA UBICACIÓN DE DOS RADIO
ENLACES SDH, EN LA BANDA DE 6 GHZ PARA LA RED
BACKBONE DE UN CLIENTE DE TELEFONÍA CELULAR
DE ERICSSON VENEZUELA**

Prof. Guía: Ing. Álvarez Maria E.
Tutor Industrial: Ing. Fernández Maria A.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por El Br. Vásquez Q. Leopoldo A.
para optar el título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2010

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

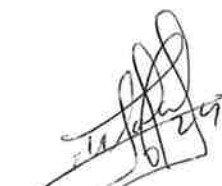
Caracas, 05 de mayo de 2010

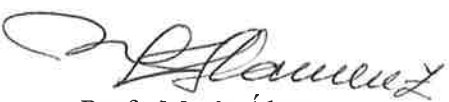
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller, Leopoldo A. Vásquez Q., titulado:

“ESTUDIO DE UNA NUEVA UBICACIÓN DE DOS RADIO ENLACES SDH, EN LA BANDA DE 6 GHz PARA LA RED BACKBONE DE UN CLIENTE DE TELEFONÍA CELULAR DE ERICSSON VENEZUELA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Franklin Martínez
Jurado


Prof. William Jota
Jurado


Prof. María Álvarez
Prof. Guía

DEDICATORIA

Les dedico este trabajo a mis padres Arelis y Leopoldo, por todo el apoyo y fuerza constante que me han dado en la buena y en las malas durante toda mi vida y mi carrera, logramos esta meta. A mis hermanos Leorelis e Igor, por que siempre están ahí y he podido contar con ellos en cualquier momento y son mi inspiración para superarme. A mi abuela Libia por sus bendiciones y mis abuelos que siempre me han cuidado y protegido. A mi familia.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecerles a mis padres por darme todo su apoyo por acompañarme en todo momento y brindarme su apoyo incondicional. A Luz Andreina una persona que luchó junto a mí en este proyecto y por estar conmigo en todo momento sin importar la situación, siempre confió en que lograría este objetivo.

A mis amigos de la universidad Alexis, Tomas (la perra), David, Daniel, Ricardo, Tomas Z, Kathy, Alelu, Cynthia, Nancy, Eliana, Chiro y Gonzalo que siempre me acompañaron en esta carrera, gracias.

También a mis amigos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica Edward, Jahaziel, Carmen Luisa, Dionel, Juan, Edgard, Jose, Felix, Fragachan, Paul, Claudio, Johnny, gracias a todos por que de una u otra manera me ayudaron a lograr este objetivo.

Un agradecimiento y reconocimiento especial a Valentina Cartaya, mi gran compañera y amiga en toda esta carrera, gracias por siempre apoyarme y aguantarme, te estaré por siempre agradecido.

A mi profesora guía Maria Eugenia por prestar su valiosa colaboración y empeño en la elaboración de este trabajo y a la secretaria de la escuela Maria Auxiliadora por siempre tener gran espíritu de ayuda y estar siempre dispuesta a colaborar.

Quisiera expresar mis agradecimientos a todos mis compañeros en Ericsson quienes desde el inicio me trataron como uno más del grupo, en especial a Adolfo García, Jorge Cadavid y a mi tutora Maria Aleli por ser mis guías y prestar su colaboración incondicional y conocimientos para realizar este trabajo. Gracias a todas las personas de Ingeniería y NRO.

Vásquez Q., Leopoldo A.

**ESTUDIO DE NUEVA UBICACIÓN DE DOS RADIO ENLACES
SDH, EN LA BANDA DE 6 GHZ PARA LA RED BACKBONE DE
UN CLIENTE DE TELEFONÍA CELULAR DE ERICSSON
VENEZUELA**

Prof. Guía: Ing. Maria E. Álvarez. Tutor Industrial: Ing. Maria A. Fernández. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: Ericsson C.A. 2010. 105 h +anexos.

Palabras Claves; Radio Enlaces SDH, Red Backbone, Equipos Marconi LH, Calculo de enlaces.

Resumen. Se presenta un estudio teórico, de las características radio eléctrica y físicas de dos nuevas ubicaciones, para dos equipos de microondas SDH, adquiridos por un cliente de Ericsson, los cuales se diseñaron para trabajar en la banda de 6 GHz y configuraciones 2+1 y 5+1, ambos con capacidad de ampliación a 9+1. Una vez realizado el estudio de la red y de los barridos de frecuencia, se procedió a ofrecer una posible ubicación para estos. Se realizaron los cálculos y el levantamiento de los sitios para certificar que estos cumplieran con todas las condiciones necesarias para la implementación de los radio enlaces. Con este estudio y la metodología seleccionada se logró ubicar un equipo en el enlace las Cocuizas-Chivacoa ya que cumple con todas las condiciones necesarias de instalación y operación. Con respecto al estudio de los enlaces MSC Valencia-MANPA y MANPA-El Paují, por las limitaciones presentes, se recomendó el cambio de la unidad TRX del equipo para lograr instalar el mismo. Estos estudios representan un antecedente para la compañía y los potenciales clientes para que en un futuro cada uno pueda solventar posibles inconvenientes con la ubicación de equipos ya fabricados y diseñados con características radio eléctrica diferente a la de los sitios finales de instalación.

ÍNDICE

	Pag
CONSTANCIA DE APROBACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE ACRÓNIMOS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVOS	6
1. Objetivo General.	6
2. Objetivos Específicos.	6
CAPÍTULO II	7
MARCO REFERENCIAL	7
2.1 Ericsson C.A.	7
2.1.1 Reseña histórica.	7
2.1.2 Estructura organizativa de ericsson para proyectos de ampliación.	8
2.1.3 Equipos Marconi LH.	9
2.1.4 Radio enlaces del proyecto.	11
2.2.1 Analizador de espectro	12
2.2.2 Amplificador de bajo ruido	12
2.2.3 Antena de bocina.	13
2.2.4 Métodos de barrido de frecuencias.	14
2.2.4.1 Barrido para enlaces punto – punto.	14
2.2.4.2 Medición dirigida hacia al azimut del enlace.	14
2.3 Planes de frecuencia	15
2.4 Aplicación utilizada en el cálculo de enlaces	16
2.4.1 Pathloss.	16
2.5 Levantamiento físico del sitio	19
CAPÍTULO III	21
MARCO TEÓRICO	21
3.1 Estructura de las redes de telecomunicaciones	21
3.1.1 Capa de acceso.	21
3.1.2 Capa de conmutación.	21
3.1.3 Capa de control.	22
3.2 Red de transporte.	23
3.1.5 Transmisión analógica y digital.	23
3.3 Técnicas de multicanalización.	24
3.3.1 Frequency division multiplexing (FDM)	24
3.3.2 Time division multiplexing (TDM)	25

3.3.3 Wavelength division multiplexing (WDM)	25
3.4 Estructuras de multicanalización.	26
3.4.1 La infraestructura PDH.	27
3.4.2 La infraestructura SONET/SDH.	28
3.5 Pila de protocolos TCP/IP.	30
3.5.1 Arquitectura del protocolo TCP/IP.	31
3.5.2 Capa de acceso a red.	32
3.4.3 Capa de red: internet.	32
3.4.4 Capa de transporte.....	34
3.5.5 Capa de aplicación.	34
3.6 Cálculo del enlace.	35
3.6.1 Factores climáticos.....	35
3.6.2 Lluvia y niebla.....	36
3.6.3 Absorción atmosférica.	36
3.6.4 Viento.....	37
3.6.5 Rayos.....	37
3.6.6 Pérdidas de espacio libre.....	37
3.6.7 Cálculo de energía del enlace.....	38
3.6.8 Zonas de Fresnel	38
3.6.9 Radio efectivo de la tierra, el factor k.....	40
3.6.10 Criterios de despeje	41
3.7 Ruido	42
3.7.1 Ruido térmico.....	42
3.7.2 Ruido de intermodulación.....	43
3.7.3 Ruido atmosférico y producido por el hombre	43
3.7.4 Ruido de los equipos de radio	43
3.7.5 Ruido total.....	43
3.8 Reflexiones sobre la trayectoria	44
3.9 Margen de desvanecimiento	45
3.10 Confiabilidad del enlace	46
3.11 Métodos de diversidad	47
3.11.1 Diversidad en espacio	48
3.11.2 Diversidad en frecuencia.....	49
3.11.3 Diversidad angular	50
3.11.4 Diversidad híbrida.....	51
3.12 Modulaciones digitales	51
3.13 Interferencia.	52
3.13.1 Interferencia co-canal.....	52
3.13.2 Interferencia por canal adyacente.....	53
CAPÍTULO IV	54
DESARROLLO DEL PROYECTO	54
4.1 Estudio de la red y ampliación.	54
4.2 Barridos de frecuencia	59
4.2.1 Estación Las Cocuizas	61
4.2.2 Estación Chivacoa.....	62
4.2.3 Estación MSC Valencia	62
4.2.4 Estación El Paují	63
4.2.5 Estación MANPA	63

4.3	Calculo del enlace	65
4.4	Levantamiento del sitio.....	69
4.4.1.1	Estación Chivacoa.....	70
4.4.1.2	Estación Las Cocuizas.....	71
4.5	Configuración de los equipos	71
4.5.1	Operación polaridad simple y doble	72
4.5.2	Diversidad de espacio	72
4.5.3	Interfaces de línea	73
4.5.4	Expansión.....	74
4.5.5	Canales de servicio.....	74
4.5.6	Antenas.....	75
4.5.7	Guía de onda	75
4.5.8	Sistema de supervisión local del radio.....	76
4.5.9	Configuración del terminal	76
4.5.10	Seguridad	78
4.5.11	Otros elementos.....	78
CAPÍTULO V	.....	79
ANÁLISIS DE RESULTADOS	.....	79
5.1	Estación Chivacoa:	80
5.2	Estación Las Cocuizas.	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	89
BIBLIOGRAFIA	.....	91
ANEXOS	.....	92

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Pag.
1. Estructura Organizativa de Proyectos.....	8
2. Analizador de espectro Handheld o Portátil.....	12
3. Amplificador de bajo ruido.....	13
4. Antena de Bocina.....	13
5. Plan de frecuencias.	15
6. Ambiente de trabajo de Pathloss.....	17
7. Modelo de capas de TCP/IP y OSI.	32
8. Estructura de datagramas IP.	33
9: Formato de mensaje UDP.....	34
10. Zona de Fresnel.....	39
11. Red backbone Centro-Occidente.....	55
12. Ramal MSC Valencia-USB y canales en uso actualmente.....	57
13. Red MSC Valencia-USB actual.	57
14. Red MSC Valencia-USB modificada.....	58
15. Comportamiento del enlace Chivacoa Las Cocuizas obtenido	68
16. Ubicación de las Estaciones Chivacoa y Las Cocuizas.....	69
17. Diagrama de interconexión de los radios.....	69
18. Branching con 5 canales de RF y Diversidad.....	72
19. Modulo SFP eléctrico.....	73
20. Rack configurado con capacidad 9+1.....	74
21. Arquitectura de la Unidad TRX.	83

LISTA DE TABLAS

Tabla	Pag.
1. Enlaces a implementar para el Proyecto de Ampliación.....	12
2: Equivalencias en tasa de transmisión entre SONET y SDH.....	30
3. Frecuencia y canales usados en la red Centro-Occidente.....	56
4. Canales disponibles entre Las Cocuizas-Chivacoa.....	61
5. Canales disponibles entre Chivacoa-Las Cocuizas.....	62
6. Canales disponibles entre MSC Valencia-MANPA.....	62
7. Canales disponibles entre El Paují-MANPA.....	63
8. Canales disponibles entre MANPA-Paují.....	64
9. Canales disponibles entre MANPA-MSC Valencia.....	64
10. Comparación entre canales del equipo A y disponibles en los barridos.....	65
11. Comparación entre canales del equipo B y disponibles en los barridos.....	66

LISTA DE ACRÓNIMOS

AMM: Módulo de acceso o sub-bastidor (siglas del ingles, “Access Module Magazine”).

ATM: Modo de Transferencia Asincrona (siglas del ingles, “Asynchronous Transfer Mode”)

BBU: Unidad Banda Base (siglas del ingles, “Base-Band Unit”)

ETU: Unidad de Ethernet (siglas del ingles, “Ethernet Unit”).

FDM: Multiplexación por División de Frecuencia (siglas del ingles, “Frecuency Division Multiplexing”)

HC: Alta capacidad (siglas del ingles, “High Capacity”).

HSB: Reposo en caliente (siglas en ingles, “Hot Stand By”).

IDU: Unidad interna (siglas del ingles, “Indoor Unit”).

IP: Protocolo de Internet (siglas del ingles, “Internet Protocol”).

ISDN: Red Digital de Servicios Integrados.(siglas en ingles, “Integrated Services Digital Network”)

MMU: Unidad de módem (siglas del ingles, “Modem Unit”).

MUX: Multiplexores.

LH: Tramos largos (siglas del ingles, “Long Haul”).

ODU: Unidad externa (siglas del inglés, “Outdoor Unit”).

OSI: Modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (siglas derivadas del inglés, “Open System Interconnection”).

PCM: Modulación por Codificación de Pulsos (siglas en inglés, “Pulse Code Modulation”).

PDH: Jerarquía Digital Plesiócrona (siglas derivadas del inglés, “Plesiochronous Digital Hierarchy”).

PPP: Protocolo Punto a Punto (siglas derivadas del inglés, “Point to Point Protocol”).

POS: Transmisión de paquetes sobre SDH (siglas derivadas del inglés, “Packet Over SDH”).

PRC: Referencia Primaria de Reloj (siglas en inglés, “Primary Reference Clock”).

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

SAU: Unidad de Acceso de Servicios (siglas derivadas del inglés, “Service Access Unit”).

SDH: Jerarquía Digital Sincrónica (siglas derivadas del inglés, “Synchronous Digital Hierarchy”).

SMU: Unidad multiplexor (siglas derivadas del inglés, “Switch Multiplexing Unit”).

SONET: Estándar para el transporte de telecomunicaciones en redes de fibra óptica (siglas derivadas del inglés, Synchronous Optical Network).

SNR: Señal a Ruido (siglas del ingles, “Signal to Noise Ratio”).

TDM: Multiplexación por División de Tiempo (siglas del ingles, “Time Division Multiplexing”)

TRXU: Unidad Trasmisor-Receptor (siglas del ingles, “Transceiver Unit”)

RF: Radio Frecuencia.

XPIC: Interfase de cancelación de polarización cruzada (siglas del ingles, Cross-Polarization Interferente Canceller)

WDM: Multiplexación por División de Longitud de Onda (siglas en ingles, “Wavelength Division Multiplexing”)

INTRODUCCIÓN

Los radio enlaces son interconexiones efectuadas entre dos terminales de telecomunicaciones por ondas electromagnéticas, estos terminales pueden ser fijos y están ubicados sobre la superficie terrestre, proporcionando capacidad de transporte de información y características de calidad y disponibilidad determinadas. Un radio enlace esta constituido por estaciones terminales, con equipos transmisores-receptores, antenas y elementos de supervisión y reserva. La interconexión de un conjunto de radio enlaces conforman una red digital, de alta velocidad, para la transmisión de datos, conocida también como red backbone.

Las redes de radio enlaces pueden ser estructuradas como PDH (siglas derivadas del inglés, “Plesiochronous Digital Hierarchy”) o Jerarquía Digital Plesiócrona, y la SDH (Synchronous Digital Hierarchy) o Jerarquía Digital Síncrona.

La principal diferencia entre la jerarquías SDH y PDH es que en la PDH funciona en un estado donde las diferentes partes de la red están casi, pero no completamente sincronizadas, mientras que en la jerarquía SDH la red completa se encuentra sincronizada bajo una misma señal de reloj y las transiciones entre las señales se realizan exactamente a la misma tasa.

La tecnología SDH nació de la necesidad de estandarización y unificación de las normas europeas, japonesas y norteamericanas, y puede considerarse hoy en día como la tecnología mas usada en los sistemas de transmisión que soporten anchos de banda elevados.

La implementación de un radio enlace requiere de un estudio detallado de diferentes factores como son: características físicas y climáticas de los sitios; la trayectoria de la señal; y el ruido del sistema. Adicionalmente, se debe estudiar la red asociada al enlace para determinar las frecuencias que están siendo usadas en

la banda de interés y asegurar que los equipos receptores usados en ese enlace funcionen adecuadamente.

Actualmente Ericsson lleva a cabo el proyecto “Ampliación de Red Backbone SDH” para un cliente de telefonía celular, en el cual se requirieron expansiones y sustituciones de radio enlaces microondas SDH.

Con la creciente demanda de servicios de datos entre los suscriptores, la compañía de telefonía requiere grandes anchos de banda y que el transporte de la información digital sea mayor. Dado que la capacidad de la red actual se vera sobrepasada en corto tiempo, la compañía está llevando a delante este proyecto previendo un futuro incremento en el trafico.

En consecuencia, Ericsson propuso para el proyecto equipos Marconi Long Haul con interfaces eléctricas de banda base 155 Mbit/s (STM-1), el cual da una eficiente solución para aumentar la capacidad del tráfico de datos y soporta además ampliaciones futuras que proporcionarán una mejor calidad de servicios y un mayor control de la red.

Durante la ejecución del proyecto antes mencionado, la Gerencia de Planificación e Implementación del cliente, solicito que dos de los enlaces requeridos permanecieran en espera, indicando que es necesaria su reubicación, demandando así la participación del Departamento de Ingeniería de Ericsson para tal fin.

Atendiendo dicha solicitud el presente proyecto de investigación se basa en estudiar la red backbone y los barridos de frecuencia para saber cuales son los canales disponibles en cada uno de los sitios. Conjuntamente se evaluarán las condiciones de espacio físico y materiales requeridos, generando así las adecuaciones necesarias para que el cliente pueda implementar dicho enlace.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para el proyecto “Ampliación de Red Backbone SDH” Ericsson hizo la propuesta de utilizar equipos Marconi LH. Estos equipos fueron diseñados con base en la información recibida del cliente de cada uno de los sitios incluidos en el proyecto. Con esto se realizaron los cálculos respectivos teniendo en cuenta consideraciones como: cálculos con la herramienta Pathloss (herramienta de planeación de radio de Ericsson), coordenadas y alturas del terreno, altura de las antenas sobre las torres, levantamiento detallado de los sitios, antenas Andrew tipo HSX e interfaces STM-1, de los radios, eléctricas.

Para el diseño de todos los equipos también es necesario especificar la banda de frecuencia en la cual van a trabajar, los canales a utilizar, la configuración inicial y su capacidad de ampliación. Existen diferentes configuraciones que ofrecen redundancia, diversidad de espacio y frecuencia, por ejemplo: arreglo de canales 1+1 HSB o un sistema de forma N+M, donde N son canales de operación y M son canales de protección, con una capacidad máxima de 9+1 y discriminación de frecuencia cruzada.

De esta forma, cuatro (4) equipos fueron diseñados para el proyecto, con la finalidad de operar en la banda de 6GHz, configuración inicial 2+1 y 5+1, contando con capacidad de ampliación hasta 9+1.

Sin embargo, en esta primera etapa, no se considero ningún tipo de barrido de frecuencia, el cual debe ser realizado como parte del proyecto para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos en la banda seleccionada para todos los enlaces.

El cliente solicitó que se almacenaran los cuatro (4) radios, ya que los canales en la banda de 6GHz, para la cual fueron diseñados, se encuentra totalmente ocupada en los sitios considerados, por tanto no se pueden utilizar los equipos en esa ubicación y mucho menos se tendrían canales para una futura ampliación. Esta discrepancia se debe al hecho de que no se realizaron los respectivos barridos de frecuencia para los enlaces propuestos.

La razón de este proyecto de investigación radica en demostrar mediante un estudio teórico si los enlaces diseñados para una banda de frecuencia, canales y configuración específica se puede garantizar, al ser reubicados, el correcto desempeño del sistema, respetando las normas establecidas en cuanto a implementación y operatividad requeridas por el cliente.

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se sustenta en las exigencias del cliente el cual eligió a Ericsson como proveedora de equipos de radio microondas para su proyecto de ampliación. Actualmente las otras empresas de telecomunicaciones en Venezuela tienen implementado en gran parte del territorio nacional la fibra óptica como medio de transmisión. Este medio es muy costoso y requiere tiempos de implementación muy largos que no son favorables en estos momentos, dado que el avance de la tecnología es muy vertiginoso y lleva de la mano el uso de un mayor ancho de banda para poder ofrecer mejores servicios.

Como solución a la gran demanda de transmisión de datos, es necesario para el cliente ampliar y aumentar la capacidad de su red backbone en todas aquellas regiones o tramos que ellos consideren primordiales para poder llevar la información de un punto a otro de manera efectiva y sin colapsar ningún nodo de la misma.

Dentro de sus responsabilidades, Ericsson cumple con tiempos muy cortos de implementación y operatividad de los radio enlaces adquiridos por el cliente, tener equipos sin permiso de instalación, conlleva retrasos y pérdidas económicas para ambas partes afectando así toda la planificación, logística e inversión realizada para el proyecto.

De allí radica la importancia del presente trabajo el cual dejará un precedente de cómo se debe proceder para utilizar equipos preconfigurados a enlaces no estudiados y brindará la solución más rentable y con menor tiempo de implementación tanto para el cliente como para Ericsson.

OBJETIVOS

1. Objetivo General.

Estudiar la nueva ubicación de dos radio enlaces SDH, en la banda de 6 GHz, para la red backbone de un cliente de telefonía celular de Ericsson Venezuela.

2. Objetivos Específicos.

- Estudiar la Red backbone del cliente de telefonía celular, identificar los enlaces de radio SDH, en qué bandas trabajan los equipos, su configuración actual y posible ampliación.
- Evaluar los barridos de frecuencia realizados por una contratista de Ericsson en cada uno de los posibles sitios de la red backbone, con la finalidad de determinar cuales tramos tienen canales en la banda de 6 GHz disponibles.
- Evaluar los cálculos de disponibilidad y perfil topográfico de cada uno de los posibles tramos para la implementación del enlace.
- Hacer un estudio de interferencia en la zona, de canales libres a proponer al cliente.
- Describir las características técnicas de los equipos a utilizar, en particular el MARCONI LH 155E, sus distintas configuraciones, modos de operación y transmisión.
- Planificar las adecuaciones necesarias para la configuración 2+1, 5+1 y los requerimientos (materiales, físicos, espacio, consumo) necesarios para realizar la ampliación del tráfico (STM-1) de los equipos en cuestión a 9+1.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Ericsson C.A.

2.1.1 Reseña histórica.

Ericsson es una compañía multinacional de origen sueco dedicada a ofrecer equipos y soluciones de telecomunicaciones, principalmente en los campos de la telefonía, la telefonía móvil las comunicaciones multimedia e Internet[1].

La compañía fue fundada en 1876 por Lars Magnus Ericsson, originalmente como un taller de reparación de equipos de telegrafía. [1]

En los años 1930 la compañía se mudó a Estocolmo. En los años 1970 comenzó el desarrollo del sistema AXE, uno de los sistemas pioneros de la telefonía digital y todavía uno de los líderes en el mercado. [1]

En los años 1990 Ericsson se convirtió en el fabricante líder de teléfonos celulares. Si bien todavía mantiene un liderazgo en los equipos de conmutación telefónica, principalmente en la tecnología GSM; la fabricación de terminales (teléfonos) móviles quedó en manos de una nueva compañía: Sony Ericsson, creada en asociación con Sony. Igualmente el negocio de equipos de energía se vendió a Emerson y el negocio de centrales telefónicas de empresas en su mayoría a Damovo. En octubre de 2005, Ericsson adquirió la mayor parte de la compañía británica Marconi. [1]

En junio de 2006, se vendió a Saab la división de equipos de microondas, Ericsson Microwaves. [1]

Ericsson se ha consolidado como una de las grandes empresas dedicadas al despliegue de redes de telecomunicaciones, suministrando equipos y servicios de telecomunicación a operadores. Las recientes adquisiciones de compañías como Marconi (2005) y Redback (2006) ha reforzado su posición en los crecientes segmentos de transmisión y banda ancha. [1]

2.1.2 Estructura organizativa de ericsson para proyectos de ampliación.

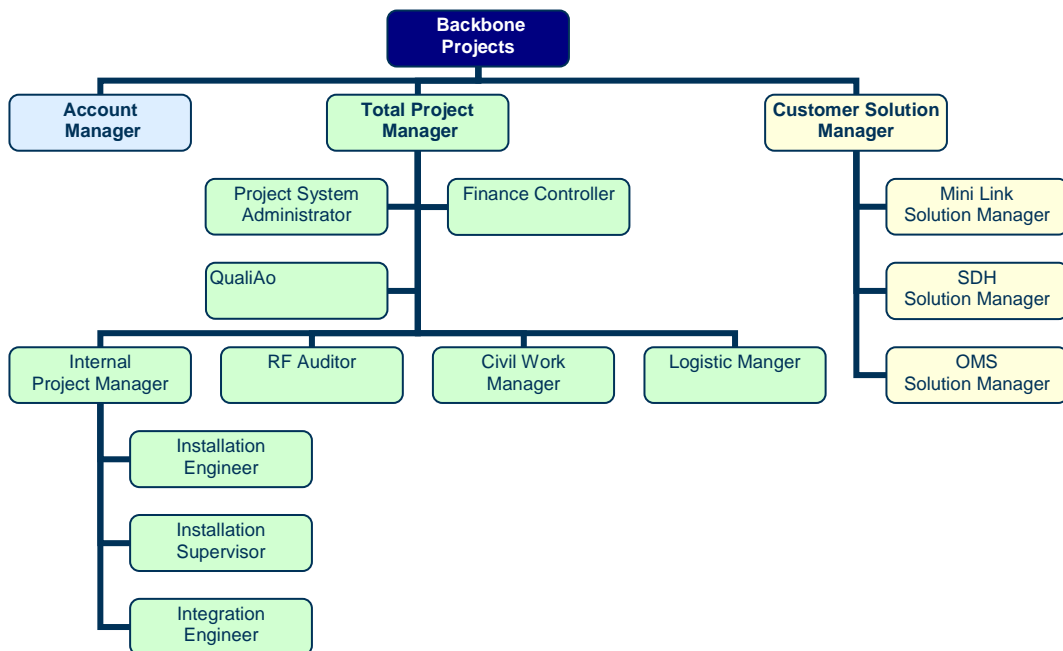


Figura 1. Estructura Organizativa de Proyectos. [5]

Como se observa en la Figura 1, la organización de un proyecto en la compañía se divide en 3 ramales de importancia similar. En el ramal central se encuentra el líder del proyecto que es el encargado de distribuir y coordinar responsabilidades y recursos dentro de Ericsson. Seguido, se encuentra el líder del

proyecto que complementa sus funciones con el trabajo de áreas como, obras civiles, logística, radio frecuencia e ingeniería.

2.1.3 Equipos Marconi LH.

Ericsson ha recomendado el sistema de microondas Marconi LH, para el proyecto “Ampliación la Red backbone SDH”, ya que es ideal para cualquier aplicación donde se requieran capacidades elevadas de transmisión y gestión de redes. La máxima capacidad de transmisión que ofrece el sistema LH es de diez (10) STM-1, por esta razón la configuración 9+1 es la mínima posible con protección.

El sistema está todo en la sala (Indoor), instalado en gabinetes de 19 pulgadas. Pueden ser acomodados hasta diez (10) módulos en un único rack. El sistema completo abarca tres (3) sub funciones, que son las siguientes: [4]

RF Branching: Los filtros de canal que conectan las unidades del transmisor-receptor con el sistema de la antena, permiten la conexión de todos los canales del RF con una poca atenuación.

Transceiver Unit (TRXU): La unidad del transmisor-receptor realiza la función principal de radio (transmisión de la señal del RF, modulación, demodulación, corrección de error, igualación, XPIC) y también combina de manera digital la diversidad del Terminal, esta unidad es configurada en fabrica según las especificaciones dadas por el cliente.

Baseband Unit (BBU): La unidad de la banda base realiza el procesamiento SDH, la protección-conmutación de la radio, y proporciona interfaces ópticas o eléctricas en la banda base, así como las interfaces hasta para cinco unidades del transmisor-receptor de señales STM-1/OC-3.

Cumpliendo con los requerimientos técnicos del cliente, estas son las características del equipo: [4]

- La unidad transmisora-receptora TRX tiene integrado el receptor de diversidad, siendo necesario solo el cableado y suministro de la antena de diversidad cuando se quiere pasar de una configuración sin diversidad a una con diversidad. La facilidad en el manejo de repuestos y flexibilidad para hacer cambios de configuración es el beneficio de estos equipos.

- En operación con diversidad de espacio, la unidad TRX permite compensar los diferentes retardos de la antena de diversidad vía software y en forma automática.

- Los radios son sintonizables. Cuando se pasa por ejemplo de HSB a 1+1, es necesario ajustar uno de los canales a otra frecuencia, esto se hace vía software en el equipo, es decir vía comando se programa el oscilador a la nueva frecuencia.

- La unidad de protección RPS (switch de señal) del radio es la misma no importa que sea operación HSB o n+1. El radio usa el mismo tipo de switch inclusive para llegar a la configuración 2x (9+1).

- De requerirse expansión del radio usando las dos polaridades en un mismo canal, la funcionalidad de XPIC viene integrada en el radio, siendo necesario un cable de interconexión entre las unidades TRX.

- De requerirse la expansión a n+1 puede encontrarse que una de las frecuencias disponibles se encuentra adyacente a uno de los canales ya usados por el enlace. El radio permite operar en modo canal adyacente para cualquier ancho de canal o inclusive si es a doble polaridad.

- Expansiones superiores a 4+1 están disponibles en el equipo, de hecho hasta 20STM-1 pueden ser transmitidos por una sola antena usando las dos polaridades (configuración 2 x (9+1)).

2.1.4 Radio enlaces del proyecto.

Para este proyecto el cliente proporcionó la información presente en la Tabla 1 sobre cuales eran los enlaces que se requerían para ampliación:

Ruta	Radio enlace
Backbone Centro-Occidente	La Tabla - Cerro Café
Backbone Centro-Occidente	Cerro Café – El Morro
Backbone Centro-Occidente	El Morro - El Amparo
Backbone Centro-Occidente	BSC El Morro - MSC Valencia
Backbone Centro-Occidente	Cerro Café – El Amparo
Ruta	RadioEnlace
Backbone Llanos Sur	Cerro La Gloria - Galeras del Pao
Backbone Llanos Sur	Galeras del Pao - La Fe
Backbone Llanos Sur	Hato Piñero - La Fe
Backbone Llanos Sur	Hato Piñero – Guardatinajas
Backbone Llanos Sur	Guardatinajas - Dos Caminos

Tabla 1. Enlaces a implementar para el Proyecto de Ampliación.

Dentro del proyecto de ampliación también se planeo la re configuración de los enlaces del Ramal Norte Ccs-Val con el fin de salir de la estación Calvario Maracay, debido a los numerosos problemas que representan las limitaciones para el acceso a la estación, tanto para instalación de nuevos equipos como para atención de fallas, además del alto costo que representa para el cliente la presencia de la estación en el Cerro El Calvario.

2.2 Barrido de frecuencias.

Es un método que se utiliza para conocer las frecuencias que están siendo ocupadas en la banda de interés, para así determinar la más apropiada para el establecimiento del radio enlace.

Para este proyecto de investigación se utilizaron informes de barridos de frecuencias los cuales fueron realizados por una contratista de la compañía. Estos informes anexan toda la información obtenida en campo. Para realizar estos informes es necesario que se cuente con varios instrumentos de medición y equipos que se detallan a continuación:

2.2.1 Analizador de espectro

El analizador de espectro es un instrumento que muestra la variación de la amplitud de la señal versus la variación de la frecuencia. La frecuencia aparece en el eje horizontal y la amplitud aparece en el eje vertical. Físicamente el analizador de espectro tiene cierto parecido con el osciloscopio. Es usado para determinar las frecuencias que están siendo utilizadas en determinado rango, así como también para determinar el ancho de banda de una señal digital o analógica. En la Figura 2 puede observarse un analizador de espectro portátil o Handheld que cubre las frecuencias desde 800 MHz a 7 GHz.



Figura 2. Analizador de espectro Handheld o Portátil

2.2.2 Amplificador de bajo ruido

El amplificador de bajo ruido LNA (Low Noise Amplifier) es un amplificador especial usado para capturar señales débiles que son recibidas por

una antena. Por lo general van dispuestos justo después de las antenas. Cuando se coloca al lado de la antena las pérdidas en las líneas de transmisión se vuelven menos críticas. El arreglo Antena – LNA es frecuentemente usado en sistemas de microondas, debido a que el cable coaxial sufre una gran cantidad de pérdidas en frecuencias microondas. La Figura 3 muestra un amplificador de bajo ruido portátil que opera en frecuencias hasta los 18 GHz.



Figura 3. Amplificador de bajo ruido

2.2.3 Antena de bocina

La antena de bocina es comúnmente usada en la transmisión y recepción de señales microondas, la antena lleva su nombre por el parecido que tiene con la propia bocina.

Para que la antena funcione correctamente debe tener cierto tamaño mínimo relativo a la longitud de onda del campo entrante o saliente. Si la antena es muy pequeña o la longitud de onda es muy grande, la antena no trabajará eficientemente. La figura 4 muestra un ejemplo de antena de bocina utilizado en las mediciones de barrido en frecuencias.



Figura 4. Antena de Bocina

2.2.4 Métodos de barrido de frecuencias.

Para la correcta realización del barrido de frecuencias deben considerarse los tipos de enlaces a realizar, para así poder reconocer el método de barrido a utilizar.

El tipo de enlace a considerar es:

2.2.4.1 Barrido para enlaces punto – punto.

Para los enlaces punto – punto se utilizan antenas con alta directividad y con ángulos de media potencia muy pequeños, por lo que se requiere de una medición dirigida hacia el azimut del enlace.

2.2.4.2 Medición dirigida hacia al azimut del enlace

Para la realización de esta medición se deben tomar en cuenta ciertos parámetros.

- Indicar el norte de referencia con el que se van hacer las mediciones (Norte Magnético o Norte Verdadero)
- Medición en la Banda Baja del plan de canales
- Medición en la Banda Alta del plan de canales

Inicialmente se debe fijar el analizador de espectros de manera que se cubra toda la Banda Baja del plan de frecuencias, según la UIT, en la que se realizará el barrido. Esto quiere decir que además de considerar el ancho de banda del canal, se debe fijar un factor de seguridad para poder asegurar que se toma en cuenta la señal de interés.

Frecuencia de Inicio: $f_l - AB$

Frecuencia de Parada: f_o

En la Figura 5 se puede observar la distribución de los canales en el plan de frecuencias.

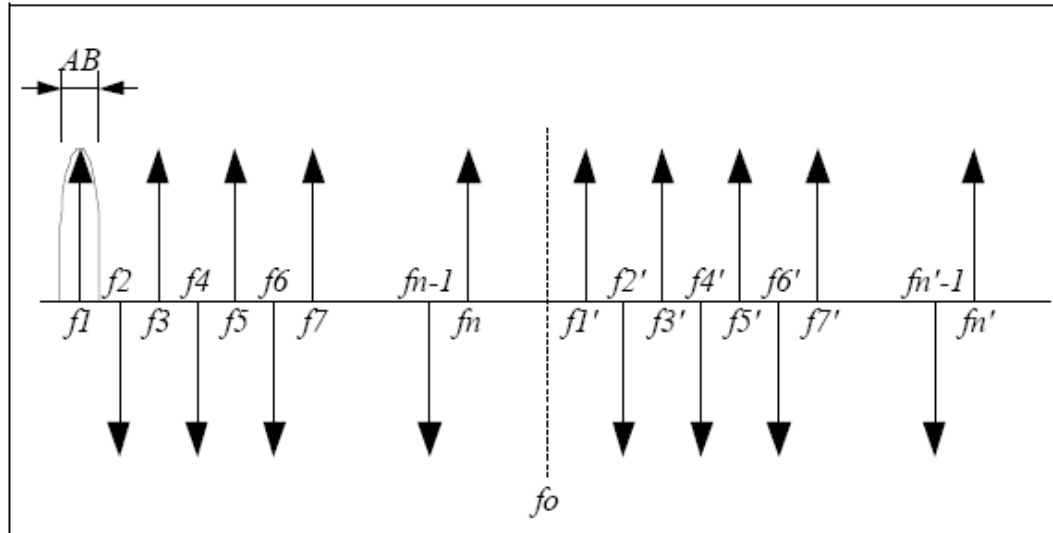


Figura 5. Plan de frecuencias [14]

Para la medición de la Banda Alta del plan de frecuencias sólo se procede del mismo modo pero cambiando las respectivas frecuencias de inicio y parada.

Frecuencia de Inicio: f_0

Frecuencia de Parada: $f_n + AB$

La antena debe dirigirse hacia el azimut del enlace a fin de garantizar que en la trayectoria del enlace no existen otras señales de microondas que puedan interferir con la señal con que se desea establecer el enlace. En los enlaces microondas se utilizan antenas altamente directivas y con un ángulo de potencia media realmente bajo, donde el máximo puede alcanzar los 15° . También deben tomarse en cuenta las polarizaciones horizontal y vertical y generar una medición para cada una de ellas.

2.3 Planes de frecuencia

Es conveniente optimizar la utilización del espectro radioeléctrico, lo que equivale a encontrar métodos que permitan transmitir el máximo de información

sobre un dado trayecto, con la banda más estrecha posible, y con un nivel de interferencias aceptable y controlado.

Por canal radioeléctrico, se entiende la banda de frecuencia ocupada por una onda radioeléctrica modulada. Un canal esta definido por el UIT-R teniendo en cuenta el ancho de banda y la frecuencia de la portadora de la onda modulada. La yuxtaposición de varios canales, constituye un plan de frecuencias.

El ancho de un canal, podría ser más elevado que el estrictamente necesario para transmitir la señal. Esto ocurre por la necesidad de asegurar un funcionamiento correcto cuando se yuxtaponen varios canales, dado que es necesario tener en cuenta el efecto de interferencia entre canales.

2.4 Aplicación utilizada en el cálculo de enlaces

Para realizar el calculo de los enlaces la compañía utiliza una herramienta especializada, cabe destacar son múltiples los software que pueden realizar esta tarea aunque, no todos disponen de las características y especificaciones con las cuales puedan ser considerados como confiables en sus resultados, características tales como la obtención de los mapas, por ejemplo. Por esta razón el programa que se describe a continuación es el utilizado en la empresa, ya que cumple con las características más fiables tales como alta resolución en los mapas, mayor cobertura a nivel mundial con respecto a los factores como lluvia, vegetación, etc. de tal manera que se considera como confiable y con una amplia trayectoria en el cálculo de los enlaces, además también ofrece otras opciones como cálculo de enlaces punto-multipunto usando varios métodos de propagación que son mundialmente reconocidos. También se consideró como criterio importante la necesidad y los requerimientos del cliente.

2.4.1 Pathloss.

Pathloss es un programa producido por Contract Telecommunication Engineering. Es un programa para el diseño de enlaces de microondas en un rango de frecuencias entre 30MHz Y 100GHz. El programa está organizado en 8 módulos de diseño, un modulo de señal de cobertura y modulo de red que integra los enlaces de microondas con las áreas de cobertura. En la Figura 6 puede apreciarse el ambiente de trabajo de Pathloss. [9]

The screenshot shows the Pathloss software interface with a menu bar at the top: Archivos, Module, Configure, Equipo, SDB, Reporte, Aplicación, Reporte, Ayuda. The main window is divided into several sections:

Nombres de los Sitios		Sitio 1	Sitio 2
Sigla			
Código de Estación			
Estado / Provincia			
Código de Propietario			
Latitud			
Longitud			
Azimuth Verdadero (°)			
Distancia Calculada (km)			
Distancia del Perfil (km)			
Datum	North American 1927		
Elevación (m)			
Altura de Torre (m)			
Altura de Antena de TR (m)	0.00	0.00	
Código			
Pérdidas TX (dB)	0.00	0.00	
Pérdidas RX (dB)	0.00	0.00	

Operator Code	
Modelo de Radio	
Código	
Designador de Emisor	
Traffic code	
Potencia de Transmisión (dBm)	
Frecuencia (MHz)	5882.50
Polarización	Horizontal
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	
PIRE (dBm)	
Señal Recibida (dBm)	

The Pathloss logo is visible in the bottom right corner of the interface.

Figura 6. Ambiente de trabajo de Pathloss.[9]

Los perfiles del terreno son creados a partir de:

- Entrada manual de los datos de distancias y elevaciones.
- Entrada directa de los datos de elevación y distancia desde mapas topográficos utilizando una tabla digitalizada.
- Conversión de los datos de distancia y elevación en archivos de textos desde otras fuentes.
- Los datos de elevación y distancia son leídos desde una base de datos del terreno.

El programa Pathloss soporta una base de datos primaria y una secundaria. Esto permite una base de datos de alta resolución con una cobertura parcial a ser suplementada con una segunda base de datos de menos resolución, pero con cobertura completa.

Como conveniencia para los usuarios de Pathloss, el programa es entregado con USGS GTOPO30 para la cobertura del terreno global.

Para el cálculo de la Confiabilidad del Enlace Pathloss utiliza:

- Factor de Vigants-Barnett
- UIT-R P.530-6 (inclinación del trayecto, ángulo rasante y factor geoclimático)
- UIT-R P.530-7 (inclinación del trayecto y factor geoclimático)
- Factor KQ
- Factor KQ incluyendo la rugosidad del terreno. Los exponentes de distancia y frecuencia pueden ser establecidos para una región en específico.

La confiabilidad del enlace puede ser representada en Disponibilidad o Indisponibilidad de las siguientes maneras:

- Tiempo total por debajo del nivel para el peor mes y la base anual.
- Indisponibilidad del peor mes y Severely Errored
- SES (Severe Error Seconds). Se considera el enlace como no disponible si este perdura por más de 10 segundos consecutivos por debajo del nivel de desvanecimiento.

Los siguientes cálculos para el mejoramiento de la diversidad de proveen por los sistemas de conmutación en banda base y combinadores en IF:

- Diversidad de Espacio
- Diversidad de Ángulo
- Diversidad de frecuencia para 1 x 1 y para 1 x N
- Diversidad Híbrida

Las interrupciones por lluvia pueden calcularse usando los métodos Crane o UIT-R P.530 usando los siguientes datos estadísticos:

- Regiones de lluvia de Crane
- Regiones de lluvia de Crane Modificado
- Regiones de lluvia de la UIT

El módulo de reflexión calcula la señal recibida como una función de alguna de las siguientes variables:

- Altura de la antena del Sitio 1
- Altura de la antena del sitio 2
- Frecuencia
- Factor del radio de la tierra K
- Nivel del mar

Las pérdidas para las trayectorias con línea de vista con menos del 60% de la primera zona de Fresnel son determinadas usando los siguientes métodos:

- Una serie de obstáculos aislados definidos por la intersección del 60% de la zona de Fresnel con el terreno.
- Longley-Rice
- Longley-Reasoner

El programa incluye aproximadamente 120 modelos de radios digitales de los fabricantes más reconocidos.

2.5 Levantamiento físico del sitio

En Ericsson, se enfocan para realizar el levantamiento físico del sitio en recaudar todos los datos correspondientes a infraestructura, energía, equipamiento, sistemas de puesta a tierra entre otros. La información correspondiente al espectro electromagnético será tomada en cuenta en el Barrido de Frecuencias. Los datos necesarios tomados en el levantamiento del sitio: [7]

1. Identificación del sitio
2. Persona de Contacto.
3. Características de acceso al sitio
4. Coordenadas y características del sitio
5. Topografía del trayecto
6. Altura del edificio/torre
7. Localización y montaje de la antena
8. Distribución del cuarto de equipos
9. Disponibilidad de energía
10. Sistemas de puesta a tierra
11. Fotografías
12. Diagramas de edificio y torre
13. Herramientas de trabajo

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Estructura de las redes de telecomunicaciones.

Dentro de una red de transporte de datos, se encuentran tres componentes básicos y claramente diferenciados que la conforman: capa de acceso, capa de conmutación y capa de control. En las redes actuales, todas estas componentes conviven de manera simultánea a través de una estructura de gestión y administración que permite ofrecer servicios, además de proveer supervisión, mantenimiento y control al sistema entero. Los elementos del sistema, además, se encuentran interconectados a través de una estructura de transmisión que permite la comunicación entre ellos.

A continuación se explican detalladamente cada una de las capas que conforman un sistema de telecomunicaciones [15]:

3.1.1 Capa de acceso.

Representa el punto de conexión de la red directamente con el equipo terminal que va a ser empleado por el usuario.

Comprende el conjunto de conexiones físicas necesarias para tener acceso a la red. La dificultad de la capa de acceso, radica en el la cantidad de usuarios que se deben conectar a la capa de conmutación, y que por ende su diseño (capa de acceso) representa un gran desafío para el despliegue de esta parte de la red.

3.1.2 Capa de conmutación.

Permite el establecimiento de un canal de comunicación entre el emisor y el receptor. Establece la ruta a través de la cual se transporta la información, desde el origen hasta el destino, a través de una infraestructura de comunicaciones común. Las unidades pertenecientes a la capa de conmutación cumplen además funciones de detección y corrección de errores y control de flujo.

Es importante resaltar que existen dos tipos principales de conmutación: de circuitos y de paquetes. En la conmutación de circuitos, el camino o circuito entre los extremos del proceso de comunicación se mantiene de forma permanente mientras dura la comunicación, de forma que es posible mantener un flujo continuo de información entre dichos extremos. En la conmutación de paquetes, no existe un circuito permanente entre los extremos y, la red, simplemente, se dedica a encaminar paquete a paquete la información entre los usuarios. Cada unidad de transmisión y/o recepción se encuentra identificada con una dirección de origen y una de destino y el sistema es el responsable del enrutamiento de la información. En este caso, el canal es común para todos los usuarios. Esto representa una ventaja respecto a la técnica de conmutación de circuitos puesto que permite un manejo más eficiente de los recursos del sistema al aprovechar de mejor manera el uso del canal. Hoy en día las dos clases de conmutación coexisten [15].

3.1.3 Capa de control.

La capa de control del modelo de red se encarga de asegurar el interfuncionamiento entre las otras dos capas: conmutación y acceso. Debe interpretar la señalización de la capa de conmutación y desencadenar los mecanismos oportunos para llevar a cabo la provisión de los servicios.

Otra de sus funciones principales es la de efectuar la traducción entre la señalización de diferentes redes de transporte. Esta tarea resulta imprescindible durante el periodo de tiempo en el que las futuras redes de paquetes sigan conviviendo con las actuales redes de circuitos, puesto que el proceso de

sustitución de las mismas no va a ser inmediato, sino que pasará por una etapa previa de migración entre ambas.

3.2 Red de transporte.

Comprende todos los sistemas de transmisión que se emplean para la interconexión de los diferentes elementos que conforman la red. Esta capa funciona de forma independiente al servicio prestado [15].

Las redes de transporte juegan un papel muy importante en las telecomunicaciones de la actualidad, son las encargadas del envío y multicanalización de diversos tipos de información en diferentes formatos tanto analógicos como digitales. Su evolución ha sido gradual, desde las primeras redes analógicas, las digitales, hasta las redes ópticas. Así tenemos las redes como E1/T1 y ISDN basadas en líneas de cobre, así como las redes de transporte basadas en fibras ópticas como ATM, B-ISDN o SONET/SDH, tecnologías que se describirán más adelante.

3.1.5 Transmisión analógica y digital.

Las redes de transporte se encuentran ligadas al modo o tipo de transmisión de los datos, ésta puede ser de dos tipos, transmisión analógica o transmisión digital.

La transmisión analógica se caracteriza por utilizar formas de onda que continuamente varían su amplitud o frecuencia. La frecuencia de las señales analógicas es medida en Hertz (Hz) o ciclos por segundo. El rango de frecuencias es llamado ancho de banda y la calidad de la señal es medida en términos de la relación señal a ruido (SNR, Signal to Noise Ratio). Entre mayor sea el nivel de SNR (en decibeles o potencia en Watts), mayor será la calidad de la información; este parámetro es muy importante debido a que las señales de tipo analógico se degradan conforme los niveles de ruido aumentan.

Por otro lado la transmisión digital es mucho más simple que la analógica. Una señal analógica es representada por valores binarios discretos (0s y 1s), los cuales son generados por una combinación de voltajes altos y bajos o por pulsos de apagado y encendido. La calidad de la señal es medida en tasas de error de bit (BER, Bit Error Rate) o por la probabilidad de error (Pe). La transmisión digital tiene más ventajas que la analógica debido a que pueden manipularse más fácilmente (codificación, modulación, multicanalización, compresión, etc.), por tal motivo la tendencia de las redes de la actualidad es la digitalización gradual de sus sistemas.

3.3 Técnicas de multicanalización.

La multicanalización es la técnica que se utiliza para transmitir varias fuentes de información, ya sea voz, datos o vídeo sobre un mismo canal de comunicación. El multicanalizador, frecuentemente llamado MUX, es un equipo de comunicación utilizado para este propósito. La principal ventaja de la multicanalización es la reducción los costos de la red al minimizar el número de enlaces de comunicación entre dos puntos.

Existen varias técnicas de multicanalización que incluyen FDM (Frequency Division Multiplexing, multicanalización por división de frecuencias), TDM (Time Division Multiplexing, multicanalización por división de tiempo), STDM (Statistical Time Division Multiplexing, multicanalización estadística por división de tiempo) y tantas otras más como multicanalización inteligente, multicanalización inversa, WDM (Wavelength Division Multiplexing) y DWDM (WDM Denso). A continuación se describen las técnicas FDM, TDM y WDM, así como los beneficios de la multicanalización.

3.3.1 *Frequency division multiplexing* (FDM)

FDM es un ambiente en el cual toda la banda de frecuencias disponible en el enlace de comunicaciones es dividida en sub bandas o canales individuales.

Cada usuario tiene asignada una frecuencia diferente. Las señales viajan en paralelo sobre el mismo canal de comunicaciones, pero están divididos en frecuencia, es decir, cada señal se envía en una diferente porción del espectro. Como la frecuencia es un parámetro analógico, por lo regular el uso de esta técnica de multicanalización es para aplicaciones de televisión.

3.3.2 Time division multiplexing (TDM)

TDM es la segunda técnica de multicanalización que apareció en el mercado después de la aparición de FDM. Un multicanalizador basado en TDM empaqueta un conjunto de información (tramas de bits) de diferentes fuentes en un solo canal de comunicación en ranuras de tiempo diferentes. En el otro extremo estas tramas son otra vez reensambladas (demulticanalizadas) y llevadas a su respectivo canal. Debido a que los MUX TDM manejan tramas de bits, son capaces de comprimir la información al eliminar redundancias en los paquetes, muy útil en el caso de aplicaciones de voz.

3.3.3 Wavelength division multiplexing (WDM)

Esta técnica conceptualmente es idéntica a FDM, excepto que la multicanalización y involucra haces de luz a través de fibras ópticas. La idea es la misma, combinar diferentes señales de diferentes frecuencias, sin embargo aquí las frecuencias son muy altas (1×10^{14} Hz) y por lo tanto se manejan comúnmente en longitudes de onda (Wavelength). WDM, así como DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) son técnicas usadas en las redes de transporte basadas en fibras ópticas.

En resumen, los multicanalizadores optimizan el canal de comunicaciones, además son pieza importante en las redes de transporte y ofrecen las siguientes características:

- Permiten que varios dispositivos compartan un mismo canal de comunicaciones.
- Son útiles para rutas de comunicaciones paralelas entre dos o más localidades.
- Minimizan los costos de las comunicaciones, al rentar una sola línea privada para comunicación entre dos puntos.
- Normalmente los multicanalizadores se utilizan en pares, un MUX en cada extremo del circuito.
- Los datos de varios dispositivos pueden ser enviados en un mismo circuito ó canal por un Mux. El Mux receptor separa y envía los datos a los apropiados destinos.
- Su capacidad para compresión de datos que permite la eliminación de bits redundantes para optimizar el ancho de banda.
- Poseen capacidad para detectar y corregir errores entre dos puntos que están siendo conectados para asegurar que la integridad y precisión de los datos sea mantenida.
- Poseen capacidad para administrar los recursos dinámicamente mediante con niveles de prioridad de tráfico.

3.4 Estructuras de multicanalización.

El desarrollo de los sistemas de transmisión digital empezó a principios de los años 70s, y fueron basados principalmente en el método de modulación que ha predominado hasta nuestros tiempos, PCM (Pulse Code Modulation).

A principios de los 80s los sistemas digitales se hicieron cada vez más complejos, tratando de satisfacer las demandas de tráfico de esa época. La demanda tan alta en Europa, provoco que se tuvieron que aumentar las jerarquías de tasas de transmisión de 140 Mbps a 565 Mbps. Uno de los inconvenientes era el alto costo del ancho de banda y de los equipos digitales. La solución fue crear una técnica de modulación que permitiera la combinación gradual de tasas no

síncronas (referidas como pleisiócronos), lo cual derivó al término que se conoce hoy en día como PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).

A continuación se detallan los diferentes tipos de infraestructura:

3.4.1 La infraestructura PDH.

El término pleisiócrono se deriva del griego plesio, cercano y chronos, tiempo, y se refiere al hecho de que las redes PDH funcionan en un estado donde las diferentes partes de la red están casi, pero no completamente sincronizadas. La tecnología PDH, por ello, permite la transmisión de flujos de datos que, nominalmente, están funcionando a la misma velocidad (bit rate), pero permitiendo una cierta variación alrededor de la velocidad nominal gracias a la forma en la que se forman las tramas [15].

PDH se basa en la técnica TDM sobre los canales digitalizados de voz (canales PCM), para construir enlaces de alta velocidad. PDH define un conjunto de sistemas de transmisión que utiliza dos pares de alambres.

La infraestructura PDH es conocida ampliamente por los estándares de transmisión de banda amplia: europeo, estadounidense y japonés.

- **T1**, el cual define el estándar PDH de Norteamérica que consiste de 24 canales de 64 kbps (canales DS-0) dando una capacidad total de 1.544 Mbps. También están disponibles T1s fraccionales.
- **E1**, el cual define el estándar PDH europeo definido por la ITU-T, pero que es utilizado en el resto del mundo. E1 consiste de 30 canales de 64 kbps (canales E0) y 2 canales reservados para la señalización y sincronía, la capacidad total es de 2.048 Mbps. Pero también están disponibles E1s fraccionales.
- **J1**, el cual define el estándar PDH japonés para una velocidad de transmisión de 1.544 Mbps consistente de 24 canales de 64 kbps (canales

DS-0), aunque también están disponibles J1 fraccionales. La longitud de la trama del estándar J1 es de 193 bits (24 x 8 bit, canales de voz/datos más un bit de sincronización), el cual es transmitido a una tasa de 8000 tramas por segundo. Así, $193 \text{ bits/trama} \times 8000 \text{ tramas/segundo} = 1544000 \text{ bps}$ o 1.544 Mbps.

La jerarquía crece con la agrupación de cuatro canales de entrada de nivel inferior, para formar un enlace de nivel superior. Así pues, se emplean cuatro enlaces E1 para formar un enlace E2, y así sucesivamente hasta llegar al nivel E4. Existe un nivel E5 pero no se encuentra estandarizado, por lo que existen problemas de compatibilidad entre fabricantes. Es evidente que al subir el nivel de Jerarquía, aumenta la velocidad de transmisión del enlace, puesto que se incrementa la cantidad de canales transmitidos.

PDH fue una innovación en los sistemas de transmisión, sin embargo tiene muchas debilidades, algunas de ellas son las siguientes [15]:

- No existe un estándar mundial en el formato digital, existen tres estándares incompatibles entre sí, el europeo, el estadounidense y el japonés.
- No existe un estándar mundial para las interfaces ópticas. La interconexión es imposible a nivel óptico.
- La estructura asíncrona de multicanalización es muy rígida.
- Capacidad limitada de administración.

3.4.2 La infraestructura SONET/SDH.

La necesidad de estandarización y unificación de las normas europea, japonesa y norteamericana, aunada a las desventajas que presentaba la jerarquía PDH, llevaron al desarrollo de la infraestructura SDH (Synchronous Digital Hierarchy) basada en la norma SONET (Synchronous Optical Network del inglés), que está soportado sobre fibra óptica a nivel de capa física. Esta tecnología proporciona compatibilidad con enlaces de la jerarquía PDH.[13]

SDH se define como una jerarquía sincrónica, donde las transiciones entre las señales se realizan exactamente a la misma tasa. La principal característica de la Jerarquía Digital Sincrónica es que la red completa se encuentra sincronizada bajo una misma señal de reloj conocido como PRC (Primary Reference Clock) que se encarga de generar los tiempos para los intervalos en que serán enviados los bits.

Los niveles de servicio de SDH/SONET incluyen:

- **OC (Optical Carrier):** Define las velocidades de transmisión de SONET para señales ópticas en incrementos de 51.84 Mbps.
- **STS (Synchronous Transport Signal):** Define las velocidades de transmisión de SONET para señales eléctricas en incrementos de 51.84 Mbps.
- **STM (Synchronous Transport Mode):** Define las velocidades de transmisión de SONET para señales eléctricas y ópticas en incrementos de 155.52 Mbps.

Algunas de las ventajas de SDH son las siguientes:

- Primer estándar mundial en formato digital.
- Primera interfaz óptica.
- La compatibilidad transversal reduce el costo de la red.
- Estructura de multicanalización síncrona flexible.
- El número reducido de interfaces permite mejorar la confiabilidad y desempeño de la red.
- Compatibilidad hacia adelante y hacia atrás.

SDH y SONET le brindan a los proveedores de servicios de telecomunicaciones más ancho de banda para transportar tráfico de voz y datos que la tecnología PDH. La tasa de transmisión base para SONET es 51 Mbps.

STS-n se refiere a la señal de SONET en el dominio del tiempo y OC-n se refiere a la señal en el dominio óptico. La tasa base para SDH es 155 Mbps. STM-n se refiere a la señal SDH en ambos dominios, tiempo y óptico (ver Tabla 2).

En lo que respecta a la disponibilidad, los enlaces de las redes basadas en SONET/SDH son altamente seguros. Debido a que su topología es de anillo, existen enlaces redundantes que en caso de que una fibra se corte, la ruta de transmisión seguirá funcionando con el enlace de respaldo y la comunicación será restaurada nuevamente dentro de un margen de 50 milisegundos.

SONET	SONET	SDH	Ambos
STS	OC	STM	Tasa (Mbps)
STS-1	OC-1	N/D	51.84
STS-3	OC-3	STM-1	155.52
STS-12	OC-12	STM-4	622.08
STS-48	OC-48	STM-16	2,488.32
STS-192	OC-192	STM-64	9,953.28
STS-768	OC-768	STM-256	39,813.12

Tabla 2: Equivalencias en tasa de transmisión entre SONET y SDH [17]

3.5 Pila de protocolos TCP/IP.

Las siglas TCP/IP se refieren a un conjunto de protocolos para comunicaciones de datos. Este conjunto toma su nombre de dos de sus protocolos más importantes, el protocolo TCP (Transmission Control Protocol) y el protocolo IP (Internet Protocol).[11]

La evolución del protocolo TCP/IP ha estado ligada a la de Internet. El primer conjunto básico de protocolos TCP/IP se desarrollo a partir de un proyecto

experimental en los EEUU denominado ARPANet, que se implemento inicialmente en equipos militares. Poco a poco ARPANet deja de tener un uso exclusivamente militar, y se permite que centros de investigación, universidades y empresas se conecten a esta red, con lo que nace la Internet. en 1990 ARPANet deja de existir oficialmente.

El gran crecimiento de Internet ha logrado que el protocolo TCP/IP sea el estándar en todo tipo de aplicaciones telemáticas, incluidas las redes locales y corporativas.

La popularidad del protocolo TCP/IP se debe a una serie de características que responden a las necesidades actuales de transmisión de datos en todo el mundo, entre las cuales destacan las siguientes:

- Los estándares del protocolo TCP/IP son abiertos y ampliamente soportados por todo tipo de sistemas, es decir, se puede disponer libremente de ellos y son desarrollados independientemente del hardware de los ordenadores o de los sistemas operativos.
- TCP/IP funciona prácticamente sobre cualquier tipo de medio, no importa si es una red Ethernet, una conexión ADSL o una fibra óptica.
- TCP/IP emplea un esquema de direccionamiento que asigna a cada equipo conectado una dirección única en toda la red, aunque la red sea tan extensa como Internet.

3.5.1 Arquitectura del protocolo TCP/IP.

El protocolo TCP/IP fue creado antes que el modelo de capas OSI, así que los niveles del protocolo TCP/IP no coinciden exactamente con los siete que establece el OSI. Existen descripciones del protocolo TCP/IP que definen de tres a cinco niveles. La Figura 7 representa un modelo de cuatro capas TCP/IP y su correspondencia con el modelo de referencia OSI. [15]

Los datos que son enviados a la red recorren la pila del protocolo TCP/IP desde la capa más alta de aplicación hasta la más baja de acceso a red. Cuando son recibidos, recorren la pila de protocolo en el sentido contrario. Durante estos recorridos, cada capa añade o sustrae cierta información de control a los datos para garantizar su correcta transmisión.

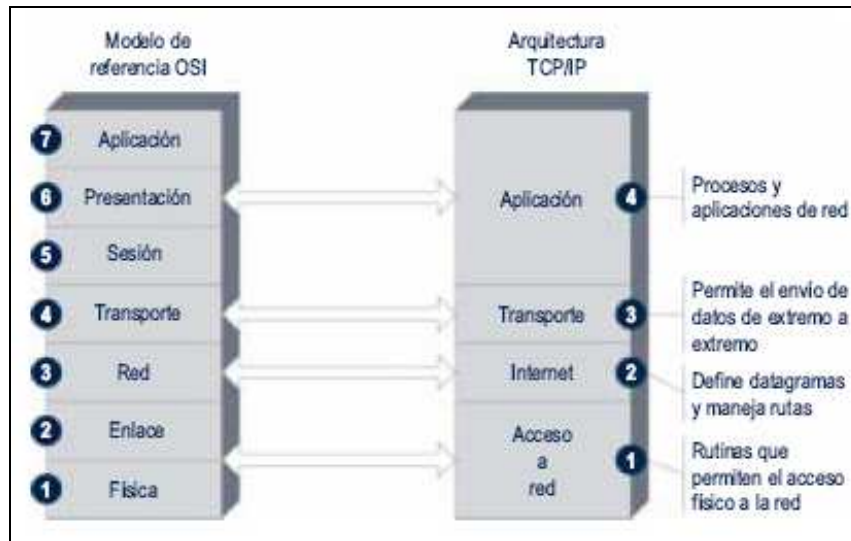


Figura 7: Modelo de capas de TCP/IP y OSI. [17]

En teoría cada capa maneja una estructura de datos propia, independiente de las demás, aunque en la práctica estas estructuras de datos se diseñan para que sean compatibles con las de las capas adyacentes mejorando así la eficiencia global en la transmisión de datos.

3.5.2 Capa de acceso a red.

Dentro de la jerarquía del protocolo TCP/IP la capa de acceso a red se encuentra en el nivel más bajo. Es en esta capa donde se define cómo encapsular un datagrama IP en una trama que pueda ser transmitida por la red, siendo en una inmensa mayoría de redes LAN una trama Ethernet.

3.4.3 Capa de red: internet.

La capa Internet se encuentra justo encima de la capa de acceso a red. En este nivel se usa el protocolo IP. Existen varias versiones del protocolo IP: IPv4 es en la actualidad la más empleada, aunque el crecimiento exponencial en el tamaño de las redes compromete cada vez más su operatividad.

El protocolo IP se ha diseñado para redes de paquetes conmutados no orientadas a conexión, lo cual quiere decir que cuando dos equipos quieren conectarse entre sí no intercambian información para establecer la sesión. IP tampoco se encarga de comprobar si se han producido errores de transmisión, confía esta función a las capas superiores. Todo ello se traduce en que los paquetes de datos contienen información suficiente como para propagarse a través de la red sin que haga falta establecer conexiones permanentes.

Para el protocolo IP un datagrama es el formato que debe tener un paquete de datos en la capa de red. La Figura 8 representa la estructura de un datagrama: muestra las seis primeras palabras de la cabecera y el punto desde el que se comienzan a transmitir los datos. Las cinco (o seis) primeras palabras de 32 bits contienen la información necesaria para que el datagrama se propague por la red, y a continuación se adjuntan los datos.



Figura 8: Estructura de datagramas IP. [17]

La lógica de funcionamiento del protocolo IP es la siguiente para cada datagrama consulta la dirección origen (palabra 4) y la compara con la dirección destino (palabra 5). Si resulta que origen y destino se corresponden con equipos

(hosts) de la misma red, el datagrama se envía directamente de un equipo a otro. Si, por el contrario, los equipos pertenecen a redes distintas, se hace necesaria la intervención de una puerta de enlace o gateway que facilite el envío a redes diferentes.

El paso de datos de una red a otra a través de una puerta de enlace es conocido como salto (hop). Un datagrama puede realizar varios saltos a través de diversas redes hasta alcanzar su destino. La búsqueda del camino más adecuado a cada momento se denomina enrutamiento. a las puertas de enlace se les denomina enrutadores (routers).

3.4.4 Capa de transporte

En esta capa se encuentran definidos el protocolo TCP y el protocolo UDP (User Datagram Protocol). TCP permite enviar los datos de un extremo a otro de la conexión con la posibilidad de detectar errores y corregirlos. UDP, por el contrario, reduce al máximo la cantidad de información incluida en la cabecera de cada datagrama, ganando con ello rapidez a costa de sacrificar la fiabilidad en la transmisión de datos. La Figura 9 muestra el formato de un mensaje UDP.



Figura 9: Formato de mensaje UDP. [17]

La capa de transporte es responsable de hacer llegar los datos a las aplicaciones que los requieren en las capas superiores.

3.5.5 Capa de aplicación.

Ésta es la capa más alta dentro de la estructura jerárquica del protocolo TCP/IP, e incluye las aplicaciones y procesos con los que intercambia datos la capa de transporte. TCP/IP tiene en esta capa protocolos que soportan servicios de conexión remota, correo electrónico y transferencia de archivos. De todos los protocolos de aplicación los más conocidos son:

- **Telnet (Network Terminal Protocol).** Es un protocolo que permite establecer conexiones con terminales remotos, de tal manera que se puedan ejecutar en ellos comandos de configuración y control.
- **FTP (File Transfer Protocol).** Protocolo orientado a conexión dedicado a la transferencia de archivos.
- **TFTP (Trivial File Transfer Protocol)** es una versión de FTP que funciona más rápido, pero es menos fiable porque se sirve de mensajes UDP en la capa de transporte.
- **SMTP (Simple Mail Transfer Protocol).** Posibilita el funcionamiento del correo electrónico en las redes de ordenadores. SMTP recurre al protocolo de oficina postal POP (Post Office Protocol) para almacenar mensajes en los servidores de correo electrónico.
- **HTTP (Hypertext Transfer Protocol).** Es un estándar de Internet que permite la transmisión de gran variedad de archivos de texto, gráficos, sonidos e imágenes.
- **DNS (Domain Name Service).** Esta aplicación convierte nombres de dispositivos y de nodos de red en direcciones IP.

3.6 Cálculo del enlace.

3.6.1 Factores climáticos

Es importante investigar si existe algún clima inusual en la zona de interés. Estas condiciones pueden incluir cantidades excesivas de lluvia o niebla, altas velocidades del viento o altas temperaturas. Se debe tomar en cuenta que si las condiciones extremas existen éstas pueden afectar la integridad del radio enlace.

3.6.2 Lluvia y niebla

Excepto en condiciones extremas la atenuación por lluvia no requiere consideraciones serias para frecuencias en el rango entre 6 y 8GHz. Cuando las frecuencias de microondas están alrededor de los 10 o 12GHz, la atenuación debido a la lluvia se vuelve un parámetro importante, especialmente en áreas donde hay alta densidad de lluvia y larga duración. En casos como este se requiere de enlaces más cortos. A estas frecuencias, la longitud de onda se vuelve lo suficientemente corta para que las gotas de agua puedan representar una obstrucción en la trayectoria. Esto ocurre cuando el diámetro de las gotas se aproxima a $\frac{1}{4}$ de longitud de onda de la frecuencia que esta siendo usada.

Debido a que las tasas de lluvia difieren por ubicación geográfica, se deben obtener las estadísticas para el área de interés particular.

En muchos casos, los efectos de la niebla son considerados muy parecidos a los de la lluvia. Sin embargo, la niebla puede afectar adversamente un radio enlace cuando viene acompañada de condiciones atmosféricas como inversión de la temperatura o estratificación del aire. La inversión de temperatura puede reducir los despejes, y la estratificación del aire puede causar condiciones de reflexión y difracción, con resultados impredecibles. Las inversiones de temperatura y la estratificación también pueden causar ductos, lo cual puede incrementar la interferencia de sistemas que normalmente no interfieren con otros. Se recomienda que donde existan estas condiciones se utilicen enlaces cortos y un despeje adecuado, con el fin de garantizar la calidad y la integridad del enlace.

3.6.3 Absorción atmosférica.

La absorción atmosférica es un efecto que proviene del oxígeno y el vapor de agua. Usualmente existe sólo en largos trayectos y a determinadas frecuencias. La atenuación en el rango de frecuencias entre 2 y 14GHz es aproximadamente 0.01 dB/milla, lo cual es insignificante. Debido a que las atenuaciones son

realmente pequeñas las pérdidas por absorción atmosférica no son tomadas en cuenta.

3.6.4 Viento.

Es importante conocer la dirección y velocidad del viento en el sitio. Las antenas y sus estructuras de soporte deben ser capaces de soportar las fuerzas producidas por el viento, a fin de evitar daños a la antena, a sus estructuras de soporte o a los edificios y torres donde los sistemas se encuentran instalados.

Los diseños de antena reaccionan de manera diferente a las fuerzas del viento, dependiendo del área de incidencia del viento. Este fenómeno es conocido como Carga del Viento. La mayoría de los fabricantes de antenas especifican la carga del viento para cada tipo de antena construido.

3.6.5 Rayos.

El potencial daño que pueda causar un rayo al equipo de radio debe ser siempre tomado en consideración. Una variedad de protecciones anti-rayos y sistemas de puesta a tierra están disponible para el uso en edificios, torres, antenas, cables y equipos.

Los requerimientos para protección de rayos están basados en la exposición en el sitio, los costos del radio enlace, las edificaciones locales y códigos eléctricos. Si el enlace es crítico, y el sitio es un área activa de rayos, la protección que se preste debe ser mayor y el sistema de puesta a tierra debe ser minucioso.

3.6.6 Pérdidas de espacio libre

Las pérdidas de espacio libre pueden definirse como la pérdida que podría obtenerse entre dos antenas isotrópicas en el espacio libre, donde no hay

influencias de la tierra ni obstrucciones; en otras palabras, donde bloqueos, refracción, difracción y absorción no existen. Las Pérdidas de espacio libre es una función que depende de la longitud del enlace y de la frecuencia utilizada. Mientras mayor sea la longitud del enlace mayor será la atenuación y mientras mayor sea la frecuencia mayor será la atenuación, lo que quiere decir que la Pérdida de espacio libre es directamente proporcional a la distancia y a la frecuencia, por ello se recomienda utilizar frecuencias más bajas para enlaces de largo alcance y frecuencias más altas para enlaces más cortos.

Las pérdidas por espacio libre vienen dadas por:

$$A_{el} = 20 \times \log(f) + 20 \times \log(D) + 32.4 \quad (1)$$

donde:

f : frecuencia en MHz.

D : distancia en km.

3.6.7 Cálculo de energía del enlace

El cálculo de la energía de un enlace, es una lista de puntos de todas las pérdidas del sistema y las ganancias desde el transmisor hasta el receptor en el otro extremo, y todo lo que se encuentra entre ellos.

En el extremo receptor del enlace las consideraciones son las mismas que con el transmisor, sólo que en orden inverso, (pérdidas del Radome, ganancia de la antena, pérdidas de guías de onda, conectores y acopladores), con el nivel de señal aplicado al receptor.

3.6.8 Zonas de Fresnel

La zona de Fresnel es una zona de despeje que hay que tener en consideración en un enlace microondas punto a punto, además de la línea de vista. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas, respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en

reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida.

Para establecer las zonas de Fresnel primero se debe determinar la línea de vista, que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la antena receptora. De esta manera la zona que rodea a la línea de vista es la zona de Fresnel (Ver figura 10).

La ecuación que determina los radios de las zonas de Fresnel a cualquier distancia de la trayectoria es:

$$r_n = \sqrt{\frac{d1 * d2}{d1 + d2} * \lambda * n} \quad (2)$$

donde:

$d1$: distancia del sitio 1 hasta la obstrucción en metros.

$d2$: distancia del sitio 2 hasta la obstrucción en metros.

λ : longitud de onda en metros.

n : número de zona de Fresnel.

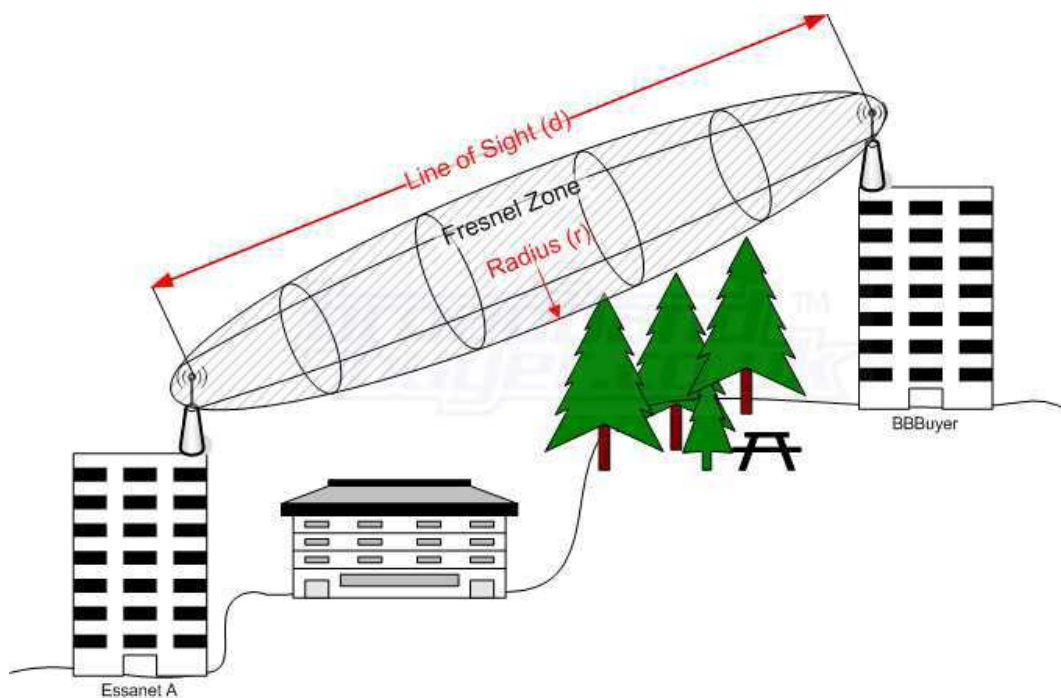


Figura 10. Zona de Fresnel [8]

Las zonas pares ($n = 2, 4, 6, \text{etc.}$) tienen una contribución sustractiva de potencia pues el rayo directo y el difractado se suman con signos opuestos y las zonas impares tienen una contribución aditiva. La potencia de recepción es la suma de todas las contribuciones; las amplitudes de estas contribuciones disminuyen en la medida que se incrementan el orden N . Las zonas de Fresnel aportan una intensidad de campo proporcional a la superficie de la zona y a un factor de oblicuidad. A causa de este factor el aporte de cada zona disminuye con el orden de la zona. En conjunto el aporte combinado desde la zona 2 en adelante es solo la mitad del aporte de la primera zona.

3.6.9 Radio efectivo de la tierra, el factor k

Es importante conocer que la constante dieléctrica de la atmósfera cambia con la altura respecto a la tierra. Esta variación refractiva causa que la propagación del frente de onda efectivamente se “doble”. Si existe una condición donde la constante dieléctrica de la atmósfera es constante con respecto a la altura sobre el suelo, no ocurrirá ninguna refracción y el frente de onda viajará en línea recta. Sin embargo ésta no es la norma. Como las variaciones del dieléctrico están típicamente presentes, el frente de onda usualmente se refractará siguiendo un recorrido entre la línea recta y la verdadera curvatura de la tierra. La propagación del frente de onda a través del ambiente se verá reducida, y será “doblado” efectivamente. Esto es porque en vez de viajar en línea recta, el frente de onda normalmente se dobla hacia la tierra, lo cual sirve para extender su horizonte.

Con el fin de ahorrar tiempo en los cálculos generalmente se utilizan los tres valores más significativos de K . Dos de los tres valores describen los límites entre los que la refracción pueda ocurrir (aunque con condiciones anómalas, pueden existir valores fuera de ese límite), mientras que el tercer valor describe una condición “normal” o esperada. El valor de $K = \text{infinito}$, también conocido como la atmósfera “súper normal”, es una condición extrema donde el frente de onda sigue la verdadera curva de tierra. El otro valor extremo es $K = 2/3$ y su

término es atmósfera “sub normal”. Esta es una condición referida a veces como abultamiento de la tierra. El valor medio es $K = 4/3$ y es usado para evaluar la trayectoria bajo condiciones atmosféricas normales.

Inicialmente, estos métodos gráficos permiten medir los despejes en distancias, como metros. Una vez que esta información es obtenida, típicamente se convierte en una significativa medición de diseño.

3.6.10 Criterios de despeje

Si el despeje de la trayectoria tiene menos del 60% de la primera zona de Fresnel, habrá más pérdida que simplemente la de espacio libre, incluso si la condición de línea de vista existe. Con los despejes de las zonas de Fresnel impares, pueden ocurrir pérdidas un poco menores a las de espacio libre, mientras que con las zonas pares las pérdidas pueden ser algo significativas. Esto se debe a la relación de fase entre la onda directa y reflejada recibida por la antena.

Cuando la señal es reflejada, ésta experimenta un retraso en fase de 180° (equivalente a un retraso de $\frac{1}{2}$ longitud de onda) referenciado al frente de onda incidente. Si la zona de reflexión se encuentra en la primera zona de Fresnel, la señal reflejada llegará al receptor con otro defasaje de $\frac{1}{2}$ longitud, para un total de 1 longitud de onda. Las señales recibidas estarán entonces en fase y serán aditivas.

Si la superficie reflectora se encuentra en los límites de la segunda zona de Fresnel, el frente de onda al reflejarse, alcanza la antena receptora con un retardo total de 1,5 longitudes de onda. Esto significa que estará desfasada con respecto al frente de onda incidente, y las señales que lleguen al extremo receptor se cancelarán.

El levantamiento de una o ambas antenas es un método para alterar los despejes de las zonas de Fresnel. Como los despejes aumentan a órdenes superiores en los números de las zonas de Fresnel, la intensidad de este problema

disminuye a causa de que la magnitud del coeficiente de reflexión con respecto a la superficie reflectora disminuye.

Las trayectorias son usualmente diseñadas para cumplir con un criterio específico de los despejes de la zona de Fresnel para uno o más valores de K . Los requerimientos para “rutas Fuertes” determinan que el despeje debe ser al menos $0.3F1$ (30% la primera zona de Fresnel) cuando se utiliza un $K = 2/3$, y el despeje debe ser igual a $1F1$ (100% de la primera zona de Fresnel) cuando se utiliza $K = 4/3$. Los requerimientos para “rutas ligeras” especifican que el despeje debe ser $0.6F1$ (60% la primera zona de Fresnel) mas 3,05 metros cuando se utiliza una $K = 1$.

Otra consideración importante es el tipo de superficie que se está evaluando. En general, están definidos tres tipos de superficies, cada una con su propio coeficiente de reflexión: $R = 0$ para la superficie tipo “filo de cuchillo”, $R = 0,3$ para rugosidad normal y $R = 1$ para una superficie esférica lisa. Los tipos de superficie hacen una gran diferencia en relación a la atenuación en las zonas pares de Fresnel, porque las obstrucciones con superficies grandes y lisas reflejan mayor energía. Combinando estas ondas reflejadas fuera de fase con la señal incidente en el receptor ocurrirán grandes atenuaciones de la señal recibida.

3.7 Ruido

3.7.1 Ruido térmico

El ruido térmico es causado por variaciones aleatorias de corriente en cada porción del equipo electrónico y está presente independientemente de la aplicación de la señal modulada. Una porción del ruido térmico, a veces llamado ruido intrínseco, es generada en el transmisor y en las últimas etapas del receptor. Esto es independiente del nivel de entrada del receptor, y el nivel de ruido que puede ser medido en los terminales bajo condiciones de no modulación y una

señal RF de entrada muy fuerte. La porción más importante del ruido térmico es generado por la resistencia de la antena.

3.7.2 Ruido de intermodulación

El ruido de intermodulación es creado cuando la compleja señal de modulación pasa a través de cualquier tipo de no-linealidad de fase o amplitud en el equipo transmisor. Está presente sólo cuando el sistema está siendo modulado, y aumenta con los niveles de señal modulada. Factores como el número total de canales, niveles de señalización, y los niveles individuales de conversación, son los que determinan los niveles de la señal en banda base.

3.7.3 Ruido atmosférico y producido por el hombre

La contribución al sistema de ruido por parte de ruido atmosférico y ruido hecho por el hombre es muy pequeño en frecuencias de microondas y pueden ser descartados. Sin embargo, las señales interferentes provenientes de otros sistemas de microondas o por radiaciones espurias de radares de alta potencia, pueden producir ruido en los sistemas microondas. Esta forma de ruido debe ser tomada como insignificante para los equipos apropiados, diseños de sistemas y por la coordinación apropiada de frecuencia usada en alguna área geográfica.

3.7.4 Ruido de los equipos de radio

Los equipos de radio también son considerados una fuente de ruido, pero su contribución de ruido no está afectada por el desvanecimiento. La cantidad de ruido agregado por los equipos de radio bajo condiciones de carga, es una característica del equipo, y puede ser determinado tanto en especificaciones del fabricante o por mediciones en los terminales.

3.7.5 Ruido total

El ruido total de cualquier canal derivado está compuesto por las contribuciones totales de los distintos tipos de ruido presentes: ruido térmico, ruido de intermodulación y ruido de los equipos de radio.

3.8 Reflexiones sobre la trayectoria

Un punto de reflexión existirá en cualquier parte a lo largo de la trayectoria donde el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Si las antenas en los extremos de la trayectoria tienen la misma altura en un plano, la superficie reflectora, el punto de reflexión estará en el medio del camino entre las dos antenas. Sin embargo, si las elevaciones de las antenas son diferentes, el punto de reflexión estará más cerca de la antena más baja, y se moverá a lo largo del camino mientras el valor de K varíe. Si se recibe suficiente señal fuera de fase, pueden ocurrir desvanecimientos catastróficos.

En algunos casos el punto de reflexión puede ser obstruido por características del terreno. La manipulación de las alturas de las antenas es un método utilizado para mover el punto de reflexión y que éste pueda ser bloqueado o pueda reflejarse en una superficie distinta que le permita tener mayor atenuación. Las superficies rugosas no reflejan tanto como lo hacen las superficies lisas tales como: superficies planas o el agua.

La magnitud del coeficiente de reflexión aumenta a medida que el ángulo de incidencia disminuye. A causa de esto, los enlaces cortos con terminales a una altura considerablemente más alta que la superficie de reflexión serán afectados menos que aquellos enlaces cuyas alturas apenas son un poco más altas que la zona reflectora (como por ejemplo un enlace entre dos plataformas petroleras ubicadas en el mar). La magnitud del coeficiente de reflexión puede variar desde 0 hasta 1, la última corresponde a una reflexión del 100%. El signo negativo se refiere a un cambio de fase de 180° en el punto de reflexión.

Existe una ventaja de usar polarización vertical cuando el ángulo rasante de la superficie reflectora tiene una par de grados o más. La magnitud del coeficiente de reflexión con polarización vertical es mucho menor que con polarización horizontal. De esta manera estará presente menos señal reflejada en el otro extremo del enlace.

3.9 Margen de desvanecimiento

El margen de desvanecimiento es la diferencia en decibeles entre el nivel de umbral práctico y el nivel de la señal normal. La mayoría de los sistemas con línea de vista están desarrollados con margen de desvanecimiento de 35 a 40 dBm.

Muchas veces a fin de garantizar los niveles del margen de desvanecimiento se utilizan altos niveles de potencia en las señales. El margen de desvanecimiento se expresa como:

$$Md = Prx - Urx \quad (3)$$

donde:

Prx: Potencia recibida en dBm.

Urx: Umbral de recepción en dBm.

Los fabricantes ofrecen una especificación de umbral de recepción de ruido, que simplemente es la sensibilidad del receptor. Es considerada como el nivel de señal recibida más bajo que puede ser considerada como utilizable por el receptor. La especificación del umbral de recepción en receptores microondas digitales hace referencia al BER (Bit-Error Rate) de los datos recuperados.

Los receptores microondas tienen un rango especificado para el nivel de entrada RF sobre el cual ellos deberían detectar y decodificar correctamente la información. Esto significa que no sólo hay una señal mínima que puede ser recibida sino también una señal máxima que puede ser aplicada en la entrada del

receptor sin que se espere distorsión y errores de datos en la señal recuperada. Esto restringe a los diseñadores de enlaces a crear un enorme margen de desvanecimiento con la aplicación de altos niveles de RF al receptor bajo condiciones normales de la trayectoria. Adicionalmente, puede ocurrir un fenómeno llamado “up-fading” (desvanecimiento hacia arriba) (particularmente en el final de periodos de severa actividad de multitrayectoria) donde el receptor del enlace microondas realiza un incremento extremo del nivel de señal RF. Se piensa que el Up-Fading es el resultado de un efecto “lente” anómalo en la atmósfera.

3.10 Confiabilidad del enlace

Usualmente, los enlaces microondas están diseñados para cumplir con un determinado factor de confiabilidad. La confiabilidad también puede ser llamada “disponibilidad” y viene expresada como un porcentaje. Esto representa el porcentaje del tiempo que se espera que un enlace opere sin una interrupción causada por condiciones de propagación. La “Indisponibilidad” o la probabilidad de una interrupción (debida a condiciones de propagación), son referidas y expresada con un valor porcentual resultante de la sustracción de la disponibilidad de 100. Por ejemplo la disponibilidad de un enlace corto es de 99.995%, también se puede expresar como un factor de indisponibilidad de 0.005%.

$$I = (1 - D) \times 100\% \quad (4)$$

donde :

D: Disponibilidad del enlace

I: Indisponibilidad del enlace

La disponibilidad e indisponibilidad son referenciadas a un año. En otras palabras, si la indisponibilidad es 0.001%, también puede ser establecido como: $365.25 \text{ (días/año)} \times 24 \text{ (horas/día)} \times 60 \text{ (minutos/hora)} = 5.26 \text{ minutos de indisponibilidad por año.}$

La indisponibilidad relacionada con la propagación se deriva de la ecuación mostrada abajo. Esta ecuación es usada como una aproximación para los efectos en una dirección de desvanecimiento por trayectorias múltiples para varias condiciones de terreno y atmosféricas.

Indisponibilidad para el peor mes del año:

$$Undp = a * b * 2.5 * 10^{-6} * f * (1.6 * D)^3 * 10^{F/10} \quad (5)$$

Donde a :

4: terreno muy liso incluyendo agua

1: terreno promedio, algo rugoso

1/4: montañas, terreno muy rugoso o muy seco

y b :

1/2: golfo, costa o calor similar, áreas húmedas

1/4: temperatura interior normal o nortea

1/8: montañosa o muy seca

D : distancia de la trayectoria en Km.

f : frecuencia en GHz.

F : margen de desvanecimiento en dB.

3.11 Métodos de diversidad

Después de que el enlace microondas propuesto ha sido evaluado con respecto a la confiabilidad, los cálculos pueden mostrar que no cumple con los estándares requeridos. En tales situaciones se pueden utilizar técnicas adicionales conocidas como métodos de diversidad.

El método que se usará para los cálculos de la indisponibilidad para un sistema con diversidad será el cálculo por separado de la indisponibilidad sin diversidad entre un factor de mejora de diversidad.

La indisponibilidad con diversidad vendrá dado por:

$$U_{div} = \frac{U_{ndp}}{I} \quad (6)$$

Donde:

I: factor de mejora correspondiente a cada método de diversidad.

3.11.1 Diversidad en espacio

Una de estas técnicas es la diversidad en espacio, la cual involucra la incorporación de otra antena receptora, separada una distancia desde la primera. Además se necesitarán una antena adicional y su equipo combinados. La antena adicional de diversidad es normalmente montada en la misma torre, separada verticalmente del sitio original de la primera antena. Esta antena de diversidad es conectada a un receptor de diversidad. Este equipo adicional esencialmente crea otro recorrido de microondas entre los dos sitios.

Una desventaja de la diversidad en espacio es que incrementa los costos. Las alturas de las torres deben ser lo suficientemente altas para poder ubicar las dos antenas. En algunos casos, la torre existente necesita ser re arreglada para que pueda soportar las cargas de viento adicionales creadas por la antena de diversidad. Sin embargo, la diversidad en espacio provee un eficiente uso del espectro, y es una protección en diversidad extremadamente buena, en muchos casos substancialmente mayor que la obtenible con la diversidad de frecuencia, particularmente cuando el último está limitado a intervalos de espaciamiento en frecuencia pequeños.

Vigants ha definido un factor de mejoramiento de diversidad en espacio el cual es función de la distancia, de la frecuencia, del espaciamiento vertical y del margen de desvanecimiento. Este factor puede ser definido como:

$$I_{sd} = \frac{7 * 10^{-5} * f * (0.3 * s)^2 * 10^{T/10}}{1.6 * D} \quad (7)$$

donde:

f : frecuencia en GHz.

s : espaciamiento vertical de las antenas en metros.

D : longitud de la trayectoria en Km.

T : margen de desvanecimiento asociado a la segunda antena en dB.

Los aumentos de la confiabilidad vienen de la probabilidad reducida de que ambas trayectorias sean adversamente afectadas por el desvanecimiento al mismo tiempo. La diversidad en espacio es particularmente efectiva contra el desvanecimiento por reflexión en la tierra o en el agua.

3.11.2 Diversidad en frecuencia

Diversidad en frecuencia es otro método usado para incrementar la confiabilidad del enlace. Los transmisores microondas operan en dos frecuencias (con una diversidad de espaciamiento en banda de alrededor de 2%), y a veces en dos bandas de frecuencias (llamada diversidad en banda cruzada).

El aumento de la confiabilidad viene de la probabilidad reducida que hay de que ocurra un desvanecimiento para ambas frecuencias al mismo tiempo.

La diversidad en frecuencia no requiere del espaciamiento entre antenas usado en la diversidad en espacio, y por lo tanto los costos se reducen. Sin embargo, requiere el uso de más espectro debido a que usa dos conjuntos de frecuencia.

Las pruebas de comparación entre la diversidad en espacio y diversidad en frecuencia indican que las mejoras realizadas con la diversidad en espacio son generalmente mejores que aquellas alcanzadas con la diversidad en frecuencia. El factor de mejoramiento de la diversidad en frecuencia viene dado por:

$$I_{fd} = B * [df/f] * 10^{F/10} \quad (8)$$

Donde B :

1/2: Banda de 4 GHz

1/4: Banda de 6 GHz

1/8: Banda de 7 y 8 GHz

1/12: Banda de 11 y 12 GHz

df : espaciamiento de frecuencia en MHz.

f : frecuencia en MHz.

F : margen de desvanecimiento en dB.

Ninguna diversidad en espacio ni la diversidad de frecuencia en banda pueden proveer ninguna mejora contra la atenuación de la lluvia, aunque la diversidad en frecuencia fuera de banda (tales como 6 GHz/ 12GHz) sí lo hace.

El arreglo de diversidad en frecuencia provee una redundancia de equipo completa y sencilla, y tiene la gran ventaja operacional de dos trayectorias eléctricas. Su desventaja es que duplica la cantidad de espectro requerido.

3.11.3 Diversidad angular

El desvanecimiento por multitrayecto en enlaces de microondas de visibilidad directa, es el factor que afecta predominantemente al funcionamiento de los sistemas de transmisión digital. La diversidad angular ha sido introducida como una técnica de diversidad eficiente que puede discriminar señales

multitrayecto. Los dos alimentadores están ligeramente inclinados respecto al eje, proporcionando un rayo doble en la antena parabólica.

Las técnicas de diversidad de ángulo están basadas en ángulos diferentes en las señales de radio que llegan a la antena receptora, cuando las señales son resultado de una propagación multitrayecto. La forma más sencilla utilizada para la técnica de diversidad de ángulo consiste en una antena receptora con su vertical inclinado a propósito respecto de su eje, de tal forma que la señal directa es recibida a un nivel aproximado de 2 a 3 dB por debajo de su máxima ganancia. De esta manera, es posible una forma de recepción con diversidad, como quiera que la antena fuera de eje pueda obtener una señal de radio mejor que la antena alineada con el eje. La técnica es aplicable tanto a un sistema de radio utilizando una señal combinada en IF como a una recepción seleccionada por conmutación.

Debido a los diferentes ángulos de llegada, los componentes multitrayecto se suman de diferentes formas para las distintas trayectorias, resultando un desvanecimiento sin correlación. Generalmente, las trayectorias que apuntan hacia el suelo experimentan desvanecimientos más profundos a una única frecuencia en un porcentaje de tiempo dado, que los que apuntan hacia arriba.

3.11.4 Diversidad híbrida

La diversidad híbrida básicamente combina la diversidad en frecuencia y la diversidad en espacio. Las experiencias indican que el mejoramiento en la diversidad híbrida se debe básicamente a la diversidad en espacio, por lo tanto el factor de mejoramiento en este método de diversidad es igual al factor de mejoramiento de la diversidad en espacio.

3.12 Modulaciones digitales

La mayoría de los equipos de radio que son fabricados en la actualidad aprovechan las posibles multitrayectorias que podrían existir en el enlace. Dichos

radios utilizan modulaciones digitales que consisten en enviar un conjunto de portadoras con diferentes frecuencias donde cada portadora posee una información distinta y son moduladas en QAM (Quadrature Amplitude Modulation) o PSK (Phase Shift Keying). Estas modulaciones son llamadas OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) que no es más que la misma OFDM sólo que es pasada a través de un codificador de canal con el fin de corregir errores.

3.13 Interferencia.

En los sistemas digitales, la presencia de señales interferentes aumenta el nivel de umbral de recepción para una relación de error de bit dada (BER). Cuando está presente una señal interferente, la relación S/I se reduce, dando una degradación del umbral del receptor. Para mantener el rendimiento del sistema (para un margen de desvanecimiento inalterado) se incrementa el nivel de recepción, durante el tiempo sin desvanecimiento.

Manteniendo la entrada del receptor inalterable se degradaría el BER. Durante el tiempo sin desvanecimiento, la relación S/I está lejos del límite crítico. La influencia de la señal interferente en este caso, no es detectable durante la mayor parte del tiempo.

La influencia de la señal interferente es lo primero que se aprecia durante las condiciones de desvanecimiento, provocando un deterioro en el nivel del umbral de recepción, lo que deriva en una disminución del margen de desvanecimiento de la trayectoria. Las señales generalmente no están correlacionadas cuando la señal principal y la interferente siguen diferentes caminos.

3.13.1 Interferencia co-canal

La presencia de señales en la misma frecuencia causará una interferencia Co-Canal. Cuando no se minimiza la interferencia Co-Canal la relación potencia portadora a potencia interferente se verá disminuida, lo que provocará la disminución de la intensidad de la señal deseada o hasta su total atenuación haciendo imposible la recuperación de la señal en la recepción.

El efecto dañino de la interferencia Co-Canal es minimizado haciendo una reasignación de las frecuencias de la radio base.

3.13.2 Interferencia por canal adyacente

La interferencia por canal adyacente es la interferencia causada por la energía procedente de una señal en un canal adyacente. La interferencia por canal adyacente puede ser causada por un filtrado inadecuado de una modulación indeseada.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se explica de manera detallada el desarrollo del proyecto de investigación realizado en Ericsson, en el cual se busca estudiar las características y capacidades radio eléctricas, físicas y técnicas de una nueva ubicación de dos (2) radios enlaces, con dos (2) equipos Marconi LH diseñados y elaborados para otros enlaces.

4.1 Estudio de la red y ampliación.

Para llevar acabo el estudio de la red backbone del cliente se tomaron las siguientes consideraciones:

-El estudio se basó en los enlaces solicitados por el cliente a Ericsson para el denominado “Proyecto de Ampliación de red backbone”, ya que para alguno de estos tramos aún no se han diseñado ni especificado las características que tendrán los equipos a utilizar.

-El cliente sólo proporciona a Ericsson información detallada de cada uno de los tramos de su red para los cuales se adquirieron compromisos de proveer equipos, instalación y mantenimiento.

Para el estudio de la red es muy importante que los tramos a tomar en consideración cumplan con la configuración de los equipos existentes en almacén, ya que los mismos fueron diseñados en la banda alta de 6 GHz, uno de ellos que llamaremos equipo A, fue fabricado para la transmisión de 2+1 STM-1, mientras el equipo B aporta 6 STM-1, es decir, 5 canales de operación y uno (1) de protección, ambos con capacidad de ampliación a 9+1, los canales para los que fueron diseñados se encuentran en las recomendaciones de UIT 384, de igual

forma están equipados con polarización cruzada y esta disponible la diversidad en ambos equipos. En el anexo 1 se encuentran los documentos que describen la configuración de los equipos utilizados.

El objetivo principal del proyecto requerido por el cliente es la ampliación de su red centro-occidente, dentro de la cual se dividen 2 sub redes, entre las estaciones de MSC Valencia y BQ6 hay ocho enlaces de los cuales siete presentan caminos alternos ya instalados para transmitir la información. Entre las estaciones de la Tabla y el Amparo se encuentra la otra sub red, está presenta cinco enlaces de los cuales, con los equipos adquiridos, implementaran enlaces paralelos para ampliación del trafico.

En la Figura 9, se puede observar la red Centro-Occidente actual del cliente, la cual presenta los enlaces desde el MSC Valencia hasta BQ6 (enlaces en color verde). También se puede observar que el enlace Nirgua-Bejuma presenta un paralelo usado para protección de la red. Todos estos enlaces son 2+1.

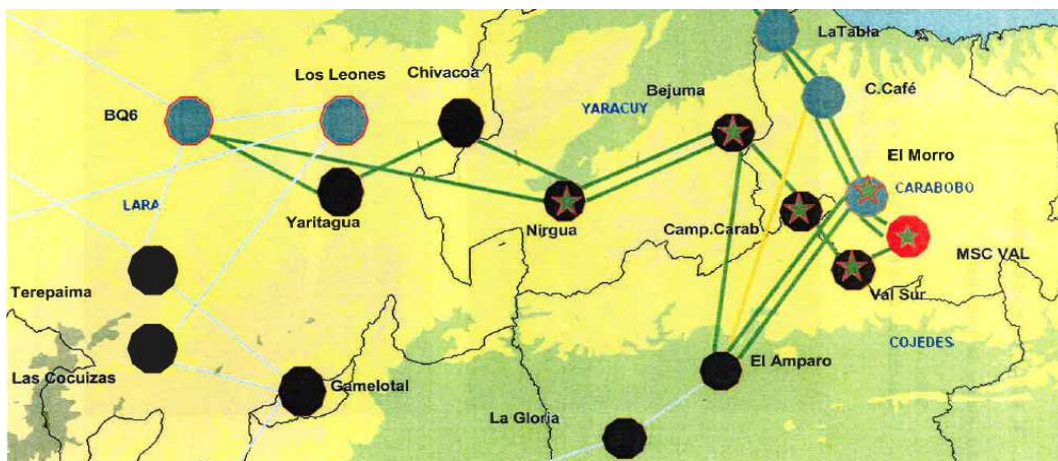


Figura 11. Red backbone Centro-Occidente. [5]

En la Tabla 3 se indican las frecuencias y canales ocupados en este tramo de la red.

Los equipos solicitados para el proyecto de ampliación están diseñados para los enlaces entre La Tabla-Cerro Café, Cerro Café-El Morro, El Morro-El

Amparo, en consecuencia estos enlaces ya están en implementación. Estos tramos de la red como se indica en la figura son enlaces paralelos a conexiones ya existentes y su función es transmitir mayor trafico de información hasta el MSC Valencia.

Como se puede observar entre las estaciones Chivacoa y BQ6 solo hay un camino de transmisión, ya que este tramo de la red no presenta respaldo, los restantes tramos si presentan backup de conexión, ya sea con un enlace paralelo, como es el caso entre Nigua y Bejuma, o con dos (2) rutas diferentes como entre los puntos Bejuma y MSC Valencia.

Siguiendo las condiciones del proyecto de ampliación, se recomendó al cliente que todos los tramos de la red centro-occidente deben tener dos caminos para trafico de datos, buscando no solo poder transmitir mayor caudal de información hacia MSC Valencia, si no también, tener caminos alternos para protección entre las estaciones que conforman esta sub-red.

Se enfocó entonces el estudio de la red en buscar un enlace que cumpla con la recomendación resultando como posible ruta alterna Chivacoa y Las Cocuizas, ya que, según la planificación del cliente, entre las Cocuizas y los Leones será ampliada la capacidad de 2+1 a 5+1 STM-1 y se podrán manejar eficientemente todos los datos que transiten por este tramo de la red y adicionalmente tendrá capacidad suficiente para llevar los datos del posible enlace a la estación de BQ6.

Cabe destacar que en este estudio realizado de rutas alternas se descartó utilizar la estación de Los Leones, ya que según información del levantamiento de sitio que se realizó para la ampliación descrita anteriormente, presenta poco espacio físico tanto en torre como en la caseta. Es importante añadir que para este tipo de proyectos de ampliación no se planifica construcción de casetas o torres. Debido a esta limitante no se propuso estudiar el posible enlace entre Los Leones y Chivacoa.

Sitio A	Sitio B	Frecuencia	Canales Ocupados	Canales Libres
MSC Valencia	Valencia Sur	7,5 Ghz	2,3,5	4
Valencia Sur	Campo Carabobo	7,5 Ghz	2,3,4	5
Campo Carabobo	Bejuca	7,5 Ghz	3,4,5	1
Bejuma	Nirgua	7,5 Ghz	1,3,5	2 y 4
Nirgua	Chivacoa	8 Ghz	2,3,4	5
Chivacoa	Yaritagua	8 Ghz	4,5,8	1, 3
Yaritagua	BQ6	8 GHz	1,6,7	2
BQ6	Nirgua	5 Ghz		

Tabla 3. Frecuencia y canales usados en la red Centro-Occidente.[5]

A partir de las condiciones tomadas en cuenta anteriormente se decidió estudiar las características radio eléctricas y físicas de los sitios Las Cocuizas y Chivacoa, para ver si es posible utilizar los equipos existentes que se encuentran en almacén para este enlace.

Por otro lado, en el mismo proyecto de ampliación, el cliente le indico a Ericsson que se tiene planificado la modificación del ramal entre MSC Valencia y USB ya que existen limitantes para el acceso a la estación El Calvario, debido a que es zona militar, lo cual dificulta la permisología para ingresar a la estación cuando se presentan fallas o requiere mantenimiento.

En la Figuras 12 y 13 se muestra el estado actual del ramal MSC Valencia - USB y la cantidad de canales que se usan para cada tramo.

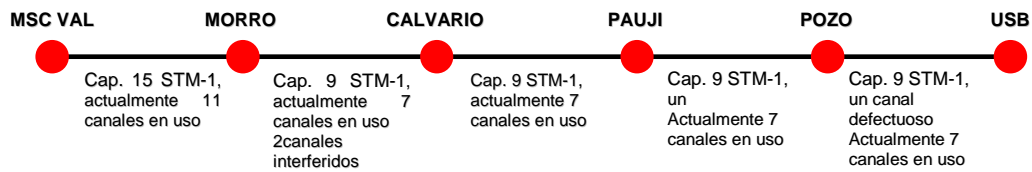


Figura 12. Ramal MSC Valencia-USB y canales en uso actualmente [18]

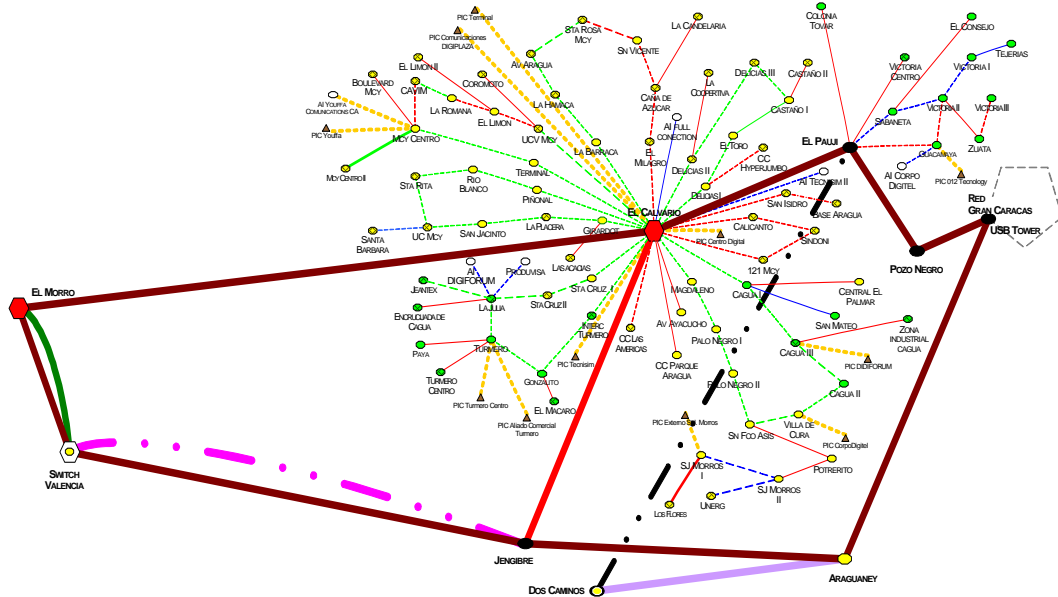


Figura 13. Red MSC Valencia-USB actual [18]

Al ejecutarse la modificación necesaria se tendría la red mostrada en la Figura 12.

Para esta modificación se utilizarán tanto los enlaces adquiridos con Ericsson para el proyecto de ampliación que no se pudieron implementar, como algunos enlaces nuevos que proveerá la compañía como continuación del proyecto. Para poder implementar los equipos ya fabricados, se estudió la red de la Figura 12, donde se determinó cuantos canales requiere el enlace y en que bandas se encuentran esos canales, condicionado por la configuración previa de diseño de los equipos.

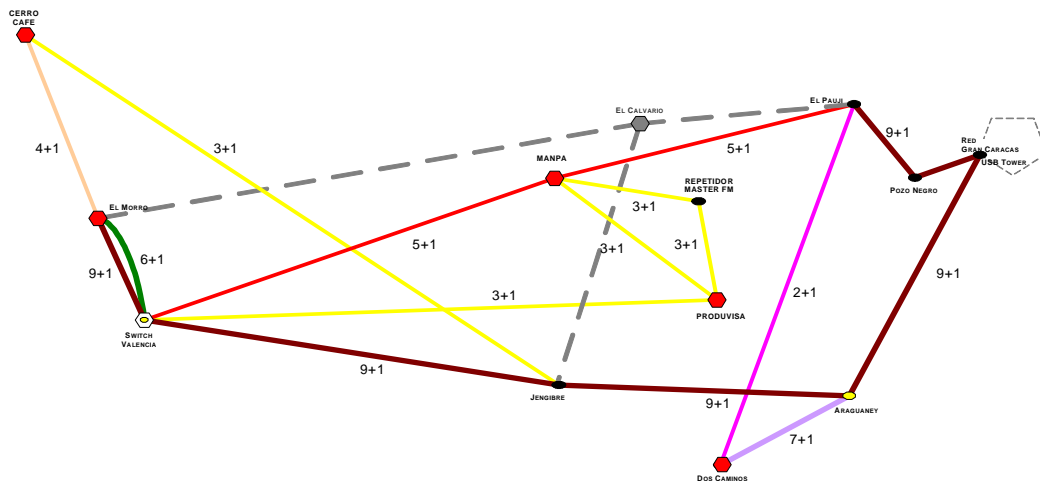


Figura 14. Red MSC Valencia-USB modificada [18]

Se consideró que los equipos almacenados están configurados en 2+1 y 5+1 y que para esta modificación sólo se adaptaría, sin alteración o complemento alguno, el equipo configurado en 5+1 entre las estaciones MSC Valencia y Manpa o entre El Paují y Manpa.

Una vez tomadas en cuenta todas las condiciones necesarias descritas anteriormente, se propuso realizar los barridos de frecuencia en los enlaces Las Cocuizas-Chivacoa, MSC Valencia-Manpa y El Paují-Manpa, estos para indicar si es posible, siguiendo las consideraciones de los equipos, usar los canales configurados en los equipos en la banda de 6 GHz.

4.2 Barridos de frecuencia

En cada sitio se deben realizar los barridos de frecuencias, paso primordial para tener un análisis de cuales y cuántos son las canales que se encuentran disponibles en cada estación.

Los Barridos de frecuencia fueron realizados por una contratista de Ericsson especializada en esta labor, para esto la empresa encargada contó con analizador de espectro, antena y demás equipos necesarios para brindar una información correcta y completa.

En la solicitud se estableció la banda de 6 GHz para la ejecución del barrido de frecuencia. Así mismo, actuando de acuerdo a las recomendaciones vigentes aprobadas por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) para canalización de sistemas de Microondas (MW-por sus siglas en inglés Micro Wave)[19], se fijó el rango de la banda de frecuencia en estudio de manera que se abarcaran todos los posibles escenarios de configuración, en función de la siguiente revisión:

- Banda 6 GHz: Sub-Banda de 6,430 a 7,110 GHz UIT Rec. 384-7, para sistemas con AB = 40 MHz, con separación Tx-Rx = 340 MHz.

Esta recomendación, original de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en su sector de normalización de las Radiocomunicaciones (UIT-R), abarca el intervalo [6,430 - 7,110] GHz. Para cubrirlo por completo se configuró el Barrido de Frecuencia en un nuevo intervalo de [6,400 - 7,150] GHz.

La siguiente formulación, representa como fueron calculadas las ganancias en el sistema de medición:

A = Ganancia del Preamplificador	28 dB@8GHz
B = Ganancia de Antena “Horn”	14.5 dB@8GHz
C = Atenuación de Accesorios (Misceláneos)	3 dB@8GHz
D = Ganancia del Sistema.	

Cálculo de la Ganancia del Sistema:

$$D = A + B - C \qquad D = 28 \text{ dB} + 14.5 \text{ dB} - 3 \text{ dB} \qquad D = 38.5 \text{ dB}$$

E_v = Nivel Isotrópico en polarización vertical

E_h = Nivel isotrópico en polarización horizontal

F_v = Nivel de señal medido en polarización Vertical

Fh = Nivel de señal medido en polarización Horizontal

Ev = Fv - D

Eh = Fh - D

En el informe que se anexa en el presente trabajo, inicialmente se especifican los datos generales de la estación; seguidamente se muestran las tablas de niveles en 360° con los datos obtenidos en una muestra a cada 10° con respecto al Norte Magnético y posteriormente se incluyen los diagramas de incidencia de cada Sub-Banda, que se originan del análisis en 360° de las portadoras presentes en las localidades. Los barridos de 360° están enfocados principalmente a los azimut de las estaciones espejo indicadas.

A continuación se resumen los resultados obtenidos de los barridos en las estaciones de Las Cocuizas, Chivacoa, MSC Valencia, Manpa y el Paují.

4.2.1 Estación Las Cocuizas

Coordenadas: Latitud N 9°54'56.33" – Longitud W 69°15'15.41"

Altura del Terreno [msnm]: 1240

Altura de la Torre o Soporte para Antenas [m] 80 Aprox.

Altura en que se realizó la Medición sobre la Torre o estructura 50 Aprox.

Declinación Magnética 10° 2'

Declinación Equivalente en Decimal -10,05°

Variante Anual de Declinación W 0° 5'

Canalización	1	2	3	4	5	6	7	8
n	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H
ITU	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
384-5	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H
AB =	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H
2X20MHz								
	Canal Disponible							
V, H ó V/H	Canal Ocupado							
V*, H* ó V/H*	Ocupación Parcial							

Tabla 4. Canales disponibles entre Las Cocuizas-Chivacoa.

En la orientación 62.57° respecto al Norte Geográfico se encuentra la estación Chivacoa. Como se puede apreciar en la Tabla 4, todos los canales de la sub-banda de 6 GHz (U6) están disponibles para el azimut específico.

4.2.2 Estación Chivacoa

Coordenadas: Latitud N 10°12'07.00" – Longitud W 68°52'42.00"

Altura del Terreno [msnm]: 329

Altura de la Torre o Soporte para Antenas [m] 80 Aprox.

Altura en que se realizó la Medición sobre la Torre o estructura 30 Aprox.

Declinación Magnética 10°18'

Declinación Equivalente en Decimal -10,5°

Variante Anual de Declinación W 0° 5'

Canalización	1	2	3	4	5	6	7	8
ITU	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H
384-5	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
AB =	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H
2X20MHz								
	Canal Disponible							
V, H ó V/H	Canal Ocupado							
V*, H* ó V/H*	Ocupación Parcial							

Tabla 5. Canales disponibles entre Chivacoa-Las Cocuizas.

En la orientación 242.63° respecto al Norte Geográfico se encuentra la estación Las Cocuizas. Como se puede apreciar en la Tabla 5, todos los canales de la sub-banda de 6 GHz (U6) están disponibles para este azimut específico.

4.2.3 Estación MSC Valencia

Coordenadas: Latitud 10° 10' 57.4'' Longitud 67° 57' 15.4''

Altura AMSL: 446m

Dirección de la estación: Calle 92 en los Galpones Meridiano. Zona Industrial II. Municipio Valencia. Estado Carabobo.

Canalización ITU 384-5 AB = 2X20MHz	1	2	3	4	5	6	7	8
	V/H	V/H	V	V/H	V/H	V	V/H	V/H
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
	V/H	V/H	V	V/H	V	V/H	V/H	V/H
	Canal Disponible							
V, H ó V/H	Canal Ocupado							
V*, H* ó V/H*	Ocupación Parcial							

Tabla 6. Canales disponibles entre MSC Valencia-MANPA.

Disponibilidad Banda 6 (U) GHz Rec. 384-5

Canales disponibles Dir. CERRO JENGIBRE: 3/3'H

Dir. MANPA: 3/3'H

Como se puede apreciar en la Tabla 6, todos los canales de la sub-banda de 6 GHz (U6) están ocupados para este azimut específico.

4.2.4 Estación El Paují

Coordenadas: Latitud 10° 10' 51,0'' Longitud 67° 14' 33,0''

Dirección de la estación: Prolongación Los Naranjos, N° 15, Los Naranjos, Jose Felix Ribas.. Municipio J.R. REVENGA. Estado Aragua.

Canalización ITU 384-5 AB =	1	2	3	4	5	6	7	8
	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H	V/H
	Canal Disponible							
V, H ó V/H	Canal Ocupado							
V*, H* ó V/H*	Ocupación Parcial							

Tabla 7. Canales disponibles entre El Paují-MANPA.

Disponibilidad Banda 6 (U) GHz Rec. 384-5

Canales disponibles Dir. MAMPA: Ninguno

Como se puede apreciar en la Tabla 7, todos los canales de la sub-banda de 6 GHz (U6) están ocupados para este azimut específico

4.2.5 Estación MANPA

Coordenadas: Latitud 10° 13' 55,7'' Longitud 67° 36' 26,6''

Dirección de la estación: Final calle Guayamure, frente a Manpa Sacos. Maracay, Estado Aragua

Canalización ITU 384-7 AB = 2X20MHz	1	2	3	4	5	6	7	8
	V/H	V/H		V/H		V/H	V/H	V/H
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
	V/H		V/H			V/H	V/H	V/H

	Canal Disponible
V, H ó V/H	Canal Ocupado
V*, H* ó V/H*	Ocupación Parcial

Tabla 8. Canales disponibles entre MANPA-Paují.

Canalización ITU 384-5 AB = 2X20MHz	1	2	3	4	5	6	7	8
	V/H	V/H		H	V/H	V/H	V/H	V/H
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'
	V/H		V/H	H		V/H	V/H	V/H

	Canal Disponible
V, H ó V/H	Canal Ocupado
V*, H* ó V/H*	Ocupación Parcial

Tabla 9. Canales disponibles entre MANPA-MSV Valencia.

Como se puede apreciar en las Tablas 8 y 9, todos los canales de la sub-banda de 6 GHz (U6) están ocupados para el enlace MANPA MSC Valencia y hay uno disponible para el enlace MANPA El Paují

Disponibilidad Banda 6 (U) GHz Rec. 384-5

Canales disponibles Dir. Paují: 5/5' V/H

Dir. MSC Valencia: Ninguno

El resultado de los barridos se resume en forma mas explicita en las tablas 10 y 11 a continuación.

Sitio A	Sitio B	Frecuencia	Canales en Equipo A	Canales Disponibles
Las Cocuizas	Chivacoa	6.8 Ghz	6,7,8	1,2,3,4,5,6,7,8

Tabla 10. Comparación entre canales del equipo A y disponibles en los barridos.

Sitio A	Sitio B	Frecuencia	Canales en Equipo B	Canales Disponibles
MSC Valencia	MANPA	6.8 Ghz	2,4,6	Ninguno
MANPA	El Paují	6.8 Ghz	2,4,6	5

Tabla 11. Comparación entre canales del equipo B y disponibles en los barridos.

De los barridos de frecuencia realizados en las estaciones indicadas anteriormente se puede concluir que para el enlace Las Cocuizas-Chivacoa se encuentran totalmente disponibles los canales entre estas dos estaciones en ambas direcciones.

Los enlaces MSC Valencia-MANPA y El paují-MANPA no presentan en la banda alta de 6GHz canales disponibles. Debido a esto, el uso de los equipos adquiridos resulta casi imposible en estos enlaces si no se les realiza alguna modificación o cambio de la unidad TRX.

Hay que resaltar que esta unidad TRX se fabrica con las especificaciones enviadas a fabrica y que para esta unidad en especifico se debe conocer la banda en la que trabajará para ser elaborada de acuerdo con las recomendaciones de la UIT.

4.3 Calculo del enlace

El siguiente paso en la metodología fue evaluar el comportamiento y disponibilidad del enlace que presentó canales en la banda de 6 GHz disponibles en ambas polarizaciones, Chivacoa-Las cocuizas, para lo cual se utilizó el software Path Loss.

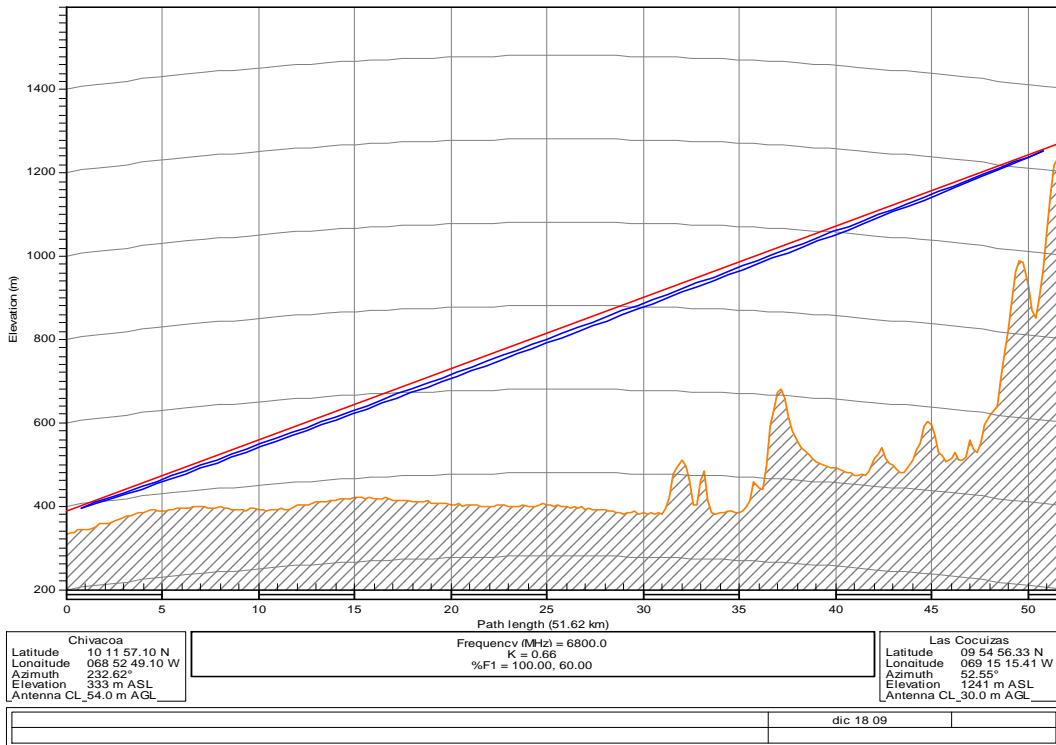
Para poder utilizar esta herramienta de manera adecuada se requiere ciertos parámetros recomendados por la UIT o de CONATEL. Con estos parámetros el programa calcula la factibilidad del enlace.

Los datos que se ingresaron en el software se presentan a continuación:

- Elevación (m): esta es la altura sobre el nivel del mar de cada uno de los sitios.
- Latitud y Longitud: son las coordenadas de los sitios. Vine suministrada por los datos satelitales.
- Azimut Real (°): inclinación con respecto al norte magnético de la antena en relación al otro sitio.
- Angulo Vertical (°): el ángulo de elevación
- Modelo de Antena: en la base de datos del programa existen hojas de datos de las antenas, en particular las utilizadas por la empresa son del modelo HSX10-64.
- Altura de Antena (m): Altura en la torre o en el soporte de la antena.
- Longitud de Guías de Onda (m): distancia total de la guía de onda desde el equipo hasta la antena.
- Frecuencia (MHz) 6800.00
- Polarización.

Todos estos parámetros se introducen de manera relacionada en el programa y se va ajustando la altura de las antenas hasta que se indique en color rojo que el enlace es factible.

El cálculo lo realizó el Departamento de Soluciones de Ericsson, el cual es el encargado de presentar al cliente en forma teórica la disponibilidad y funcionalidad de los enlaces. A continuación se muestra el resultado que arroja el software, para el enlace Chivacoa Las Cociuzas:



Microwave Worksheet - Chivacoa- Las Cocuizas 6.8GHz 3.0mts.pl4

	Chivacoa	Las Cocuizas
Elevation (m)	332.57	1241.45
Latitude	10 11 57.10 N	09 54 56.33 N
Longitude	068 52 49.10 W	069 15 15.41 W
True azimuth (°)	232.62	52.55
Vertical angle (°)	0.81	-1.16
Antenna model	HSX10-64A	HSX10-64A
Antenna height (m)	54.00	20.00
Antenna gain (dBi)	43.60	43.60
TX line type	@ 6.8GHz	@ 6.8GHz
TX line length (m)	69.00	45.00
TX line unit loss (dB /100 m)	4.43	4.43
TX line loss (dB)	3.06	1.99
Connector loss (dB)	0.10	0.10
Circ. branching loss (dB)	1.80	1.80
Other TX loss (dB)	0.60	0.60
Other RX loss (dB)	0.60	0.60
Frequency (MHz)	6800.00	
Polarization	Horizontal	

Path length (km)	51.62	
Free space loss (dB)	143.37	
Atmospheric absorption loss (dB)	0.48	
Net path loss (dB)	66.70	66.70
Radio model MDRS155/6800-64 MQAM EC MDRS155/6800-		
64 MLQAM EC		
TX power (watts)	1.00	1.00
TX power (dBm)	30.00	30.00
EIRP (dBm)	68.04	69.11
Emission designator	26M0D7W	26M0D7W
TX Channels	7A 7040.0000H	7B 6700.0000H
	6A 7000.0000H	6B 6660.0000H
	8A 7080.0000V	8B 6740.0000V
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-72.00	-72.00
RX signal (dBm)	-36.70	-36.70
Thermal fade margin (dB)	35.30	35.30
Geoclimatic factor	2.33E-05	
Path inclination (mr)	17.14	
Fade occurrence factor (Po)	3.25E-02	
Worst month SESR	1.19E-05	1.19E-05
(seconds /month)	31.39	31.39
BBER - multipath	1.28E-06	1.28E-06
ESR - multipath	1.93E-04	1.93E-04
Worst month multipath unavailability	5.53E-06	5.53E-06
(seconds /month)	14.54	14.54
Rain region	ITU Region P	
0.01% rain rate (mm/hr)	120.00	
Flat fade margin - rain (dB)	35.30	35.30
Rain attenuation (dB)	35.30	35.30
Annual rain outage (min)	2.68e-20	2.68e-20
BBER - rain	1.94E-08	1.94E-08
ESR - rain	1.56E-04	1.56E-04
BBER - multipath + rain	1.28E-06	1.28E-06
ESR - multipath + rain	1.93E-04	1.93E-04
Annual unavailability	1.31E-06	1.31E-06
(minutes /year)	0.69	0.69

Figura 15. Comportamiento del enlace Chivacoa Las Cocuizas obtenido con Path Loss

4.4 Levantamiento del sitio

Para la implementación de los radios seleccionados por el software para el enlace Chivacoa-Las Cocuizas se realizó el levantamiento del sitio (Site Survey) con el fin de determinar si cumplían con las características mínimas requeridas para su instalación (espacio físico, energía, puesta a tierra, gestión). Para esta actividad se contó con herramientas tales como cámara fotográfica digital, computador portátil y un manual con instrucciones detalladas del procedimiento que se debe llevar a cabo durante este levantamiento.

A continuación se muestran dos figuras, una figura (15), con la ubicación geográfica de las estaciones, y una figura (16) del sistema que indica el nombre de cada una de las estaciones, tipos de antenas, altura de las mismas, longitud de guías de ondas, entre otras. Estos diagramas pueden ser aprovechados como resumen de la información más resaltante del enlace.

En la figura 15 se puede observar la ubicación física-geográfica de cada una de las estaciones. Cada cuadrícula representa un plano cartográfico escala 1:25.000, y el fondo altimétrico referencial es tomado de la base de datos SRTM-90 con el Datum WGS 1984.

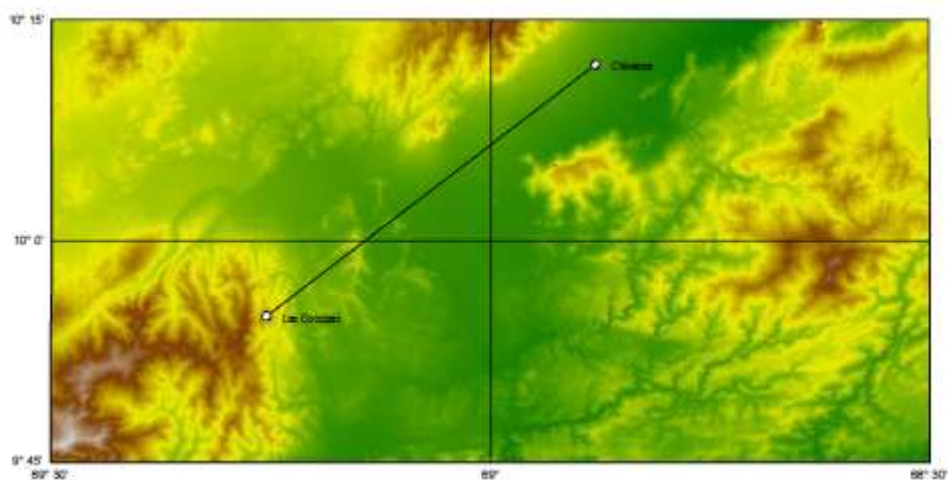


Figura 16. Ubicación de las Estaciones Chivacoa y Las Cocuizas.

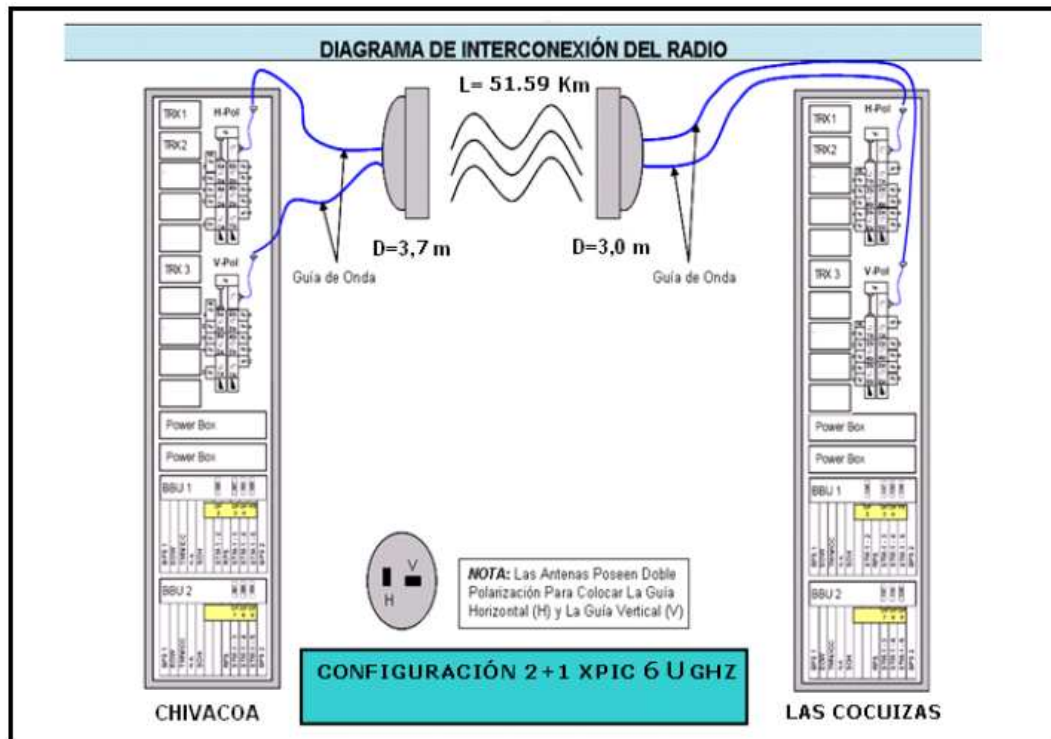


Figura 17. Diagrama de interconexión de los radios.

Las características más relevantes del levantamiento de información llevado a cabo en cada uno de los sitios se detallan a continuación.

4.4.1.1 Estación Chivacoa

Dirección: Redoma Distribuidor CHIVACOA. Carretera vieja Guama a 500m derecha al lado de la vía.

Descripción de la Estación: se trata de un sitio del backbone utilizado como punto de repetición. Posee una caseta de radio, con moto generador y una torre auto soportada de base triangular.

Tipo de acceso: Pavimentado hasta la estación. No amerita vehículo Rústico

Espacio en sala: Se trata de una sala de radios, con espacio suficiente para instalar el radio.

Torre: Existe una (1) sola torre, de base triangular, auto soportada, de estructura angular y que se eleva 70mts, con descansos.

Pasamuros: Existen dos (2) pasamuros, uno (1) de 2x2 con 1 ducto libre y otro de 3x4 con 4 ductos libres. Se recomienda utilizar 2 ductos del pasamuros de 3x4.

Barra de tierra: Existen dos (2) barras MGB con disponibilidad.

Escalerillas: Existe espacio suficiente para la instalación.

Energía: El equipo se alimentará de dos (2) breakers de 32A cada uno en el PDB existente de la estación.

4.4.1.2 Estación Las Cocuizas.

Dirección: Cerro Las Cocuizas, Carretera vía Acarigua, Entrada en Hormigones de Occidente. Cabudare, Estado Lara.

Descripción de la Estación: se trata de una estación de backbone utilizado como punto de repetición. Posee una caseta de radio, con moto generador y una torre auto soportada de base cuadrada.

Tipo de acceso: la estación se encuentra a lo alto de un cerro, el acceso es a través de carretera de tierra con tramos bastante accidentados, para los cuales se requiere vehículo 4x4.

Espacio en sala: se trata de una caseta prefabricada con espacio suficiente para la instalación del radio.

Torre: existe una sola torre, de base cuadrada, auto soportada, de estructura angular y que se eleva 60mts, con descansos. Se propuso la instalación de la antena a una altura de 54 m en la arista noreste

Pasamuros: existe un solo pasamuros de 2x4 ductos, con 2 de ellos disponibles.

Barra de tierra: existe una barra MGB con disponibilidad.

Escalerillas: las escalerillas horizontales en la caseta y las escalerillas verticales en la torre tienen espacio suficiente para pasar el cableado.

Energía: el PDB de la caseta posee capacidad disponible para alimentar el radio. El equipo se alimentará de dos (2) breakers de 32A cada uno.

4.5 Configuración de los equipos

Para el proyecto “Ampliación de red Backbone SDH” se cuenta con los equipos de radio digitales (Digital Radio Relay Equipment) MDRS 155EC 64 MLQAM los cuales operan en la banda de 6U Ghz respectivamente, de acuerdo al

requerimiento del cliente. Los radios operarán en modo (2+1) y (5+1) XPIC y con diversidad de espacio donde sea requerido.

El radio seleccionado para el enlace Las Cocuizas-Chivacoa fue MDRS 155EC 64 MLQAM configuración 2+1. Por lo tanto se describen a continuación las características más resaltantes del mismo y los requerimientos de instalación y configuración.

4.5.1 Operación polaridad simple y doble

Los radios MDRS EC disponen de un branching flexible, el cual permite en forma sencilla implementar enlaces a una o dos (2) polarizaciones usando la misma clase de componentes. Cada branching permite manejar hasta 5 canales de RF en una polaridad, luego en una configuración (n+1) con diversidad de frecuencia se puede hacer una expansión hasta (9+1) sin adición de mayores componentes (Ver Figura 17).

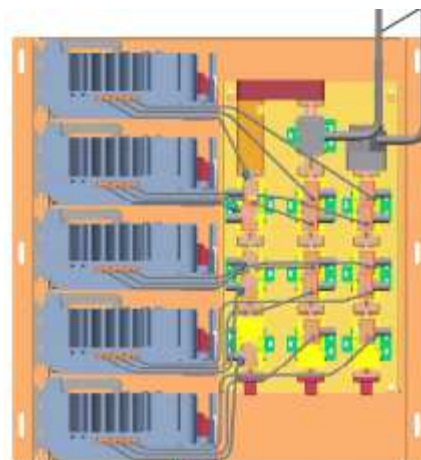


Figura 18. Branching con 5 canales de RF y Diversidad. [4]

De requerirse ampliaciones mayores, se puede llegar a 20 STM-1 con las dos polaridades. Este esquema implica el uso de un segundo rack para alojar los siguientes 10 STM1.

4.5.2 Diversidad de espacio

La diversidad de espacio es una medida para evitar las posibles reflexiones sobre la tierra y las capas de difracción cercanas a la tierra. Estas reflexiones pueden causar desvanecimiento severo y hay una posibilidad de ocurrencia a lo largo de caminos muy despejados, con ligeros ángulos de elevación y en terrenos planos.

La contramedida para evitar una superficie o capa de reflexión y propagaciones multi-trayecto de medias a severas puede ser la diversidad de espacio junto con diversidad de frecuencia. La unidad transmisora-receptora TRX dispone integrado el receptor de diversidad, siendo necesario solo el cableado y suministro de la antena de diversidad cuando se quiere pasar de una configuración sin diversidad a una con diversidad. La facilidad en el manejo de repuestos y flexibilidad para hacer cambios de configuración es el beneficio estos equipos.

El espaciamiento de antena puede ser optimizado teniendo en cuenta la correlación de los caminos de diversidad y la discriminación de las reflexiones sobre la tierra o las capas de difracción cercanas a la tierra. Para el desempeño del enlace calculado se ha tomado un espaciamiento de antena Principal – Diversidad dependiente del estudio teórico realizado, el cual puede ser ajustado debido a las condiciones climáticas, topográficas o estáticas que se encuentren en la practica.

4.5.3 Interfaces de línea

Se propusieron interfaces de línea eléctricas en conector mini Siemens a 75Ohms, cuyo número depende de la configuración de cada enlace. Así, por ejemplo en una configuración (2+1) se provee 3 interfaces STM-1.

La interfaz de línea puede ser cambiada fácilmente de eléctrica a óptica ya que está basada en módulos SFPs similares a los de los multiplexores. En la siguiente figura se ilustra el módulo SFP eléctrico.



Figura 19. Modulo SFP eléctrico. [4]

4.5.4 Expansión

Con la solución planteada, el cliente podrá ampliar la capacidad de sus radios desde un STM-1 hasta 20 STM-1 no protegidos usando doble polaridad. Y hasta 18 STM-1 protegidos.

En la Figura 19 se ilustra un rack configurado a una capacidad de (9+1).

4.5.5 Canales de servicio

Cada estación viene equipada con una unidad de servicio de canales (SOH Module) la cual suministra las interfaces o las interconexiones para todos los canales auxiliares, integración NMS (Q), administración y configuración local (F) y un circuito de transferencia (canal de voz).

Se tienen las siguientes interconexiones para los canales de servicio de los radios:

- 4 x 64 Kbit/s (codireccional, 120 Ohms, 1+1, G. 703)
- Canal de servicio de 2Mbps según G.703 (120 Ohms)
- Octeto E1, accesible vía 64 Kbit/s (codireccional, G. 703)
- Octeto F1, accesible vía 64 Kbit/s (codireccional, G. 703)
- 1 x F interconexión ó interna, RS 232, para PC de Servicio
- 1 x Q interconexión (QD2 vía 64 Kbit/s) para la conexión NMS
- (1x 64 Kbit/s canal auxiliar es usado para transmisión)
- 1 x EOW interfaz incluyendo un equipo.
- (1x 64 Kbit/s el canal auxiliar es usado para la transmisión, e.g. E1 byte)

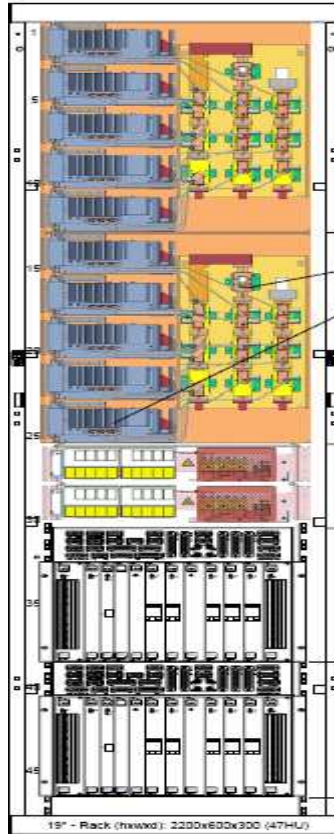


Figura 20. Rack configurado con capacidad 9+1. [4]

El canal de servicio de 2 Mbit/s ocupa octetos libres del RSOH y MSOH. El octeto B2 del MSOH es corregido de tal manera que los datos de rendimiento entrantes no serán falseados.

4.5.6 Antenas

Los modelos usados son HSX de la casa Andrew para alto desempeño. Estas antenas se caracterizan por su buena relación front-back (F/B), lo cual es importante cuando los sitios de instalación o sus cercanías presentan enlaces de microondas en frecuencias cercanas o incluso en la misma frecuencia de las propuestas, ya que ayudan a minimizar las interferencias mutuas o externas que puedan producirse.

4.5.7 Guía de onda

Dado los niveles de modulación (64 y 128 QAM) usados, de acuerdo a las canalizaciones de las bandas solicitadas, es necesaria la implementación de las guías de onda tipo Premium (EWP de Andrew).

Las distancias de la guía de onda se tomaron según el resultado de los cálculos de enlace y la altura disponible en las torres. La guía de onda va acompañada del suministro de sus materiales de instalación tales como soportes para fijación a torre (adaptador de ángulo), puesta a tierra (conexión eléctrica a la torre), despresurizador con alimentación a -48VDC.

4.5.8 Sistema de supervisión local del radio.

A fin de poder controlar continuamente el estado del trayecto de transmisión, los módulos llevan integrados numerosos circuitos de supervisión.

Todas las alarmas y los datos de calidad se recogen mediante un bus LON (Local Operator Network) y se pueden transferir a través de una interface Qd2 a un sistema de gestión de la red.

El terminal de radio proporciona además una interfase local de usuario (interfase F), a través de la cual se pueden consultar todos los puntos de medida y dispositivos internos de los equipos. Esta interfaz sirve también para la configuración y el control del sistema de radio microondas. El sistema se configura por medio del PC (LMT) a través de la SISA O/N, incorporado en la OHAU.

4.5.9 Configuración del terminal

A nivel de configuración la aplicación LMT realiza las siguientes funciones:

TX, RX:

- Nivel nominal de transmisión.
- Configuración ATPC
- Control de la potencia del extremo remoto
- Nivel nominal de RX (en caso de ATPC)
- Operación CCDP y uso de XPIC

Sintetizador:

- Banda de RF
- Patrón de frecuencias a usar
- Posición del canal de Tx
- Número del canal

Canales de servicio

- Habilitar, deshabilitar DCCr, DCCm, E1, F1, WSC, DSC 1-4
- EOW (fijación de numeración, llamadas colectivas, llamadas grupo, llamadas selectivas, línea troncal).

Gestión centralizada

- Direcciones SoA
- Gateways en OSPF
- SoA via SISA
- SoA via ECC (Q3p)
- SoA via ECC (Qd2 IP)

Actualizaciones

- Descargas de firmware
- Uploads de firmware

Mediciones

Las mediciones posibles de realizar en el Terminal de radio incluyen:

- Potencia de transmisión.
- Nivel de recepción
- Calidad del enlace (performance)

Testing

- RF lopps
- Baseband loops

Performace

- Medición de datos de performance cada 15 minutos o 24 horas según G.826 y G.828

4.5.10 Seguridad

Para conectarse a la aplicación LMT se debe solicitar inicialmente un password o clave. Luego para conectarse a un elemento de red, es solicitada una nueva clave que de ser correcto, se desplegará una ventana con la configuración del Terminal.

4.5.11 Otros elementos

Para cada uno de los extremos de un enlace, se incluyeron los elementos de montaje como racks ETSI de 2200 x 600 x 300 mm, cables de energía y tierras y kits de instalación.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Utilizando información grafica de los enlaces del cliente en la zona Centro Occidente del país, se identificaron los enlaces Chivacoa Las Cocuizas, Valencia MANPA y MANPA-Paují, como enlaces potenciales para evaluar la factibilidad de usar los equipos Marconi MDRS 155 EC (2+1) y (5+1), donde la limitante se presentaba en los canales de frecuencia en la banda de 6 GHz libres.

Luego de evaluar el barrido de frecuencia de 360°, llevado a cabo por una contratista de Ericcson, en los sitios de los tramos seleccionados, a saber Chivacoa, Las Cocuizas, Valencia, MANPA y el Paují; se pudo determinar que en la estación de Las Cocuizas y la estación Chivacoa se encuentran totalmente disponibles los canales en la banda requerida. Los enlaces Valencia MANPA y Paují MANPA se descartaron ya que la frecuencia 6 GHz no se encuentra disponible.

Para el equipo A se configuraron los canales 6,7 y 8, y éstos mismos se utilizaron para el cálculo del enlace.

En el estudio del calculo del enlace y analizando los parámetros que resultaron de la aplicación de la herramienta Path Loss, se observó que en el enlace de radio Las Cocuizas- Chivacoa, tendría que colocarse una antena para Las Cocuizas a una altura de 54 m y para la estación de Chivacoa a 20m, dando como resultado de esto una señal recibida de -36.7 dBm y una indisponibilidad anual de 1.31E-06, es decir, 0.69 minutos/año. Éstos valores se encontraron dentro de los parámetros recomendados para el enlace con el modelo de radio Marconi LH.

En cuanto a las condiciones de los nuevos sitios, el levantamiento realizado, arrojó como resultado que existe espacio suficiente en las torres y en las casetas, para poder instalar el equipo de radio y la antena. Adicionalmente se observó que se cuenta con el espacio necesario en las escalerillas tanto internas como externas, y en el muro pasa guías. En cuanto a la barra de tierra, esta se encuentra disponible, al igual que espacio para colocar los breakers de energía. En el anexo 4 se encuentran los planos y fotos de los sitios.

Basándose en la información recaudada y de acuerdo al análisis desarrollado, se puede afirmar que las interconexiones por medios de radio enlaces de microondas en los sitios estudiados son factibles, siempre y cuando se sigan las recomendaciones y/o sugerencias de carácter técnico proporcionadas con el fin de lograr una óptima operatividad del servicio.

Para la instalación de los equipos se necesitarían esta lista de equipos y materiales:

5.1 Estación Chivacoa:

Slot	Material Number	Descriptor
1:0.0	SDC122532/1	RACK 2.2m height 19 inch
1:1.0	05MAA01175AAP	BRANCHING SUPPORT PANEL R70
1:1.1	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:1.1-1	05HAA00065AAD	TRX 6800-64-1 EC
1:1.2	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:1.2-1	05HAA00065AAD	TRX 6800-64-1 EC
1:1.3	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:1.11-1	2101072-0023	6.8G-PDR70-SF106-UER70-1200;
1:1.11-2	05MMK00007AAN	WG INTERFACE R70 KIT
1:1.11-3	AN00085387	RF-Connecting Unit 6.8 GHz
1:1.12-1	AN00083174	RF FILTER
1:1.12-2	AN00083175	DIPLEXER
1:1.12-3		Second Diplexer Channel
1:1.12-6	05MBH00092AAD	ABSORBER R70
1:1.13-1	AN00066134	RF FILTER
1:1.13-2	AN00083176	DIPLEXER

1:1.12-3		Second Diplexer Channel
1:1.12-6	05MBH00092AAD	ABSORBER R70
1:1.13-1	AN00066134	RF FILTER
1:1.13-2	AN00083176	DIPLEXER
1:1.13-3		Second Diplexer Channel
1:1.13-6	05MBH00092AAD	ABSORBER R70
1:2.0	05MAA01175AAP	BRANCHING SUPPORT PANEL R70
1:2.1	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:2.2	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:2.3	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:2.3-1	05HAA00065AAD	TRX 6800-64-1 EC
1:2.11-1	2101072-0023	6.8G-PDR70-SF106-UER70-1200;
1:2.11-2	05MMK00007AAN	WG INTERFACE R70 KIT
1:2.11-3	AN00085387	RF-Connecting Unit 6.8 GHz
1:2.12-1	AN00083174	RF FILTER
1:2.12-2	AN00083175	DIPLEXER
1:2.12-3		Second Diplexer Channel
1:2.12-6	05MBH00092AAD	ABSORBER R70
1:2.13-1	AN00066134	RF FILTER
1:2.13-2	AN00083176	DIPLEXER
1:2.13-3		Second Diplexer Channel
1:2.13-6	05MBH00092AAD	ABSORBER R70
Slot	Material Number	Descriptor
1:4.1	05HAN00369AAA	POWER BOX R
1:4.2-1	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:4.2-2	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:4.2-3	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:5.1	05HAN00369AAA	POWER BOX R
1:5.2-1	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:5.2-2	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:6.1	05HAG00001AAA	BBU SHELF
1:6.2	05HAT00044AAY	BPS MODULE
1:6.3	05HAT00049AAK	EOW MODULE

1:6.4	05HAT00047AAF	TMN MODULE
1:6.5	05MBH00190AAF	BLANK. PANEL 5T/6H
1:6.6	05HAT00048AAH	SOH MODULE
1:6.7	05HAT00045AAB	STM-1 MODULE
1:6.7-1	9500001-0017	SFP Active;SFP Active;STM-1 Electrical (
1:6.8	05HAT00045AAB	STM-1 MODULE
1:6.8-1	9500001-0017	SFP Active;SFP Active;STM-1 Electrical (
1:6.9	05HAT00056AAT	RPS MODULE (General)
1:6.10	05MBH00173AAG	BLANK.PANEL 7T/6H
1:6.11	05MBH00173AAG	BLANK.PANEL 7T/6H
1:6.12	05HAT00045AAB	STM-1 MODULE
1:6.12-1	9500001-0017	SFP Active;SFP Active;STM-1 Electrical (
1:6.13	05HAT00044AAY	BPS MODULE
1:6.14	05MMK00009AAS	BBU COVER KIT

5.2 Estación Las Cocuizas.

Slot	Material Number	Descriptor
1:4.1	05HAN00369AAA	POWER BOX R
1:4.2-1	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:4.2-2	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:4.2-3	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:5.1	05HAN00369AAA	POWER BOX R
1:5.2-1	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:5.2-2	5000074-0170	Ckt Breaker-Power;
1:6.1	05HAG00001AAA	BBU SHELF
1:6.2	05HAT00044AAY	BPS MODULE
1:6.3	05MBH00189AAK	BLANK. PANEL 6T/6H
1:6.4	05HAT00047AAF	TMN MODULE
1:6.5	05MBH00190AAF	BLANK. PANEL 5T/6H
1:6.6	05HAT00048AAH	SOH MODULE
1:6.7	05HAT00045AAB	STM-1 MODULE
1:6.7-1	9500001-0017	SFP Active;SFP Active;STM-1 Electrical (
1:6.8	05HAT00045AAB	STM-1 MODULE
1:6.8-1	9500001-0017	SFP Active;SFP Active;STM-1 Electrical (
1:6.9	05HAT00056AAT	RPS MODULE (General)
1:6.10	05MBH00173AAG	BLANK.PANEL 7T/6H
1:6.11	05MBH00173AAG	BLANK.PANEL 7T/6H
1:6.12	05HAT00045AAB	STM-1 MODULE
1:6.12-1	9500001-0017	SFP Active;SFP Active;STM-1 Electrical (
1:6.13	05HAT00044AAY	BPS MODULE
1:6.14	05MMK00009AAS	BBU COVER KIT

Slot	Material Number	Descriptor
1:0.0	SDC122532/1	RACK 2.2m height 19 inch
1:1.0	05MAA01175AAP	BRANCHING SUPPORT PANEL R70
1:1.1	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:1.2	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:1.2-1	05HAA00065AAD	TRX 6800-64-1 EC
1:1.3	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:1.3-1	05HAA00065AAD	TRX 6800-64-1 EC
1:1.11-1	2101072-0023	6.8G-PDR70-SF106-UER70-1200;
1:1.11-2	05MMK00007AAN	WG INTERFACE R70 KIT
1:1.11-3	AN00085387	RF-Connecting Unit 6.8 GHz
1:1.12-1	AN00083774	DIPLEXER ML 8A
1:1.12-2		Second Diplexer Channel
1:1.12-3	AN00066134	RF FILTER
1:1.12-6	05MBH00092AAD	ABSORBER R70
1:1.13-1	AN00083175	DIPLEXER
1:1.13-2		Second Diplexer Channel
1:1.13-3	AN00083174	RF FILTER
1:1.13-6	05MBH00092AAD	ABSORBER R70
1:2.0	05MAA01175AAP	BRANCHING SUPPORT PANEL R70
1:2.1	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:2.1-1	05HAA00065AAD	TRX 6800-64-1 EC
1:2.2	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:2.3	05MBB00096AAQ	TRX MOUNTING RAIL KIT
1:2.11-1	2101072-0023	6.8G-PDR70-SF106-UER70-1200;
1:2.11-2	05MMK00007AAN	WG INTERFACE R70 KIT
1:2.11-3	AN00085387	RF-Connecting Unit 6.8 GHz
1:2.12-1	AN00083774	DIPLEXER ML 8A
1:2.12-2		Second Diplexer Channel
1:2.12-3	AN00066134	RF FILTER
1:2.12-6	05MBH00092AAD	ABSORBER R70
1:2.13-1	AN00083175	DIPLEXER
1:2.13-2		Second Diplexer Channel
1:2.13-3	AN00083174	RF FILTER
1:2.13-6	05MBH00092AAD	ABSORBER R70

Con respecto a los barridos realizados en MANPA, El Paují y MSC Valencia, cabe destacar que aun en los sitios que se presentaron canales disponibles, éstos no son suficientes con relación a la configuración del equipo B, que esta previsto para usar los canales 1,2 y 7 en la banda alta de 6 Ghz o recomendación UIT 384.

Como se puede observar en la figura 21, algunos bloques de la unidad TRX dependen de la banda de frecuencia utilizada. Cabe destacar que la TRX

cubre todos los canales de la banda de frecuencia y la configuración de cada uno de ellos es controlada por un sintonizador.

La unidad CBN (Channel Branching Network por sus siglas en ingles) es la pieza que combina los canales de Tx y Rx por separado, con los filtros y circuladores, es decir, es la unidad que filtrará el canal utilizado.

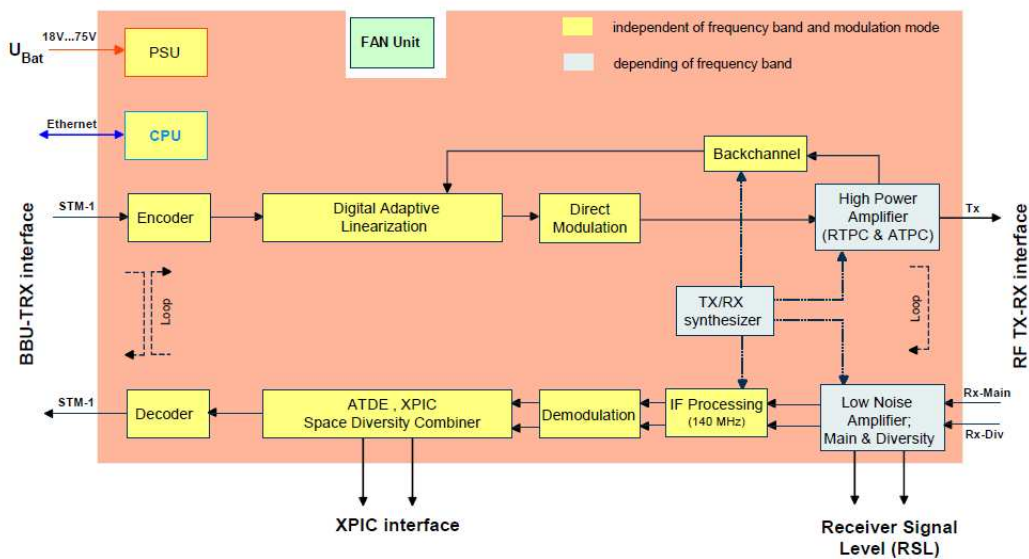


Figura 21. Arquitectura de la Unidad TRX. [12]

Debido a que los barridos de frecuencia mostraron que en los sitios MSC Valencia, MANPA y el Paují no hay canales disponibles en la banda de 6,8 GHz, se planteo como solución al cliente, adquirir nuevas unidades TRX con sus respectivos filtros, esta solución sin embargo requiere realizar los barridos de frecuencia en las diferentes bandas que abarcan los equipos Marconi LH. Si se siguiese esta opción se deben realizar nuevamente los barridos de frecuencia entre las estaciones MSC Valencia-MANPA y El paují-MANPA para estudiar cuáles bandas y qué canales están disponibles. Luego, se deberá aplicar toda la metodología descrita en el presenta trabajo de investigación, en cuanto a cálculos de los enlaces, levantamiento de los sitios y configuración de los equipos.

Lo descrito anteriormente representa para el cliente y para Ericsson una solución rentable, comparada con la adquisición de un radio completamente nuevo, y con tiempos de ejecución más cortos, ya que fabricar solamente estas unidades requiere periodos prolongados de tiempo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para alcanzar el objetivo fundamental del proyecto, fue clave estudiar la red del cliente para así determinar la ubicación de los enlaces y a su vez darle la prioridad que requiere para el cliente actualmente; ya que no sólo se buscó emplear dichos equipos existentes sino también, se obtuviera un lugar importante en la red que actualmente presentan y para futuras ampliaciones donde puedan ser utilizados estos mismos enlaces.

De la metodología utilizada en el proyecto de investigación, se logró obtener resultados, desarrollando cada uno de los objetivos específicos planteados. Los períodos planificados definieron de manera exitosa la finalización del presente proyecto, obteniendo un estudio teórico-práctico completo de dicho proyecto, tanto que así se logró la implementación del enlace, cuando no se estaba previsto realizar tal trabajo al inicio del proyecto.

Cabe destacar que la solución aquí presentada al cliente para el enlace Las Cocuizas-Chivacoa no es posiblemente la única para este tipo de problemas, ya que a pesar de las limitaciones del diseño del equipo (frecuencia fija de trabajo 6 GHz); se puede hacer un cambio de la unidad TRX, el cual es en esencia la parte del equipo que está fabricada para las diferentes bandas de frecuencia, pero ésta, sería una solución más costosa y se presentarían nuevos retrasos a la hora de implementar dichos enlaces, ya que la fábrica de los equipos se encuentra fuera del país y el tiempo mínimo requerido para que lleguen estas partes serían 2 meses.

Entre los objetivos que se alcanzaron como parte de este proyecto, se encuentra también, el ofrecer un informe completo al cliente de los equipos y materiales necesarios para una posible futura ampliación del enlace de ser necesario. Cabe destacar que dicho informe se realizó para una máxima configuración posible del equipo que es 9+1. Con este informe el cliente podrá

plantearse la posibilidad de ampliar su red backbone a la capacidad máxima de los equipos Marconi LH.

Con la implementación del enlace Las Cocuizas-Chivacoa se confirmó que los cálculos realizados fueron correctos y que la herramienta (Path loss) utilizada por la empresa es de alta confiabilidad. Es importante que una vez hecho los estudios teóricos de un posible enlace, la implementación se realice en el menor tiempo posible para reservar los canales de frecuencias disponibles, evitando así tener que cambiar los filtros de los equipos por que un canal haya sido ocupado.

Con relación a los enlaces MSC Valencia-MANPA y El Paují-MANPA, se logró ofrecer una solución al cliente donde, a pesar de no cumplir con las características técnicas requeridas, se aplicará gran parte de la metodología seleccionada para este trabajo. Debido a esto, el presente proyecto, permanecerá como antecedente para futuras soluciones relacionadas con equipos provistos por Ericsson.

En etapas anteriores del proyecto “Ampliación de red backbone SDH” que se desarrolló, no se contó con una planificación ni coordinación total. Ésto conllevó a que se presentaran una diversidad de problemas, retrasos y gastos no necesarios para poder desarrollar y habilitar los enlaces. Ahora con los resultados obtenidos de este proyecto se logra solventar el inconveniente con un mínimo de tiempo y gastos relacionados.

Se recomienda que siempre para este tipo de proyectos y de estudios los barridos de frecuencia tengan una vigencia de no más de 3 meses, ya que con la cantidad limitada de canales y frecuencias disponibles no es posible asegurar, con informes fuera de tiempo, que esos canales estén verdaderamente disponibles. Para el caso del proyecto de investigación, la realización de los barridos y la implementación final del enlace las Cocuizas-Chivacoa, estuvo dentro de los tiempos recomendados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Compañía Ericsson de Venezuela. <<http://www.ericsson.com>>. [Consulta Diciembre 2009]
- [2] División de Estudios de Postgrado de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Ethernet y Protocolos TCP/IPv4. México: Curso 2005-1.
- [3] Entrevista realizada a los Ingenieros Adolfo García y Eduardo Delgado en las instalaciones de Compañía Ericsson Venezuela, enero 2008.
- [4] Solución Técnica Radio Enlaces. Descripción de la Solución Propuesta Radios SDH. Documento Permanente Ericsson. 1ra edición. 2008. pag 3.
- [5] Presentación Proyecto de Ampliación Backbone SDH. Documento en Ericsson.
- [6] Entrevista realizada al Ingeniero Diego Roa en las instalaciones de Compañía Ericsson Venezuela, febrero 2008.
- [7] Site Survey. Wifi Planet. <<http://www.wi-fiplanet.com/tutorials/article.php/1116311> > [Consulta Febrero 2010].
- [8] Your Guide Broadbanb. <http://www.broadbandbuyer.co.uk/BuyersGuide>. [Consulta Febrero 2010]
- [9] Software de Cálculo de Radio Enlaces. <<http://www.pathloss.com>>. [Consulta Marzo 2010]
- [10] Antenas y componentes Andrew. www.andrew.com. [Consulta Enero 2010]
- [11] Ingeniero Guzmán. Notas sobre encapsulado TCP/IP.

<<http://www.ingenieroguzman.com.ar>>. [Consulta Enero 2010]

[12] Manual de referencia técnica. Ericsson C.A. Marconi Long Haul. (Uso exclusivo y confidencial de Ericsson). [Consulta Diciembre 2009]

[13] Universidad Politécnica de Navarra. Transporte sobre SDH.
<<http://www.tlm.unavarra.es>>. [Consulta Noviembre 2009]

[14] Universidad Nacional de Rosario. Escuela de Ingeniería Electrónica.
<<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp>>. [Consulta Enero 2010]

[15] Kioskea. <<http://es.kioskea.net/contents/internet/tcpip.php3>>.
[Consulta Febrero 2010]

[16] Wikipedia. < http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_transporte >. [Consulta Febrero 2010]

[17] Eveliux. <<http://www.eveliux.com/curso-de-telecomunicaciones-y-redes.php>>
[Consulta Febrero 2010]

[18] Propuesta de modificación del ramal Norte para salida de la estación Calvario Maracay. Informe en Ericsson.

[19] Plan de Frecuencias CONATEL. Documento en Ericsson.

BIBLIOGRAFIA

- Blaunstein, Nathan. Christodoulou, Cristos. Radio propagation and adaptive antennas for wireless communication links, terrestrial, atmospheric and ionospheric. Kai Chang Series Editor. Wiley. 2007.
- Leven, Andrew. Telecommunications circuits and Technology. Primera edición. Butterworth Heinemann. 2000.
- Radio Comunicaciones.net. Documentos de Radio Enlaces. <http://www.radiocomunicaciones.net/pdf/radioenlaces/radioenlaces-fijos-terrestres-pdh-sdh.pdf>.
- Universidad Nacional de Ingeniería. Pagina Preparada por el Profesor Ing. Marcial A. López Tafur. Pagina para uso educativo. <http://aniak.uni.edu.pe>
- Universidad Nacional de Rosario. Escuela de Ingeniería Electrónica. <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp>.

ANEXOS

ANEXOS [1]

Equipo A

Customer

CORPORATION DIGITEL C.A.

Project

8813572007

Configuration is 8813572007

Generated by PROFCON with Model Marconi LH Version 1.39.0

Product

Marconi LH

Station

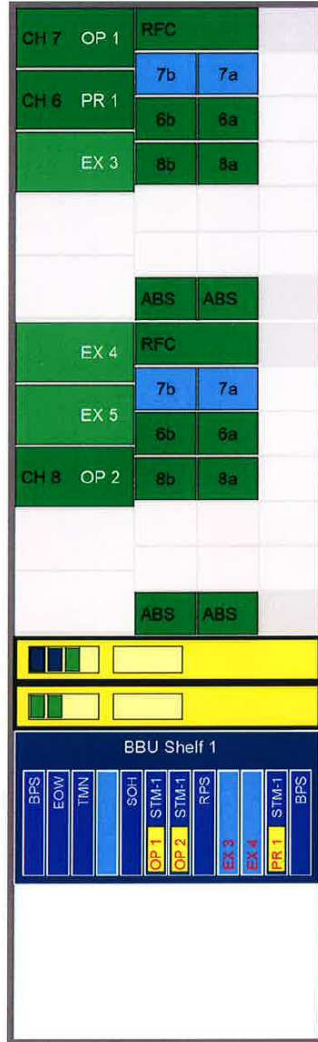
Site A

Rack Size

220 cm

This document was generated by PROFCON.
It contains information about the standard layout of the system. The actual layout on site may be different.

Rack Face Layout



Customer

CORPORATION DIGITEL C.A.

Project

8813572007

Configuration is 8813572007

Generated by PROFCON with Model Marconi LH Version 1.39.0

Product

Marconi LH

Station

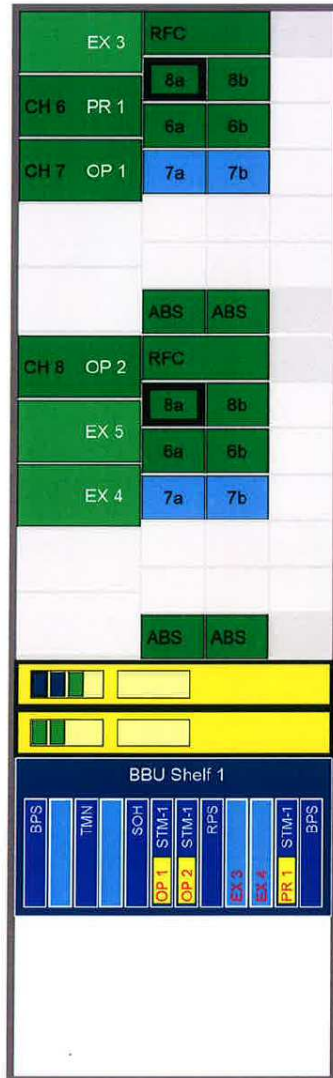
Site B

Rack Size

220 cm

This document was generated by PROFCON.
It contains information about the standard layout of the system. The actual layout
on site may be different.

Rack Face Layout



System Settings

System Parameters

RF Band	6.8 GHz
Pattern	ITU-R F.384
Bandposition (Tx)	Upper Band
Modulation	64 QAM
XPIC	Yes
Space Diversity	No

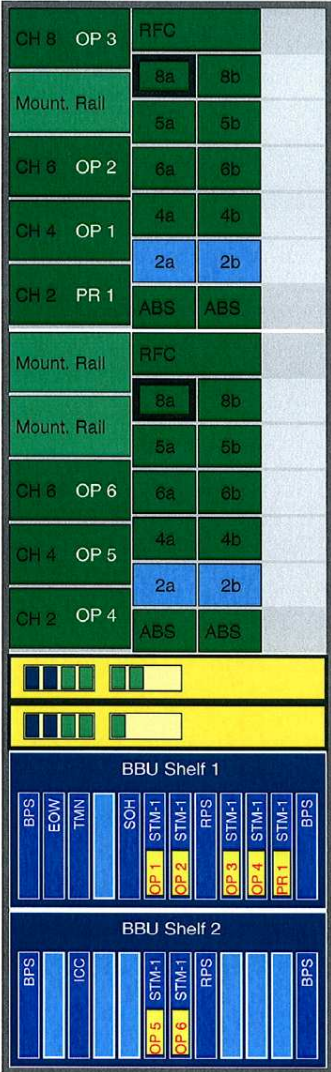
Voltage Settings

Voltage variant	Positive Ground
Voltage	-48/60V/4A

System Software

System Software Version	Release 2.5.3 (Build 21)
-------------------------	--------------------------

Rack Face Layout



ANEXOS [2]

Chivacoa:



Línea de vista en dirección Las Cocuizas



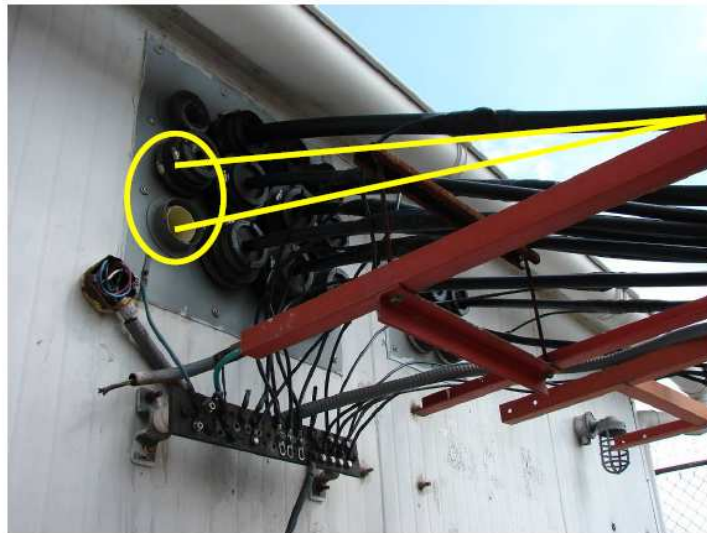
Ubicación de antena en la torre. Arista sur. Azimuth= 242.63°



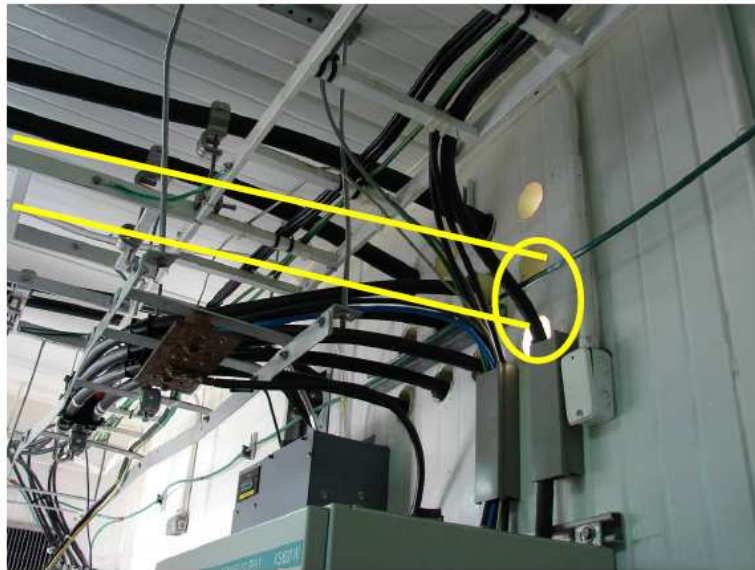
Vista de escalerilla vertical y recorrido de la guía



Vista del trayecto Torre – Caseta



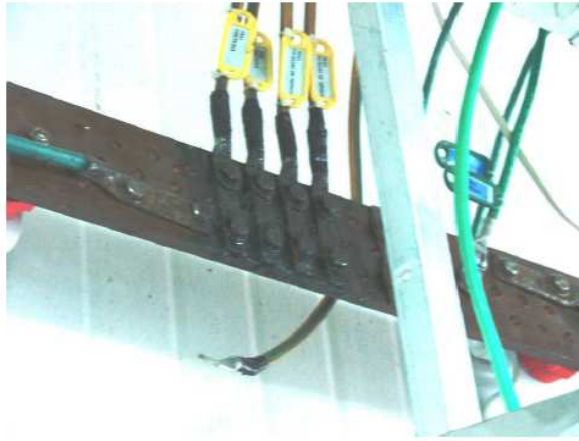
Vista externa del pasamuros y barra EGB



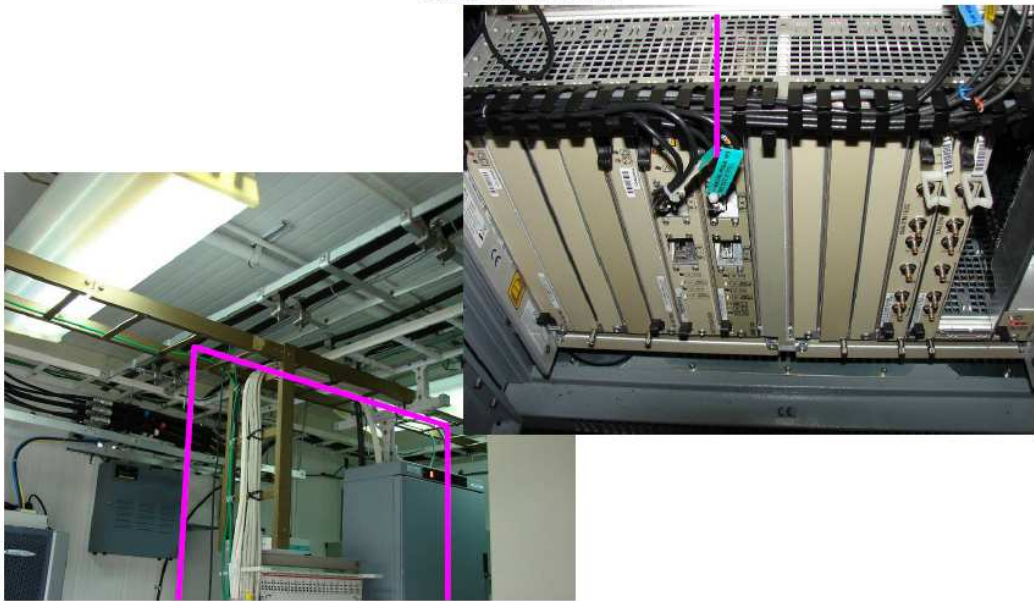
Vista interna del pasamuros.



Vista del espacio propuesto para radio.



Vista de la barra de tierra.



Recorrido de cable STM1 hacia MUX Ericsson SMA 1260.

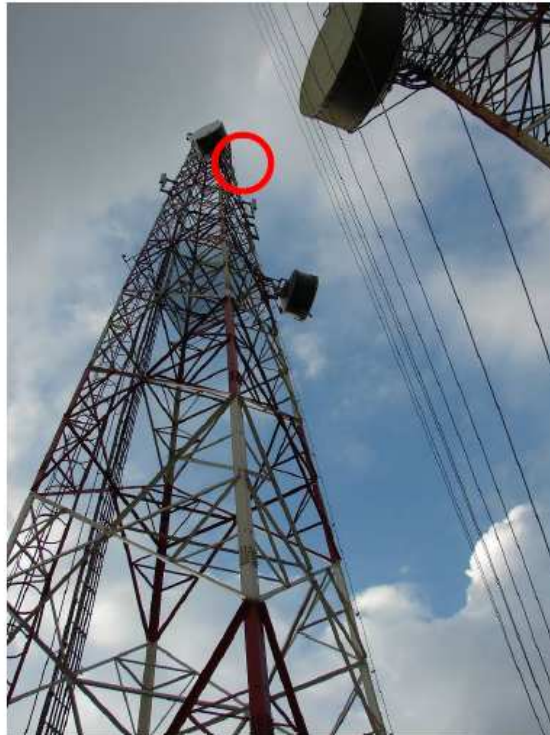


Conexión de radio al PDB. Dos breakers de 32 A

Las Cocuizas.



Línea de vista en dirección Chivacoa a 33 mts de altura



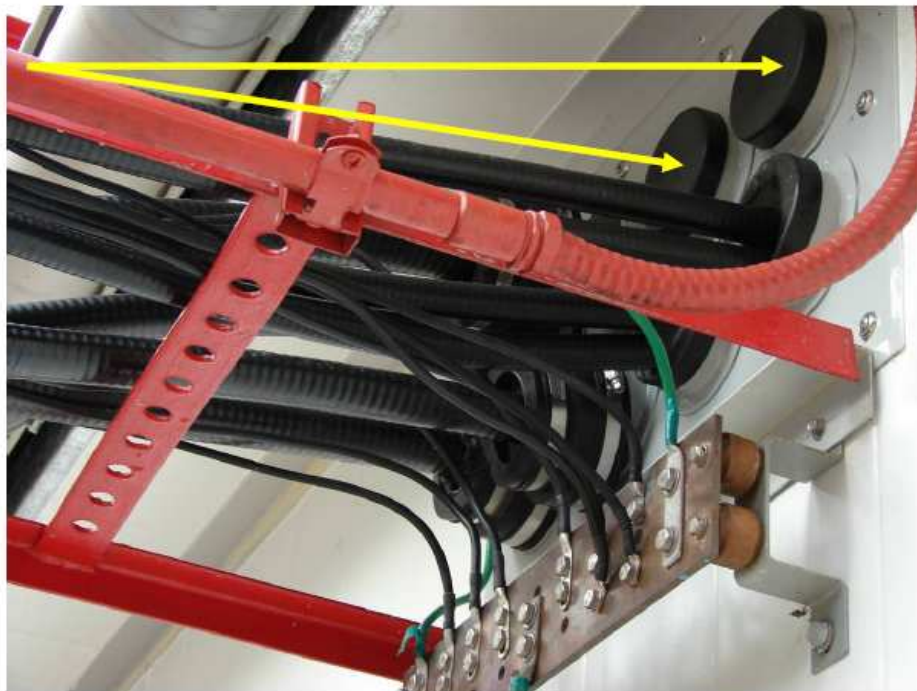
Ubicación de antena en la torre. (JUSTO ENCIMA DEL SECTOR, UTILIZAR SOPORTE LIBRE Y REUBICARLO a 54 mts)



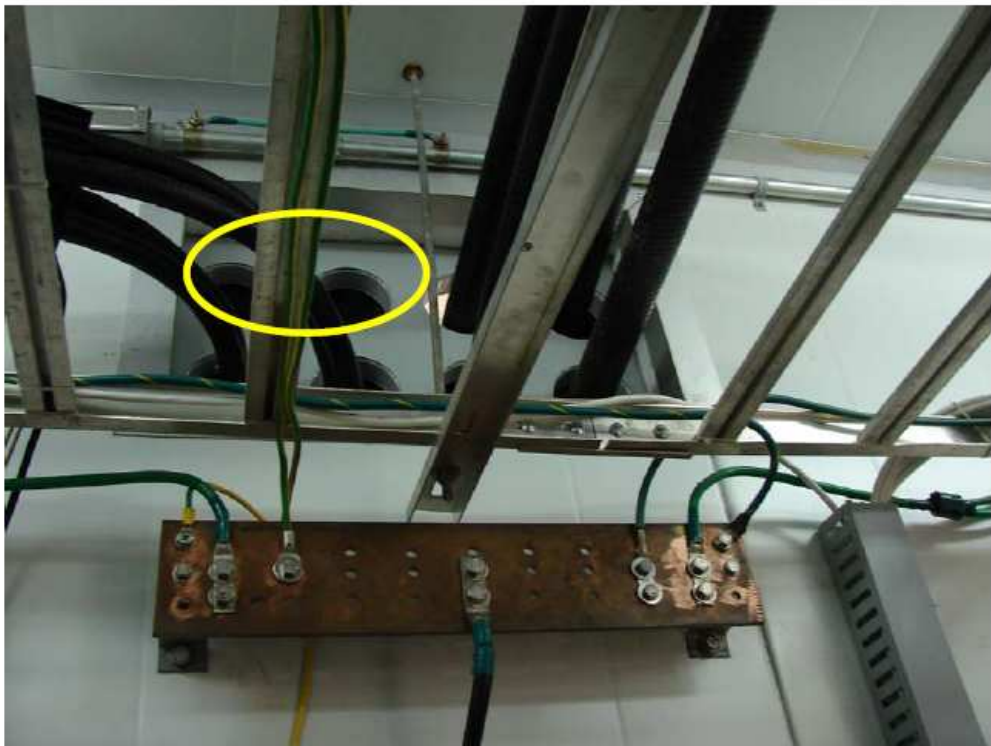
Vista de escalerilla vertical y recorrido de la guía



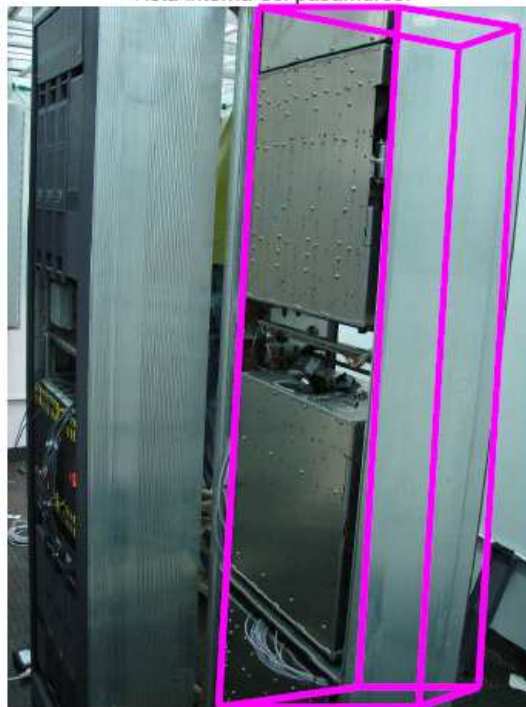
Vista del trayecto Torre – Caseta



Vista externa del pasamuros y barra EGB



Vista interna del pasamuros.



Vista del espacio propuesto para radio.(VER PLANO)

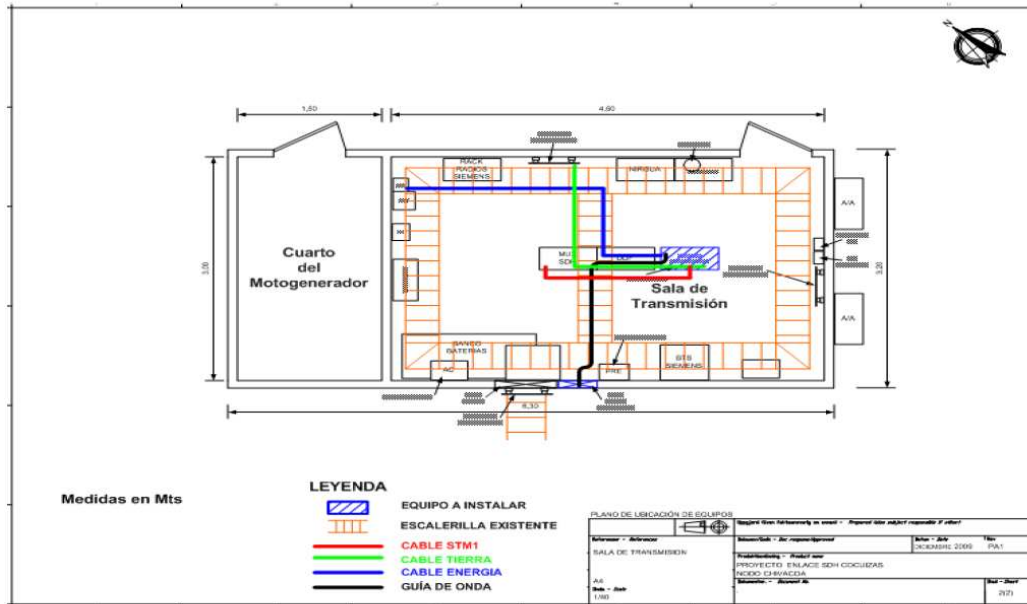


Vista de la barra de tierra.

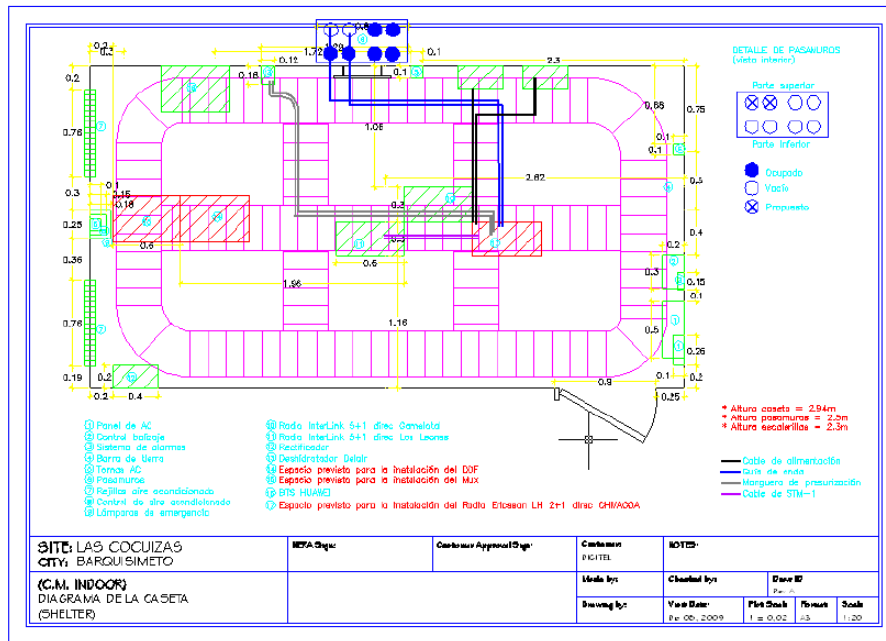


Conexión de radio al PDB.

Planos de las estaciones

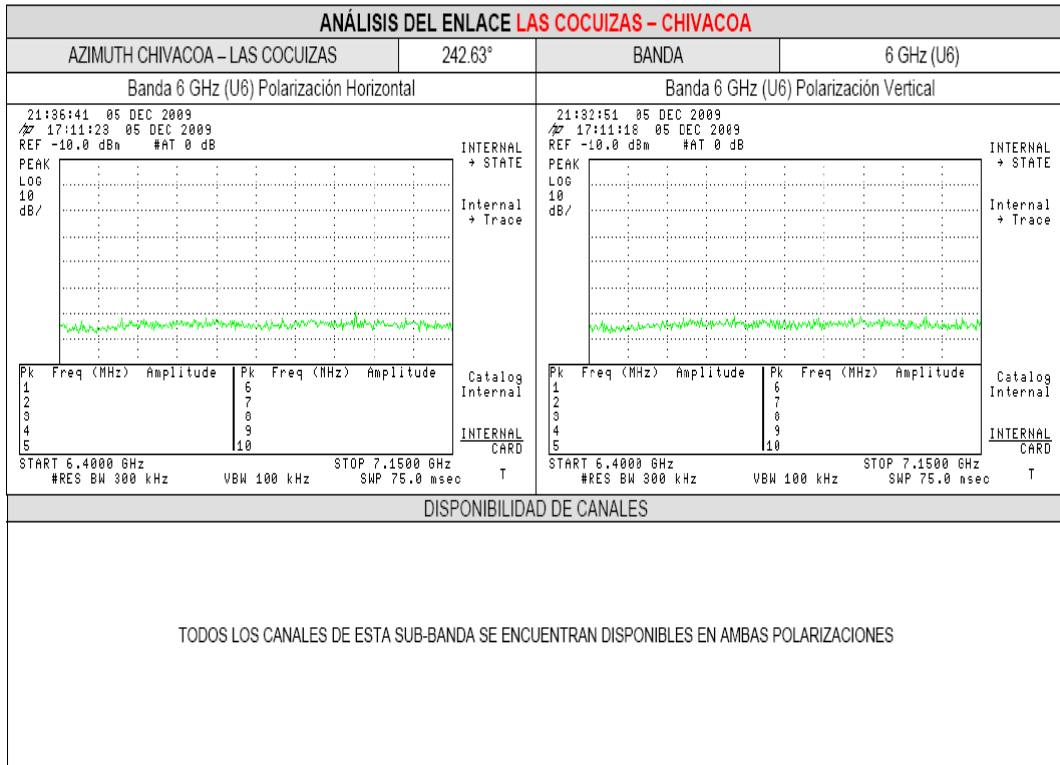
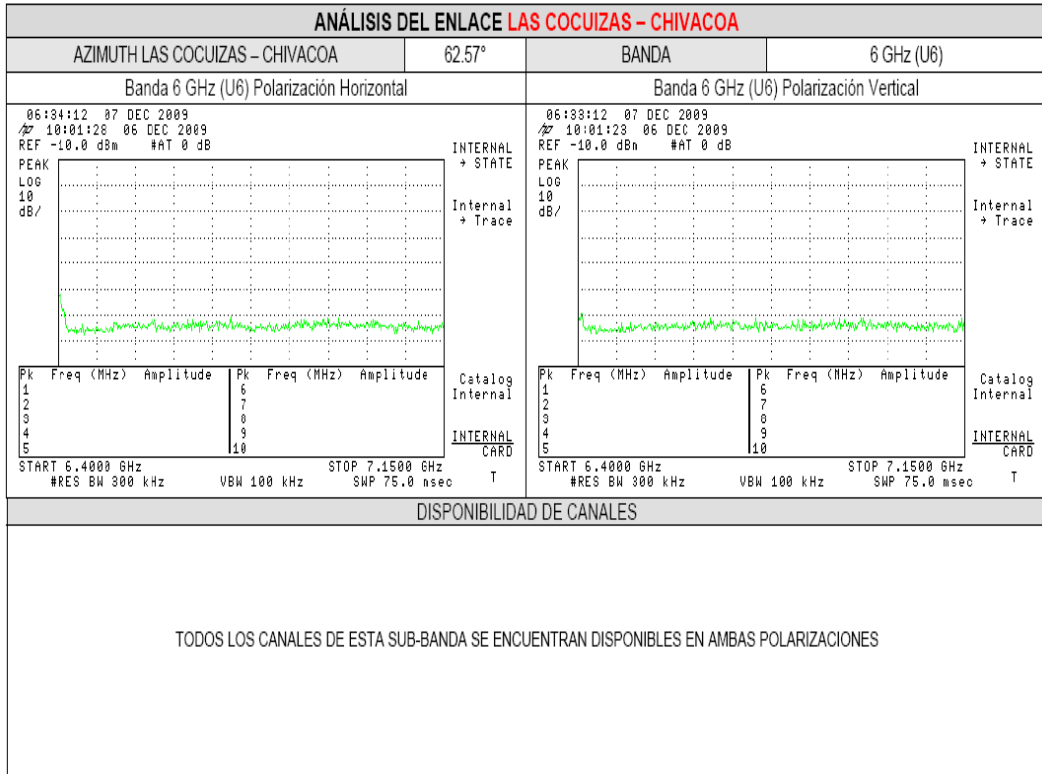


Plano de estación Chivacoa.

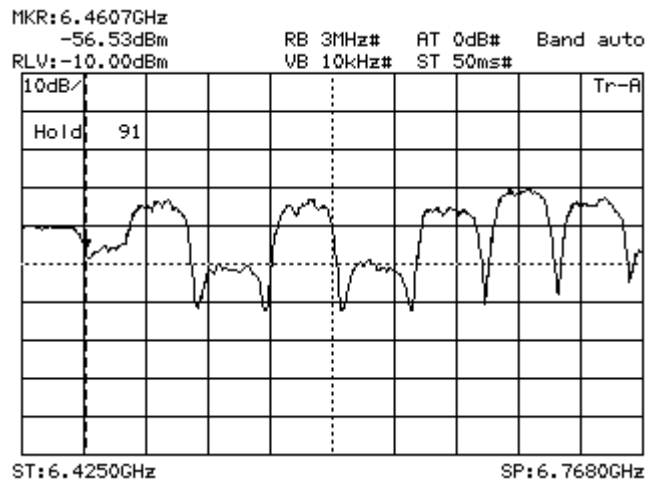


Plano de estación Las Cocuizas

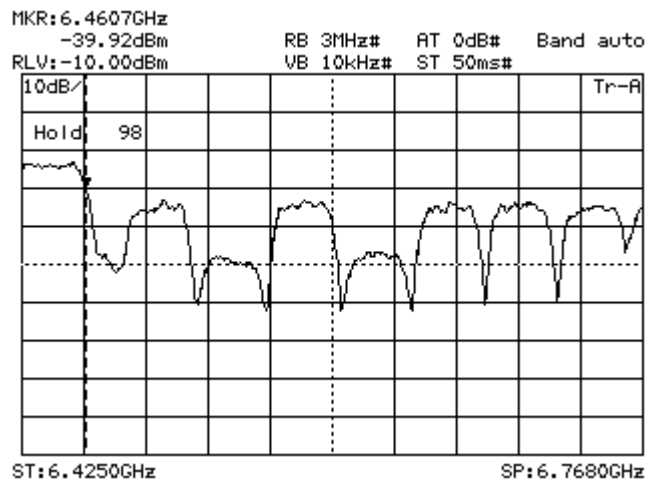
ANEXOS [3]



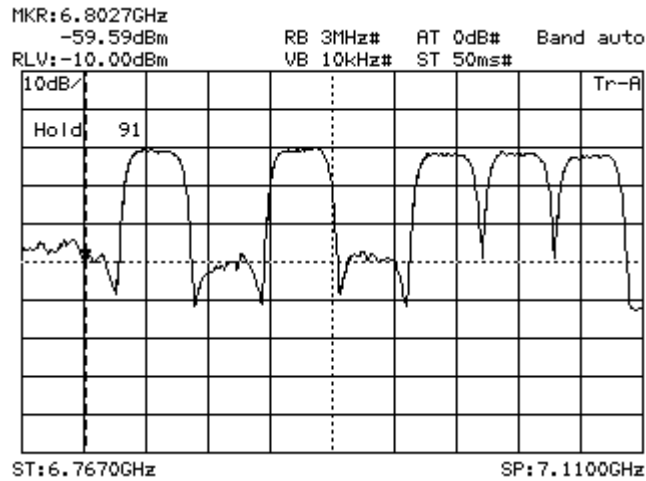
Barrido de Frecuencia en el Paují



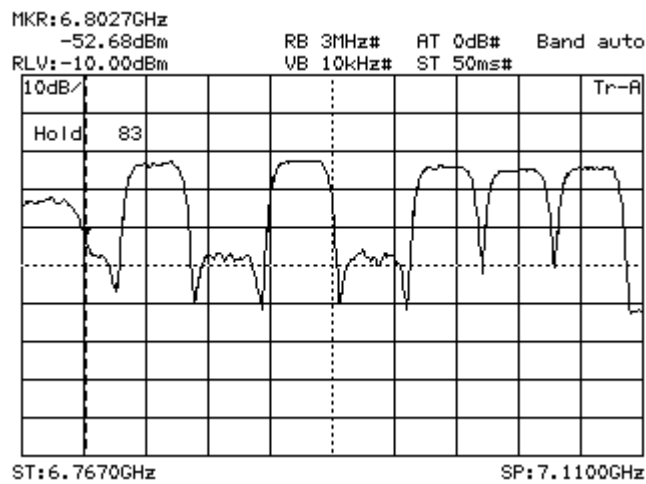
Gráfica. 5 Primera parte de la banda: 6425,0a 6767,5 MHz, en polarización vertical. Az: 288,11° NM (MANPA)



Gráfica. 6 Primera parte de la banda: 6425,0a 6767,5 MHz, en polarización horizontal. Az: 288,11° NM (MANPA)

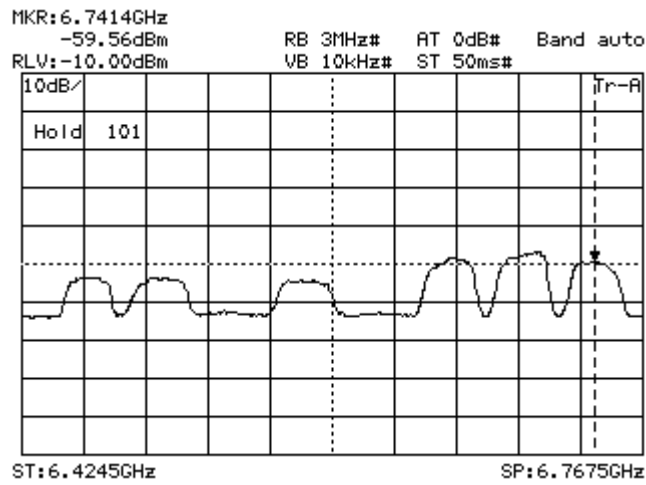


Gráfica. 7 Segunda parte de la banda: 6767,5 a 7110,0 MHz, en polarización vertical. Az: 288,11° NM (MANPA)

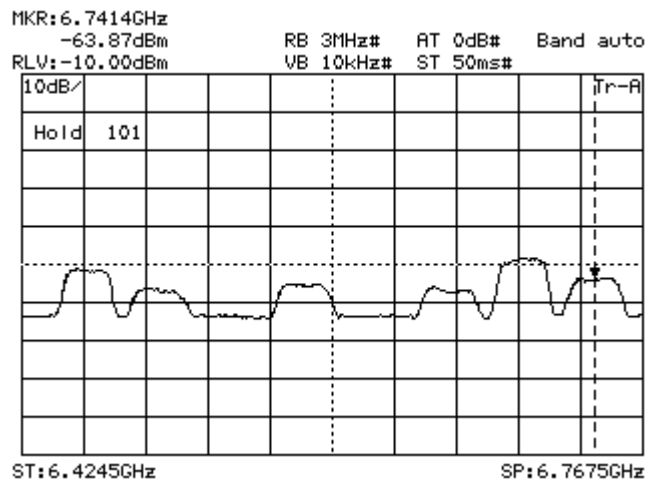


Gráfica. 8 Segunda parte de la banda: 6767,5 a 7110,0 MHz en polarización horizontal. Az: 288,11° NM (MANPA)

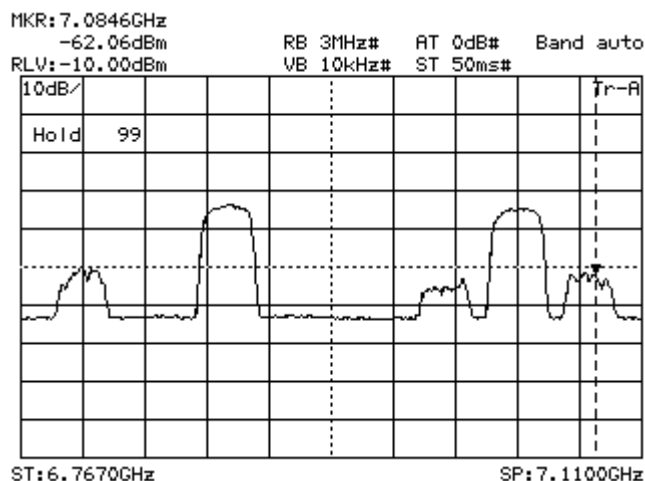
Barrido de Frecuencia en MANPA



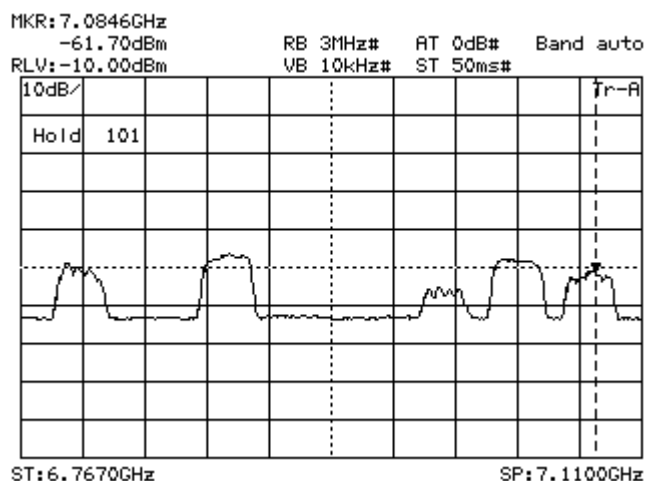
Gráfica. 1 Primera parte de la banda: 6425,0a 6767,5 MHz, en polarización vertical. Az: 108,05° NM (EL PAUJI)



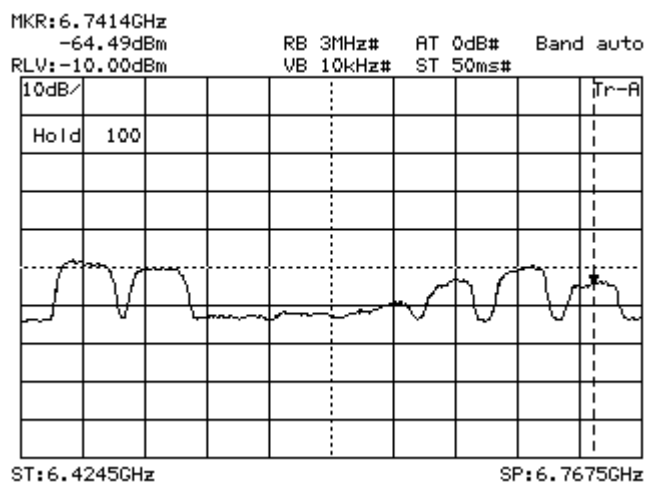
Gráfica. 2 Primera parte de la banda: 6425,0a 6767,5 MHz, en polarización horizontal . Az: 108,05° NM (EL PAUJI)



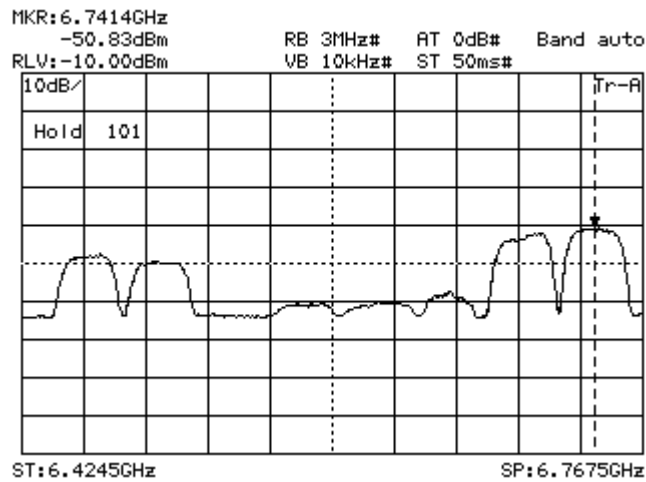
Gráfica. 3 Segunda parte de la banda: 6767,5 a 7110,0 MHz, en polarización vertical. Az: 108,05° NM (EL PAUJI)



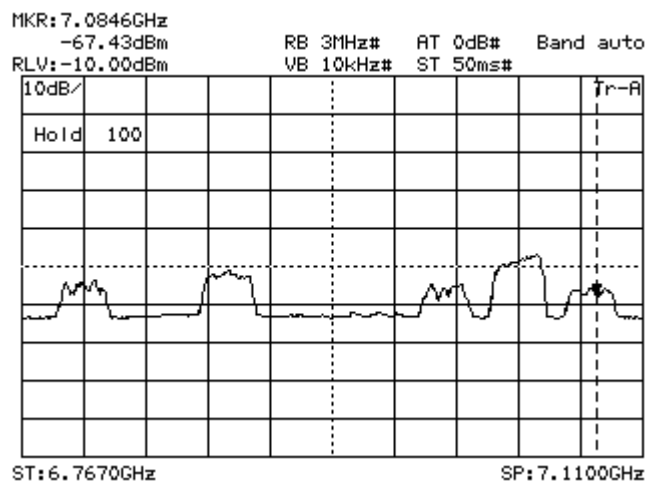
Gráfica. 4 Segunda parte de la banda: 6767,5 a 7110,0 MHz, en polarización horizontal. Az: 108,05° NM (EL PAUJI)



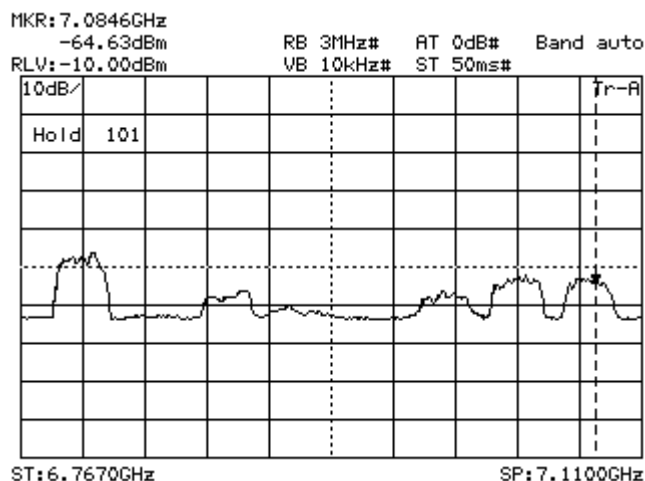
Gráfica. 5 Primera parte de la banda: 6425,0a 6767,5 MHz, en polarización vertical. Az: 271,82° NM (MSC-VALENCIA)



Gráfica. 6 Primera parte de la banda: 6425,0a 6767,5 MHz, en polarización horizontal Az: 271,82° NM (MSC-VALENCIA)

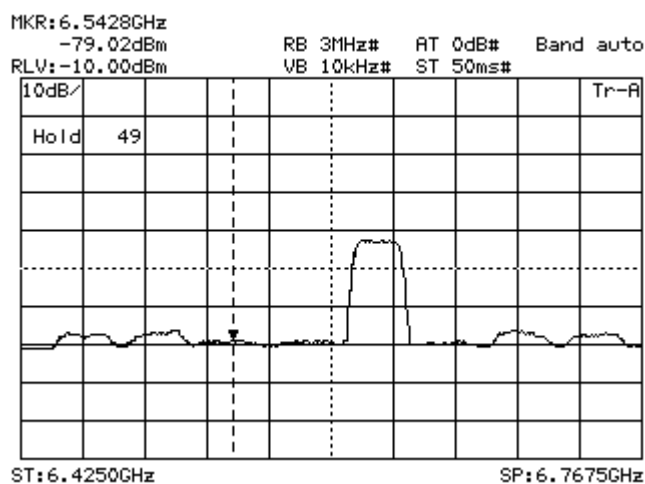


Gráfica. 7 Segunda parte de la banda: 6767,5 a 7110,0 MHz, en polarización vertical. Az: 271,82° NM (MSC-VALENCIA)

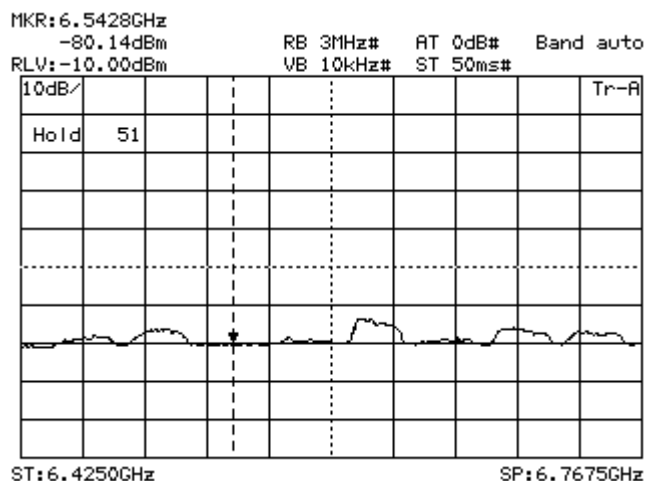


Gráfica. 8 Segunda parte de la banda: 6767,5 a 7110,0 MHz en polarización horizontal. Az: 271,82° NM (MSC-VALENCIA)

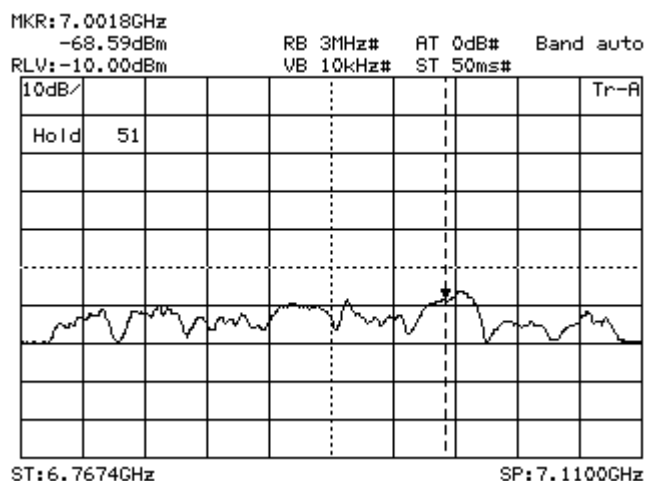
Barrido de Frecuencia MSC Valencia.



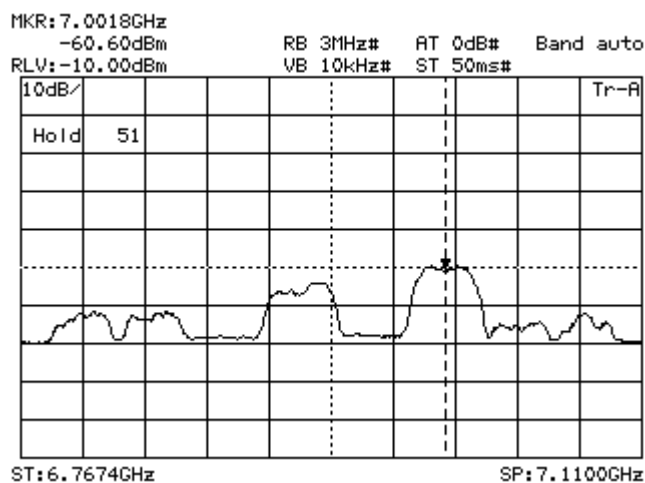
Gráfica. 1 Primera parte de la banda: 6425,0a 6767,5 MHz, en polarización vertical. Az: 91,7° NM (MANPA)



Gráfica. 2 Primera parte de la banda: 6425,0a 6767,5 MHz, en polarización horizontal . Az: 91,7° NM (MANPA)



Gráfica. 3 Segunda parte de la banda: 6767,5 a 7110,0 MHz, en polarización vertical. Az: 91,7° NM (MANPA)



Gráfica. 4 Segunda parte de la banda: 6767,5 a 7110,0 MHz, en polarización horizontal. Az: 91,7° NM (MANPA)